

ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ

MFТАР 68.05.45

DOI 10.51886/1999-740X_2021_4_72

Е.Ж. Балқыбек¹

КҮРІШ ТОПЫРАҒАНЫҢ МИКРОБИОЛОГИЯСЫ

¹Ө.О. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия ғылыми-зерттеу институты, 050060, Алматы, әл-Фараби даңғылы, 75 в, Қазақстан, e-mail: yerko0331@mail.ru

Аннотация. Күріш - көптеген адамдар үшін негізгі тағам. Бірнеше миллиард адам күрішті көптеген жылдар бойы күнделікті негізгі тағам ретінде пайдаланады деп айтуға болады. Ежелден Азия елдері, Үндістан, Қытай және басқа да шығыс елдері күрішті тағам ретінде пайдаланған. 2018 және 2019 жылдары жер шарында күріш өндірісі 517 миллион тоннаға жеткен болатын және бұл дәнді дақылға жыл сайын сұраныстар артуда. Сол себепті күріш дақылын өсіруде, өнімділігі мен сапасын жоғарылатуға жаңа агротехнологияларды өндіріске енгізуге, ғылыми-әдістемелік ұсыныстарын пайдалануға, нәтижелі ғылыми жұмыстар жүргізу өте маңызды болып табылады. Қазіргі кезде күріш өсірумен айналысатын мемлекеттерде топырақтардың физикалық, химиялық, физико-химиялық және биологиялық сипаттамаларын заманауи тұрғыдан пайдалана отырып, топырақ өнімділігін бағалаудың көптеген әдістері қолданылуда. Көп жағдайда күріш топырақтарының физикалық және химиялық қасиеттеріне басты назар аударылады. Ғылым мен практиканың нәтижелеріне жүгінсек басқа ауыл шаруашылығы дақылдарымен салыстырғанда күріштің биологиялық, физиологиялық ерекшеліктері, минералды қоректік заттарды сіңіруі, топырақтың аэрациясы жоқ жағдайда өсіп, күріш өнімін су басқан танаптарда жүзеге асыруы ерекше агротехнологияларды, тәсілдерді пайдалануды талап ететін ерекше дақыл. Күріштің өнім беру үдерісінде микроағзалардың рөлі өте ерекше екені әлемге әйгілі. Микроағзалардың түрлерінің, сандық мөлшері мен қасиеттері, дақылға әсер ететін ерекшеліктері топырақ-климаттық жағдайларға байланысты болатыны зерттеліп дәлелденген. Сондықтан бұл мақалада күріш алқаптарындағы топырақтың микрофлорасы туралы, сонымен қатар су астындағы күріш топырағының микроағзалары биомассасының ерекшеліктері мен түрлері туралы Иран, Жапония, Қытай, Үндістан және т.б. ғалымдарының күріш алқаптары топырақтарының микрофлорасы бағытында істелген зерттеулеріне шолу жасалған. 1967 жылы жапон ғалымы Т.Судзуки өзінің ғылыми зерттеулерінде күріш топырағының микрофлорасын анықтаған. Күріш топырағының жыртылған бірінші қабатында көп мөлшерде бактериялар мен анаэробты бактериялар және аздаған мөлшерде актиномицеттер мен саңырауқұлақтар топтарының кездесетінін дәлелдеген. Қазіргі кезде күріш өндіру саласында айналысатын Қытай, Иран, Үндістан, Ресей, Қазақстан мемлекеттерінің ғалымдары күріштің өнімін, сапаны жоғарылатуда қажырлы еңбек етуде.

Түйінді сөздер: Топырақ, батпақты топырақ, күріш алқабы, топырақ микрофлорасы, микроағза, цианобактерия, метан.

Дәнді дақылдар арасында күріш өте маңызды орын алады. 2018 және 2019 жылдары жер шарында күріш өндірісі 517 миллион тоннаға жеткен болатын және бұл дәнді дақылға жыл сайын сұраныстар артуда. Осы жағдайларға байланысты күріш өсіру саласымен айналысатын ғалымдар мен дихандардың алдына қазіргі талаптардың көлемін ұлғайтпай күріш өнімін

өндіруді молайтатын жаңа агротехнологиялар әзірлеп, шаруашылыққа енгізу қажет деген талаптар қойылуда [1].

Қазіргі кезде күріш өсірумен айналысатын мемлекеттерде топырақтардың физикалық, химиялық, физико-химиялық және биологиялық сипаттамаларын заманауи тұрғыдан пайдалана отырып, топырақ өнімділігін бағалаудың көптеген әдістері қолда-

нылуда [2, 3]. Көп жағдайда топырақтың топырақтың физикалық және химиялық қасиеттеріне басты назар аударылады [4]. Сонымен қатар топырақ құнарлылығының көрсеткіші ретінде топырақтарда кездесетін микроағзалар тобын алуға да болады. Топырақтың микробтық қауымдастықтарының құрылымдық және функционалдық өзара байланыстары болашақта топырақ өнімділігін бағалау көрсеткіштерінің бірі ретінде қарастыруға болады [5]. Микроағзалар топырақтағы көміртегі, азот және фосфордың ең қажетті резервуарларының бірі. Олар сонымен қатар өсімдіктер сіңіре алатын қоректік заттардың сіңірушілері немесе көзі ретінде әрекет етеді және осылайша агроэкожүйелердің топырақ өнімділігін қалыптастыруда маңызды рөл атқарады [6, 7]. Топырақтағы негізгі қоректік заттардың стехиометриясын және топырақ микроағзаларының биомассасын түсіну топырақ агрегаттарынан бастап континенттерге дейінгі кеңістіктік масштабтағы экожүйелердің негізгі экологиялық үдерістерін аша алады [8, 9], соның нәтижесінде бұл элементтер қатынасы экожүйелердің құрылымына, түрлердің құрамы мен әртүрлілігіне, экожүйелердің функцияларына және экожүйелік қызметтеріне, оның ішінде топырақ өнімділігіне әсер ете алады [10, 11].

Күріш алқаптарының топырақтарында кездесетін микроағзаларға бактериялар, саңырауқұлақтар, вирустар, қарапайымдылар және актиномицеттер жатады. Алайда, олардың арасында бактериялар ең танымал микроағзалар болып табылады. Күріштің ризосферасында кездесетін микроағзалар бір-бірімен және күріш тамырымен бірнеше экологиялық байланысты көрсетеді. Олар кейін зиянды болуы мүмкін, мысалы бәсекелестік, жыртқыштық және элементтерді иммобилизациялау және,

керісінше пайдалы, мысалы: синтрофизм, комменсализм және сапрофитизм. Күріш алқаптарындағы микробтық белсенділіктің негізгі түрлеріне метаногенез, метанның тотығуы және элементтердің биогеохимиялық айналымы жатады. Күріш алқаптарындағы микробиологиялық белсенділікке әсер ететін кейбір факторлар - органикалық материалдардың сапасы мен мөлшері, рН, оттегінің болуы, температура, маусымдық ауытқулар, күріш сорттары, ылғалдылық жағдайы, бейорганикалық тыңайтқыштар және ингибиторлық заттардың болуы. Күріш алқаптары метан өндірушілердің жетекшілерінің бірі болып табылады, олар барлық әлемдік шығарындылардың шамамен 10 %-ын құрайды. Сонымен қатар күріш алқаптарындағы микроағзалар пайдалы ғана емес, адам денсаулығына қауіп төндіретін аскарид инфекциясы, диарея, шистосомоз, терінің тітіркенуі және сіреспе сияқты көптеген ауруларға алып келуі мүмкін [12].

Күріш дақылының тамыр жүйесі вегетациялық кезеңінде су астында болғандықтан топырақ микроағзаларының өз ерекшеліктері бар. Айта кететін тағы бір жағдай күріш алқаптарындағы топырақта топырақ аэрациясы жүрмейді. Осындай ерекшеліктерді ескере отырып күріш топырағы микроағзалары туралы 1967 жылы жапон ғалымы Т. Судзуки өз мақаласында жазған. Т. Судзуки күріш егістіктеріндегі топырақтың тотығу-тотықсыздану реакциясы жоғары орналасқан егістіктердегідей жүрмейді, өйткені бірінші жағдайда топырақ суармалы су астында жатады және ауа алмасу процесі жүрмейді, ал жоғарыда орналасқан егістіктер тәлімді жер болғандықтан жауын-шашын суларынан ғана бойына ылғал жинайды. Осыған байланысты бұл екі топырақтардың микрофлоралары бір-бірінен өзгеше жағдайларда дамиды. Бұл айырмашылықты бағалау үшін

күріш егістіктерінің микрофлорасын бірдей топырақ ылғалдылығындағы жоғары орналасқан егістіктердің микрофлорасымен салыстырып, зерттеулер жүргізу үшін материалдарды егістіктерден күзде суару суы тартылған кезде алынады. Осылайша, екі алқапта бірдей ылғалдылық мөлшері қамтамасыз етіледі. Соның нәтижесінде күріш алқаптарының жыртылған бірінші қабатынан таулы егістіктерге қарағанда көп мөлшерде бактериялар мен анаэробты бактериялар және аздаған мөлшерде актиномицеттер мен саңырауқұлақтар топтары анықталған. Екінші жағынан, топырақ ылғалдылығының мөлшеріне байланысты әртүрлі микроағзалардың түрлеріне әсерін зерттеп, топырақтың ылғалдылығы төмен және құрғақ болған жағдайда актиномицеттер мен саңырауқұлақтардың басым болатынын, ал топырақтың ылғалдылығы жоғары болған сайын бактериялардың саны көбейгенін және батпақты күріш топырақтарындағы микроағзалар арасында бактериялар саны басым болатынын анықтағын [13].

Қытайдың солтүстік-шығысындағы күріш алқаптарындағы микроағзаларда нақтырақ айтса цианобактериялық подовирустар туралы қытай ғалымдары Гуанхуа Ван, Цзюньце Лю, Чжэнхуа Ю, Цзян Цзинь және Сяобин Лю ауқымды зерттеу жұмыстарын жүргізген. Бұл зерттеулер ДНҚ полимераза талдауы және 16S-23S рРНҚ рибосомасының ДНҚ тізбегінің ішкі транскрипцияланатын спейсер (ITS) негізінде цианоподовирустардың және олардың потенциалды пикоцианобактериялық иелерінің әртүрлілігін зерттеуге әрекет жасаған. Топырақ үлгілері 0-10 см тереңдікте және тұзды-натрийлі күріш алқабынан су үлгісі тәжірибеге алынған. Бес жерден бір уақытта шамамен 1 кг топырақ және 1 литр су үлгілері алынған. Лабораториялық зерттеу

нәтижелерінен күріш алқаптарында пикоцианобактериялардың ашылмаған көп түрлері бар екені анықталған. Бұл зерттеулерде цианофагтар мен пикоцианобактериялардың қаншалықты көп екендігін зерттемеген, оның орнына күріш алқабындағы цианоподовирустар мен пикоцианобактерияларға арналған биомаркер гендері зерттелген. Сонымен қатар бұл күріш егістігіндегі цианоподовирустардың алуан түрлілігінің өте төмен екендігін және керісінше пикоцианобактериялардың клондары бірнеше тәуелсіз топтарға таралатындығын анықтап, бұл күріш алқаптарында кездесетін пикоцианобактериялар өте әртүрлі екенін дәлелдеген. Бұл зерттеулер нәтижесінде цианоподовирустардың ДНҚ тізбегінің жаңа топтары және пикоцианобактериялардың ITS-тізбегі ашылған. Цианоподовирустар мен олардың иелері арасындағы коэволюция күріш алқаптарында болатынын және фагтардың бактериялар қауымдастығын анықтауда маңызды рөл атқаратынын дәлелдеп көрсеткен [14].

Иранның ғалымдары Х. Саадат-ния, Х. Риахи Ирандағы күріш дақылы үшін биотыңайтқыш ретінде цианобактериялардың рөлін зерттеген. Топырақ үлгілері әр жыл мезгілінің екінші айында Азбарам ауылындағы (Иранның Гиллан провинциясындағы Сяхкалдан шығысқа қарай 6 км) күріш алқабынан 0-10 см тереңдіктен алынып, топырақтың реакция ортасы (рН) және ылғалдылығы жылдың төрт мезгілінде өлшенген. Лабораториялық зерттеулер нәтижесінде цианобактериялардың жаңа төрт түрін *A. spiroides*, *A. variabilis*, *A. torulosa* и *A. Osillarioides* анықтаған. Ирандағы күріш алқабынан бөлініп алынған гетероцисталы цианобактериялармен күрішті егіп, цианобактериялардың *in vitro* жағдайында егілген күрішке оң әсер ететінін көрсетті. *In vitro* режимінен

басқа, олар күріш пен топыраққа пайдалы жолдармен топырақтың физикалық және биологиялық қасиеттерін дұрыс өзгертетінін анықтаған. Қорытындылай келе, цианобактериялар азотты түзетін микроағзалар ретінде топырақ тыңайтқышы ретінде шешуші рөл атқара алатындығын анықтап көрсеткен [15].

Күріш алқабындағы топырақ микроағзаларының ішіндегі цианобактериялардың маңыздылығын Үндістан ғалымдары Сатъя Шила Сингх, Кикку Кунуи, Робин Аниго Миндж, Прашант Сингх өздері жүргізген зерттеулер нәтижесін жариялаған. Зерттеу жұмыстарын жүргізу үшін цианобактерия штаммдарын Үндістанның Чхаттисгарх штатынан Мопка, Чилхати, Кони, Туркади, Гуру Гасидас Висавидьялайя кампусы, Биласпур аймағының Сиргити және Гатур аймақтары, Дург Бхилай ауданындағы Расмада мен Борси, Райгар аймағының Барамкела және Сарангарх, Мандир Хасауд және Карга Райпур аймағы деген 13 аудандарынан алған. Жиналған топырақ үлгілерінде ең жоғарғы рН көрсеткіші 8,53 (Чилхати ауылшаруашылық фермасы, Биласпур), ал ең төменгі рН 6,9 (Мандир Хасауд фермасы, Райпур) және Чхаттисгарх күріш алқаптарының қалған бөліктерінде рН 6,9-8,0 болған. Бұл зерттеулерден сілтілі реакция ортасы *Cylindrospermum michailovskoense* және *Gloeocapsa* sp. қоспағанда, барлық белгілі цианобактериялардың өсуіне қолайлы екені дәлелденген. Негізгі компоненттік талдау Чхаттисгархтағы әртүрлі күріш танаптарынан жиналған цианобактериялардың гетероцисталы және гетероцисталы емес штаммдары арасында жүргізілген. Талдау қоршаған орта факторларының әсерін, сондай-ақ филаменттің орташа ұзындығына, вегетативті жасуша өлшеміне, гетероциста өлшеміне, гетероцистикалық цианобактериялық акинета өлшеміне,

сондай-ақ жасуша еніне, жасуша ұзындығына және орташа жіп ұзындығына жинақталған физикалық-химиялық қасиеттерді бағалауға бағытталған болатын, соның нәтижесінде Чхаттисгархтың әртүрлі жерлерінде егжей-тегжейлі микроскопиялық талдауы барысында цианобактериялардың 29 штаммы табылды деген қорытынды жасаған. Әртүрлі аймақтарда цианобактериялардың әртүрлі штаммдарының болуы және болмауы топырақтардың физика-химиялық қасиеттерінің, сонымен қатар әртүрлі экологиялық факторлардың әсерінен болады деп түсіндірген. Түрлі физиологиялық сипаттамалардың үйлесімі Үндістанның Чхаттисгархтың барлық аудандарында цианобактерия штаммдарының әртүрлі комбинациялары үшін негіз болатынын экстраполяциялауға болады деп қорытынды жасаған [16].

Күріш алқаптарындағы цианобактериялардың жыл мезгіліне байланысты өзгерістері туралы айта кеткенде өте маңызды. Зерттеу жұмыстары үшін топырақ үлгілері Оңтүстік-Шығыс Қытай, Фуцзянь провинциясы, Фучжоу қаласының сыртында орналасқан Бидай және күріш ғылыми-зерттеу институтында 650 шаршы метр күріш алқабында жиналған. Бұл алқапта күріш жылына екі рет өнім береді: бірінші вегетациялық кезең сәуірден шілдеге, екіншісі шілдеден қазанға дейін өсіріледі. Күріш дақылдары арасындағы кезеңде (қараша-сәуір) алқап өңделмеген. Топыраққа күріш отырғызу алдында және егін жинаудан кейін әр вегетациялық кезеңнен кейін топырақты өңдейді. Әрбір сынама алу үшін алқаптың бес аймағы белгіленіп, пайдаланылады. Әрбір бөлікте диаметрi 5 см пластик цилиндрді пайдаланып, 5 см топырақтың үстіңгі қабаты мен 10-15 см тереңдіктен топырақ үлгісі алынады. Жиналған үлгілер зертханаға мұз үстінде

тасымалданып, -20°C температурада сақталады. Цианобактериялардың (жалпы фило типтер) топырақтың жоғарғы қабатынан алынған үлгілердің 14 түрін, ал төменгі қабатынан 18 түрін зерттейді, топырақтың төменгі қабатында цианобактериялар көбірек кездеседі. Сонымен қатар, цианобактериялардың фило типтерінің көпшілігі қыркүйекте топырақтың жоғарғы (сегіз типті) және тереңірек фракцияларында табылған. Бұл кезде егістік алқабын шамамен 10 см су басып, күріш жамылғысының әсерінен топырақ бетіндегі жарық күші төмен болады. Қараша және қаңтар айларында (егін жинаудан кейін) топырақ құрғақ және беті толық күн сәулесімен жарықтандырылған кезде, әртүрлі фило типтердің саны топырақтың жоғарғы бөлігінде үш-төрт, ал тереңірек бөлігінде алты-жеті есеге дейін азайған. Бұл өзгеріс судың қолжетімділігі, жарық қарқындылығы және температура маңыздылығы цианобактериялардың популяциясын реттейтін негізгі факторлар екенін көрсетеді. Күріш алқаптарындағы цианобактериялардың табиғи популяциясының өзгеруіне жарықтың қарқындылығы әсер ететіні бұрын белгілі болған деп тұжырым жасайды [17].

Сулы-батпақты жерлер мен суланған күріш алқаптары жыл сайын 60-100 миллион тоннаға дейін метан (CH_4) шығарады және осылайша жаһандық жылыну үрдісін жылдамдатуға үлесін қосады [18]. Метанның жылыну потенциалы 100 жылдық аралықтағы көмірқышқыл газының (CO_2) потенциалынан 28-34 есе көп, көмірқышқыл газынан кейінгі екінші антропогендік жылулық газ [19]. Күріш алқаптарынан шығатын метан шығарындылары егістіктерді су басқаннан кейін басталып, егін жинау үшін егістіктер құрғатқан кезде тоқтайды. Осы кезеңде метанның шығарындылары су басқан топырақтағы

органикалық заттардың анаэробты ыдырауынан болады [20]. Көміртегінің негізгі көздерінің бірі – әдетте егістіктерді тыңайту үшін пайдаланылатын күріш сабаны. Алдыңғы зерттеулер күріш сабанын қолдану күріш танаптарынан метан шығарындыларын айтарлықтай арттыратынын көрсетті [21-24]. Күріш сабанының негізгі компоненттері гемицеллюлоза (26-35 %), целлюлоза (38-41 %), лигнин (15 %) және суда еритін полисахаридтер (8 %) [25, 26]. Бұл биополимерлердің ыдырауы гидролиздік немесе целлюлолитикалық, ферменттеуші, гомоацетогенді және синтрофиялық бактериялардан тұратын күрделі микробтық қауымдастықты, сонымен қатар ацетат пен сутегін (H_2) пайдаланатын метаногенді археяларды қажет етеді [27].

Осы мәселеге байланысты неміс ғалымдары анаэробты жағдайда күріш сабанын ыдырататын бактериялық қауымдастықты молекулалық әдіспен зерттеген. Күріш сабанын күріш топырағында анаэробты түрде 71 күн инкубацияланған. 16s рРНҚ күшейтілген бактериалды гендердің денатурациялық градиент гель электрофорезі (DGGE) бактериалды қауымдастықтың құрамы алғашқы 15 күнде өзгергенін көрсеткен, бірақ уақыт өте келе инкубация аяқталғанға дейін тұрақты болған. Әр түрлі сигнал қарқындылығы бар он бес DGGE жолағы кесіліп, клондалған және секвенирленген. Күріш сабанындағы кездескен қауымдастықтағы әртүрлі филогенетикалық топтардың салыстырмалы саны флуоресцентті будандастыру әдісімен анықталған *in situ*. Бактериялар инкубацияланған күріш сабанынан шамамен 80-нен 90 % - ға дейін тиімділікпен бөлінген. 8 күндік инкубациядан кейін жалпы эубактериалды зондпен (Eub338) анықталған белсенді бактериялардың саны (яғни рибосомалардың жеткілікті

мөлшері) жасушалардың жалпы санының 61 % құраған. Бұл пайыз 29 күндік инкубациядан кейін 17 % - ға дейін төмендеді. 8-ші күні белсенді жасушалардың көпшілігі (55 %) *Clostridium* туысына және I (24 %), III (6 %) және XIVa (24 %) клостридиалды кластеріне жатқан. Тағы 5 % *Cytophaga-Flavobacterium* кластерінің *Cytophaga-Flavobacterium-Bacteroides* типіне жатқан. 4 % α , β және γ протеобактерияларына жатады және 1,3 % төмен көрсеткіште *Bacillus* грам-оң бактерияларына жатқан. Зерттеулер нәтижесінде күріш сабанын мекендейтін және ыдырататын бактериялық қауымдастық инкубацияның алғашқы 15 күнінде дамығанын және онда әртүрлі клостридия кластерлерінің, әсіресе I, III және XIVa кластерлерінің өкілдері басым болғанын көрсеткен [28].

Метан негізінен анаэробты жағдайда метаногендік архей секілді бактериялар әрекетінен пайда болады және метанды тотықтыратын бактериялар тек оттегі жағдайында тұтынылады немесе сульфатты анаэробтармен тотығады деп саналады. Дегенмен, метанның тотығуын нитриттің тотықсыздануымен біріктіретін метанның нитритке тәуелді анаэробты тотығуы (n-damo) деп аталатын жаңа жолдың пайда болуымен метан циклінің тұжырымдамалық құрылымы өзгерді. Нитритпен және метанмен субстрат ретінде "*Candidatus Methylomirabilis oxyfera*" арқылы метанның нитритке тәуелді анаэробты тотығуының (n-damo) ашылуы көміртегі мен азоттың биогеохимиялық циклдерін жаңа жолмен байланыстырды. Күріш алқаптарында көбінесе метан мен нитраттың көп мөлшері болады, сондықтан олар N-damo бактериялары үшін қолайлы мекен болып табылады. Бұл зерттеуде Янцзы өзенінің жанындағы Цзяньиндегі күріш топырағының *M. oxyfera* тәрізді бакте-

риялардың болуы, сонымен қатар қауымдастықтың саны мен құрамы зерттелген. ПТР зерттеу нәтижесінде топырақ пен топырақ экотонында *M. oxyfera* тәрізді бактериялардың көптігі байқалған. Экотонда *M. oxyfera* тәрізді бактериялардың жалпы санына қатынасы жазда 2,80 % және қыста 4,41 % - дық шыңына жеткен. Филогенетикалық талдау күріш топырағындағы N-damo бактериялары *M. oxyfera*-мен тығыз байланысты және топырақтың жер асты экотонында жоғары әртүрлілікке ие екенін көрсеткен. Барлық нәтижелер Цзяньинь күріш алқабындағы топырақтың жер асты суларының экотоны N-damo бактерияларының өсуіне қолайлы орта болғанын көрсеткен [29].

Қазақстанда негізгі күріш алқабы Қызылорда облысында, одан басқа аздаған бөлігі Түркістан және Алматы облысында орналасқан [30].

Оңтүстік Балқаш маңындағы ежелгі Ақдала атырауының аумағында, Тасмұрын тауларының оңтүстік беткейлерінен солтүстік батысқа қарай Бақанас ауылына дейін, Іле өзенінің оң жағалауында созылған Ақдала алқабында (ұзындығы шамамен 100 км) күріштің батпақты топырағының микрофлорасына зерттеу жұмыстары жүргізілген. Ақдала суармалы алқабы топырақтарынан басым бөлігі әртүрлі механикалық құрамды, сортаңданған және сортаңданған тақыр топырақтар, жоталы құмдардан кейін екінші орын алады. Топырақтарды салыстыру үшін бастапқы сортаңдылық пен сортаңдану белгілері жоқ солтүстіктің ашық боз топырақтарын да қосқан [31].

Әртүрлі топырақ-климаттық белдеулерде жүргізілген зерттеулер органикалық заттардың жиналуы мен ыдырауы топырақ микроағзаларының белсенділігіне тікелей байланысты екенін көрсеткен. Кононова [32] және Розанов [33] жоғары биологиялық белсенділігімен ерекшеленетін суар-

малы боз топырақтарда органикалық заттардың жиналуы, әсіресе ыдырауы қарқынды жүретінін атап көрсеткен. В.М. Боровский [34] өсімдік қалдықтарының ыдырауының топырақтың биологиялық белсенділігіне табиғи тәуелділігі суармалы (күріш топырағы) егістіктеріне де қатысты деп анықтаған.

Азот өсімдіктердің қоректенуінің маңызды элементтерінің бірі болып табылады. Топырақта байланысқан азот негізінен органикалық қосылыстармен байланыста болады. Бірақ оны өсімдіктер минерализацияланғаннан кейін ғана пайдалана алады [31].

Органикалық азоттың минералдану үдерісінің механизмі өткен ғасырдың соңғы онжылдығында анықталды. С.Н. Виноградский [35] микроағзалардың жер бетіндегі барлық азот түрленулерінде ерекше рөл атқаратынын көрсетті. Оларға аммонификаторлар, нитрификаторлар, денитрификаторлар және азотты бекіткіш ағзалары жатады.

Аммонификация үдерісін В.С. Буткевичте зерттеді [36]. Төменгі сатыдағы өсімдік ағзаларының ақуыздық заттарды ыдыратуы кезінде аммиактың түзілуі микроағзалардың тыныс алу үрдісінің соңы емес, оның бастапқы кезеңі екенін дәлелдеді. Сонымен аммонификация - бұл бактериялар, актиномицеттер, саңырауқұлақтар және т.б. ағзалар қатысатын биологиялық үдеріс.

Күріш егістігінің топырақтарын дағы аммонификациялық микроағзалардың динамикасын және оны туындататын факторларды зерттеудің белгілі теориялық және тәжірибелік маңызы бар. Себебі азоттың аммоний формалары басым болатындығына байланысты жүзеге асады. Күріштің бұл қоректік затпен қамтамасыз етілуін топырақтағы органикалық қалдықтардың аммонизациялану үдерісінің

қарқындылығымен анықтауға болады [37].

М.А. Ибраева [31], Ақдала суармалы алқабының топырағындағы суару аммификаторлардың әртүрлі саны бар екені анықтаған. Олар келесідей төмендеу ретімен келтірілген: ашық боз топырақ > тақыр тәрізді қатты сортаң топырақ > тақыр тәрізді сортаң емес топырақ.

Топырақты судың басуы олардың сандық қатынасын айтарлықтай өзгертеді. Тәжірибенің басында барлық бақылау нұсқаларында (галофиттерсіз) аммонификаторлар саны екі есеге жуық өсті. Сонымен, галофитті өсімдіктердің ыдырау үдерісінің аммонификациялық микроағзалардың дамуына әсері, әсіресе тақыр тәрізді сортаң емес топырақ үшін жақсы әсерін тигізеді.

Галофитті өсімдіктердің ыдырауының кейінгі әсері аммонификаторлардың санын азайтпайды, ал бірінші жылы жиналған күріш дақылының тамырларының массасы аммонификация үдерісінің күшеюінің анықтаушы факторы болып табылады.

Аммонификация үдерісінің нәтижесінде бөлінетін аммиакты азотының бір бөлігі қолайлы жағдайда нитраттарға дейін тотығады. Бұл формалы азотты жоғары сатыдағы өсімдіктердің көпшілігі пайдаланады, ал күріш алқаптарының топырағында судың шайылуы және денитрификациясы арқылы шығынға әкелетін әсерге ұшырайды [31].

В.Ф. Непомилуев, Т.Н. Кузякина [38] тәжірибелері топырақты судың басуы нитрификацияның бірінші және екінші фазаларында бактериялар санын азайтатынын және бұл үдеріс тежелетінін көрсетті. Зерттеу мәліметтері бойынша, су басу кезінде топырақтағы нитраттардың мөлшері екі есеге жуық азаяды, дегенмен нитрификациялаушы бактериялардың саны тіпті аздап көбейеді. Күріш

астындағы топырақта денитрификаторлармен тығыз ассоциативті байланыста өмір сүретін нитрит бактерияларының факультативті-анаэробты экотипі дамитыны және микроағзалардың екі түрінің де белсенділігі топырақтың «тотықтырғыш» және «тотықсыздандырғыш» күріш топырағының қабаттарында жүзеге асатыны анықталған [39].

Нитрификация үдерісі күріш топырағының жоғарғы бөлігінің жұқа тотықтырғыш қабатында сәтті өтетіндігі туралы деректер кездеседі [40].

Тұзданбаған топырақтың бастапқы үлгілерінде нитрификациялаушы бактериялар табылмаған. Топырақта су басқаннан кейін ғана бұл бактериялардың аздаған мөлшері кездескені анықталған. Тұздылығы жоғары тақыр тәрізді және ашық боз топырақтарда вегетациялық кезеңде де, су ағызғаннан кейін де бұл ағзалардың мөлшері өте төмен болған. Автор нитрификациялаушы бактериялардың аз болуының себебін топырақтың жоғары сілтілілігімен және топырақ үстінде су қабатының болуына байланысты редукциялық жағдайдың күрт басталуымен түсіндіреді [31].

Денитрификацияның негізгі себептерінің бірі микроағзалардың белсенділігі болып табылады. В.Н. Шапошников [41] микроағзалар физиологиясы тұрғысынан бұл үдерісті нитраттардың немесе нитриттердің соған байланысты тотықсыздануымен органикалық заттардың тотығуына кейбір бактериялардың бейімделуінің бір түрі ретінде қарастыру керек деп есептейді.

Денитрификация жылдамдығы органикалық заттардың сандық және сапалық құрамына байланысты. Бұл үдеріс үшін топырақтың оңтайлы рН көрсеткіші 7-8 диапазонында. Бродбент пен Накашима [42] мәліметтері бойынша денитрификация үдерісі 25-30°C топырақ температурасында ең қар-

қынды жүреді. Дәл осы температура Ақдала суармалы алқабының топырақтарына тән.

Топырақта су басқан жағдайларда анаэробты үдерістер белсенділігі артады және бұл нитраттардың молекулалық азотқа дейін ыдырауына әкеліп соғады. Бұл құбылыс су басу кезінде нитратты азоты қоректік заттардың көзі ретінде емес, органикалық заттардың тотығуы үшін оттегі доноры ретінде пайдаланылуымен түсіндіріледі [37]. Доммергес [40] күріш топырағының ризосферасындағы денитрификацияның ризосфералық емес топыраққа қарағанда төрт есе қарқынды жүретінін дәлелдеген. Бұл үдеріс ыдырайтын өсімдік қалдықтарында да, электронды донор ретінде қолданылатын сульфидтер немесе сутегі бар аймақтарда да жүруі мүмкін.

Ақдала суармалы алқабы топырағының бастапқы үлгілерінде аз мөлшерде денитрификациялаушы микроағзалар кездеседі. Тұзданбаған тақыр тәрізді топырақта су басқаннан кейін денитрификаторлар саны көбейген. Бұл топырақты су басқан кезде нитратта азоттың денитрификациясы жоғары жылдамдықпен жүретініне байланысты [31].

Топырақтағы негізгі биологиялық үдерістердің бірі – азоттың биологиялық бекуі. Бұл топырақ микроағзаларының маңызды мәселелерінің бірі және оны шешудің тәжірибелік маңызы зор.

Су басқан топырақтарда азоттың бекуі әрекеті туралы көлемді ғылыми әдебиеттер бар, бұл топырақтың су басуы кезінде әр түрлі топтағы еркін азот фиксациялаушы құрамының күрт өскенін көрсетеді [43, 44]. Доммергес [39] бойынша, ризосфералық диазотрофтардан басқа, күріш алқаптарында азотты бекітуді тамақ ретінде органикалық қалдықтарды, әсіресе тамырдың ыдырау өнімдерін пайда-

ланатын көк-жасыл балдырлар, симбиотикалық емес сапрофитті азотты бекітуді бактериялар жүзеге асырады. И.К. Чистякова [45, 46] күріш егетін топырақтарда бір көміртекті қосылыстарды пайдаланатын азотты бекітетін бактериялардың кең таралғанын анықтады. Зерттеушілер алғаш рет азотты бекіту үдерісінің екі түрі бар екенін анықтады: толқынды-кезеңді (периодтармен) сипатталатын бекіту және тұрақты бекіту – біріншіден бірнеше есе әлсіз [47].

Азотты бекітетін микроағзалардың саны топырақтың тұздану мөлшері мен реакция ортасы (рН) көрсеткішімен корреляцияда болады: соңғысының жоғарылауы азотты бекітетін бос тіршілік ететін микроағзаларға кері әсер етеді [48-50].

М.А. Ибраева [31] Ақдала суармалы алқабының тұзды емес тақыр тәрізді топырағында абсолютті құрғақ топырақтың 1 г-нан 0,25 мың азотты бекітетін ағзалар табылған. Топырақты судың басуы олардың санының күрт әсерін тигізеді – өсу фазалары топырақта 1 граммында 250 мыңға дейін, ал күріштің вегетациялық кезеңінің соңына қарай – 1500 мың ағзалар кездеседі.

Т.Е. Лимардың деректері бойынша [51], күріш алқаптарының топырағындағы сульфатты төмендететін бактериялардың мөлшері басқа топы-

рақтармен салыстырғанда бірнеше рет жоғары. Бұл физиологиялық топтың көбеюіне тың топырақтардың дамуы ықпал етеді. Күріш егістіктерінің топырағы су басқан кезде сульфаттарды қалпына келтіретін бактериялар жетекші рөл атқарады [52]. Олардың тіршілік әрекетінің нәтижесінде топырақтың сілтілігі аздап жоғарылап, тотығу-тотықсыздану потенциалы күрт төмендейді.

Тақыр тәрізді топырақтарда сульфатты төмендететін микроағзалар кең таралмаған. А.Н. Ильялетдинов [53, 54] сульфаттардың тақырлардағы бактериялық тотықсыздану үдерісінің нашар жүруіне және микрофлораның аздығына байланысты екенін атап көрсеткен.

Қорытындылай келе Қазақстанда күріш дақылын өсіруде, өнімділігі мен сапасын жоғарылатуда жаңа агротехнологияларды өндіріске енгізуде жан-жақты еңбек етіп, ғылыми-әдістемелік ұсыныстарын өндірісте пайдалануға ауқымды ғылыми жұмыстар атқарып жүрген ғылыми зерттеу институттары: Ө.О.Оспанов атындағы “Қазақ Топырақтану және агрохимия”, “Микробиология және вирусология”, Ы.Жақаев атындағы “Қазақ Күріш шаруашылығы” және ауыл шаруашылығы тәжірибе орындарының ұжымдарымен нәтижелі көмектер көрсетілуде.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

1 Eduardo Martins de Souza, Thainá Inês Lamb, Thais Aparecida Lamb, Alexsander dos Santos Silva, Suelen da Fré de Carvalho, Vitória Nyland, Mara Cristina Barbosa Lopes, Mara Grohs, Leticia Marconatto, Luis Gustavo dos Anjos Borges, Adriana Giongo, Camille Eichelberger Granada, Raul Antonio Sperotto. Rhizospheric Soil from Rice Paddy Presents Isolable Bacteria Able to Induce Cold Tolerance in Rice Plants// Journal of Soil Science and Plant Nutrition. - 2021. - V.21, № 3. – P.1993.

2 Zhanjun Liu, Wei Zhou, Shutian Li, Ping He, Guoqing Liang, Jialong Lv, HuiJin. Assessing soil quality of gleyed paddy soils with different productivities in subtropical China// Catena. - 2015. - №133. – P. 293–302.

3 Zhanjun Liu, Wei Zhou, Jianbo Shen, Shutian Li, Chao Ai. Soil quality assessment of yellow clayey paddy soils with different productivity// *Biology and Fertility of Soils*. - 2014. - V. 50, № 3. - P. 537–548.

4 Bhardwaj A. K., Jasrotia, P., Hamiltona, S. K., Robertson, G. P. Ecological management of intensively cropped agro-ecosystems improves soil quality with sustained productivity// *Agriculture, Ecosystems & Environment*. - 2011. - V. 140, № 3-4. - P.419–429.

5 Bastida, F., Zsolnay, A., Hernández, T., García, C. Past, present and future of soil quality indices: a biological perspective// *Geoderma*. - 2008. - V. 147, № 3-4. - P. 159–171.

6 Gaunt J. L., Neue H.U., Cassman K. G., Olk D.C., Arah J. R. M., Witt C., Ottow J. C. G., Grant I.F. Microbial biomass and organic matter turnover in wetland rice soils// *Biology and Fertility of Soils*. - 1995. - V.19. - P. 333–342.

7 Nie. J., ZHOU, Jian-Min, WANG, Huo-Yan, CHEN, Xiao-Qin, DU, Chang-Wen. Effect of long-term rice straw return on soil glomalin, carbon and nitrogen// *Pedosphere*. - 2007. - V. 17, № 3. - P. 295–302.

8 Cleveland. C.C., Liptzin D. C:N:P stoichiometry in soil: is there a “Redfield ratio” for the microbial biomass?// *Biogeochemistry*. - V. 85, № 3. - P.235–252.

9 Yong Li, Jinshui Wu, Shoulong Liu, Jianlin Shen, Daoyou Huang, Yirong Su, Wenxue Wei, J. Keith Syers. Is the C:N:P stoichiometry in soil and soil microbial biomass related to the landscape and land use in southern subtropical China?// *Global Biogeochemical Cycles*. - 2012. - V. 26, № 4.

10 Robert Ptacnik, G. Darrel Jenerette, Antonie M. Verschoor, Andrea F. Huberty, Angelo G. Solimini, Justin D. Brookes. Applications of ecological stoichiometry for sustainable acquisition of ecosystem services// *Oikos*. - 2005. - V. 109, № 1. - P.52–62.

11 Ghaley. B.B., Sandhu, H.S. , Porter, J.R. Relationship between C:N/C:O Stoichiometry and Ecosystem Services in Managed Production Systems// *Plos One*. - 2015. - V.10.

12 Oyewole O. A. Microbial Communities and Their Activities in Paddy Fields: a Review// *JOURNAL OF VETERINARY AdvANCES*. - 2012. - V.2, № 2. - P. 75-76.

13 T. Suzuki. Characteristics of Microorganisms in Paddyfield Soils// *Japan Agricultural Research Quarterly*. - 1967. - V. 2. - № 1. - P. 8-11.

14 Guanghua Wang, Junjie Liu, Zhenhua Yu, Jian Jin, Xiaobing Liu. Unique distribution of cyanobacterial podoviruses and their potential hosts in a paddy field of Northeast China// *FEMS Microbiology Ecology*. - 2014. - V. 90, - № 1. - P. 331-334.

15 H. Saadatnia, H. Riahi. Cyanobacteria from paddy fields in Iran as a biofertilizer in rice plants// *Plant, Soil and Environment*. - 2009. - V.55. - №5. - P. 207-210.

16 Satya Shila Singh, Kikku Kunui, Robin Anigo Minj, Prashant Singh. Diversity and distribution pattern analysis of cyanobacteria isolated from paddy fields of Chhattisgarh, India// *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*. - 2014. - V.7, - № 4. - P. 462-465.

17 Tieying Song, Lotta Martensson , Torsten Eriksson, Weiwen Zheng, Ulla Rasmussen. Biodiversity and seasonal variation of the cyanobacterial assemblage in a rice paddy field in Fujian, China// *FEMS Microbiology Ecology*. - 2005. - V. 54. - P. 132-139.

18 Breemen N. Van. Feijtel T. C. J. Soil processes and properties involved in the production of greenhouse gases, with special relevance to soil taxonomic systems/ In A. F. Bouwman (ed.), *Soils and the greenhouse effect*. - Wageningen, Netherlands, 1990. - P. 195-223.

19 Sustainable energy. Methane management. [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <https://unece.org/challenge>, свободный.

20 Conrad, R. Mechanism controlling methane emission from wetland rice fields// The biogeochemistry of global change: radiative trace gases. - 1993. - P. 317-335

21 Chidthaisong, A., K. Inubushi, Y. Muramatsu, and I. Watanabe. 1996. Production potential and emission of methane in flooded rice soil microcosms after continuous application of straw// Microbes Environ. - 1996. - V.11, - №3. - P. 73-78.

22 Denier van der Gon, H., H. U. Neue. Influence of organic matter incorporation on the methane emission from a wetland rice field// Global Biogeochem Cycles. - 1995. - V. 9. - P. 11-22.

23 Rath, A. K., S. R. Mohanty, S. Mishra, S. Kumaraswamy, B. Ramakrishnan, and N. Sethunathan. Methane production in unamended and rice- straw-amended soil at different moisture levels// Biology and Fertility of Soils. - 1999. - V.28. - P. 45-149.

24 H. Schütz, A.Holzapfel-Pschorn, R.Conrad, H.Rennenberg, W.Seiler.A. 3-year continuous record on the influence of daytime, season, and fertilizer treatment on methane emission rates from an Italian rice paddy// Journal of Geophysical Research. - 1989. - V.94. -P. 16405-16416.

25 Grant R.F. Simulation of methanogenesis in the mathematical model ECOSYS// Soil Biology and Biochemistry. - 1998. - V.30. - P. 883-896.

26. Akira Watanabe, Kayo Katoh, Makoto Kimura. Effect of rice straw application of CH₄ emission from paddy fields// Soil Science and Plant Nutrition. - 1993. - V.39. - P. 707-712.

27 Stams A.J.M. Metabolic interactions between anaerobic bacteria in methanogenic environments// Antonie van Leeuwenhoek. - 1994. - V. 66. - P.271-294.

28 Sabine Weber, Stephan Stubner, Ralf Conrad. Bacterial Populations Colonizing and Degrading Rice Straw in Anoxic Paddy Soil// APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY. - 2020. - V. 67. - P. 1318-1319.

29 Leiliu Zhou, Yu Wang, Xi-En Long, Jianhua Guo, Guibing Zhu. High abundance and diversity of nitrite-dependent anaerobic methane-oxidizing bacteria in a paddy field profile, Microbiology letters// FEMS Microbiology Letters. - 2014. - V. 360, № 1, - P. 33-38.

30 В.М. Боровский, А.И. Волков, Ш.А. Чулаков, Р.А. Чиркова. Природа почв рисовых полей// IX Международный конгресс почвоведов. - Алма-Ата, 1969. - 53 с.

31 Ибраева М.А. Роль галофитов в плодородии почв древнедельтовых аллювиальных равнин. - Алматы, 2012. - С. 39-136.

32 Кононова М.М. Проблема почвенного гумуса и современные задачи его изучения. - Москва: АН СССР, 1951. - 390 с.

33 Розанов А.Н. Серозёмы Средней Азии. - Москва: АН СССР, 1951. - С. 178-203.

34 Боровский В.М. Формирование засоленных почв и геохимические провинции Казахстана. - Алма-Ата: Наука КазССР, 1982. - С.62-76.

35 Виноградский С.Н. Микробиология почвы. - Москва: АН СССР, 1952. - С.145-326.

36 Буткевич В.С. Микробиологические методы определения потребности почв в удобрениях. Избр. Труды. - Т.2. - М.: АН СССР, 1957. - 390 с.

37 Илялетдинов А.Н. Микробиологические превращения азотсодержащих соединений в почве. - Алма-Ата: Наука, 1976. - 282 с.

38 Непомилуев В.Ф., Кузякина Т.Н. Микробиологические процессы в торфяно-глеевых почвах в зависимости от их способа увлажнения// Доклады ТСХА. - 1965. - № 103. - С. 347-356.

39 Zhou., Chon H.K. The activity of nitrifying and denitrifying bacteria in paddy soil// Soil Science. - 1983. - V. 135. - № 1. - P. 31-34.

40 Dommergues V. Microbial activity in different fires of microcnoirromments in paddy soils// Environ.Biogeochim and Geomicrobiol. Proc. 3 rd Int. Symp. Wolfenbittel. Vol. 2 Ann. Arbor. Mich. 1978. - P. 451-466.

41 Шапошников В.Н. Техническая микробиология. - Москва: Советская наука, 1947. - 41 с.

42 Broadbent F.P. Nakashima T. Plant uptake and residual value of six tagged nitrogen fertilizers// Soil science society of America Proceedings. - 1968. - V.32, № 3. — P. 388-392.

43 Комарова Н.А. Распространение микроорганизмов, фиксирующих азот в анаэробных условиях под различными культурами и их значение в обогащении почвы азотом.: Автореф. Дис. канд. биол. наук. - Саратов, 1965. 17 с.

44 Чистякова И.К., Калининская Т.А. Аэробные азотфиксирующие бактерии почв рисовых полей// Изв. АН СССР. Сер. биол. 1984. № 1. С. 149-153

45 Чистякова И.К. Метиотрофные азотфиксирующие бактерии как компонент микробного ценоза почв под рисом// Микроорганизмы как компонент биогеоценоза. -Алма-Ата, 1982. - С. 187-188.

46 Чистякова И.К. Азотфиксирующие бактерии, усваивающие одноуглеродные соединения в почвах под рисом// Микробиология. - 1985. Вып. 54, № 3. - С. 476-479.

47 Емцев В.Т., Ницэ Л.К., Покровский Н.П. Несимбиотическая азотфиксация и закономерности её функционирования в почве// Минеральный и биологический азот в земледелии СССР. - Москва, 1985. - С. 213-221.

48 Gupta B.R., Bejpai P.D. Some microbiological studies in saltaffected bysoils// Journal of the Indian Society of Soil Science.- 1974. - V. 22. - № 2. - P. 176-180.

49 Garcina J.L., Reimbault M., et.al. Activites microbiens dansles soils de risiers du Senegal; rela-tions aves los caracteristiques physicochimiques et influence de la rhisosphere// Rev. ecol. Etboil. Sol. - 1974. - V. 11. № 2. - P. 169-185.

50 Mahmoud B.A., El-Sawy M., Ichac Y.Z. The effect of salinity and alcalinity of N₂ – fixation by Azotobacter in Egipten soils// Ecd. Bull. - 1978. - № 26. - P. 99-109.

51 Лимарь Т.Е. Методы учёта сульфатредуцирующих бактерий и их распространение в различных типах почв// Доклады ТСХА. - 1980. - № 258. - С. 102-106.

52 Сидоренко О.Д., Лимарь Т.Е., Емцев В.Т. Роль сульфатредуцирующих бактерий в процес-сах трансформации серы при затоплении почвы// Изв. ТСХА. - 1983. - № 3. - С. 87-92.

53 Илялетдинов А.Н., Канатчинова М.К. Микробиологические превращения серных соединений в периодически затопляемых почвах Кзыл-Ординской обл// Микробиология. 1964. - Т. 33. Вып. 1. - С. 118-125.

54 Илялетдинов А.Н. Сульфатредукция в затопленных почвах Кзыл-Ординской обл./ Известия АН КазССР. Серия биол. 1965. Вып. 2. - С. 15-19.

REFERENCES

- 1 Eduardo Martins de Souza, Thainá Inês Lamb, Thais Aparecida Lamb, Alexsander dos Santos Silva, Suelen da Fré de Carvalho, Vitória Nyland, Mara Cristina Barbosa Lopes, Mara Grohs, Leticia Marconatto, Luis Gustavo dos Anjos Borges, Adriana Giongo, Camille Eichelberger Granada, Raul Antonio Sperotto. Rhizospheric Soil from Rice Paddy Presents Isolable Bacteria Able to Induce Cold Tolerance in Rice Plants// *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. - 2021. - V.21, № 3. – P.1993.
- 2 Zhanjun Liu, Wei Zhou, Shutian Li, Ping He, Guoqing Liang, Jialong Lv, HuiJin. Assessing soil quality of gleyed paddy soils with different productivities in subtropical China// *Catena*. - 2015. - №133. – P. 293–302.
- 3 Zhanjun Liu, Wei Zhou, Jianbo Shen, Shutian Li, Chao Ai. Soil quality assessment of yellow clayey paddy soils with different productivity// *Biology and Fertility of Soils*. - 2014. - V. 50, № 3. - P. 537–548.
- 4 Bhardwaj A. K., Jasrotia, P., Hamiltona, S. K., Robertson, G. P. Ecological management of intensively cropped agro-ecosystems improves soil quality with sustained productivity// *Agriculture, Ecosystems & Environment*. - 2011. - V. 140, № 3-4. – P.419–429.
- 5 Bastida, F., Zsolnay, A., Hernández, T., García, C. Past, present and future of soil quality indices: a biological perspective// *Geoderma*. - 2008. - V. 147, № 3-4. – P. 159–171.
- 6 Gaunt J. L., Neue H.U., Cassman K. G., Olk D.C., Arah J. R. M., Witt C., Ottow J. C. G., Grant I.F. Microbial biomass and organic matter turnover in wetland rice soils// *Biology and Fertility of Soils*. - 1995. - V.19. – P. 333–342.
- 7 Nie, J., ZHOU, Jian-Min, WANG, Huo-Yan, CHEN, Xiao-Qin, DU, Chang-Wen. Effect of long-term rice straw return on soil glomalin, carbon and nitrogen// *Pedosphere*. - 2007. - V. 17, № 3. – P. 295–302.
- 8 Cleveland. C.C., Liptzin D. C:N:P stoichiometry in soil: is there a “Redfield ratio” for the microbial biomass?// *Biogeochemistry*. - V. 85, № 3. - P.235–252.
- 9 Yong Li, Jinshui Wu, Shoulong Liu, Jianlin Shen, Daoyou Huang, Yirong Su, Wenxue Wei, J. Keith Syers. Is the C:N:P stoichiometry in soil and soil microbial biomass related to the landscape and land use in southern subtropical China?// *Global Biogeochemical Cycles*. - 2012. - V. 26, № 4.
- 10 Robert Ptacnik, G. Darrel Jenerette, Antonie M. Verschoor, Andrea F. Huberty, Angelo G. Solimini, Justin D. Brookes. Applications of ecological stoichiometry for sustainable acquisition of ecosystem services// *Oikos*. - 2005. - V. 109, № 1. - P.52–62.
- 11 Ghaley. B.B., Sandhu, H.S. , Porter, J.R. Relationship between C:N/C:O Stoichiometry and Ecosystem Services in Managed Production Systems// *Plos One*. - 2015. – V.10.
- 12 Oyewole O. A. Microbial Communities and Their Activities in Paddy Fields: a Review// *JOURNAL OF VETERINARY AdvANCES*. - 2012. – V.2, № 2. – P. 75-76.
- 13 T. Suzuki. Characteristics of Microorganisms in Paddyfield Soils// *Japan Agricultural Research Quarterly*. - 1967. - V. 2. - № 1. – P. 8-11.
- 14 Guanghua Wang, Junjie Liu, Zhenhua Yu, Jian Jin, Xiaobing Liu. Unique distribution of cyanobacterial podoviruses and their potential hosts in a paddy field of Northeast China// *FEMS Microbiology Ecology*. - 2014. – V. 90, - № 1. – P. 331-334.
- 15 H. Saadatnia, H. Riahi. Cyanobacteria from paddy fields in Iran as a biofertilizer in rice plants// *Plant, Soil and Environment*. - 2009. – V.55. - №5. – P. 207-210.

16 Satya Shila Singh, Kikku Kunui, Robin Anigo Minj, Prashant Singh. Diversity and distribution pattern analysis of cyanobacteria isolated from paddy fields of Chhattisgarh, India// Journal of Asia-Pacific Biodiversity. – 2014. – V.7, - № 4. - P. 462-465.

17 Tieying Song, Lotta Martensson, Torsten Eriksson, Weiwen Zheng, Ulla Rasmussen. Biodiversity and seasonal variation of the cyanobacterial assemblage in a rice paddy field in Fujian, China// FEMS Microbiology Ecology. - 2005. – V. 54. – P. 132-139.

18 Breemen N. Van. Feijtel T. C. J. Soil processes and properties involved in the production of greenhouse gases, with special relevance to soil taxonomic systems/ In A. F. Bouwman (ed.), Soils and the greenhouse effect. - Wageningen, Netherlands, 1990. – P. 195-223.

19 Sustainable energy. Methane management. [Elektronnyy resurs]: - Rezhim dostupa: <https://unece.org/challenge>, svobodny.

20 Conrad, R. Mechanism controlling methane emission from wetland rice fields// The biogeochemistry of global change: radiative trace gases. - 1993. – P. 317-335

21 Chidthaisong, A., K. Inubushi, Y. Muramatsu, and I. Watanabe. 1996. Production potential and emission of methane in flooded rice soil microcosms after continuous application of straw// Microbes Environ. - 1996. - V.11, - №3. – P. 73-78.

22 Denier van der Gon, H., H. U. Neue. Influence of organic matter incorporation on the methane emission from a wetland rice field// Global Biogeochem Cycles. - 1995. – V. 9. – P. 11-22.

23 Rath, A. K., S. R. Mohanty, S. Mishra, S. Kumaraswamy, B. Ramakrishnan, and N. Sethunathan. Methane production in unamended and rice- straw-amended soil at different moisture levels// Biology and Fertility of Soils. - 1999. – V.28. - P. 45-149.

24 H. Schütz, A. Holzapfel-Pschorn, R. Conrad, H. Rennenberg, W. Seiler. A 3-year continuous record on the influence of daytime, season, and fertilizer treatment on methane emission rates from an Italian rice paddy// Journal of Geophysical Research. - 1989. – V.94. – P. 16405-16416.

25 Grant R.F. Simulation of methanogenesis in the mathematical model ECOSYS// Soil Biology and Biochemistry. - 1998. – V.30. – P. 883-896.

26. Akira Watanabe, Kayo Katoh, Makoto Kimura. Effect of rice straw application of CH₄ emission from paddy fields// Soil Science and Plant Nutrition. - 1993. – V.39. – P. 707-712.

27 Stams A.J.M. Metabolic interactions between anaerobic bacteria in methanogenic environments// Antonie van Leeuwenhoek. - 1994. – V. 66. – P.271-294.

28 Sabine Weber, Stephan Stubner, Ralf Conrad. Bacterial Populations Colonizing and Degrading Rice Straw in Anoxic Paddy Soil// APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY. - 2020. – V. 67. – P. 1318-1319.

29 Leiliu Zhou, Yu Wang, Xi-En Long, Jianhua Guo, Guibing Zhu. High abundance and diversity of nitrite-dependent anaerobic methane-oxidizing bacteria in a paddy field profile, Microbiology letters// FEMS Microbiology Letters. - 2014. – V. 360, № 1, - P. 33-38.

30 V.M. Borovsky, A.I. Volkov, Sh.A. Chulakov, R.A. Chirkova. Priroda pochv risovykh poley// IX Mezhdunarodny kongress pochvovedov. – Alma-Ata, 1969. – 53 s.

31 Ibrayeva M.A. Rol galofitov v plodorodii pochv drevnedeltovykh allyuvialnykh ravnin. – Almaty, 2012. - C. 39-136.

32 Kononova M.M. Problema pochvennogo gumusa i sovremennye zadachi ego izucheniya. – Moskva: AN SSSR, 1951. - 390 s.

- 33 Rozanov A.N. Serozyomy Sredney Azii. – Moskva: AN SSSR, 1951. - S. 178-203.
- 34 Borovsky V.M. Formirovaniye zasolyonnykh pochv i geokhimicheskiye provintsii Kazakhstana. - Alma-Ata: Nauka KazSSR, 1982. - S.62-76.
- 35 Vinogradsky S.N. Mikrobiologiya pochvy. - Moskva: AN SSSR, 1952. - S.145-326.
- 36 Butkevich V.S. Mikrobiologicheskiye metody opredeleniya potrebnosti pochv v udobreniyakh. Izbr. Trudy. - T.2. - M.: AN SSSR, 1957. - 390 s.
- 37 Ilyaletdinov A.N. Mikrobiologicheskiye prevrashcheniya azotsoderzhashchikh soyedineniy v pochve. - Alma-Ata: Nauka, 1976. - 282 s.
- 38 Nepomiluyev V.F., Kuzyakina T.N. Mikrobiologicheskiye protsessy v torfyano-gleyevykh pochvakh v zavisimosti ot ikh sposoba uvlazhneniya// Doklady TSKhA. - 1965. - № 103. - S. 347-356.
- 39 Zhou, Chon H.K. The activity of nitrifying and denitrifying bacteria in paddy soil// Soil Science. - 1983. – V. 135. - № 1. - P. 31-34.
- 40 Dommergues V. Microbial activity in different fires of microcnoirroments in paddy soils// Environ.Biogeochim and Geomicrobiol. Proc. 3 rd Int. Symp. Wolfenbittel. Vol. 2 Ann. Arbor. Mich. 1978. – P. 451-466.
- 41 Shaposhnikov V.N. Tekhnicheskaya mikrobiologiya. - Moskva: Sovetskaya nauka, 1947. - 41 s.
- 42 Broadbent F.P. Nakashima T. Plant uptake and residual value of six tagged nitrogen fertilizers// Soil science society of America Proceedings. - 1968. – V.32, № 3. P. 388-392.
- 43 Komarova N.A. Rasprostraneniye mikroorganizmov, fiksiruyushchikh azot v anaerobnykh usloviyakh pod razlichnymi kulturami i ikh znachenie v obogashchenii pochvy azotom.: Avtoref. Dis. kand. biol. nauk. – Saratov, 1965. 17 s.
- 44 Chistyakova I.K., Kalininskaya T.A. Aerobnye azotfiksiruyushchiye bakterii pochv risovykh poley// Izv. AN SSSR. Ser. biol. 1984. № 1. S. 149-153
- 45 Chistyakova I.K. Metiotrofnye azotfiksiruyushchiye bakterii kak komponent mikrobnogo tsenoza pochv pod risom// Mikroorganizmy kak komponent biogeotsenoza. -Alma-Ata, 1982. - S. 187-188.
- 46 Chistyakova I.K. Azotfiksiruyushchiye bakterii, usvaivayushchiye odnouglerodnye soyedineniya v pochvakh pod risom// Mikrobiologiya. - 1985. Vyp. 54, № 3. - S. 476-479.
- 47 Yemtsev V.T., Nitse L.K., Pokrovsky N.P. Nesimbioticheskaya azotfiksatsiya i zakonomen-nosti eyo funktsionirovaniya v pochve// Mineralny i biologichesky azot v zemledelii SSSR. - Moskva, 1985. - S. 213-221.
- 48 Gupta B.R., Bejpai P.D. Some microbiological studies in saltaffected bysoils. // Journal of the Indian Society of Soil Science.- 1974. - V. 22. - № 2. - P. 176-180.
- 49 Garcina J.L., Reimbault M., et.al. Activites microbiens danasles soils de risiers du Senegal; rela-tions aves los caracteristiques physicochimiques et influence de la rhisosphere// Rev. ecol. Etboil. Sol. - 1974. - V. 11. № 2. - P. 169-185.
- 50 Mahmoud B.A., El-Sawy M., Ichac Y.Z. The effect of salinity and alcalinity of N2 – fixation by Azotobacter in Egipten soils// Ecd. Bull. - 1978. - № 26. - P. 99-109.
- 51 Limar T.E. Metody uchyota sulfatredutsiruyushchikh baktery i ikh rasprostraneniye v razlichnykh tipakh pochv// Doklady TSKhA. - 1980. - № 258. - S. 102-106.
- 52 Sidorenko O.D., Limar T.E., Yemtsev V.T. Rol sulfatredutsiruyushchikh baktery v protses-sakh transformatsii sery pri zatoplenii pochvy// Izv. TSKhA. - 1983. - № 3. - S. 87-92.

53 Ilyaletdinov A.N., Kanatchinova M.K. Mikrobiologicheskiye prevrashcheniya sernykh soyedineniy v periodicheski zatoplyаемых pochvakh Kzyl-Ordinskoy obl.// Mikrobiologiya. 1964. - T. 33. Vyp. 1. - S. 118-125.

54 Ilyaletdinov A.N. Sulfatreduksiya v zatoplennykh pochvakh Kzyl-Ordinskoy obl.// Izvestiya AN KazSSR. Seriya biol. 1965. Vyp. 2. - S. 15-19.

РЕЗЮМЕ

Е.Ж. Балқыбек¹

МИКРОБИОЛОГИЯ РИСОВОЙ ПОЧВЫ

¹ТОО «Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии имени У.У. Успанова», 050060, Алматы, пр. аль-Фараби, 75 в, Казахстан, e-mail: yerko0331@mail.ru

Рис - основной продукт питания для многих людей. Можно сказать, что несколько миллиардов человек уже много лет используют рис в качестве основного продукта питания. С давних времен рис употребляли в пищу в Азии, Индии, Китае и других восточных странах. В 2018 и 2019 годах мировое производство риса достигло 517 миллионов тонн, и спрос на это зерно растет с каждым годом. Поэтому при выращивании риса очень важно повышать урожайность и качество, внедрять новые агротехнологии, использовать научные и методические рекомендации, проводить эффективные исследования. В настоящее время в рисоводческих странах используются многие методы оценки продуктивности почв с использованием современных методов определения физических, химических, физико-химических и биологических характеристик почв. В большинстве случаев основное внимание уделяется физико-химическим свойствам рисовых почв. Согласно результатам науки и практики, биологические и физиологические характеристики риса по сравнению с другими культурами, усвоение минералов, выращивание при отсутствии аэрации почвы и внедрение риса на затопленных полях требует особой агротехнологии, особых методов. Известно, что роль микроорганизмов в росте риса очень особенная. Изучено и доказано, что виды, количественный размер и свойства микроорганизмов, особенности, влияющие на урожай, зависят от почвенно-климатических условий. Поэтому в данной статье рассматривается микрофлора почв рисовых полей, а также особенности и типы биомассы микроорганизмов затопленных рисовых почв Ирана, Японии, Китая, Индии и др. В 1967 году японский ученый Т. Судзуки в своих исследованиях определил микрофлору рисовых почв. Доказано, что вспаханный первый слой рисовой почвы содержит большое количество бактерий и анаэробных бактерий и небольшое количество групп актиномицетов и грибов. В настоящее время ученые из Китая, Ирана, Индии, России и Казахстана, работающие в области производства риса, усиленно работают над улучшением качества рисовой продукции.

Ключевые слова: почва, болотная почва, рисовое поле, почвенная микрофлора, микроорганизмы, цианобактерии, метан.

SUMMARY

E.ZH. Balkybek¹

MICROBIOLOGY OF RICE SOIL

¹U.U. Usanov Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrichemistry, 050060, Almaty, al-Farabi Ave., 75 B, e-mail: yerko0331@mail.ru

Rice is a staple food for many people. It can be said that several billion people have been using rice as a daily staple for many years. From ancient times the rice was used as a food in Asia, India, China and other eastern countries. In 2018 and 2019, global rice production reached 517 million tons, and the demand for this grain is growing every year. Therefore, in the cultivation of rice, it is very important to increase productivity and quality, to introduce new agricultural tech-

nologies, to use scientific and methodological recommendations, to conduct effective research. At present, many methods of assessing soil productivity using modern methods of physical, chemical, physicochemical and biological characteristics of soils are used in rice-growing countries. In most cases, the main focus is on the physical and chemical properties of rice soils. According to the results of science and practice, the biological and physiological characteristics of rice compared to other crops, the absorption of minerals, growing in the absence of soil aeration and the implementation of rice in flooded fields requires a special agro-technology, special methods. It is known that the role of microorganisms in the production of rice is very special. It has been studied and proved that the types, quantitative size and properties of microorganisms, the features that affect the crop depend on soil and climatic conditions. Therefore, this article provides an overview of the research of scientists from Iran, Japan, China, India, etc. on the microflora of rice land soils, as well as on the features and types of biomass of microorganisms of underwater rice soil. In 1967, the Japanese scientist T. Suzuki in his scientific research identified the microflora of rice soil. It is proved that in the plowed ground layer of rice soil there are a large number of bacteria and anaerobic bacteria and a small number of groups of actinomycetes and fungi. Currently, scientists from China, Iran, India, Russia, and Kazakhstan, who are engaged in rice production, work tirelessly to improve the quality of rice.

Key words: Soil, swampy soil, rice field, soil microflora, microorganisms, cyanobacteria, methane.