

«С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ

ӘОЖ 628.336.631.86(043)

Қолжазба құқығында

БОСТУБАЕВА МАКПАЛ БУЛАТОВНА

**Лайлы тұнбаларды органикалық тыңайтқышқа қайта өңдеудің
микробиологиялық технологиясын жасау**

D131 – «Өсімдік шаруашылығы» ББ тобы
8D08103 – «Өсімдіктер қоректенуінің және тыңайтқыш қолданудың ғылыми
негізі» БББ

Философия докторы (PhD)
дәрежесін алу үшін дайындалған диссертация

Ғылыми кеңесшілер
биология ғылымдарының докторы,
профессор
Науанова А.П

доктор PhD,
профессор
Kizilkaya Ridvan

Қазақстан Республикасы
Астана, 2024

МАЗМҰНЫ

НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР	4
АНЫҚТАМАЛАР	5
БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР	6
КІРІСПЕ	7
1 ӘДЕБИЕТКЕ ШОЛУ	11
1.1 Ауыл шаруашылығының тұрақты даму мәселесі.....	11
1.2 Лайлы тұнбалардың құрамы мен қасиеттері	12
1.3 Лайлы тұнбаларды ауыл шаруашылығында пайдалану мүмкіндіктері.....	18
1.4 Егіншілікте лайлы тұнбаларды қолданудың экологиялық аспектілері.....	22
1.5 Лайлы тұнбалардан алынған тыңайтқыштарды қолданудың агрохимиялық ерекшеліктері.....	25
1.6 Лайлы тұнбалардың топырақтың микробтық қасиеттеріне және топырақ ферменттеріне әсері.....	31
1.7 Лайлы тұнбалардың өсімдіктердің өсуіне әсері.....	34
2 ЗЕРТТЕУ НЫСАНДАРЫ МЕН ӘДІСТЕМЕСІ	39
2.1 Зерттеу нысандары	39
2.2 Зерттеу аймағының климаты мен топырақ жағдайы.....	39
2.3 Зерттеу әдістемелері.....	42
3 ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ	53
3.1 Лайлы тұнбалардың әртүрлі концентрациясының тест-дақылдарға қатысты өсуді ынталандыру қасиеттері.....	53
3.2 Қайта өңделетін органикалық шикізаттардың химиялық құрамы.....	56
3.3 Лайлы тұнбалар мен бидай сабанының микрофлорасы.....	57
3.4 Бөлініп алынған микроағзалардан тиімді штамдарды іріктеу.....	59
3.4.1 Бидай сабаны мен лайлы тұнбаларда микроағзалардың өсу белсенділігі	59
3.4.2 Жаңа штамдардың кейбір физиологиялық қасиеттері.....	61
3.4.3 Бөлініп алынған микроағзалардың биохимиялық қасиеттері.....	65
3.5 Іріктеліп алынған микроағзаларды идентификациялау.....	68
3.6 Идентификацияланған микроағзалардың қауіптілік классын анықтау	70
3.7 Зертханалық жағдайда көгал тұқымының өнгіштігіне микроағзалардың культуральдық сүзіндісінің әсері.....	71
3.8 Микробтық консорциумдарды құру.....	73
3.9 Микроағзалар консорциумдарын ферменттерде өндірудің биотехнологиялық регламенті.....	74
3.10 Микроағзалар көмегімен лайлы тұнбаларды қордалау.....	75
3.10.1 Лайлы тұнбаларды аэробты әдіспен жылыжай жағдайында қордалау.....	75
3.10.2 Лайлы тұнбаларды аэробты әдіспен өндірістік жағдайларда қордалау.....	81
3.11 Лайлы тұнбалардан алынған органикалық тыңайтқышты	

агроландшафттық егіншілікте сынау нәтижесі.....	98
3.11.1 Органикалық тыңайтқыштың сәндік амаранттың өсуі мен топырақ құнарлылығына әсері.....	98
3.11.2 Органикалық тыңайтқыштың көгал өсімдіктерінің өсімі мен топырақ құнарлылығына әсері.....	101
3.11.3 Лайлы тұнбадан алынған органикалық тыңайтқыштың топырақтағы ауыр металдардың мөлшеріне әсері.....	103
3.11.4 Органикалық тыңайтқыштың топырақтың биологиялық белсенділігіне әсері.....	104
3.11.5 Органикалық тыңайтқыштың амарант пен көгал ризосферасының микробтық құрамына әсері.....	105
3.11.6 Органикалық тыңайтқыштың топырақтың ферменттік белсенділігіне әсері.....	108
3.11.7 Өсімдіктердің морфологиялық құрылымына органикалық тыңайтқыш әсері.....	110
3.12 Лайлы тұнбаларды органикалық тыңайтқышқа қайта өңдеудің микробиологиялық технологиясы.....	114
3.13 Лайлы тұнбалардан алынған органикалық тыңайтқыш пен биопрепараттарды коммерциализациялауға арналған бизнес жоспар.....	115
ҚОРЫТЫНДЫ.....	120
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ.....	122
ҚОСЫМША А – Пайдалы модельге алынған патент.....	142
ҚОСЫМША Ә – Тәжірибелік ұсыныстар.....	144
ҚОСЫМША Б – Сынақтан өткізу акты.....	145

НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР

Бұл диссертациялық жұмыста келесі нормативтік сілтемелер қолданылды: Философия докторы (PhD) бейіні бойынша доктор дәрежесін ізденушілерге диссертацияны рәсімдеу ережесі (жоба) - Алматы, 2014.

18.02.2011 ж. №407-IV ҚРЗ Қазақстан Республикасының «Ғылым туралы» Заңы.

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің 2011 жылғы 31 наурыздағы №127 бұйрығымен бекітілген Ғылыми дәрежелерді беру Ережесі.

ҚР МЖМБС 5.04.034-2011: Қазақстан Республикасының Мемлекеттік жалпыға міндетті білім беру стандарты. Жоғары оқу орнынан кейінгі білім. Докторантура. Негізгі ережелер (2012 жылғы 23 тамыздағы №1080 өзгертулер).

МемСТ 7.32-2001. Ғылыми-зерттеу жұмысы туралы есеп. Рәсімдеу құрылымы мен ережелері.

МемСТ 7.1-2003. Библиографиялық жазба. Библиографиялық сипаттама. Жалпы құрастыру талаптары мен ережелері.

МемСТ 17.4.4.02-84. Халықаралық стандарт. Топырақтар. Химиялық, бактериологиялық, гельминтологиялық анализ жасау үшін үлгілерді алу және дайындау әдістері.

МемСТ 26951-86. Халықаралық стандарт. Топырақтар. Нитраттарды ионометрлік әдіспен анықтау.

МемСТ 26205-91. Халықаралық стандарт. Топырақтар. Фосфор мен калийдің жылжымалы қосылыстарын Мачигин әдісімен анықтау.

МемСТ 26213-91. Халықаралық стандарт. Топырақтар. Органикалық затты анықтау әдістері.

МемСТ 26483-85. Халықаралық стандарт. Топырақтар. АШАҚКОИ әдісі бойынша тұзды сығындыны әзірлеу және оның рН анықтау.

АНЫҚТАМАЛАР

Диссертациялық жұмыста төмендегідей анықтамалар қолданылды:

Аммонификация – құрамында азоты бар органикалық заттардың аммиак түзе отыра микроағзалар көмегімен ыдырауы.

Бактерия – табиғатта кең тараған, бір жасушалы, хлорофилсіз майда ағзалар.

Биопрепарат – құрамында микроағзалар немесе микроағзалар түзетін белсенді заттары бар, таза табиғи құрамды биологиялық құрал.

Гумус – өсімдіктер және жануарлар қалдықтарының биохимиялық түрленуі нәтижесінде пайда болатын, әдетте күрең түске боялған, топырақтың органикалық құрамдас бөлігі.

Қордалау – органикалық субстратты микроағзалардың аралас популяцияларының қатысуымен жоғары температура мен ылғалдылық жағдайында, аэробты биодеградациялайтын биологиялық тотығудың экзотермиялық үрдісі.

Қоректік орта – микроағзаларды немесе жоғары сатылы ағзалардың жасушаларын культивирлеуге арналған бір компонентті немесе көп компонентті субстрат.

Лайлы тұнбалар – механикалық, биологиялық және физикалық-химиялық өңдеу нәтижесінде кәріз суларынан оқшауланған, ылғалдылығы 98-99% дейін жететін органикалық және минералды қоспалар.

Мицелий (бұтақталған жіптер) – гифтерден тұратын саңырауқұлақтардың вегетативтік денелері.

Нитрификация – нитрификациялаушы микроағзалар көмегімен аммоний иондарының нитриттер және нитраттарға дейін тотығуы.

Органикалық тыңайтқыш – құрамындағы өсімдіктердің қоректік элементтері органикалық қосылыстар күйінде басым болатын тыңайтқыш түрі.

Өнімділік – егістіктің бір өлшем алаңынан алынатын орташа өнім.

Протеаза – протеиндарді немесе пептидтерді ыдырататын ферменттер тобы.

Сапрофиттер – өлген жануарлар мен өсімдіктердің қалдықтарымен қоректенетін ағзалар.

Топырақ құнарлылығы – топырақтың өсімдіктерді қажетті қоректік заттармен, ылғалмен, жылумен және қолайлы физикалық – химиялық ортамен қамтамасыз ету қасиеті.

Тұқым өнгіштігі – егістік материалдың себуге жарамдылығын анықтайтын басты көрсеткіш. Тұқымның өнгіштігі деп талдауға алынған үлгідегі қалыпты өскіндердің пайызбен көрсетілген саны.

Целлюлоза – аса берік, көпшілік жағдайда өсімдіктер қабығында кездесетін күрделі көмірсулар.

Штамм – морфологиялық және биологиялық қасиеттері бірдей бір түрге жататын микроағзалар культурасы.

БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

г	– Грамм
т	– Тонна
см	– Сантиметр
мм	– Миллиметр
м	– Метр
%	– Пайыз
°С	– Температура
ҚР	– Қазақстан Республикасы
ҚАТЗУ	– Қазақ агротехникалық зерттеу университеті
ЕТАА	– ең төменгі айтарлықтай айырмашылық
ЕПА	– ет - пептонды агар
ЕПЖ	– ет - пептонды желатин
КАА	– крахмалды-аммиакты агар
КТБ	– колония түзуші бірлік
т.б	– тағы басқа
ЧД	– Чапек –Докс қоректік ортасы
шт.	– Штамм
ОАҚҒЗИ	– Орталық агрохимиялық қызмет ғылыми-зерттеу институты
МемСТ	– Мемлекеттік стандарт
рН	– сутегі иондарының шамасының көрсеткіші
МКК	– мемлекеттік коммуналды кәсіпорын
РҒДИ	– Ресейдің ғылыми дәйексөз индексі
СанЕмН	– санитарлық-эпидемиологиялық ережелер мен нормалар

КІРІСПЕ

Тақырыптың өзектілігі. Канализациялық ағынды сулардың лайлы тұнбаларын кәдеге жарату мәселесі әлемдегі барлық қалаларға тиесілі. Лайлы тұнбалардың полигондарда жинақталуы әркезде негізгі экологиялық мәселелердің бірі болып саналады.

Астана және Алматы қалаларындағы ағынды сулардың лайлы тұнбаларын қайта өңдеудің қазіргі жағдайына жасалған талдау елімізде лайлы тұнбаларды кәдеге жаратудың тиімді технологиясының жоқтығын анықтады, ал лайлы тұнбалардың полигондарда сақталуы адамдарға биологиялық және токсикологиялық қауіп тудыратыны сөзсіз белгілі. Қазақстанда ағынды суларды қайта өңдеу мәселесі өзекті және қайта өңдеу технологиясы жолға қойылмаса, бұл мәселе жақын болашақта экологиялық апатқа әкелуі мүмкін. Қала халқының өсуі сумен жабдықтау және канализация қуатын арттыруды талап етеді. Бұл тенденция жалғасса, ағынды сулардың лайлы тұнбаларының үлкен массасының пайда болуына әкеледі.

Лайлы тұнбалар ағынды суларды тазарту нәтижесінде пайда болады. Көбінесе лайлы тұнбалар су айдындарына жіберу, лайлы алаңдарда көму немесе өртеу арқылы утилизацияланады. Алайда, аталған әдістердің экологиялық таза еместігіне байланысты құрылыс материалдары, биоотын, белсендірілген көмір, электр энергиясы мен тыңайтқыштар өндірісінде лайлы тұнбаларды қолдануды мүмкін ететін технологияларды әзірлеу бағытында жұмыс жүріп жатыр. Лайлы тұнбалардың құрамында фосфор мен азоттың көп мөлшері бар, бұл оларды органикалық тыңайтқыш ретінде пайдалану мүмкіндігінің басты алғышарты. Оның құрамына су, органикалық зат және минералды қоректік заттар кіреді. Лайлы тұнбалардың құрғақ затында 25-35% көміртегі, 4-5% азот, 2-3% фосфор, калий, микроэлементтер бар [1].

Қазіргі уақытта лайлы тұнбаларды қайта өңдеудің кеңінен қолданылатын технологияларына аэробты/анаэробты қордалау, өртеу, пиролиз және газ алу жатады. Еуро Одаққа мүше елдердің көпшілігінде лайлы тұнбаларды өртеу тәжірибесі бар [2]. Өртеу лайлы тұнба көлемін 90%-ға азайтады. Күл қалдықтары құрылыс материалдарын өндіру үшін пайдаланылады. Жану кезінде пайда болатын жылу бу шығарады, ол кейіннен бу турбиналары арқылы энергияға айналады. Көмір мен күлдегі фосфордың жоғары мөлшері, ауыр металдардың аз болуы оны ауыл шаруашылығы үшін фосфор тыңайтқыштарының әлеуетті көзі етеді. Бірақ бұл әдістің бірқатар кемшіліктеріне өртеу технологиясының жоғары құны, парниктік газдар шығарындыларының көп мөлшері жатады.

ТМД елдерінде лайлы тұнбаларды арнайы жер телімдері мен полигондарда ұзақ уақыт бойы жинақтау кең тараған. Қалдықтарды басқарудың бұл әдісін қолдану оның төмен капиталдық шығындарымен байланысты. Дегенмен, бұл әдіс жинақтау орындарының мүмкіндіктерімен шектеледі, экологиялық қауіпсіздік талаптарына сай келмей, қоршаған ортаға теріс әсер ету қаупін жоғарылатады және лайлы тұнбалардың энергетикалық және ресурстық потенциалының қайтымсыз жоғалуына әкеледі.

Алайда лайлы тұнбалар құрамында ауыр металдардың, патогендердің, пестицидтердің және басқа да улы заттардың болуына байланысты оны тыңайтқыш ретінде қолдану кезінде қоршаған ортаның ластану қаупін де ескеру қажет. Ағынды сулардың лайлы тұнбалары топыраққа тікелей пайдалануға жарамсыз, олар қауіптіліктің 4-ші класына жатады және жағымсыз иістің көзі болып табылады.

Лайлы тұнбаларды қайта өңдеудің экологиялық таза шешімдерінің бірі – лайлы тұнбаны басқа органикалық қалдықтармен бірге қордалау болып табылады. Компост құрамында ақуыздар, лигнин және целлюлоза сияқты табиғи биополимерлерді, сондай-ақ басқа органикалық молекулаларды ыдыратуға қабілетті әртүрлі микроағзалар болады. Лайлы тұнбаларды қордалау оның көлемін азайтуға мүмкіндік береді және бұл технологиялық үрдіс өртеумен салыстырғанда зиянды заттардың шығарындыларымен байланысты емес, экологиялық тұрғыдан қолайлы. Қордалау үрдісінде лайлы тұнбалар физикалық және химиялық өзгерістерге ұшырап, дезинфекцияланған, құрамы бай, тұрақты өнімге айналады.

Жоғарыда айтылған мәселелерге байланысты, лайлы тұнбалардан бөлініп алынған микроағзалар негізінде оны органикалық тыңайтқышқа дейін тиімді түрде қайта өңдеу, жағымсыз иістерді жою және агро-ландшафтық егіншілікте одан әрі пайдалану үшін биопрепараттарды әзірлеу өзекті мәселе болып табылады.

Зерттеу тақырыбының зерттелу дәрежесі.

Лайлы тұнбаларды органикалық тыңайтқышқа қайта өңдеу мәселесін қарастырған Қазақстандық ғалымдар ішінде О.А. Петровтың (2013), К.Т. Оспанованың (2015), М.С. Дуамбековтың (2018), Э.Ж. Хасенованың (2020), З.Х. Кунашеваның (2023) еңбектерін атап өтуге болады. Алайда бұл зерттеулерде лайлы тұнбаларды қордалау кезінде олардың химиялық қасиеттерінің, микробиологиялық көрсеткіштерінің өзгеруі жайында деректер қоры жеткіліксіз. Сонымен қатар лайлы тұнбаларды сәндік өсімдіктерді өсіру үшін топыраққа тыңайтқыш түрінде қолдану жайында зерттеулер мүлде кездеспейді. Осыған байланысты берілген тақырыптың зерттелу дәрежесі төмен деп есептеліп, өзектілігі артады.

Зерттеудің мақсаты мен міндеттері:

Жұмыстың мақсаты: Лайлы тұнбаларды органикалық тыңайтқышқа қайта өңдеудің микробиологиялық технологиясын жасау.

Зерттеу мақсатына сәйкес келесі міндеттер алға тартылады:

1. «Астана Су Арнасы» МКК-ның өңделмеген лайлы тұнбаларының физикалық-химиялық қасиеттері мен ауыр металдар құрамын зерттеу, микробиологиялық құрамын анықтау.

2. Лайлы тұнбалардың әртүрлі концентрациясының тест-дақылдарға қатысты өсуді ынталандыру қасиеттерін зерттеу.

3. Лайлы тұнбаларда кездесетін микроағзаларды бөліп алу, олардың биологиялық ерекшеліктерін зерттеу және тиімді микроағзалар негізінде консорциумдар құру.

4. Лайлы тұнбаларды органикалық тыңайтқышқа қайта өңдеуде қолданылатын микроағзалардан биопрепарат жасау регламентін әзірлеу.

5. Лайлы тұнбаларды жаңа биопрепараттарды қолдана отырып қордалау технологиясын жасау: температуралық режимді зерттеу, компосттың рН, ылғалдылығын, химиялық құрамын анықтау.

6. Лайлы тұнбалардың негізінде жасалған органикалық тыңайтқыштарды агроландшафттық егіншілікте қолдану және топырақтың химиялық құрамына әсерін зерттеу.

7. Лайлы тұнбалар негізінде жасалған органикалық тыңайтқышты қолданудың потенциалды нарығын бағалау.

Зерттеу нысандары: Лайлы тұнбалар, микроағзалар штамдары, биопрепарат, көгал, амарант.

Зерттеу пәні: Лайлы тұнбаларды органикалық тыңайтқышқа қайта өңдеудің микробиологиялық технологиясы.

Зерттеу әдістері: Зерттеулерді жүргізу барысында зертханалық, далалық және математикалық әдістер қолданылды.

Ғылыми жаңалығы. Елімізде алғаш рет лайлы тұнбаларды органикалық тыңайтқышқа қайта өңдеудің тиімді микробиологиялық технологиясы әзірленді. Зерттеу жұмысының барысында лайлы тұнбаны органикалық тыңайтқышқа қайта өңдеу үшін азотты бекітетін, целлюлозаны ыдырататын және өсуді ынталандыратын, белсенділігі жоғары, пайдалы микроағзалар штамдары іріктеліп алынды. Лайлы тұнбаларда мекен ететін микроағзалардың тиімді штамдарынан екі түрлі консорциум құрылып, лайлы тұнбаларды қордалау бойынша сынақтан өткізілді. Лайлы тұнбалардан алынған тыңайтқыштарды алғаш рет агроландшафттық егіншілікте көгал өсімдіктері мен сәндік амарант үшін қолдану мүмкіндіктері қарастырылды.

Зерттеу нәтижелерінің теориялық және практикалық маңыздылығы: Қазақстанда алғашқы рет лайлы тұнбалардан жаңа микроағзалар штамдары бөлініп алынып, олардың биологиялық ерекшеліктері жан жақты зерттеліп, тиімді микроағзалар штамдары іріктелді. Бөлініп алынған тиімді микроағзалардан екі биопрепарат құрылып, олар өндірістік жағдайда лайлы тұнбаларды қордалау үшін қолданылды. Зерттеу барысында әзірленген қайта өңдеу технологиясы лайлы тұнбалар өндірісіне қатысы бар коммуналды шаруашылықтарда, кәсіпорындарда қолданыла алады. Агроландшафттық егіншілікте лайлы тұнбаларды қолдану зерттеулерінің нәтижелері көгалдандыру және абаттандыру саласында жұмыс жасайтын кәсіпкерлер үшін маңызға ие.

Қорғауға ұсынылатын негізгі қағидалар:

1. Лайлы тұнбалар құрамынан жаңа микроағзалар штамдары бөлініп алынып, олардың биологиялық ерекшеліктері зерттеліп, тиімді микроағзалар іріктеліп, идентификацияланды.

2. Лайлы тұнбаларды қордалау үшін микроб текті биопрепараттарды қолданудың тиімділігі зерттелді.

3. Лайлы тұнбалардан жасалған органикалық тыңайтқыштарды агроландшафттық егіншілікте қолданудың топырақ құнарлылығына, өсімдіктердің биомассасына әсері қарастырылды.

4. Лайлы тұнбалардан алынған органикалық тыңайтқыштарды қолданудың потенциалды нарығы бағаланды.

Диссертация нәтижелерін апробациялау. Зерттеу жұмысының негізгі нәтижелері келесі халықаралық конференцияларда талқыланды:

1. Academics and Science Reviews Materials (Helsinki, 2022).

2. Өсімдік шаруашылығының климаттың жаһандық өзгеру жағдайларына бейімдеу: проблемалар мен шешу жолдары (Алмалыбақ, 2022).

3. Сейфуллин оқулары-18(2): «XXI ғасыр ғылымы – трансформация дәуірі» (Астана, 2022).

4. М.А. Гендельманның 110 жылдығына арналған «Сейфуллин оқулары – 19» (Астана, 2023).

Зерттеу тақырыбы бойынша жарияланымдар.

Диссертацияның негізгі нәтижелері 12 баспа жұмыстарында ұсынылған, олардың ішінде, халықаралық Scopus мәліметтер базасына кіретін Eurasian Journal of soil science (процентиль - 48%), Caspian Journal of Environmental Sciences (процентиль - 44%) журналдарында – 2 мақала, ҚР ҒЖБМ білім беру саласында бақылау бойынша Комитетімен ұсынылған басылымдарда 3 мақала, РФДИ (РИНЦ) базасына кіретін – 1 мақала, халықаралық конференциялар жинағында – 4 мақала жарыққа шықты. 1 ҚР өнертабыс патентіне рұқсат алынып (Қосымша А), 1 тәжірибелік ұсыныстар жарияланды (Қосымша Ә).

Диссертацияның мемлекеттік бағдарламалармен байланысы.

Диссертациялық жұмыс 2022-2024 жылдарға арналған ғылыми және (немесе) ғылыми-техникалық жобалар бойынша гранттық қаржыландыру аясында, 2022 жылдың 18-қазанында №250/30-22-24 келісім шартына сәйкес АР14871144 «Лайлы тұнбалар мен қалалық өсімдіктердің «жасыл» қалдықтарын отандық биопрепараттарды пайдалана отырып, органикалық тыңайтқышқа өңдеу технологиясын әзірлеу» тақырыбындағы жоба шеңберінде жүргізілді.

Диссертанттың жеке үлесі. Автор әдеби деректерді іздестірді және талдады, зертханалық және далалық зерттеулер мен сынақтар жүргізді, алынған алғашқы тәжірибелік деректерді статистикалық түрде өңдеді, диссертация тақырыбы бойынша жарияланымдар әзірледі, диссертациялық жұмысты дайындады және рәсімдеді.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі. Диссертациялық жұмыс құрамына кіріспе, әдебиетке шолу, зерттеу материалдары мен әдістері, зерттеу нәтижелері, қорытындыдан, қолданылған әдебиеттер мен қосымшалардан құралған. Пайдаланылған әдебиеттер саны 299, оның ішінде 140 шетел тіліндегі әдебиеттер. Диссертацияда 141 бет, 44 кесте, 17 сурет бар.

1 ӘДЕБИЕТКЕ ШОЛУ

1.1 Ауыл шаруашылығының тұрақты даму мәселесі

Ауыл шаруашылығы – әлемдік экономиканың дамуына үлес қосатын негізгі салалардың бірі. Қазіргі заманғы ауыл шаруашылығын дамыту тенденциялары дақылдардың өсу циклдерін қысқарту, генетикалық модификациялар, химиялық тыңайтқыштарды, өсуді күшейткіштерді және пестицидтерді қарқынды қолданумен байланысты. Аталған іс-шаралардың кейбірі топырақтың құнарлылығы мен агроэкожүйенің қалыпты жұмысына елеулі нұқсан келтіреді. Осының салдарынан соңғы кезде топырақта органикалық заттың азаюы, микробтық және мезофауналық белсенділіктің төмендеуінің салдарынан биоалуантүрліліктің жоғалуы және тұрақты агрохимикаттарды қолдану қажеттілігінің артуы бақылануда. Тұрақты ауыл шаруашылығын дамыту болашақ ұрпақтың табиғат ресурстарына деген қажеттіліктеріне нұқсан келтірмей қоғамның қазіргі азық-түлік мұқтажының қанағаттандыру мүмкіндігін білдіреді. Осы орайда ауыл шаруашылығы тұрақтылығының негізгі құрамдас бөлігі ретінде органикалық тыңайтқыштарды қолдану маңызы жылдан жылға артып келеді.

Синтетикалық тыңайтқыштарды қолдану қысқа мерзімді пайдаға қол жеткіздіргенмен, топырақ уыттылығын арттырып, оның құнарлылығының төмендеуі сияқты ұзақ мерзімді жанама әсерлерге ие. Органикалық тыңайтқыштарды қолданудың артықшылықтарына олардың арзандығы, топырақ құрылымын және аэрациясын жақсартуы, топырақтың суды ұстау қабілетін арттыруы, өсімдіктердің өсімін ынталандыруы жатады [3].

Органикалық қалдықтарды биотехнологиялық жолмен қайта өңдеу өнеркәсібін құру бірнеше мәселені шешуге мүмкіндік береді. Бірінші кезекте мал, құс және өсімдік шаруашылығының қалдықтарының қоршаған ортаға тигізетін экологиялық зиянның азаюмен байланысты бірқатар экологиялық мәселелер шешіледі. Екіншіден, өнімділікті өсіретін және топырақ құнарлығын арттыратын жоғары сапалы органикалық тыңайтқыштардың алынумен байланысты экономикалық тиімділікке қол жеткізіледі. Үшіншіден, жаңа өндіріс орындары іске қосылған кезде жұмыс орындарының ашылуын қамтамасыз ететін әлеуметтік маңызды мәселелер шешіледі [4].

Топыраққа органикалық қалдықтарды өңдеусіз, тікелей енгізген кезде тек қана шіру үрдістеріне қол жеткізіліп, тұрақтылығы төмен заттар алынады. Қазіргі кезде органикалық тыңайтқыштарды дайындаудың екі түрлі басты микробиологиялық концепциялары бар. Біріншісі, анаэробты ашыту арқылы биогаз алу. Екіншісі, аэробты биоферментация көмегімен гумусты субстрат немесе компост қалыптастыру.

Қордалау – органикалық қалдықтардың компост деп аталатын құрамы күрделі, тұрақты, гумуска бай өнімге аэробты, биологиялық трансформациясы. Ферментацияланған қатты немесе жартылай қатты күйдегі органикалық заттар бұзылған топырақты қалпына келтіруге немесе топырақ құнарлығын жоғарылату үшін пайдаланылуы тиіс. Компост жасау кезінде органикалық қалдықтардың температурасы 60°C дейін өседі, бұл бунақденелілердің

дернәсілдері мен қуыршақтарын, гельминттердің жұмыртқаларын және ауру қоздырғыштарын жоюға көмектеседі [5].

Қордалаудың басты мақсаты – органикалық қалдықтарда кездесетін қосылыстарды тұрақтандыру немесе тотықтыру. Қалдықтарды биологиялық түрде қайта өңдеу үрдісіне органикалық заттарды ассимиляциялауға қабілетті микроағзалардың біртұтас кешені қатысады. Олар органикалық заттардың әртүрлі мөлшерлеріне және қоршаған орта параметрлеріне (температура, ылғалдылық, рН) белгілі бір шектерде ғана бейімделе алады. Температура, ылғалдылық және қышқылдықтың шектен тыс мөлшерлері микроағзалар белсенділігін төмендетуі немесе тоқтатуы мүмкін.

Қордалау үрдісінде күрделі органикалық субстраттар микроағзалардың көмегімен тұрақты және жетілген органикалық соңғы өнімдерге (гуминдік заттар) айналады. Бұзылған топырақтарды қалпына келтіру үшін компосттың әртүрлі мөлшерлерін қолдану бойынша жасалған бірнеше зерттеуде компостты топырақ тығыздығы, қоректік динамикасы, суды ұстауды арттыру сияқты физикалық қасиеттерді жақсартудың тиімді құралы ретінде сипаттайды. Қордалау кезінде биопрепараттар қолдану микроағзаларды инокуляциялау көмегімен үдерісті жылдамдатып, агрохимиялық құндылығын арттырады, температураны жоғарылатып, санитарлық түрде залалсыздандырады.

Қытай зерттеушілері бидай сабанын *T. harzianum* саңырауқұлағымен инокуляциялау кезінде бақылау нұсқасымен салыстырғанда жоғары тұрақтылыққа және су ұстау қабілетіне ие компост алуға қол жеткізген [6]. Болгария зерттеушілері ағаш үгінділерін целлюлоза ыдыратушы саңырауқұлақ *Cephalosporium sp.* және азотбекітуші бактерия *Azospirillum brasilense* көмегімен қордалап, оны соя, жер жаңғағы және жоңышқаны өсіру үшін қолданғанда жоғары өнім алған [7]. Үндістанда полиароматты көмірсутектермен ластанған жерлерді биоремедиациялау үшін күріш сабанына *Serratia marcescens* L-11, *Streptomyces rochei* PAH-13 және *Phanerochaete chrysosporium* VV-18 микроағзаларынан құралған консорциум мен аммоний сульфатын қосу арқылы дайындалған компостты қолданған. Зерттеу нәтижесі бойынша компост қосылған топырақтарда полиароматты көмірсутектердің ең жылдам ыдырауы жүрген [8].

Топырақ құнарлылығын арттыру мақсатында, дақылдардың өнімділігін, сапасын арттырып, оңтайлы өсімін қамтамасыз ету үшін органикалық тыңайтқыштарды қайта өңдеудің ұтымды технологияларын таңдап, оларды өндірісте қолдану бойынша ғылыми зерттеулер өткізу жұмыстары кешенді түрде жүргізілуі тиіс. Органикалық тыңайтқыштар көздеріне мал шаруашылығының қалдықтары, өсімдік текті қалдықтар, ағынды сулардың лайлы тұнбалары жатады. Берілген диссертациялық жұмыста лайлы тұнбаларды органикалық тыңайтқышқа микроағзалар көмегімен қайта өңдеу мүмкіндіктері қарастырылады.

1.2 Лайлы тұнбалардың құрамы мен қасиеттері

Адамның тұрмыстық және өнеркәсіптік қызметі нәтижесінде ағынды сулар түрінде сұйық қалдықтар түзіліп, кәріз жүйесіне жіберіледі. Ағынды сулардың

құрамындағы ластаушы заттардың негізгі бөлігі тазарту қондырғыларында сүзгіден өткізу кезінде ауланып, концентрацияланады және тұнба түзеді. Ағынды сулардың қалдықтары тазартудың бірнеше сатысынан өткеннен кейін флокулянттар көмегімен сусыздандырылып, полигондарда сақталады. Бұл үдеріс көп уақытты және лайлы тұнбаларды сақтау үшін үлкен аумақтарды қажет етеді. Сонымен қатар, лайлы тұнбаларды полигондарда сақтау жағымсыз иістің таралуына, топырақтың және жер асты суларының зиянды компоненттермен ластануына әкеледі [9].

Лайлы тұнбалардың химиялық құрамы келесідей заттардан тұрады:

1) минералды (күм, саз бөлшектері, майлар, қышқылдар, сілтілер, тұздар және т.б.);

2) органикалық – күлділігі 10%-дан кем (тұрмыстық қалдықтар, нәжіс, өсімдік майлары, мұнай өнімдері, өсімдік талшықтары және т.б.);

3) органикалық және минералды заттардың қоспалары, күлділігі 10-нан 60%-ға дейін ауытқиды.

Ағынды суларды тазалаудың технологиялық схемасына байланысты лайлы тұнбалардың бірнеше түрін ажыратуға болады:

- торлардан қалған тұнбалар (қоқыс);
- күм ұстағыштардан қалған тұнбалар (күм);
- бастапқы тұндырғыштардың тұнбалары;
- аэротенктерде биологиялық тазартудан қалған, қайталама тұндырғыштардың белсенді тұнбалары;
- биосүзгілерден кейін түзілген биологиялық қабығы;
- коагулянттар немесе флокулянттар қосылған белсенді тұнбалар;
- тұнбалар мен лайдың қоспалары [10].

Ағынды сулардың құрамдас бөліктері құрылымы мен химиялық құрамын өзгертпей (торлардан, күм ұстағыштардан, бастапқы тұндырғыштардан), құрылымы мен химиялық құрамының өзгеруімен (артық белсенді лай немесе биоқабық, суды химиялық тазартудан кейінгі тұнбалар) тұнбаға түсе алады. Лайлы тұнбалардың температурасы 12-20°C, ал ортаның белсенді реакциясы (рН мәні) ағынды сумен бірдей, 6-дан 8-ге дейін болуы мүмкін.

Түзілу жағдайларына және бөліну ерекшеліктеріне қарай лайлы тұнбалар бірінші ретті және екінші ретті болып бөлінеді. Бірінші ретті лайлы тұнбаларға сүзу, седиментация, флотация, центрифугалық өрісте тұндыру сияқты механикалық тазалау әдістерімен судан бөлінген ірі дисперсті қоспалар жатады. Екінші ретті лайлы тұнбаларға суда коллоидтар, молекулалар және иондар түрінде болатын қоспалар жатады.

Ағынды суларды тазарту барысында түзілетін лайлы тұнбалардың құрамы мен қасиеттері түзілу жағдайларына, тазарту әдісіне және тазарту қондырғысының жұмыс жағдайына байланысты әртүрлі болуы мүмкін. Мысалы, бастапқы тұндырғыштардан алынған тұнбалардағы органикалық зат орта есеппен 60–75% құраса, биологиялық белсенді лайлы тұнбалардағы органикалық зат орта есеппен 70–75% құрайды. Бастапқы тұндырғыштарда түзілген лайлы тұнба құрамындағы ақуыздар саны биологиялық белсенді лайлы тұнбаға қарағанда шамамен 2 есе аз, ал көмірсулар саны 2,5-3 есе аз болады [11]. Уақыт

өткен сайын лайлы тұнбалардың органикалық бөлігі тез шіріп, жағымсыз иіс шығарады, ал коллоидты және ұсақ бөлшектердің саны артып, ылғалдылықты сақтап тұрады.

Лайлы тұнбаның барлық түрлері (торлардан және құм ұстағыштардан ұсталған ірі қалдықтардан басқа) 90-99% дейін еркін, коллоидты байланысқан және гигроскопиялық судан тұрады. Қатты бөлшектермен байланысты емес ылғалдан кептіру, сүзу немесе төмен қысымда машиналарда сусыздандыру арқылы оңай арылуға болады [12].

Коллоидты байланысқан су лайлы тұнбалардың 20% дейінгі мөлшерін құрап, үлкен қиындықпен жойылады, оны коагуляция, сүзу көмегімен жартылай ажыратуға болады. Коллоидты байланысқан суды толық жою тек жоғары температурада кептіру арқылы жүзеге асырылады.

Гигроскопиялық су (немесе химиялық байланысқан) судың жалпы массасы 4–10% құрайды және термиялық кептіру кезінде де жойылмайды, одан тек лайлы тұнбаны өртегенде ғана арылуға болады [13].

Лайлы тұнбалардың ылғалдылығы оның қайта өңдеу әдісін таңдау үшін маңызды, себебі бұл параметр оның физикалық күйін анықтайды. Ылғалдылығы 90%-дан жоғары болатын бірінші ретті лайлы тұнбалар – сұйық масса; 82-90% - қаймақты консистенциясы; 82-86% - сұйық балшық; 80-82% ылғалды топырақ күйінде болады [13, с.11].

Бастапқы тұндырғыштардағы лайлы тұнбаның құрғақ заты келесідей элементтік құрамға ие: көміртегі – 35,4-87,8%; сутегі – 4,5-8,7%; күкірт – 0,2–0,7%; азот - 1,8-8%; оттегі – 7,6-31,4%. Белсендірілген тұнбаның құрғақ затында: 44–75,8% көміртек; 5,6-8,2% сутегі; 0,9–2,7% күкірт; 3,3–9,8% азот; 12,5–43,2% оттегі бар [13, с.12].

Лайлы тұнбалардың құрамында өсімдіктер үшін пайдалы қоректік заттардың және органикалық заттардың көп болуына байланысты оларды тыңайтқыш ретінде ауыл шаруашылығында пайдалануға болады. Лайлы тұнбалардың агрохимиялық құрамы бастапқы «шикізатқа» және оны өңдеу технологиясында қолданылатын әдістерге байланысты [14].

Ағынды суларды тазарту кезінде пайда болатын тұнбалар экологиялық қауіпсіз түрде кәдеге жаратылуын немесе орналастырылуын (сақтау немесе көму) қамтамасыз ету мақсатында сусыздандыру, тұрақтандыру, иістерді азайту, дезинфекциялау, физикалық-механикалық қасиеттерін өзгерту әдістерінің көмегімен алдын ала дайындалуы қажет.

Лайлы тұнбаларды қайта өңдеудің заманауи технологиялық схемасы келесі үрдістерді қамтиды: нығыздау (қоюландыру), тұнбаның органикалық бөлігін тұрақтандыру, кондициялау, сусыздандыру, бағалы құрамдас бөліктерді кәдеге жарату, жою [13, с.15].

Ағынды сулардың тұнбаларын нығыздау оларды тазартудың бастапқы кезеңі болып табылады және олардың көлемін азайтуға бағытталады. Ең кең тарағандары гравитациялық және флотациялық нығыздау әдістері. Гравитациялық нығыздау тұндырғыштарда, ал флотация қысымды флотация қондырғыларында жүргізіледі. Гидроциклондарда, центрифугаларда және сепараторларда шөгінділерді центрифугалық нығыздау да қолданылады [15].

Ағынды сулардың тұнбаларын сүзгі қалқандары арқылы сүзу немесе тұнбаға батырылған діріл құрылғыларын пайдалану тиімді әдіс болып табылады. Лайлы тұрақтандыру органикалық заттардың биологиялық ыдырайтын бөлігін азайту үшін қолданылады, бұл әдіс лайлы тұнбаларды ашық ауада ұзақ сақтау кезінде (полигонда кептіру, ауыл шаруашылығы тыңайтқыштары ретінде пайдалану және т.б.) шіру құбылысының пайда болуының алдын алады [16].

Лайлы тұнбалардың органикалық заттарын тұрақтандыру немесе минералдандыру анаэробты жағдайда (метандық ашыту) және аэробты жағдайда жүзеге асырылуы мүмкін. Өнеркәсіптік ағынды сулардың тұнбаларын тұрақтандыру үшін негізінен аэробты тұрақтандыру қолданылады. Бұл кезде аэротенк сияқты құрылымдарда лайлы тұнбаны ұзақ уақыт аэрациялайды, соның нәтижесінде шіритін заттардың негізгі бөлігі ыдырайды [17].

Тұнбаны кондиционерлеу лайлы тұнбалардың құрамындағы органикалық коллоидтарды жою және олардың су шығынын арттыру үшін жүргізіледі. Негізінен кондиционерлеудің реагенттік әдісі қолданылады. Ағынды сулардың лайлы тұнбаларын сусыздандыру ылғалдылығы 50-80% тұнбаларды алуға арналған. Сусыздандыру негізінен лайлы тұнбаларды сақтау полигондарында кептіру арқылы жүзеге асырылды. Бірақ бұл үрдістің тиімділігінің төмендігі, өнеркәсіптік аймақтардағы жердің тапшылығы және ауаның ластануы механикалық сусыздандырудың: вакуумды сүзу, центрифугалаудың, фильтрмен престоудің, термиялық кептірудің дамуы мен қолданылуына әкелді [18].

Ағынды сулардың лайлы тұнбаларын жою оларды кәдеге жарату мүмкін болмаған кезде немесе экономикалық тұрғыдан тиімсіз болған жағдайларда қолданылады. Лайлы тұнбаларды өндеудің ұтымды технологиялық схемасын таңдау күрделі инженерлік, экономикалық және экологиялық міндет болып табылады, бірақ кез келген жағдайда технологиялық схема лайлы тұнбаларды өндеудің әртүрлі әдістерінің комбинациясына негізделген болуы тиіс, өйткені лайлы тұнбаларды өндеудің технологиялық схемалары көптеген факторларға тәуелді.

Ағынды сулардың лайлы тұнбалары көлемді, жанама түрде қалыптасатын өнім, ол қоршаған ортаны ықтималды екінші реттік ластаудың көзі ретінде бағаланады. Сондықтан оны кәдеге жарату және қайта өндеу технологиясын таңдау өте маңызды. Қазіргі уақытта лайлы тұнбаларды өндеудің кеңінен қолданылатын технологияларына аэробты/анаэробты қордалау, өртеу, пиролиз және газдандыру жатады.

Өртеу лайлы тұнбалардың көлемін 90%-ға азайтып, ауру тудыратын микроағзаларды жояды. Күл қалдықтары құрылыс материалдарын өндіру үшін пайдаланыла алады. Сондай-ақ, жану кезінде пайда болатын жылу кейіннен бу турбиналарының көмегімен энергияға айналады. Көмір мен күл құрамында фосфордың жоғары болуы, ауыр металдардың аз болуы күлді ауыл шаруашылығына арналған фосфатты тыңайтқыштардың әлеуетті көзі етеді. Бірақ бұл әдістің жану технологиясының жоғары құны, парниктік газдар шығарындыларының көп мөлшері сияқты бірқатар кемшіліктері бар [14, с.56].

Кәдеге жаратудың ең тиімді жолы - бұзылған жерлерді мелиорациялау, микроағзаларды пайдалану және табиғи әдіспен қордалау арқылы кәдеге жарату болып табылады.

Дамыған елдерде лайлы тұнбаны кәдеге жарату кең таралған. 2020 жылы лайлы тұнбаның қандай үлесі пайдаланылатынын анықтау үшін Еуро Одаққа мүше елдер арасында ауқымды сауалнама жүргізілді. Жалпы еуропалық лайлы тұнбалар өндірісі: жылына 8,7 млн тонна құрғақ затты құрады. Оның ішінде ауыл шаруашылығында жылына 4,1 млн тонна құрғақ зат пайдаланылады, 2,4 млн тонна өртеледі, мелиорацияға 0,7 млн тонна құрғақ зат жұмсалады, полигондарға 0,5 млн тонна құрғақ зат жіберіледі, т.б. бағыттарға 1 млн. тонна құрғақ зат жұмсалады. Әрбір ел лайлы тұнбаларды өз басымдықтарына, жергілікті қажеттіліктеріне және мүмкіндіктеріне қарай басқарады:

1. Лайлы тұнбаларды ауыл шаруашылығына пайдалану Кипр, Дания, Франция, Ирландия, Норвегия, Португалия, Словакия, Испания және Ұлыбританияда кәдеге жаратудың негізгі түрі ретінде таңдалған.

2. Нидерландыдағы қайта өңдеудің жалғыз нұсқасы – өртеу.

3. Финляндия мен Швецияда лайлы тұнбалар мәселесін шешудің басты жолы – жерді мелиорациялау болып табылады.

4. Германия, Чехия, Польша әртүрлі нұсқаларды қолданады.

5. Мальта мен Румынияда лайлы тұнбаларды қайта қолданбай полигондарда әлі де сақтап келеді [19].

Еуропа елдерінде өртенетін тұрмыстық қалдықтардың үлесі болашақта артуы екіталай және төмендеуі мүмкін. Қалдықтарды өртеуге қарсы себептерге жоғары баға мен ауаның ластану қаупі жатады. Ұлыбританияда электр энергиясының құны жоғары болуына байланысты бірнеше өртеу зауыттары жабылды. Швецияда сынап пен диоксиндердің атмосфераға таралуына байланысты қалдықтарды өртеуге тыйым салынған [20]. Осылайша, лайлы тұнбаларды кәдеге жарату мәселелерін шешу тек Қазақстанда ғана емес, басқа елдерде де өзекті және қазіргі таңда шешімін таппаған мәселе болып табылады.

Қазіргі уақытта канализациялық суларды тазарту үрдісіндегі негізгі технологиялық және экономикалық қиындықтарға ағынды суларды тазарту және кәдеге жарату болып табылады. Еуропалық комиссияның есебіне сәйкес, ЕО-да ауыл шаруашылығында қолданылатын лайлы тұнбалардың үлесі- 40%, АҚШ-та - 41% құрайды.

Еуропа елдерін лайлы тұнбаларды кәдеге жарату әдістері бойынша келесідей бөлуге болады: негізінен ауыл шаруашылығында лайлы тұнбаларды қолданатындар: Кипр – 84%, Испания – 83%, Ирландия мен Англия – 68%, Болгария – 56%; қордалау: Эстония – 80%, Словакия – 65%, Финляндия – 81%; өртеу: Голландия – 100%, Швейцария – 90%, Словения – 62%, Бельгия – 52%; полигондарда сақтау: Мальта мен Исландия – 100%, Греция – 98% [21].

Қайта өңдеудің негізгі қағидаларына лайлы тұнбаларды сақтау үшін бос аумақтардың болуы; күрделі құрылыстар мен тазарту құрылғыларын пайдалануға қажетті экономикалық ресурстар; жоғары дәрежедегі ғылыми зерттеулерді қажет ететін лайлы тұнбаларды қайта қолданудың альтернативті жолдары жатады.

Органикалық заттарды толыққанды пайдалану және қоршаған ортаның ластануын азайту мақсатында лайлы тұнбаларды қайта пайдаланудың алғашқы кезеңдерінің бірі метатенкте (немесе анаэробты биосүзгілерде) анаэробты түрде ашыту болып табылады. Бұл үдеріспен қатар биогаз өндіріледі, оның құрамында орташа есеппен 65% метан, 33% көмірқышқыл газы және 2% сутегі, азот, күкіртсутек және оттегі бар, оны электр энергиясын өндіру үшін тиімді пайдалануға болады, бұл шет елдердегі бірқатар салаларда қолға алынған [22]. Келесі кезеңдер лайлы тұнбалардың құрамындағы органикалық және минералды компоненттердің мөлшеріне және қауіптілік санатына байланысты ерекшеленуі мүмкін.

Құрамында көміртегі, азот, фосфор, калий көп болатын қауіптілігі төмен ағынды су лайлы тұнбаларын ауыл шаруашылығында тыңайтқыш ретінде, тіпті жануарлар мен құстарға ақуызды-витаминді азық ретінде беруге болады [23].

Қауіптілігі орташа ағынды судың лайлы тұнбалары құрылыс өнеркәсібінде, металлургия өндірісінде (минералды бөлігі), сондай-ақ техникалық майларды, әртүрлі майлау материалдарын (органикалық бөлік) және басқа да құнды химиялық өнімдерді өндіру үшін қолданады [24].

Басқа категориядағы лайлы тұнбалар залалсыздандырылып, өңделіп (сусыздандыру, термиялық өңдеу), улы өнеркәсіптік қалдықтар полигондарына тасталады.

Ауыр металдармен және мұнай өнімдерімен ластанған лайлы тұнбалардан тауарлық өнімдерді алу үшін тазалаудың кешенді технологиялары ұсынылады. Дегенмен, қазіргі уақытта лайлы тұнбалардың негізгі бөлігі полигондарда сақталады. Лайлы тұнбаларды полигондарда сақтау, әдетте олардың жер үсті және жер асты суларының, топырақтың, өсімдіктердің ластауына әкеледі.

Ағынды сулардың лайлы тұнбаларын кәдеге жаратудың негізгі әдістеріне: келесідей шаралар жатады:

1. Өртеу – лайлы тұнбаның органикалық бөлігін жоғары температурада улы емес газдарға (CO_2 , су буы, азот) дейін тотықтыру және минералды бөліктерді балқыма немесе күл түрінде шығару. Бұл әдіс лайлы тұнбаларды органикалық тыңайтқыш ретінде пайдалану мүмкін болмаған жағдайда ұсынылады [25].

Өртеу үрдісі күкірт оксидтері (IV және VI), хлор және хлоры бар қосылыстар, диоксиндер бар улы шаң мен газ шығарындыларының бөлінуімен бірге жүреді, бұл күрделі, көп сатылы сүзу жүйесін құру қажеттілігіне әкеледі.

2. Пиролиз үрдісінде пирокөміртек немесе отын ретінде пайдалануға болатын органоинералды құрам, сондай-ақ қолжетімді сорбциялық материал түзіледі. Органоинералды құрамды полигондарының рекультивациясы мен усыздандыруы үшін пайдалануға болады [26].

Лайлы тұнбалардың төмен температуралық пиролизі Жапонияда, Италияда жүзеге асырылуда, оны Германия және басқа елдердің ғалымдары әзірлеуде. Негізгі өнімі – «шикі мұнай». Жоғары температурадағы жанудан айырмашылығы, атмосфераның ластануы аз, үдеріс кезінде бөлінетін газ тәрізді өнімдер де қайта өңдеуге қатысып, лайлы тұнба құрамынан силикат өнімдері және мыс тұздары кәдеге жаратылады [27].

3. Лайлы тұнбаларды арнайы жабдықталған алаңдарда, карьерлерде, қатты тұрмыстық қалдықтар полигондарында көму кезінде газ шығару мәселесін шешу, жер асты суларына түсетін ластаушы заттардың енуіне жол бермеу шаралары қарастырылуы қажет.

4. Лайлы тұнбаларды кептіру, ұсақтау, елеу көмегімен асфальтобетондық қоспалардың құрамдас бөлігі ретінде де қолдануға болады [28].

5. Әлемде лайлы тұнбаларды барлық ауылшаруашылық дақылдары үшін қолдану тәжірибесі бар. Экономикалық тұрғыдан алғанда оларды астық дақылдары мен малазықтық дақылдар егістігінде қолданған жөн. Астық тұқымдастар ауыр металдарды бойына аз сіңіреді, ал малазықтық дақылдарды өңдеу нәтижесінде олардың құрамындағы ауыр металдар азаяды [29].

Лайлы тұнбадан жасалған тыңайтқыштарға толтырғыш ретінде лигнин, ағаш қабықтарының қалдықтары, өсімдік қалдықтары, сапропельдер қолданылады.

1.3 Лайлы тұнбаларды ауыл шаруашылығында пайдалану мүмкіндіктері

Фосфор мен азоттың жоғары концентрациясының болуына байланысты ағынды сулардың лайлы тұнбалары құнарлы тыңайтқыш болып табылады. Ағынды сулардың лайлы тұнбалары топырақтағы гумустың тапшылықсыз балансын сақтау үшін маңызды қосымша резерв ретінде қызмет ете алады. Ағынды сулардың лайлы тұнбалары және олардың негізіндегі компосттарды пайдалану топырақтың агрохимиялық көрсеткіштеріне оң әсер етеді, ауыл шаруашылығы дақылдарының қоректік сапасын нашарлатпай биомассасының қарқынды өсуіне ықпал етеді [30, 31].

Өзінің тыңайту құндылығы бойынша ағынды сулардың лайлы тұнбалары малдың көңінен кем түспейді. Ағынды суларды қайта өңдеу мәселесі тек біздің елімізде ғана емес, бүкіл әлем үшін өзекті. Сондықтан дүние жүзінің ғалымдары ауыл шаруашылығында пайдалану мақсатында лайлы тұнбаларды қайта өңдеуді енгізуге мүмкіндік беретін технологияларды жасаумен айналысуда. Патенттік іздестіру кезінде лайлы тұнбаларды қайта өңдеудің химиялық, механикалық және биологиялық бағыттары анықталды. Қалалық ағынды суларды тазарту қондырғыларының тұнбаларымен топырақты тыңайту үшін құрамында минералды заттары бар тыңайтқыштар алу екі негізгі операциядан: 1) алдын ала сусыздандыру; 2) термиялық өңдеуден тұрады [32].

Алдымен лайлы тұнбаның ылғалдылығын азайтып, оны қайта өңдеуге дайындайды. Лайлы тұнбалардың суспензиясын алып, ондағы құрғақ заттардың құрамын анықтаумен сипатталады. Осыдан кейін суспензияны дезинфекциялап, ауыр металл иондарын тұндыру және жағымсыз иістерді бейтараптандыру жұмыстары жүргізіледі [33]. Лайлы тұнбаларды өңдеудің көптеген патенттері патогендік организмдер мен иістерді жою үшін лайлы тұнбаның температурасын немесе рН деңгейін өзгертуге бағытталған [34, 35]. Бір патентте ғалымдар рН арттыру әдісін қолданды, бұл үдеріс аммонификациямен, яғни азотты енгізумен байланысты болды [36]. Лайлы тұнбаларды өңдеудің биологиялық әдісі –

органикалық тыңайтқыш алу үшін жауын құртын (*Eiseniafetida*) пайдалану [37-39].

Лайлы тұнбаларды өңдеудің ең тиімді әдістеріне органикалық қалдықтарды редуценттер үшін субстратқа айналдыра алатын биологиялық әдістер жатады. Өсімдік қалдықтарын пайдалану, қордалау немесе верми қордалау арқылы лайлы тұнбаларды қайта өңдеу табиғи түрде жүретін биохимиялық үрдістерді жылдамдату, соның ішінде органикалық заттардың ыдырауын тездетуді қамтиды. Осылайша бұл әдіс тазартылған ағынды сулардың лайлы тұнбаларын тұрақтандыруды, патогендерді жоюды, көлемді азайтуды және ылғалдылықты азайтуды қамтамасыз ететін көптеген үрдістерді қамтиды. Тұтқыр және кесекті лайлы тұнба қордалау кезінде атмосфералық факторлардың, өсімдіктердің, жауын құрттарының әсерінен жинақы консистенцияға айналады [40].

Лайлы тұнбаларды қайта өңдеудің бұл әдісі жағымсыз иісті жояды және ауру қоздырғыштардың санын азайтады, сонымен қатар лайлы тұнбалардағы ауыр металдардың мөлшерін азайтады [41, 42].

Мұндай әдістер мен технологияларды қолдану өнеркәсіптік қалдықтарды кәдеге жарату мәселесін шешудің озық және тиімді әдісі болып табылады, өйткені бұл өте қарапайым технологиялық схемамен бейтараптандырылған түпкілікті өнімді алуға мүмкіндік береді. Биокордалау әдістері, әдетте, энергияны аз тұтынумен, қоршаған ортаға зиянсыздығымен және тез қайтарымдылығымен сипатталады, ал қажет етілетін технологиялық жабдықтардың жұмысы ерекше қиын шарттарды сақтауды талап етпейді [43].

Биокордалау нәтижесінде ауру тудыратын гельминттердің жұмыртқалары, жәндіктердің дернәсілдері және микроағзалардың қоздырғыштары өледі, сол арқылы лайлы тұнбалардың санитарлық-гигиеналық көрсеткіштері жақсарады [44]. Сондай-ақ, қордалаудың термиялық кептіру немесе өртеуден айырмашылығы, бұл әдіс қалдықтарды залалсыздандыру үрдісіне қажетті отын мен энергияның құнын айтарлықтай төмендетеді. Биокордалау үрдісі шикі, ашымаған лайлы тұнбаны пайдаланған кезде өнімдірек болады, өйткені аэробты микроағзалардың өсуі мен дамуы үшін органикалық заттар үлесі жоғары болуы қажет [45]. Механикалық сусыздандыруға ұшыраған немесе кептірілген лайлы тұнбаларды биокордалау үшін қолданған дұрыс, өйткені лайлы тұнбаның ылғалдылығы қордалау үрдісінің тиімділігіне тікелей әсер етеді.

Қажетті ылғалдылықты сақтаудың, кеуекті құрылымға қол жеткізудің және көміртегі мен азоттың белгілі бір арақатынасына қол жеткізудің маңызды шарты ылғалдылығы төмен (шамамен 40%) қосымша материалдың болуы қажет [46, 47]. Осы мақсатта жапырақтарды, сабанды, ұсақталған қабықты, тұрмыстық қатты қалдықтарды немесе дайын компосттың бір бөлігін пайдалануға болады [48]. Осылайша, қоспаның жалпы ылғалдылығы 50-60% дейін төмендейді.

Лайлы тұнбаларды қордалау үрдісі 2 кезеңнен тұрады. Бірінші фаза 1-3 аптаға созылады және микроағзалардың белсенді дамуымен сипатталады. Бұл кезде тұнбаның температурасы 50-80°C дейін көтеріледі. Үдеріс нәтижесінде лайлы тұнбалар дезинфекцияланады және оның биомассасы азаяды. Екінші кезең - компосттың жетілу кезеңі, ол 2 аптадан 3-6 айға дейін созылады. Бұл

кезеңде лайлы тұнбаның температурасы 40°C және одан төменге дейін азаяды, онда қарапайымдар мен буынаяқтылар таралады [49]. Ауа температурасы көрсеткіштерінің жоғарылауымен органикалық заттардың ыдырау үрдісі белсендіріледі. Фазаның соңында компосттың орташа ылғалдылығы 40-50%, иіссіз, өсімдіктердің өсуі мен дамуын жеделдету үшін қажетті макро- және микроэлементтердің, топырақ өнімділігін арттыратын заттардың көп мөлшері бар борпылдақ топырақ құрылымымен сипатталады [50, 51].

Лайлы тұнбаларды бидай сабанымен қордалау кезінде микробиологиялық препараттарды қолдану қордалау фазаларының өтуін тездетеді және азот пен фосфордың, органикалық заттардың құрамын жоғарылатып, ауыр металдардың қозғалғыштығын төмендетеді.

Әдеби деректерге сәйкес, *Pseudomonas*, *Bacillus* тектес бактериялар, сондай-ақ микроскопиялық *Penicillium*, *Aspergillus* саңырауқұлақтары [52] биофлокулянттар ретінде ең көп қолданыс тапты. Флокуляциялық агенттер бүгінгі күнге дейін жете зерттелмеген. Сонымен қатар микробтық қауымдастықтарда *Streptomyces* туысына ерекше рөл беріледі. Ферментативті аппараттың лабильділігіне байланысты *Streptomyces* туысының өкілдері өзгермелі орта жағдайларына оңай бейімделеді, ал олардың жоғары антагонистік белсенділігі басқа бактериялардың тіршілік әрекетін басуға немесе толық тежеуге мүмкіндік береді [53].

Лайлы тұнбалардың құрамындағы химиялық элементтердің топыраққа түсетін мөлшерін нормалау үшін әртүрлі елдерде компост құрамындағы ауыр металдардың үлесіне шектеу қойылады. Қазақстан Республикасында «ҚР СТ 2578-2014. Табиғатты қорғау. Топырақ. Лайлы тұнбаларды тыңайтқыш ретінде қолдану кезінде қасиеттеріне қойылатын талаптар» [54] құжатында лайлы тұнбалар құрамында кездесетін ауыр металдардың рұқсатты шегі көрсетілген. Ресейде бұл нормалар «МемСТ Р 17.4.3.07- 2001 Табиғатты қорғау. Топырақ. Лайлы тұнбаларды тыңайтқыш ретінде қолдану талаптары» [55] құжатымен реттеледі.

Тыңайтқыш мөлшері лайлы тұнба құрамындағы ауыр металл мөлшері мен топырақтағы ШРК ескере отыра есептеледі. Лайлы тұнбаларды қолдану топырақтағы ауыр металл мөлшері белгілі бір шегіне жеткенше жалғаса береді. Бұл шек кадмий үшін – 5 мг/кг; қорғасын – фон + 12 мг/кг; хром – 100 мг/кг құрайды. Лайлы тұнбалардың топыраққа енгізуге арналған оңтайлы мөлшерін есептеу формулалары В.А. Касатиков және С.Е.Витковская, Д.Ф.Дричко еңбектерінде ұсынылған [56, 57].

Лайлы тұнбалардан алынған тыңайтқыштарда табылған ауыр металдардың әрқайсысы бойынша тыңайтқышты топыраққа енгізудің шекті мөлшері есептеледі.

$$D_{ш}=(ШРК-Ф)*3000*K \quad (1)$$

мұнда ШРК – топырақтағы ауыр металдың шекті рұқсатты мөлшері, мг/кг;

Ф – тыңайтқыштарды енгізу алдындағы топырақтағы ауыр металл мөлшері, мк/кг;

3000 – топырақтың жыртылатын қабатының массасы, құрғақ затқа есептегендегі т/га;

K – төмендетуші коэффициент, ол келесі (2) формула бойынша саналады:

$$K=K_1*K_2*K_3 \quad (2)$$

мұнда K_1 – гумус мөлшерін ескеретін коэффициент;

K_2 – топырақтың механикалық құрамын ескеретін коэффициент;

K_3 – топырақтағы сутегі иондарын ескеретін коэффициент.

Лайлы тұнбаны енгізудің жыл сайынғы орташа мөлшерін келесі (3) формула бойынша санауға болады:

$$D_{орт}=D_{ш} \cdot (T \cdot C_k) \quad (3)$$

мұнда T – лайлы тұнбаларды қолданудың жоспарлы ұзақтығы, жыл

C_k – лайлы тұнба құрамындағы ауыр металл концентрациясы, г/т.

Лайлы тұнбаларды топыраққа енгізген кезде оның құрамындағы азот мөлшерінің деңгейі де шектеулі болуы тиіс. Лайлы тұнбаларды қолданған кезде өсірілетін өсімдіктің азотты тұтыну деңгейінен асатын мөлшерде азотты минералды тыңайтқыштарды қосып енгізуге жол берілмейді. Азоттың шамадан тыс енгізілуі фосфор, калий, темір, цинк және мыстың сіңірілуін тежейді, көкөністерде нитраттар түрінде жинақталып, денсаулыққа қауіп төндіреді. Жер үсті және жер асты суларының нитраттармен ластануы да мәселе тудырады.

Топырақтың экологиялық мониторингі жүргізілген кезде фосфордың жоғарғы шегіне шектеу қойылмайды. Алайда кейбір шетелдік зерттеулерде фосфордың артық мөлшері топырақтың қалыпты жұмыс жасау жүйесін істен шығару мүмкіндігін дәлелдеген [58]. Фосфордың шектен тыс деңгейіндегі топырақтағы иондық бұзылыс өсімдіктердің қоректенуін нашарлатып, топырақтың улылығын арттырады. Фосфоры көп топырақтарда ауыр металдардың жинақталу тенденциясы анықталған. Соңғы жылдары сұйық көңмен тыңайтылған шаруашылық алқаптарының маңындағы топырақтарда фосфордың артық мөлшері анықталуда. Осыған байланысты 1 кг топырақта P_2O_5 мөлшері 200 мг-нан аспауы тиіс [59]. Калийдің лайлы тұнбалардың құрамында төмен болуына байланысты енгізу кезінде есептелуі жүргізілмейді, бұл отандық және шетелдік зерттеулерде атап өтілген [60].

Лайлы тұнбаларды минералды немесе кез келген органикалық тыңайтқыштармен бірге қолдану кезінде топыраққа негізгі өсімдік қоректік заттардың жалпы түсуі есепке алынады. Ауыл шаруашылығы дақылының қажеттіліктерін ағынды сулардың лайлы тұнбаларында жетіспейтін минералды тыңайтқыштармен өтеу, олар қолданылатын топырақтың құнарлылық деңгейін және ауыспалы егістің ерекшеліктерін ескере отырып жүзеге асырылады. Соңғы жылдары ағынды сулар лайлы тұнбаларының құрамының өзгеруіне және минералды тыңайтқыштарға жоғары экономикалық шығындардың болуына байланысты лайлы тұнбадағы жетіспеушіліктердің компенсациясы негізінен тек калий тыңайтқыштарымен жүргізіледі..

Минералды тыңайтқыштарды ұзақ уақыт пайдалану топырақтың химиялық, физикалық-химиялық, биологиялық қасиеттеріне жиі кері әсерін тигізеді [61, 62]. Минералды тыңайтқыштарды және химиялық әртүрлі құралдарды пайдалану қоршаған ортаға теріс әсер ете алады.

Минералды тыңайтқыштарда әртүрлі улы қоспалардың болуы салдарынан, олардың сапасы көбіне қанағаттанарлық деңгейде болмайды, сондай-ақ оларды дайындау және пайдалану технологиясының бұзылу ықтималдығы елеулі теріс нәтижелерге әкелуі мүмкін. Минералды тыңайтқыштардың қымбат бағасы да бөлек мәселе [63].

Осылайша, лайлы тұнбаларды дәстүрлі емес органикалық тыңайтқыш ретінде қолдану топырақтың агрохимиялық көрсеткіштерін жақсартады - топырақ ортасының реакциясы бейтарапқа жақындайды, ал лайлы тұнбалардың жоғарылап отыратын мөлшерін топыраққа енгізу топырақта органикалық көміртегінің құрамын арттырады. Сонымен қатар, жылжымалы фосфордың құрамы бойынша топырақ нашар қамтамасыз етілген санаттан жоғары қамтамасыз етілген санатқа өтеді, бірақ лайлы тұнба құрамындағы калийдің төмен деңгейі калий тыңайтқыштарын қосымша қолдану қажеттілігін тудырады.

1.4 Егіншілікте лайлы тұнбаларды қолданудың экологиялық аспектілері

Ағынды суларды тазарту нәтижесінде пайда болған лайлы тұнбалар әлі де дұрыс пайдаланылмайды және әлеуметтік, экологиялық аспектілерге әсер етеді.

Біріншіден, сусызданған лайлы тұнбаларды толығымен бейтараптандыруға және жағымсыз иісті жоюға мүмкіндік беретін қайта өңдеудің тиімді технологиясы жоқ.

Екіншіден, лайлы тұнбалардың күнделікті түзілетін массалары оларды сақтау үшін орасан зор аумақтарды қажет етеді және оны ұзақ уақыт сақтау, тұрақты жинақтау нәтижесінде жағымсыз газды-ауа фонының таралуына, топырақтың, жер үсті және жер асты суларының патогенді заттармен ластануына әкеледі.

Ағынды суларды кәдеге жарату муниципалитеттер үшін тұрақты мәселе болып табылады. Көптеген елдер бұл құнды ресурстарды тиімді пайдалану жолдарын іздеп, туындаған экологиялық мәселелерді шешуге тырысады. Бұл мәселеден Қазақстан да тыс қалған жоқ. Урбанизация нәтижесінде еліміздің ірі қалалары қоршаған ортаның ластану проблемасымен бетпе-бет келіп отыр, себебі лайлы тұнбаның негізгі бөлігі полигондарда сақталады. Еліміздің орналасқан жеріне байланысты, Қазақстан сумен аз қамтылған болып саналады. Осыған қарамастан коммуналдық кәсіпорындар қазірдің өзінде жеткіліксіз болып табылатын су объектілеріне шамамен $0,66 \text{ км}^3$ кәріз суларын ағызады, оның тек $0,22 \text{ км}^3$, яғни тек 33% стандартты мәндерге дейін тазартылады [64, 65].

Қалалардағы урбанизация мен халық санының өсуі күрделі антропогенді ластанулармен қатар жүреді. Көбіне бұл полигондарда сақталатын, қасындағы аймақтарға экологиялық қауіп төндіретін ағынды суларды биологиялық тазарту нәтижесінде пайда болатын лайлы тұнбалар. Қазақстанда жалпы жинақталатын

катты тұрмыстық қалдықтар көлемі 100 млн тоннаға жетеді, сонымен қатар жылына 5-6 млн тонна қалдық пайда болып отырады. 2025 жылға қарай бұл көрсеткіш 8 млн тоннаға жетуі мүмкін, пайда болатын қалдықтар полигондарға ешбір сұрыпталу, залалсыздандырусыз орналастырылады [66].

Еуропалық Одақта мүше мемлекеттер үшін лайлы тұнбаны басқару ашық және күрделі міндет болып қала береді, өйткені әртүрлі еуропалық елдердегі тұнбаларды басқаруға қатысты жарияланған деректер көбінесе толық емес және кәдеге жарату үлесі бойынша үлкен айырмашылық жасайды. Анаэробты және аэробты ыдырау, сәйкесінше, 24 және 20 елде кәдеге жаратудың ең жиі кездесетін әдістері болып табылады. Тұнбаларды механикалық сусыздандыру кептіргіштерді пайдалану үлесінен артық, ал термиялық кептіру негізінен Германияда, Италияда, Францияда және Ұлыбританияда қолданылады [67].

Ағынды сулардың лайлы тұнбаларын пайдаланумен байланысты ең күрделі мәселе топырақта және өсімдіктерде ауыр металдардың жиналу мүмкіндігі болып табылады [68]. Жоғары катион алмасу қабілетіне ие топырақ ауыр металдардың жоғары мөлшерін сіңіре алады, сондықтан олардың өсімдіктерге қатысты белсенділігінің төмен болуымен сипатталады. Гумус және басқа да органикалық заттар металдармен әрекеттесе алады, нәтижесінде өсімдіктердің гумусты пайдалану қарқындылығын төмендететін қосылыстар түзіледі [69]. Ауыр металдардың өсімдіктерге улы әсерінің ең кең тараған төмен спецификалық көріністеріне өсудің тежелуі, хлороз және су алмасуының бұзылуы жатады [70]. Ауыр металдардың шамадан тыс мөлшерінің түсуі олардың тірі ағзаларда жиналуына әкелуі мүмкін. Топырақ, сонымен қатар жер асты суларына ауыр металдардың түсу қаупі де жоғары [71, 72].

Лайлы тұнбаларды тыңайтқыштар ретінде пайдалану оның құрамында рұқсат етілген шекті концентрациядан асатын ауыр металдардың болу мүмкіндігінің мәселесімен қиындайды. Топыраққа ауыр металдардың көп мөлшері түскенде оның биологиялық қасиеттері нашарлауы мүмкін: топырақ микроағзалардың түрлік құрамы тарылады, топырақ ферменттерінің белсенділігі және топырақ үрдістерінің қарқындылығы төмендейді.

Топырақта биожинақтау кезінде ауыр металдар өсімдіктерге, жануарларға және адамдарға трофикалық қатынастар арқылы енеді. Бұл құбылыс, ең алдымен, жалпы құрамдағы ауыр металдардың белсенді формасына байланысты. Ауыр металдардың белсенді формаларының үлесі 5-тен 30%-ға дейін өзгеріп отыруы мүмкін [73].

Тұтастай алғанда, лайлы тұнбалардың топыраққа қолданылуы кезіндегі ауыр металдардың қозғалысы және оларды өсімдіктердің одан әрі сіңіруі көптеген факторларға, соның ішінде лайлы тұнбалардың құрамы мен көлеміне, топырақтың ерекшеліктеріне, рН мәніне, әр түрлі дақылдардың ауыр металдарға сезімталдығына байланысты. Сондықтан экологиялық және агрохимиялық тұрғыдан алғанда топыраққа лайлы тұнбаларды қолдану мүмкіндігі мен мөлшерін әрбір дақылға, топырақ типіне, топырақтағы, лайлы тұнба құрамындағы ауыр металдардың бастапқы концентрациясын ескере отырып есептеген жөн.

Топырақтың ауыр металдарға төзімділігіне талдау келесі критерийлер бойынша жүргізіледі:

- топырақ ерітіндісіндегі рН;
- топырақтағы органикалық зат үлесі;
- сазды фракция үлесі;
- эрозия, су басу, су өткізгіштік қауіптілігі.

Сілтілік жоғарылағанда металдармен жылжымалы хелат кешендерін түзетін төмен молекулалы органикалық қосылыстардың синтезі жүреді, яғни металдардың иммобилизациясы іске асады. Лайлы тұнбаларды залалсыздандыру, бейтараптандыру, ауыр металдарды белсенді емес формаға ауыстыру мақсатында әктеу дәл осы үдеріске негізделіп жасалады. Кейбір металдар (хром, мыс, мырыш) күшті әктелгеннен кейін де ерігіштік қасиетін сақтап қалатындығы бұл әдістің басты кемшілігі болып саналады [74].

Органикалық заттар және екінші ретті сазды минералдар топырақтағы микроэлементтерді, соның ішінде ауыр металдарды да жақсы сіңіреді. Механикалық құрамы жағынан топырақ ауыр болған сайын, оның құрамындағы органикалық заттар мөлшері көп болған сайын оның құрамындағы металдар да соғұрлым белсенді түрде бұғатталады, сәйкесінше жер асты суларына шайылып, өсімдіктерге сіңетін улы заттардың мөлшері де азая түседі. Бірақ сонымен бірге топырақтағы ауыр металдар концентрациясы улағыш деңгейге дейін өсіп, топырақтағы физикалық, химиялық және биологиялық үрдістердің тепе-теңдігінің бұзылуына әкеле алады [75].

Сазды топырақтармен салыстырғанда құмды топырақтардың сіңіру қабілеті төмен, сондықтан құмды топырақтардағы өсімдіктер ауыр металдарды оңай сіңіреді. Өсімдіктер ауыр металдарды ауыр металдарды сіңіру қабілетімен және оларға сезімталдығымен айтарлықтай ерекшеленеді [76].

Тұтастай алғанда, ауыр металдардың лайлы тұнбалардан топыраққа және одан әрі өсімдіктерге көшу үрдістері біршама күрделі. Бұл бағытта ғалымдардың бірқатар зерттеулері жүргізілді [77, 78], олардың зерттеулері бойынша, лайлы тұнбаларды топыраққа тыңайтқыш ретінде жыл сайын немесе тұрақты емес енгізу кезінде өсірілетін өнімдердің, топырақтың құрамында ауыр металдардың жинақталуы бақыланады. Алайда, лайлы тұнбаларды топыраққа бір рет немесе 5 жылда бір рет, қатаң шектелген мөлшерде қолданғанда, барлық зерттеулерде өнімділіктің жоғарылауы және өнім сапасының жақсаруы байқалды. Лайлы тұнба құрамындағы ауыр металдар топырақтағы микроэлементтердің миграциясының табиғи үрдістеріне еніп, биологиялық және химиялық үрдістердің бұзылуына әкелмейді.

Ағынды сулардың лайлы тұнбаларында металдардың концентрациясы айтарлықтай өзгеріске ұшырап отырады. Тұнбаның құрамындағы металдардың көп мөлшері органикалық фракциялармен байланысты болуы мүмкін [79], сондықтан органикалық көміртектің ыдырауы ауыр металдардың бөлінуін бақылай алады. Лайлы тұнбалардың құрамында тотығатын органикалық заттардың көп мөлшерде болуы кейбір металдардың қолжетімділігін шектеуі мүмкін. Лайлы тұнбалардың құрамындағы темір және фосфор да аз ерігіш

тұздарды түзетіндігіне байланысты кейбір металдардың қолжетімділігін шектей алады [80].

Лайлы тұнбалар құрамындағы ауыр металдардың мөлшерін табиғи адсорбенттер көмегімен де азайтуға болады. Табиғи адсорбенттер ретінде ауылшаруашылық қалдықтар, өндірістік қалдықтар, биомасса, нанокөмешіктер, дендритті полимерлер және геополімерлі цемент қолданыла алады [81]. Құрамында ауыр металдардың ШРК төмен мөлшерлері бар лайлы тұнбаларды ауыл шаруашылығында пайдалану ауыр металдардың топырақта жиналуын тудырмайды. Сондықтан лайлы тұнбаларды қолданар алдында ауыр металдардың мөлшерін анықтап алу ұсынылады.

Қалалық лайлы тұнбаларды топыраққа енгізу немесе олардың негізінде әртүрлі компосттар өндіру оларды кәдеге жарату мәселесін шешудің негізгі жолдарының бірі болып табылады. Лайлы тұнбаларды енгізу кезінде топырақ қоректік макро-, микроэлементтермен (азот, фосфор, кальций, магний, молибден, мырыш, мыс, марганец, кобальт, т.б.) және органикалық заттармен байытылады. Осыған байланысты лайлы тұнбалар тыңайтқыш ресурстарының жалпы балансында қоректік заттардың маңызды көзі ретінде қарастырылуы тиіс.

Лайлы тұнбалардан алынған тыңайтқыш топырақтың кеуектілігі, тығыздығы, агрегация тұрақтылығы және суды ұстау қабілеті сияқты қасиеттерін жақсартады. Ағынды су тұнбаларын пайдаланумен байланысты мәселе оның құрамында ықтимал улы ауыр металдардың жоғары концентрациясы болған кезде туындайды. Ағынды сулардың шөгінділерімен байланысты ауыр металдардың мөлшері топырақтың рН-ына, катион алмасу қабілетіне, органикалық заттарға, белгілі бір металдардың қозғалғыштығы мен құрамына өте тәуелді. Топыраққа ағынды сулардың лайлы тұнбаларын шамадан тыс қолдану ауыр металдардың биожетімділігін арттыратыны анықталды, бірақ ағынды сулардың лайлы тұнбаларының төмен мөлшерлері топырақтағы ауыр металдар концентрациясына айтарлықтай әсер етпейді.

1.5 Лайлы тұнбалардан алынған тыңайтқыштарды қолданудың агрохимиялық ерекшеліктері

Лайлы тұнбалардың топырақ қасиеттеріне әсері лайлы тұнбалардың пайда болу жолына, ондағы органикалық заттардың сапалық және сандық құрамына, лайлы тұнбаның күлді бөлігінің мөлшеріне байланысты. Топырақ қасиеттеріне лайлы тұнбалардың әсер етуінің негізгі оң факторлары: оның топырақты органикалық заттармен, қоректік заттармен (азот, фосфор, калий) және микроэлементтермен (мырыш, мыс, кобальт, хром, молибден және т.б.) байытуы, физикалық құрылымын жақсартуы, ферментативті белсенділігінің артуы, CO₂ бөлінуі, пайдалы микроағзалардың саны мен белсенділігінің артуы. Сонымен қатар, лайлы тұнбаларды енгізу кезінде оларды өндіру технологиясына, климаттық жағдайларына, топырақ қасиеттеріне байланысты агроценозда жағымсыз факторлардың пайда болуы мүмкін екенін ескеру қажет. Олардың негізгілеріне лайлы тұнбалардың химиялық құрамының теңгерімсіз болуы, құрамында ауыр металдар мен ауру қоздырғыштардың, сонымен қатар

органикалық ластаушы заттардың (полиароматты көмірсутектер, пестицидтер) болуы жатады [82, 83].

Лайлы тұнбалардың физикалық-химиялық сипаттамасы бойынша, оның құрамында 20% май, 50% көмірсу (қант, крахмал және целлюлоза), 30%-дан 40%-ға дейін органикалық зат, 3% жалпы азот, 1,5% жалпы фосфор, 0,7% жалпы калий бар. Берілген құрамдағы тыңайтқышты пайдалану органикалық заттардың және басқа қоректік заттардың биологиялық айналымға қайтарылуын қамтамасыз етеді [84].

Ұзақ мерзімді танаптық, вегетациялық, қысқа мерзімді және модельдік тәжірибелердің нәтижелерін талдай келе лайлы тұнбалар және олардың негізіндегі компосттардың топырақ сапасына оң әсер ететіні байқалды. Топырақтың физикалық қасиеттері жақсарып, көлемдік тығыздығы азаяды, агрегациясы артады. Әсіресе бұл құбылыс құмды, нашар өңделген, эрозияға ұшыраған және бұзылған топырақтарда ерекше жақсы көрінеді [85-87].

Ағынды сулардың тұнбалары тікелей және ұзақ мерзімді әсер ете алады. Кейбір жағдайларда тұнбаның ұзақ мерзімді әсері тікелей әсерге қарағанда тиімдірек болып келеді. Ресей ғалымы А.А. Калганов лайлы тұнбалардың жүгері егістігіне тыңайтқыш енгізгеннен кейінгі жылы сипаттаған. Зерттеу барысында жүгері өнімділігі бақылау нұсқасымен салыстырғанда 6,5 ц/га, ал органикалық зат мөлшері 1,1% артық болғаны бақыланды [88]. Д.М. Хомяков лайлы тұнбалардың химиялық құрамын зерттеп, ШРК мәндеріне сәйкес топыраққа 3-4 т/га мөлшерде бір рет енгізу, топырақтағы қоректік заттар тепе – теңдігін бірнеше жыл сақтап тұруға жеткілікті екендігін хабарлаған [89]. Алайда құмды және құмды сазды топырақтарда жоғары аэрация және лайлы тұнбалардың тез ыдырауына байланысты оның кейінгі әсері қысқа болады [90].

Ағынды сулардың тұнбаларын енгізу нәтижесінде органикалық заттардың, кальций мен магний катиондарының енуіне байланысты топырақтың сүзу қабілеті, ылғал сыйымдылығы және құрылымы жақсарады, тығыздығы төмендейді, су ұстау қабілеті, су өткізгіштігі артады, өнімді ылғал жиналып, топырақтың микроагрегаттық құрамы жақсарады [91-93].

Ауыл шаруашылығында лайлы тұнбаларды цеолит, өсімдік қалдықтары, күлмен қосып қолдану бойынша бірнеше зерттеулер тыңайтқыш мөлшері жоғарылаған сайын топырақтың көлемдік тығыздығының төмендеуі мен жалпы кеуектіліктің артатынын дәйекті түрде көрсетті [94-97].

Ағынды сулардың лайлы тұнбаларын, әсіресе реагентті лайлы тұнбаларды топыраққа енгізу сулы және тұзды сығындыда рН жоғарылауына және электрөткізгіштік мәнінің төмендеуіне ықпал етеді. Испания және АҚШ-тың рН=4,0-4,5 мәніне ие қышқыл топырақтарына лайлы тұнбаларды енгізген кезде топырақ қышқылдығының айтарлықтай төмендеуі бақыланып, кей нұсқаларда толық бейтараптануына қол жеткізілді [98, 99]. Бразилия ғалымы I. Magia жүгері егістігіне лайлы тұнбаларды 3 жыл енгізе келе топырақтың көлемдік тығыздығы төмендеп, макрокеуектілікті жоғарылағанын байқаған [100].

Лайлы тұнбалардың әртүрлі физикалық-химиялық қасиеттері олардың топырақтағы сіңіру кешенінің алмасу қасиеттеріне әсер етуінде айқын көрінеді. Ауыспалы катиондар мөлшері, топырақтың негіздермен қанығу дәрежесі

жоғарылайды. Сауд Арабиясында лайлы тұнбаларды құмды және әкті топырақтарға қолданғанда электр өткізгіштігі, Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} құрамы, қолжетімді фосфор, Fe, Mn, Cu, Zn микроэлементтерінің, сондай-ақ ауыр металдардың қолжетімді формалары көбейгені байқалған [101].

Ресей ғалымы М.В. Щелчкова лайлы тұнбалардың құрамында ауыр металдардың артық мөлшерінің болуы өсімдіктердің өсуіне, микробтық биомассаға, микробиологиялық үрдістерге, атап айтқанда, топырақ ферменттерінің уреаз және дегидрогеназа белсенділігіне кері әсерін тигізуі мүмкін деп атады [102]. Бірақ топырақ құрамында органикалық зат мөлшері көп болған сайын және топырақтың реакциялық ортасы бейтарап және сілтілі диапазонға өткенде оның ауыр металдармен байланысу қабілеті де жоғарылай беретіндігі тәжірибе жүзінде анықталған [103]. Қарашірікке бай топырақтар (ауырқұмбалшықты, балшықты және қара топырақтар) ауыр металдармен берік байланыс жасайды, олар жер асты суларын, ауыз суды және өсімдіктерді ластанудан сақтайды. Қарашірігі аз құмды топырақтар ауыр металдарды әлсіз байланыстырады, ол топырақтарда ауыр металдар өсімдіктерге оңай беріледі. Мұндай топырақтарда өсімдіктердің және жер асты топырақтарының ластану қаупі артады [104].

Ағынды сулардың лайлы тұнбаларын топыраққа қолдану қоректік заттарды қайта пайдалануға мүмкіндік береді және егістік жерлерге коммерциялық тыңайтқыштарды пайдалану қажеттілігін азайтады [105]. Дегенмен, лайлы тұнбаларды негізсіз пайдалану, әсіресе оның құрамында металдардың және улы компоненттердің жоғары концентрациясы болса, топырақтың қасиеттерін бұзуы мүмкін.

Қалалық ағынды сулардың тұнбаларымен өңделген топырақтарда рН өзгерістері жүретіндігі туралы хабарланады [106]. Топырақ рН-ның өзгеруі лайлы тұнбалар құрамында кальций карбонатының мөлшерімен және тұнбаның ыдырауы кезінде пайда болатын қышқылдықпен корреляцияланады. Топырақтың рН мәндері ағынды сулардағы микроэлементтердің көптігіне байланысты ерекше маңызды [107].

Топыраққа лайлы тұнбалар түрінде енгізілетін органикалық заттар топырақтың тығыздығы, кеуектілігі және суды ұстау қабілеті сияқты қасиеттерін жақсартады. Грекияда жүргізілген зерттеуде лайлы тұнбалардың құмбалшықты, сазды топырақтарда жалпы кеуектілік және қаныққан гидравликалық өткізгіштікті, су ұстау қабілетін арттыратыны анықталған [108]. Лайлы тұнбадан алынған тыңайтқыштардың топырақтың химиялық қасиеттеріне әсері лайлы тұнбаларды қолдану мөлшеріне, енгізу ұзақтығына, топырақ құрамына, топырақтың рН-ына байланысты әртүрлі деңгейде бола алады.

Ағынды сулардың лайлы тұнбасының катион алмасу сыйымдылығына әсері топырақтың механикалық құрамына, тыңайтқышты соңғы рет қолданғаннан кейінгі уақыт ұзақтығына және ағынды сулардың құрамына байланысты. Негізінен катион алмасу сыйымдылығының артуы лайлы тұнбалардан алынатын органикалық тыңайтқыштың жоғары алмасу қабілетіне байланысты. Катион алмасу сыйымдылығының одан кейінгі төмендеуі органикалық заттардың ыдырауымен байланысты болуы мүмкін [109].

Ағынды сулардың лайлы тұнбаларының құрамында топырақ ерітіндісінің электр өткізгіштігін арттыра алатын тұздардың көп мөлшері болады. Электр өткізгіштігінің жоғарылауы топырақ ерітіндісінің осмостық потенциалын арттырады, бұл су қабылдауының жоғары деңгейлерінде өсімдіктердің суды сіңіру қабілетін төмендетуі мүмкін. Электр өткізгіштігінің жоғарылауы ең алдымен Mg, Ca және Cl концентрациясының жоғары болуына, ал электр өткізгіштігінің төмендеуі тамыр аймағында еритін тұздардың азаюымен байланысты [110].

Қордаланған ағынды суларды топыраққа қолдану кезінде топырақтың рН деңгейі өзгеруі мүмкін. рН өзгерісінің шамасы көптеген факторларға байланысты: топырақ қасиеттері, оның ішінде текстурасы, буферлеу қабілеті. Топырақтың рН өзгерісіне микроэлементтердің мөлшері тәуелді. Микроэлементтер рН төмендеген сайын өсімдіктерге қол жетімді болады, ал рН 6-дан төмен немесе 7-ден жоғарылағанда микроэлементтер белсенділігі төмендейді. Кейбір авторлар топырақтың рН-ы тұнбаны қолданғаннан кейін төмендейтінін хабарлайды [111, 112]. Басқа зерттеушілер [113, 114] бастапқы рН төмен болған кезде және лайлы тұнбалар құрамында әктің көп мөлшері болған кезде топырақ рН жоғарылағанын байқады.

Топырақ құрамындағы өсімдіктер мен жануарлардың балғын қалдықтарына қарағанда, ағынды сулардың лайлы тұнбалары биологиялық тазартудан өтіп, құрамындағы органикалық компоненті жартылай ыдырап, тұрақтанады. Демек, топырақтағы лайлы тұнбаның ыдырау жылдамдығы көптеген жаңа органикалық қалдықтарға қарағанда төмен болуы мүмкін, бұл топырақтағы органикалық заттар деңгейінің ұзақ мерзімді өсуіне [115, 116] және топырақтың органикалық фракциялары құрамының ығысуына әкеледі.

Лайлы тұнбалардың құрамында микробтық ұлпалардан, лигниннен, целлюлозадан, липидтерден, органонитрогенді қосылыстардан және гуминдік материалдардан құралған тұрақты органикалық қосылыстардың салыстырмалы түрде көп мөлшері болады [117, 118]. Сондай-ақ ағынды суларда өсімдік материалдарына қарағанда эфир және спиртте еритін фракциялар көбірек болады. Балауыздар, майлар және шайырлар топырақта баяу ыдырайтындықтан, оларды топыраққа енгізгеннен кейін жалпы органикалық зат үлесін арттыру қабілеті уақыт өткен сайын өседі [119]. Швецияда лайлы тұнбалардан алынған тыңайтқышты 30 жыл бойына 4 жылда бір рет енгізіп отырған алқаптарда 0,40 м тереңдіктегі топырақта органикалық көміртегі қоры бақылаумен салыстырғанда 17 мг/га дейін өскені бақыланып, жүгері өнімділігі жоғарылады [120].

Органикалық заттардың ыдырау жылдамдығы топырақтағы көптеген физикалық, химиялық және биологиялық үрдістеріне әсер етеді. Температура мен топырақтың ылғалдылығы органикалық заттың ыдырау жылдамдығына тікелей әсер ететін негізгі факторлар болып табылады [121].

Ағынды сулардың лайлы тұнбаларының құрамында органикалық заттардың көп мөлшері бар, сондықтан оларды енгізген кезде топырақтағы қарашірік мөлшері артады. Испания ғалымы F.Bastida өз зерттеуінде әртүрлі органикалық қалдықтарды топыраққа енгізіп, 360 күннен кейін оның құрамына талдау жасаған. Лайлы тұнбаларды қолданған нұсқаларда топырақтағы

гуминдік заттардың, гумин қышқылдарының және фульвоқышқылдарының мөлшері басқа нұсқалармен салыстырғанда ең жоғары мәндерге ие болған [122].

Словения зерттеушісі M.Suhadolc аллювиалды топырақтарға сусызданған лайлы тұнбаларды енгізгеннен кейін 3 айда органикалық заттардың бастапқы мәннен 20,6% дейін, жалпы азот пен қолжетімді азоттың тиісінше 33% және 220% дейін, сондай-ақ фосфордың жалпы және қолжетімді формалары сәйкесінше 11% және 170% дейін артқанын анықтады [123]. Ресей ғалымы Г.Ю. Рабинович лайлы тұнбалар мен торф қоспасынан дайындалған тыңайтқышты 60 т/га дейінгі мөлшерде топыраққа 3 жыл енгізген кезде топырақтағы органикалық заттың фракциялық және топтық құрамына оң әсер болатынын бақылаған [124]. Мысыр ғалымы А. Elnaim цитрус ағаштарын 70 жыл бойы лайлы тұнбалармен суарған топырақтарды зерттей келе топырақтың құрылымы жақсарып, катион алмасу қабілеті артып, органикалық зат мөлшерінің артқанын атап өткен [125].

Тұрақтанбаған бірінші ретті лайлы тұнбалардың негізін оңай минералданатын қосылыстар құратындықтан олар топырақтың тұрақты гумустық күйін ұзақ уақыт бойы сақтай алмайды және органикалық көміртектің оң балансын қамтамасыз ете алмайтыны белгілі. Ылғал мен температураның оңтайлы жағдайында $C_{\text{орг}}$ оңай минералданады. Органикалық заттардың қосылыстары лайлы тұнбалар үйінділерде ұзақ сақталғаннан кейін тұрақты болады және топырақтағы $C_{\text{орг}}$ -тың мөлшеріне ұзақ әсер етеді [126].

Ағынды сулардың лайлы тұнбалары ауыл шаруашылығында қолданылған кезде азотқа бай тыңайтқыштардың бірі ретінде қарастырылады [127, 128]. Ағынды судың лайлы тұнбаларының құрғақ затының құрамында 6–8% дейін азот бар [129]. Ағынды суларды тазарту қондырғыларында өндірілетін ағынды сулардың көлемін ескере отырып, ол қолжетімді жаңартылатын ресурстардан тыңайтқыштарды тұрақты өндіру үшін маңызды шикізат болып табылады. Ағынды су лайлы тұнбаларымен енгізілетін азот мөлшері топырақтың химиялық – физикалық сипатына байланысты өзгеріп отырады. Азоттың негізгі бейорганикалық түрі NH_4^+-N , лайлы тұнбадағы жалпы азот мөлшерінің шамамен 30%-ын құрайды. Топыраққа ағынды сулардың лайлы тұнбаларын қолдану топырақтағы жалпы азот құрамын айтарлықтай арттыруы мүмкін.

Топыраққа енгізілген ағынды сулардағы азот формаларының өзгеруі N-циклінің барлық спектрін қамтиды. NH_4^+-N -ның $\text{NO}_3^- -\text{N}$ -ге дейін нитрификациясы маңызды, өйткені $\text{NO}_3^- -\text{N}$ жер асты суларына шайылып, ластауы мүмкін. Топыраққа енгізер алдында лайлы тұнбаның құрғауы NH_3 -тің көп үлесінің ұшып кетуіне әкелуі мүмкін, ал қалған NH_4^+-N нитрификациядан өтеді.

Ағынды су тұнбалары мәдени дақылдардың өсуіне қажетті азоттың көп бөлігін қамтамасыз ете алады [130, 131]. Тұнба құрамындағы органикалық заттардан алынған минералданған азот, лайлы тұнбаны топыраққа қолданғаннан кейін бірнеше жыл өтсе де өсімдіктердің сіңіруі үшін қолжетімді болуы мүмкін. Лайлы тұнбаның ыдырауы белсенді болған сайын дақылдардың өсуін азотпен қамтамасыз ету қабілеті төмендейді.

Денитрификация $\text{NO}_3\text{-N}$ концентрациясын төмендетуі мүмкін. Лайлы тұнбаның көп мөлшерін енгізу бейорганикалық және органикалық азоттың жоғалуына әкеледі. Бұл $\text{NH}_4\text{-N}$ азаюымен қосылып, булану немесе денитрификация нәтижесінде жүйеден N жоғалғанын, бейорганикалық азоттың иммобилизацияланғанын немесе бекітілгенін және бейорганикалық N-фракцияларға қайта бөлінбегенін көрсетеді [132, 133].

Лайлы тұнбалармен қамтамасыз етілетін фосфордың концентрациясы әртүрлі болуы мүмкін. Органикалық және бейорганикалық фракциялармен байланысқан фосфордың мөлшері өзгеріске ұшырап отырады [134, 135]. Лайлы тұнбаны қолдану ауылшаруашылық дақылдарының өсуін едәуір мөлшерде фосформен қамтамасыз ете алады және топырақтағы фосфор концентрациясын арттырады.

Топырақ фосфордың едәуір мөлшерін бекіте алады және лайлы тұнбалардың үлкен мөлшерін қолданған кезде фосфордың қозғалысын шектей алады. Дегенмен, топырақта органикалық зат мөлшерінің көбеюі топырақтың фосфор сіңіру қабілетін төмендетуі мүмкін.

Лайлы тұнбалардың құрамында өсімдіктерге қол жетімді фосфордың айтарлықтай мөлшері болатындықтан ол топырақтың фосфорлық режиміне белсенді әсер ете алады. Неміс ғалымы О. Krüger өз зерттеуінде Германияда бір жылда шығарылатын лайлы тұнбалар құрамында 19 000 т фосфор болатынын анықтаған. Бұл көрсеткіш Германия ауыл шаруашылығына қажетті фосфордың 13% өтей алады [136]. Сонымен қатар Флорида университетінің ғалымдары Бразилияда лайлы тұнбалармен жылына 91 000 т фосфордың қалдық ретінде қоршаған ортаға шығарылатындығын хабарлаған. Ол зерттеуде лайлы тұнбалар құрамындағы фосфордың басым бөлігі ауыл шаруашылығына пайдалануға қолайлы органикалық формада болатындығына да баса назар аударылады [137].

Каолинитке, гиббситке және гетитке органикалық қышқылдарды қосу сорбцияланған фосфордың мөлшерін азайтады, өйткені қышқылдар минералдар бетіндегі алмасу үрдістері арқылы адсорбцияланып, адсорбция орындары үшін фосформен бәсекелеседі [138].

Ұлыбританияда лайлы тұнбаларды көгал өсіруде қолдану кезінде фосфордың органикалық қосылыстарда иммобилизацияланатыны анықталды. Органикалық фосфордың негізгі бөлігі моноэфир-Р түрінде болып, қалған органикалық фосфор диэфир-Р және фосфонат-Р күйінде анықталып, уақыт өте трансформацияланды. Лайлы тұнбаларды 4 т/га мөлшерінде енгізудің өзі көпжылдық көгалдың өсуі үшін алғашқы 70 күнде құнды ресурс болып табылды [139].

Францияда жүргізілген зерттеуде лайлы тұнбалардың әртүрлі мөлшерлерін енгізу кезінде топырақ құрамындағы фосфор мөлшеріне әсері қарастырылды. Лайлы тұнбалардың жоғары мөлшері фосфор деңгейін бір жыл өткеннен кейін де жоғары дәрежеде қамтамасыз ете алатындығы бақыланды. Сонымен қатар зерттеу барысында лайлы тұнбалар көмегімен енгізілген органикалық фосфор минералды тыңайтқышпен енгізілген фосформен салыстырғанда микроағзалармен оңай тұтынылып, биомассасына ассимиляцияланды [140].

Ca, Fe және Al жоғары концентрациялары фосформен кешендер құрау арқылы еритін фосфор деңгейін төмендетуі мүмкін. Фосфордың көп бөлігі өсімдіктер сіңіре алмайтын күйде қалуы мүмкін. Ұлыбританиялық ғалым M.T.Siddique өз зерттеуінде лайлы тұнбалар құрамындағы органикалық фосфордың минерализациялануына топырақ құрамындағы кальцийдің жоғары мөлшерлері кедергі келтіре алатынын бақылаған [141].

Лайлы тұнбаларда калийдің мөлшері мал көңіне қарағанда әлдеқайда аз, оның көп бөлігі лайлы тұнбалардың сұйық фазасында және сақталуы кезінде шайылып кетуі мүмкін, калийдің жоғалуы 50-80%-ға жетеді, сондықтан лайлы тұнбаларды қолдану топырақтың калиймен қамтамасыз етілуіне айтарлықтай әсер етпейді [142, 143].

Топыраққа лайлы тұнбаларды енгізген кезде жалпы азот пен жылжымалы фосфор құрамының тұрақты өсуі орын алады, бұл лайлы тұнбалардың өзінде осы элементтердің биожетімді формаларының жоғары болуымен байланысты. Лайлы тұнбалар жүйелі түрде енгізілген кезде топырақ құрамында фосфор мөлшері аз қамтылған санатынан жоғары қамтамасыз етілген санатқа өтеді.

1.6 Лайлы тұнбалардың топырақтың микробтық қасиеттеріне және топырақ ферменттеріне әсері

Топырақ құнарлылығының индексін анықтау үшін топырақтың ферментативті белсенділігі бағаланады. Микроағзалар мен өсімдіктер топырақта жүретін химиялық реакцияларда биокатализатор қызметін атқаратын ферменттерді синтездейді. Топырақтың ферментативті белсенділігіне ағынды сулардың лайлы тұнбаларында болатын ауыр металдар жанама әсері болуы мүмкін [144]. Лайлы тұнбалардың топырақтың биологиялық белсенділігіне әсері топырақ ластануының индикаторы ретінде қолданылады [145].

Лайлы тұнбалардан алынған тыңайтқыштар топырақтың микробтық белсенділігін, тыныс алуын және ферментативті белсенділігін арттырады [146]. Дегенмен, құрамында ауыр металдардың жоғары мөлшері бар тыңайтқыштарды ұзақ мерзімде қолданғанда топырақ ферменттерінің белсенділігінің төмендеуі туралы деректер де бар.

Топырақ ферменттерінің белсенділігінің тежелуі микроэлементтердің жоғары концентрациясы бар лайлы тұнбаларды енгізген топырақтар үшін айқын болды. Фермент белсенділігінің артуы микробтардың белсенділігінің жоғарылауымен, қоректік заттармен микробтардың өсуін ынталандырумен және лайлы тұнбалардан алынған тыңайтқыштар көмегімен топырақтың органикалық құрамының жоғарылауымен байланысты болды.

Топырақтың микробтық популяциясы және ферментативті белсенділігі топыраққа ағынды сулардың лайлы тұнбаларын екі түрлі мөлшерде қолдану кезінде (5 және 1% құрғақ салмаққа) өзгереді, оларды Жапония ғалымы H. Nattori [147] ағынды сулар лайлы тұнбаларын ыдыратуда топырақ микроағзалардың рөлін түсіну үшін зерттеген. Лайлы тұнбаларды қолдану топырақтағы бактериялардың саны мен протеазалардың белсенділігін тез арттырып, алғашқы 3 күнде максимумға жетіп, одан кейін тез төмендегені анықталды. Келесі зерттеуде протеаза түзетін бактериялар тұнбаны

қолданғаннан кейінгі алғашқы тәуліктерде ыдырауына үлкен үлес қосатыны, ал актиномицеттер мен саңырауқұлақтар оның біртіндеп одан әрі ыдырауына ықпал еткені анықталды [147].

G.H. Dar [148] зерттеулерінде дегидрогеназа, сілтілі фосфатаза және аргинин ферменттерінің пайда болуы лайлы тұнбалар енгізгеннен кейін бақылау нұсқаларымен салыстырғанда сәйкесінше 18-25%, 9-23% және 8-12% артты. Топырақ ферменттерінің мөлшерінің артуы құмдақ топырақта сазбалшыққа қарағанда көбірек тіркелгені атап өтілген.

Микроағзалар популяциясы өзінің максималды санына лайлы тұнбаны енгізгеннен кейін бір ай өткесін жетеді және үш - алты айлық инкубациядан кейін азая бастайды. Саңырауқұлақтарға қарағанда бактериялар мен актиномицеттер популяциясының саны қатты өседі. Үндістан зерттеушісі H.S. Jatav [149] лайлы тұнбаларды күріш егістігіне енгізгеннен кейінгі топырақтың микробиологиялық құрамындағы өзгерістерді бақылады. Лайлы тұнба 20 т/га мөлшерінде енгізілген нұсқаларда бактерия санының, 30 т/га мөлшердегі нұсқаларда актиномицеттер санының көбейетіні анықталды. Лайлы тұнбалардан дайындалған тыңайтқыш тек зерттеудің бірінші жылында ғана енгізілгендіктен микроағзалардың саны тек бірінші жылдары ғана өсіп, үшінші жылдан бастап төмендей бастағаны айтылады.

Сондай-ақ спора түзушілер санының азаюы, жасушаның орташа мөлшерінің азаюы және колония пигментациясының жоғарылауы байқалды. Лайлы тұнбалармен өңделген топырақтан оқшауланған бактериялар қалыпты топырақ микрофлорасынан физиологиялық тұрғыдан ерекшеленді, бұл тұжырым бактериялардың 5°C температурада салыстырмалы түрде жылдам, бірақ 35°C баяу өсуі, NaCl жоғары концентрациясына төзімділігі арқылы дәлелденді. Биохимиялық тұрғыдан бұл штамдарда каталаза және цитохром оксидаза белсенділігі жоғары болды, цитратты жақсы пайдалана алды, бірақ крахмалды нашар гидролиздеп, көмірсулардан қышқылды түзу қабілеті төмен болды. Сонымен қатар, лайлы тұнбалармен өңделген топырақтан алынған штамдар әдетте антибиотиктерге төзімдірек болды.

Бес жылдық швейцариялық тәжірибеде [150] анаэробты тұрақтандырылған лайлы тұнбаның екі түрлі мөлшері бар құмдақ топырақта гетеротрофты топырақ микроағзаларының (аэробты бактериялар, актиномицеттер, ашытқылар, гифальды саңырауқұлақтар) популяциясы көбейіп, автотрофты балдырлардың популяциясы азайғанын дәлелдеген.

Тунис зерттеушілері лайлы тұнбалар минералдану (топырақтың тыныс алуы, аммонификациясы) және биологиялық белсенділік (каталаза, сілтілі фосфатаза) үрдістерін де күшейтетінін бақылаған. Лайлы тұнбаларды қолдану топырақ микробтарының санын және олардың белсенділігін арттыруға көбірек әсер етті. Авторлар ұзақ мерзімді перспективада ағынды сулардың лайлы тұнбаларындағы ауыр металдар мен басқа да улы заттар микробтардың алуантүрлілігіне, топырақтың биохимиялық үрдістеріне және микробтардың бөгде органикалық заттарды ыдырату қабілетіне қауіп төндіретінін ескеру қажеттігін де атап өткен [151].

Лайлы тұнбаларды пайдалану нәтижесінде ризосфералық микробтардың популяцияларында өзгерістерін зерттеуді Италия ғалымдары жүргізді [152]. Олар сұйық және қордаланған ағынды суларды далалық жағдайларда енгізгеннен кейін бактерияларды, саңырауқұлақтарды және актиномицеттерді санап, ризосфера мен микоризаны талдау үшін жүгері тамырының үлгілерін жинап салыстырды. Зерттеу нәтижелері бойынша органикалық және бейорганикалық тыңайтқыштарды енгізгенге қарағанда, топырақ-тамыр шекарасында ризосфераның әсері микробтардың өсуі үшін маңыздырақ болды деген болжам шығарды.

Тағы бірнеше зерттеуде лайлы тұнбалар енгізілген топырақта микробтардың (бактериялардың, саңырауқұлақтардың және актиномицеттердің) өсуі мен оттегін тұтынуы, протеаза белсенділігі, нитрификация және денитрификация, қышқыл фосфатаза белсенділігі және топырақ пен ризосферада гормон түзілуі өлшенді. Зерттеулерде лайлы тұнба енгізілгенде алдымен бактериялар санының, 2-3 апта өткен соң актиномицеттер мен саңырауқұлақтар санының өсуі анықталған [153, 154].

Сонымен қатар лайлы тұнбаларды қордалау үрдісін жылдамдату үшін биопрепараттар қолдану барысында алынған компост пайдалы микроағзалар штамдарымен байытылады. Компост құрамында топыраққа енген микроағзалардың тиімді штамдары өсімдіктердің тұқымының өнуіне, өнімділігіне оңтайлы әсер етіп, ауру қоздырғыштарының таралуына кедергі бола алады. Лайлы тұнбаларды қордалау кезінде қолданылатын микроағзалар әдетте *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Streptomyces* туысына жатады.

Bacillus megaterium, *Pseudomonas putida* және *Pseudomonas fluorescens* штамдарының көмегімен тамырдың дамуын, биомассаның түзілуін, жанама тамырлардың түзілуін және ауксин сигналын белсендіруді модуляциялау мүмкіндігі әртүрлі зерттеулермен дәлелденген [155-157].

Басқа ғалымдардың еңбектерінде де скрининг нәтижелері бойынша ең жақсы нәтиже көрсеткен және қалдықтарды қордалауда маңызды рөл атқаратын штамдар таңдалған. Дәлірек айтсақ, *Bacillus megaterium* аэробты және анаэробты жағдайда лайлы тұнбаларды өндеуде консорциумда белсенді түрде ағынды сулардағы фосфорорганикалық эфирлердің жылдам ыдырауына септігін тигізген [158]. *Rhizobium pusense* ауыр металдармен ластанған топырақтарды биоремедиациялауда қолданылған [159] және бұл штамм ауыл шаруашылығында өсімдіктердің өсу стимуляторы ретінде де кеңінен қолданылады [160]. *Sphingomonas paucimobilis* топырақтағы ксенобиотиктерді ыдыратуға және фосфорорганикалық қосылыстарды биоыдыратуға қабілетті [161]. *Pseudomonas fluorescens* атразин, ПХД және РНА [162] ластанған топырақтарды тазалауда табысты болды, сонымен қатар ластанған және экстремалды жағдайларда өмір сүре алады. *Streptomyces albidoflavus* жүгері, бидай және қызанақ өсімдіктерінің тұқымының өнуін және дамуын жақсартады және әртүрлі зиянкес саңырауқұлақ ауруларының қоздырғыштарының мицелийлерінің өсуін тежейді [163]. *Streptomyces gramineus* биологиялық белсенділіктің кең ауқымы бар спецификалық гутеротин ақуызының синтезінің ингибиторы өндіретіні белгілі [164].

Белгіленген тиімді штамдардың консорциумдары қордалауды жеделдету және өсімдіктердің өсуін ынталандыру әлеуетіне ие деген болжам бар. Сондай-ақ, лайлы тұнбадан оқшауланған штамдар лайлы тұнбалардан алынған органикалық тыңайтқышты қолданудағы маңызды шектеуді, атап айтқанда, микроағзалардағы тыныс алу үрдістерін тежейтін ауыр металдардың жоғары концентрацияларын азайту әлеуеті бар. Лайлы тұнбаларды қайта өңдеудегі микроағзалар консорциумының әсері туралы бірнеше еңбектер жарияланды [165, 166]. Дегенмен, консорциумдар құру үшін штамдарды таңдау процедурасы туралы еңбектер саны аз [167]. Штамдарды таңдау жағдайлары оларды қолдану ортасының жағдайларына ұқсас болуы тиіс.

Органикалық зат пен топырақта мекен ететін ағзалардың арасында тығыз байланыс бар, бұл көптеген зерттеулер мен жарияланған нәтижелермен дәлелденеді. Сондай-ақ лайлы тұнбалардың топырақта мекен ететін ағзаларға оң немесе теріс әсері жөнінде зерттеулер жүргізілген. Топырақтың микро-, макрофлорасы мен фаунасына әсерді бірінші ретте топырақтың физикалық және химиялық қасиеттеріне әсер ету деңгейінен бөлуге болмайды, себебі бактериялар, актиномицеттер, саңырауқұлақтар және балдырлар топырақтың микро- және макрофаунасын құрайды. Топырақтың биологиялық компоненттері қалдықтарды қайта өңдеуге, органикалық қосылыстардың қалдықтарын ыдыратуға үлкен үлес қосады; патогендік микроағзаларды жояды; N, P және S циклына қатысады; топырақтағы бейорганикалық иондардың ерігіштігі мен қозғалғыштығына әсер етеді.

Топырақ микрофлорасының, әсіресе бактериялар мен саңырауқұлақтардың топырақтың агрегациясы, өсімдіктердің қоректену жағдайы сияқты физикалық және химиялық қасиеттеріне тікелей әсер ететінін ескерсек, микроағзаларға әсер ету деңгейіне де көп көңіл бөлінуі керек.

1.7 Лайлы тұнбалардың өсімдіктердің өсуіне әсері

Лайлы тұнбалар өсімдіктер үшін органикалық заттардың, қолжетімді азоттың, фосфордың және микроэлементтердің көздері болып табылады [168, 169]. Қазіргі кезде лайлы тұнбаларды ауылшаруашылық өсімдіктерінің өнімділігін және сапасын арттыру мақсатында жиі қолданады.

Монғолияда лайлы тұнбаларды 15 т/га мөлшерінде қолдану картоптың максималды 14,6 т/га өнімділігі алынды, картоп түйнектеріндегі ауыр металдар мөлшері рұқсат етілген шамадан әлдеқайда төмен болды [170]. Мексикада лайлы тұнбалар мен минералды тыңайтқыштың жүгеріге әсерін салыстыра келе, лайлы тұнбалардың топырақтың агрохимиялық қасиеттерін жақсартып қана қоймай, жүгерінің технологиялық қасиеттерін арттырып, оның құрамындағы крахмал, эфир сығындысының, ақуыздың мөлшері өсетінін атап өтті [171]. Үндістан зерттеушілері лайлы тұнбаларды күріш пен бидай өсіруде қолданып, өсімдіктердегі сабақтың ұзаруын, өнімділіктің 2 есе артуын бақылаған [172].

Кейбір зерттеулерде [173, 174] тұқым себу шикі лайлы тұнбалар енгізілген топыраққа тікелей жүргізілсе, тұқымның өнуі нашарлайтыны көрсетілген. Дегенмен, бұл әсер бірнеше күнге ғана созылады және лайлы тұнбаны қолдану мөлшеріне байланысты болды. Тұқымның өнуін лайлы тұнбада болатын

аммиактың жоғары деңгейі тежей алады [175]. Тұқымның өнуінің тежелуі лайлы тұнбаның ыдырауының бастапқы жоғары жылдамдығымен және үшқыш қосылыстардың көлемдік бөлінуімен байланысты болуы мүмкін. Тұқымды лайлы тұнбаларды енгізгеннен 2-3 аптада өткесін себу немесе лайлы тұнбаларды топыраққа енгізу алдында сақтау оқыс тежегіш әсерлерді азайтады немесе жояды.

Дегенмен, өнудің тежелуінің дәлелдерінің көпшілігі зертханалық немесе жылыжай тәжірибелеріне негізделген, ал далалық зерттеулерде [176, 177] бақылау нұсқасы мен лайлы тұнбамен өңделген нұсқалар арасында өнгіштік көрсеткіші айтарлықтай айырмашылықты көрсетпейді. Топыраққа ағынды сулардың лайлы тұнбаларын енгізу тамырлардың еруге қарсылық күшін төмендеткен [178]. Топырақ профилін зерттеуде [179] күздік бидай тамырларының өсуіне ағынды сулардан алынған тыңайтқыш үлкен әсер еткен.

Жалпы, көптеген зерттеулер топыраққа лайлы тұнбаларды енгізу өсуді ынталандырып, дақылдардың өнімділігін арттыратынын дәлелдеген [180].

АҚШ ғалымы F.C. Boswell [181] лайлы тұнбалардан алынған тыңайтқышты қолданғаннан кейін арпа өнімділігі бақылаумен салыстырғанда 2 жыл ішінде үш есе өскенін хабарлады. Арпа өнімділігі лайлы тұнбаларды қайта пайдалану кезінде айтарлықтай өсті. Жапырақтағы ақуыздың концентрациясы және лайлы тұнбаларда өсірілген өсімдіктерде құрғақ заттардың жиналуы өскін кезінен масақ пайда болғанға дейін жоғары болды. Сонымен қатар алынған нәтижелер өнімділікті сақтау үшін ағынды сулардың лайлы тұнбаларын төмен мөлшерде қолдануды бірнеше жыл бойы жалғастыру қажеттілігін көрсетті. Лайлы тұнбаның жоғары мөлшерде ұзақ уақыт қолданғанда топырақта ауыр металдар мөлшерінің айтарлықтай артуы байқалады, олар көбіне дәнде кездеседі, бұл аспект лайлы тұнбаларды ұзақ пайдалану кезінде ескерілуі керек.

Лайлы тұнбадан алынған тыңайтқышты енгізгенде өнімділіктің артуы өсімдіктерге қоректік заттардың қолжетімділігінің артуына байланысты. R.S. Moreira өз зерттеуінде суармалы топырақта сәбіз және қаражелкен өсіргенде ағынды сулардың лайлы тұнбаларын қосқан нұсқа мен ұсынылатын NPK дейін минералды тыңайтқыш көмегімен тыңайтылған нұсқаны салыстырғанда лайлы тұнбалар қосылған нұсқада өнімділіктің айтарлықтай жоғары болғанын анықтады [182].

K.A. Rabai [183] жүгері өнімділігіне 0, 10, 20, 30, 40 және 50 т/га лайлы тұнбалар мен 120:90:30 кг/га NPK әсерін салыстырды. Ең төменгі өну пайызы бақылауда және 50 т/га лайлы тұнбалардан алынған тыңайтқышында бақыланды. Тамырдың, өркеннің ұзындығының және жапырақ ауданының максималды көрсеткіштері 20 т/га лайлы тұнбаны қолданғанда, ал ең азы бақылау нұсқасында байқалды. NPK енгізілген нұсқада бір өсімдікке келетін жапырақтардың максималды саны болды.

I. Walter [184] 40, 80 және 120 т/га әртүрлі мөлшерінде анаэробты қордаланған лайлы тұнбаларды топыраққа қолданғаннан 1 жыл өткесін топырақ химиясына және жалпы жер үсті өсімдік биомассасына әсерін зерттеді. Лайлы тұнба тыңайтқыштары топырақ химиясына және қоректік заттардың жалпы сақталуына аз әсер етті. Дегенмен, P және $\text{NO}_3\text{-N}$ қол жетімді концентрациялары

тыңайтқышты қолданғаннан кейін айтарлықтай өсті. Топырақтағы ауыр металдар концентрациясының айтарлықтай өзгерісі байқалмады. Биомасса өндірісінде айтарлықтай өсім байқалды.

P.R. Warman [185] аэробты қордаланған ағынды сулардың лайлы тұнбаларын, анаэробты септикалық қалдықтарды және аэробты қордаланған ағынды сулардың лайлы тұнбаларын екі түрлі топырақ типі мен дақылға қолдану нәтижелерін салыстырды: мал азығы (30% *P. pratensis* L., 30% *F. elatior*, 40% *D. glomerata* L.) және жүгері *Zea mays* L., тыңайтқыштар жылына екі рет енгізілді. Өнімділіктің жоғарылауы мал азығы бойынша 30,6 ц/га, жүгері үшін 10,7 ц/га аэробты қордаланған лайлы тұнбалар нұсқасында, мал азығы үшін 25,7 ц/га және жүгері үшін 6,5 т аэробты қордаланған лайлы тұнбалар нұсқаларында құрады. Септикалық тұнба Fe, Cu және Zn ең жоғары деңгейлерін түзді. Тыңайтқыштар өсімдік ұлпаларындағы Mg концентрациясына аз әсер етті. Мал азығы мен жүгеріде S концентрациясы аэробты қордаланған ағынды сулардың лайлы тұнбалары бар нұсқаларда жоғары болды.

P.R. Fresquez жеміс ағаштарына ағынды сулардың лайлы тұнбаларын енгізу нәтижесінде өнімділіктің жоғарылағаны туралы хабарлаған. Ағынды сулар лайлы тұнбаларының (0, 12, 25, 50 және 75 т/га) және көңнің (47 т/га) әртүрлі мөлшерде әсерін түрік ғалымдары екі жыл бойы әктасты топырақта зерттеген [186]. Лайлы тұнбалардан алынған тыңайтқышпен өңделген нұсқаларды бақылау нұсқасымен және мал көңімен өңделген нұсқалармен салыстырғанда жемістердің өнімділігі едәуір артқан.

G.Siebielec зығыр (*L. usitatissimum*) өсімдіктерінің тыңайтқышсыз және лайлы тұнбалар негізіндегі тыңайтқыштармен өңдеу кезіндегі өсу үдерісін салыстыру бойынша зерттеуде ағынды сулармен өңделген өсімдіктерде гүлдену мен жеміс берудің 3 апта бұрын басталғанын көрсетті. Бұл өсіру мерзімінің қысқаруын көрсетеді [187]. Мақтамен (*G. hirsutum*) ұқсас зерттеу жасалған, бұл жерде тыңайтқышсыз топырақпен салыстырғанда лайлы тұнбалар енгізілген топырақта мақта 2-3 апта бұрын гүлдеп, жеміс беретінін көрсетті. Лайлы тұнбамен өңделген топырақта өсірілген өсімдіктерде даму тезірек жүріп, биомассаның көп өндірілуі бақыланды, лайлы тұнбалар репродуктивті циклдің жеделдеуіне жауапты болуы мүмкін [188].

V.C.G. Rodrigues [189] әртүрлі маусымдардағы ағынды сулардың лайлы тұнбаларын әртүрлі мөлшерлерінің және *Bouteloua gracilis* және *Hilaria Mutika* өсімдіктерінің жапырақ бетінің ауданына және газ алмасуына әсерін зерттеді. Өсімдіктер жазда және көктемде ағынды сулардың әртүрлі мөлшерлері бар (0, 7, 18, 34 және 90 т/га құрғақ салмақ) ыдыстарда өсірілді. Ағынды сулардың лайлы тұнбаларын қолдану жылдамдығының жоғарылауымен *Bouteloua gracilis* және *Hilaria Mutika* жапырақтарының ауданы ұлғайды, бірақ бұл әрқашан фотосинтез жылдамдығының жоғарылауына сәйкес келмеді.

Ресей ғалымы Л.Н. Александрованың зерттеуінде ағынды сулардың лайлы тұнбаларын 15 т/га мөлшерде минералды тыңайтқыштарды бірлесіп енгізген кезде Диана және Антонио сұрыпты қарасора тұқымдарының сапасы артқан, ал минералды тыңайтқыштар енгізілмеген нұсқаларда тұқым сапасына теріс әсер байқалып, жалпы ақуыз бен май құрамы азайды [190]. Ресейлік ғалым

М.П. Макарова лайлы тұнбаларды рапс өсірген кезде 20 т/га мөлшерде, цеолитпен қоса қолданып, рапс сапасы төмендемей, өнімділіктің 61-122% артқанын байқаған [191].

Көкөністерді өсіру кезінде лайлы тұнбалардың қауптілігі төмен классын ғана қодануға болады. Греция ғалымы Е. Тамoutsidis лайлы тұнбаларды салат, эндивий, шпинат, шалқан, сәбіз және қызылша өсіргенде қолданған. Ол кезде өнімділіктің артуы байқалып, тауардың сапалық құрамы жақсарған. Санитарлық – гигиеналық талаптар мен ауыр металдардың жинақталу көрсеткіштері талаптарға сай болып келді [192].

Лайлы тұнбалардың енгізілуі жоғары сапалы мал азығын алуда да сәтті қолданылып келеді. Түркия ғалымдары топыраққа лайлы тұнбалардың 10, 20 және 30 т /га мөлшерін енгізген кезде арпаның биомассасы мен құрғақ зат шығымына айтрлықтай әсер еткендігін айтты [193]. Иран зерттеушілері жоңышқаның жоғары өнімділігіне қол жеткізу үшін лайлы тұнбалардың 30 т/га мөлшерін енгізуді ұсынады [194].

Лайлы тұнбалардан алынған тыңайтқыштарды агроландшафттық егіншілікте де жиі пайдаланады. Польша ғалымдары лайлы тұнбаларды қарағай өсіруде қолданып, зерттелетін нұсқалар ішінде биомасса мен биіктіктің ең жоғары көрсеткіштеріне қол жеткізген [195]. Тунис зерттеушілері *Pelargonium inquinans* гүліне лайлы тұнбалар мен ірі қара мал көңін енгізу кезінде лайлы тұнбалардың гүлдейтін бүршіктер санына көбірек әсер еткенін бақылаған. Қытайда лайлы тұнбалардың *Impatiens balsamina* өсімдігіне әсері зерттелген. Зерттеу барысында өсімдік биіктігі, сабақ қалыңдығы, гүлдің диаметрі айтарлықтай артатыны анықталды [196].

Лайлы тұнбалар негізіндегі компосттар қазіргі уақытта гүл өсіруде, көгалдандыруда, көгал өсімдіктерін өсіруде қолданылады. СанЕмН 2.1.5730-96 сәйкес, ауыр металдармен ластанбаған топырақтарда, ағаш және бұта отырғызу, саябақтарға, көп жылдық шабындықтарға арналған жерлерді жерді тыңайту үшін ағынды сулардың лайлы тұнбаларын қолданудың мөлшері 30 т/га аспауы керек [197]. Қытай ғалымы Н.У. Янупан ағынды сулардың лайлы тұнбаларын *Salvia splendens*, *Tagetes patula* и *Petunia Hybrida* гүлдерін өсіруде пайдалану бойынша жүргізілген зерттеулерде гүлдердің өсуінің жылдамдығы артып, биометриялық параметрлері жақсаруына, өсімдіктердің ерте гүлденуіне, сәндік көрсеткіштерінің жақсаруына оң әсер еткенін атап өтті [198].

Ағынды сулардың лайлы тұнбаларын орман питомниктерінде биомассаны арттыру үшін енгізеді. Орман питомниктерінің топырағына лайлы тұнбаларды енгізу жоғары мелиоративтік әсерді көрсетеді. Қытай ғалымы J. Bai 25 т/га лайлы тұнбаларды 3 жыл бойына қарағай орманына тыңайтқыш ретінде қолданған кезде оның орман топырағындағы органикалық көміртегінің, жалпы азот пен фосфордың артуына, ағаштардың ұзарып өсуіне және ормандағы өсімдік жамылғысының көбеюіне әсер еткенін бақылаған [199].

Орманды мелиорациялау кезінде рН, негіздермен қанығу дәрежесі, катион алмасу қабілеті, ауыр металдар құрамы сияқты топырақтың агрохимиялық қасиеттерінің өзгеруін де ескеру қажет. Орман питомниктерінде лайлы тұнбалардың қолданылуы егістік дақылдардаға қолданудан экологиялық

принципі бойынша айтарлықтай ерекшеленетіні маңызды. Көшеттерді қазып алу кезінде сіңірілген ауыр металдар мен биогенді маңызды заттар өсімдіктердің жер үсті және жер асты бөліктерінде сақталады және биоценоздардан жойылады. Осылайша, ағаш көшеттері топырақтағы ауыр металдардың концентрациясын төмендетеді.

Өнімділікке оң әсер беруіне байланысты және экономикалық себептермен соңғы жылдары фермерлер арасында лайлы тұнбаларды ауыл шаруашылықта пайдалану кең тарап келеді. Лайлы тұнбаларды қолданғанға дейін және қолдану кезінде кететін шығын мен алынатын пайда арасындағы айырмашылыққа талдау жасалуы тиіс.

Лайлы тұнбалардағы ауыр металдардың биоқолжетімділігі оны ұзақ мерзім қолданған сайын арта түседі. Лайлы тұнбаларды үзіліс жасап қолдану және ауыр металдардың биоқолжетімділігіне анализ жасап отыру ең тиімді шешім болып табылады. Лайлы тұнбаларды минералды тыңайтқыштармен, әкпен қосып қолданудың экологиялық қауіпсіз жолдары бар [200].

Тыңайтқыштық қасиеті жағынан лайлы тұнбалар ірі қара мал көңінен кем түспейді. Лайлы тұнбалар және оның негізіндегі компостты пайдалану топырақтың агрохимиялық көрсеткіштеріне оң әсер етеді және ауыл шаруашылығы дақылдарының қоректік қасиеттерін нашарлатпай биомассасының қарқынды өсуіне ықпал етеді. Лайлы тұнбалар қалдықтар ретінде жиналып, қоршаған ортаға кері әсерін тигізеді. Бірақ бұл құнды ресурс ауыл шаруашылығына, көгалдандыруда органикалық тыңайтқыш ретінде, бұзылған жерлер мен ормандарды қалпына келтіруде пайдаланылуы тиіс.

2 ЗЕРТТЕУ НЫСАНДАРЫ МЕН ӘДІСТЕМЕСІ

2.1 Зерттеу нысандары

Зерттеу нысандарына МКК «Астана су Арнасы» лайлы тұнбалары, бидай сабаны, бактериялар, актиномицеттер, құрғақ дала аймағының күңгірт қара-қоңыр топырағы, көгал өсімдіктері мен сәндік амарант жатады.

2.2 Зерттеу аймағының климаты мен топырақ жағдайы

Зерттеулер 2020-2023 жылдар аралығында Астана қаласында жүргізілді. Қарастырылып отырған аумақ топырақтық-географиялық аудандастыруға сәйкес күңгірт қара-қоңыр топырақты құрғақ дала аймағына жатады [201]. Топырақ жамылғысы жоғары құрғақтықпен және температуралық жағдайлардың күрт өзгеруімен сипатталатын шұғыл континенттік климат жағдайында қалыптасқан. Қар жамылғысы қалың болмаған кезде топырақ терең қатып (1,5-2,0 м дейін), топырақ түзілу үрдістеріне өзіндік өзгерістер енгізеді. Зерттелу аумағы желдің жоғары белсенділігімен сипатталады, бұл топырақтың дефляция үрдістерінің қарқынды дамуының себептерінің бірі болып табылады.

Топырақ түзуші жыныстар әртүрлі механикалық құрамдағы делювиальді және элювиалды-делювиалды шөгінділермен сипатталады, көбінесе қиыршық тас түрінде болады. Тығыз және борпылдақ жыныстардың жақын орналасуы қысқартылған профильді – дамымаған және дамымаған топырақтардың пайда болуына әкеледі. Аумақтың көп бөлігінде жер асты сулары 3,0 метрден төмен тереңдікте жатыр және топырақ түзілу үрдістеріне әсер етпейді. Тек ойпаңдар бойымен жер асты сулары жер бетіне шығып кетуі немесе таяз тереңдікте жатуы мүмкін. Бұл батпақтану үрдістерінің дамуына және гидрофильді өсімдіктердің пайда болуына әкеледі.

Зерттеу территориясының топырақ жамылғысының, сондай-ақ күңгірт қара қоңыр топырақ аймақшасының ерекшеліктерінің бірі – оның кешенділігі болып табылады. Топырақ жамылғысының күрделілігі негізінен оның элементтері арасында ылғал мен тұздардың қайта бөлінуін тудыратын жер үсті микрорельефімен анықталады. Мезорельефтің өзгеруі әртүрлі ылғалдылық деңгейіндегі топырақтардың кезектесуін білдіретін топырақ комбинацияларының қалыптасуымен байланысты.

Топырақтың морфологиялық ерекшеліктерін анықтау үшін тәжірибе алаңының топырақ кескініне сипаттама жасалды.

$$A_{\text{ш}} \frac{0-3}{3} \text{ см}$$

Шымды қабат

$$A_{\text{жырт}} \frac{3-22}{19} \text{ см}$$

Күңгірт қара қоңыр түсті, ылғалды, құрылымы борпылдақ, өсімдік тамырлары жиі кездеседі. Бетінде өсімдік қалдықтарының шіруі байқалады. Құрылымы тығыз емес кесекті, келесі қабатқа біртіндеп өтеді.

$$B_1 \frac{23-37}{14} \text{ см}$$

Күрең реңді, қоңыр дақтары бар, ылғалды, тығыз, өсімдік тамырлары көп, өсімдік қалдықтарының шіруінің ақ дақтары бар, құрылымы призма тәрізді. Келесі қабатқа ауысуы – анық.

$$B_2 \frac{38-44}{6} \text{ см}$$

Қошқыл күрең түсті, кескін бойымен гумус ағындылары кездеседі, құрылымы призма тәрізді, қабат бойынша НСІ жақсы қайнайды, карбонатты дақтар кездеседі. Келесі қабатқа ауысуы – анық.

$$B_k \frac{45-102}{57} \text{ см}$$

Ашық қоңыр, сарғыш. Өте тығыз, жарықшақты, кескін бойымен кальций карбонатының көздері кездеседі. Кесекті призма тәрізді жаңғақты құрылым, горизонт бойымен НСІ жақсы қайнайды.

Кәдімгідей күңгірт қара қоңыр топырақтардың рельефі салыстырмалы түрде тегіс, сәл көтерілген аймақтар да кездеседі. Топырақ түзуші жыныстар ауыр саздақтармен және саздармен, құрамында қиыршық тас қосындыларымен сипатталады. Күңгірт қара қоңыр топырақтардың кескіні генетикалық қабаттарға салыстырмалы түрде айқын дифференциациялануымен ерекшеленеді. Қарашірік горизонтының қалыңдығы (А+В₁) 34-45 см-ге дейін өзгереді, бірақ 70-80 см-ге дейінгі тереңдікте де қарашірік жолақтарын байқауға болады. Гумустың терең енуі қыс мезгілінде топырақта терең жарықшақтардың пайда болуымен байланысты. Қолайсыз физикалық қасиеттердің ішінде олардың салыстырмалы түрде төмен су өткізгіштігін 0,20-0,35 мм/мин атап өту керек. Тұтастай алғанда, кәдімгі күңгірт қара қоңыр топырақтар техногендік әсерлерге салыстырмалы түрде жоғары төзімділікке ие, бірақ өсімдік жамылғысы және жоғарғы гумустың горизонты бұзылса, бұл жерлерде дефляция үрдістері белсенді түрде дамуы мүмкін.

Аумақтың климаты шұғыл континенттілікке тән барлық белгілерге ие. Осы жағдайлардағы климат түзуші факторлардың үйлесімі бұлтсыз күндер санының көптігін, ыстық, құрғақ ауа райының басым болуын қамтамасыз етеді. Жылдық жауын-шашын мөлшері шамамен 120-150 мм-ден 280-300 мм-ге дейін ауытқиды. Қыста орташа температура 20°C, ең жылы айдың абсолютті максимум температурасы +25-30°C (шілде), ең суық айдың минимумы (қаңтар) -48°C жетеді. Жазғы кезең 3,5 айға созылады. Астана метеоорталығында орташа жылдық температура 3,6°C. Ең жоғары орташа айлық температура шілдеде байқалады және 25,0°C құрайды. Суық кезеңнің температуралық режимі жылдан жылға құбылмалы және -8,7°C-тан -13,5°C-қа дейін ауытқиды. Зерттеу территориясының климаты шұғыл континенталды, жазы қысқа, ыстық, құрғақ, қысы ұзақ, суық. Желдің басым бағыты: қыста – оңтүстік-батыс, жазда – солтүстік-шығыс. Қараша-наурыз айларында жауын-шашын мөлшері – 68 мм, сәуір-қазанда – 238 мм. Қайталану жиілігі 5% асатын жел жылдамдығы – 6 м/с. Ең жиі қайталанатын жел бағыттары – оңтүстік-батыс және батыс (1-кесте).

Кесте 1 – Астана қаласында жел бағыты мен тынық күндердің қайталануы (%)

С	СШ	Ш	ОШ	О	ОБ	Б	СБ
8	16	7	9	24	18	11	8

Ылғалдылық мөлшері мен агроклиматтық ресурстар деңгейін бағалау үшін кез келген аумақта ылғалдану коэффициенті қолданылады. Ылғалдану

коэффициенті белгілі бір жерге түскен жауын-шашын мөлшері мен ықтималды булану мөлшеріне қатынасы арқылы анықталады. Астанадағы буланудың ұзақ мерзімді орташа мәні 795 мм құрайды. Ылғалдылық коэффициентінің көп жылдық орташа мәні 0,38 құрайды. Оның ең кіші мәні 1951 жылы тіркелді. Бұл коэффициенттің 0,72-ден асатын максималды мәні 1928, 1960 және 1972 жылдары анықталды. Н.Н. Иванов [202] классификациясы бойынша Астана қаласы құрғақ даланың ландшафттық аймағына тән жеткіліксіз ылғалдылық жағдайында орналасқан. Зерттеу жүргізілген жылдар бойынша орташа айлық температура мен жауын-шашын мөлшері 2-кестеде берілген.

Кесте 2 – Амарант пен көгалдың өсіп-даму кезеңінде түскен жауын-шашын мөлшері (Астана метеостанцияның мәліметтері бойынша)

Жауын шашын, мм	Зерттеу жылдары				Температура, °С	Зерттеу жылдары			
	2021	2022	2023	көп жылдық орташа		2021	2022	2023	көп жылдық орташа
Мамыр	10,8	9,9	0,6	31	Мамыр	18,7	16,5	15,7	12,5
Маусым	21,6	18,4	24,0	41	Маусым	18,5	20,4	21,2	18,1
Шілде	44	33	18,3	52	Шілде	21,7	21,9	24,9	20,4
Тамыз	7,6	26,1	27,9	41	Тамыз	20,9	18,3	20,6	17,9

2-кесте мәліметтері бойынша 2021 жылғы жауын-шашын мөлшері орташа жылдық мөлшермен салыстырғанда төмен болғанын байқауға болады, әсіресе бұл көрсеткіш тамыз айында 5 есе, мамыр айында 3 есе аз тіркеліп, құрғақшылық орын алды. Жалпы вегетациялық кезеңде түскен жауын-шашын мөлшері 136,6 мм құрады, бұл көрсеткіш көп жылдық орташа мөлшерден 49,4 мм аз. 2021 жыл бойынша температуралық фон әртүрлі деңгейде болды. Маусым, шілде айлары көпжылдық орташа деңгейде болса, мамыр айының орташасы 6,2°С жоғары болды. Бұл көрсеткіш жауын-шашын мөлшерінің 3 есе аз болуымен қоса, мамыр айының құрғақшылық жағдайын үдете түсті. Жалпы вегетациялық кезең бойынша ГТК 1,05 құрады.

2022 жылғы вегетациялық кезеңде жауған жауын шашынның орташа мөлшері орташа көп жылдық мөлшерден 2 есе аз болды. Мамыр айында жауын-шашын мөлшері қалыптыдан 3 есе төмен, орташа температура көп жылдық мөлшерден 4°С жоғары болды. Бұл жағдай тұқымның өнуіне кері әсер етті. Вегетациялық кезең бойынша ГТК 0,94 құрады.

2023 жылғы вегетациялық кезеңде де ылғал жетіспеушілігі орын алып, жауын-шашын мөлшері қалыптыдан 2,3 есе аз мөлшерде тіркелді. Мамыр айы ерекше құрғақ болып, жауын-шашын мөлшері 0,6 мм ғана құрады. Орташа айлық температура мөлшері де көпжылдық мөлшерден жоғары деңгейде тіркелді. Вегетациялық кезең бойынша ГТК 0,86 құрады.

2.3 Зерттеу әдістемелері

Фитоуыттылық пен өскіндердің өсуін ынталандыру қасиеттерін анықтау

Биотестілеу әдістемесі іріктелген өсімдіктердің тұқымының өнгіштігін, өну энергиясын, тамыр мен өскіннің орташа ұзындығын, тамырлар санын өлшеуге негізделген. Бақылау үлгісі ретінде стерильді су пайдаланылды. Сынақ нысаны ретінде майлы зығыр (*Linum usitatissimum*) пайдаланылды.

Фитотестілеу лайлы тұнбадан алынған су сығындысымен өңдеу кезіндегі зығыр тұқымдарының өну және өну энергиясы бойынша, сонымен қатар тұқымды лайлы тұнбалардың сулы сығындысымен өңдеген кезде зығырдың тамырлары мен өскіндерінің орташа ұзындығы бойынша жүргізілді.

Лайлы тұнбалардың су сығындысы МемСТ 26423-85 [203] бойынша 0,1, 1, 2,5, 5, 7,5 және 10% концентрацияларда әзірленді, содан кейін сүзуден өтті. Өсу энергиясы мен зертханалық тұқым өнгіштігі МемСТ 12038-84 [204] бойынша анықталды. Зерттеу үшін сау тұқым материалы таңдалып, дамымаған, механикалық зақымдалған, ауру, әлсіз тұқымдар қолданылмады.

Тұқымдар 0,01% $KMnO_4$ ерітіндісімен 5 минут өңделеді, содан кейін стерильді сумен 3 рет жуылды. 25 тұқым Петри табақшаларының түбіне төселген екі рет қабатталған фильтр қағазының үстіне салынды. Әрі қарай, тұқымдар лайлы тұнбалардың сулы сығындысының әртүрлі концентрацияларымен өңделді, ал залалсыздандырылған сумен өңделген тұқымдар бақылау нұсқасы ретінде қолданылды. Барлық нұсқаларда су сығындысының көлемі бірдей – 15 мл құрады. Тәжірибе 3 қайталаумен жүргізілді.

24 сағаттан кейін тұқымдар залалсыздандырылған сумен шайылып, Петри табақшасының түбіне төселген фильтр қағазының үстіне біркелкі етіп тұқымдар салынып, барлық нұсқалар мен қайталымдар үшін 15 мл көлемде залалсыздандырылған су құйылды. Тұқымдардың өнуі қараңғы жерде, +20°C температурада жүзеге асырылды. Күнделікті температура мен ылғалдану дәрежесі тексеріліп, қажетіне қарай қосымша залалсыздандырылған су құйылып отырды. МемСТ 12038-84 бойынша өсу энергиясы 3-тәулікте, өнгіштік 7-тәулікте есептелді.

Өнгіштікті есепке алғанда барлық тұқымдар бірнеше топтарға бөлінді: а) қалыпты өнген (өскіннің тамырша ұзындығы тұқымның ұзындығынан кем емес, ал өскін тұқымның ұзындығының кемінде жартысына тең); ә) қалыптан тыс өнген (тамыры жоқ немесе дамымаған); б) ісінген; в) шіріген тұқым. Өскіннің ұзындығы мен тамырдың ұзындығы өлшенді. Тұқымның өнгіштігін есептеу үшін өну энергиясы мен жалпы өнгіштікті ескере отырып, қалыпты өнген тұқымдар саны қосылып, 3 қайталаудың орташа арифметикалық мәні ретінде пайызбен көрсетілді.

Лайлы тұнбаларда таралған микроағзалар тобын анықтау

Ағынды суларды тазартуға арналған биопрепараттарды әзірлеудің бастапқы кезеңі органикалық және минералды қосылыстарға бай орталарда белсенді түрде өсетін микроағзаларды анықтау болып табылады. Ағынды суларға тән органикалық заттардың деструктор – микроағзаларды қалалық

ағынды суларды тазарту қондырғыларының шикі лайлы тұнбаларынан алынған жинақталған культуралар әдісімен жүзеге асырылды. Микроағзаларды өсіру үшін ет-пептонды агар, Чапека-Докс, Эшби, Гетченсон, Гаузе және КАА қоректік орталары қолданылды. Берілген қоректік орталар осы субстраттарға бейімделген микроағзаларды іріктеу үшін пайдаланылды. Оқшауланған микроағзалардың белгілі бір туысқа жататындығы культуралды-морфологиялық және физиологиялық-биохимиялық қасиеттерді зерттеу нәтижелерін Берджи нұсқаулығында келтірілген мәліметтермен салыстыру негізінде анықталды.

Микроағзалардың сандық талдауы лайлы тұнбаның сулы сығындысын агарлы қоректік орталарға егу арқылы жүргізілді. Органотрофты бактериялар үшін ет пептонды қоректік агар (Assumix, Үндістан); минералды азотты ассимиляциялаушы бактериялар үшін – крахмалды-аммиакты агар; атмосфералық азотты бекітетін бактериялар үшін (диазотрофтар) - Эшби маннитолды агары, саңырауқұлақтар үшін Чапек-Докс агары (Hiimedia, Үндістан) қолданылды. Қоректік орталар автоклавта (ST-85G Jeiotech) 121°C температурада 20 минут бойы зарарсыздандырылды, содан кейін 45-50°C дейін салқындатылып, мұқият араластырылды және әрқайсысы 10 мл-ден Петри табақшаларына құйылды. 10^{-3} және 10^{-5} лайлы тұнбалар суспензияларын алу үшін сериялық сұйылтулар дайындалды, содан кейін әрбір сұйылтудан 0,1 мл Петри табақшаларындағы белгілі бір қоректік орталарға бес қайталаумен егілді. Гетеротрофты бактериялар 30°C-та 72 сағат, актиномицеттер 28°C-та 5 күн инкубацияланды.

Әр Петри табақшасында өсіп шыққан колониялар саны есептелді. Бір Петри табақшасында 30-дан 300-ге дейін колония өсіп шыққан сұйылту ең тиімді болып саналады.

1 мл суспензияда өсіп шыққан КТБ саны келесі (4) формула бойынша анықталады:

$$M=a*10^n/ V \quad (4)$$

мұнда M – 1 мл жасуша саны;

a – берілген сұйылтудан себілген колония санының орташа мәні;

V – себуге алынған суспензия көлемі, мл;

10 – сұйылту коэффициенті;

n – сұйылтудың реттік саны.

Лайлы тұнбаларда таралған целлюлозаны ыдыратушы микроағзаларды анықтау

100 мкл көлеміндегі лайлы тұнбалардың сулы сығындысы целлюлолитикалық микроағзаларды оқшаулауға арналған сүзгі қағазы бар базальды-тұзды қоректік ортаға (NaNO_3 2,5 г; KH_2PO_4 2 г; MgSO_4 0,2 г; NaCl 0,2 г; $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0,1 г; 1 л су) егілді. Микроағзаларды 30 күн бойы 30°C температурада термостатта инкубациялады. Жалғыз көміртегі көзі ретінде целлюлозаны қолдануға қабілетті микроағзалар колониялары KH_2PO_4 0,5 г, MgSO_4 0,25 г, целлюлоза 2,0 г, агар 15 г, желатин 2 г және тазартылған су 1 л

және рН 6,8–7 шамасында тұратын целлюлозалы агар қоректік ортасында сериялық сұйылту әдісімен оқшауланды [205].

Лайлы тұнбалардан бөліп алынған микроағзалардың нитрогеназалық белсенділігін анықтау

Бактериялардың нитрогеназалық белсенділігін анықтау ацетиленді қалпына келтіруге негізделген хроматографиялық әдіспен жүргізілді [206]. 20 мл көлемдегі виалаларға (Agilent, АҚШ) сұйық қоректік ортада өскен микроағзалардың суспензиясының әрбір үлгісінен 10 мл және 10 мкл ацетилен (Б маркасы, бірінші сорт 99,1%) қосылып, 28±2° температурада 2 сағат бойы инкубацияланды. Түзілген этиленнің көлемі парафазалық талдауға арналған автосамплер көмегімен хроматография әдісімен анықталды (Headspace sampler, Agilent 7697A). Ацетилен мен этиленнің ұсталу уақытын анықтау және этиленнің калибрлеу қисығын құру үшін таза газдар пайдаланылды (тазалығы 99,9%, Сигма-Олдрич, Германия). Ацетилен мен этиленнің мөлшері белгілі стандартты газдың шығу уақытымен салыстыра отырып, әрбір газдың шығу уақытымен анықталды. Азотфиксациялау белсенділігі 1 сағат инкубация кезінде түзілген этилен наномольмен көрсетілді. Азот бекіту белсенділігі мына (5) формуламен есептелді:

$$AB = \frac{0,0353 \cdot S \cdot V}{t}, \text{ (наномоль, } C_2H_4/\text{сағ)} \quad (5)$$

мұнда 0,0353 – этиленге арналған калибрлеу коэффициенті;

S – этиленнің шарықтау ауданы (mAu);

V – виалалардағы ауа көлемі;

t – ацетиленмен инкубациялау уақыты (сағ).

10,0 мкл көлемдегі газ үлгісін автосамплер (Agilent 7697A) көмегімен сынама салушыға (инжектор) 150°С температурада автоматты сынамаларды пайдаланып бөлінбейтін режимде енгізді. Сутегі тасымалдағыш-газы (99,99%, Hydrogen gas generators, PEAK Scientific, Ұлыбритания) 29 мл/мин тұрақты ағын жылдамдығымен жеткізілді.

Бөлу үшін ұзындығы 50 м, ішкі диаметрі 0,53 мм және қалыңдығы 0,15 мкм болатын HP-PLOT Al₂O₃ S бағанасы (Agilent, АҚШ) пайдаланылды. Колонка термостатының температурасы 10 минут бойы 150°С температурада ұсталды. Детектордың температурасы 230°С болды. Газды талдау жалынның иондану детекторы бар газ хроматографында (Agilent 7890B, АҚШ) жүргізілді. Әрбір үлгі үш қайталымда талданды. HP-PLOT Al₂O₃ S колонкасындағы қосылыстардың сақталу уақыттары 3-кестеде берілген.

Кесте 3 – Қосылыстардың сақталу уақыттары

Ұсталу уақыты, мин	Қосылыстар
3,132	Этилен
3,417	Ацетилен

Микроағзаларды азоттың органикалық және минералды түрлері бойынша қорек қажеттілігін зерттеу

Микроағзалардың 10^{-6} , 10^{-7} , 10^{-8} , 10^{-9} суспензияларын алу үшін сериялық сұйылтулар дайындалды, содан кейін әр сұйылтудың 0,1 мл базальды-тұздық ортаға (NaNO_3 2,5 г; KH_2PO_4 2 г; MgSO_4 0,2 г; NaCl 0,2 г; $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0,1 г) себілді. Бақылауда NaNO_3 -ті қолданса, сынақ үлгілерінде NaNO_3 5 г NH_4SO_2 және 5 г мочевинаға ауыстырылды. Гетеротрофты бактериялардың КТБ 48 сағаттан кейін, ал актиномицеттер үшін 72 сағаттан кейін есептелді.

Микроағзаларға абиотикалық фактордан температура мен орта реакциясы анықталды. Топырақ микроағзаларының температураға әсерін анықтау үшін әртүрлі диапазондағы $+20^\circ\text{C}$, $+25^\circ\text{C}$, $+30^\circ\text{C}$, $+35^\circ\text{C}$, $+40^\circ\text{C}$, $+45^\circ\text{C}$ температура пайдаланылды. Микроағзалардың өсу қарқындығы бағаланды.

Микроағзалардың тіршілік көздері өсіп дамитын субстраттың сутегі (H^+) және гидроксид (OH^-) иондарының концентрациясына тәуелді. Көптеген бактериялар үшін бейтарап (рН шамамен 7) немесе әлсіз сілтілі орта қолайлы болып келеді. Бөлініп алынған микроағзалардың өсуі мен дамуына орта реакциясының әр түрлі концентрациясының әсерін зерттеу үшін рН деңгейі 4,0; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0 болатын қоректік орталары дайындалды.

Микроағзалардың өсуді ынталандыру белсенділігін анықтау

Микроағзалар суспензиясының көгал тұқымдарының өну энергиясы мен өңгіштігіне және өскіндердің биометриялық параметрлеріне әсері зерттелді. Зерттеуде үш қайталанымда 25 тұқым қолданылды. Өсімдіктердің өсуіне ықпал ету үшін оңтайлы концентрация 0,0001% деп анықталды. Сумен өңделген тұқымдар бақылау нұсқасы ретінде алынды. Көгал тұқымдары термостатта Петри табақшаларында өсірілді. Өнген көгал тұқымдары екі рет саналды: біріншісі өңдеуден кейінгі 2-ші күні, мұнда тұқымның өну энергиясы анықталды, екіншісі - тұқымның өңгіштігін анықтау үшін 5-ші күні. Өңдеуден кейінгі 7-ші күні өскіндердің биометриялық көрсеткіштері есепке алынды.

16S ДНҚ секвенирлеу

ДНҚ бөліп алуы *GeneJET PCR Purification Kit (Thermo Fisher Scientific, USA)* дайын жиынтығымен жүргізді, бактериялардың ДНҚ бөліп алуға арналған протокол қолданылды. ДНҚ концентрациясы 5,4-74,8 $\text{ng}/\mu\text{l}$ аралығында ауытқыды.

16S праймерлерінің көмегімен (8 Forward 5'-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-3'; 806 Reverse 5'-GGACTACCAGGGTATCTAAT-3') маркерлік бөлігінің амплификациясын жасау үшін жалпы көлемде 25 мкл қоспа дайындалды, оның құрамында 25 нг ДНҚ, 1U ДНҚ полимеразасы (*Thermo Scientific, АҚШ*), дНТФ әрбірінен 0,2 мМ, 1-х ПТР буфері, 2,5 мМ MgCl_2 әр праймерден 10 пмоль болды. ПТР бағдарламасы *SimpliAmp, (Thermo Fisher Scientific, АҚШ)* амплификаторында орындалды. Электрофорезді 1,5% агарозды геледе, тігінен электрофорездеуші *Max HU10* камерада, тоқ көзі «*Consort EV 243*» жүргізілді. Электродты буфер ретінде 1x *TAE*-буфер қолданылды [207].

Амплификацияланған ДНҚ фрагменттерін Сэнгер әдісімен секвенирлеп, *BigDye* терминаторының тізбегін анықтау жинағын пайдалана отырып, әр үлгі

үшін жалпы көлемі 25 мкл сәйкес - dH₂O - 18 мкл, 5x буфер - 5 мкл, BigDye - 0,5 мкл, праймер - 0,5 мкл, ПТР өнімі – 1 мкл қолданылды. Пайдаланылған праймер тізбегі ПТР үшін бірдей болды. Тізбектеу дәлдігін қамтамасыз ету үшін күшейтілген фрагменттер екі праймермен реттелді: тура және кері. Секвенирлеу өнімдері ABI 3130XL генетикалық анализаторында (Applied Biosystems, АҚШ) зерттелді. Хроматограмманы талдау және өңдеу Sequencing Analysis 5.2, Patch 2 (Applied Biosystems, АҚШ) арқылы орындалды. Алынған нәтижелер www.ncbi.com дерекқорында өңделді [208].

Микроағзалардың патогендігін анықтау

Штамдарың патогендігін анықтау үшін:

1. «Микробиологиялық синтез өнімдерін алуға арналған продуцент-штамм микроағзалардың патогенділігін бағалау бойынша әдістемелік ұсыныстар» Мәскеу 1992 [209].

2. МУ 5789/1-91 «Өндірістік және экологиялық объектілерде өндіретін микроағзалардың және олардан тұратын препараттардың дайын формаларының шекті рұқсат етілген концентрацияларын тәжірибелік негіздеу бойынша нұсқаулық» [210].

3. М.О. Биргердің «Микробиологиялық және вирусологиялық зерттеу әдістерінің анықтамалығы» пайдаланылды [211].

Микроағзалардың қауіптілік классын анықтау ЖШС «Нутритест» зертханаларында орындалды. Жануарлар қатыстырылған сынақтарда СП 1045-73,2003 «Зертхана жануарларын адамгершілік көзқараспен қолдану ережелері» қолданылды [212].

Химиялық талдаулар.

Компост үлгілеріндегі азоттың жалпы мөлшері Кьельдал әдісімен [213], жалпы фосфор фотометриялық әдіспен анықталды [214]. Органикалық заттар оксидиметриялық әдіспен [215] анықталды. Күлдің мөлшері 550°C муфельді пеште жанғанға дейінгі және кейінгі үлгілердің салмағының қатынасы бойынша есептелді. Көміртектің азотқа қатынасын есептеу келесі (6) формула бойынша жүргізілді:

$$C:N=C/(X1*(100/100-W)+X2) \quad (6)$$

мұнда C:N – көміртегінің азотқа қатынасы;

C – көміртегі бойынша органикалық заттардың массалық үлесі

X1 – аммоний азотының массалық үлесі

X2 – жалпы азоттың массалық үлесі

W – ылғалдың массалық үлесі

Зерттеу жұмыстарын жүргізу барысында топырақ үлгілеріне агрохимиялық талдауда: қарашірінді мөлшері Тюрин бойынша [216], нитратты азот мөлшері ионометриялық [217], фосфор мен калийдің мөлшері Мачигин әдісімен [218], рН анықталды [219].

Микробиологиялық талдаулар. Органикалық қалдықтарды қордалау кезінде микрофлора санының өзгерісі ферментацияның әртүрлі кезеңдерінде бақыланды. Компост микрофлорасына микробиологиялық талдау сериялық

сұйылту әдісімен жүргізілді. Бактериялар ЕПА, КАА және Эшби қоректік орталарында есептелді. Саңырауқұлақтар мен актиномицеттер Чапек-Докс, Гаузе қоректік ортасына себу арқылы есептелді. Гетченсон қоректік ортасында целлюлозаны ыдырататын микроағзалардың саны ескерілді.

Компосттағы микробтардың популяциясын анықтау

Компост жасауда бактериялар, саңырауқұлақтар және актиномицеттер маңызды рөл атқарады. Олар сериялық сұйылту әдісі көмегімен әртүрлі қоректік орталардың көмегімен анықталды. Қоректік орталардың құрамы:

1. ЕПА (ет-пептонды агар қоректік ортасы): 13 г ет-пептон сорпасы және 1 л дистилденген суға 15 г агар, рН 7,6).

2. КАА (крахмалды аммиакты агар қоректік ортасы): 10 г крахмал, 2 г $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 1 г K_2HPO_4 , 1 г MgSO_4 , 3 г CaCO_3 және 1 л дистилденген суға 20 г агар, рН 7,2).

3. Эшби қоректік ортасы: 20 г сахароза, 0,2 г K_2HPO_4 , 0,2 г $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,2 г NaCl , 0,1 г FeSO_4 , 5,0 г CaCO_3 және 20 г агар 1 л дистилденген су, рН 7,3.

4. Чапек – Докс қоректік ортасы: 14 г глюкоза, 0,7 г CaCO_3 , 0,7 г KNO_3 , 0,35 г MgSO_4 , 0,35 г NaCl , 0,35 г K_2HPO_4 , 0,01 г FeSO_4 және 20 г агар 1 л дистилденген су, рН 6,0.

5. Гаузе қоректік ортасы: 20 г еритін крахмал, 1 г KNO_3 , 0,5 г KH_2PO_4 , 0,5 г MgSO_4 , 0,5 г NaCl , 0,01 г FeSO_4 және 20 г агар бір литр дистилденген су, рН 7,2.

6. Гетченсон қоректік ортасы: NaNO_3 2,5 г, FeCl_3 0,01 г, K_2HPO_4 1 г $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,3 г, NaCl 0,1 г, CaCl_2 0,1 г, 1 л дистилденген су, 20 г агар, рН 7,2. Қоректік орта Петри табақшаларына құйылып, қатқан соң үстіне зарарсыздандырылған фильтр қағазы салынды.

Топырақтың ферментативті белсенділігін анықтау

Көміртегінің микробтық биомассасы (C_{mic}) Андерсон және Домштың тыныс алуды субстратты индукциялау әдісі арқылы анықталды [220]. 100 г құрғақ топыраққа эквивалентті ылғал топырақ үлгісін құрамында 400 г глюкоза бар ұнтақпен толықтырады. Реакция нәтижесінде CO_2 өндіру жылдамдығы Андерсон сипаттаған әдіс арқылы сағат сайын өлшенді. Үлгінің тыныс алу реакциясы 4 сағат бойы тіркелді. Көміртегінің микробтық биомассасы (C_{mic}) максималды бастапқы тыныс алу реакциясына сәйкес есептелді.

Топырақтың базальды тыныс алуы Изермайер әдісімен [221] өлшенді. 22°C кезінде 24 сағ бойына глюкозасыз CO_2 өндірілуі есептелді. Топырақ ерітіндісін термостатта инкубациялағаннан кейін индикатор ретінде фенолфталеиннің үш тамшысы қосылып, стандартталған тұз қышқылымен титрлену жүргізілді.

Дегидрогеназа белсенділігі Тальман [222] бойынша анықталды. Ылғалды топырақ (10 г) қараңғы жерде 30 °С температурада 24 сағат бойы Трис буферінде (рН 7,6) 10 мл 0,8% ТТК (2,3,5-трифенилтетразолий хлориді) инкубацияланды. Алынған қоспа 50 мл трифенилформазан (ТФФ) экстракциялық ерітіндімен, ацетон 10% экстракцияланды. 1 мин қатты шайқаудан соң, ерітінді Whatman 42 сүзгі қағазы арқылы сүзіліп, 485 нм сәуле ұзындығында спектрофотометрияланды.

Каталаза белсенділігі Бек әдісімен өлшенді [223]. Он миллилитр фосфат буфері (рН 7) және 5 мл 3% H₂O₂ субстрат ерітіндісі 5 г топыраққа қосылды. 20°C температурада 3 минутта бөлінетін O₂ көлемі (мл) өлшенді.

Лайлы тұнбалар үйінділеріндегі физикалық және химиялық параметрлерді анықтау

Компосттық үйінділердің температурасын өлшеу сынапты термометрлер көмегімен жүргізілді. рН электронды рН-метр көмегімен, компосттан 1:10 қатынасында сулы ертініді жасау көмегімен өлшенді.

Ауыр металдар

Ауыр металдардың жалпы мөлшері топырақты 2 сағат бойы 120 °С дейін қыздырылған патша арағында (10:1 қатынасында) экстракцияланып, артынан жалын немесе графит пеші бар атомдық абсорбциялық спектрофотометрмен анықталды [224].

Микробиологиялық белсенділік

Топырақ микроағзаларының целлюлазалық белсенділіктері егістік жағдайда аппликация әдісі көмегімен бағаланды. Ол үшін зарасыздандырылған зығыр матасы қолданылды. Тәжірибеге алынған топырақтар И.С.Востровтың [225] әдістемесі бойынша 6 сағат бойы кептіргіш шкафтарда зарасыздандырылды. Матаның мөлшері 10×30 см етіп кесіліп алынып, автоклавта зарасыздандырылды. Матаның салмағы өлшеніп, полимерлі пленкаға тігіліп, көгал және амарант тұқымдарын себер алдында топырақтың беткі қабатына тік бағытта енгізілді. Пленка спиртпен зарасыздандырылды. Микроағзалардың ферментативтік белсенділіктері зығыр матаның ыдырау пайызы бастапқы салмағының кему дәрежесіне қарай анықталды. Уақыт өткен соң мата топырақтан алынып, кептіріліп, салмағы өлшенді. Клетчатканың ыдырау қарқындылығын (% бойынша) анықтау үшін келесі шкала қолданылды: өте әлсіз < 10; әлсіз –10-30; орташа –30-50; күшті – 50-80; өте күшті >80.

Лайлы тұнбаларды аэробты әдіспен жылыжай жағдайында қордалау

«С. Сейфуллин атындағы ҚАТЗУ» КеАҚ аумағында 2021 жылдың мамыр-шілде айларында лайлы тұнбаларды қордалау жүргізілді. Шикізат ретінде Астана қаласының МКК «Астана су арнасы» ағынды суларының лайлы тұнбалары алынды.

Компост жасау үшін ылғалдылығы 60% болатын аэробты тұрақтандырылған, сусыздандырылған ағынды сулардың лайлы тұнбалары қолданылды. Қордалау үшін таза күйінде лайлы тұнбалардың 15 үйіндісі дайындалды, 9 үйінді бидай сабанымен 1:0,5 құрғақ салмақ қатынасында араластырылды. Бидай сабаны ауада кептірілген және ұзындығы шамамен 5-6 см болатын ұсақ бөліктерге кесілген. Әр үйіндінің салмағы 12 кг болды. 4-кестеде қордалау алдындағы лайлы тұнбаның химиялық көрсеткіштері көрсетілген.

Кесте 4 – Компост шикізатының химиялық көрсеткіштері, 2022 жыл

Үлгі	Ылғалдылығы, %	Органикалық заттар, %	Көрсеткіштер мәні, %			Ауыр металдар, мг/кг			
			N	P	K	Zn	Cd	Pb	Cu
Лайлы тұнба	62	48	5,2	1,1	0,2	33	51	290	62
Сабан	11,2	80	0,6	0,2	0,7	-	-	-	-

№1 Биопрепарат құрамына *Pediococcus pentosaceus*, *Streptomyces sindenensis*, *Bacillus megaterium* микроағзалары;

№2 Биопрепарат құрамына *Streptomyces pratensis*, *Bacillus mesentericus*, *Azotobacter chroococcum* микроағзалары кірді.

Тәжірибе схемасы:

- 1-нұсқа – бақылау нұсқасы, сабансыз лайлы тұнба;
- 2 нұсқа – Биопрепарат 1 + лайлы тұнба (1 мл/кг);
- 3-нұсқа – Биопрепарат 2 + лайлы тұнба (1 мл/кг);
- 4-нұсқа – Биопрепарат 1+ лайлы тұнба (2 мл/кг);
- 5-нұсқа – Биопрепарат 2 + лайлы тұнба (2 мл/кг);
- 6-нұсқа – Биопрепарат 1+ лайлы тұнба (2 мл / кг) + сабан;
- 7 нұсқа – Биопрепарат 2 + лайлы тұнба (2 мл / кг) + сабан;
- 8 нұсқа - лайлы тұнба + сабан;

Үйінділерді қалыптастыру кезінде №2, 4, 6 нұсқада №1 Биопрепарат, №3, 5, 7 нұсқалары №2 Биопрепарат өңделді, бұл биопрепараттар құрамына кіретін микроағзалар С.Сейфуллин атындағы ҚАТЗУ топырақтану және агрохимия кафедрасының микробиология зертханасының коллекциясынан алынды.

Лайлы тұнбаның бастапқы ылғалдылығы 60% құрады, ағынды сулардың тұнбасын қордалау үрдісі үшін ылғалдың оңтайлы мөлшері бұл көрсеткіштен аспауы керек. Биопрепараттардың бастапқы суспензиясы 1:4 қатынасында жылы сумен араластырылды. Лайлы тұнбаларды қордалау кезінде биопрепараттардың оңтайлы мөлшерін анықтау үшін 1 мл/кг және 2 мл/кг мөлшерлері таңдалды.

Зерттелетін үйінділер диаметрі 40 см, биіктігі 20 см, массасы 12 кг болатын параметрлерде қалыптастырылды. Қордалау кезінде үйінділерде белсенді аэрация жүру үшін 3 күнде бір рет араластыру жүргізілді. Қордалау ұзақтығы 52 күн (мамыр-шілде) болды.

Ағынды су лайлы тұнбаларын бидай сабанымен араластырғаннан кейін (0-ші күн) және қордалау үрдісінің соңында (52-ші күн) кездейсоқ сынама алуды қамтамасыз ету үшін компост үлгілері үйінділердің әртүрлі нүктелерінен жиналды. Үлгілер ауада кептіріліп, ұнтақталып, 0,25 мм електен өткізілді.

Лайлы тұнбаларды аэробты әдіспен өндірістік жағдайларда қордалау

Өндірістік жағдайларда қордалау үшін үйінділерді қалыптастыру «Астана су арнасы» МКК аумағында орналасқан бетондалған алаңда жүргізілді. Шикізат ретінде сусыздандырылған қалалық канализацияның лайлы тұнбалары мен бидай сабаны қолданылды.

Тиегіш трактор көмегімен 8 үйінді қалыптастырылды: ені 1,5 м, биіктігі 1 м, ұзындығы 10 м, әрбір үйіндінің жалпы құрғақ салмағы 12-15 тонна, лайлы тұнбалардың ылғалдылығы 60% құрады. Тәжірибе сызбасы бойынша бидай сабаны үйінділердің үстіне шашылды. Келесі кезекте үйінділерге тиісті биопрепараттарды себе отыра, тракторға тиелмелі араластырушы көмегімен араластырылды.

Зерттеуде қолданылған Триходермин SS, Агромикс SS, Микромикс биопрепараттары С.Сейфуллин атындағы ҚАТЗУ топырақтану және агрохимия кафедрасының микробиология зертханасының коллекциясынан алынды. А

консорциумы мен В консорциумы лайлы тұнбалардан бөлініп алынған микроағзалардан құралды (5-кесте).

Кесте 5 – Биопрепарат құрамына кіретін штамм атаулары

Биопрепарат атауы	Құрамы
Триходермин SS	<i>Tr. Lignorum, Tr. album</i>
Агромикс SS	<i>Streptomyces sindenensis um.PM9, Streptomyces griseus um.PM25,</i>
	<i>Bacillus aryabhatai um.PM62, Bacillus aryabhatai um.PM68, Bacillus aryabhatai um.PM69, Bacillus megaterium um.PM80B, Lentzea violacea um.PM86B</i>
Микромикс	<i>Streptomyces pratensis, Bacillus mesentericus, Azotobacter chroococcum</i>
А консорциумы	<i>Bacillus cereus um.№8, Bacillus megaterium um.№10, Rhizobium pusense um.№25, Sphingomonas paucimobilis um.№49, Streptomyces graminearus um.№61, Pseudomonas protegens um.№62, Pseudomonas marginalis um.№64, Streptomyces albidoflavus um.№81, Pseudomonas fluorescens um.№83, Pseudomonas putida um.№87.</i>
В консорциумы	<i>Pseudomonas protegens um.№62, Pseudomonas marginalis um.№64, Pseudomonas fluorescens um.№83, Pseudomonas putida um.№87, Bacillus cereus um.№8, Bacillus megaterium um.№10.</i>

Тәжірибе келесі сызба бойынша жасалды:

- 1 нұсқа (бақылау) – биопрепаратсыз лайлы тұнбалар.
 - 2 нұсқа - лайлы тұнбалар+ сабан (10%) + Триходермин SS (1 л/т) биопрепараты.
 - 3 нұсқа - лайлы тұнбалар+ сабан (20%) + Триходермин SS (1,5 л/т) биопрепараты.
 - 4 нұсқа - лайлы тұнбалар+ сабан (10%)+Агромикс SS (2 л/т) биопрепараты.
 - 5 нұсқа - лайлы тұнбалар+ сабан (20%)+Агромикс SS (2 л/т) биопрепараты.
 - 6 нұсқа - лайлы тұнбалар+ сабан (10%)+В консорциумы (1 л/т).
 - 7 нұсқа - лайлы тұнбалар+Микромикс (1 л/т) биопрепараты.
 - 8 нұсқа - лайлы тұнбалар+ сабан (10%)+А консорциумы (1 л/т).
- Үйінділердегі температура, рН, иіс пен пен түсі барлық қордалау уақытында, күн сайын сандық термометрмен, рН-метрмен бақыланды. Үйінділерді аэрациялау 3 күн сайын тракторға тиелмелі араластырушы арқылы қамтамасыз етілді.

Лайлы тұнбалардың әртүрлі мөлшерлерінің агроландшафттық өсімдіктердің өсіп-өнуіне әсерін зерттеу

Тәжірибе 2021 және 2023 жылы С.Сейфуллин атындағы ҚАТЗУ аумағындағы тәжірибелік учаскелерде жүргізілді. Топырақ типі: күңгірт қара - қоңыр сортаң, автоморфты.

Топыраққа лайлы тұнбалардың 5 т/га, 10 т/га, 15 т/га мөлшері тұқым себілерден бұрын 30 күн бұрын енгізілді. Зерттеу объектісі ретінде - күңгірт амаранттың (*Amaranthus cruentus*) Riter Paris сорты алынды. Тұқым 30 – мамырда себілді, тәжірибе 5 рет қайталанымда жүргізіліп, себу тереңдігі 1,5 см, себу нормасы 0,5-0,8 г/м². Қатар арасындағы қашықтық – 30 см, өсімдіктер арасында - 30 см. Өсімдіктерді күту арамшөптерден арылту мен қопсытудан, аптасына бір рет суарудан тұрды. Амаранттың көктеуі, өсіп-даму фазасы (котиледон жапырақтары, шынайы жапырақтар, сабақтың өсуі мен тармақталуы), гүлдеуі, тұқымның пісуі сияқты фенологиялық фазаларында топырақтың микробиологиялық және химиялық талдаулары жасалды.

Тәжірибе сызбасы:

1 нұсқа – Тыңайтқышсыз бақылау.

2 нұсқа – Лайлы тұнба органикалық тыңайтқышы 5 т / га (топыраққа енгізу).

3 нұсқа – Лайлы тұнба органикалық тыңайтқышы 10 т / га (топыраққа енгізу).

4 нұсқа – Лайлы тұнба органикалық тыңайтқышы 15 т / га (топыраққа енгізу).

2022-2023 жылдары С.Сейфуллин атындағы ҚАТЗУ аумағындағы тәжірибелік учаскелерде үш түрлі өсімдіктердің қоспасынан тұратын (*Rheigras lolilum perenne* 30%, *Red fescue festuca rubra* 10%, *Festuca arunnacea* 60%) көгал өсімдігі өсірілді. Тұқым 30 – мамырда себілді, тәжірибе 5 қайталанымда жүргізіліп, себу тереңдігі 0,5 см, себу нормасы 30 г/м². Өсімдіктерді күту арамшөптерден арылту мен қопсытудан, екі күнде бір рет суарудан тұрды. Зерттелетін көгал алаңының топырағы – қара күңгірт, автоморфты, қарашірігі – 1,7%, рН – 7,5. Ол жылжымалы фосфордың төмен мөлшерімен (6,0 мг/кг) және калийдің жоғары мөлшерімен (650 мг/кг) сипатталады, негіздермен қанығу дәрежесі жоғары (60%). Құрғақ лайлы тұнбалар органикалық тыңайтқыш ретінде пайдаланылды. Бақылау – тыңайтқышсыз нұсқа болды. Лайлы тұнбаларды топыраққа енгізу көгал тұқымын себуден 30 күн бұрын жүргізілді.

Зерттеулер келесі нұсқалар бойынша жүргізілді:

1 нұсқа – Тыңайтқышсыз бақылау.

2 нұсқа – Лайлы тұнба органикалық тыңайтқышы 5 т / га (топыраққа енгізу).

3 нұсқа – Лайлы тұнба органикалық тыңайтқышы 10 т / га (топыраққа енгізу).

4 нұсқа – Лайлы тұнба органикалық тыңайтқышы 15 т / га (топыраққа енгізу).

Математикалық өңдеу

Барлық мәліметтер 3 қайталаным үшін орташа мәннің шамасы. Бірфакторлы дисперсиялық талдау (ANOVA) нұсқалар арасындағы ең мардымды айырмашылықты анықтау үшін қолданылды. $p \leq 0,05$ мәндері

статистикалық мағымды деп саналды. Мәліметтер орташа мән \pm стандартты ауытқу ретінде көрсетілді. Алынған мәліметтер XLSTAT бағдарламасын қолдану арқылы статистикалық өңдеуден өткізілді.

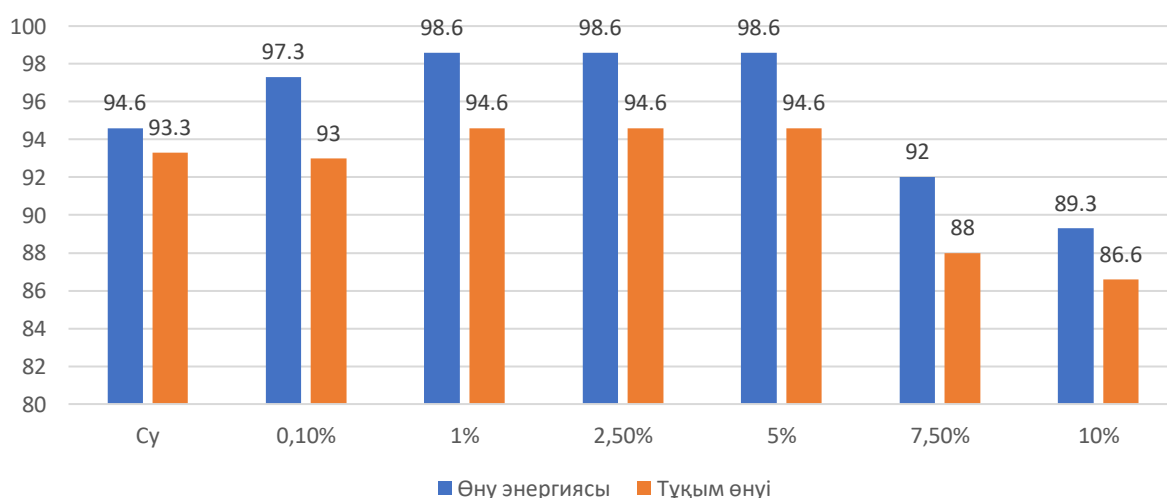
3 ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ

3.1 Лайлы тұнбалардың әртүрлі концентрациясының тест-дақылдарға қатысты өсуді ынталандыру қасиеттері

Ағынды сулардың лайлы тұнбаларын егістік алқаптарында тыңайтқыш ретінде пайдалану экологиялық және экономикалық жағынан тиімді. Бірақ қалалардың өмір сүру салтына, адам санына, елді мекендегі өнеркәсіптің болуына, өңдеу әдісіне байланысты лайлы тұнбалар әртүрлі химиялық құрамға ие бола алады. Мысалы, өнеркәсіптік ағынды сулар мен автомобиль жолдарындағы жаңбыр сулары қалалық кәріз жүйесіне жіберілсе, лайлы тұнбалардағы ауыр металдардың мөлшері әлдеқайда жоғары болады. Лайлы тұнбаларды органикалық тыңайтқыш ретінде пайдаланудың барлық артықшылықтарына қарамастан, оны бақылаусыз пайдалануға жол берілмеуі қажет. Лайлы тұнбалардың уыттылық деңгейін және тірі ағзаларға әсерін жан-жақты зерттеу қажет. Лайлы тұнбалардың уыттылық шегін бағалау үшін биотестілеу әдістерін қолданған жөн.

Биотестілеу әдістемесі тұқымның өнгіштігін, өну энергиясын, тамыр мен өскіннің орташа ұзындығын өлшеуге негізделген. Бақылау үлгісі ретінде зарарсызданған су пайдаланылды. Лайлы тұнбалардың сулы сығындысы 0,1%, 1, 2,5, 5, 7,5 және 10% концентрацияда алынды, содан кейін сүзу жүргізілді. Сынақ объектісі ретінде майлы зығыр (*Linum usitatissimum*) қолданылды. Талдау үшін сау тұқым материалы таңдалды.

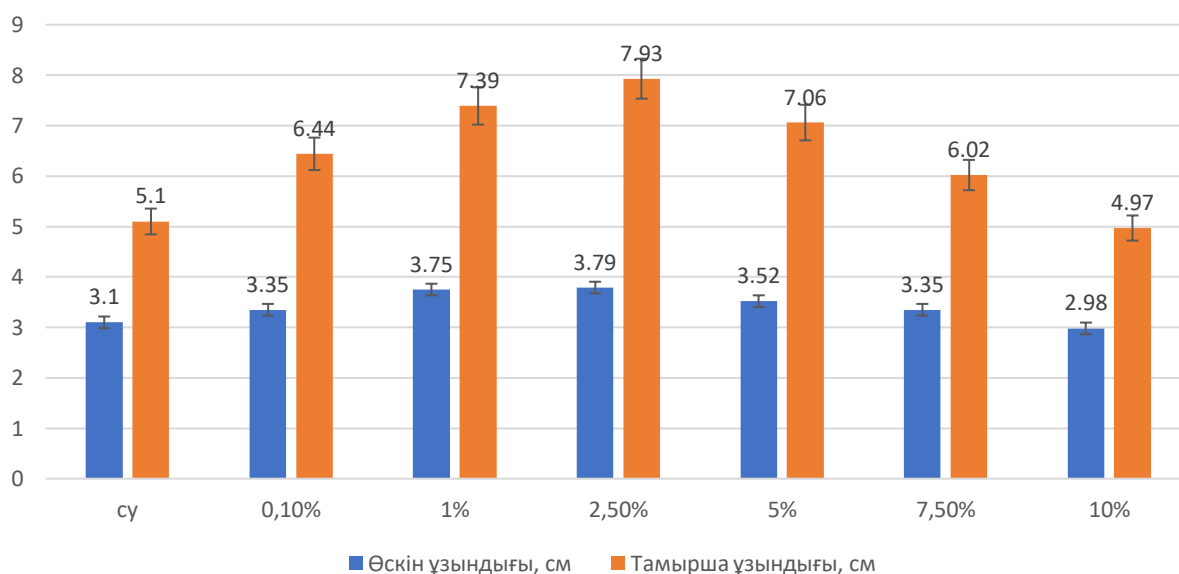
Майлы зығыр тұқымдары үшін өну энергиясының ең жоғары пайызы лайлы тұнбалардың концентрациясы 1, 2,5 және 5% құрайтын тәжірибелік нұсқаларда байқалды, олар бірдей мән құрап, бақылау нұсқасынан 4% жоғары болды. Өну энергиясының ең төменгі мәндері лайлы тұнбалардың 10% концентрациясында белгіленді. Бұл нұсқада өну энергиясының көрсеткіштері бақылаудан 5,3%-ға төмен (1-сурет).



Сурет 1 – Лайлы тұнбалардың сулы сығындысының әртүрлі концентрацияларындағы майлы зығыр тұқымдарының өну энергиясы мен тұқым өнгіштігінің көрсеткіштері

Майлы зығыр тұқымдарының өну көрсеткіштерін қарастырсақ 1, 2, 10% лайлы тұнба концентрациясы бар тәжірибе нұсқаларында тұқым өнгіштігінің мәндері бірдей және 94,6% тең, бұл көрсеткіш зарарсыздандырылған сумен өңделген бақылау нұсқасынан 2,6% жоғары. 7,5, 10% концентрациялы нұсқаларында өну жылдамдығы 86,6%-ға дейін төмендейді, бұл бақылаудан 5,4% төмен (1-сурет). Тұқымның өнуі мен өну энергиясы көрсеткіштері өзара байланысты болып келді.

Зерттеу нәтижелері 0,1, 1, 2,5, 5, 7,5% концентрациядағы лайлы тұнбалардың сулы сығындысына майлы зығыр тұқымдарын салу өскіндер мен тамырлардың дамуына оң әсер ететінін көрсетті. Өсуді ынталандырудың ең жақсы нәтижелері лайлы тұнбаның концентрациясы 2,5% болатын нұсқада тіркелді, мұнда бақылау нұсқасымен салыстырғанда өскіндердің орташа ұзындығы 22%, ал тамырлардың орташа ұзындығы 55% жоғары болды. Лайлы тұнбалардың 10% концентрациядағы нұсқасы өскіндердің дамуына аздап тежеу жасады. Мұнда өскіндердің орташа ұзындығы бақылаудан 4% аз, ал тамырлардың ұзындығы 3% қысқа болды (2-сурет).



Сурет 2 – Лайлы тұнбалардың әртүрлі концентрацияларының майлы зығыр өскіндерінің өсуіне әсері

Лайлы тұнбалардан алынған сулы сығындының 2,5%-дан жоғары концентрациясының әсерінен кейін өнген өскіндердің жапырақтары күңгірттеніп, сабағының тургоры жоғарылап, тамыры қалыңдағанын атап өткен жөн.

Дұрыс өскен, қалыптан тыс өнген, шіріген және ісінген тұқымдардың үлесі де анықталды (6 кесте). Лайлы тұнбалардың 1, 2,5 және 5% концентрациясы бар нұсқаларда қалыпты өнетін тұқымдардың жоғары үлесі байқалды. Ісінген, бірақ өнбеген майлы зығыр тұқымдарының ең көп саны лайлы тұнбалардың 10% концентрациясына тиесілі.

Кесте 6 – Лайлы тұнбалардың әртүрлі концентрацияларының майлы зығыр тұқымдарының өну сапасына әсері

Лайлы тұнба концентрациясы, %	Қалыпты өнген тұқым саны, %	Қалыптан тыс өнген тұқымдар саны, %	Ісінген бірақ өнбеген тұқымдар үлесі, %	Шіріген тұқымдар үлесі, %
Бақылау	90	5	3	2
0,1	89	4	4	3
1,0	95	5	0	0
2,5	96	0	3	1
5,0	95	1	3	1
7,5	88	3	6	1
10,0	87	5	8	0

Майлы зығыр тұқымдарын әртүрлі концентрациядағы (0,1, 1, 2,5, 5%) лайлы тұнбалардың сулы сығындысымен өңдеу тұқымның өнгіштігіне және өну энергиясына оң әсер етті. Тәжірибелік нұсқаларда өскіндер мықты, біркелкі, қою түсті, жақсы дамыған бастапқы тамырмен өсті. Тұқым өнгіштігінің жоғары болуы және майлы зығыр өскіндерінің қалыпты дамуы 0,1, 1, 2,5, 5% концентрациядағы лайлы тұнбалардың сулы сығындысы фитоуытты емес деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Лайлы тұнбалардың сулы сығындысының 7,5, 10% концентрациясында зығыр тұқымдарының өнгіштігі бақылаумен салыстырғанда орта есеппен 6%-ға, өну энергиясы 4,9%-ға төмендеді, бұл өскіннің өсуінің тежелуі мен әлсіз фитоуыттылықтың көрінісі. Сондай-ақ, лайлы тұнбалардың сулы сығындысының 10% концентрациясында бастапқы тамырлары жоқ, қалыптан тыс өнетін тұқымдар саны өсті. М.А. Надпорожскаяның [226] зерттеуінде де лайлы тұнбалардың 10%-дан жоғары концентрациясы улы әсер ететіні, негізгі улы әсер өнген тұқымдар санына және өскін тамырының қалыпты дамуына бағытталадыны айтылған. Fan N. [227] зерттеуінде 10%-дан астам концентрациядағы лайлы тұнбалардың өсімдіктерге улы әсері туралы да айтылады. Лайлы тұнбалардың сулы сығындысының 1, 2,5, 5% концентрациясы майлы зығыр тұқымдарына қатысты айқын болатын, өсуді ынталандыратын қасиетіне ие. Бұл нұсқаларда тұқымның өнгіштігі мен өну энергиясы бақылау нұсқасынан жоғары болды, әсіресе лайлы тұнбалардың сулы сығындысының концентрациясы 2,5% болғанда өскіндердің орташа ұзындығы 22%, орташа тамыр ұзындығы 55% өсті.

Oleszczuk P., Hollert H. [228] зерттеулерінде өсімдік тұқымы лайлы тұнбалардың 5%-ға дейінгі концентрациясында өңделгеннен кейінгі өнуі кезінде зерттелетін өсімдіктердің өскіндерінің жапырақтары ұзарып, салмағын арттыру заңдылығы бар екені расталды. М.А. Надпорожскаяның зерттеуінде топырақ массасының 5% құрайтын лайлы тұнбалардың мөлшері өсімдіктер мен микроағзаларға оңтайлы физиологиялық әсер ететін және салыстырмалы түрде қауіпсіз саналатын мөлшер ретінде көрсетілген [226, с.124]. Лайлы тұнбаның сулы сығындысының осы концентрациясының пайдалы әсерін Metzger L., Riha S.J. [229] ғалымдары өсімдіктердің қалыпты өсуі мен дамуы үшін қажетті

органикалық заттардың, минералдардың және витаминдердің көп мөлшерде болуымен түсіндіруге болады деп атап өткен.

Iqbal G.M. [230] өз зерттеулерінде лайлы тұнбадан алынған қоректік заттардың оңтайлы мөлшерінде өскен өсімдік тұқымдары одан әрі жауап реакциясын түзетінін, жасуша ішіндегі биохимиялық және физиологиялық үрдістердің реттелуі жүретінін дәлелдеді. Физиологиялық үрдістердің ағымының өзгеруі өсімдіктердің өнуі мен өсуін ынталандыруға, өскін мен бастапқы тамырлардың ұзаруына, жапырақ бетінің одан әрі ұлғаюына және фотосинтетикалық аппараттың белсендірілуіне ықпал етеді. Лайлы тұнбалардан алынған тыңайтқыштардың өсімдіктерге оң әсерін С.С. Рязанов, Labrecque M., С.Ю. Селивановская жасаған зерттеулерден көруге болады. [231-233].

Осылайша, зерттеулердің нәтижелері бойынша канализациялық ағынды сулардың лайлы тұнбалары ауыл шаруашылығы жерлерін құнарландыруда, бұзылған аумақтарды қалпына келтіруде пайдалану үшін перспективалы деп тануға болады. Тәжірибелерге сәйкес лайлы тұнбаларды енгізуді одан әрі зерттеу үшін оңтайлы мөлшер ретінде майлы зығыр өсімдіктерінің өсуіне жақсы физиологиялық әсер ететін 5% дейін мөлшерді таңдауға болады. Жүргізілген зерттеулер лайлы тұнбалардың майлы зығырдың өсуін ынталандыратын әсерін анықтады, бірақ одан әрі кешенді зерттеуді қажет етеді.

3.2 Қайта өңделетін органикалық шикізаттардың химиялық құрамы

Егін жинағаннан кейін қалған бидай сабаны топырақты қоректік элементтермен толықтырып, жоғары сатылы өсімдіктер мен топырақ микрофлорасы үшін қоректік заттарға айналады. Химиялық құрамы бойынша сабан азотсыз органикалық заттарға бай және қиын ыдырайды. Себебі сабанда өзге органикалық қалдықтармен салыстырғанда топырақ құнарлылығын жоғарылататын құнды: целлюлоза, пентоза, гемицеллюлоза, лигнин сынды заттар, микроағзалар үшін көмірсу және энергетикалық субстраттар жеткілікті мөлшерде кездеседі. Бұлар қарашірік түзу үшін негізгі құрылыс материалы болып саналады. Органикалық заттар құрамы жағынан топыраққа 1 т сабан енгізген 3,0-4,0 т көң қолданумен тең келеді.

Біздің зерттеулерімізде қордалау жасалған 2021 жыл мен 2023 жылда қолданылған бидай сабанының құрамының жалпы ылғалдылығы, органикалық зат мөлшері, химиялық элементтерден азот, калий, фосфор анықталды (7-кесте).

Кесте 7 – Бидай сабанының химиялық құрамы

Зерттеу жасалған уақыт	Ылғал, %	Органикалық зат,%	Көрсеткіштер мәні,%		
			N	P	K
2021 жыл	11,2	80	0,6	0,2	0,7
2023 жыл	13,02	92,7	0,56	0,3	1,53

Берілген зерттеуде бидай сабаны лайлы тұнбаларға қосылатын қосымша тұрақтандырғыш ретінде қолданылады. Сабанның химиялық құрамына топырақтың құнарлылығы, ауа райы жағдайлары мен қолданылған

тыңайтқыштар әсер ете алады. Сабан құрамына магний, кальций, күкірт пен микроэлементтер де кіреді. Бір тонна сабанмен топыраққа 810 кг органикалық зат түседі. Оның 5-14 кг азот, 0,7-2,4 кг фосфор, 10-17 кг калий, 3-12 кг кальций және 0,8-3,0 кг магний құрайды [234].

Астана қаласының канализациялық тазарту құрылыстары қалалық коммуналды – тұрмыстық ағызындыларды қабылдап, механикалық, биологиялық тазартудан кейін Қарабидайық жинақтау көліне жібереді. 8-кестеде механикалық, биологиялық тазартудан кейін қалатын лайлы тұнбаларды сусыздандырғаннан кейінгі химиялық құрамы көрсетілген.

Кесте 8 – Сусыздандырылған лайлы тұнбалардың химиялық көрсеткіштері

Зерттеу жасалған уақыт	Ылғал,%	Органикалық зат,%	Көрсеткіштер мәні,%			Ауыр металдар, мг/кг			
			N	P	K	Zn	Cd	Pb	Cu
2021 жыл	62	48	5,2	1,1	0,2	704	1,0	41,2	254
2023 жыл	65	43	6,2	0,8	0,2	683	0,8	46,3	273

Лайлы тұнбалар құрамындағы қоректік заттар мен органикалық зат мөлшері оларды ауыл шаруашылығында қолдану мүмкіндігін анықтайды. Лайлы тұнбалардың агрохимиялық құрамы бірінші ретті шикізат пен оны өңдеу барысында қолданылатын әдістерге байланысты болады. Лайлы тұнбалардың химиялық құрамына жасалған талдаулардың нәтижесінде азот, фосфор, калий, органикалық заттың жоғары мөлшерлері анықталды. Алынған нәтижелер негізінде «Астана су Арнасы» МКМ лайлы тұнбаларын деградацияға ұшыраған жерлерді қалпына келтіруде, ауыл шаруашылығына арналған жерлерді тыңайтуға қолдану мүмкіндігі бар екендігіне көз жеткізуге болады.

3.3 Лайлы тұнбалар мен бидай сабанының микрофлорасы

Органикалық қалдықтарды қайта өңдеудің ең тиімді әдісі микроағзалардың тіршілік әрекеті барысында қоректену көзі ретінде әртүрлі органикалық заттарды пайдаланып, оларды экологиялық жағынан бейтарап қосылыстарға дейін ыдырату қабілетіне негізделген биологиялық әдіс болып табылады.

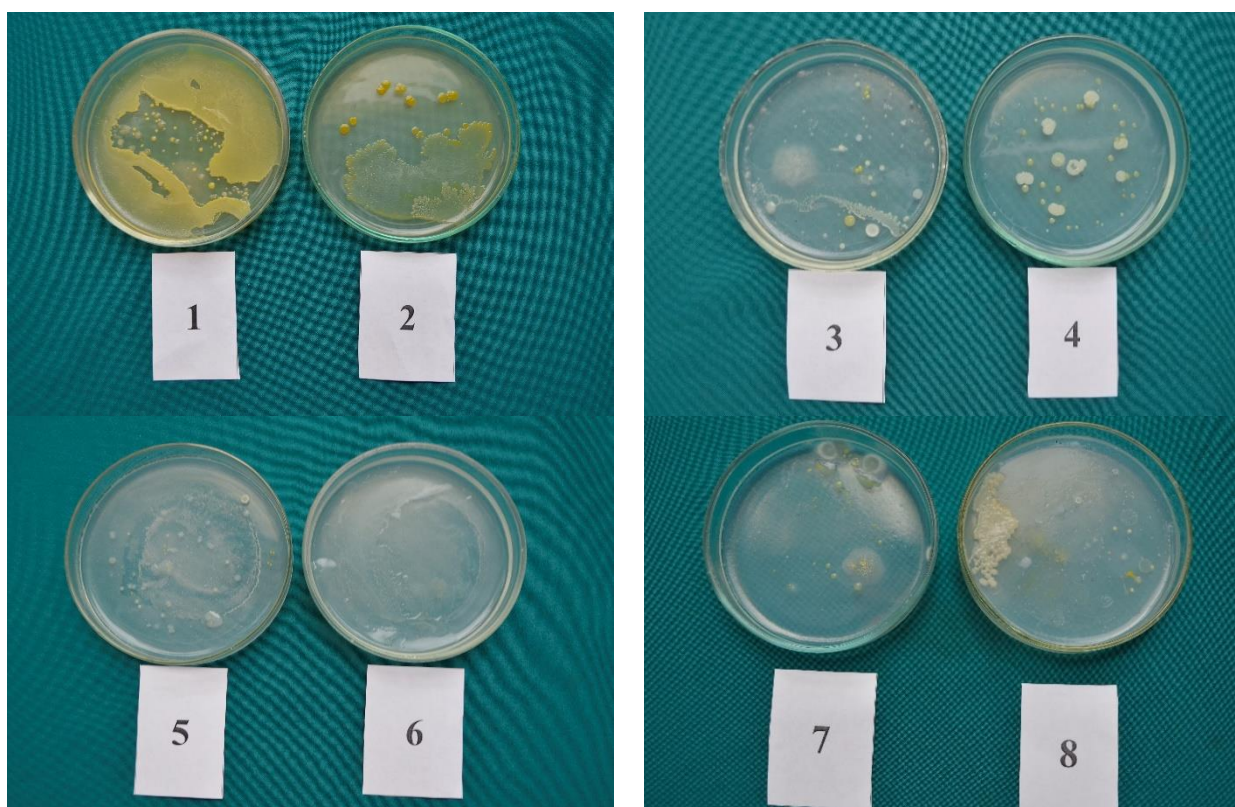
Қалдықтардың микроағзалар көмегімен ыдырауының табиғи үрдісін зерттеу үшін органикалық қалдықтарда таралған негізгі компоненттерді ыдыратуға қабілетті микроағзалардың тиімді штамдарын іздестіру қажет.

Лайлы тұнбалар мен бидай сабанында таралған микроағзаларды зерттеу мақсатында әртүрлі қоректік орталарда микробиологиялық талдау жұмыстары жүргізілді. 9-кестеде әртүрлі қалдықтарда таралған микроағзалардың сандық құрамы көрсетілген.

Кесте 9 – Әртүрлі қоректік орталардағы лайлы тұнба мен бидай сабаны құрамындағы микроағзалардың таралуы

Зерттеу нұсқасы	ЕПА	КАА	Эшби	Гаузе	Чапек-Докс
Лайлы тұнба	$140 \cdot 10^6$	$20 \cdot 10^6$	$40 \cdot 10^6$	$36,3 \cdot 10^3$	$17 \cdot 10^3$
Бидай сабаны	$90 \cdot 10^6$	$16 \cdot 10^6$	$17 \cdot 10^6$	$19,3 \cdot 10^3$	$15 \cdot 10^3$

9-кестеге сәйкес, лайлы тұнбалардағы аммонификаторлар мөлшері ЕПА 140 млн/г болса, бидай сабанында аммонификаторлар мөлшері 50 млн аз және 90 млн/г құрады. Азоттың минералды түрлерін сіңіріп, крахмал-аммиакты агарда өсетін микроағзалар лайлы тұнбаларда аммонификаторларға қарағанда 7 есе, бидай сабанында 5,6 есе аз екені байқалды. Бұл органикалық қалдықтардағы ыдырау үрдістерінің төмен деңгейін көрсетеді. Лайлы тұнбалардағы актиномицеттер саны 36,3 мың/г, ал саңырауқұлақтар саны 17 мың/г (Гаузе бойынша) аспады, бидай сабанында актиномицеттер саны да саңырауқұлақтар санынан асып түсті (3-сурет), бұл құбылысты актиномицеттер мен саңырауқұлақтардың мерзімді өсуі арқылы түсіндіруге болады.



1 – ЕПА, лайлы тұнбалар, 2 – ЕПА, бидай сабаны, 3 – КАА, лайлы тұнбалар, 4 – КАА, бидай сабаны, 5 – Эшби, лайлы тұнбалар, 6 – Эшби, бидай сабаны, 7 – Гаузе, лайлы тұнбалар, 8 – Гаузе, бидай сабаны

Сурет 3 – Органикалық қалдықтардың микробиологиялық талдамасы

Лайлы тұнбалар мен бидай сабанынан әртүрлі қоректік орталарда өсетін 50 түрлі микроағзалар штамы бөлініп алынды. Олардың ішінде 5 штамм өсімінің әлсіздігіне байланысты кейінгі зерттеу жұмыстарына

катыстырылмады. Бидай сабаны мен лайлы тұнбалардан бөлініп алынған микроағзалардың культуральды-морфологиялық сипаттамалары келесі қоректік орталарда зерттелді: ЕПА, КАА, Чапек-Докс, Гаузе, Эшби, Гетченсон. Бұл қоректік орталарда бактерия колонияларының пішіні, профилі, жиегі, беті, оптикалық қасиеттері, түсі, құрылымы және консистенциясы сипатталады.

Бидай сабанынан оқшауланған микроағзалардың зерттелген культураларының колониялары дөңгелек пішінді, шеті тегіс немесе толқынды, профилі тегіс, құрылымы біртекті немесе шашыраңқы, шырышты, беті жылтыр және әртүрлі түсті (сары, сүтті, қызғылт, ашық қызғылт) болды. Бактериялық колониялардың өлшемі $5,0 \pm 0,1$ мм-ден $74,8 \pm 2,0$ мм-ге дейін өзгерді. Зерттелетін микроағзалар негізінен грам-оң бактериялар болды.

Лайлы тұнбалардан оқшауланған микроағзалардың зерттелетін культураларының колониялары дөңгелек пішінді, жиегі тегіс немесе толқынды, профилі тегіс және біртекті емес, құрылымы шашыраңқы немесе тарамданған, шырышты немесе қоймалжың консистенциялы, беті жылтыр және әртүрлі түстері бар (сары, сүтті, қызғылт, ашық қызғылт). Бактериялық колониялардың өлшемі $5 \pm 0,1$ мм-ден $74,8 \pm 2,0$ мм-ге дейін өзгерді. Зерттелетін микроағзалар негізінен грам-оң бактериялар болды. Бөліп алынған штамдардың культуральды-морфологиялық белгілері толықтай сипатталды.

3.4 Бөлініп алынған микроағзалардан тиімді штамдарды іріктеу

3.4.1 Бидай сабаны мен лайлы тұнбаларда микроағзалардың өсу белсенділігі

Лайлы тұнбалар мен бидай сабанынан жасалған компост үйінділердегі микроағзалардың көбею және өсу мүмкіндігі мен қарқындылығын бағалау үшін 200 г лайлы тұнбаның сулы сығындысына 20 г майдалап туралған бидай сабаны және 10 г агар қосылған қоректік орта дайындалды. Стерилизациядан кейін қоректік орта Петри табақшаларына құйылды, микроағзалардың таза культуралары бес қайталанымда себілді.

8В, 9В, 10В, 12В, 36В, 47В, 48В, 49В, 56В, 61В, 63В, 66В, 67В, 72В, 73В, 74В, 75В, 76В, 78В, 81В, 89В, 86В, 87В, 88В штамдары лайлы тұнба қосылған қоректік ортада жақсы өсім көрсетті, культуралар биомассаның қарқынды жинақталуымен ерекшеленді (10-кесте, 4-сурет).

Кесте 10 – Бидай сабаны қосылған лайлы тұнбалардан дайындалған қоректік ортада микроағзалардың өсу белсенділігі

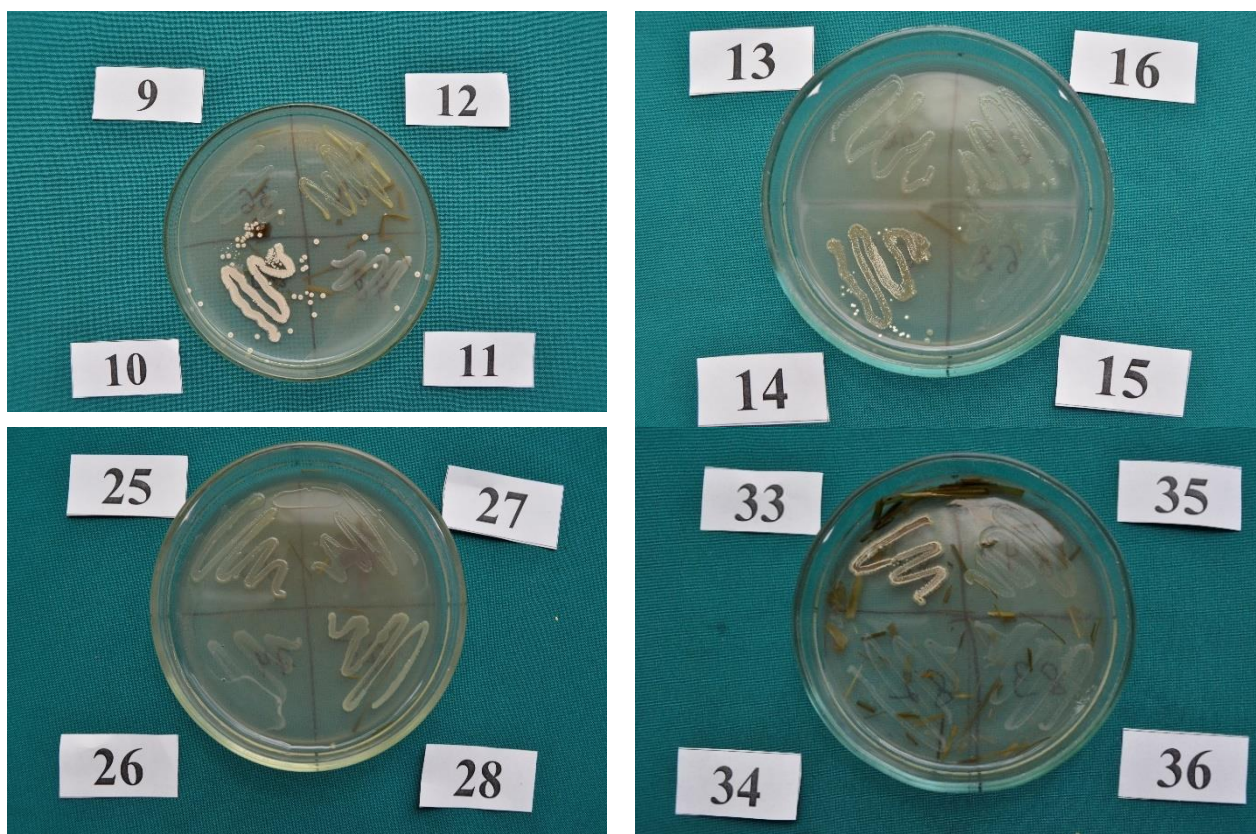
Штамм	Өсу белсенділігі	Штамм	Өсу белсенділігі
1	2	3	4
8Б	+++	68Б	++-
9Б	+++	70Б	++-
10Б	+++	71Б	+++
11Б	+-	72Б	+++
12Б	+++	73Б	+++
13Б	---	74Б	+++
25Б	+++	75Б	+++

10-кестенің жалғасы

1	2	3	4
26Б	+-	76Б	+++
36Б	+++	77Б	+++
47Б	+++	78Б	+++
48Б	+++	79Б	+++
49Б	+++	80Б	+++
56Б	+++	81Б	+++
61Б	+++	82Б	+-
62Б	+-	83Б	+++
63Б	+++	84Б	+++
64Б	+-	85Б	+-
65Б	+-	86Б	+++
66Б	+++	87Б	+++
67Б	+++	88Б	+++

Ескертулер:

1. - өсуі байқалмайды.
2. +- әлсіз өсуі.
3. +- өсу қарқындылығы орташа.
4. +++ өсу қарқынды



9 – 36Б, 10 – 47Б, 11 – 48Б, 12 – 49Б, 13 – 56Б, 14 – 61Б, 15 – 62Б, 25 – 73Б, 26 – 74Б, 27 – 75Б, 28 – 76Б, 33 – 81Б, 34 – 82Б, 35 – 83Б, 36 – 84Б

Сурет 4 – Лайлы тұнбалар мен бидай сабанынан жасалған қоректік орталарда микроағзалардың өсуі

62В, 64В, 65В, 68В, 70В, 82В, 85В микроағзалар штамдары орташа өсім көрсетті, бірақ сирек, баяу өсу тіркелді.

11В, 26В, 71В штамдары лайлы тұнбалы қоректік ортада әлсіз өсті, микроағзалар үшін қоректік заттардың жетіспеушілігінен өсудің тежелуі орын алды, ал 13В штамы тәжірибенің бірде-бір қайталануында өспеді. Зерттеу барысында лайлы тұнбаларды органикалық тыңайтқышқа аэробты түрде қордалауды жеделдететін қасиеттері бар деп күтілетін, лайлы тұнбаларда мекен ететін тиімді микроағзалар таңдалды.

3.4.2 Жаңа штамдардың кейбір физиологиялық қасиеттері

Абиотикалық факторлардың ішінен рН және температураның бактериялар мен актиномицеттердің өсуіне әсері зерттелді. Температуралардың әртүрлі деңгейлері микроағзалардың өсуіне айтарлықтай әсер ететінін атап өткен жөн, сондықтан микроағзалар өсуінің төменгі және жоғарғы шегін, өсуіне оңтайлы температураны білу қажет. Микроағзалар барлық қажетті қоректік заттармен, ылғалмен және оттегімен қамтамасыз етіліп, олардың дамуына оңтайлы температура таңдалмаса, микроағзалардың өсімі жұтаң болуы немесе мүлдем тоқтауы мүмкін. Температура оптимумнан төмен болған жағдайда микроағзалардың өсуі тежеледі, бұл заңдылық температура оптимумнан жоғары болған кезде де сақталады.

Температура қоршаған ортаның маңызды факторларының бірі болып табылады. Барлық микроағзалар белгілі бір температура шегінде ғана дами алады. Әдеби деректерге сәйкес, микроағзалардың өсуі мен дамуы үшін оңтайлы температура 20°C-тан 25°C-30°C-қа дейін өзгереді. Бактериялардың, актиномицеттердің өсуіне оптималды температураны анықтау үшін оларды әртүрлі температурада термостатқа орналастырды: +20°; +25°; +30°; +35°, +40°, +45°. Өсу дәрежесіне сәйкес микроағзалар үшін оңтайлы, минималды және максималды температура шектері анықталды (11-кесте).

Кесте 11 – Бактериялар мен актиномицеттердің КТБ санына әртүрлі температуралардың әсері

Штамм	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C
1	2	3	4	5	6	7
9Б	5,3*10 ⁶	19,7*10 ⁶	18*10 ⁸	10*10 ⁸	27*10 ⁴	1*10 ⁴
10 Б	11*10 ⁶	14,7*10 ⁶	39,7*10 ⁶	69*10 ⁶	21*10 ⁴	3*10 ⁴
12 Б	-	11*10 ⁶	18*10 ⁶	16,7*10 ⁶	25*10 ⁴	-
25 Б	8,7*10 ⁶	8*10 ⁶	64*10 ⁶	42*10 ⁶	74*10 ⁴	3,3*10 ⁴
36 Б	10*10 ⁶	22,7*10 ⁶	50,3*10 ⁶	50,7*10 ⁶	-	-
48 Б	38*10 ⁶	51,3*10 ⁶	65,7*10 ⁶	62,7*10 ⁶	-	-
49 Б	13,7*10 ⁶	23,3*10 ⁶	54*10 ⁸	34,3*10 ⁶	-	-
56 Б	9*10 ⁶	18,7*10 ⁶	74,7*10 ⁶	27,3*10 ⁶	34*10 ⁴	2*10 ⁴
61 Б	-	4*10 ⁶	20,3*10 ⁸	14*10 ⁸	17*10 ⁴	-
62 Б	1,7*10 ⁶	5,3*10 ⁶	13,3*10 ⁸	35,3*10 ⁶	-	-
64 Б	13*10 ⁶	20,7*10 ⁶	12,3*10 ⁸	86,7*10 ⁶	-	-
68 Б	5,3*10 ⁶	58,3*10 ⁶	13,7*10 ⁸	74*10 ⁶	46*10 ⁴	14*10 ⁴
72 Б	-	4,3*10 ⁶	72*10 ⁶	29*10 ⁶	-	-

11-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7
73 Б	$16 \cdot 10^6$	$22,3 \cdot 10^6$	$106,3 \cdot 10^6$	$49 \cdot 10^6$	-	-
75 Б	-	$7,7 \cdot 10^6$	$49,3 \cdot 10^6$	$28 \cdot 10^6$	-	-
76 Б	$14,7 \cdot 10^6$	$24,3 \cdot 10^6$	$68,7 \cdot 10^6$	$68 \cdot 10^6$	$99 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$
77 Б	$15 \cdot 10^6$	$21,3 \cdot 10^6$	$70,3 \cdot 10^6$	$69 \cdot 10^6$	-	-
78 Б	$5 \cdot 10^6$	$13,3 \cdot 10^6$	$65,3 \cdot 10^6$	$30 \cdot 10^6$	$63 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$
80 Б	$9,3 \cdot 10^6$	$21,3 \cdot 10^6$	$70,3 \cdot 10^6$	$34 \cdot 10^6$	-	-
81 Б	-	$3 \cdot 10^6$	$61,3 \cdot 10^6$	$10 \cdot 10^6$	-	-
85 Б	$7 \cdot 10^6$	$14,7 \cdot 10^6$	$13,3 \cdot 10^8$	$57 \cdot 10^6$	$6 \cdot 10^4$	-
86 Б	$9,3 \cdot 10^6$	$17 \cdot 10^6$	$82,3 \cdot 10^6$	$38 \cdot 10^6$	$11 \cdot 10^4$	-
87 Б	$15,6 \cdot 10^6$	$23,7 \cdot 10^6$	$20,3 \cdot 10^8$	$71 \cdot 10^6$	-	-
88 Б	$22 \cdot 10^6$	$28,3 \cdot 10^6$	$89,3 \cdot 10^6$	$60 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^4$	-

11-кестедегі мәліметтерге сәйкес +20°C №12, 61, 72, 75, 81 штамдарының өсуі мүмкін болмайтыны анық көрінеді. Қалған микроағзалар олар үшін оңтайлы 30°C температурадағы КТБ санымен салыстырғанда әлдеқайда аз мөлшерде өседі. Микроағзаларды +20°C температурада өсіру кезінде КТБ ең жоғары мөлшерге ие болған штамдар табылмады.

Микроағзаларды өсіру температурасы +25°C дейін өскен кезде бактериялар мен актиномицеттердің №10, 36, 49, 56, 80, 85, 86, 78 штамдарының КТБ саны да 2 есе жоғарылады. №48, 64, 73, 76, 77, 87, 88 бактерия штамдары үшін +25°C температурадағы КТБ саны +20°C температурамен салыстырғанда 29-65% өсті. №12, , № 61, № 72, № 75, №81 штамдары $3 \cdot 10^6$ КОЕ/г-нан $11 \cdot 10^6$ КОЕ/г дейінгі аздаған өсімді көрсетті. Бактерияның №25 штамына өсіру температурасының өзгеруі әсер етпеді.

№9, 49, 61, 62, 64, 68, 85, 87 бактерия штамдарының өсуіне барынша +30°C температура оңтайлы екені байқалды. +30°C температурада бұл микроағзалардағы КТБ саны 10^6 -дан 10^8 дейін күрт өсті. №10, 25, 36, 56, 72, 73, 75, 76, 77, 80, 81, 88, 86, 78 микроағзалар штамдарының да КТБ саны 2-8 есе артты. №12 және №48 штамдарда КТБ санының күрт өсімі бақыланбады. Жалпы +30°C температура аталмыш микроағзалар штамдарының өсуіне қолайлы екендігін көрсетеді.

Бактериялардың №9, 12, 25, 36, 48, 61, 76, 77 штамдары үшін өсу температурасының +35°C дейін жоғарылауы КТБ санына айтарлықтай әсер еткен жоқ, ал КТБ саны №49, 62, 64, 68, 85, 87 штамдарда 10^8 -ден 10^6 -ға дейін күрт төмендеді, бұл берілген температурадағы микроағзалардың дамуы мен өсуінің тежелуін көрсетеді. №25, 56, 72, 73, 75, 78, 80, 81, 86, 88 микроағзалар штамдары да КТБ санының 34%-ға – 83%-ға азайғанын көрсетті.

40°C температурада өсіру кезінде микроағзалардың барлық штамдарында КТБ санының төмендеуі байқалды, микроағзалардың тексерілген штамдарының кейбір колониялары Петри табақшаларында өспеді. №9, 10, 12, 25, 56, 61, 68, 78, 85, 88, 86 штамдары 25-35°C оңтайлы температурамен салыстырғанда әлдеқайда аз мөлшерде өсті. КТБ саны 10^{6-8} -ден 10^4 -ке дейін төмендеп, №36, 48, 49, 62, 64, 72, 73, 75, 77, 80, 81, 87 штамдары өспеді.

Өсіру температурасын 45°C дейін арттырғанда микроағзалардың №9, 10, 25, 56, 61, 68, 76, 78 штамдары қоректік орталарда әлсіз өсім көрсетті, ал №12, 36, 48, 49, 61, 62, 64, 72, 75, 76, 77, 80, 81, 85, 88, 86, 87 штамдары мүлде өспеді.

Химиялық факторлар ішінде микроағзалар үшін орта реакциясының айтарлықтай маңызы бар. Орта реакциясы қышқылдығы немесе сілтілігі ерітіндідегі бос күйінде кездесетін сутегінің және гидроксил иондарының концентрациясына байланысты. Соларға байланысты жасушада ферменттер әсері өзгеріп, зат алмасу үрдісі де тұрақты болмайды. Микроағзалар белгілі дәрежедегі қышқыл немесе сілтілі ортада көбейіп, дами алады.

Микроағзалардың орта реакциясына талабы әр түрлі болатынын ескеріп, лайлы тұнбалар мен өсімдік қалдықтарынан бөлініп алынған микроағзалардың өсуі мен дамуына орта реакциясының әр түрлі концентрациясының әсерін зерттеу үшін ЕПА бактерияларға, Гаузе актиномицеттерге рН деңгейі 5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0 болатын қоректік орталарда сыналды. Микроағзалардың әр түрлерінің қандай ортада жақсы дами алатынын (12-кесте) байқауға болады.

Кесте 12 – Әртүрлі рН мөлшерлерінің бактериялар мен актиномицеттердің КТБ санына әсері

Штамм	рН 4	рН 5	рН 6	рН 7	рН 8	рН 9
9 Б	0	8*10 ⁸	5,3*10 ⁸	5,3*10 ⁸	0	0
10 Б	0	5,3*10 ⁸	12*10 ⁸	21,3*10 ⁸	18*10 ⁸	0
12 Б	0	0,3*10 ⁸	4,3*10 ⁸	20*10 ⁸	17,7*10 ⁸	4*10 ⁸
25 Б	0	4,7*10 ⁸	28,3*10 ⁸	22*10 ⁸	16,3*10 ⁸	0
36 Б	0	2*10 ⁸	11,7*10 ⁸	5,3*10 ⁸	2,3*10 ⁸	0
48 Б	0	0	12,7*10 ⁸	11,3*10 ⁸	8,3*10 ⁸	11*10 ⁸
49 Б	1,3*10 ⁸	3*10 ⁸	19*10 ⁸	20*10 ⁸	5,3*10 ⁸	0
56 Б	0	0	5,7*10 ⁸	4,7*10 ⁸	0	0
61 Б	3,3*10 ⁶	45*10 ⁸	25*10 ⁸	45,3*10 ⁸	38*10 ⁸	0
62 Б	0	0	19*10 ⁸	10,7*10 ⁸	9,3*10 ⁸	0
64 Б	0	12,3*10 ⁸	33,3*10 ⁸	14,7*10 ⁸	8,7	2,7*10 ⁸
68 Б	0	0	18,3*10 ⁸	6*10 ⁸	5,3*10 ⁸	0
70 Б	0	0	9,3*10 ⁸	44,7*10 ⁸	10,7*10 ⁸	0
72 Б	0	3*10 ⁸	5*10 ⁸	4,7*10 ⁸	2*10 ⁸	0
73 Б	1,7*10 ⁸	47,3*10 ⁸	84*10 ⁸	38,7*10 ⁸	42,3*10 ⁸	0
75 Б	0	23,7*10 ⁸	92,7*10 ⁸	46,3*10 ⁸	27,3*10 ⁸	0
76 Б	0	25*10 ⁸	46,7*10 ⁸	15,7*10 ⁸	26*10 ⁸	0
77 Б	0	4,7*10 ⁸	46*10 ⁸	6,7*10 ⁸	4*10 ⁸	0
78 Б	0	0	8,7*10 ⁸	7,7*10 ⁸	7,3*10 ⁸	0
80 Б	0	0	23,3*10 ⁸	48,3*10 ⁸	39,7*10 ⁸	2,7*10 ⁸
81 Б	6,3*10 ⁸	21*10 ⁸	74,3*10 ⁸	70,7*10 ⁸	56,7*10 ⁸	0
85 Б	0	5,3*10 ⁸	18*10 ⁸	44,7*10 ⁸	13*10 ⁸	1,3*10 ⁸
88 Б	0	0	25,3*10 ⁸	32*10 ⁸	22,7*10 ⁸	4,7*10 ⁸
86 Б	0	4*10 ⁸	110*10 ⁸	120,3*10 ⁸	41,7*10 ⁸	0

Зерттеу нәтижесі бойынша лайлы тұнбалар мен бидай сабанынан бөлініп алынған микроағзалардың кез келген тобы үшін орта реакциясы бейтарап болғанда жақсы нәтиже алынды.

№9, 48, 56, 62, 62, 68, 73, 75, 76, 77, 81, 78 штамдарының жақсы өсуі үшін қолайлы орта реакциясы рН 6,0 болды, бұл рН деңгейінде берілген штамдардың максималды КТБ тіркелді.

№9, 10, 12, 25, 36, 49, 70, 80, 85, 88, 86, 61 штамдар үшін оңтайлы рН мөлшері 7,0 құрады. Берілген рН деңгейінде кейбір микроағзалардың КТБ басқа нұсқалармен салыстырғанда 3-4 есеге дейін жоғары болды.

Тұрмыстық сарқынды сулардың лайлы тұнбаларының құрамында азоттың органикалық және минералды түрлерінің жоғары концентрациялары болғандықтан, зерттелетін микроағзалар олардың жоғары концентрацияларына төзімді болуы тиіс. Сонымен бірге органикалық және бейорганикалық азот қосылыстарының жоғарылауы лайлы тұнбалар құрамындағы микроағзалардың тіршілік әрекетін шектейтін фактор болып табылады. Іріктелген микроағзалардың басқа микробтармен сәтті бәсекелесуі үшін азот концентрациясы қалыптыдан жоғары болатын қоректік орталарда жақсы өсуі керек. Микроағзалардың өсімін бағалау параметрі ретінде себуден кейін 24 сағат өткеннен кейінгі КТБ көрсеткіштері болды (13-кесте). Зерттеу барысында ағынды сулардың лайлы тұнбаларына тән негізгі органикалық және минералды қосылыстарға қатысты ең жоғары белсенділікті көрсететін 11 микроағза штамы таңдалды.

Кесте 13 – Құрамында органикалық және минералды азот тұздарының жоғары концентрациясы бар қоректік орталардағы микроағзалардың КТБ саны

Штамм	NH ₄ SO ₂ , КТБ	Мочевина, КТБ
8 Б	0	65,7*10 ⁸
10 Б	10*10 ⁶	40,3*10 ⁶
25 Б	15,3*10 ⁸	41,7*10 ⁸
36 Б	10,3*10 ⁶	6*10 ⁸
48 Б	0	18,7*10 ⁹
49 Б	17*10 ⁹	13,3*10 ⁹
56 Б	0	59,7*10 ⁶
62 Б	67,3*10 ⁸	22,7*10 ⁹
61 Б	14,7*10 ⁸	19,7*10 ⁹
64 Б	59,7*10 ⁸	15*10 ⁸
83 Б	70*10 ⁶	7*10 ⁸
81 Б	36,7*10 ⁶	43,3*10 ⁶
87 Б	66*10 ⁸	14.3*10 ⁶
88 Б	29*10 ⁸	11.7*10 ⁸

Жүргізілген зерттеуде микроағзалар штамдарының аммоний сульфатын мочевианаға қарағанда белсендірек игергенін көруге болады. №8, 48, 56 культуралары азот көзі ретінде аммоний сульфаты (0,5 г/дм³) бар ортада инкубациялағанда өсімі байқалмады, ал мочевиана бар қоректік ортада жақсы өсті. Құрамында азот көзі ретінде мочевианасы (0,5 г/дм³) бар қоректік ортада №10, 25, 61, 81 инкубациялау кезіндегі КТБ саны аммоний сульфаты бар қоректік ортадағы КТБ санынан 2 есеге артық болды.

Таңдалған микроағзалардың №8, 48, 56 штамдары мочевинада қарқынды өсуді көрсетсе де, аммоний сульфатын сіңіре алмайды. Микроағзалардың азоттың бірнеше көздерін пайдалану қабілеті басқа микробтармен бәсекелестікте артықшылық болып табылады. Қалған штамдар мочевина мен аммоний сульфатын сіңіру қабілетіне ие болды.

3.4.3 Бөлініп алынған микроағзалардың биохимиялық қасиеттері

Микроағзалардың негізгі түрлік белгілеріне олардың биохимиялық көрсеткіштері жатады. Бір түрді екіншісінен оның ферментативті белсенділігі, түзілетін метаболиттері және спецификалық вируленттілігі бойынша ажыратуға болады. Микроағзаларды классификациялау үшін культуралық – морфологиялық белгілермен қатар олардың физиологиялық қасиеттері қолданылады. Физиологиялық белгілерге крахмалды гидролиздеу, сүтті пептонизациялау, желатинді сұйырту, целлюлозаны ыдырату және басқа да қасиеттер жатады.

Бөлініп алынған микроағзалардың биохимиялық белсенділігін анықтау үшін олардың каталазалық белсенділігі, протеазалық белсенділігі, тұзды -сары уызды агардағы белсенділігі тексерілді. Каталазалық белсенділік микроағзалардың биологиялық тотығу кезінде түзілген сутегі асқын тотығын суға және молекулалық оттегіге ($2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$) ыдырату және сутегі асқын тотығының қатысуымен төмен молекулалық спирттер мен нитраттарды тотықтыру қабілетін көрсетеді (14-кесте). Микроағзалардың барлық штамдары патогенділігін тексеру үшін тұзды – сары уызды агарға себілді. Тұзды – сары уызды агарда патогенді микроағзалардың көпшілігі лецитиназа (лецитовителлаза) реакциясын тудырады, ол колония айналасында бұлыңғыр аймақтың пайда болуымен көрініс береді.

Кесте 14 – Лайлы тұнбалар мен сабаннан бөлініп алынған бактериялар мен актиномицеттердің биохимиялық қасиеттері

Штамм	Каталазалық белсенділік	Протеазалық белсенділік	Тұзды – сары уызды агардағы белсенділігі
1	2	3	4
8Б	+	++	-
9Б	-	-	-
10Б	+	+++	-
11Б	-	-	-
12Б	+	-	-
13Б	+	++	-
25Б	+	-	-
26Б	+	-	-
36Б	+	-	-
47Б	+	-	-
48Б	+	-	+
49Б	+	-	-
56Б	+	-	+
61Б	+	-	-

14-кестенің жалғасы

1	2	3	4
62Б	+	+++	-
63Б	-	++	-
64Б	+	-	-
65Б	-	-	-
66Б	+	-	-
67Б	-	-	-
68Б	-	-	-
70Б	+	+++	-
71Б	+	-	-
72Б	+	-	-
73Б	-	+++	-
74Б	+	-	-
75Б	+	-	-
76Б	+	-	-
77Б	+	+	-
78Б	+	-	-
79Б	-	-	-
80Б	-	++	-
81Б	+	-	-
82Б	+	-	-
83Б	+	-	-
84Б	+	-	-
85Б	+	++	-
86Б	+	-	-
87Б	+	-	-
88Б	+	-	-

Штамдардың көпшілігі оң каталазалық белсенділігімен сипатталды, №9, 11, 63, 65, 67, 68, 73, 79, 80 штамдардың каталазалық белсенділігі байқалмады. Микроағзалардың құрамына кіретін протеазалық ферменттер белоктардың ыдырауын катализдейді. Бактериялар және актиномицеттер протеазалар бөледі, олардың белсенділігі қоректік орта құрамындағы желатинді еріту мүмкіндігін бағалау арқылы анықталады. Желатиннің толық еруі №8, 10, 13, 62, 63, 70, 73, 77, 80, 85 штамдарын қолданған кезде байқалды. Тұзды -сары уызды агарда бұлыңғыр аймақтың пайда болуы №11 және №13 штамдарда бақыланды, бұл жағдай олардың ықтималды патогенділігін көрсетеді.

Целлюлозаның ыдырауы микробтық әдіспен гумин қышқылының түзілуін жоғарылататыны белгілі [235]. Гумин қышқылының түзілуін ынталандыру органикалық қалдықтарды аэробты қордалаудың маңызды бөлігі болып табылады. Гумин қышқылының жоғарылауы компост өнімдеріндегі ауыр металдардың фитоуыттылығы мен биологиялық қол жетімділігін төмендетіп қана қоймай, олардың тұрақтылығын арттырады [236]. Гумин қышқылының жоғары мөлшері топырақтағы қоректік заттардың өсімдіктер үшін қолжетімділігін арттырып, өсуін ынталандырады [237]. Сондықтан тиімді

штамдарды таңдаудың негізгі критерийі ретінде олардың целлюлозаны ыдырату қабілеті қарастырылды.

Целлюлоза, негізінен, дәретхана қағазы түрінде кездесетін, коммуналдық ағынды сулардың негізгі құрамдас бөлігі болып табылады [238, 239]. Целлюлоза талшықтарының жиналуы және олардың баяу ыдырауы қоршаған ортаға зиян келтіреді. Осыған байланысты лайлы тұнбалардан бөлініп алынған 40 микроағзаның целлюлазалық белсенділігі зерттелді. Зерттелген штамдар ішінде целлюлазаны жоғары және орташа деңгейде ыдырата алатын 16 штамм анықталды (15-кесте).

Кесте 15 – Лайлы тұнбалардан оқшауланған штамдардың целлюлозаны ыдырату қабілеті

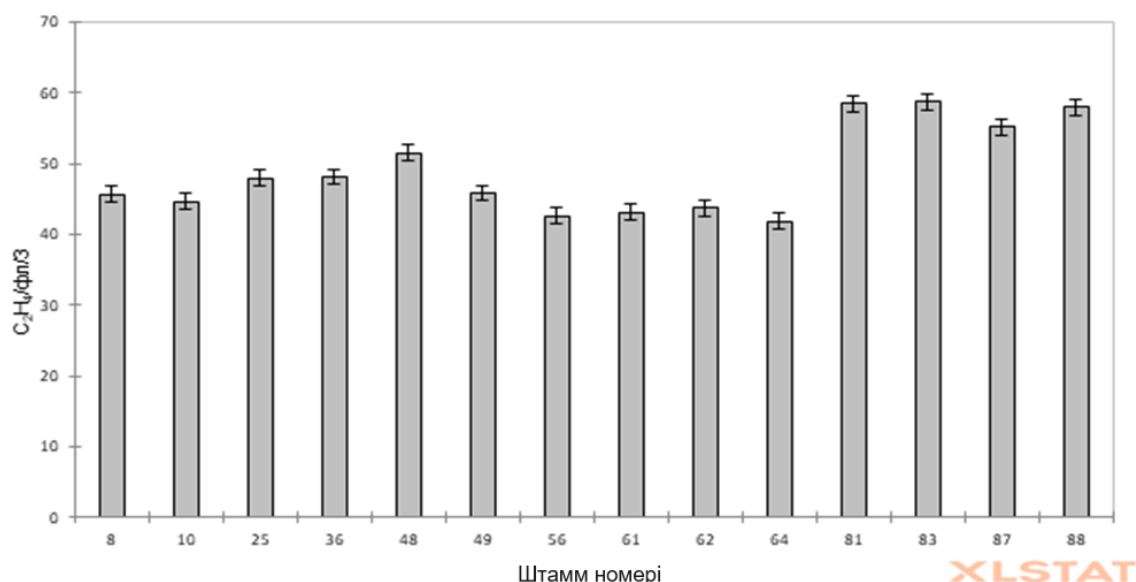
Жоғары дәрежеде ыдырау	Орташа дәрежеде ыдырау	Ыдырауы төмен	Ыдыратпайды
36Б, 62Б, 64Б, 72Б, 81Б	8Б, 10Б, 12Б, 25Б, 48Б, 49Б, 56Б, 61Б, 78Б, 83Б, 88Б, 87Б	13Б, 68Б, 74Б, 75Б, 76Б, 77Б, 80Б, 82Б, 85Б, 86Б, 71Б	9Б, 11Б, 26Б, 47Б, 63Б, 65Б, 66Б, 67Б, 73Б, 79Б, 84Б, 89Б

Лайлы тұнбалар мен бидай сабанынан алынған штамдардың целлюлазалық қасиеті бойынша белсенді 5 штамм анықталды. Штамдардың 30% орташа ферментативті белсенділікке, ал штамдардың 27,5% - әлсіз, қалған 30% штамдар целлюлозаны ыдырата алмады. Зерттеу барысында целлюлоза ыдырауының жоғары және орташа дәрежесі бар микроағзалардың 16 штамы таңдалды.

Зерттеу жұмысының келесі кезеңінде тиімді микроағзалардың нитрогеназды белсенділігі бағаланды. Іріктелген 16 целлюлоза ыдырататын микроағзалар арасында азотты бекітетін штамдарға скрининг жүргізілді.

Барлық штамдардың атмосфералық азотты әртүрлі дәрежеде фиксациялауға қабілетті екендігі анықталды, олардың нитрогеназалық белсенділігі 36,72-ден 59,76 нМ $C_2H_4/fl/3$ тәу дейін ауытқыды. Үлгілердің хроматографиясының нәтижелері 5-суретте көрсетілген.

Топырақ азотының жоғалуын болдырмау үшін лайлы тұнбалардан алынған органикалық тыңайтқышпен қоса нитрогеназа белсенділігі бар микроағзаларды топыраққа қосымша енгізу артықшылық болып табылады. Бұл зерттеуде нитрогеназа белсенділігі 50,4 нМ-ден жоғары ең жақсы штамдар №48, 81, 83, 87, 88 болды. Барлық басқа штамдар әртүрлі дәрежеде нитрогеназалық белсенділікке ие болды.



Сурет 5 – Культуральды сүзінділердің нитрогеназды белсенділіктері

Нитрогеназды белсенділігі 50,4 нМ C₂H₄/fl//3 күн асатын, максималды нитрогеназды белсенділікке ие штамдарға №48, 81, 83, 87, 88 жатты.

3.5 Іріктеліп алынған микроағзаларды идентификациялау

Биохимиялық белсенділік қасиеттері бойынша барынша тиімді деп танылған штамдар 16S рРНҚ суббірлігін кодтайтын нуклеотидтер тізбегін анықтау арқылы идентификацияланды (16-кесте).

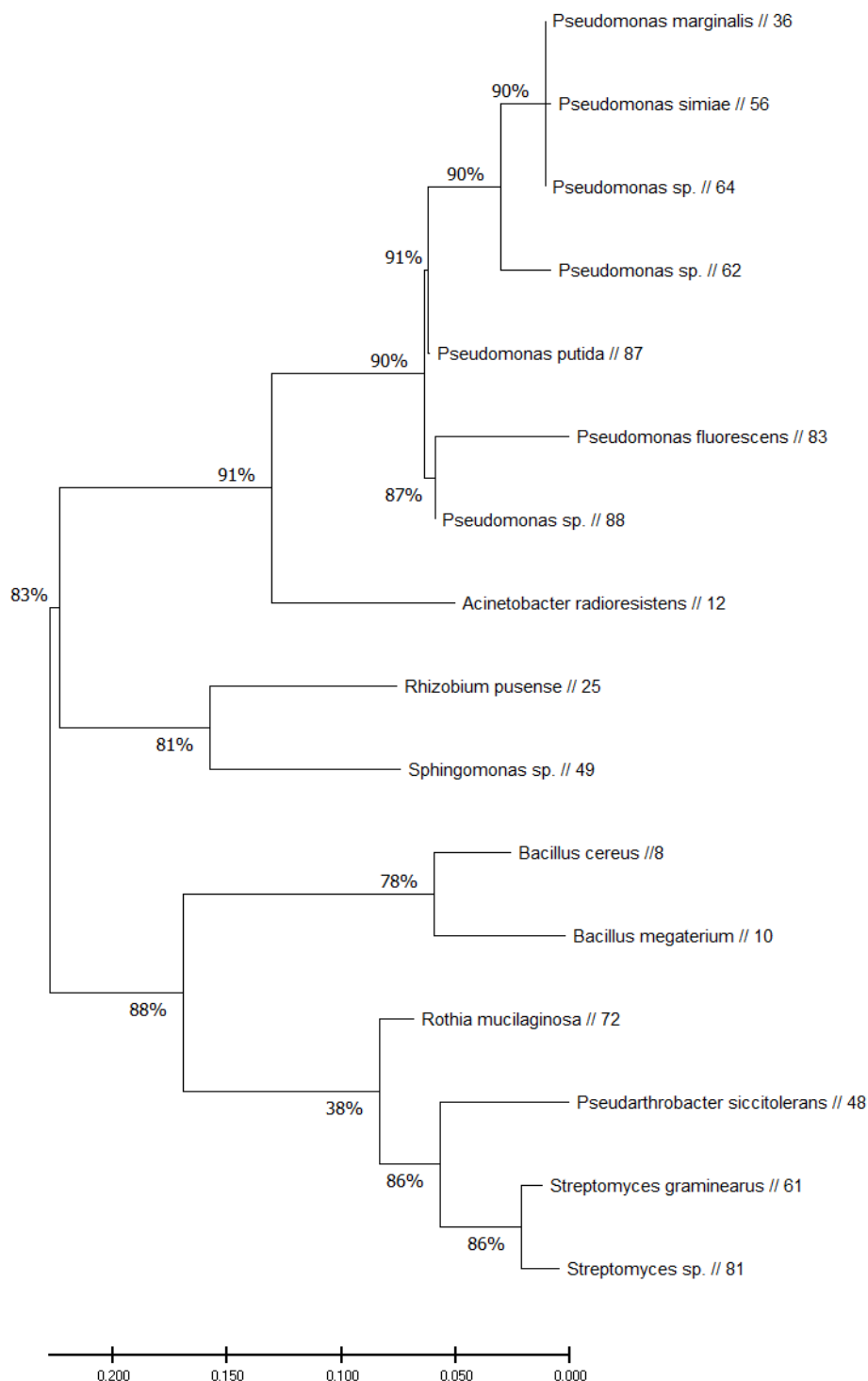
Кесте 16 – Микроағзаларды идентификациялау

Штамм	Ең жақын түр	Идентификация %	Депонирлеу№
8	Bacillus cereus №8	100	OQ472597
10	Bacillus megaterium №10	100	OQ472997
12	Acinetobacter radioresistens №12	100	OQ472601
25	Rhizobium pusense №25	100	OQ472604
36	Pseudomonas marginalis №36	100	OQ472605
48	Pseudarthrobacter siccitolerans №48	100	OQ472611
49	Sphingomonas paucimobilis №49	100	OQ472789
56	Pseudomonas simiae №56	100	OQ472793
61	Streptomyces gramineus №61	100	OQ472796
62	Pseudomonas protegens №62	100	OQ472886
64	Pseudomonas marginalis №64	99,87	OQ472890
72	Rothia mucilaginosa №72	100	OQ472971
81	Streptomyces albidoflavus №81	99,86	OQ472972
83	Pseudomonas fluorescens №83	95,01	OQ473037
87	Pseudomonas putida №87	100	OQ472974
88	Pseudomonas ceruminis №88	99,86	OQ472995

Streptomyces тұқымдас микроағзалардың целлюлозаны ыдырату қабілеті Zhang H., [240], Косак Ф. О. [241] еңбектерімен расталған. Лайлы тұнбаларды және органикалық қалдықтарды қайта өңдеуге арналған консорциумдарда

Pseudomonas және *Bacillus* тектес бактериялар қолданылған зерттеулері де белгілі [242-244]. *Acinetobacter radioresistens* №12, *Rothia mucilaginosa* №72 ықтималды патогенділігіне байланысты одан әрі зерттеу жұмыстарынан шығарылды.

Эволюциялық тарих максималды шынайылық әдісі және Тамур – Ней модельінің көмегімен жасалды [245]. 6-суретте логарифмдік ықтималдығы ең жоғары тізбегі көрсетілген (-4516,98).



Сурет 6 – Зерттелген микроағзалардың максималды шынайылық әдісімен жасалған филогенетикалық талдауы

Эвристикалық іздеуге арналған бастапқы тізбектер BioNJ алгоритмін Tamura-Nei моделі арқылы бағаланған жұптық қашықтықтардың матрицасына қолдану және одан кейін логарифмдік шынайлығының мәні жоғары топологияны таңдау арқылы алынды. Тізбек масштабта бейнеленіп, тармақтар ұзындығы әр аймақтағы ауыстырулар сайттарымен өлшенеді. Тізбектегі әрбір ішкі түйіннің жанында әрбір ұрпақ класы үшін кемінде 1 реттілікте, 1 біртаңбалы негізі бар сайттардың үлесі көрсетіледі. Бұл талдау 16 нуклеотид тізбегін қамтыды. Қосылған кодон позициялары 1+2+3+кодсыз болды. Соңғы деректер жинағында барлығы 823 элемент болды. Эволюциялық талдау MEGA11-де жүргізілді.

Биохимиялық, физиологиялық белсенділігіне байланысты өсімдік қалдықтары мен лайлы тұнбаларды қордалау үшін тиімді деп саналатын *Bacillus* туысына жататын 2 штамм, *Rizobium* туысына жататын 1 штамм, *Pseudomonas* туысына жататын 7 штамм, *Pseudarthrobacter* туысына жататын 1 штамм, *Sphingomonas* туысына жататын 1 штамм, *Rothia* туысына жататын 1 штамм, *Acinetobacter* туысына жататын 1 штамм, *Streptomyces* туысына жататын 2 штамм іріктелініп, идентификацияланды.

3.6 Идентификацияланған микроағзалардың қауіптілік классын анықтау

Іріктеуден өтіп, идентификацияланған микроағзалардың қауіптілік классы анықталып, патогенділігі бағаланды. Қауіптілік классын анықтау барысында микроағзалардың сарыуызды агарда лецитиназалық белсенділік көрсетуі, қан агарында гемолитикалық белсенділік көрсетуі, М.О. Биргер бойынша вируленттігі қарастырылды (17-кесте).

Кесте 17 – Микроағзалардың қауіптілік дәрежесін анықтау

Штамм номері	Лецити назалық белсенділік	Гемолитикалық белсенділік	Ауырған жануарлар саны	Өлген жануарлар саны	Ор таша аллергенді мөлшер, КТБ	Жергілікті тітіркендіруші әсеретуі, КТБ	Ішкі органдар диссеминациясы	Қауіптілік классы
1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	4%	7%	8	0	4,5*10 ⁵	1*10 ⁹	Алғашқы 72 сағатта	4
10	5%	0	7	0	5,0*10 ⁵	1*10 ⁹	Алғашқы 72 сағатта	4
25	0	0	0	0	8,0*10 ⁵	1*10 ⁹	Алғашқы 24 сағатта	4
62	0	0	6	0	8,0*10 ⁴	1*10 ⁸	Алғашқы 48 сағатта	4
64	0	0	4	0	3,5*10 ⁴	1*10 ⁸	Алғашқы 48 сағатта	4
81	0	0	6	4	6,5*10 ³	1*10 ⁸	Алғашқы 14 күнде	3
83	0	0	3	0	3,0*10 ⁴	1*10 ⁸	Алғашқы 48 сағатта	4

17-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
87	5%	2%	7	3	$3,5 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^9$	Алғашқы 96 сағатта	3
49	0	0	3	0	$3,0 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^8$	Алғашқы 48 сағатта	4
61	0	0	5	2	$6,5 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^8$	Алғашқы 14 күнде	3

Зерттеу жүргізілген жануарлардың ішкі органдарында жүретін морфологиялық өзгерістерді қарастырған кезде бауыр түсі күрең қызыл, беті жылтыр, бөліктерінің ұлғаятыны, ми қыртыстарының суреті анық, өкпе бөліктерінің құрылымы қалыпты, беті жылтыр, бір-бірінен оңай ажырайтыны анықталды.

3.7 Зертханалық жағдайда көгал тұқымының өнгіштігіне микроағзалардың культуральдық сүзіндінің әсері

Ландшафт шаруашылығында және көгалдандыруда лайлы тұнбалардан алынған тыңайтқыштарды қолданған жөн. Осыған байланысты лайлы тұнбаларды қордалау үшін биоактиваторлардың құрамына кіретін микроағзалар көгал тұқымдарының өнуіне оң әсер етіп, өскіндердің өсуіне және дамуына ықпал етуі керек.

Өсімдіктердің өсуі мен дамуының негізгі факторы болып топырақтың құнарлылығы мен химиялық құрамы ғана емес, ауксиндердің түзілуі де қарастырылады. Ауксиндер өсімдіктермен байланысты бактериялардың көпшілігі бөлетін ең көп таралған фитогормон болып табылады [246]. Таңдалған микроағзалар *Festuca arundinacea* өскіндеріне фитоуыттылығы мен өсуін ынталандыруы бойынша бағаланды.

Зертханалық тәжірибелердің нәтижелерінде *Bacillus megaterium* №10, *Rhizobium pusense* №25, *Sphingomonas paucimobilis* №49, *Pseudomonas fluorescens* № 83, *Pseudomonas putida* №87 штамдары өскіндерге оң әсер еткенін көрсетті (18-кесте). Бұл нұсқалардағы өскіндердің өсімі қарқынды болып, өну энергиясы бақылауға қарағанда 20%-ға дейін жоғары болды. Көгал тұқымдарының өну энергиясы мен өнгіштігінің максималды көрсеткіші 85-90%-ға дейін өзгертіні анықталды (*Bacillus megaterium* №10, *Rhizobium pusense* №25, *Sphingomonas paucimobilis* №49, *Pseudomonas fluorescens* №83, *Pseudomonas marginalis* №64, *Pseudomonas putida* №87). Микробтық инокуляттардың өну энергиясына ($F=5,447$, $p \leq 0,001^{***}$) және өнгіштікке ($F=5,176$, $p \leq 0,01^{**}$) әсері маңызды болды.

Кесте 18 – Микроағзалар культуральдық сүзіндінің *Festuca arundinacea* өскіндерінің өсуіне әсері

Штамм	3 тәуліктегі өну энергиясы, %	Тұқым өнгіштігі, %	Өскін ұзындығы, см	Тамыр ұзындығы, см
Бақылау	70	73	2,71±0,03	1,42±0,05
<i>Bacillus megaterium</i> №10	85	88	2,93±0,06	1,64±0,03
<i>Rhizobium pusense</i> №25	85	87	3,08±0,14	1,55±0,08
<i>Pseudomonas protegens</i> №62	75	80	2,7±0,08	1,63±0,17
<i>Streptomyces graminearus</i> №61	70	73	3±0,07	1,69±0,04
<i>Sphingomonas paucimobilis</i> №49	90	94	2,91±0,03	1,46±0,03
<i>Pseudomonas fluorescens</i> №83	90	90	2,78±0,02	1,37±0,04
<i>Pseudomonas marginalis</i> №64	85	85	2,74±0,07	1,14±0,04
<i>Pseudomonas putida</i> №87	85	87	2,94±0,06	1,54±0,11
<i>Streptomyces albidoflavus</i> №81	75	75	2,83±0,07	1,39±0,03
<i>Pseudomonas marginalis</i> №36	76	81	2,89±0,05	1,48±0,08
<i>Pseudomonas ceruminis</i> №88	81	83	2,85±0,09	1,56±0,03
ЕТАА ₀₅			0,2	0,2

Зертханалық зерттеулер барысында *Bacillus megaterium* №10, *Rhizobium pusense* №25, *Streptomyces graminearus* №61, *Sphingomonas paucimobilis* №49, *Pseudomonas putida* №87 штамдардың культуральды сүзіндісімен өңделген өскіндер ұзындықтың ең үлкен мәніне ие болды. Өңделмеген бақылау нұсқасымен салыстырғанда өскіндердің ұзындығы орта есеппен 11%-ға өсті. Зерттелетін штамдардың культуральды сүзіндімен көгал тұқымдарын өңдеу өскіндердің биомасса жинақтауына оң әсер етті, бұл өз кезегінде өсімдіктердің одан әрі жақсы дамуына ықпал етеді. Микробтық инокуляттардың өскін ұзындығына ($F=3,280$, $p \leq 0,05^*$) және тамырға ($F=4,862$, $p \leq 0,01^{**}$) әсері маңызды болды.

Микроағзалардың культуральды сүзіндімен өңделген өскіндердің әртүрлі өсу параметрлерін культуральды сүзіндімен өңделмеген өсімдіктермен салыстыру кезінде *Bacillus megaterium* №10, *Rhizobium pusense* №25, *Sphingomonas paucimobilis* №49, *Pseudomonas fluorescens* №83, *Streptomyces graminearus* №61, *Pseudomonas putida* №87 нұсқаларында тұқымның өнуі бақылаумен салыстырғанда 21%-ға дейін жоғарылады, тамырлар мен өскіндердің ұзындығы орта есеппен 11%-ға жоғары болды. Алынған нәтижелерге сүйене отырып, жоғарыда аталған штамдардың өсімдіктердің өсуі мен өнуін ынталандыру қабілеті бар деген қорытынды жасауға болады.

Тұрмыстық ағынды суларға тән органикалық және минералды субстраттарды деструкциялайтын микроағзалардың белсенді штамдарының скринингі лайлы тұнба құрамынан жаңадан оқшауланған микроағзалар арасында жүргізілді. Тұрмыстық қалдықтарды құрайтын органикалық және бейорганикалық қосылыстарға қатысты жоғары деструктивті тиімділікті *Bacillus megaterium* №10, *Rhizobium pusense* №25, *Sphingomonas paucimobilis*

№49, *Pseudomonas fluorescens* №83, *Streptomyces albidoflavus* №81, *Streptomyces graminearus* №61 көрсетті, бұл оларды биоактиватордың құрамдас бөлігі ретінде пайдалану үшін негіз бола алады.

Жоғарыда аталған штамдар лайлы тұнбаларды қайта өңдеуге және өсімдік шаруашылығына арналған полифункционалды биопрепараттарды дайындау үшін перспективалы болуы мүмкін.

3.8 Микробтық консорциумдарды құру

Микроағзаларды консорциумдарға біріктіру үшін алдымен культураларды қарама-қарсы себу арқылы үйлесімділіктері тексерілді. Микроағзалар штамдарын бірге өсіру барысында бір-біріне антагонистік қарым қатынас немесе бір-бірін тежеу құбылыстары байқалмады (7-сурет).



Сурет 7 – 5 - *Rhizobium pusense* №25, *Pseudomonas protegens* №62, *Sphingomonas paucimobilis* №49, *Pseudomonas putida* №87; 11 - *Pseudomonas protegens* №62, *Pseudomonas fluorescens* №83, *Pseudomonas marginalis* №64, *Pseudomonas putida* №87 штамдарының үйлесімді өсуінің көрінісі

А консорциумы ферментативті белсенділігі бар барлық іріктеп алынған актиномицеттер мен бактериялар культурасынан құралды: *Bacillus cereus* №8, *Bacillus megaterium* №10, *Rhizobium pusense* №25, *Sphingomonas paucimobilis* №49, *Streptomyces graminearus* №61, *Pseudomonas protegens* №62, *Pseudomonas marginalis* №64, *Streptomyces albidoflavus* №81, *Pseudomonas fluorescens* №83, *Pseudomonas putida* №87.

В консорциумының құрамына тек белсенді *Pseudomonas* және *Bacillus* туысына жататын штамдары *Pseudomonas protegens* №62, *Pseudomonas marginalis* №64, *Pseudomonas fluorescens* №83, *Pseudomonas putida* №87, *Bacillus cereus* №8, *Bacillus megaterium* №10 енгізілді.

Аталмыш консорциумдар келесі зерттеулерде лайлы тұнбалар мен сабанды компостауда өндірістік жағдайда қолданылды.

3.9 Микроағзалар консорциумдарын ферменттерде өндірудің биотехнологиялық регламенті

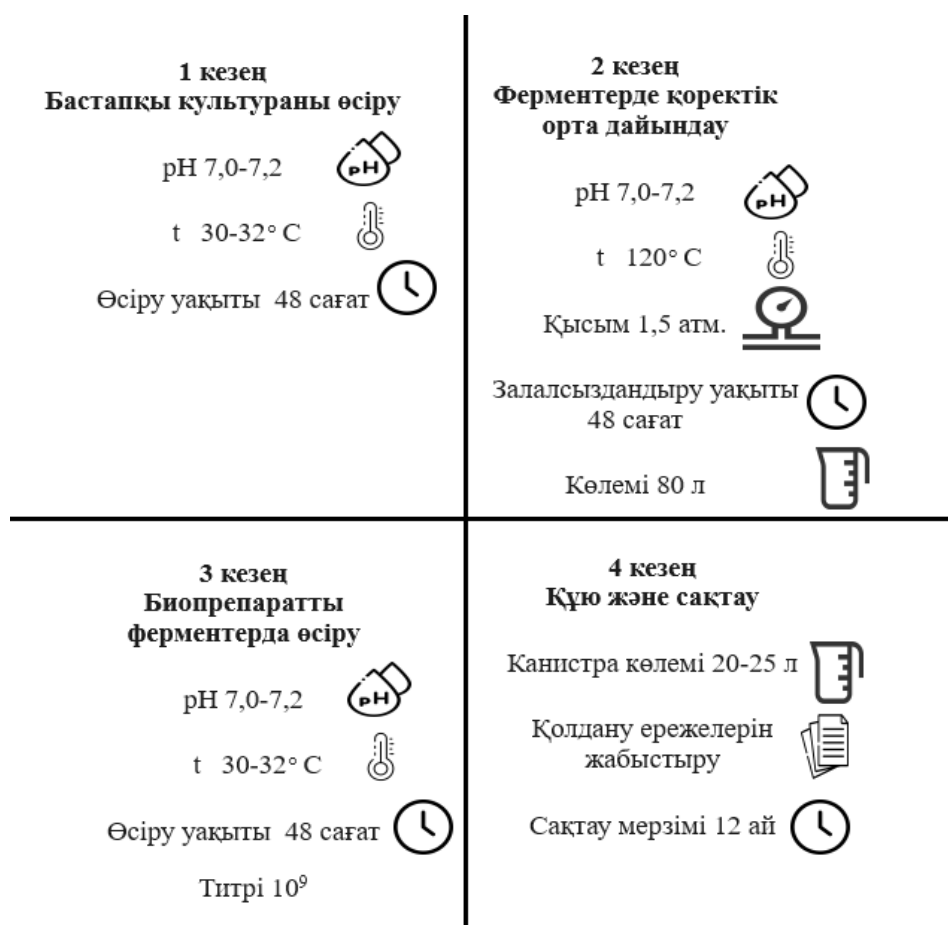
Микробтық биопрепараттарды өндірістік жағдайларда өндіру технологиясы өзара байланысты физикалық, химиялық, биохимиялық үрдістердің кешенінен құралады. Осы үрдістер бірыңғай технологиялық желіні құрып негізгі және қосымша операцияларды қамтиды.

Негізгі операциялар: қоректік орталарды әзірлеу, себілетін материалдарды әзірлеу, микроағзаларды культивирлеу, титрін анықтау, препаратты құю, қаптау, препарат құйылған құтыларды нығыздап жабу, этикетка жабыстыру, биопрепарат әзірлеу және сақтау шарттарының сақталуын бақылау.

Қосымша операциялар: өндірістік аймақтың ауасын тазарту және залалсыздандыру, биопрепарат дайындауға қажетті зертханалық ыдыстар мен құрылғыларды дайындау және залалсыздандыру.

Биопрепараттарды әзірлеудің биотехнологиялық регламенті функционалды блоктардан құрылған сызбанұсқа ретінде бейнеленеді. Сызбанұсқа технологиялық үрдістердің ретін көрсетіп, өзара байланысын айқындайды, жалпы өндірістің жүргізілу барысы жөнінде мәлімет береді.

Регламентте биопрепарат өндірісі кезеңдермен беріліп, қоректік орта әзірлеуден дайын биопрепарат алынғанға дейінгі барлық үрдістер тізбегі қамтылады (8-сурет).



Сурет 8 – Консорциум А және В әзірлеудің биотехнологиялық регламенті

Консорциум А және В биопрепаратын өндірудің зертханалық регламентін әзірлеу мақсатында микроағзалардың келесідей қажеттіліктері айқындалды:

1. Биопрепарат әзірлеу үшін оптимальді қоректік орта ретінде микроағзалардың максималды биомасса жинауы, үйлесімді өсімі бақыланған Чапек Докс қоректік ортасы таңдалды.

2. Штамдарды өсірудің қолайлы температурасы 30°C.

3. Қоректік ортаның оптимальді рН мәні 7,0-7,2 екендігі анықталды.

3.10 Микроағзалар көмегімен лайлы тұнбаларды қордалау

3.10.1 Лайлы тұнбаларды аэробты әдіспен жылыжай жағдайында қордалау

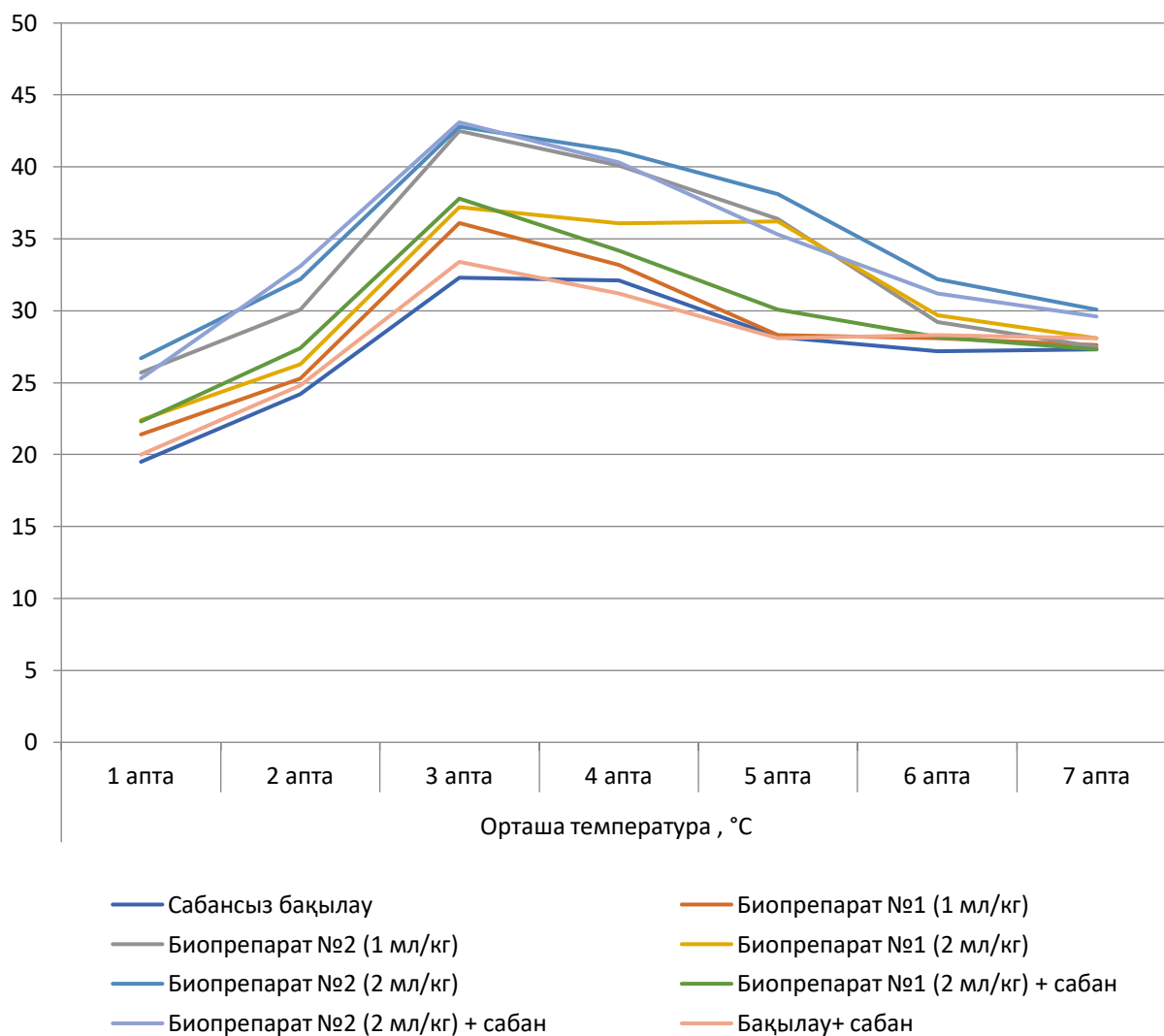
Лайлы тұнбаларды қордалау үрдістерін зерттеу жұмыстары 2021 жылдың мамыр-шілде айлары аралығында Астана қаласы, КеАҚ «С. Сейфуллин атындағы ҚАТЗУ» зерттеу алаңында жүргізілді. Лайлы тұнбалар «Астана су арнасы» ШЖҚ МКМ канализациялық ағынды суларынан алынды.

Қордалау үшін ылғалдылығы 60% болатын, аэробты тұрақтандырылған, сусыздандырылған ағынды су тұнбалары қолданылды. Лайлы тұнбалар таза күйінде 10 үйінді, құрғақ затқа 1:0,5 массалық қатынасында бидай сабанымен араластырылған күйде 6 үйінді қордалауға дайындалды. Әр үйіндінің салмағы 12 кг құрады.

Қордаланатын қоспаларды зерттелетін үйінділерді қалыптастырған кезде органикалық «С.Сейфуллин атындағы ҚАТЗУ» кафедрасының коллекциясынан алынған микроағзалардан құралған №1 Биопрепарат, №2 Биопрепаратпен өңделді. №1 Биопрепарат құрамына *Streptomyces pratensis*, *Bacillus mesentericus*, *Azotobacter chroococcum*, Биопрепарат 2 құрамына *Pediococcus pentosaceus*, *Streptomyces sindenensis*, *Bacillus megaterium* кірді. Лайлы тұнбаның бастапқы ылғалдылығы 60% құрады, ағынды сулардың лайлы тұнбасын қордалау үрдісі үшін ылғалдың оңтайлы мөлшері осы концентрациядан аспауы керек. Биопрепараттың концентрацияланған суспензиясы 1:4 арақатынаста жылы сумен араластырылды. Биопрепараттың лайлы тұнбаларды өңдеу үшін оңтайлы мөлшерін анықтау мақсатында 1 мл/кг және 2 мл/кг мөлшерлері таңдалды.

Зерттелетін үйінділер диаметрі 40 см, биіктігі 20 см, массасы 12 кг үйінді түрінде қалыптастырылды. Қордалау барысында белсенді түрде аэрациялау үшін компосттық қоспа 3 күнде бір рет араластырылып отырды. Қордалау ұзақтығы – 52 күнді құрады (маусым - шілде), олардың 9 күні жаңбырлы болды, қолайсыз ауа – райы жағдайларында үйінділер целлофан қаптамасымен жабылды.

Үйінділерде болатын трансформация үрдістерін зерттеу үшін термометр көмегімен күн сайын 10 см тереңдікте температураны анықтап, 10 күнде бір рет микробиологиялық талдау үшін лайлы тұнбалардың үлгілері алынды. Төмендегі 9-суретте қордалау кезінде апталардағы орташа температура деректері көрсетілген.



Сурет 9 – Барлық қордалау кезеңдеріндегі үйінділердегі орташа апталық температура, 2021 жыл

Үйінділердегі бастапқы температура 19-23°C болды. Үйінділер жасалған күні қоршаған орта температурасы 25°C құрады. Қордалау кезінде үйінділердегі температура бірте-бірте көтерілді. Ең жоғары қордалау температурасына жету барлық үйінділер үшін 3-ші аптада бекітілді. Биопрепарат №2 өңделген үйінділерде қордалау үрдісінің белсенділігі төмен болды. Бұл ретте Биопрепарат №1 бар нұсқаларда температураның көтерілуі барлық үйінділерде 7-ші күні басталды, температура 33-35°C тең болды. Қоректік субстрат ретінде органикалық қалдықтарды тұтынатын микроағзалар лайлы тұнба құрамындағы органикалық қосылыстар мен энергияны түзе отырып, көбейеді. Дегенмен, термофильді кезең үйінділердің аз көлеміне байланысты температураның күрт көтерілуіне әкелмеді.

Зерттеушілер компосттың температурасы азды-көпті тұрақты болған кезде жеткілікті түрде қордаланатынын айтқан болатын [247], сондықтан температураны биототығу фазасының аяқталуы мен компосттың жетілуінің жақсы көрсеткіші ретінде қарастыруға болады [248].

№1 Биопрепарат өңделген үйінділерде қордалау басталғаннан бастап 15-18 күн ішінде максималды температура 40-43 ° С дейін көтерілді. Бұл ретте бақылау нұсқасындағы температура 33°C-тан аспады, қалған үйінділердегі температура 37-38°C болды. Өлшемі кішкентай болғандықтан, температура максималды деңгейге көтерілмеді. Әдеби деректерге сәйкес, үйінді биіктігі 1-1,5 м компост қоспасының микробиологиялық ыдырауының толық циклі үшін оңтайлы температура 50-60°C құрайды. Қордалау үрдісінде компосттың жоғары температурасы патогендік микрофлораны, гельминт жұмыртқаларын және шыбын личинкаларын жоюға мүмкіндік береді. Бұл жағдайда мезофильді микроағзалар табиғи түрде өледі, ал термофильді микроағзалар белсенділігі сақталады, бұл компост жасау үрдісін жылдамдатады.

Химиялық талдау нәтижелері қордалау кезінде рН мәнінде шамалы өзгерістер болғанын көрсетті. Лайлы тұнбадағы бастапқы рН мәні 6,5 болды. қордалау басталғаннан 10 күннен кейін рН аздап төмендеуі байқалды, әсіресе сабан қосылған нұсқаларда, кейін барлық нұсқаларда рН жоғарылауы байқалды. Қордалау басталғаннан 25-30 күннен кейін рН бірте-бірте максимум 8,0-ге дейін өсті. Қордалау соңында рН мәндері аздап төмендеп, 7,2-7,6-ға жетті.

рН нәтижелеріндегі қордалау кезеңдері бойынша жүрген өзгерістердің нәтижелері басқа зерттеулерге сәйкес келеді. Бастапқыда компост құрамындағы бидай сабанының ыдырауының нәтижесінде рН қышқыл болса, кейіннен ол аммиак түзілуіне байланысты сілтілігіе ауысып, ақырында рН буферлеуімен гумустың пайда болуы нәтижесінде бейтарапқа дейін төмендеді [249, 250].

Кез келген компосттың рН бейтараптан сәл қышқылға дейін (6,05-7,5) болуы керек және ол 8,0-ден асса, оны төмендеткен жөн. Жоғары рН төмендету аммиактың ұшуын азайтады және пайдалы микробтық популяцияның құрамын теңдестіріп, жағымсыз иістерді азайтады [251]. Дайын компосттардағы рН мәндері бактериялардың (6,0-7,5) және саңырауқұлақтардың (5,5-8,0) дамуы үшін оңтайлы диапазонда бола отырып, 6,85-тен 7,52-ге дейін болды. 19-кестеде лайлы тұнбалардың қордалау аяқталғаннан кейінгі химиялық талдаудың көрсеткіштері берілген.

Кесте 19 – Қордалау аяқталғаннан кейінгі лайлы тұнбалардың химиялық көрсеткіштері

Нұсқа	Ылғал,%	Органикалық зат, %	Көрсеткіштер,%				
			N	P	K	Ca	Mg
1	2	3	4	5	6	7	8
Бақылау	9,74	34,25	1,77	1,87	0,21	2,29	1,11
Биопрепарат №1 + лайлы тұнба (1 мл/кг)	9,74	34,1	1,94	1,62	0,31	2,33	0,91
Биопрепарат №2 + лайлы тұнба (1 мл/кг)	7,83	35,29	1,97	1,87	0,23	2,31	1,01

19-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8
Биопрепарат №1+ лайлы тұнба (2 мл/кг)	8,57	36,74	2,04	1,89	0,41	2,53	0,92
Биопрепарат №2 + лайлы тұнба (2 мл/кг)	9,45	35,52	2,07	1,75	0,24	2,41	1,12
Биопрепарат №1+ лайлы тұнба (2 мл / кг) + сабан	4,3	42,52	4,37	1,91	0,3	2,64	1,13
Биопрепарат №2 + лайлы тұнба (2 мл / кг) + сабан	3,9	43,86	4,02	1,8	0,27	2,48	1,18
Лайлы тұнба + сабан	7,75	40,52	3,94	1,72	0,26	2,53	1,06

Жоғарыдағы нәтижелер бойынша барлық үйінділердегі фосфор деңгейі бастапқы мәнмен салыстырғанда жоғары екенін көрсетті. Ұқсас нәтижелерді бірнеше зерттеушілер де алды [252, 253], олар компосттағы фосфор мен мыс мөлшері қордалау уақытынан кейін артқанын, ал рН пен азот төмендегенін атап өтті.

Сондай-ақ бастапқы деректермен салыстырғанда соңғы өнімдегі азот концентрациясының айтарлықтай төмендеуі байқалды. Қордалау кезінде азоттың жоғалуына қатысты Wang Q. [254], қордалаудың бастапқы кезеңінде аммиактың ұшуы нәтижесінде азот азаятынын айтқан. Hua L. [255] қордалаудың бастапқы кезеңдерінде жалпы азот мөлшерінің төмендеуі аммиак түріндегі азоттың жоғалуына байланысты екенін атап өтті, бұл өз кезегінде материалдың түріне және C/N қатынасына байланысты.

C/N қатынасы төмен материалдарды қордалау кезінде C/N қатынасы жоғары материалдарға қарағанда азот шығынының жоғары болуына әкеледі. C/N қатынасы қордалаудың маңызды параметрі болып табылады, өйткені ол компосттағы органикалық заттардың ыдырауын сипаттайды [256]. Микроағзалар азоттың әрбір бөлігіне шамамен 30 көміртегі бөлігін пайдаланады. Осылайша, бастапқы C/N қатынасы 20-35 болатын органикалық қалдықтарды компостқа жылдам айналдыру үшін ең қолайлы болады. Лайлы тұнбалардың C/N қатынасы әдетте 15-тен төмен болады. Бұл қатынаста ыдырау жылдам болатынына қарамастан, азот аммиак түрінде көп мөлшерде жоғалуы мүмкін. Осы зерттеуде C/N қатынасы сабансыз нұсқаларда 11,62, қордалау басында сабан қосылған нұсқаларда 17,32 болды.

Қордалау ағынды сулардың лайлы тұнбаларында ауыр металдардың құрамын концентраттауы немесе керісінше азайтуы мүмкін. Ауыр металл деңгейінің жоғарылауы органикалық заттардың ыдырауынан кейін қордалау үрдісінде, көмірқышқыл газы мен судың бөлінуінен, минералдану үрдістерінен кейін салмақ жоғалтуға байланысты болады. Ауыр металл мөлшерінің азаюы металды сілтілеу үрдісіне қатысуына байланысты. Бұл жағдайда металл

иондарының бір бөлігі суда еритін түрге ауысады және шайылып кетеді. Біздің жағдайда бұл қорғасын мен мыс мысалында көрінеді, олардың құрамы қордалаудан кейін айтарлықтай төмен.

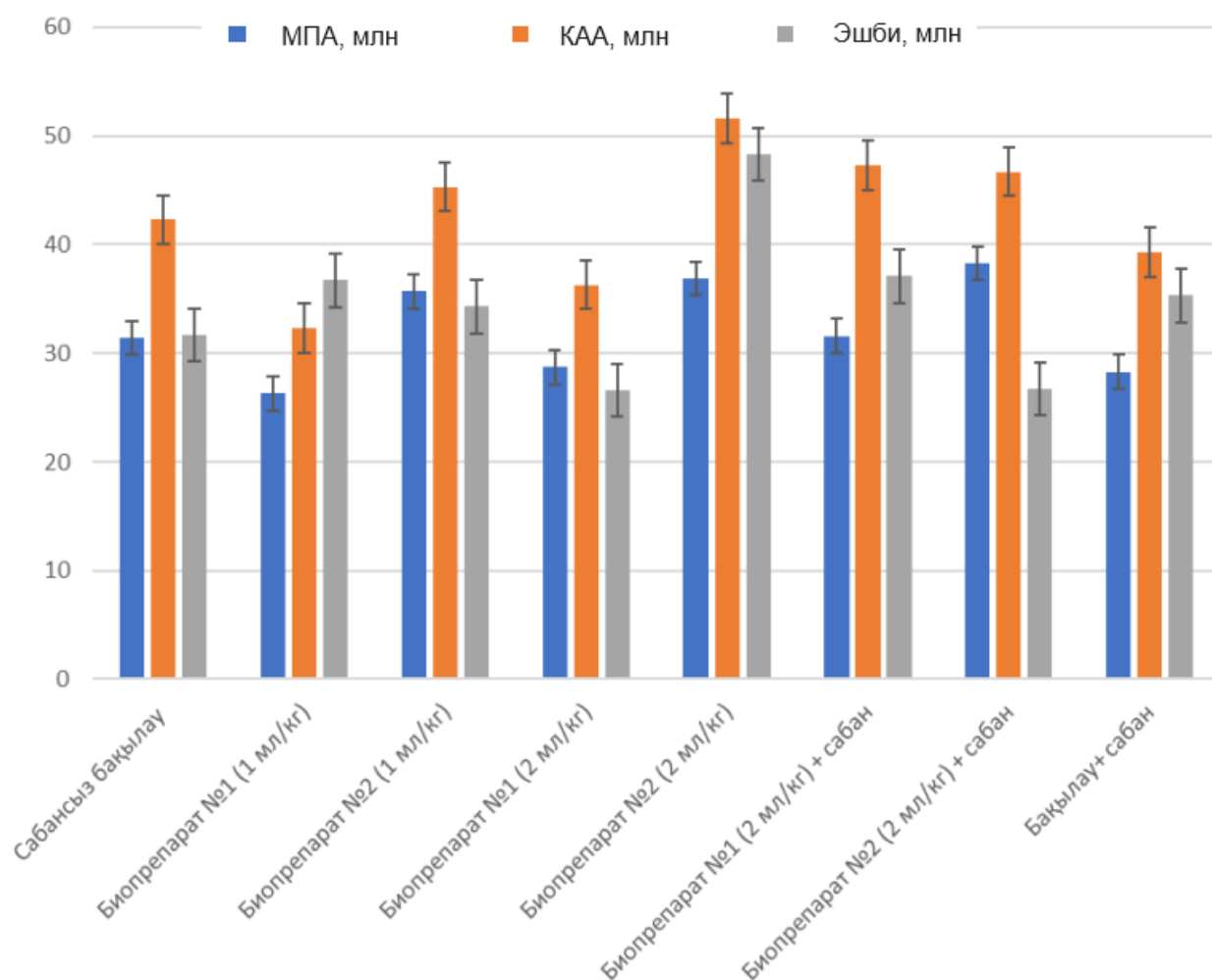
20-кестеге сәйкес ауыр металдардың жалпы мөлшері бойынша лайлы тұнбалардан әзірленген компост негізгі ауыл шаруашылығы дақылдарына пайдалану талаптарына сай келеді.

Кесте 20 – Қордалау аяқталғаннан кейінгі лайлы тұнбалардың құрамындағы ауыр металдар мөлшері

Нұсқа	Cu, мг/кг (ШРК 750)	Cd, мг/кг (ШРК 15)	Pb, мг/кг (ШРК 250)	Zn, мг/кг (ШРК 1750)
Бақылау	107,9	0,07	9,2	392,5
Биопрепарат №1 + лайлы тұнба (1 мл/кг)	67,3	0,13	9,8	331,28
Биопрепарат №2 + лайлы тұнба (1 мл/кг)	68,7	0,15	10,7	338
Биопрепарат №1+ лайлы тұнба (2 мл/кг)	63,3	0,14	9,31	329,43
Биопрепарат №2 + лайлы тұнба (2 мл/кг)	68,1	0,03	8,53	342,5
Биопрепарат №1+ лайлы тұнба (2 мл / кг) + сабан	62,2	0,04	9,27	357,6
Биопрепарат №2 + лайлы тұнба (2 мл / кг) + сабан	48,4	0,01	7,11	266,7
Лайлы тұнба + сабан	64	0,09	8,12	311,6

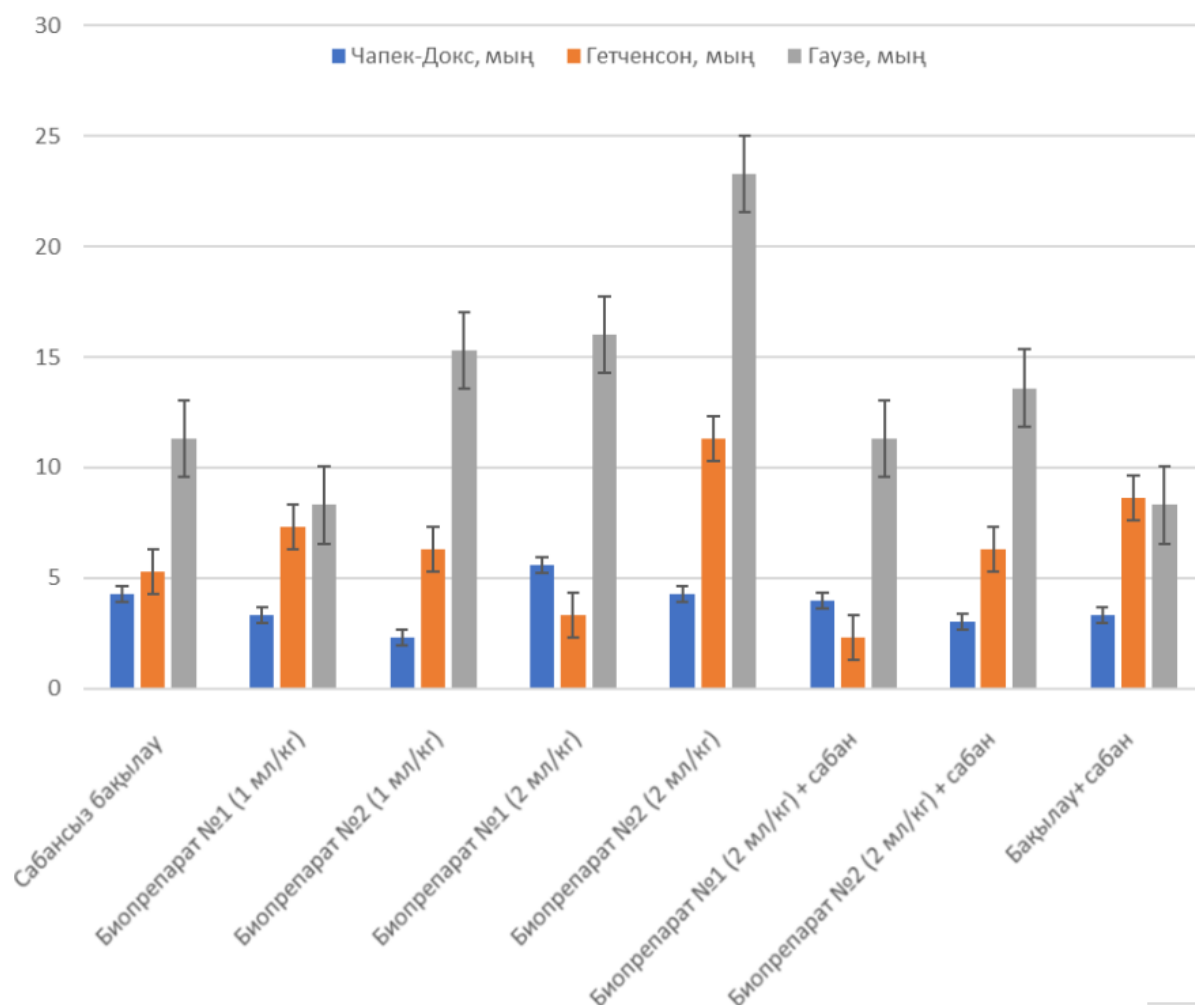
Ауыр металдармен ластану микробтық популяцияларға әсер етеді және минералдану мен гумификацияның төмендеуіне әкеледі. Бақылау нұсқасының құрамында сабан жоқ, сондықтан бұл нұсқада органикалық зат мөлшері биопрепарат және сабан қосылған нұсқаларға қарағанда айтарлықтай төмен (7-28%) болды. Бұл нәтиже биопрепараттың лайлы тұнбаны минерализациялауға және гумификациялауда айқын артықшылығы бар екенін көрсетеді, әсіресе бидай сабанымен біріктірілгенде, Cu және Zn концентрациясының төмендеуіне де әсер етеді.

Негізгі физиологиялық, органикалық заттардың трансформациясына қатысатын агрономиялық құнды аэробты гетеротрофты микроағзалардың саны компосттағы микробиологиялық үрдістердің даму көрсеткіші, оның жетілу дәрежесі, топыраққа енгізуге дайындық деңгейі ретінде қарастырылады. Зерттеу нәтижелері бойынша Биопрепарат 1 минералды азоттың қол жетімді түрлерінің болуын талап ететін аммонификаторлардың дамуына оң әсер ететіні анықталды. Термофильді кезеңге дейін үйінділердің арасында органикалық заттардың минералдануы басым екендігі анықталды. 10-суретте қордалау үрдісі аяқталғаннан кейін ЕПА, КАА және Эшби қоректік орталарында лайлы тұнбалардың микробиологиялық талдауының нәтижелері көрсетілген (52 күн).



Сурет 10 – Қордалау үрдісі аяқталғаннан кейін ЕПА, КАА, Эшби қоректік орталарында лайлы тұнбалардың микробиологиялық талдауының нәтижелері

Биопрепарат №1 өңделген нұсқаларда минералдану индексі 10-шы күні биопрепаратпен өңделген бақылау нұсқасына қарағанда 15% жоғары болды. Осы кезеңде бұл нұсқадағы аммонификаторлар саны бақылаудан 32%-ға, 20-шы тәулікке - 43%-ға, 30-шы тәулікке - 35%-ға, 50-ші тәулікке-18%-ға артты. Зерттелетін КАА нұсқасында өсірілген микроағзалардың саны термофильді сатыдағы бақылау нұсқасынан 52%, 30-шы тәулікте - 21%, қордалаудың 52-ші тәулігінің соңында - 23% асты.



Сурет 11 – Қордалау үрдісі аяқталғаннан кейін Чапек – Докс, Гетченсон және Гаузе орталарындағы тұнбаны микробиологиялық талдау нәтижелері

11-суретте Биопрепарат №1 өңделген лайлы тұнбалар үйіндісінің нәтижелері көрсетілген, Гаузе қоректік ортасында өсірілген актиномицеттер саны қордалаудың басында 17%-ға және қордалаудың соңында 32%-ға өсті. Гетчинсон ортасында өсетін целлюлозаны ыдырататын микроағзалардың саны қордалаудың термофильді кезеңінен кейін көбейе бастады, ал қордалау аяқталғаннан кейін бұл көрсеткіш максимумға жетті.

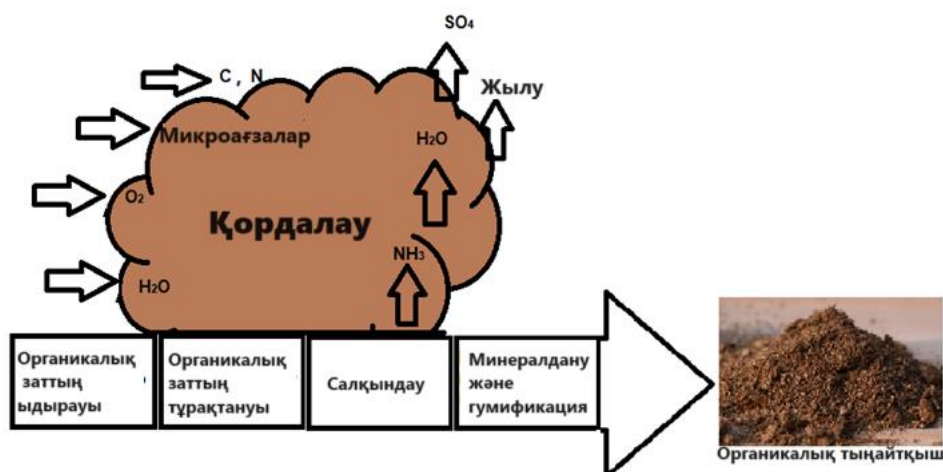
3.10.2 Лайлы тұнбаларды аэробты әдіспен өндірістік жағдайларда қордалау

Лайлы тұнбаларды қордалау үрдісінің технологиялық қажеттіліктері

Лайлы тұнбаларды аэробты әдіспен өндірістік жағдайларда қордалау 2023 жылдың 20 мамырында басталды. Қордалау үйінділерін орналастыру үшін «Астана су Арнасы» МКМ аумағында орналасқан бетондалған алаң пайдаланылды. Шикізат ретінде қалалық ағынды сулардың сусыздандырылған лайлы тұнбалары мен бидай сабаны пайдаланылды. Астанадағы қалалық ағынды суларды тазарту қондырғыларынан сусыздандырылған лайлы тұнбалар жинақталды. Жүргізілген сынақ нәтижелері бойынша «Астана су Арнасы» МКМ сынақ актісі алынды (Қосымша Б).

Зерттеу барысында лайлы тұнбаны қордалаудың аэробты әдісі қолданылып, биопрепарат қолдану түріне байланысты компост қоспасының параметрлері және қордалау үрдісінің жылдамдығы анықталды.

Қордалау әртүрлі химиялық үдерістердің тізбегін қамтитын күрделі кұбылыс (12-сурет). Компост кұрамында ылғалдың аз болуы микроағзалар жүргізетін ыдырату үрдістерін баяулатады және үйінділердегі температураның жоғарылауына кедергі келтіреді. Микроағзалардың дамуы үшін ылғалды, бумен толтырылған орта қажет. Компост кұрамындағы артық ылғал ауаны ығыстырып, анаэробты орта түзеді, қоректік заттарды шайып кетеді. Қордалау кезінде оның кұрамындағы ылғалдылықты үнемі тексеріп отыру керек.



Сурет 12 – Қордалау кезінде жүретін химиялық үдерістердің сызбанұсқасы

Аэрация – қордалау жүйесіндегі маңызды факторлардың бірі болып табылады. Жеңіл ыдырайтын органикалық қосылыстардың жылдам және толық ыдырауын қамтамасыз ету үшін аэробты жағдайды қолдап отыру қажет [257, 258]. Үйінділерді жиі араластырып отыру олардың толыққанды аэрациялануына мүмкіндік береді [259, 260]. Аэрацияның жақсы жүруі термофильді кезеңде органикалық қалдықтардың ыдырау жылдамдығын арттырып, патогенді микрофлораның жойылуы үшін компост температурасын 55-60°C деңгейінде ұзақ уақыт ұстауға көмектеседі [261, 262].

Лайлы тұнбалардың үйінділерін араластыру үшін аранайы ауылшаруашылық техникасы қолданылады. Оларға тіркемелі араластырғыш пен Вакхус А36 араластырғышы жатады (13-сурет).

Үйінділердің тіркемелі араластырғышы ірі қара мал көңі, құс саңғырығы, лайлы тұнбалар, тұрмыстық қатты қалдықтар полигондарындағы органикалық қалдықтарды ауыл шаруашылығында топырақтың құнарлылығын қалпына келтіру, қалалық территорияларды абаттандыру, бұзылған жерлерді рекультивациялау үшін пайдаланылатын тыңайтқыштарға қайта өңдеу кезінде қолданылады.



а



ә

а – Тіркемелі араластырғыш; ә – Backhus A36 араластырғышы

Сурет 13 – Компостты араластырғыштар

BACKHUS A36 араластырғышы шынжыр табанды жетекте жинақталған және 143 ат күшіне ие Volvo дизельді қозғалтқышымен жабдықталған. Архимед бұрандасының принципі бойынша жинақталған ротор үйіндіні араластырған кезде қордаланатын материалдың құрылымы біркелкі болатындай ағында айналдырады. Орталық пышақтардың орналасуы үйіндіні көлденең және тік бағытта бір мезетте араластыруға мүмкіндік береді. Араластырғыштың екі жақ шетінде орналасқан тазартқыштар материал ағынын роторға бағыттауға көмектеседі және шынжыр табанның алдындағы материалдарды тазартып отырады.

Биопрепарат әсерінен компост массасы 55-60°C температураға дейін қызады, бұл патогендік микрофлораның, гельминттердің жұмыртқалары мен бунақденелілердің дернәсілдерін жоюға мүмкіндік береді, мезофильді микроағзалар температураның жоғары болуына байланысты тіршілігін жойып, термофильді микроағзалардың белсенділігі сақталады. Қордалану үрдісі жылдамдатылып, термофильді ағзалар азотты аммиакты түрінен ақуызға айналдырады, жағымсыз иістерді жояды және компостта азоттың жоғары мөлшерін сақтайды.

Тәжірибеге қатысатын үйінділер титрі 10^6 КТБ/мл құрайтын, 1:4 қатынасында сумен араластырылған, әртүрлі қоректік орталарда дайындалған бірнеше биопрепараттармен өңделді. Биопрепарат ерітіндісі 1 тонна лайлы тұнбаға 5 литр мөлшерінде қолданылды. Үйінділерді араластыру үшін тіркемелі араластырғыш, ал биопрепараттарды енгізу үшін араластырғышқа орнатылған бүріккіш цистерна пайдаланылды. Биомассаны оттегімен қанықтыру және артық ылғалды буландыру мақсатында лайлы тұнба үйінділері әр үш күн сайын араластырылып, күн сайын үйінділердегі температура мен рН өлшеніп, 10 күн сайын лайлы тұнбалардың ылғалдылығы, химиялық құрамы, визуалды түрөзгерісі бақыланып отырды (21-кесте).

Қордалау үрдісінің барысында үйінділердің түсі, көлемі, ылғалдылығы, иісі және құрылымы сияқты физикалық өзгерістері бақыланды. Компост қоспаларындағы температура ауытқулары олардың құрамына байланысты

әртүрлі нәтижелер көрсетті. Барлық үйінділер қордалаудың мезофильді, термофильді және пісіп жетілу деп аталатын үш кезеңінен өтті. Қордалау үрдісі кезінде температураның өзгергіштігі микробтық қауымдастықтардың бірін -бірі алмастыруында, санитариялық залалсыздандыру, биодеградация жылдамдығы және микробтардың алуантүрлілігін арттыруда маңызды рөл атқарады. Қордалаудың алғашқы аптасында температураның тез көтерілуі байқалды. Дегенмен, зерттелетін нұсқалар арасындағы орташа температурада айтарлықтай өзгешеліктер болды.

Кесте 21 – Қордалану кезеңдері бойынша визуалды бақылау нәтижелері

Нұсқа	10 күннен кейінгі нәтиже	20 күннен кейінгі нәтиже	30 күннен кейінгі нәтиже
1	2	3	4
Биопрепаратсыз лайлы тұнбалар	Үйіндідегі температура қоршаған орта температурасымен бірдей болды, бунақденелілер мен олардың дернәсілдерінің көптігі бақыланды.	Үйіндідегі температура біртіндеп көтерілуде. Өткір иісі бар, ылғалды, кесекті консистенцияда. Бунақденелілер мен құрттар саны көп. Түсі қара.	Үйінділердегі температура тұрақты, консистенциясы кесекті, құрғақ, жеңіл. Иісі бар, өткір емес.
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%) + Триходермин SS (1 л/т) биопрепараты	Үйіндідегі температура 3 күннен бастап өсе бастады, өз максимумына 7 күні жетті. Температура көтерілген сайын қордаланатын массаның түсі өзгеріп, қарадан қоңырға ауысты.ә»	Үйіндідегі температура тұрақты, түсі сұр немесе қоңырлау, консистенциясы біркелкі, құрғақ, жеңіл. Бунақденелілер мен құрттар байқалмайды. Өткір иісі жоқ.	Үйінділердегі температура қоршаған орта температурасымен бірдей, консистенциясы біркелкі, жеңіл, үгілмелі, түсі сұр-қоңыр. Иісі жоқ.
Лайлы тұнбалар+ сабан (20%) + Триходермин SS (1,5 л/т) биопрепараты	Үйіндідегі температура 4 күннен бастап өсе бастады, өз максимумына 7 күні жетті. Температура көтерілген сайын қордаланатын массаның түсі өзгеріп, қарадан қоңырға ауысты.	Үйіндідегі температура тұрақты, қоршаған орта температурасынан 5-6 ⁰ жоғары, түсі сұр немесе қоңырлау, консистенциясы біркелкі, құрғақ, жеңіл. Бунақденелілер мен құрттар байқалмайды. Өткір иісі жоқ.	Үйінділердегі температура қоршаған орта температурасымен бірдей, консистенциясы біркелкі, жеңіл, үгілмелі, түсі сұр-қоңыр. Иісі жоқ.
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%)+Агромикс SS (2 л/т) биопрепараты	Үйіндідегі температура 2 күннен бастап өсе бастады, өз максимумына 4 күні жетті. Температура көтерілген сайын қордаланатын массаның түсі өзгеріп, қарадан қоңырға ауысты.	Үйіндідегі температура тұрақты, түсі сұр немесе қоңырлау, консистенциясы біркелкі, құрғақ, жеңіл. Бунақденелілер мен құрттар байқалмайды. Өткір иісі жоқ.	Үйінділердегі температура қоршаған орта температурасымен бірдей, консистенциясы біркелкі, жеңіл, үгілмелі, түсі сұр-қоңыр. Иісі жоқ.

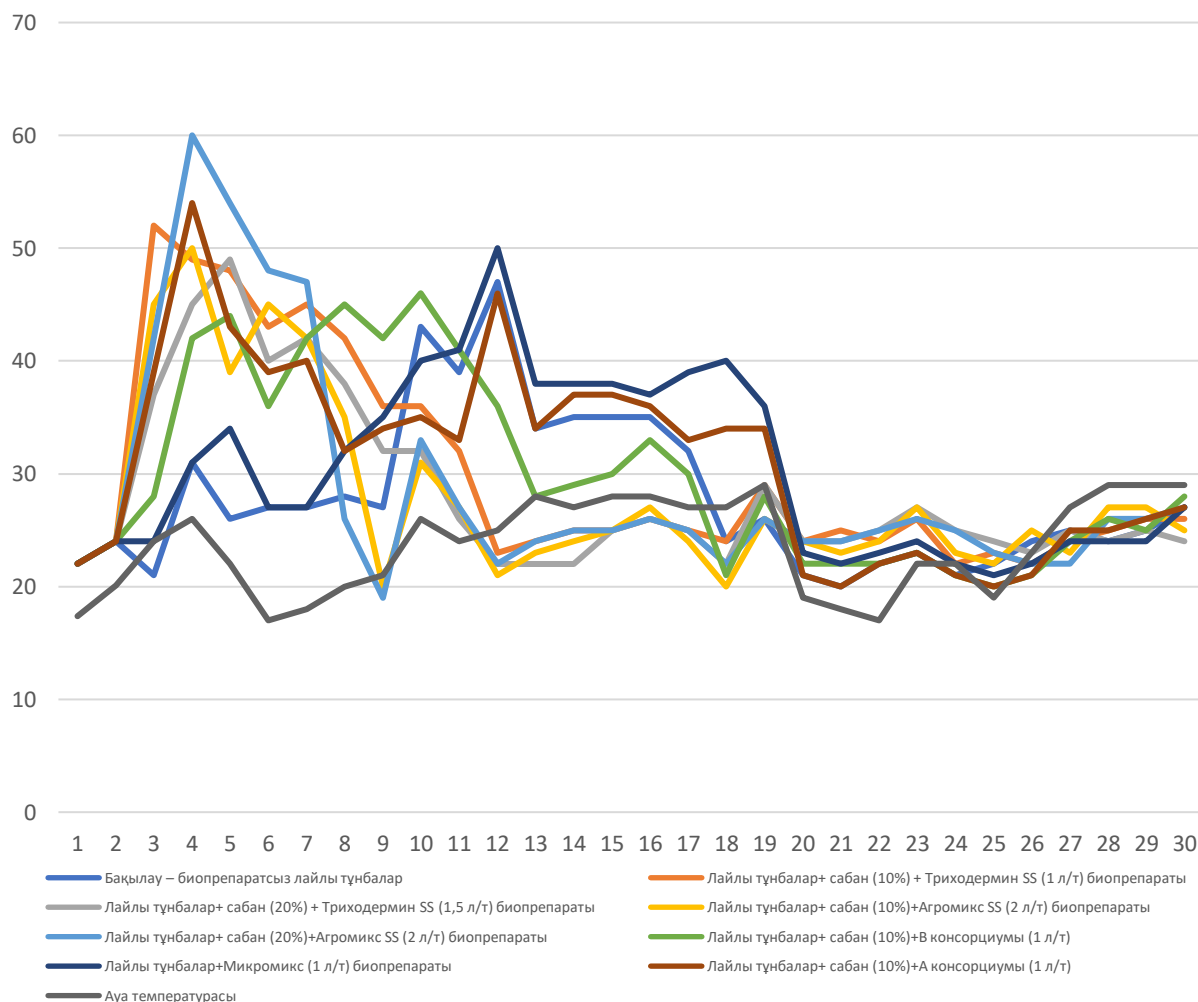
21-кестенің жалғасы

1	2	3	4
Лайлы тұнбалар+ сабан (20%)+Агромикс SS (2 л/т) биопрепараты	Үйіндідегі температура 2 күннен бастап өсе бастады, өз максимумына 4 күні жетті. Температура көтерілген сайын қордаланатын массаның түсі өзгеріп, қарадан қоңырға ауысты.	Үйіндідегі температура тұрақты, түсі сұр немесе қоңырлау, қор шаған орта температура сынан 5-6 ⁰ жоғары, консистенциясы біркелкі, құрғақ, жеңіл. Бунақденелілер мен құрттар байқалмайды. Өткір иісі жоқ.	Үйінділердегі температура қоршаған орта температурасымен бірдей, консистенциясы біркелкі, жеңіл, үгілмелі, түсі сұр-қоңыр. Иісі жоқ.
Лайлы тұнбалар + сабан (10%) + В консорциумы (1 л/т).	Үйіндідегі температураның біртіндеп көтерілуі бақыланды. Алғашқы 4 күнде температура 35-45 ⁰ С құраса, 5-10 күндері 45-60 ⁰ С жетті. Үйіндідегі лайлы тұнбалардың түсі ашық қоңыр, сұр.	Үйіндідегі температура төмендеп, тұрақтана бастады. Консистенциясы құрғақ, бірыңғай. Компост түсі ашық сұр, кей жері қоңырлау. Сабан түсі күрең қоңыр. Бунақденелілер мен құрттар байқалмайды. Өткір иісі жоқ	Үйінділердегі температура қоршаған орта температурасымен бірдей, консистенциясы біркелкі, жеңіл, үгілмелі, түсі сұр-қоңыр. Иісі жоқ.
Лайлы тұнбалар+ Микромикс (1 л/т)	Алғашқы 6 күнде үйіндідегі температура қоршаған орта температурасымен бірдей болды. 7-10 күндерде температура жоғарылай бастады. Түсі қара, иісі өткір, ылғалдылығы жоғары.	Үйінді температурасы жоғары, консистенциясы ылғал, кесекті. Өткір иісі әлі де сақталған. Үйіндінің кесектерін алған кезде ішінен құрттардың көптігі көрінеді. Түсі қара.	Үйінділердегі температура тұрақты, консистенциясы кесекті, құрғақ, жеңіл. Иісі бар, өткір емес.
Лайлы тұнбалар + сабан (10%) + А консорциумы (1 л/т)	Үйіндідегі температура ның біртіндеп көтерілуі бақыланды. Алғашқы 4 күнде температура 35-45 ⁰ С құраса, 5-10 күндері 45-60 ⁰ С жетті. Үйіндідегі лайлы тұнбалардың түсі ашық қоңыр, сұр.	Үйіндідегі температура тұрақты, түсі сұр немесе қоңырлау, консистенциясы біркелкі, құрғақ, жеңіл. Бунақденелілер мен құрттар байқалмайды. Өткір иісі жоқ.	Үйінділердегі температура қоршаған орта температурасымен бірдей, консистенциясы біркелкі, жеңіл, үгілмелі, түсі сұр-қоңыр. Иісі жоқ.

Термофильді кезең субстратта таралған микробтардың белсенді әрекетінен қарапайым молекулаларының деградациясының нәтижесінде қалыптасады. Агромикс SS, Триходермин SS, Консорциум А және Консорциум В биопрепараттары пайдаланылған үйінділердегі температура мезофильді фазада тез көтеріліп, термофильді фазада максималды мәніне жетті. Жоғары температура (> 60⁰С) сабан мөлшері 10% құрайтын нұсқаларда 7 күн бойы

сақталды. Құрамында 20% сабан бар үйінділерде де температура өзгерісінің осыған ұқсас үрдісі байқалды. Бірақ бұл үйінділерде термофильді кезеңдегі максималды температура 55°C дейін жетті және температураның жоғарылауы 9 күнге созылды, бұл 10% көлемде сабан пайдаланатын үйінділерге қарағанда ұзағырақ болды.

Құрамында 20% мөлшерде бидай сабаны бар үйінділерде органикалық заттың ыдырауы ұзақ уақытты алады. Бұл жағдай құрамында 10% мөлшерде сабаны бар үйінділермен салыстырғанда термофильді фазаның ұзаруына әкелуі мүмкін. Пісіп-жетілу кезеңінде үйінділердегі температура бірте-бірте төмендеді. Тәжірибе соңында барлық үйінділерде температура қоршаған орта температурасына жетті, бұл белгі компосттың пісіп жетілгендігін көрсетеді (14 сурет).



Сурет 14 – Қордалау кезеңдеріне сәйкес зерттеу нұсқаларындағы температура өзгерістері

Термофильді кезеңде 50°C-қа жетпеген компост санитарлық залалсыздандыру тұрғысынан жарамсыз болып табылады. АҚШ ғалымы Millner P. D. зерттеуінде 60°C температурада 48 сағат бойы қордалау кезінде

патогенді бактериялардың, стрептококктардың және сальмонеллалардың жойылатыны дәлелденген, ал қордалау температурасы 50°C - жетпеген нұсқаларда патогенді микрофлора сақталғаны белгілі болды [263]. Бұл жағдай патогенділікті төмендету үшін қордалаудың термофильді фазасында температураны үнемі бақылап отырудың маңызды рөлін растайды.

Температура сияқты, қордаланатын материалдың ылғалдылығы да микробты белсенділік үшін өте маңызды. Қордалау барысында барлық үйінділердегі ылғалдылық деңгейі 20-күнге дейін біртіндеп төмендеді; ылғалдылықты ұсынылған мәндер шегінде (40-50%) ұстап тұру үшін 10-күні барлық үйінділерге су қосылды. Ылғалдылық деңгейінің төмендеуі, әсіресе термофильді кезеңде, микробтық жылу генерациясының барысында судың булануы нәтижесінде пайда болады. Қордалау үрдісінде үйінділерді ылғалдандырып отыру оның кеуіп кетуіне жол бермейді және азоттың жоғалуын азайтады. Ылғалды жоғалту компост қоспаларын аэрациялау кезінде де орын алады. Барлық үйінділерде қордалау соңында көлемі мен салмағының айтарлықтай төмендеуі тіркелді. Толық шіріген компосттың ылғалдылығы төмен болуы тиіс (шамамен 10%), бұл компост материалын тұрақтандыру үшін қажет (22-кесте).

Кесте 22 – Қордалау кезіндегі лайлы тұнбалардың ылғалдылығы, %

Нұсқа	10 күн	20 күн	30 күн
Бақылау – биопрепаратсыз лайлы тұнбалар	65	31,8	17
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%) + Триходермин SS (1 л/т) биопрепараты	58,3	28,6	9,7
Лайлы тұнбалар+ сабан (20%) + Триходермин SS (1,5 л/т) биопрепараты	56,3	23,5	7,3
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%)+Агромикс SS (2 л/т) биопрепараты	57	22,4	10
Лайлы тұнбалар+ сабан (20%)+Агромикс SS (2 л/т) биопрепараты	57	25,3	7,3
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%)+В консорциумы (1 л/т)	52,7	24,8	8,7
Лайлы тұнбалар+Микромикс (1 л/т) биопрепараты	64	36,4	15
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%)+А консорциумы (1 л/т)	56	25,2	10

Қордалау кезеңіне байланысты қордаланатын қоспаның түсінің өзгеруі байқалды. Компост жасаудың басында қоспаның түсі негізінен қара болса, қордалау үрдісінің соңында қою қоңыр, қоңыр, сұр түске ауысып, иісі өткірлігін жоғалтып, дымқыл топырақтай күйге енді. Компост консистенциясы біркелкі құрылымға ие болды.

Қордалау барысында иістің бөлінуі да ескерілді. Қордалау лайлы тұнбалардың жағымсыз иісін азайтатыны анықталды. Қордалаудан кейін компосттың жағымсыз иісі азайды немесе мүлдем болмады. Құрамында 10% сабан бар үйінділерде жағымсыз иісі ең жылдам жойылды. Иістің бөлінуі қордалаудың алғашқы кезеңінде жоғары болса, қордалаудың кейінгі кезеңдерінде зерттеу нұсқаларына сәйкес өзгерістерге түсіп отырды. Жағымсыз иістің бөліну деңгейі қордалау үрдісінің барысында көтерілетін жоғары

температура әсерінен лайлы тұнбалардан бөлінетін аммиак деңгейіне байланысты. Аммиактың бөліну мөлшері лайлы тұнбалардың құрамындағы азоттың деңгейіне тәуелді. Компост толығымен шірігеннен кейін компост материалы иіссіз немесе көгерген, ылғал жер иісіндей болуы керек. Иістің жойылуы лайлы тұнбалардың қара түстен қоңыр түске өтуімен және үйінділердегі температураның тұрақтануымен сәйкес келді.

Қордалау үрдісінің барысында компост түсінің қарадан қоңыр-сұр түске дейін біртіндеп өзгеруі байқалды, бұл компосттың шіру барысын көрсетеді. Морфологиялық жағынан Агромикс SS, Триходермин SS, А консорциумы және В консорциумы биопрепараттары пайдаланылатын нұсқаларда компост біртекті, ұсақ түйіршікті болды. Сабансыз үйінділердегі компосттың консистенциясы біркелкі емес, ірі бөлшектер кездесті.

Лайлы тұнбаларды қордалау кезінде әр 10 күн сайын үйінділердегі рН мәндері анықталып отырды (23-кесте). Барлық үйінділер үшін бастапқы рН мәндері бейтарап болды. Алғашқы 10 күн ішінде рН ең жоғары 8,0-ге деңгейіне дейін көтерілді. 20 – күнге қарай рН біртіндеп төмендеп, 6,5-6,7 деңгейінде тұрақтанды.

Кесте 23 – Қордалау кезіндегі лайлы тұнбалардың рН мәндері

Нұсқа	рН 10 күн	рН 20 күн	рН 30 күн
Бақылау – биопрепаратсыз лайлы тұнбалар	5,6	7,9	5,9
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%) + Триходермин SS (1 л/т) биопрепараты	5,6	7,9	6,0
Лайлы тұнбалар+ сабан (20%) + Триходермин SS (1,5 л/т) биопрепараты	5,5	7,9	5,8
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%)+Агромикс SS (2 л/т) биопрепараты	5,6	7,9	6,0
Лайлы тұнбалар+ сабан (20%)+Агромикс SS (2 л/т) биопрепараты	5,6	7,9	6,0
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%)+В консорциумы (1 л/т)	5,7	8,0	6,0
Лайлы тұнбалар+Микромикс (1 л/т) биопрепараты	5,6	7,8	6,1
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%)+А консорциумы (1 л/т)	5,5	7,8	6,0

рН-тың сілтілі мәндерге дейін жоғарылауы аммиактың бөлінуімен және микробтық белсенділік нәтижесінде органикалық азоттың минералдануымен түсіндіріледі. Кейінірек рН деңгейінің төмендеуіне термофильді кезеңде аммиакты азоттың буланып кетуі, мезофильді микрофлораның термофильді микрофлораға ауысуы және үйінділердің аэрациялануы себеп болуы мүмкін.

Компосттағы микробиологиялық үрдістердің дамуының, оның жетілу дәрежесі мен топыраққа қолдануға дайындығын көрсететін дәстүрлі көрсеткіш ретінде органикалық заттардың өзгеруіне қатысатын аэробты микроағзалардың негізгі агрономиялық құнды топтарының саны болып табылады.

Лайлы тұнбалардың микробтық қауымдастығының құрылымына қордалаудың әсері микроағзалардың негізгі физиологиялық топтары – бактериялар, саңырауқұлақтар және актиномицеттер саны арқылы бағаланды (24-кесте). Лайлы тұнбалардың қордалауға дейінгі микробтық құрамы келесі көрсеткіштермен сипатталды: ЕПА қоректік ортасында есептелген гетеротрофты микроағзаларды сипаттайтын бактериялардың саны, - $83,3 \cdot 10^6$ КТБ; ЧД ортасында өскен микромицеттер саны - $5 \cdot 10^3$ КТБ, Гаузе ортасында есептелген актиномицеттер саны - $5 \cdot 10^3$ КТБ.

Кесте 24 – Қордалау кезеңдеріне сәйкес лайлы тұнбалардағы микробиологиялық белсенділік

Нұсқа	ЕПА	КАА	Гаузе	Гетчинсон		Чапека- Докса			Эшби
	бактерия млн/г	бактерия млн/г	актином., мың /г	актином., мың /г	саңырауқ. тыс/г	бактерия мың/г	актином., мың /г	саңырауқ. мың/г	бактерия млн/г
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10 күн									
Бақылау – биопрепаратсыз лайлы тұнбалар	31,0	2,0	0,3	3,0	-	3,3	-	-	2,0
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%) + Триходермин SS (1 л/т) биопрепараты	48,6	5,6	2,3	0,3	-	9,6	-	-	5,6
Лайлы тұнбалар+ сабан (20%) + Триходермин SS (1,5 л/т) биопрепараты	3,0	6,6	1,0	0,7	-	5,0	-	-	6,6
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%)+Агромикс SS (2 л/т) биопрепараты	3,3	11,0	2,0	1,3	-	8,6	-	-	11,0
Лайлы тұнбалар+ сабан (20%)+Агромикс SS (2 л/т) биопрепараты	7,0	11,0	2,7	0,7	-	5,0	-	-	11,0
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%)+В консорциумы (1 л/т)	88,3	13,0	2,0	-	-	3,3	-	-	13,0
Лайлы тұнбалар+Микромикс (1 л/т) биопрепараты	-	41,0	5,7	1,3	-	3,7	1,0	-	41,0
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%)+А консорциумы (1 л/т)	10,0	20,3	0,7	0,3	-	5,0	-	-	20,3
20 күн									

24-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Бақылау – биопрепаратсыз лайлы тұнбалар	21,0	21,0	1,3	-	0,3	5,7	-	-	11,6
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%) + Триходермин SS (1 л/т) биопрепараты	129,3	68,6	-	2,7	2,7	1,3	-	1,0	4,6
Лайлы тұнбалар+ сабан (20%) + Триходермин SS (1,5 л/т) биопрепараты	175,6	10,6	-	0,7	3,0	36,3	-	3,7	25,0
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%)+Агромикс SS (2 л/т) биопрепараты	186,0	77,3	-	-	-	148,6	-	-	2,6
Лайлы тұнбалар+ сабан (20%)+Агромикс SS (2 л/т) биопрепараты	85,3	60,0	-	-	3,0	31,0	-	2,0	4,6
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%)+В консорциумы (1 л/т)	105,3	83,3	0,3	1,0	8,0	5,7	-	7,7	4,0
Лайлы тұнбалар+Микромикс (1 л/т) биопрепараты	83,3	16,6	2,0	-	-	8,0	-	-	15,3
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%)+А консорциумы (1 л/т)	124,0	13,3	-	-	0,7	15,3	-	0,3	-
30 күн									
Бақылау – биопрепаратсыз лайлы тұнбалар	90,0	18,3	3,0	1,0	-	7,7	-	7,0	12,6
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%) + Триходермин SS (1 л/т) биопрепараты	145,6	70,0	-	-	2,7	2,3	-	1,0	1,3
Лайлы тұнбалар+ сабан (20%) + Триходермин SS (1,5 л/т) биопрепараты	223,6	28,0	0,3	-	-	36,7	-	4,7	6,0
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%)+Агромикс SS (2 л/т) биопрепараты	95,0	96,3	0,3	0,7	-	153,3	0,3	-	28,0
Лайлы тұнбалар+ сабан (20%)+Агромикс SS (2 л/т) биопрепараты	130,6	81,3	1,0	-	-	28,3	1,3	0,5	4,0

24-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%)+В консорциумы (1 л/т)	149,3	55,0	0,7	1,0	2,0	7,3	-	1,0	3,6
Лайлы тұнбалар+Микромикс (1 л/т) биопрепараты	65,0	19,0	3,0	-	2,0	10,3	-	0,7	18,0

Зерттеу басталғаннан бастап 10-күні Триходермин SS + сабан 10%, Консорциум В + сабан 10% және бақылау нұсқаларында аммонификациялаушы бактериялар санының айтарлықтай өсуі байқалды. Басқа нұсқаларда азоттың минералды формаларын ассимиляциялауға қабілетті амилиотикалық микрофлораның мөлшері басым болды. Зерттеудің 10-күніндегі тәжірибелік нұсқалардағы актиномицеттер саны бақылау нұсқаларының деңгейінен айтарлықтай ерекшеленбеді. Алғашқы он күннің зерттеу нәтижесінде микромицеттердің өсуі анықталған жоқ. 20 күн қордалаудан кейін бақылау нұсқасымен салыстырғанда барлық тәжірибелік нұсқалардағы аммонификациялаушы және амилиолитикалық бактериялар санының бақылау нұсқасымен салыстырғанда 4-9 есе күрт өскені анықталды. 10-күні анықталған мөлшермен салыстырғанда аммонификациялаушы бактериялар санының ең көп өсуі Триходермин SS, Агромикс SS және А консорциумын пайдаланатын сынақ үлгілерінде тіркелді. Зерттеудің 30-күні бактериялардың саны барлық эксперименттік нұсқаларда жоғары деңгейде сақталды.

Зерттеудің 20-күні жасалған микробиологиялық талдаудың нәтижесі компост жасаудың 10-күнінде анықталған мкироағзалар санымен салыстырғанда микромицеттер санының көбеюімен ерекшеленді. Бұл құбылыс Триходермин SS + сабан 20% және В консорциумы қолданылған нұсқаларда жақсы көрінді. Лайлы тұнбаларға сабан қосқан кезде дамуына жаңа органикалық заттарды қажет ететін аммонификациялық микроағзалардың саны арта түсетіні бақыланды. Термофильді кезеңде тәжірибелік үйінділердегі органикалық заттардың минералдануы айқын байқалды. Триходермин SS+20% сабан, Агромикс SS+ 10% және 20% сабан, Микромикс, Консорциум А нұсқаларында қордалаудың 10-күні минералдану индексі >1 болды.

Құрамында сабаны бар нұсқаларда қордалау үрдісінің соңында аммонификаторлар саны бақылау көрсеткішінен 2,5 есе, амилиотикалық микроағзалар саны бақылаудан 5 есеге дейін жоғары болды. Қордалаудан кейінгі компостта целлюлозаны ыдырататын актиномицеттер мен Гетченсон қоректік ортасындағы саңырауқұлақтар Триходермин SS, Микромикс, Консорциум А және Консорциум В биопрепараттары қолданылған нұсқаларда табылды, бірақ олардың саны мардымсыз болды.

Агромикс SS, Микромикс биопрепараттары қолданылған нұсқаларда Эшби қоректік ортасында өсетін азот бекітуші микроағзалар саны басқа нұсқаларға қарағанда жоғары болды, бұл биопрепарат құрамында азот бекітуші микроағзалардың болуымен түсіндіріледі.

Қордалау алдындағы лайлы тұнбалар органикалық заттардың жоғары мөлшерімен сипатталды - 48%. Азот пен фосфордың мөлшері де жоғары болды. Олардың мөлшері сәйкесінше 5,2% және 1,1% құрады. Калий мөлшері 0,2% аспады, калийдің төмендігі тыңайтқыштың осы түріне тән қасиет. Лайлы тұнбаларды тыңайтқыш ретінде пайдалану кезінде калийдің жетіспеушілігі минералды тыңайтқыштармен толықтырып енгізу арқылы өтеледі.

Лайлы тұнбаларды қордалау үрдісінде жүргізілген химиялық талдаудың азот пен көміртегі бойынша нәтижелері бойынша алынған нәтижелері айнымалы болды (25-кесте).

Кесте 25 – Қордалау кезеңдеріне сәкес лайлы тұнба құрамындағы азот пен көміртегі мөлшерінің нәтижелері

Нұсқа	N (азот), %			C (көміртегі) , %		
	10 күн	20 күн	30 күн	10 күн	20 күн	30 күн
Бақылау – биопрепаратсыз лайлы тұнбалар	2,4	2,1	1,5	36,9	36,5	36,0
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%) + Триходермин SS (1 л/т) биопрепараты	2,5	1,4	1,2	38,8	39,8	36,6
Лайлы тұнбалар+ сабан (20%) + Триходермин SS (1,5 л/т) биопрепараты	2,8	0,9	1,4	40,8	37,9	37,8
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%)+Агромикс SS (2 л/т) биопрепараты	2,4	1,3	0,9	40,0	39,7	38,6
Лайлы тұнбалар+ сабан (20%)+Агромикс SS (2 л/т) биопрепараты	3,0	0,7	1,0	38,7	37,2	37,8
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%)+В консорциумы (1 л/т)	2,5	0,9	1,1	39,9	38,1	37,5
Лайлы тұнбалар+Микромикс (1 л/т) биопрепараты	2,4	2,4	2,2	40,8	36,4	36,3
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%)+А консорциумы (1 л/т)	2,4	1,3	1,1	37,2	38,0	36,6
ЕТАА ₀₅	0,2	0,2	0,2	3,0	2,5	2,3

Алғашқы 10 күн ішінде 35,4%-дан 54,6%-ға дейін азоттың үлкен шығыны байқалды. Аммиактың (NH₃) булануы әдетте компосттан N жоғалтудың негізгі жолы болып табылады, оның булануының нәтижесінде қордаланатын материалдағы N-ның бастапқы шамасынан 50% мөлшердегідей N жоғалады [264]. АҚШ зерттеушісі Tiquia S.M. өз зерттеулерінде көң мен сабан қоспасында болатын бастапқы N-ның 37-60% NH₃ ұшуы арқылы жоғалғанын хабарлады [265]. Сондай-ақ кейбір зерттеулерде қордаланған тұнбаның N мөлшері (1,30%) қордаланбаған лайлы тұнбаға (1,98%) қарағанда айтарлықтай төмен екендігі айтылады, бұл қордалау кезінде термофильді кезеңде азоттың айтарлықтай шығындары болатынын көрсетеді [266, 267]. Goyal S. органикалық қалдықтардың ыдырауының бастапқы кезеңдерінде жалпы N құрамының

төмендеуі аммиак түріндегі N жоғалуына байланысты болатынын атап өтті, бұл өз кезегінде материал түріне және оның C/N қатынасына байланысты [268]. Сонымен қатар, кейбір зерттеулер қордалау температурасының NH₃ шығынына әсерін зерттеді. Paganas M. температура жоғары болған сайын NH₃ шығарындары көбейетінін растады [269].

Зерттеуде жалпы азоттың ең үлкен шығыны қордалаудың алғашқы 10 күнінде орын алды, әсіресе Агромикс SS, Триходермин SS, А консорциумы және В консорциумы биопрепараттары пайдаланылған нұсқаларда үйінділердің температурасы 50°C-60°C жетуіне байланысты азоттың жоғалуы жоғары жылдамдыққа ие болды. Агромикс SS, Триходермин SS, А консорциумы және В консорциумы биопрепараттары пайдаланылған үйінділердегі температура 35°C-40°C дейін төмендеген кезде жалпы азоттың жоғалуы бәсеңдеп, бастапқы мәндермен салыстырғанда 53,8%-дан 86,3%-ға дейінгі аралықты құрады.

Химиялық талдау нәтижелеріне сәйкес 20% сабан және микробты консорциум В қолданылған тәжірибелік нұсқаларда 30 күн қордалаудан кейін жалпы азот мөлшері 22%-дан 75%-ға дейін өсті. Қордалау барысында жалпы азот мөлшерінің артуы азотты органикалық қосылыстардың минералдануы және жалпы салмақтың жоғалуы әсерінен туындайтын элементтің концентрленуіне байланысты болуы мүмкін. В консорциумы мен Агромикс SS құрамына кіретін азотты бекітетін бактериялар да қордалаудың соңғы кезеңінде азоттың көбеюіне ықпал етуі мүмкін. Бақылау нұсқасында, керісінше, жалпы азот мөлшерінің 28,5%-ға төмендеуі байқалды, бұл нұсқадағы термофильді фаза басқа нұсқаларға қарағанда әлдеқайда кеш басталуына байланысты.

Бұл зерттеуде қордалау массасындағы сабан мөлшері 20% құрайтын нұсқалар алғашқы он күнде жалпы азот мөлшерінің бастапқы мәндерден 42%-46% құрайтын ең төмен үлесіне ие болды. 56%-ға тең ең жоғары азот шығыны сабансыз тәжірибелік нұсқаларда, ал биопрепараттар арасында азоттың ең аз шығыны Агромикс SS қолданылған нұсқаларда белгіленді.

Жалпы көміртегінің азаюы аэробты қордалау үрдісінде органикалық заттардың CO₂ және H₂O дейін тотығуына байланысты. Inbar M. органикалық заттардың шамамен 50%-ы қордалау кезінде CO₂ және H₂O-ға дейін ыдырайтынын атап өтті [270]. Органикалық заттардың тыңайтқыш ретінде қолдануға жарамды компостқа айналуы компост құрамындағы микрофлораның арнайы ферменттерді бөлу қабілетіне байланысты.

Қордалау кезінде жалпы көміртегінің жоғалуы CO₂ және CH₄ формасында жүреді. Берілген зерттеуде көміртегінің негізгі үлесі аэробты және анаэробты микробтардың жоғары белсенділігіне байланысты алғашқы 10 күнде орын алды. Бастапқыда компост шикізатында анаэробты микрофлораның болуына байланысты CH₄ үлкен шығарындылары орын алуы мүмкін. Сонымен қатар компост массасы үйінділерге жиналып, шөгуі барысында тығыздалып, O₂ енуіне кедергі бола алады. Бұл кезде CH₄ шығарындылары үшін оңтайлы анаэробты орта түзіледі. Үйінділерді араластыру барысында O₂ енуі аэробты микроағзалардың көбеюіне көмектесіп, CO₂ шығарындыларын өсіреді де CH₄ шығарындыларын азайтады. Үйінді ішіндегі температура түскенде және

олардың пісіп жетілу кезеңінде CO₂ шығарындыларының азаюы байқалады, бұл жетілген компосттың тұрақтылығын көрсетеді.

Компост құрамындағы көміртегі мөлшері органикалық зат үлесімен тығыз байланысты. Компост құрамындағы органикалық зат мөлшері нұсқалар бойынша үлкен айырмашылық жасады (26-кесте).

Кесте 26 – Қордалаудан кейінгі органикалық тыңайтқыш құрамындағы органикалық зат мөлшері

Нұсқа	Органикалық зат, %
Бақылау – биопрепаратсыз лайлы тұнбалар	37,8
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%) + Триходермин SS (1 л/т) биопрепараты	47,1
Лайлы тұнбалар+ сабан (20%) + Триходермин SS (1,5 л/т) биопрепараты	42,0
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%)+Агромикс SS (2 л/т) биопрепараты	44,4
Лайлы тұнбалар+ сабан (20%)+Агромикс SS (2 л/т) биопрепараты	43,2
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%)+В консорциумы (1 л/т)	44,1
Лайлы тұнбалар+Микромикс (1 л/т) биопрепараты	42,0
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%)+А консорциумы (1 л/т)	39,0

Қордалау үрдісі аяқталған соң органикалық заттың ең төмен мөлшері бақылау және А консорциумы (1 л/т) қолданылған нұсқаларда тіркелді. Сабан мөлшері 10% құрайтын А консорциумынан басқа биопрепараттар қосылған нұсқаларда органикалық зат мөлшері 9,3% дейін жоғары болды.

Фосфор мен калий

Барлық нұсқалардағы фосфор концентрациясы органикалық заттардың минералдануына байланысты қордалау үрдісінің соңында жоғарылады. Қордалаудан кейінгі лайлы тұнба компостындағы жалпы фосфордың үлесі 0,721-ден 1,683% дейін өзгерді. Бұл элементтің максималды концентрация мәндері «Микромикс» биопрепаратын пайдаланған нұсқада белгіленді. «Микромикс» биопрепараты қосылған нұсқада өсім 2,4 есе, бақылауда - 2 есе, А және В микробтық консорциумдары бар компостта өсу 25% құрады, ең аз өсім көрсеткіші Агромикс + сабан 20% нұсқасында тіркелді. Сондай-ақ, жалпы калий құрамы жалпы фосфор мөлшерінің өзгерістеріне ұқсас болды (27-кесте).

Кесте 27 – Қордалау кезеңдеріне сәкес лайлы тұнба құрамындағы күкірт, фосфор мен калий мөлшерінің нәтижелері

Нұсқалар	S (күкірт), %			P (фосфор), %			K (калий), %		
	10 күн	20 күн	30 күн	10 күн	20 күн	30 күн	10 күн	20 күн	30 күн
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Бақылау биопрепаратсыз лайлы тұнбалар	1,37	1,33	1,96	0,67	1,28	1,46	0,43	0,56	0,53
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%) + Триходермин SS (1 л/т) биопрепараты	1,0	1,21	1,45	0,81	0,85	0,82	0,43	0,46	0,29

27-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Лайлы тұнбалар+ сабан (20%) + Триходермин SS (1,5 л/т) биопрепараты	0,98	1,47	1,34	0,5	0,7	0,93	0,44	0,51	0,39
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%)+Агромикс SS (2 л/т) биопрепараты	1,11	1,14	1,76	0,63	0,72	0,96	0,53	0,51	0,44
Лайлы тұнбалар+ сабан (20%)+Агромикс SS (2 л/т) биопрепараты	1,35	1,0	1,39	0,85	0,73	0,72	0,71	0,56	0,38
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%)+B консорциумы (1 л/т)	1,05	1,56	1,71	1,45	0,59	0,94	0,64	0,98	0,37
Лайлы тұнбалар+Микромикс (1 л/т) биопрепараты	1,15	1,57	1,35	1,41	1,26	1,68	0,62	0,65	0,79
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%)+A консорциумы (1 л/т)	1,02	1,12	1,28	0,97	0,61	0,95	0,62	0,45	0,6
ЕТАА ₀₅	0,1	0,11	0,13	0,13	0,14	0,08	0,73	0,09	0,1

Қордалау үрдісінде фосфор мен калий құрамының жоғарылауы масса жоғалу барысында концентратталу әсеріне байланысты болуы мүмкін. Lin C. компосттағы концентрациялық әсер органикалық көміртегінің N, P және K органикалық формаларымен салыстырғанда ыдырау жылдамдығы жоғары болған кезде пайда болады деп болжаған [271]. Қордалау органикалық қалдықтардағы P, K және микроэлементтерді концентраттауы немесе сұйылтуы мүмкін. Химиялық элементтердің жоғалуы сілтілену кезінде көрініс береді, ал органикалық заттардың ыдырауы олардың концентрациялануына әкеледі [272].

Қордалаудың алғашқы 10 күнінде B микробтық консорциумы мен Микромикс биопрепаратын пайдаланатын нұсқаларда жалпы фосфор мөлшері бастапқы мәннен 27%-ға артты. Басқа эксперименттік нұсқаларда жалпы фосфордың азаюы байқалды. Келесі 10 күн ішінде бақылау нұсқасындағы фосфор мөлшері 92%-ға өсті, Триходермин + 20% сабан биопрепаратын және Агромикс + 10% сабан биопрепаратын пайдаланатын нұсқаларда өсу сәйкесінше 40% және 15% құрады. Қордалау аяқталғаннан кейін үйінділердің жалпы салмағы азайғандықтан, көптеген тәжірибе нұсқаларында жалпы фосфор мөлшерінің 14%-дан 34%-ға дейін артуы байқалды. Miaomiao H. компосттың құрамындағы P, Cu, Zn және Cd қордалаудан кейін көбейетінін, ал ұшқыш қатты заттар, су, рН және N төмендейтінін атап өтті [273].

Фосфордан басқа, күкірт өсімдіктердің метаболизміне қатысатын маңызды биогендік элементтердің бірі болып табылады, соның ішінде фотосинтезге қатысатын ферменттердің қалыпты жұмысында да күкірт

маңызды роль атқарады [274]. Өсімдіктердің күкіртпен жеткіліксіз қоректенуі топырақтан азоттың нашар сіңірілуіне әкеледі. Сонымен, органикалық тыңайтқыштағы күкірт мөлшері де маңызды параметр болып саналады. Компост массасындағы күкірттің мөлшері барлық эксперименттік нұсқаларда қордалау кезеңінде өсті. Осы тұрғыда алынған компосттарды күкірт мөлшері бойынша құнды деп санау керек.

Қордалау соңында бақылаудағы күкірт концентрациясы тәжірибелік нұсқалардың компост массасына қарағанда жоғары болды. Микроағзалармен өңделген нұсқалардың ішіндегі ең жоғары күкірт мөлшері Агромикс SS + сабан 10% және В консорциумы + сабан 10% компосттарында тіркелді. Бақылаудағы күкірттің жоғары болуы бақылау үйіндісіндегі субстратта микроағзалардың белсенділігінің төмендігіне байланысты.

Ағынды су лайлы тұнбаларын тыңайтқыш ретінде пайдаланған кезде олардың құрамындағы ауыр металдар топырақты ластауы мүмкін. Топыраққа антропогендік әсер ету дәрежесі бойынша қауіптіліктің үш класы бөлінеді. 1 классқа «өте қауіпті заттар» кадмий, сынап, қорғасын, цинк; 2 классқа «орташа қауіпті заттар» кобальт, никель, молибден, мыс, хром; 3 классқа «қауіптілігі төмен заттар» барий, ванадий, вольфрам, марганец және стронций жатады. Топырақтың ауыр металдардан табиғи уытсыздануы өте баяу және тек сілтісіздендіру, өсімдіктерге мигарциялау, эрозия және дефляция арқылы жүреді.

Топырақтың ауыр металдары үшін «жартылай ыдырау периоды» термині ұсынылған. Жартылай ыдырау периоды цинк үшін – 70-тен 510 жылға дейін, кадмий үшін – 13-тен 110 жылға дейін, мыс үшін – 310-нан 1500-ге дейін, қорғасын үшін – 740-тан 5900 жылға дейінгі уақытты құрайды. Ауыр металдарды жою ұзақ мерзімді және өте қиын міндет болып табылады. Ұзақ уақыт бойы жүргізілген экологиялық және геохимиялық зерттеулердің нәтижелері ауыр металдардың топырақта және өсімдіктерде біртіндеп жинақталатынын көрсетеді [275]. Ауыр металдардың жалпы мөлшері бойынша лайлы тұнбалардан әзірленген компост негізгі ауыл шаруашылығы дақылдарына (ҚР СТ 2578-2014) [276] пайдалану талаптарына сай келеді және сәйкесінше агроландшафттық көгалдандыруда да қолдануға жарамды. Компостта мырыштың мөлшері 0,3-тен 0,5 ШРК-ға дейін ауытқиды; ең аз мөлшері сынап пен қорғасын үшін байқалады (28-кесте).

Кесте 28 – Лайлы тұнбалардағы ауыр металдардың қордалау барысындағы мөлшері

Нұсқа	Ni, мг/кг (ШРК 200,0)			Cu, мг/кг (ШРК 750,0)			Zn, мг/кг (ШРК 1750,0)			Cd, мг/кг (ШРК 15,0)			Hg, мг/кг (ШРК 7,5)			Pb, мг/кг (ШРК 250,0)		
	10 күн	20 күн	30 күн	10 күн	20 күн	30 күн	10 күн	20 күн	30 күн	10 күн	20 күн	30 күн	10 күн	20 күн	30 күн	10 күн	20 күн	30 күн
Бақылау – биопрепаратсыз лайлы тұнбалар	30,8	15,2	46,8	93,5	107,7	115,4	714,9	674,9	769,9	0	0	0,6	0	0	0	12,6	16,8	13,6
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%) + Триходермин SS (1 л/т) биопрепараты	27,7	16,5	17,2	108,3	95,6	82,9	600,9	735,3	575,6	0,9	0,3	0,8	0	0	0,9	15,0	14,1	10,3
Лайлы тұнбалар+ сабан (20%) + Триходермин SS (1,5 л/т) биопрепараты	16,01	28,7	17,5	99,0	106,6	105,9	630,8	935,8	739,4	0,1	0,8	0,6	0	0	0,3	14,4	15,4	13,0
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%)+Агромикс SS (2 л/т) биопрепараты	96,2	12,7	38,3	86,0	97,2	93,5	791,1	711,8	703,1	0	0	1,1	0	0	0	12,6	15,0	13,8
Лайлы тұнбалар+ сабан (20%)+Агромикс SS (2 л/т) биопрепараты	66,4	11,4	36,8	114,9	106,2	105,1	851,0	768,3	720,9	0,5	1,1	0,7	0	0	0	15,8	16,5	13,7
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%)+В консорциумы (1 л/т)	36,6	18,2	44,3	90,2	87,9	104,9	728,9	525,8	735,2	0	0,6	0,5	0	0	1,0	17,4	17,0	12,4
Лайлы тұнбалар+ Микромикс (1 л/т) биопрепараты	30,8	17,5	61,5	103,3	103,3	122,8	844,3	724,9	916,7	0,5	0	0,7	0	0	0,6	13,2	15,2	16,4
Лайлы тұнбалар+ сабан (10%)+А консорциумы (1 л/т)	28,4	9,9	60,4	100,5	88,7	101,1	863,3	616,4	679,9	0	0,4	0,5	0	0	0,9	13,7	15,2	19,8
ЕТАА ₀₅	1,2	4,1	4,0	3,2	3,5	4,5	24,9	27,7	30,8	0,1	0,1	0,2			0,1	1,01	1,0	1,7

Кадмий органикалық заттардың ыдырауы кезінде босап шығады, сондықтан қордалау кезінде оның жылжымалы формаларының өсуі байқалды. Лайлы тұнбалардың құрамындағы органикалық зат ауыр металдар түріндегі ластаушы заттарды жылжымалылығы аз кешендерге байланыстыратын қорғаныш қасиеттерге ие [277-279]. Ауыр металдар мөлшерінің артуы органикалық фракциялардың минералдануына мен ылғалдылықтың төмендеуіне және қордалау барысында материалдардың салмағының жоғалуына да байланысты болуы мүмкін [280-282].

Қордалау аяқталғаннан кейін ауыр металдар мөлшерінің төмендеуі қордалау кезіндегі тотығу үрдісімен және металлоорганикалық кешендердің түзілуімен байланысты. Ауыр металдардың азаюы сілтісіздендіруге де байланысты болады.

Лайлы тұнбалар құрамында кездесетін ауыр металдар мөлшеріне байланысты «Астана Су Арнасы» МКМ лайлы тұнбаларын бір алаңға 10 жыл бойына қолдану жоспарланса, топыраққа енгізу бойынша бір жылға рұқсат етілетін мөлшерлері топырақтағы фондық мөлшерлері белгілі мыс, цинк, кадмий, қорғасын үшін В.А.Касатиков формуласы бойынша есептелді [56].

1. Cu үшін: $D_{орт} = 76,4$ т/га.
2. Zn үшін: $D_{орт} = 18,8$ т/га.
3. Cd үшін: $D_{орт} = 783,9$ т/га.
4. Pb үшін: $D_{орт} = 255,5$ т/га.

Есептеу нәтижелері бойынша лайлы тұнбалардан алынған компостты жылына 18,8 т/га мөлшерінен аспайтын деңгейде енгізуге болады.

3.11 Лайлы тұнбалардан алынған органикалық тыңайтқышты агроландшафттық егіншілікте сынау нәтижесі

3.11.1 Органикалық тыңайтқыштың сәндік амаранттың өсуі мен топырақ құнарлылығына әсері

Амарант себілгенге дейін топырақтағы нитратты азоттың мөлшері төмен болды және 0-20 см қабатта 2021 жылы 3,0 мг/кг құраса, 2023 жылы 11,5 мг/кг болды. Өну кезеңінде топырақтағы N-NO₃ мөлшері тәжірибелік нұсқалар бойынша айтарлықтай өсіп отырды. 5 т/га органикалық тыңайтқышты қолданған кезде N-NO₃ мөлшері 2021 жылы бастапқы мәннен 3 еседей көп болды, 10 т/га мөлшерде N-NO₃ мөлшері артып, зерттеудің екі жылында да ұқсас мәнге ие болды. 15 т/га нұсқасында да нитратты азот мөлшері бастапқы мәннен әлдеқайда жоғары болып, екі жыл мәліметтері бір-бірінен үлкен айырмашылық жасамады. Өсіп-даму кезеңінде топырақтағы N-NO₃ мөлшері 2021 жылы 5 т/га мөлшері органикалық тыңайтқышты енгізгеннен нұсқада 1,5 есе өсті, 10 т/га, 15 т/га енгізген нұсқаларда айтарлықтай өзгермеді. 2023 жылы бақылау нұсқасында N-NO₃ мөлшері төмендеп отырып, зерттеу нұсқаларында өну кезеңімен салыстырғанда сол деңгейде қалды. Барлық өсіп-даму кезеңдері бойынша топырақтағы N-NO₃ құрамының орташа мөлшері 10 т/га, 15 т/га органикалық тыңайтқышты енгізген нұсқаларда айтарлықтай жоғары болды және бақылау нұсқасының мәнінен 2,5-нан 6 есеге дейін асты (29-кесте).

Кесте 29 – Органикалық тыңайтқыштың амаранттың вегетациялық кезеңдеріне сәйкес топырақтағы нитратты азоттың мөлшеріне әсері (0-20 см, мг/кг)

Нұсқа	Өну кезеңі, жылдар		Өсіп-даму кезеңі, жылдар		Гүлдеу кезеңі, жылдар		Орташа мөлшері, жылдар	
	2021	2023	2021	2023	2021	2023	2021	2023
Бақылау	4,8	10,2	3,5	8,3	3,2	6,6	3,8	8,4
Органикалық тыңайтқыш 5 т/га	8,9	13,0	13,65	15,4	8,4	11,8	10,3	13,4
Органикалық тыңайтқыш 10 т/га	23,7	23,2	25,7	23,1	9,25	18,4	19,6	21,6
Органикалық тыңайтқыш 15 т/га	30,85	31,9	29,75	31,1	9,15	25,7	23,3	29,6
ЕТАА ₀₅	1,1	1,5	0,5	1,5	0,7	0,7	1,5	

Топырақтағы нитратты азот құрамының динамикасы жылжымалы фосфордың динамикасымен тығыз байланысты [283]. 2021 және 2023 жылдарда амарант тұқымының өнуі кезеңінде 0-20 см қабаттағы жылжымалы фосфор мөлшері бақылау нұсқасында 12,4-14,6 мг/кг құрады. Органикалық тыңайтқыш қосылған нұсқаларда жылжымалы фосфордың көрсеткіштері бақылау нұсқасымен салыстырғанда айтарлықтай өсті. Әсіресе 10 т/га мөлшер мен 15 т/га мөлшерде қолжетімді фосфор 41%-дан 4,7 есеге дейін артық болды.

Амаранттың гүлдеу кезеңінде жылжымалы фосфордың мөлшері бақылаудағы бастапқы мәндерге дейін айтарлықтай төмендеді, лайлы тұнбалардан алынған тыңайтқыш қосылған нұсқаларда жылжымалы фосфордың көрсеткіші 5 т/га мөлшерде екі есеге дейін азайып, 10 т/га, 15 т/га мөлшерде 2021 жылы өзгеріссіз қалса, 2023 жылы 30% дейін төмендеді.

Амарант вегетациясының барлық кезеңдерінде 5, т/га, 10 т/га, 15 т/га мөлшерде органикалық тыңайтқыш енгізілген нұсқаларда топырақтағы жылжымалы фосфор мөлшерінің орташа мәні бақылау нұсқасындағы бұл көрсеткіштен 55%-дан 4,1 есеге дейін жоғары болды (30-кесте).

Кесте 30 – Органикалық тыңайтқыштың әртүрлі мөлшерлерінің әсерінен амаранттың вегетациялық кезеңдері бойынша топырақтағы жылжымалы фосфор көрсеткіштерінің өзгеруі (0-20 см, мг/кг).

Нұсқа	Өну кезеңі, жылдар		Өсіп-даму кезеңі, жылдар		Гүлдеу кезеңі, жылдар		Орташа мөлшері, жылдар	
	2021	2023	2021	2023	2021	2023	2021	2023
Бақылау	12,4	14,6	15,1	16,1	7,6	11,0	11,7	13,9
Органикалық тыңайтқыш 5 т/га	32,4	15,9	35,5	26,4	19,3	22,5	29,0	21,6
Органикалық тыңайтқыш 10 т/га	35,8	20,6	35,0	29,3	30,7	23,0	33,8	24,3
Органикалық тыңайтқыш 15 т/га	57,95	40,3	42,3	41,1	45,3	29,4	48,5	36,9
ЕТАА ₀₅	0,5	2,2	1,76	2,6	0,41	1,5		

Амаранттың 2021,2023 жылдарда вегетациялық кезеңнің басында жылжымалы калийдің мөлшері жоғары болып отырды. 15 т/га органикалық тыңайтқышты қолдану өну кезеңінде топырақ қабатындағы К₂О мөлшерін себуге дейінгі деңгейден 23-32%-ға дейін арттырды (31-кесте).

Тәжірибе учаскелерінің топырағы калийдің жоғары мөлшерімен сипатталады. Бұл нұсқалар арасында топырақтағы жылжымалы калий мөлшерінің өзгерістерінің арасында заңдылықтардың болмауына әкелді.

Кесте 31 – Органикалық тыңайтқыштың әртүрлі мөлшерлерінің әсерінен амаранттың вегетациялық кезеңдері бойынша топырақтағы алмаспалы калий көрсеткіштерінің өзгеруі (0-20 см, мг/кг)

Нұсқа	Өну кезеңі, жылдар		Өсіп-даму кезеңі, жылдар		Гүлдеу кезеңі, жылдар		Орташа мөлшері, жылдар	
	2021	2023	2021	2023	2021	2023	2021	2023
Бақылау	540	526	643	537	556	520	579	528
Органикалық тыңайтқыш 5 т/га	548	623	656	577	542	543	582	581
Органикалық тыңайтқыш 10 т/га	605	663	687	529	538	548	610	580
Органикалық тыңайтқыш 15 т/га	673	680	699	629	575	569	649	626
ЕТАА ₀₅	34,2	7,3	5,7	11,2	29,6	23,8	-	-

Барлық вегетациялық кезеңде жылжымалы калий мөлшерінің максималды артуы 15 т/га лайлы тұнба қосылғанда байқалды.

Агрономияда гумус қорын көбейтудің және оның сапасын жақсартудың әртүрлі әдістері бар, бірақ органикалық тыңайтқыштарды қолдану топырақтағы гумус мөлшеріне әсер ететін маңызды фактор болып қала береді. Органикалық тыңайтқыштарды жүйелі түрде қолдану жас гумин қышқылдарының синтезінің көзі болып табылатын жаңа органикалық заттардың пайда болуының есебінен қарашірік мөлшерінің ұлғаюына ықпал етеді. Сондықтан Skowrońska M., Melo W. сияқты кейбір ғалымдар тұрақты гумустың негізгі бөлігін сақтау үшін топыраққа органикалық тыңайтқыштарды қолдану қажеттігін атап өтеді [284, 285].

Кесте 32 – Лайлы тұнбадан алынған органикалық тыңайтқыштың әртүрлі мөлшерлерінің әсерінен топырақтағы органикалық заттың массалық үлесінің көрсеткіштері, %

Нұсқа	Органикалық заттың массалық үлесі, %	
	2021 жыл	2023 жыл
Бақылау	1,7	2,0
Органикалық тыңайтқыш 5 т/га	1,7	2,1
Органикалық тыңайтқыш 10 т/га	1,8	2,1
Органикалық тыңайтқыш 15 т/га	1,8	2,1
ЕТАА ₀₅	0,1	0,1

Тыңайтқыштардың 10-15 т/га мөлшерде әсер етуінің нәтижесінде топырақтағы органикалық заттардың массалық үлесі орта есеппен 0,1%-ға өсті. Тыңайтқыштарды 5 т/га мөлшерде енгізген кезде топырақтағы қарашіріктің құрамы айтарлықтай өспеді (32-кесте).

3.11.2 Органикалық тыңайтқыштың көгал өсімдіктерінің өсімі мен топырақ құнарлылығына әсері

Көгалдың көктеу кезеңінде тәжірибелік нұсқалардың топырағында N-NO₃ мөлшері айтарлықтай артты (33-кесте). 2022-2023 жылдары жасалған зерттеуде бақылау нұсқасында 0-20 см топырақ қабатында нитратты азоттың мөлшері 11,07 - 11,77 мг/кг болса, органикалық тыңайтқышты 5 т/га қосқан кезде 15-16%-ға, 10 т/га мөлшерде қолданғанда 1,7-2 есе, 15 т/га орта есеппен 2,5-2,7 есе өсті.

Кесте 33 – Органикалық тыңайтқыштың көгалдың шабылулары бойынша топырақтағы нитратты азоттың мөлшеріне әсері (0-20 см, мг/кг)

Нұсқа	Көктеу, жылдар		1-шабу, жылдар		3-шабу, жылдар		5-шабу, жылдар		Вегетация бойынша орташа, жылдар	
	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023
Бақылау	11,07	11,77	15,73	11,83	8,03	9,7	6,27	6,3	10,28	9,9
Органикалық тыңайтқыш 5 т/га	12,83	13,7	18,5	18,37	10,3	19,67	16,64	20,03	14,57	17,94
Органикалық тыңайтқыш 10 т/га	23,13	21,07	26,3	26,3	16,6	23,43	20,52	21,68	21,64	23,12
Органикалық тыңайтқыш 15 т/га	27,7	32,13	31,9	31,9	27,93	28,4	22,9	25,3	27,61	29,43
ЕТАА ₀₅	2,4	1,5	1,5	1,8	0,7	0,6	0,7	0,9		

Бірінші шөп шабудан кейін нитратты азоттың мөлшері барлық тәжірибелік нұсқада жоғарылады. 5 т/га мөлшерінде лайлы тұнбалармен тыңайтылған нұсқада нитратты азот мөлшері алдыңғы фазамен салыстырғанда 2022-2023 жылдарда 34-44%-ға, 10 т/га 14-25% және 15 т/га мөлшерде 2022 жылы 16% артып, 2023 жылы өзгеріссіз қалды. Келесі шабуларда нитратты азот мөлшері барлық нұсқалар бойынша төмендей берді.

Азот құрамының динамикасы жылжымалы фосфор құрамының динамикасымен тығыз байланысты. 2022-2023 жылдардағы көктеу кезеңінде 0-20 см қабаттағы жылжымалы фосфордың мөлшері бақылау нұсқасында 13,6 - 14,2 мг/кг құрады, 5 т/га лайлы тұнба енгізілген нұсқада фосфор мөлшері 4-6%-ға артық, бұл бақылау нұсқасына қарағанда қатты айырмашылық көрсетпеді, 10 т/га енгізілген нұсқада – 35-72%-ға және 15 т/га енгізілген нұсқада ең үлкен көрсеткіш – 38,07 мг/кг топыраққа 2,6-2,9 есе тиімді өсуі байқалды (34-кесте).

Кесте 34 – Органикалық тыңайтқыштың әртүрлі мөлшерлерінің әсерінен көгалдың шабылулары бойынша топырақтағы жылжымалы фосфор көрсеткіштерінің өзгеруі (0-20 см, мг/кг)

Нұсқа	Көктеу, жылдар		1-шабу, жылдар		3-шабу, жылдар		5-шабу, жылдар		Вегетация бойынша орташа, жылдар	
	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023
Бақылау	14,2	13,6	15,78	13,26	14,07	9,74	12,48	10,52	14,13	11,78
Органикалық тыңайтқыш 5 т/га	15,11	14,15	29,89	34,48	23,67	20,56	23,74	20,9	23,10	22,52
Органикалық тыңайтқыш 10 т/га	19,29	23,33	32,04	38,81	29,89	30,29	26,59	25,11	26,95	29,39
Органикалық тыңайтқыш 15 т/га	38,07	39,48	38,11	47,85	35,96	34	28,93	25,04	35,27	36,59
ЕТАА ₀₅	1,6	3,4	1,3	3,9	1,8	2,1	1,3	2,7		

Тәжірибелік учаскелердің топырақтары калийдің жоғары болуымен сипатталады. Көктеу кезеңінде 15 т/га органикалық тыңайтқышты қолдану топырақтың жоғарғы қабатындағы К₂О мөлшерінің ұлғайтатыны анықталды және бұл мән себу алдындағы көрсеткіштен 15%-ға жоғары болды (35-кесте).

Кесте 35 – Органикалық тыңайтқыштың әртүрлі мөлшерлерінің әсерінен көгалдың шабылулары бойынша топырақтағы алмаспалы калий көрсеткіштерінің өзгеруі (0-20 см, мг/кг)

Нұсқа	Көктеу		1-шабу		3-шабу		5-шабу		Вегетация бойынша орташа	
	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023
Бақылау	560	548	516	551	526	526	522	534	531	540
Органикалық тыңайтқыш 5 т/га	581	604	530	546	535	572	525	551	543	568
Органикалық тыңайтқыш 10 т/га	604	623	548	589	543	612	536	576	536	600
Органикалық тыңайтқыш 15 т/га	628	652	572	698	562	638	554	588	554	644
ЕТАА ₀₅	19,4	15,6	11,1	11,02	9,2	11,01	11,7	21,5		

Лайлы тұнбалар топырақтағы азот пен фосфор мөлшеріне оңтайлы әсер етеді, бірақ ірі қара мал көңі мен құс саңғырығын салыстырғанда құрамындағы

калий мөлшері өте аз. Көгал өсуінің бүкіл кезеңінде алмаспалы калий мөлшерінің ең көп өсуі 15 т / га лайлы тұнба енгізілгеннен кейін байқалды.

Топырақтың агрохимиялық құрамы лайлы тұнбалардың енгізілген мөлшеріне тікелей тәуелді екендігі нақты көрініс береді. N-NO₃ мөлшері 2022-2023 жылдары көктеуден 1-шабуға дейін тұрақты түрде көтерілді. 3-шабудан кейін нитратты азот мөлшері барлық нұсқаларда шамамен үш есе азайды. Көгалдың әр шабумен топырақтағы нитратты азоттың мөлшері азайып отырды. Барлық кезеңдер бойынша топырақтағы нитрат азотының құрамының нәтижелері топырақтағы N-NO₃ жалпы өзгерістерін айқын көрсетеді.

1 – шабудан кейін лайлы тұнба енгізілген нұсқаларда топырақтағы P₂O₅ құрамының өсуі байқалады. 3-5 – шабудан кейін жылжымалы фосфор көрсеткіштері, әсіресе бақылау нұсқасында бастапқы мәндерге дейін айтарлықтай төмендейді, лайлы тұнбалар қосылған нұсқаларда жылжымалы фосфор мөлшері 1,3-1,5 есе азаяды.

Лайлы тұнбаларды топыраққа тыңайтқыш ретінде енгізудің оңтайлы мөлшері ретінде 10 т/га тең мөлшер ұсынылады, бұл ретте топырақтағы нитраттардың орташа мөлшері барлық кезеңдерінде егістік қабаттағы бақылаудан 5,2-5,5 есе жоғары болды. Өсімдіктердің өсуінің барлық кезеңдеріндегі жылжымалы фосфордың орташа мөлшері топырақта бақылау нұсқасымен салыстырғанда 2,5-2,9 есе артады.

Органикалық тыңайтқыш құрамында органикалық заттардың едәуір мөлшері бар, ол топырақтың органикалық компонентіне айтарлықтай әсер етуі үшін бірнеше кезеңде қайталап енгізу қажет.

3.11.3 Лайлы тұнбадан алынған органикалық тыңайтқыштың топырақтағы ауыр металдардың мөлшеріне әсері

Ауыр металдар және олардың қосылыстары кең таралған, уыттылығы жоғары ластаушы заттардың қатарына жатады [286]. Топыраққа ағынды сулардың лайлы тұнбаларын енгізгенде ауыр металдармен ластану қаупіне байланысты топырақ құрамындағы негізгі ауыр металдардың жалпы мөлшерінің деңгейіне баға берілді. 36-кесте келтірілген мәліметтерден топыраққа органикалық тыңайтқышты енгізген кезде ауыр металдардың мөлшері ШРК мәндерінен аспағанын көруге болады.

Кесте 36 – Лайлы тұнбадан алынған органикалық тыңайтқыштың мөлшеріне байланысты топырақтағы ауыр металдардың жалпы мөлшерінің 2021-2023 жылдар бойынша орташа көрсеткіштері (мг/кг)

Нұсқа	Zn	Cd	Cu	Pb
ШРК _т	100,0	3,0	55,0	30,0
Бақылау	29	0	16,4	9,2
Органикалық тыңайтқыш 5 т/га	28,2	0	17	9,5
Органикалық тыңайтқыш 10 т/га	30,4	0	17	9,8
Органикалық тыңайтқыш 15 т/га	35,3	0	18,2	10,4

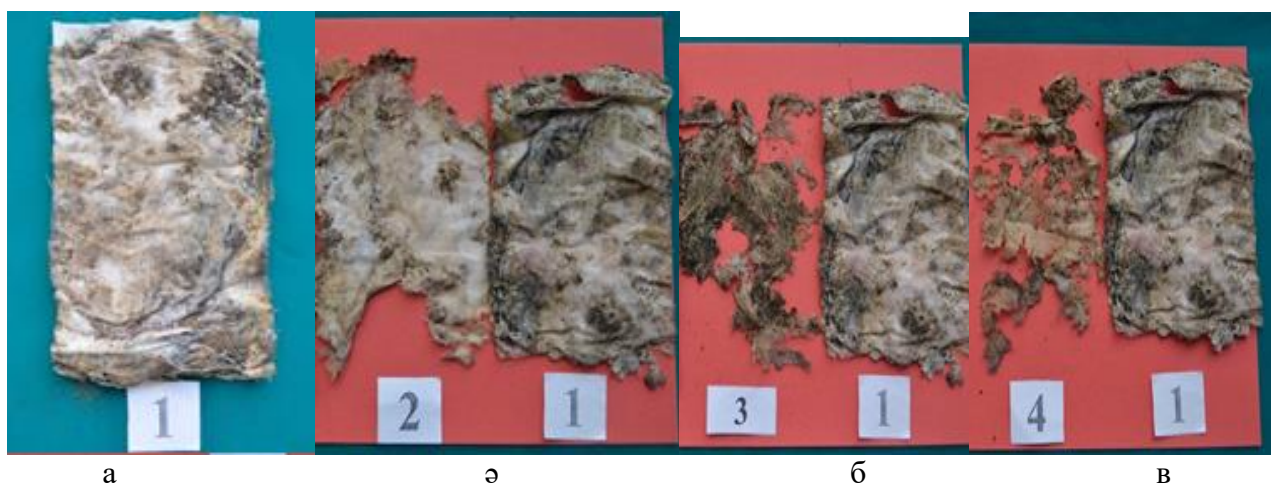
Ауыр металдар топырақта жиналуға бейім болғандықтан, лайлы тұнбадан алынған органикалық тыңайтқыштарды бірнеше рет, ұзақ уақыт енгізгенде, тыңайтылған жердегі топырақтағы ауыр металдар деңгейіне жыл сайын мониторинг жүргізу қажет.

Лайлы тұнбаларды сәндік дақылдарды өсіру үшін органикалық тыңайтқыш ретінде пайдалану бірден бірнеше экологиялық және агрохимиялық мәселелерді шешуге мүмкіндік береді: ағынды суларды пайдалану өнімділіктің тұрақтылығы мен топырақ құнарлығын арттыру, сондай-ақ органикалық тыңайтқыштар өндірісін кеңейту қажеттілігі бар.

3.11.4 Органикалық тыңайтқыштың топырақтың биологиялық белсенділігіне әсері

Зығыр матасын қолдану әдісі топырақтағы микроағзалардың целлюлозаны ыдырату белсенділігінің дәрежесін ғана көрсетіп қоймай, азоттың мобилизация деңгейін де анықтайды. Сонымен қатар зығыр матасын қолдану әдісі арқылы өсімдік текті материалдың ыдырау дәрежесін бағалау мөлтектердегі топырақ микрофлорасының белсенділігін табиғи ортада объективті түрде бағалайды. Берілген әдіс зертханалық жағдайларда Петри табақшаларында әртүрлі қоректік орталарға микроағзаларды өсіріп, санағанға карағанда әлдеқайда нақты әрі тиімді.

Өткізілген зерттеулерде топырақтың биологиялық белсенділік дәрежесі зығыр матасын топыраққа 5-25 см тереңдікке көмгеннен 3 ай өткен соң бағаланды. 15-сурет органикалық тыңайтқыштың енгізілетін мөлшерін арттырған сайын топырақтағы микробиологиялық үдерістер күшейіп, целлюлозаны ыдырату белсенділігі артатынын көрнекі түрде бақылауға болады.

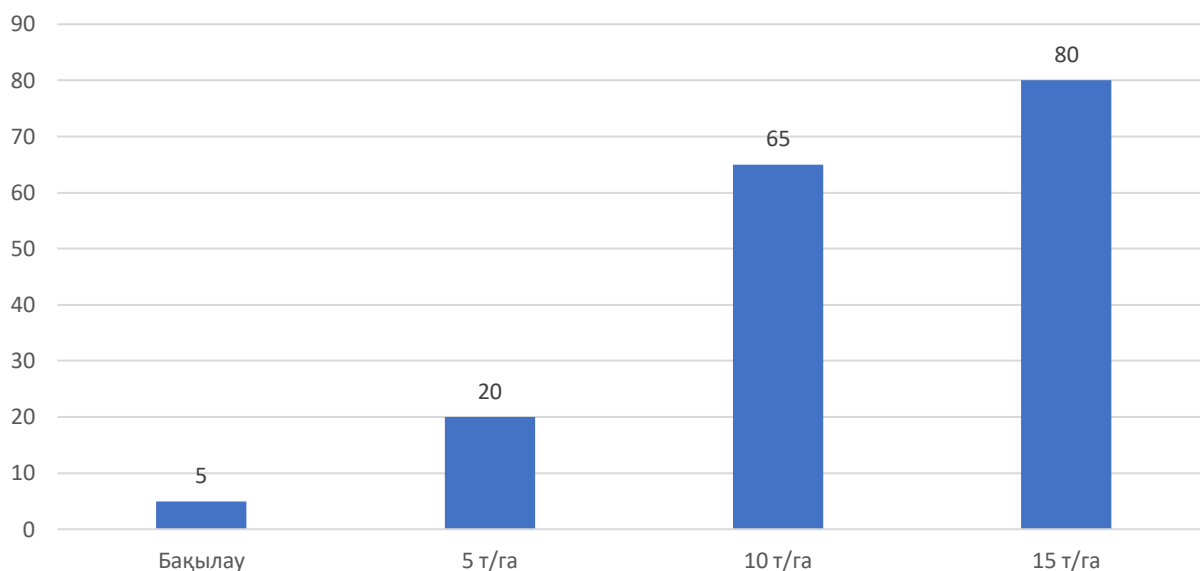


а - Бақылау нұсқасы; ә - Лайлы тұнбалар 5 т/га; б - Лайлы тұнбалар 10 т/га; в - Лайлы тұнбалар 15 т/га

Сурет 15 – Зығыр маталарының топырақта 3 ай өткізгеннен кейінгі көрінісі

Көгал өсірілген топыраққа салынған зығыр матасының тыңайтылған нұсқалардағы ыдырау көрсеткіштері бақылаумен салыстырғанда әлдеқайда

карқынды болды. 15 т/га нұсқасында ыдырау көрсеткіші бақылаумен салыстырғанда барлық эксперименттік нұсқалардан жоғары болды. 15 т/га лайлы тұнбада целлюлозаның 80% максималды ыдырауы тіркелді. Лайлы тұнба 10 т/га мөлшерде қолданған нұсқада зығыр матасының ыдырау дәрежесі 65% жетті. Лайлы тұнбаның ең төменгі 20% целлюлозалық белсенділігі 5 т/га лайлы тұнбада байқалады (16-сурет).



Сурет 16 – Лайлы тұнбалардың әртүрлі мөлшерін енгізу кезінде зығыр матасының ыдырау дәрежесі, %

Лайлы тұнба тыңайтқышының мөлшері жоғарылауымен қатар целлюлозалық белсенділігі де артады. Бұл зерттеу нәтижесі басқа да ғалымдардың зерттеулерімен үйлеседі [287, 288].

3.11.5 Органикалық тыңайтқыштың амарант пен көгал ризосферасының микробтық құрамына әсері

Топырақтың органикалық заттарының құрамына бактериялардан, саңырауқұлақтардан, актиномицеттерден, ашытқылардан және т.б. тұратын белсенді фракция – микроағзалардың биомассасы кіреді. Топырақтың қолайсыз әсерлерге төзімділігін арттыратын негізгі факторларға микробтық биомассаның және микроағзалар түрлерінің әралуан болуы жатады.

Тәжірибе учаскесіндегі микроағзалардың саны амарант пен көгал тұқымын себу алдында 2021-2023 жылдары зерттелді. Тұқым себу алдында аммонификаторлардың мөлшері (ЕПА бойынша) азоттың минералды түрлерін ассимиляциялайтын микроағзалармен салыстырғанда (КАА бойынша) 13,0 млн./г жоғары болды, бұл гумификация үрдістерінің басымдығын көрсетеді. Актиномицеттер саны әдетте 3,0 мың/г, ал саңырауқұлақтар саны 2,0 мың/г аспайды (Гаузеда). Чапек-Докс қоректік ортасында 2 мың/г мөлшерінде жіп тәрізді саңырауқұлақ анықталған. Азот бекітуші бактериялар

мөлшері ылғалдылыққа және топырақтың температурасына тікелей байланысты және 42,0 млн./г құрады.

Кесте 37 – Амарант ризосферасының микробиологиялық белсенділігі (2021, 2023 жылдар)

Нұсқа	ЕПА	КАА	Гаузе	Гетчинсон		Чапек-Докс		Эшби
	бактерия млн/г	бактерия млн/г	актиномицет мың/г	актиномицет мың/г	саңырауқұлақ мың/г	актиномицет мың/г	саңырауқұлақ мың/г	бактерия млн/г
Көктеу								
Бақылау	21,5	5,0	2,0	0	3,0	1,0	1,0	4,0
Лайлы тұнба 5 т/га	45,5	8,0	5,0	2,5	3,0	0	1,0	5,0
Лайлы тұнба 10 т/га	51,0	32,0	6,5	3,0	2,0	4,5	0	26,5
Лайлы тұнба 15 т/га	65,0	23,5	8,0	1,0	5,0	1,5	0	30,0
Өсіп-даму								
Бақылау	17,0	3,5	8,0	7,0	3,0	0	5,0	2,5
Лайлы тұнба 5 т/га	12,0	16,0	11,0	4,5	1,0	0	6,0	6,0
Лайлы тұнба 10 т/га	22,0	12,0	22,0	2,0	2,5	2,0	6,5	4,0
Лайлы тұнба 15 т/га	36,0	13,0	26,5	5,0	2,5	1,5	12,0	-
Гүлдеу								
Бақылау	5,5	7,5	18,5	1,5	2,5	0	5,0	5,0
Лайлы тұнба 5 т/га	12,5	4,5	17,0	0	0	0,5	0	1,5
Лайлы тұнба 10 т/га	15,0	5,5	12,5	0	0	1,5	0	1,0
Лайлы тұнба 15 т/га	11,0	7,0	11,0	0	0	0	0	2,5

37-кестеде, амаранттың көктеу фазасында барлық нұсқаларда топырақтың минералдану үрдістерінің күшеюі байқалды. Сонымен қатар органикалық тығайтқыш мөлшері өскен сайын ризосфера құрамындағы бактериялар саны да артып отырды. Гаузе қоректік ортасында көктеу кезеңінде барлық зерттелетін нұсқаларда бақылаумен салыстырғанда актиномицеттер саны өсті. Амаранттың өсіп-даму кезеңінде актиномицеттер саны зерттеу нұсқалары бойынша өсуін жалғастырып, органикалық тыңайтқыштың 15 т/га мөлшері қосылған нұсқада 26,5 мың/г дейін жетті. Гүлдену кезеңінде актиномицеттердің КТБ саны күрт төмендеп, көп дегенде 25 мың/г құрады. Жалпы амарант ризосферасында актиномицеттердің ең көп мөлшері топыраққа 10 т/га және 15 т/га мөлшері лайлы тұнбаларды енгізген кезде байқалды.

Көктеу және өсіп-даму кезеңінде Чапек-Докс қоректік ортасында өсетін саңырауқұлақтар барлық нұсқаларда анықталды. Микроскопиялық саңырауқұлақтар органикалық заттардың күшті минерализаторлары болып табылады, бірақ олардың көп мөлшері өсімдіктердің дамуын тежеуі мүмкін. Гүлдену кезеңінде Чапек-Докс қоректік ортасында сараланған саңырауқұлақтар тыңайтқыш енгізілмеген бақылау нұсқасында ғана табылды.

Органикалық тыңайтқыштың 10-15 т/га мөлшері енгізілген нұсқаларда көктеу кезеңінде Эшби қоректік ортасында есепке алынатын азот бекітуші микроағзалар санының күрт өсетінін бақылауға болады. Уақыт өте келе, өсіп-даму және гүлдену кезеңдерінде азот бекітуші бактериялар мөлшері бастапқы деңгейге оралады.

Енгізілген тыңайтқыш мөлшерінің жоғарылауымен Гетчинсон ортасында зерттелген микроағзалар топтарының өсуі тіркелмеді. Көктеу кезеңінде актиномицеттер мен саңырауқұлақтар өсуінің оң үрдісі байқалды, және барлық нұсқаларда целлюлозаны бұзатын саңырауқұлақтар саны жоғары болды. Целлюлоза ыдырататын мицелиалды саңырауқұлақтар мен актиномицеттердің бастапқы кезеңдерде таралуы топырақта бидай сабаны мен ыдырауы қиын органикалық қосылыстардың интенсивті ыдырауының көрсеткіші болып табылады. Целлюлоза ыдырататын актиномицеттердің белсенді дамуы негізінен жазда, жоғары температурада және топырақтың ылғалдылығы төмен болған кезде байқалды.

Кесте 38 – Көгал ризосферасының микробиологиялық белсенділігі (2022-2023 жылдар)

Вариант	ЕПА	КАА	Гаузе	Гетчинсон			Чапек- Докс		Эшби
	бактерия млн/г	бактерия млн/г	актиномицет мың/г	актиномицет мың/г	саңырауқұлақ мың/г	актиномицет мың/г	саңырауқұлақ мың/г	бактерия млн/г	
1 – шабу									
Бақылау	12,7	5,0	4,6	1,7	0,3	3,3	2,0	9,7	
Лайлы тұнба 5 т/га	22,7	13,0	7,0	3,7	0	4,0	1,7	17,3	
Лайлы тұнба 10 т/га	30,0	24,7	4,3	3,0	0	4,0	2,7	29,3	
Лайлы тұнба 15 т/га	54,7	39,3	4,3	4,0	0,3	6,3	1,7	28,0	
3 – шабу									
Бақылау	22,0	11,7	4,3	1,3	0,3	4,0	0,7	6,0	
Лайлы тұнба 5 т/га	26,0	21,3	6,0	3,3	1,7	2,0	1,0	11,3	
Лайлы тұнба 10 т/га	35,0	30,3	6,3	3,6	2,0	3,0	1,3	8,3	
Лайлы тұнба 15 т/га	34,7	29,7	7,0	3,8	1,0	2,7	1,7	18,7	
6 – шабу									
Бақылау	14,7	20,7	4,3	0	0	4,7	2,0	12,7	
Лайлы тұнба 5 т/га	24,7	24	2,7	0	0,3	5,3	2,3	19,3	
Лайлы тұнба 10 т/га	23,0	24,7	3,3	0,7	0	4,0	1,3	22,0	
Лайлы тұнба 15 т/га	22,0	20,3	1,7	0,7	0,3	4,0	1,0	24,0	

38-кестеде көгал ризосферасында спора түзуші бактериялардың ең көп мөлшері лайлы тұнбалардың 10 т/га және 15 т/га қолданған нұсқаларында тіркелді. ЕПА және КАА қоректік орталарында есепке алынатын бактериялар санының күрт өсуі көгал өсуінің бастапқы кезеңдерінде орын алды. Спора түзуші бактериялардың ең аз мөлшері барлық шабуларда бақылау нұсқасында

болды. 1-шабу мен 3-шабу кезінде азоттың минералды түрлерін ассимиляциялайтын бактерияларға қарағанда аммонификаторлар саны барлық нұсқаларда артық тіркелді. 6-шабуда керісінше аммонификаторлар саны көбейгені байқалды. Бұл дамудың бастапқы кезеңдерінде топыраққа енгізілген тыңайтқыш құрамындағы органикалық заттың минералдану құбылыстарының орын алып, артынан гумификация үрдістеріне жалғасатынына байланысты.

Гаузе, Гетченсон және Чапек–Докс қоректік орталарында өсетін актиномицеттер топтарын анықтау олардың органикалық қалдықтарды ыдырату, топырақтағы минералды және органикалық қосылыстарды түрлендіру үрдістеріне қатысатынына байланысты маңызды. Актиномицеттердің барынша жоғары көрсеткіш органикалық тыңайтқыштардың 10 т/га және 15 т/га мөлшерінде анықталып отырды. Сонымен қатар олар көгал өсуінің бастапқы кезеңдерінде көп болса, вегетацияның соңына қарай сирек кездесті.

Эшби қоректік ортасында тіркелетін азот бекітуші микроағзалар санын анықтау кезінде лайлы тұнбалар енгізілген нұсқаларда олардың барынша көп мөлшері анықталып отырды.

3.11.6 Органикалық тыңайтқыштың топырақтың ферменттік белсенділігіне әсері

Топырақтың сапасы мен өнімділігін бағалау үшін оның микробиологиялық сипаттамаларын анықтау өте маңызды. Ферменттік белсенділікті зерттеу топырақта болатын биохимиялық үрдістер туралы ақпарат береді. Топырақтың биологиялық параметрлері топырақты басқару әдістерінің тиімділігі мен оның экологиялық жағдайын бағалауға мүмкіндік беретін сезімтал көрсеткіш екендігі сөзсіз. Ферменттердің белсенділігін зерттеу топырақта болатын биохимиялық үрдістер туралы ақпарат береді. Ферменттік белсенділік табиғи және антропогендік әсерлерге өте сезімтал. Топырақ микроағзалары топырақ экожүйелерінің индукциялық өзгерістеріне тез жауап қайтарады [289]

Ферменттік белсенділікке қоршаған ортаның температурасы, ылғалдылығы, ластану, жер өңдеу, пестицидтер мен тыңайтқыштарды қолдану сияқты факторлар әсер етеді [290]. Бұл зерттеуде CO_2 түзілуі, микробтық көміртегі биомассасы, каталаза белсенділігі, дегидрогеназа белсенділігі сияқты топырақ ферменттерінің белсенділігі бағаланды (39-кесте).

Топырақтың тыныс алуы топырақтағы органикалық заттардың минералдануы салдарынан түзілетін CO_2 өлшеу арқылы анықталады. Топырақтың тыныс алуы топырақ құнарлылығымен тығыз байланысты және топырақ сапасын бағалауда жиі қолданылады. Топырақтың тыныс алуына топырақтың химиялық құрамы мен қасиеттері, мысалы, рН мөлшері, органикалық көміртегі және азот әсер етеді (39-кесте).

Зерттелген топырақта CO_2 түзілуіне көгал және амарант топырақтарында лайлы тұнбалардан алынған органикалық тыңайтқышты қолданудың әсері аз болды. Тәжірибелік нұсқаларда топырақтан CO_2 шығарындылары бақылаумен салыстырғанда ең көп дегенде 5-6% өсті. Тыңайтқыштың барлық мөлшерлерінің ішінде ең үлкен өсім 10 т/га және 15 т/га енгізгеннен кейін

алынды. Tamoutsidis E. қоректік заттарға бай, оңтайлы C/N қатынасы бар органикалық материалдар топыраққа қосылған кезде органикалық көміртекті микроағзалар белсенді түрде пайдаланып, CO₂ бөлетінін хабарлады [291].

Кесте 39 – Органикалық тыңайтқыштардың әртүрлі мөлшерлері қосылған топырақтардың ферменттік белсенділігі

Нұсқа	CO ₂ өндіру, мг CO ₂ /г топырақ/24 сағ	Көміртегінің микробты биомассасы, мг/г топырақ/24 сағ	Каталазалық белсенділік, мл O ₂ /г топырақ/3 мин	Дегидрогеназалық белсенділік, µg TPF/г топырақ/24 сағ
Көгал өсімдіктері				
Бақылау	0,317	20,084	154,0	176,777
Лайлы тұнба 5 т/га	0,334	17,456	145,6	196,352
Лайлы тұнба 10 т/га	0,330	16,949	154,0	136,263
Лайлы тұнба 15 т/га	0,338	18,016	158,2	119,875
Амарант өсімдігі				
Бақылау	0,314	15,760	148,4	138,539
Лайлы тұнба 5 т/га	0,313	18,011	169,4	158,72
Лайлы тұнба 10 т/га	0,316	19,032	156,2	136,51
Лайлы тұнба 15 т/га	0,321	18,152	137,2	212,891

Көміртегінің микробты биомассасы талдауының нәтижелері бойынша тек амарант топырақтарында көміртегінің микробты биомассасы мәндерінің жоғарылағаны анықталды. Тәжірибелік нұсқалардың топырақтарындағы көміртегінің микробты биомассасы бақылау нұсқасына қарағанда 14-20% жоғары болды (39-кесте).

Топырақтағы микроағзалардың жағдайы туралы ақпарат алу үшін микроағзалардың сандық таралуын ғана емес микробтық биомассаны білу қажет. Микробтардың биомассасы топырақтағы микроағзалардың жалпы белсенділігін анықтауда жиі қолданылатын көрсеткіштердің бірі болып табылады. Топыраққа енгізілген органикалық заттар топырақтағы гетеротрофты микроағзалардың популяциясына тікелей әсер ету арқылы көбеюді тудырады. Топырақтағы барлық саңырауқұлақтар мен кейбір бактериялар гетеротрофты қоректенетіндіктен, топыраққа енгізілген лайлы тұнбалар бұл микроағзалардың санын тікелей көбейтеді, бірақ автотрофты микроағзалардың санына жанама әсер етуі мүмкін. Лайлы тұнбалар автотрофты микроағзаларға топырақтағы ауа-су балансын және гетеротрофты микроағзалардың жасушалық метаболиттерін жақсарту арқылы әсер етуі мүмкін.

Осыған ұқсас зерттеулерде органикалық материалдар микробтардың биомассасын арттыратыны анықтады. Zhen Z. топыраққа енгізілген компост немесе көң бақылау нұсқасы және химиялық тыңайтқыштармен салыстырғанда топырақтағы көміртегінің микробтық биомассаның құрамын айтарлықтай арттырғанын хабарлады [292]. Pascual J.A. органикалық материалдарды қосқаннан кейін микробтық белсенділік, микробтардың әртүрлілігі және

микробтардың популяциясы сияқты топырақтың биологиялық сипаттамаларының айтарлықтай артатынын дәлелдеген [293]. Топыраққа қосылатын органикалық материалдар топырақтың органикалық көміртегін өзгертіп қана қоймайды, сонымен қатар микробтардың популяциясы мен белсенділігін арттырады [294].

Талдау нәтижелері бойынша көгал астындағы топыраққа лайлы тұнбаларды енгізу топырақтағы каталаза ферментінің белсенділігіне айтарлықтай әсер етпеген, амарант егілген топыраққа лайлы тұнбаларды енгізу оның каталазалық белсенділігін арттырған. 5 т/га және 10 т/га мөлшердегі нұсқаларда каталаза белсенділігі 5-14% артса, 15 т/га мөлшерде каталаза белсенділігі, керісінше, 8% төмендеді (39-кесте).

Топыраққа органикалық материал қосу каталаза ферментінің белсенділігін арттырады, себебі ол микроағзаларға қосымша қоректік зат болып, аэрацияны белсендендіреді [295].

Топырақтағы дегидрогеназа ферментінің белсенділігін талдау нәтижелері бойынша лайлы тұнбалардың мөлшері 5 т/га мөлшерінде амарант пен көгал астындағы топырақта дегидрогеназа ферментінің белсенділігінің артуына себеп болды (39 кесте). Барлық қолдану мөлшерлерінің ішінде 5 т/га ең жоғары тиімді нұсқа ретінде анықталды. Сондай-ақ лайлы тұнбалардың 10 т/га мөлшерде қолдану топырақтағы дегидрогеназа ферментінің белсенділігінің 23% дейін төмендеуіне, ал 15 т/га мөлшері топырақ дегидрогеназа ферментінің белсенділігінің 54% дейін жоғарылауына әкелетіні анықталды.

Топырақтағы органикалық заттардың мөлшерінің жоғарылауы топырақтағы дегидрогеназа ферментінің белсенділігін арттырады. Brzezińska M. дегидрогеназа белсенділігі микробтық топтар санының көбеюімен және аэрация мен ылғалдылық сияқты басқа өмір сүру жағдайларының жақсаруымен қатар жүретінін хабарлады [296].

3.11.7 Өсімдіктердің морфологиялық құрылымына органикалық тыңайтқыш әсері

Органикалық тыңайтқыштың өсімдіктердің жер үсті массасына әсері бірінші шабудан кейін байқалады (40-кесте). Көгалдың жасыл массасын есепке алу нәтижелері бақылау нұсқасында биомассаның ең төменгі мәндерге ие екендігін көрсетеді. 5 т/га мөлшерде лайлы тұнбаларды енгізген кезінде өсімдіктің өсу қарқынының айтарлықтай төмендігі байқалды. Бірақ бұл нұсқада шабудан кейінгі өсімдіктердің жер үсті массасы бақылаумен салыстырғанда жоғары болды. 10 т/га лайлы тұнба тыңайтқышын қолдану бақылаумен салыстырғанда биомассаның айтарлықтай өсуіне әкелді.

15 т/га тыңайтқыш енгізу 2022-2023 жылдарда ең үлкен әсер етті. Бұл нұсқада жалпы биомасса барлық шабулар бойынша орташа 301 - 530 г, 10 т/га енгізілген нұсқада биомасса 274 - 393 г құрады. Тыңайтқыштарсыз бақылаумен салыстырғанда 5 т/га лайлы тұнбалардың минималды мөлшері да көгалдың биомассасына оң әсер етті.

Кесте 40 – Көгал жер үсті массасын шабудың орташа салмағы (г/м³)

Нұсқа	1 шабу	2 шабу	3 шабу	4 шабу	5 шабу	6 шабу	Орташа мәні
2022 жыл							
Бақылау	290±18	170±22	200±52	190±29	150±26	230±26	205
Лайлы тұнба 5 т/га	330±26	200±12	380±27	280±18	250±18	330±29	302
Лайлы тұнба 10 т/га	503±35	320±33	340±12	340±17	380±18	480±32	393
Лайлы тұнба 15 т/га	650±41	360±47	570±12	630±44	330±18	640±29	530
ЕКА	118	126	129	112	76	109	
2023 жыл							
Бақылау	309±18	146±5	166±9	142±4	153±2	314±8	205
Лайлы тұнба 5 т/га	324±11	207±3	186±3	170±8	176±4	242±7	215
Лайлы тұнба 10 т/га	559±39	217±11	196±4	188±4	185±6	309±4	274
Лайлы тұнба 15 т/га	458±56	223±17	241±14	236±3	224±7	425±10	301
ЕТАА ₀₅	151	31	33	20	17	26	

40-кесте бойынша барлық нұсқалар үшін максималды биомасса бірінші шабудан кейін тіркелгенін көруге болады, тыңайтқышпен өңделген нұсқалардағы барлық шабудан кейінгі салмағы бақылау нұсқасынан жоғары болды.

Тәжірибе көрсеткендей, көгалдың жер үсті массасы тыңайтқыштардың мөлшеріне статистикалық тұрғыдан айтарлықтай тәуелді болды. Жасалған тәжірибенің нәтижелері бақылаудағы өсімдіктердің ең баяу өсуін көрсетті, ал ең жоғары жер үсті өсімдік массасы 15 т/га ағынды сулар қоспасымен тыңайтылған нұсқадан алынды. Осы нұсқа бойынша 6 рет шабылғаннан кейін есептелген орташа жиынтық өнімділік бір 1 м³ үшін шамамен бақылаудағыдан 2,6 есе жоғары болды. Лайлы тұнбамен тыңайтылған топырақтан өсімдіктердің жоғары өнім беруі қоректік заттардың жоғары болуымен және лайлы тұнбалардың топырақтың физикалық-химиялық және биологиялық қасиеттеріне пайдалы әсерімен түсіндіріледі. Көптеген зерттеушілер лайлы тұнбалардың органикалық заттардың минералдануына байланысты азот пен фосфордың баяу босату қасиеті бар тыңайтқыш ретінде сипаттады [297-299].

Күңгірт амаранттың зерттелген үлгілері тамырдың, жапырақтардың, гүлшоғырдың, сабақтың массасы; өсімдік биіктігі; жапырақ тақтасының ені мен ұзындығы және бір өсімдіктегі жапырақтардың саны көрсеткіштерінің жиынтығы бойынша ерекшеленеді. Тұқым себу кезінде жолақтар арасындағы оңтайлы қашықтық эксперименталды түрде таңдалды. Өсімдіктер қалыңдап өскеннен кейін, арасы сиретіліп, өсімдіктер арасындағы ара қашықтық 20 см құрады. Қатар аралығы 30 см болды. Сиретілгеннен кейін өсімдіктердің сабағы ұзара бастады. Фенологиялық бақылаулар 41-кестеде берілген маусым – қыркүйек аралығындағы амарант өсімдіктерінің дамуының негізгі

фенологиялық фазаларының басталу уақыты мен ұзақтығы туралы мәліметтер алуға мүмкіндік берді.

Кесте 41 – Күңгірт амаранттың фенологиялық кезеңдері ұзақтығының нұсқалар бойынша ерекшеліктері

Нұсқа	Себу мен көктеу арасы	Көктеу – гүлдеу аралығы	Гүлдеу ұзақтығы	Тұқымның толық пісу мерзімі
2021 жыл				
Бақылау нұсқасы	7 күн	51 күн	42 күн	9.09.2021
Лайлы тұнбалар 5 т/га	7 күн	44 күн	37 күн	29.08.2021
Лайлы тұнбалар 10 т/га	7 күн	44 күн	39 күн	31.08.2021
Лайлы тұнбалар 15 т/га	7 күн	39 күн	33 күн	19.08.2021
2023 жыл				
Бақылау нұсқасы	7 күн	46 күн	40 күн	3.09.2023
Лайлы тұнбалар 5 т/га	6 күн	45 күн	39 күн	1.09.2023
Лайлы тұнбалар 10 т/га	6 күн	41 күн	34 күн	25.08.2023
Лайлы тұнбалар 15 т/га	6 күн	45 күн	37 күн	30.08.2023

Өсімдік нұсқаларының барлығы бір уақытта көктей бастады. Себу мен көктеу аралығы 6-7 күнді құрады. Көшеттер біркелкі өсті, ашық жасыл түсті болды. Көшеттердің биіктігі 1,2-1,3 см, алғашқы жапырақтарының өлшемі 0,6-0,7x0,2 см болды. Бірінші жапырақтардың фазасы екі жылда да маусымның 1 онкүндігінде, шынайы жапырақтың фазасы- маусымның 2 -ші онкүндігі тіркелді. Өркендердің тармақталу кезеңі шілде айының бірінші онкүндігінде болды, өсімдіктердің биіктігі 12-13 см, жапырақтарының мөлшері 10,2x6,2 см. Гүлдеу кезеңі шілде айының үшінші онкүндігінде басталды. Бұл кезде өсімдіктердің биіктігі 31-40 см, жапырақтарының орташа мөлшері 12,6x8,5 см. Өсімдіктер биіктігі, ұзындығы, ені мен пішіні, гүл шоғыры мен тамыр жүйелерінің күші бойынша ерекшеленді. Күлгін амаранттың гүлдеуі ұзақ және 30 күннен астам уақытқа созылады.

Тұқымның пісуі орташа алғанда 12 күнге созылды. Амаранттың барлық нұсқалары үшін тұқым пісудің ортақ белгілері ретінде тұқым ылғалдылығы, төменгі жапырақтардың құрғап, түсе бастауы, сабақтың жасыл түстен күңгірт түске ауысуы, жапырақтардың қою қызыл түске боялуы қарастырылды. Жетілген тұқымдар тез шашырап қалады. Сондықтан өсімдіктерді жинау алғашқы тұқымдар піскен кезде басталды. Алдымен өсімдіктер кесіліп, үстел мен науаларға салынды. Өсіп-даму кезеңнің соңына қарай өсімдіктердің морфометриялық сипаттамаларын талдау келесі мәндерді көрсетті. Гүлдің негізінің биіктігі 35-40 см-ге жетті (42-кесте), жапырақтардың ұзындығы 6-8 см, ал ені 3-4 см, гүлшоғырдың массасы 2-3,5 г аралығында болды.

Зерттелетін өсімдік нұсқалары келесі фенологиялық фазалардың басталу мерзімі және фазааралық кезеңдердің ұзақтығымен ерекшеленді. Мысалы, 15 т/га лайлы тұнба қосылған нұсқада гүлдеу уақытының басталу мерзімі бақылау нұсқасымен салыстырғанда 2021 жылы 12 күнге, 10 т/га лайлы тұнба қосылған нұсқаларда 2021, 2023 жылдары 6 күнге ерте басталды. Амаранттың өсіп-даму

кезеңінде де әртүрлі даму қарқындылығы анықталды. Тыңайтқыш қосылған нұсқаларда өсімдіктердің шынайы жапырақтарының пайда болу мерзімдері 4-5 күнге ертерек тіркелді. Сонымен қатар бақылау нұсқасымен салыстырғанда өсімдіктердің сабақтары қалыңдау, жапырақ саны көбірек екендігі көзге түсіп отырды. Ең ұзақ уақытты вегетативті өсу фазасы құрады. Бұл амарант өсімдіктерінің өнгеннен кейінгі алғашқы 3-4 аптада баяу дамуымен түсіндіріледі.

Кесте 42 – Күнгірт амаранттың морфологиялық құрылымының нұсқалар бойынша ерекшеліктері

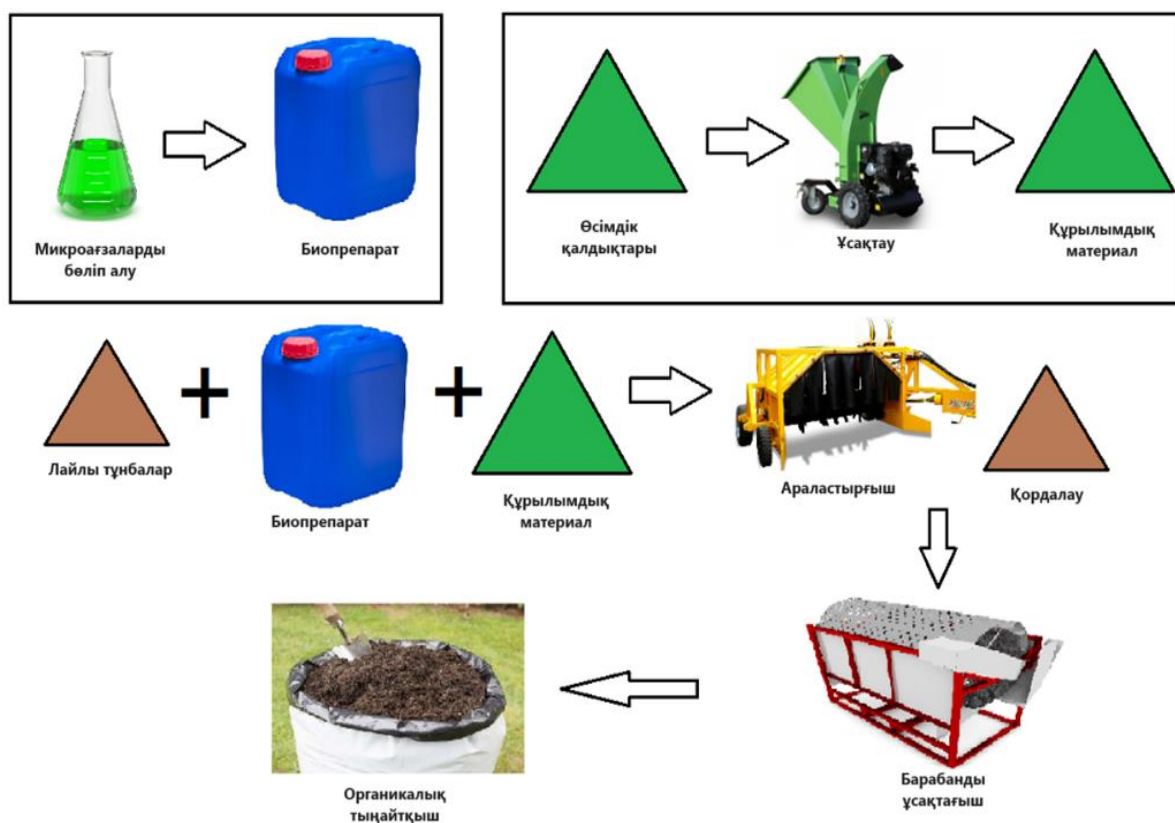
Нұсқа	Сабақтың гүлшоғырға дейінгі ұзындығы, см	Гүлшоғыр ұзындығы, см	Жапырақ ұзындығы, см	Жапырақ ені, см	Сабақтың гүлшоғырға дейінгі массасы, г	Гүлшоғыр массасы, г
2021 жыл						
Бақылау	25,3±1,8	7,08±0,6	6,2±0,6	3,0±0,2	8,2±1,0	2,0±0,8
Лайлы тұнба 5 т/га	38,5±2,1	12,5±0,9	8,4±0,7	4,0±0,7	15,5±1,2	3,1±0,6
Лайлы тұнба 10 т/га	44,8±2,4	16,0±1,1	8,0±0,8	3,8±0,6	17,6±1,3	3,6±0,7
Лайлы тұнба 15 т/га	31,2±1,6	12,1±0,7	7,0±0,7	3,0±0,5	10,8±0,8	2,3±0,6
ЕКА	5,1	2,4	0,9	0,6	2,1	0,8
2023 жыл						
Бақылау	28,5±1,2	8,2±0,7	10,3±0,1	5,7±0,1	12,4±0,7	2,9±0,4
Лайлы тұнба 5 т/га	38,9±0,9	13,4±1,0	11,9±0,2	6,3±0,2	26,3±0,3	7,5±0,7
Лайлы тұнба 10 т/га	35,9±3,0	16,5±0,8	11,9±0,1	6,1±0,1	28,2±1,2	8,4±0,7
Лайлы тұнба 15 т/га	39,4±1,0	22,5±0,7	14,0±0,2	5,8±0,2	30,2±1,5	13,5±0,4
ЕТАА ₀₅	5,1	3,5	0,7	0,8	4,4	2,4

Сабақтың гүлге дейінгі орташа ұзындығы бойынша ең үлкен көрсеткіш 2021- жылы 10 т/га лайлы тұнбалар қосылған нұсқада тіркелді. Бұл көрсеткіш бақылаудан 77%-ға артық. Сонымен қатар осы нұсқада гүлшоғырдың ұзындығы бақылаудан 2,2 есе, гүлшоғыр массасы 1,8 есе артық болды. 5 т/га тыңайтқыш қосылған нұсқа жапырақ ұзындығы бойынша ерекшеленді, бұл нұсқада қалыптасқан жапырақтардың орташа ұзындықтары бақылау нұсқасынан 35% артық болды. 2023-жыл үшін лайлы тұнбалардың оңтайлы мөлшері 15 т/га құрады. Бұл нұсқада сабақтың гүлге дейінгі орташа ұзындығы

бақылаудан 37%-ға артық. Гүлшоғырдың ұзындығы бақылаудан 2,7 есе, гүлшоғыр массасы 4,6 есе артық болды.

Сонымен қатар лайлы тұнбаның 10-15 т/га енгізілген нұсқаларында өсімдіктің сабағының, жапырағының тургорлығы, қалыңдығы ерекшеленіп, түстері басқа нұсқалармен салыстырғанда күрең жасыл, қызғылт, қоюлау екендігі байқалды. Лайлы тұнба органикалық тыңайтқышы амаранттың өсімін ынталандырып, оңтайлы әсер беруіне байланысты, декоративті өсімдіктерді, бұта, ағаштарды өсіру кезінде қолдануға ұсынылады.

3.12 Лайлы тұнбаларды органикалық тыңайтқышқа қайта өңдеудің микробиологиялық технологиясы



Сурет 17 – Лайлы тұнбаларды қайта өңдеудің блок - сызбасы

17-суретте, «Астана Су Арнасы» МКМ полигонында лайлы тұнбаларды қордалау үрдісі келесі технологиялық операциялар тізбегінен құралды:

1. Өндірістік полигонда лайлы тұнбалардан биіктігі 1-1,5 м, ені 2-3 м, ұзындығы 10 см дейін болатын үйінділер жасау.

2. Биопрепараттардың жылы судағы 1:4 қатынасында ерітіндісін дайындау.

3. 1 тонна лайлы тұнбаға 1 л биопрепарат ерітіндісі есебімен үйіндіні бірінші рет аударып араластыру кезінде бүркіп өңдеу.

4. Лайлы тұнбаларды қордалау барысында үйінді ішіндегі температура мен ылғалдылықты күнделікті бақылап отыру.

5. Әр үш күн сайын үйінділерді қайта араластырып отыру. Араластыру кезінде кезінде компосттың біркелкі ылғалданып, оттегіге қанығуын бақылап отыру. Лайлы тұнбалардың ылғалдылығы мен химиялық құрамындағы ауытқуларға байланысты үйінділерді кезектен тыс араластырып отыруға да болады.

6. 35-60 күн аралығында компосттың пісіп-жетілу дәрежесін химиялық және микробиологиялық талдаулар нәтижесінде бағалау.

Берілген технология полигондарда ұзақ уақыт сақталатын лайлы тұнбалардың бактериологиялық және токсикологиялық қауіптілігін азайтуға, канализациялық тазарту орындарының санитарлық-эпидемиологиялық және экологиялық жағдайын жақсартып, пайда болатын қалдықтарды жылдам қайта өңдеп, ауыл шаруашылығында және көгалдандыруда қайта өңдеу үшін тиімді болып табылатын органикалық тыңайтқыштарды алуға мүмкіндік береді.

3.13 Лайлы тұнбалардан алынған органикалық тыңайтқыш пен биопрепараттарды коммерциализациялауға арналған бизнес-жоспар

Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігі мәліметтері бойынша минералды және химиялық тыңайтқыштарды өндіру 2023 жылғы қаңтарда 36,4 мың тоннаны құрады, бұл 2022 жылғы қаңтармен салыстырғанда 36,9%-ға аз. Оның ішінде азот тыңайтқыштарының өндірісі 32,6 мың тоннаны құрап, бір жыл бұрынғыдан 20%-ға аз, фосфатты тыңайтқыштар өндірісі небәрі 3,8 мың тоннаны құрап, өткен жылдың қаңтарымен салыстырғанда 4,4 есе төмендеген. Сонымен қатар экспортталатын тыңайтқыштардың бағасы 35,6%-ға өсті.

Мемлекет басшысы Қ-Ж. Тоқаев 2022 жылы 14-шілдеде сөйлеген сөзінде еліміздегі тыңайтқыш тапшылығының мәселесін алға тартып, фермерлер қажетті тыңайтқыш көлемінің төрттен бір бөлігін ғана топыраққа енгізетінін, отандық тыңайтқыштар нарығы импортқа және санаулы отандық өндірушілерге тәуелді екендігін атап өтті. Тыңайтқыштарға сұраныс деңгейі бүкіл әлем бойынша артып келеді. Жаһандық органикалық тыңайтқыштар мен биотыңайтқыштар нарығы жылдық өсімі 11,46% деңгейінде болса, 2025 жылға қарай 4,9 миллиард долларға жетеді деп күтілуде.

Астана және Алматы қалаларындағы лайлы тұнбаларды қайта өңдеудің қазіргі жағдайына жасалған талдау елімізде лайлы тұнбалар тек полигондарда сақталатынын анықтады. Халыққа биологиялық және токсикологиялық қауіп тудыратын қалдықты қайта өңдеудің тиімді технологиясы әлі қолданылмайды, бұл өз кезегінде қоршаған ортаның ластануына әкеліп соқтырады. Лайлы тұнбалардың құрамы өсімдіктерге қажетті микро- және макроэлементтерге бай болуына байланысты оларды тыңайтқыш ретінде қолдану әлеуеті зор, сондықтан лайлы тұнбаларды қайта өңдемей, көмуге немесе сақтауға жол берілмеуі тиіс.

Лайлы тұнбалардың құрамында көп мөлшерде фосфор мен азот бар, бұл оларды органикалық тыңайтқыш ретінде пайдаланудың басты алғышарты. Органикалық заттардың мөлшері 40-60% аралығында ауытқиды, бұл көрсеткіш

ірі қара мал қиы мен құс саңғырығындағы органикалық зат мөлшерінен айтарлықтай жоғары.

Қазіргі уақытта лайлы тұнбалардан алынған органикалық тыңайтқыш аналогы нарықта ұсынылмайды. Тыңайтқыш өндірісінің негізгі көлемі Қытай, БАӘ, Иран, Ресей және т.б. елдерге экспорттауға бағытталған. Қазақстан Республикасы аумағының бұл елдерге жақын орналасуы сауданың логистикасы үшін ыңғайлы. Дәстүрлі технологиямен енгізілетін тыңайтқыштың мөлшері орта есеппен 10 т/га құрайды.

Қазақстанда жылына 24,2 млн га, Ресей Федерациясы 78,5 млн га, Қытайда 100 млн га астам егістік жер көлемі өңделеді. Жоғарыда аталған нарықтардың әрқайсысы биопрепараттар мен органикалық тыңайтқыштардың тұтынушысы бола алады.

Органикалық тыңайтқыштардың ең басты мақсатты тұтынушылары отандық ауыл шаруашылығының тауар өндірушілерінің нарығы болып табылады. Оларға:

- шаруа қожалықтары;
- жылыжай шаруашылықтары;
- орман шаруашылықтары жатады.

Лайлы тұнбаларды қайта өңдеуге арналған биопрепараттар Қазақстан қалаларының коммуналдық қызметтері арасында сұранысқа ие болады.

Диссертациядағы зерттеу жұмыстарының нәтижелері бойынша биопрепараттардың 4 түрі және органикалық тыңайтқыш өндірісін ұйымдастыруға болады:

Консорциум В лайлы тұнбаларды қордалау үрдісін жеделдету үшін қолданылады. Биопрепаратты компост үйіндісіне қосқанда, органикалық заттар минерализациясы жылдамдатылып, дайын компосттағы өсімдіктерге қолжетімді қоректік заттардың мөлшерін арттыруға көмектеседі. Қордалану уақыты 2 есе қысқартылып, компост массасының температурасы 50-55°C дейін жоғарылайды. Ол кезде гельминт пен шыбын жұмыртқалары, ауру қоздырғыштары жойылады. Биопрепарат лайлы тұнбалардан оқшауланған тиімді микроағзалар негізінде жасалған.

«Агромикс- SS» биопрепараты лайлы тұнбаларды, құс саңғырығын, қиды органикалық тыңайтқышқа қайта өңдеуді белсендіру үшін қолданылады. Қалдықтардағы патогендік микрофлораның, инвазиялық аурулардың қоздырғыштарының дамуын басады, әртүрлі өсімдік ауруларының қоздырғыштарының көбеюін тежейді. Өсімдіктердің өсуін ынталандырып, қалыпты дамуын қамтамасыз етеді, ауылшаруашылық дақылдарының өнімділігін арттырады және ауыл шаруашылығы дақылдарын ұзақ уақыт сақтауға көмектеседі.

Биопрепарат топырақтың пайдалы микроағзаларынан, метаболиттерінен және биологиялық белсенді заттардан тұрады. «Агромикс- SS» биопрепараты агроэкологиялық қасиеттері бойынша штаммдарды скринингтен өткізу нәтижесінде әзірленді. Оның құрамына топырақ азотын бекіткіштер; өсімдіктердің өсу стимуляторлары; күрделі қосылыстардың деструкторлары;

топырақтағы ауру қоздырғыштарының өсуі мен көбеюінің ингибиторлары кіреді.

«Триходермин - SS» биопрепараты фунгицидтік әсерге ие, ауыл шаруашылығы дақылдарында фузариоз, альтернария және гелиминтоспориоз қоздырғыштарының таралуын тежейді. Қоршаған ортаның қолайсыз факторларының әсеріне өсімдіктердің бейімделу қабілетін арттырады және өсімдіктердің төзімділігі мен өнімділігін арттыруға көмектеседі.

Биопрепарат шетелдік аналогтармен салыстырғанда жергілікті коллекциялық штамдар негізінде, аймақтың топырақ-климаттық жағдайларына бейімделген Қазақстанның Солтүстік облыстарынан оқшауланған *Trichoderma* туысы саңырауқұлақтарынан жасалған..

Консорциум А көше дәретханалары, кәріздік тазарту қондырғыларынан шығатын жағымсыз иістерді жоюға, қалдықтардың көлемін азайтуға арналған микробты биопрепарат. Лайлы тұнбалардан оқшауланған тиімді микроағзалар негізінде жасалған.

Лайлы тұнбалардан алынған органикалық тыңайтқыш топырақтың құнарлылығын қалпына келтіреді және топырақтың физикалық және химиялық қасиеттерін жақсартады. Өсімдіктердің өсуі мен дамуын жылдамдатады, гүлдердің сәндік қасиеттерін жақсартады, өсімдіктердің жасыл массасын 25-30% арттырады. Құрамында арамшөптердің тұқымы, ауру қоздырғыштары, шыбындар мен гелиминттердің жұмыртқалары жоқ. Топырақ, адам, жануарлар үшін қауіпсіз. Топырақтың биологиялық белсенділігін арттырады. Органикалық тыңайтқыш құрамына азот бекітуші, целлюлоза ыдыратушы, өсімді ынталандырушы микроағзалар штамдары кіреді. Биопрепараттар мен органикалық тыңайтқыштар өндірісін жолға қойған кезде болжамды шығын мен кірісті есептеу жүргізілді (43-кесте).

Кесте 43 – Биопрепараттардың бір жұмыс ауысымында өндіру кезінде өзіндік құнын есептеу (8 сағат)

Көрсеткіш атауы	Өлшем бірлігі	Саны	Бағасы, теңге	Жиыны, теңге
1	2	3	4	5
Шикізат сатып алу шығыны:				65905
Аналық культура	л	2	1500	3000
Еритін крахмал	кг	2	16200	32400
Калий нитраты	г	100	96	9600
Калий гидроортофосфаты	г	50	19,2	960
Магний сульфаты	г	50	10,8	540
Натрий хлориды	г	50	5	250
Канистрлер	шт	5	3831	19155
Еңбек ақысының қоры	1 күнде	4	10000	40000
Коммуналды қызметтер:				5710
Сумен қамтамасыз ету	1 күнде	м ²		1500
Электр қуаты	1 күнде	кВт*сағ		4210
Салық	1 күнде			4 544

43-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5
Өзге шығындар	1 күнде			5000
Жиынтық шығын				121 159
Шығатын өнімнің көлемі			100 л	
1 дана өнімнің өзіндік құны			1 212	
Сату құны			2300	
Кіріс:				
- бір ауысымда (8 сағат)	л	100	2300	230000
- бір тәулікте (2 ауысым)	л	200	2300	460000
- жылына	күндер	249	230000	57270000
Пайда:				
- бір ауысымда (8 сағат)	л	100	230000-119900	108 841
- бір тәулікте (2 ауысым)	л	200	460000-239800	217 682
- жылына	күндер	249	110100	27101409

Пайданы есептеу үшін бір ауысымда 100 литр биопрепарат және 20 тонна органикалық тыңайтқыш өндіріледі деп болжанды. Өнімнің әрбір түрі үшін жеке өзіндік құн калькуляциясы қолданылды. Жалақы қоры мен коммуналдық қызметтер тәуліктік есепте пайдаланылды.

Кесте 44 – Органикалық тыңайтқышты бір жұмыс ауысымында өндіру кезінде өзіндік құнын есептеу (8 сағат)

Көрсеткіш атауы	Өлшем бірлігі	Саны	Бағасы, теңге	Жиыны, теңге
Шикізат сатып алу шығыны:				16 116
Дизельді отын	л	12	300	3 600
Сабан	кг	50	8	400
Биопрепарат	л	10	1 212	12 116
Еңбек ақысының қоры	1 күнде	4	10000	40000
Коммуналды қызметтер:				5710
Сумен қамтамасыз ету	1 күнде	м ²		1500
Электр қуаты	1 күнде	кВт* сағ		4210
Салық	1 күнде			4 544
Өзге шығындар	1 күнде			5000
Жиынтық шығын				71 370
Шығатын өнімнің көлемі			20 т	
1 дана өнімнің өзіндік құны			3 568	
Сату құны			10 000	
Кіріс:				
- бір ауысымда (8 сағат)	т	20	10 000	200 000
- бір тәулікте (2 ауысым)	т	40	10 000	400 000
- жылына	күндер	249	200 000	49 800 000
Пайда:				
- бір ауысымда (8 сағат)	т	20	200 000 - 80976	119 024
- бір тәулікте (2 ауысым)	т	40	2 000 000-161 952	238 048
- жылына	күндер	249	919 024	29 636 976

Дайын биопрепараттың 1 литрінің сметалық құны 1212 теңгені құрайды. Соңғы сату бағасы – 2300 теңге. 1 тонна органикалық тыңайтқыштың сметалық құны 3568 теңгені құрайды. Соңғы сату бағасы – 10 000 теңге.

ҚОРЫТЫНДЫ

1. ГКП «Астана Су Арнасы» ағынды суларының лайлы тұнбаларының химиялық қасиеттері зерттеліп, рН 6,5, ылғалдылығы 60%, органикалық зат мөлшері 40%, жалпы азот 3,2%, жалпы фосфор 5,3%, калий 0,2% мөлшерінде оптимальді құрамға ие екендігі анықталды. Алынған нәтижелер негізінде «Астана су Арнасы» МКМ лайлы тұнбаларын деградацияға ұшыраған жерлерді қалпына келтіруде, ауыл шаруашылығына арналған жерлерді тыңайтуға тыңайтқыш ретінде қолдану мүмкіндігі бар екендігіне көз жеткізуге болады.

2. Зертханалық тәжірибелер барысында 5%-ға дейінгі концентрациядағы лайлы тұнбалардың сулы сығындысы тест-өсімдік ретінде таңдалған майлы зығыр тұқымының өнгіштігін кері әсер етпейтіні анықталды. Концентрациясы 7,5%-дан асатын лайлы тұнбалардың мөлшері тамырдың және өскіндердің ұзындығының азаюына ықпал етіп, майлы зығырдың өсіп дамуына улы әсер етеді. Лайлы тұнбалардың концентрациясы 7,5%-дан жоғары болғанда қалыптан тыс өнген және ісінген, бірақ өнбейтін тұқымдар көбейеді, сонымен бірге зерттелетін өсімдіктің шіріген тұқымдары азаяды. Лайлы тұнбаның өсімдіктердің өсуін ынталандыратын қасиеттері лайлы тұнбалардың 2,5% концентрациясында байқалды, осы нұсқада өскіндердің орташа ұзындығы бақылау үлгісімен салыстырғанда 22%-ға, ал тамырдың орташа ұзындығы 55%-ға артты.

3. Лайлы тұнбалардың құрамынан 6 түрлі қоректік ортада таралған 100-ге жуық микроағза штамдары бөліп алынды. Бөлініп алынған штамдардың целлюлазалық, каталазалық, протеазалық, нитрогеназалық белсенділігі, өсімді ынталандыру қасиеттері зерттелді. Олардың ішінен целлюлозаны ыдырату қарқындылығы жоғары 16 гипер деструкторлар іріктелді. Іріктеліп алынған штамдар гендік инженерия әдісімен идентификацияланып, келесідей түрлер анықталды: *Bacillus cereus*, *Bacillus megaterium*, *Acinetobacter radioresistens*, *Rhizobium pusense*, *Pseudomonas marginalis*, *Pseudarthrobacter siccitolerans*, *Sphingomonas paucimobilis*, *Pseudomonas simiae*, *Streptomyces graminearus*, *Pseudomonas protegens*, *Rothia mucilaginoso*, *Streptomyces albidoflavus*, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas ceruminis*. Осы микроағзалар негізінде екі микробтық консорциум құрылды.

4. Микробтық консорциумдарды ферментерда өсірудің қолайлы температурасы - 30°C, рН мәні - 7,0-7,2, биомасса жинау үшін тиімді болып Чапек-Докс қоректік ортасы таңдалды. Лайлы тұнбаларды органикалық тыңайтқышқа қайта өңдеуде қолданылатын микроағзалардың консорциумынан 4 кезеңнен тұратын 2 биопрепарат жасау регламенті әзірленді.

5. Биопрепараттарды қолдану лайлы тұнбалар мен бидай сабанын термофильді қордалау кезінде компост массасының температурасын 55-60°C дейін көтереді және қордалау үдерісі 10 күнге дейін қысқартады. Микробиологиялық технологияны қолдану термофильді бактериялардың азотты органикалық түрден минералды түрге айналдыруға және жағымсыз иістің жойылуына септігін тигізеді. Қордалаудың бастапқы кезеңдерінде азоттың үлкен шығыны аммиактың булануымен байланысты, сол себепті термофильді кезеңде

азоттың шығыны 35% дейін жетті. Сабанды қосу бастапқы қоспалардағы C:N қатынасын жоғарылату арқылы термофильді фазада азот шығынын азайтуға көмектесті. Барлық нұсқаларда жалпы фосфор мен калий мөлшері 2 есеге дейін өсті. Лайлы тұнбаға сабанның 10% және 20% қосу қордалау үшін ең қолайлы болды, дайын компостта органикалық зат мөлшері 47,1% құрап, ауыр металдардың ШРК аспайтын деңгейі, рН және ылғалдылықтың қолайлы мөлшері қамтамасыз етілді.

Лайлы тұнбаларды органикалық тыңайтқышқа қайта өңдеудің микробиологиялық технологиясы жасалды.

6. Лайлы тұнбалардан алынған органикалық тыңайтқышты агроландшафттық егіншілікте пайдалану салдарынан топырақтағы ауыр металдардың мөлшері ШРКт мәндерінен аспайтыны анықталды. Сәндік амарант пен көгал өсімдіктерінің жер үсті массасы мен тыңайтқыштардың мөлшерінің артуы арасында оң корреляциялық байланыс байқалды. Бақылау нұсқасында өсімдіктердің ең баяу өсуі тіркелді, ал ең жоғары өсімдік биомассасы 15 т/га ағынды сулар қоспасымен тыңайтылған нұсқалардан алынды. Лайлы тұнбаның 10-15 т/га енгізілген нұсқаларында өсімдіктің сабағының, жапырағының тургорлығы, қалыңдығы ерекшеленіп, түстері басқа нұсқалармен салыстырғанда күрең жасыл, қоюлау екендігі байқалды. Лайлы тұнбаларды топыраққа тыңайтқыш ретінде енгізу үшін оңтайлы мөлшер ретінде 10 т/га мөлшері ұсынылады, бұл ретте топырақтағы нитраттардың, фосфордың орташа мөлшері вегетацияның барлық кезеңдерінде оңтайлы болды.

7. Лайлы тұнбалар негізінде жасалған органикалық тыңайтқышты пайдаланудың потенциалды нарығы бағаланып, биопрепараттар мен органикалық тыңайтқыш өндіріс жолға қойылған кезде бір жұмыс ауысымындағы болжамды шығын мен кіріс, өнімнің өзіндік құнының есептеулері жүргізілді.

Өндіріске ұсыныстар

Лайлы тұнбаларды қордалау кезінде оның агрохимиялық құрамындағы өзгерістер мен одан алынған компостты сәндік өсімдіктерге қолдану кезінде топырақ құнарлылығына әсеріне жүргізілген кешенді зерттеулер нәтижесінде өндіріс орындарына төмендегідей ұсыныстар жасалады:

1. Құрамында органикалық зат мөлшері 40%, жалпы азот 3,2%, жалпы фосфор 5,3% болуына байланысты кәріз суларының лайлы тұнбаларын органикалық тыңайтқыш ретінде қолдану мүмкіндіктерін қарастыру.

2. Лайлы тұнбалардан алынған органикалық тыңайтқышты сәндік өсімдіктерді өсіру үшін 10-15 т/га мөлшерлерінде қолдану. Лайлы тұнбалар құрамында ауыр металдардың болуына байланысты, тыңайтқыштарды үздіксіз енгізу жағдайында жылына 18,8 т/га мөлшерінен асырмау.

3. Лайлы тұнбаларды қордалау үрдісін жылдамдату, оның санитарлық залалсыздануын қамтамасыз ету үшін микробтық биопрепараттарды қолдану.

4. Лайлы тұнбаларды қордалау барысында оның бастапқы ылғалдылығы 60% шамасында болуын қадағалау. Ылғалдылық шамасы кем болса, қордаға қосымша су қосу, артық болса, өсімдік қалдықтарын қосып араластыру.

ПАЙДАЛАНЫЛГАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Данилович Д.А. Анаэробное сбраживание–ключевая технология обработки осадков городских сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. – 2013. – №10. – С. 58-66.
- 2 Яковлев В.А. Термокаталитическая утилизация иловых осадков сточных вод как пример энергоэффективного катализа // Возобновляемая энергетика XXI век: матер. междунар. конгресса (REENCON-XXI). – М., 2016. – С. 199-204.
- 3 Assefa S., Tadesse S. The principal role of organic fertilizer on soil properties and agricultural productivity-a review // Agri Res and Tech: Open Access J. – 2019. – Vol. 22, Issue 2. – P. 556192.
- 4 Ижболдина Е.А., Макаренко Д.А. Обзор способов переработки органических удобрений // Научно-технический бюллетень Института животноводства Национальной академии аграрных наук Украины. – 2019. – №122. – С. 92-102.
- 5 Chew K.W. Transformation of biomass waste into sustainable organic fertilizers // Sustainability. – 2019. – Vol. 11, Issue 8. – P. 2266-1-2266-19.
- 6 Piao M.A review of additives use in straw composting // Environmental Science and Pollution Research. – 2023. – Vol. 30, Issue 20. – P. 57253-57270.
- 7 Kostov O., Lynch J.M. Composted sawdust as a carrier for Bradyrhizobium, Rhizobium and Azospirillum in crop inoculation // World Journal of Microbiology and Biotechnology – 1998. – Vol. 4. – P. 389-397.
- 8 Sarma S. et al. Rapid decomposition of rice straw by application of a novel microbial consortium and study its microbial community dynamics // World Journal of Microbiology and Biotechnology. – 2022. – Vol. 38, Issue 11. – P. 212.
- 9 Bockman M., Strunnikova N., Petrova O. Recovery of sludge of domestic sewage disposals // Scientific Israel-Technological Advantages. – 2015. – Vol. 17, Issue 1-2. – P. 211-214.
- 10 Благоразумова А.М. Обработка и обезвоживание осадков городских сточных вод. – СПб.: Лань, 2014. – 208 с.
- 11 Хайруллина А.И. Осадки сточных вод. // Международная научно-практическая конференция «Междисциплинарность научных исследований как фактор инновационного развития». – Стерлитамак, 2023. – С. 114-118.
- 12 Москвичева А.В. Канализационные очистные сооружения. Механическая очистка. – Волгоград, 2018. – 84 с.
- 13 Хисамеева Л.Р. Обработка осадков городских сточных вод: учеб. пос. – Казань, 2016. – 105 с.
- 14 Валиев В. С., Иванов Д. В., Шагидуллин Р. Р. Способы утилизации осадков городских сточных вод //Российский журнал прикладной экологии. – 2020. – №. 4 (24). – С. 52-63.
- 15 Orgoványi P. Basics of Wastewater Treatment // In book: Individual Wastewater Treatment Technologies. – Budapest, 2020. – P. 13-74.
- 16 Akhondi E. The performance and fouling control of submerged hollow fiber (HF) systems: A review // Applied Sciences. – 2017. – Vol. 7. – P. 765-1-765-39.

17 Cieřlik B.M., Namieřnik J., Konieczka P. Review of sewage sludge management: standards, regulations and analytical methods // Journal of cleaner production. – 2015. – Vol. 90. – P. 1-15.

18 Lin W. et al. Advanced oxidation processes (AOPs)-based sludge conditioning for enhanced sludge dewatering and micropollutants removal: A critical review // Journal of Water Process Engineering. – 2022. – Vol. 45. – P. 102468.

19 «Waste water treatment – sludge management» briefing-notes// <https://www.eureau.org/resources/briefing-notes/5629-briefing-note-on-sludge-management/file>. Дата обращения 05.03.2023.

20 Davis R.D., Haeni H., L'Hermite P. Factors influencing sludge utilization practices in Europe. – London: CRC Press, 2014. – 132 p.

21 Donatello S., Cheeseman C. R. Recycling and recovery routes for incinerated sewage sludge ash (ISSA): A review // Waste Management. – 2013. – Vol. 33, Issue 11. – P. 2328-2340.

22 Безматерных М.А., Селезнева И.С. Экологические проблемы и нетрадиционные источники энергии при биологической очистке сточных вод // Альтернативная энергетика и экология. – 2015. – №8-9(172-173). – С. 70-75.

23 Bazarnova J.G., Politayeva N.A., Bozhuk S.G. Innovative technologies secondary use of processed active source // Proceed. 2017 internat. conf. "Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies"(IT&QM&IS). – SPb., 2017. – P. 471-476.

24 Meda S.R., Sharma S.K., Tyagi G.D. Utilization of waste sludge as a construction material-a review // Materials Today: Proceedings. – 2021. – Vol. 46. – P. 4195-4202.

25 Губанов Л.Н., Зверева А.Ю., Зверева В.И. Рециклирование материалов из твердых бытовых отходов и осадков сточных вод // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. – 2013. – №2. – С. 61-64.

26 Khanmohammadi Z., Afyuni M., Mosaddeghi M.R. Effect of pyrolysis temperature on chemical and physical properties of sewage sludge biochar //Waste Management & Research. – 2015. – Vol. 33, Issue 3. – P. 275-283.

27 Gao N. et al. Thermochemical conversion of sewage sludge: A critical review // Progress in Energy and Combustion Science. – 2020. – Vol. 79. – P. 100843.

28 Ing D.S. et al. The use of sewage sludge ash (SSA) as partial replacement of cement in concrete // ARPN J. Eng. Appl. Sci. – 2016. – Vol. 11. – P. 3771-3775.

29 Межевова А.С. Вдовенко А.В., Кочкарь М.М., Воробьева О.М. Опыт использования иловых осадков сточных вод // Сборник материалов 1 международной научно-практической конференции. – Новосибирск, 2017. – С. 65-69.

30 Васенев И.И., Сюняев Н.К., Бадарч Б. Агроэкологическая оценка характерных для Калужской области старопахотных легких дерново-подзолистых почв после неоднократного применения свежих и обезвоженных осадков сточных вод // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – №10. – С. 12-16.

- 31 Хабарова Т.В. и др. Агроэкологическая эффективность использования осадка сточных вод и вермикомпостов в агроценозе овса посевного // Юг России: экология, развитие. – 2018. – №2. – С. 132-143.
- 32 Варламова Л.Д., Короленко И.Д. Нетрадиционные удобрительные материалы в растениеводческом комплексе России и Нижегородской области // Агрехимический вестник. – 2017. – №2. – С. 15-20.
- 33 Доскина Э. др. Обработка и утилизация осадков городских сточных вод. – М.; Л.: Litres, 2022. – 220 с.
- 34 Пат. WO2014158058A1. Способ получения фосфорсодержащего удобрения из илового осадка городских водоочистных сооружений и удобрение, полученное таким способом / Зюбин Л., Бутусов М.М.; опубл. 02.10.14. – 24 с.
- 35 Пат. 2494979. Способ приготовления осадка сточных вод предприятий коммунального хозяйства к переработке / Лобанов Ф.И., Кармазинов Ф.В., Кинебас А.К., Рублевская О.Н., Чукалина Е.М.; опубл. 10.10.2013. – 6 с.
- 36 Pat. 3622507 US Activated sludge processing / Pasveer A.; publ. 23.11.71. – 5 p.
- 37 Pat. 5087378A US. Process for enhancing the dewaterability of waste sludge from microbiological digestion / Kovacs G.L.; publ. 11.02.92. – 8 p.
- 38 Pat. 5417861A US. Process to stabilize bioorganic, raw or treated wastewater sludge. Burnham J.C.; publ. 23.05.95. – 25 p.
- 39 Pat. 7662206 US. Organic containing sludge to fertilizer alkaline conversion process / Burnham J.C.; publ. 16.02.10.
- 40 Zularisam A.W. et al. Production of biofertilizer from vermicomposting process of municipal sewage sludge // Journal of Applied Sciences. – 2010. – Vol. 10, Issue 7. – P. 580-584.
- 41 Sinha R.K., Bharambe G., Chaudhari U. Sewage treatment by vermifiltration with synchronous treatment of sludge by earthworms: a low-cost sustainable technology over conventional systems with potential for decentralization // The Environmentalist. – 2008. – Vol. 28, Issue 4. – P. 409-420.
- 42 Yang J. et al. Insight into the roles of earthworm in vermicomposting of sewage sludge by determining the water-extracts through chemical and spectroscopic methods // Bioresource technology. – 2014. – Vol. 154. – P. 94-100.
- 43 Onwosi C.O. et al. Composting: An eco-friendly technology for sustainable agriculture // In book: Ecological and Practical Applications for Sustainable Agriculture. – Singapore, 2020. – P. 179-206.
- 44 El Hayany B. Effect of dewatering and composting on helminth eggs removal from lagooning sludge under semi-arid climate // Environmental Science and Pollution Research. – 2018. – Vol. 25, Issue 11. – P. 10988-10996.
- 45 Bohacz J. Microbial strategies and biochemical activity during lignocellulosic waste composting in relation to the occurring biothermal phases // Journal of environmental management. – 2018. – Vol. 206. – P. 1052-1062.
- 46 Yañez R., Alonso J.L., Díaz M.J. Influence of bulking agent on sewage sludge composting process // Bioresource Technology. – 2009. – Vol. 100, Issue 23. – P. 5827-5833.

- 47 Kelleher B.P. et al. Advances in poultry litter disposal technology – a review // *Bioresource technology*. – 2002. – Vol. 83, Issue 1. – P. 27-36.
- 48 Kebibeche H. et al. Addition of wood sawdust during the co-composting of sewage sludge and wheat straw influences seeds germination // *Ecotoxicology and environmental safety*. – 2019. – Vol. 168. – P. 423-430.
- 49 Pourcher A.M. et al. Decrease of enteric micro-organisms from rural sewage sludge during their composting in straw mixture // *Journal of applied microbiology*. – 2005. – Vol. 99, Issue 3. – P. 528-539.
- 50 Bożym M., Siemiątkowski G. Characterization of composted sewage sludge during the maturation process: a pilot scale study // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2018. – Vol. 25, Issue 34. – P. 34332-34342.
- 51 Li G. et al. Chemical evaluation of sewage sludge composting as a mature indicator for composting process // *Water, Air, and Soil Pollution*. – 2001. – Vol. 132, Issue 3. – P. 333-345.
- 52 Брындина Л.В., Полянский К.К. Влияние агрегативной устойчивости клеток актиномицета *Streptomyces chromogenes* sg 0832 на очистку сточных вод // *Сорбционные и хроматографические процессы*. – 2020. – Т. 20, №2. – С. 215-222.
- 53 Agunbiade M., Pohl C., Ashafa O. Biofloculant production from *Streptomyces platensis* and its potential for river and waste water treatment // *Brazilian Journal of microbiology*. – 2018. – Vol. 49. – P. 731-741.
- 54 СТ РК 2578-2014 Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений.
- 55 ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений.
- 56 Касатиков В.А., Баринаева К.Е., Руник В.Е. и др. Методические рекомендации по применению городских отходов в системе комплексного агрохимического окультуривания полей. – Владимир: Агропром, 1987. – 21 с.
- 57 Витковская С.Е., Дричко В.Ф. Влияние органических отходов на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы и поступление тяжелых металлов в растения // *Агрохимия*. – 2002. – №7. – С. 5-10.
- 58 Lebedev S.A. et al. Ecological state of soils of the Republic of Adygea under high anthropogenic load // In book: *The Republic of Adygea Environment*. – Cham, 2020. – С. 185-216.
- 59 Сборник методических и нормативных документов по контролю качества окружающей среды. Часть IV. Почвы. – Н. Новгород, 2000. – 221 с.
- 60 Singh R.P., Agrawal M. Potential benefits and risks of land application of sewage sludge // *Waste management*. – 2008. – Vol. 28, Issue 2. – P. 347-358.
- 61 Теучеж А.А. Плюсы и минусы применения минеральных удобрений // *Экологический вестник Северного Кавказа*. – 2021. – Vol. 17, Issue 1. – P. 38-43.
- 62 Макаров В.М., Васильева В.Н., Холмогорова Д.В. Влияние ежегодного внесения минеральных удобрений на численность азотфиксаторов рода *Azotobacter* в черноземе выщелоченном. // *Материалы 60-й Международной научной студенческой конференции*. – Новосибирск, 2022. – С.130.

- 63 Гречишкина Ю.И., Есаулко А.Н. и др. Экологические аспекты применения удобрений в современном земледелии // Вестник АПК Ставрополя. – 2012. – №3. – С. 112-114.
- 64 Ә.К.Зәуірбек. Дефицит водных ресурсов в республике казахстан. Есть ли выход? // География и водные ресурсы. – 2019. – №3. С. 78-92.
- 65 Оспанов К.Т., Жасыбаев А. Анализ современного состояния обработки осадков сточных вод городов Республиканского назначения // Вестник КазНТУ. – 2013. – №5(99). – С. 22-25.
- 66 Постановление Правительства Республики Казахстан. Об утверждении Программы модернизации системы управления твердыми бытовыми отходами на 2014-2050 годы: утв. 9 июня 2014 года, №634 // <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1400000634>. Дата обращения 20.06.2023.
- 67 Kelessidis A., Stasinakis A.S. Comparative study of the methods used for treatment and final disposal of sewage sludge in European countries // Waste management. – 2012. – Vol. 32, Issue 6. – P. 1186-1195.
- 68 Hooda P.S. et al. Plant availability of heavy metals in soils previously amended with heavy applications of sewage sludge // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 1997. – Vol. 73, Issue 4. – P. 446-454.
- 69 Gerke J. Concepts and misconceptions of humic substances as the stable part of soil organic matter: A review // Agronomy. – 2018. – Vol. 8. – P. 76-1-76-16.
- 70 Krzesłowska M. et al. Morphology and Physiology of Plants Growing on Highly Polluted Mining Wastes // Phytoremediation for Environmental Sustainability. – Singapore: Springer Nature Singapore, 2022. – P. 151-200.
- 71 Rattan R.K. et al. Long-term impact of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater – a case study // Agriculture, ecosystems & environment. – 2005. – Vol. 109, Issue 3-4. – P. 310-322.
- 72 Latosińska J., Kowalik R., Gawdzik J. Risk assessment of soil contamination with heavy metals from municipal sewage sludge // Applied Sciences. – 2021. – Vol. 11, Issue 2. – P. 548-1-548-13.
- 73 Теплая Г.А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды (обзор литературы) // Астраханский вестник экологического образования. – 2013. – №1(23). – С. 182-192.
- 74 Касатиков В.А., Чемерис М.С. и др. Последствие внесения ОСВ и известкования на содержание подвижных форм тяжелых металлов в пахотном слое почвы и их транслокацию в растительную продукцию // Плодородие. – 2012. – №5. – С. 45-47.
- 75 Плеханова И.О. Степень самоочищения агродерново-подзолистых супесчаных почв, удобренных осадком сточных вод // Почвоведение. – 2017. – №4. – С. 506-512.
- 76 Белопухов С.Л. и др. Массоперенос никеля в агроэкосистеме с дерново-подзолистой супесчаной почвой при длительном применении осадков сточных вод // Агрохимия. – 2017. – №5. – С. 86-90.
- 77 Sims J.T., Kline J.S. Chemical fractionation and plant uptake of heavy metals in soils amended with co-composted sewage sludge // American Society of Agronomy,

Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America. – 1991. – Vol. 20, Issue 2. – P. 387-395.

78 Sidle R.C., Kardos L.T., Van Genuchten M.T. Heavy metals transport model in a sludge-treated soil // American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America. – 1977. – Vol. 6, Issue 4. – P. 438-443.

79 Путилина В.С., Галицкая И.В., Юганова Т.И. Влияние органического вещества на миграцию тяжелых металлов на участках складирования твердых бытовых отходов // Экология. Серия аналитических обзоров мировой литературы. – 2005. – №76. – С. 1-100.

80 Zhang X., Wang X., Wang D. Immobilization of heavy metals in sewage sludge during land application process in China: A review // Sustainability. – 2017. – Vol. 9, Issue 11. – P. 2020-1-2020-19.

81 Singh N. B. et al. Water purification by using adsorbents: a review // Environmental technology & innovation. – 2018. – Vol. 11. – P. 187-240.

82 Díaz-Cruz M.S. et al. Analysis of selected emerging contaminants in sewage sludge // TrAC Trends in Analytical Chemistry. – 2009. – Vol. 28. – P. 1263-1275.

83 Verlicchi P., Zambello E. Pharmaceuticals and personal care products in untreated and treated sewage sludge: Occurrence and environmental risk in the case of application on soil – A critical review // Science of the Total Environment. – 2015. – Vol. 538. – P. 750-767.

84 Kumar V., Chopra A.K., Kumar A. A review on sewage sludge (Biosolids) a resource for sustainable agriculture // Archives of Agriculture and Environmental Science. – 2017. – Vol. 2, Issue 4. – P. 340-347.

85 Tiwari N. et al. Sewage Water Reuse in Quality Vegetation: A Review on Potential, Current Challenges and Future Strategies // Proceed. of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences. – Prayagraj, 2023. – P. 1-11.

86 Mustafaoğlu D.Ç., Korkmaz Ş., Ceylan Z. Recycling domestic sewage sludge to agricultural and farming areas in line with Sustainable Development Goals (SDG) // Environ. Research and Technology. – 2023. – Vol. 6, Issue 2. – P. 1-14.

87 Paskarelov S.I., Dmitrienko N.A. Possibility of processing and use of sewage sludge // Modern science. – 2022. – Vol. 9, Issue 2. – P. 5-9.

88 Калганов А.А. Последствие органоминеральных удобрений на основе иловых осадков на урожайность кукурузы // Биология в сельском хозяйстве. – 2018. – №1(18). – С. 20-22.

89 Хомяков Д.М. Некоторые проблемы использования осадков сточных вод на удобрение // Земледелие. – 1991. – №8. – С. 62-65.

90 Johansson M., Stenberg B. Torstensson microbiological and chemical changes in two arable soil after long-term sludge amendments // Biol. Fertil. Soil. – 1999. – Vol. 30. – P. 160-167.

91 Lindsay B.J., Logan T.J. Field response of soil physical properties to sewage sludge // American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America. – 1998. – Vol. 27, Issue 3. – P. 534-542.

92 Nicolás C. et al. Soil aggregation in a semiarid soil amended with composted and non-composted sewage sludge – a field experiment // *Geoderma*. – 2014. – Vol. 219. – P. 24-31.

93 Sort X., Alcañiz J.M. Effects of sewage sludge amendment on soil aggregation // *Land Degradation & Development*. – 1999. – Vol. 10, Issue 1. – P. 3-12.

94 Lindsay B.J., Logan T.J. Field Response of Soil Physical Properties to Sewage Sludge // *Journal of Environmental Quality*. – 1998. – Vol. 27, Issue 3. – P. 534-542.

95 Chambers B.J. et al. Benefits of biosolids to soil quality and fertility // *Water and Environment Journal*. – 2003. – Vol. 17, Issue 3. – P. 162-167.

96 García-Orenes F. et al. Factors controlling the aggregate stability and bulk density in two different degraded soils amended with biosolids // *Soil and Tillage Research*. – 2005. – Vol. 82, Issue 1. – P. 65-76.

97 Cogger C.G. Potential compost benefits for restoration of soils disturbed by urban development // *Compost science & utilization*. – 2005. – Vol. 13, Issue 4. – P. 243-251.

98 López-Díaz M.L., Mosquera-Losada M.R., Rigueiro-Rodríguez A. Lime, sewage sludge and mineral fertilization in a silvopastoral system developed in very acid soils // *Agroforestry Systems*. – 2007. – Vol. 70. – P. 91-101.

99 Hue N.V. Correcting soil acidity of a highly weathered Ultisol with chicken manure and sewage sludge // *Communications in soil science and plant analysis*. – 1992. – Vol. 23, Issue 3-4. – P. 241-264.

100 Maria I.C.D. et al. Sewage sludge application to agricultural land as soil physical conditioner // *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. – 2010. – Vol. 34. – P. 967-974.

101 Al-Wabel M.I. et al. Effect of sewage sludge on some chemical properties of calcareous sandy soils // *Communications in soil science and plant analysis*. – 1998. – Vol. 29, Issue 17-18. – P. 2713-2724.

102 Щелчкова М.В., Стручкова Л.К., Федоров И.А. Комплексное влияние тяжелых металлов на ферментативную активность и эффективное плодородие мерзлотной лугово-черноземной почвы // *Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова*. – 2010. – Т. 7, №4. – С. 16-21.

103 Петрова Е.В., Шиндорикина О.В. Содержание тяжелых металлов в черноземе обыкновенном при внесении вермикомпостов // *Инновационные тенденции развития российской науки: матер. науч.-практ. конф. молод. учен.* – Красноярск, 2013. – С. 16-17.

104 Кольцова А.Н., Сироткин В.В. Исследование загрязнения почв Чувашской Республики тяжелыми металлами // *Вестник Чувашского университета*. – 2003. – №2. – С. 122-130.

105 Kurzemann F. et al. Long-term effect of organic amendments, mineral fertilizers and combinations thereof, on plant yield, soil physic-chemical and microbiological properties // <https://meetingorganizer.copernicus.org>. Дата обращения 02.09.2023

- 106 Deboz K. et al. Evaluating effects of sewage sludge and household compost on soil physical, chemical and microbiological properties // *Applied Soil Ecology*. – 2002. – Vol. 19, Issue 3. – P. 237-248.
- 107 Parkpain P., Sirisukhodom S., Carbonell-Barrachina A.A. Heavy metals and nutrients chemistry in sewage sludge amended Thai soils // *Journal of Environmental Science & Health Part A*. – 1998. – Vol. 33, Issue 4. – P. 573-597.
- 108 Aggelides S.M., Londra P.A. Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and a clay soil // *Bioresource technology*. – 2000. – Vol. 71, Issue 3. – P. 253-259.
- 109 Perez-Espinosa A. et al. Effects of sewage sludge application on salinity and physico-chemical properties of a calcareous soil // *Archives of agronomy and Soil Science*. – 2000. – Vol. 45, Issue 1. – P. 51-56.
- 110 Richards B.K. et al. Effect of sludge-processing mode, soil texture and soil pH on metal mobility in undisturbed soil columns under accelerated loading // *Environmental pollution*. – 2000. – Vol. 109, Issue 2. – P. 327-346.
- 111 Yue Y., Cui L. et al. Efficiency of sewage sludge biochar in improving urban soil properties and promoting grass growth // *Chemosphere*. – 2017. – Vol. 173. – P. 551-556.
- 112 Hechmi S. et al. Impact of urban sewage sludge on soil physico-chemical properties and phytotoxicity as influenced by soil texture and reuse conditions // *J Environ Qual*. – 2020. – Vol. 49, Issue 4. – P. 973-986.
- 113 Kodešová R. et al. Soil influences on uptake and transfer of pharmaceuticals from sewage sludge amended soils to spinach // *Journal of environmental management*. – 2019. – Vol. 250. – P. 109407.
- 114 Shen J. et al. Soil improvement with coal ash and sewage sludge: a field experiment // *Environmental geology*. – 2008. – Vol. 53. – P. 1777-1785.
- 115 Межевова А.С. Использование биомелиорантов для повышения продуктивности слабогумусированных почв // *Мелиорация и гидротехника*. – 2020. – №4(40). – С. 58-70.
- 116 Полякова И.Я. Превращение старых осадков иловых карт очистных сооружений в безопасные субстраты // *Современные проблемы экологии: сб. тр. науч.-техн. конф.* – Тула, 2012. – С. 22-25.
- 117 Chander K., Brookes P.C. Effects of heavy metals from past applications of sewage sludge on microbial biomass and organic matter accumulation in a sandy loam and silty loam UK soil // *Soil Biology and Biochemistry*. – 1991. – Vol. 23, Issue 10. – P. 927-932.
- 118 dos Santos L.M. et al. Application of chemometric methods in the evaluation of chemical and spectroscopic data on organic matter from Oxisols in sewage sludge applications // *Geoderma*. – 2010. – Vol. 155, Issue 1-2. – P. 121-127.
- 119 Zhu F. et al. Lipid profiling in sewage sludge // *Water research*. – 2017. – Vol. 116. – P. 149-158.
- 120 Börjesson G., Kätterer T. Soil fertility effects of repeated application of sewage sludge in two 30-year-old field experiments // *Nutrient cycling in agroecosystems*. – 2018. – Vol. 112. – P. 369-385.

- 121 Bridgham S.D., Ye R. Organic matter mineralization and decomposition // *Methods in biogeochemistry of wetlands*. – 2013. – Vol. 10. – P. 385-406.
- 122 Bastida F. et al. Effects of organic amendments on soil carbon fractions, enzyme activity and humus–enzyme complexes under semi-arid conditions // *European Journal of Soil Biology*. – 2012. – Vol. 53. – P. 94-102.
- 123 Suhadolc M. et al. Single application of sewage sludge–Impact on the quality of an alluvial agricultural soil // *Chemosphere*. – 2010. – Vol. 81, Issue 11. – P. 1536-1543.
- 124 Rabinovich G.Y., Podolyan E.A., Zinkovskaya T.S. Use of sewage sludge and organic matter regime of sod-podzolic soil // *Russian Agricultural Sciences*. – 2020. – Vol. 46. – P. 490-495.
- 125 Abd Elnaim E.M. et al. Effects of prolonged sewage irrigation on some physical properties of sandy soil // *Biological Wastes*. – 1987. – Vol. 22, Issue 4. – P. 269-274.
- 126 Alvarenga P. et al. Sewage sludge, compost and other representative organic wastes as agricultural soil amendments: Benefits versus limiting factors // *Waste management*. – 2015. – Vol. 40. – P. 44-52.
- 127 Bittencourt S. et al. Sewage sludge usage in agriculture: a case study of its destination in the Curitiba Metropolitan Region, Paraná, Brazil // *Water, Air, & Soil Pollution*. – 2014. – Vol. 225. – P. 1-8.
- 128 Tambone F., Adani F. Nitrogen mineralization from digestate in comparison to sewage sludge, compost and urea in a laboratory incubated soil experiment // *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. – 2017. – Vol. 180, Issue 3. – P. 355-365.
- 129 Chojnacka K. et al. Management of biological sewage sludge: Fertilizer nitrogen recovery as the solution to fertilizer crisis // *Journal of Environmental Management*. – 2023. – Vol. 326. – P. 116602.
- 130 Franco A. et al. Sewage sludge as nitrogen and phosphorus source for cane-plant and first ratoon crops // *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. – 2010. – Vol. 34. – P. 553-561.
- 131 Li S. Effects of sewage sludge and nitrogen fertilizer on herbage growth and soil fertility improvement in restoration of the abandoned opencast mining areas in Shanxi, China // *Environmental earth sciences*. – 2013. – Vol. 70. – P. 3323-3333.
- 132 Antoniadis V., Koutroubas S.D., Fotiadis S. Nitrogen, phosphorus, and potassium availability in manure-and sewage sludge–applied soil // *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. – 2015. – Vol. 46, Issue 3. – P. 393-404.
- 133 Wierzbowska J. et al. Sewage sludge as source of nitrogen and phosphorus for Virginia fanpetals // *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. – 2016. – Vol. 22, Issue 5. – P. 722-727.
- 134 Shiba N.C., Ntuli F. Extraction and precipitation of phosphorus from sewage sludge // *Waste Management*. – 2017. – Vol. 60. – P. 191-200.
- 135 Lamastra L., Suciú N.A., Trevisan M. Sewage sludge for sustainable agriculture: contaminants' contents and potential use as fertilizer // *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. – 2018. – Vol. 5, Issue 1. – P. 1-6.
- 136 Krüger O., Adam C. Recovery potential of German sewage sludge ash // *Waste Management*. – 2015. – Vol. 45. – P. 400-406.

- 137 Nogueira T.A.R. et al. Short-term usage of sewage sludge as organic fertilizer to sugarcane in a tropical soil bears little threat of heavy metal contamination // *Journal of Environmental Management*. – 2013. – Vol. 114. – P. 168-177.
- 138 Amadou I., Faucon M.P., Houben D. New insights into sorption and desorption of organic phosphorus on goethite, gibbsite, kaolinite and montmorillonite // *Applied Geochemistry*. – 2022. – Vol. 143. – P. 105378.
- 139 Smith M.T.E., Cade-Menun B.J., Tibbett M. Soil phosphorus dynamics and phytoavailability from sewage sludge at different stages in a treatment stream // *Biology and fertility of soils*. – 2006. – Vol. 42. – P. 186-197.
- 140 Houben D. et al. Response of phosphorus dynamics to sewage sludge application in an agroecosystem in northern France // *Applied Soil Ecology*. – 2019. – Vol. 137. – P. 178-186.
- 141 Siddique M.T., Robinson J.S. Differences in phosphorus retention and release in soils amended with animal manures and sewage sludge // *Soil Science Society of America Journal*. – 2004. – Vol. 68, Issue 4. – P. 1421-1428.
- 142 Fachini J., de Figueiredo C.C., do Vale A.T. Assessing potassium release in natural silica sand from novel K-enriched sewage sludge biochar fertilizers // *Journal of Environmental Management*. – 2022. – Vol. 314. – P. 115080.
- 143 Kirchmann H. et al. From agricultural use of sewage sludge to nutrient extraction: A soil science outlook // *Ambio*. – 2017. – T. 46. – C. 143-154.
- 144 Asensio V., Covelo E.F., Kandeler E. Soil management of copper mine tailing soils – Sludge amendment and tree vegetation could improve biological soil quality // *Science of the Total Environment*. – 2013. – Vol. 456. – P. 82-90.
- 145 Fliessbach A., Martens R., Reber H.H. Soil microbial biomass and microbial activity in soils treated with heavy metal contaminated sewage sludge // *Soil Biology and Biochemistry*. – 1994. – Vol. 26, Issue 9. – P. 1201-1205.
- 146 Sastre I., Vicente M.A., Lobo M.C. Influence of the application of sewage sludges on soil microbial activity // *Bioresource Technology*. – 1996. – Vol. 57, Issue 1. – P. 19-23.
- 147 Hattori H. Microbial activities in soil amended with sewage sludges // *Soil Science and Plant Nutrition*. – 1988. – Vol. 34, Issue 2. – P. 221-232.
- 148 Dar G.H. Effects of cadmium and sewage-sludge on soil microbial biomass and enzyme activities // *Bioresource Technology*. – 1996. – Vol. 56, Issue 2-3. – P. 141-145.
- 149 Jatav H.S. et al. Cumulative effect of sewage sludge and fertilizers application on enhancing soil microbial population under rice-wheat cropping system // *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*. – 2018. – Vol. 6, Issue 3. – P. 538-543.
- 150 Haller L. et al. Composition of bacterial and archaeal communities in freshwater sediments with different contamination levels (Lake Geneva, Switzerland) // *Water research*. – 2011. – Vol. 45, Issue 3. – P. 1213-1228.
- 151 Lakhdar A. et al. The effect of compost and sewage sludge on soil biologic activities in salt affected soil // *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*. – 2010. – Vol. 10, Issue 1. – P. 40-47.

- 152 Picariello E. et al. Compost and sewage sludge for the improvement of soil chemical and biological quality of Mediterranean agroecosystems // Sustainability. – 2020. – Vol. 13, Issue 1. – P. 26-1-26-15.
- 153 Metzger L., Levanon D., Mingelgrin U. The effect of sewage sludge on soil structural stability: microbiological aspects // Soil Science Society of America Journal. – 1987. – Vol. 51, Issue 2. – P. 346-351.
- 154 Ortiz-Castro R., Campos-García J., López-Bucio J. Pseudomonas putida and Pseudomonas fluorescens influence Arabidopsis root system architecture through an auxin response mediated by bioactive cyclodipeptides // Journal of Plant Growth Regulation. – 2020. – Vol. 39, Issue 1. – P. 254-265.
- 155 Wang S. et al. Bacillus megaterium strain WW1211 promotes plant growth and lateral root initiation via regulation of auxin biosynthesis and redistribution // Plant and Soil. – 2021. – Vol. 466. – P. 491-504.
- 156 Bizos G. et al. The role of microbial inoculants on plant protection, growth stimulation, and crop productivity of the olive tree (Olea europaea L.) // Plants. – 2020. – Vol. 9, Issue 6. – P. 743-1-743-16.
- 157 Pang L. et al. Degradation of organophosphate esters in sewage sludge: effects of aerobic/anaerobic treatments and bacterial community compositions // Bioresource technology. – 2018. – Vol. 255. – P. 16-21.
- 158 Khanna K. et al. Reconnoitering the Efficacy of Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Expediting Phytoremediation Potential of Heavy Metals // Journal of Plant Growth Regulation. – 2022. – Vol. 42, Issue 8. – P. 1-29.
- 159 Khan A.A.H. Plant-bacterial association and their role as growth promoters and biocontrol agents // In book: Plant Growth Promoting Rhizobacteria for Sustainable Stress Management. – Singapore, 2019. – Vol. 13. – P. 389-419.
- 160 Ravintheran S.K. et al. Complete genome sequence of Sphingomonas paucimobilis AIMST S2, a xenobiotic-degrading bacterium // Scientific data. – 2019. – Vol. 6, Issue 1. – P. 1-6.
- 161 El Fantroussi S., Agathos S. N. Is bioaugmentation a feasible strategy for pollutant removal and site remediation? // Current opinion in microbiology. – 2005. – Vol. 8, Issue 3. – P. 268-275.
- 162 Kunova A. et al. Draft genome sequences of two Streptomyces albidoflavus strains DEF1AK and DEF147AK with plant growth-promoting and biocontrol potential // Annals of Microbiology. – 2021. – Vol. 71, Issue 1. – P. 1-8.
- 163 Bansal H. et al. Unleashing the Potential of Microbial Natural Products in Drug Discovery: Focusing on Streptomyces as Antimicrobials Goldmine // Current Topics in Medicinal Chemistry. – 2021. – Vol. 21, Issue 26. – P. 2374-2396.
- 164 Feng S. et al. Bioaugmentation potential evaluation of a bacterial consortium composed of isolated Pseudomonas and Rhodococcus for degrading benzene, toluene and styrene in sludge and sewage // Bioresource Technology. – 2021. – Vol. 320. – P. 124329.
- 165 Fan J. et al. Performance of Chlorella sorokiniana-activated sludge consortium treating wastewater under light-limited heterotrophic condition // Chemical Engineering Journal. – 2020. – Vol. 382. – P. 122799.

- 166 Parhamfar M. et al. Biodegradation of heavy oily sludge by a two-step inoculation composting process using synergistic effect of indigenous isolated bacteria // *Process Biochemistry*. – 2020. – Vol. 91. – P. 223-230.
- 167 Buhari J. et al. Unveiling the optimal ammonia-oxidising bacterial consortium for polishing low ammonia-contaminated wastewater // *Journal of Water Process Engineering*. – 2022. – Vol. 47. – P. 102753.
- 168 Gonçalves C. A. et al. Chemical and technological attributes of sugarcane as functions of organomineral fertilizer based on filter cake or sewage sludge as organic matter sources // *PLoS one*. – 2021. – Vol. 16, Issue 12. – P. e0236852.
- 169 Brümmer G., Herms U. Influence of soil reaction and organic matter on the solubility of heavy metals in soils // In book: *Effects of accumulation of air pollutants in forest ecosystems*. – Dordrecht: Springer, 1983. – P. 233-243.
- 170 Alcántara E. et al. Effects of heavy metals on both induction and function of root Fe (III) reductase in Fe-deficient cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants // *Journal of Experimental Botany*. – 1994. – Vol. 45, Issue 12. – P. 1893-1898.
- 171 Behbahania A., Mirbagheri S., Nouri J. Effects of sludge from wastewater treatment plants on heavy metals transport to soils and groundwater // *Journal of Environmental Health Science & Engineering*. – 2010. – Vol. 7, Issue 5. – P. 401-406.
- 172 Speir T.W. et al. Heavy metals in soil, plants and groundwater following high-rate sewage sludge application to land // *Water, Air, and Soil Pollution*. – 2003. – Vol. 150, Issue 1. – P. 319-358.
- 173 Arif M.S. et al. Fresh and composted industrial sludge restore soil functions in surface soil of degraded agricultural land // *Science of the Total Environment*. – 2018. – Vol. 619. – P. 517-527.
- 174 Sangeetha J., Thangadurai D. Effect of biologically treated petroleum sludge on seed germination and seedling growth of *Vigna unguiculata* (L.) Walp.(Fabaceae) // *Brazilian Archives of Biology and Technology*. – 2014. – Vol. 57, Issue 3. – P. 427-433.
- 175 Wong M.H., Cheung Y.H., Cheung C.L. The effects of ammonia and ethylene oxide in animal manure and sewage sludge on the seed germination and root elongation of *Brassica parachinensis* // *Environmental Pollution Series A, Ecological and Biological*. – 1983. – Vol. 30, Issue 2. – P. 109-123.
- 176 Wollan E., Davis R.D., Jenner S. Effects of sewage sludge on seed germination // *Environmental Pollution*. – 1978. – Vol. 17, Issue 3. – P. 195-205.
- 177 Kanagachandran K., Jayaratne R. Utilization potential of brewery waste water sludge as an organic fertilizer // *Journal of the Institute of Brewing*. – 2006. – Vol. 112, Issue 2. – P. 92-96.
- 178 Miller R.H. Factors affecting the decomposition of an anaerobically digested sewage sludge in soil // *American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America*. – 1974. – Vol. 3, Issue 4. – P. 376-380.
- 179 Li H. et al. Field study on the uptake and translocation of PBDEs by wheat (*Triticum aestivum* L.) in soils amended with sewage sludge // *Chemosphere*. – 2015. – Vol. 123. – P. 87-92.

- 180 Ahmed H.K. et al. Study of sewage sludge use in agriculture and its effect on plant and soil // *Agric. Biol. JN Am.* – 2010. – Vol. 1, Issue 5. – P. 1044-1049.
- 181 Boswell F.C. Municipal sewage sludge and selected element applications to soil: Effect on soil and fescue // *American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America.* – 1975. – Vol. 4, Issue 2. – P. 267-273.
- 182 Moreira R.S., Mincato R.L., Santos B.R. Heavy metals availability and soil fertility after land application of sewage sludge on dystroferric red latosol // *Ciência e Agrotecnologia.* – 2013. – Vol. 37. – P. 512-520.
- 183 Rabai K.A., Ahmed O.H., Kasim S. Use of formulated nitrogen, phosphorus, and potassium compound fertilizer using clinoptilolite zeolite in maize (*Zea mays* L.) cultivation // *Emirates Journal of Food and Agriculture.* – 2013. – Vol. 25, Issue 9. – P. 713-722.
- 184 Walter I., Cuevas G. Chemical fractionation of heavy metals in a soil amended with repeated sewage sludge application // *Science of the Total Environment.* – 1999. – Vol. 226, Issue 2-3. – P. 113-119.
- 185 Warman P.R., Termeer W.C. Evaluation of sewage sludge, septic waste and sludge compost applications to corn and forage: yields and N, P and K content of crops and soils // *Bioresource technology.* – 2005. – Vol. 96, Issue 8. – P. 955-961.
- 186 Bozkurt M.A. et al. The use of sewage sludge as an organic matter source in apple trees // *Polish Journal of Environmental Studies.* – 2010. – Vol. 19, Issue 2. – P. 267-274.
- 187 Siebielec G., Siebielec S., Lipski D. Long-term impact of sewage sludge, digestate and mineral fertilizers on plant yield and soil biological activity // *Journal of Cleaner Production.* – 2018. – Vol. 187. – P. 372-379.
- 188 Tsakou A., Roulia M., Christodoulakis N.S. Growth of Cotton Plants (*Gossypium hirsutum*) as Affected by Water and Sludge from a Sewage Treatment Plant: I. Plant Phenology and Development // *Bulletin of environmental contamination and toxicology.* – 2001. – Vol. 66, Issue 6. – P. 735-742.
- 189 Rodrigues B.C.G. et al. Utilização de melão de soja (resíduo) da produção de proteína de soja para a geração de biometano em reator UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) // *Revista Tecnologia.* – 2020. – Vol. 41, Issue 2. – P. 1-15.
- 190 Александрова Л.Н., Михайлов Л.Н. Влияние осадков городских сточных вод и минеральных удобрений на качество семян конопли // *Нива Поволжья.* – 2011. – №1. – С. 6-9
- 191 Зволинский В.П. и др. Проблемы и перспективы выращивания технических культур в засушливых условиях Заволжья // *Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование.* – 2014. – №4(36). – С. 176-179.
- 192 Tamoutsidis E. et al. Wet sewage sludge application effect on soil properties and element content of leaf and root vegetables // *Journal of plant nutrition.* – 2002. – Vol. 25, Issue 9. – P. 1941-1955.
- 193 Khiabani S.R., ÇELEN A.E. The effect of sewage sludge applications on yield and quality of vetch+ barley mixture // *Turkish Journal Of Field Crops.* – 2020. – C. 25, №2. – S. 190-196.

194 Najafi N. et al. Effects of Soil Moisture and Sewage Sludge on Water Use Efficiency and Concentrations of Some Elements in Alfalfa //Iranian Journal of Soil Research. – 2020. – Vol. 34, Issue 1. – P. 61-79.

195 Beś A., Sikorski Ł., Szreder K. The Effect of Mineral-Based Mixtures Containing Coal Fly Ash and Sewage Sludge on Chlorophyll Fluorescence and Selected Morphological Parameters of Deciduous and Coniferous Trees //Minerals. – 2021. – Vol. 11, Issue 7. – P. 778-1-778-20.

196 Cui L. et al. Application of excess sludge extract from sewage treatment plant in garden flower planting // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 546, Issue 3. – P. 032025.

197 СанПиН 2.1.7.573-96. Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения. – Введ. 1996-10-31. – М., 1997. – 54 с.

198 Yanyan H.U. et al. Effects of Three Kinds of Sewage Sludge on Physiological Characteristics of Flower Plants // Agricultural Biotechnology. – 2019. – Vol. 8, Issue 2. – P. 201-204.

199 Bai J. et al. Effects of Sewage Sludge Application on Plant Growth and Soil Characteristics at a Pinus sylvestris var. mongolica Plantation in Horqin Sandy Land // Forests. – 2022. – Vol. 13, Issue 7. – P. 984-1-984-18.

200 Elmi A. et al. Sewage sludge land application: Balancing act between agronomic benefits and environmental concerns // Journal of Cleaner Production. – 2020. – Vol. 250. – P. 119512.

201 Успанов У.У. Почвенно-географические зоны и земельные ресурсы Казахской ССР // Известия АН КазССР. Серия биолог. – 1967. – №6. – С. 78-81.

202 Иванов Н.Н. Зоны увлажнения земного шара // Известия АН СССР. Серия геогр. и геофиз. – 1941. – №3. – С. 261-288.

203 ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. – Введ. 1986-01-01. – М., 2011. – 5 с.

204 ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – Введ. 1986-07-01. – М., 2011. – 31 с.

205 Germida J.J., De Freitas J. R. Cultural methods for soil and root-associated microorganisms // In book: Soil sampling and methods of analysis. – Boca Raton, 2008. – P. 341-354.

206 Capone D.G. Determination of nitrogenase activity in aquatic samples using the acetylene reduction procedure // In book: Handbook of methods in aquatic microbial ecology. – London: CRC Press, 2018. – P. 621-631.

207 Hall T.A. et al. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT // Nucleic acids symposium series. – 1999. – Vol. 41, Issue 41. – P. 95-98.

208 Altschul S.F. et al. Gapped BLAST and PSI-BLAST: a new generation of protein database search programs // Nucleic acids research. – 1997. – Vol. 25, Issue 17. – P. 3389-3402.

- 209 Ю.П. Пивоваров. Методические указания по оценке патогенных свойств штаммов-продуцентов, предлагаемых для использования в промышленности микробиологического синтеза. – М., 1992. – 20 с.
- 210 Государственный комитет санитарно-эпидемиологического надзора РФ. Методические указания по экспериментальному обоснованию ПДК микроорганизмов – продуцентов и содержащих их готовых форм препаратов в объектах окружающей среды. – М., 1993. – 19 с.
- 211 Справочник по микробиологическим и вирусологическим методам исследования / под ред. М.О. Биргер. – М.: Медицина, 1973. – 456 с.
- 212 СНИП 1045-73. Санитарные правила по устройству, оборудованию и содержанию экспериментально-биологических клиник (вивариев). – Введ. 1973-04-06. – М.: Госстандарт, 2011. – 15 с.
- 213 ГОСТ 26715-85. Удобрения органические. Методы определения общего азота. – Введ. 1987-01-01. – М., 1987. – 12 с.
- 214 ГОСТ 26717-85. Удобрения органические. Методы определения общего фосфора. – Введ. 1987-01-01. – М., 1987. – 6 с.
- 215 ГОСТ 27980-88. Удобрения органические. Методы определения органического вещества. – Введ. 1990-01-01. – М., 1989. – 11 с.
- 216 ГОСТ 26213-84. Почвы. Определение гумуса по методу Тюрина в модификации ЦИНАО. – Введ. – 1984-06-18. – М., 1992. – 6 с.
- 217 ГОСТ 26107-84. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. – Введ. 1985-01-01. – М., 1984. – 11 с.
- 218 ГОСТ 26205-91. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. – Введ. 1993-07-01. – М., 1992. – 8 с.
- 219 ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. – Введ. 1986-01-01. – 5 с.
- 220 Anderson J.P.E., Domsch K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils // *Soil biology and biochemistry*. – 1978. – Vol. 10, Issue 3. – P. 215-221.
- 221 Isermayer H. Eine einfache Methode zur Bestimmung der Pflanzenatmung und der Karbonate in Boden // *Z. Pflanzenernähr. Düng, Bodenk.* – 1952. – Vol. 56. – P. 26-38.
- 222 Thalmann A. Zur Methodik der Bestimmung der Dehydrogenaseaktivität im Boden mittels triphenyltetrazoliumchlorid (ТТС) // *Landwirtsch. Forsch.* – 1968. – Vol. 21. – P. 249-258.
- 223 Beck T.H. Die Messung der Katalasenaktivität von Böden // *Z. Pflanzenernähr, Bodenk.* – 1971. Vol. 130. – P. 68-81.
- 224 Kick H., Bürger H., Sommer K. Gesamtgehalte an Pb, Zn, Sn, As, Cd, Hg, Cu, Ni, Cr und Co in landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden nordrhein-westfalens // *Landwirtsch. Forsch.* – 1980. – Vol. 33. – P. 12-22.
- 225 Востров И.С. Влияние солоmistых остатков на урожай растений // *Известия АН СССР*. – 1963. – №6. – С. 906-913.

- 226 Надпорожская М.А. и др. Действие гумусовых препаратов, полученных из активных илов сточных вод, на растения и почву // *Biological Communications*. – 2012. – №3. – С. 114-125.
- 227 Fan N. et al. Factors affecting the growth of *Microthrix parvicella*: batch tests using bulking sludge as seed sludge // *Science of the Total Environment*. – 2017. – Vol. 609. – P. 1192-1199.
- 228 Oleszczuk P., Hollert H. Comparison of sewage sludge toxicity to plants and invertebrates in three different soils // *Chemosphere*. – 2011. – Vol. 83, Issue 4. – P. 502-509.
- 229 Metzger L., Yaron B. Influence of sludge organic matter on soil physical properties // In book: *Advances in soil science*. – NY., 1987. – P. 141-163.
- 230 Iqbal G.M.A. et al. Effects of sludge on germination and initial growth performance of *Leucaena leucocephala* seedlings in the nursery // *Journal of Forestry Research*. – 2007. – Vol. 18, Issue 3. – P. 226-230.
- 231 Рязанов С.С. и др. Влияние биоуглей из илов сточных вод на рост растений, почвенные микроорганизмы и содержание азота в серых лесных почвах // *Принципы экологии*. – 2020. – №4(38). – С. 54-70.
- 232 Labrecque M., Teodorescu T.I., Daigle S. Biomass productivity and wood energy of *Salix* species after 2 years growth in SRIC fertilized with wastewater sludge // *Biomass and Bioenergy*. – 1997. – Vol. 12, Issue 6. – P. 409-417.
- 233 Селивановская С.Ю., Латыпова В.З., Губаева Л.А. Микробиологические процессы в серой лесной почве при обработке компостом из осадка сточных вод // *Почвоведение*. – 2006. – №4. – С. 495-501.
- 234 Волошин Е.И. Ресурсы соломы на удобрение в Красноярском крае // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. – 2008. – №3. – С. 91-94.
- 235 Zhou X. et al. Bioaugmentation mechanism on humic acid formation during composting of food waste // *Science of The Total Environment*. – 2022. – Vol. 830. – P. 154783.
- 236 Zheng W. et al. Roles of organic matter transformation in the bioavailability of Cu and Zn during sepiolite-amended pig manure composting // *Journal of Environmental Management*. – 2022. – Vol. 314. – P. 115046.
- 237 Holatko J. et al. Cattle manure fermented with biochar and humic substances improve the crop biomass, microbiological properties and nutrient status of soil // *Agronomy*. – 2022. – Vol. 12, Issue 2. – P. 368-1-368-15.
- 238 Singh J., Kumar S., Sharma S. Biopolymer in wastewater treatment // in book: *Biopolymers: Recent Updates, Challenges and Opportunities*. – Cham: Springer International Publishing, 2022. – P. 323-351.
- 239 Saravanan A. et al. Recent advances in polymer composite, extraction, and their application for wastewater treatment: A review // *Chemosphere*. – 2022. – Vol. 308, Pt 2. – P. 136368.
- 240 Zhang H. et al. Complete genome sequence unveiled cellulose degradation enzymes and secondary metabolic potentials in *Streptomyces* sp. CC0208 // *Journal of Basic Microbiology*. – 2019. – Vol. 59, Issue 3. – P. 267-276.

241 Kocak F.O. Simultaneous evaluation of composting experiments and metagenome analyses to illuminate the effect of *Streptomyces* spp. on organic matter degradation // *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. – 2023. – Vol. 39, Issue 5. – P. 124.

242 Goel N. et al. Purification and characterization of cellulase from *Pseudomonas* sp. isolated from waste dumping site soil // *Journal of Applied BiotechnolBioeng*. – 2019. – Vol. 6, Issue 3. – P. 118-124.

243 Kumari S., Harjai K., Chhibber S. Characterization of *Pseudomonas aeruginosa* PAO specific bacteriophages isolated from sewage samples // *Am J Biomed Sci*. – 2009. – Vol. 1, Issue 2. – P. 91-102.

244 Vu V. et al. Enhancement of the enzymatic hydrolysis efficiency of wheat bran using the *Bacillus* strains and their consortium // *Bioresource Technology*. – 2022. – Vol. 343. – P. 126092.

245 Tamura K., Nei M. Estimation of the number of nucleotide substitutions in the control region of mitochondrial DNA in humans and chimpanzees // *Molecular Biology and Evolution*. – 1993. – Vol. 10. – P. 512-526.

246 Orozco-Mosqueda M. et al. Recent Advances in the Bacterial Phytohormone Modulation of Plant Growth // *Plants*. – 2023. – Vol. 12, Issue 3. – P. 606-1-606-15.

247 Azim K. et al. Composting parameters and compost quality: a literature review // *Organic agriculture*. – 2018. – Vol. 8, Issue 2. – P. 141-158.

248 Jimenez E.I., Garcia V.P. Composting of domestic refuse and sewage sludge. I. Evolution of temperature, pH, C/N ratio and cation-exchange capacity // *Resources, Conservation and Recycling*. – 1991. – Vol. 6, Issue 1. – P. 45-60.

249 Paul J.W., Beauchamp E.G. Relationship between volatile fatty acids, total ammonia, and pH in manure slurries // *Biological Wastes*. – 1989. – Vol. 29, Issue 4. – P. 313-318.

250 Pagans E. et al. Ammonia emissions from the composting of different organic wastes. Dependency on process temperature // *Chemosphere*. – 2006. – Vol. 62, Issue 9. – P. 1534-1542.

251 Moldes A., Cendon Y., Barral M.T. Evaluation of municipal solid waste compost as a plant growing media component, by applying mixture design // *Bioresource technology*. – 2007. – Vol. 98, Issue 16. – P. 3069-3075.

252 Wei Y., Liu Y. Effects of sewage sludge compost application on crops and cropland in a 3-year field study // *Chemosphere*. – 2005. – Vol. 59, Issue 9. – P. 1257-1265.

253 Du J. et al. Effects of biochar on the microbial activity and community structure during sewage sludge composting // *Bioresource technology*. – 2019. – Vol. 272. – P. 171-179.

254 Wang Q. et al. Evaluation of medical stone amendment for the reduction of nitrogen loss and bioavailability of heavy metals during pig manure composting // *Bioresource Technology*. – 2016. – Vol. 220. – P. 297-304.

255 Hua L. et al. Reduction of nitrogen loss and Cu and Zn mobility during sludge composting with bamboo charcoal amendment // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2009. – Vol. 16, Issue 1. – P. 1-9.

- 256 Zhu N. Effect of low initial C/N ratio on aerobic composting of swine manure with rice straw // *Bioresource Technology*. – 2007. – Vol. 98. – P. 9-13.
- 257 Gao M. et al. The effect of aeration rate on forced-aeration composting of chicken manure and sawdust // *Bioresource Technology*. – 2010. – Vol. 101, Issue 6. – P. 1899-1903.
- 258 Sundberg C. Improving compost process efficiency by controlling aeration, temperature and pH. – Uppsala, 2005. – 49 p.
- 259 de Guardia A. et al. Influence of aeration rate on nitrogen dynamics during composting // *Waste Management*. – 2008. – Vol. 28, Issue 3. – P. 575-587.
- 260 Epstein E., Willson G.B. et al. A forced aeration system for composting wastewater sludge // *Journal (Water Pollution Control Federation)*. – 1976. – Vol. 48. – P. 688-694.
- 261 Gao M. et al. Evaluation of stability and maturity during forced-aeration composting of chicken manure and sawdust at different C/N ratios // *Chemosphere*. – 2010. – Vol. 78, Issue 5. – P. 614-619.
- 262 Bari Q.H., Koenig A., Guihe T. Kinetic analysis of forced aeration composting–I. Reaction rates and temperature // *Waste Management and Research*. – 2000. – Vol. 18, Issue 4. – P. 303-312.
- 263 Millner P.D. et al. Microbially mediated growth suppression and death of *Salmonella* in composted sewage sludge // *Microbial Ecology*. – 1987. – Vol. 14. – P. 255-265.
- 264 Hoang H.G. et al. The nitrogen cycle and mitigation strategies for nitrogen loss during organic waste composting: A review // *Chemosphere*. – 2022. – Vol. 300. – P. 134514.
- 265 Tiquia S.M., Richard T.L., Honeyman M.S. Carbon, nutrient, and mass loss during composting // *Nutrient cycling in Agroecosystems*. – 2002. – Vol. 62. – P. 15-24.
- 266 Vagstad N., Broch-Due A., Lyngstad I. Direct and residual effects of pulp and paper mill sludge on crop yield and soil mineral N // *Soil use and management*. – 2001. – Vol. 17, Issue 3. – P. 173-178.
- 267 Khalil A. I. et al. Changes in physical, chemical and microbial parameters during the composting of municipal sewage sludge // *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. – 2011. – Vol. 27. – P. 2359-2369.
- 268 Goyal S., Dhull S.K., Kapoor K.K. Chemical and biological changes during composting of different organic wastes and assessment of compost maturity // *Bioresource technology*. – 2005. – Vol. 96, Issue 14. – P. 1584-1591.
- 269 Sommer S.G., Hutchings N.J. Ammonia emission from field applied manure and its reduction // *European Journal of agronomy*. – 2001. – Vol. 15, Issue 1. – P. 1-15.
- 270 Inbar Y., Chen Y., Hadar Y. Humic substances formed during the composting of organic matter // *Soil Science Society of America Journal*. – 1990. – Vol. 54, Issue 5. – P. 1316-1323.
- 271 Lin C. A negative-pressure aeration system for composting food wastes // *Bioresource technology*. – 2008. – Vol. 99, Issue 16. – P. 7651-7656.

272 Ayilara M.S. et al. Waste management through composting: Challenges and potentials // Sustainability. – 2020. – Vol. 12, Issue 11. – P. 4456-1-4456-23.

273 Miaomiao H. et al. Effect of composting process on phytotoxicity and speciation of copper, zinc and lead in sewage sludge and swine manure // Waste Management. – 2009. – Vol. 29, Issue 2. – P. 590-597.

274 Fuentes-Lara L.O. et al. From elemental sulfur to hydrogen sulfide in agricultural soils and plants // Molecules. – 2019. – Vol. 24. – P. 2282-1-2282-17.

275 Qian X. et al. Heavy metals accumulation in soil after 4 years of continuous land application of swine manure: a field-scale monitoring and modeling estimation // Chemosphere. – 2018. – Vol. 210. – P. 1029-1034.

276 СТ РК 2578-2014. Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений. – Введ. 2016-01-01. – Астана, 2014. – 24 с.

277 Smith S.R. A critical review of the bioavailability and impacts of heavy metals in municipal solid waste composts compared to sewage sludge // Environment international. – 2009. – Vol. 35, Issue 1. – P. 142-156.

278 Bernal M.P., Clemente R., Walker D. J. The role of organic amendments in the bioremediation of heavy metal-polluted soils // In book: Environmental research at the leading edge. – New York, 2007. – P. 1-57.

279 Wei D. et al. Characterization of dissolved organic matter released from activated sludge and aerobic granular sludge biosorption processes for heavy metal treatment via a fluorescence approach // International Biodeterioration & Biodegradation. – 2017. – Vol. 124. – P. 326-333.

280 Kandeler F., Kampichler C., Horak O. Influence of heavy metals on the functional diversity of soil microbial communities // Biology and fertility of soils. – 1996. – Vol. 23. – P. 299-306.

281 Garcia C. et al. Effect of composting on sewage sludges contaminated with heavy metals // Bioresource technology. – 1995. – Vol. 53, Issue 1. – P. 13-19.

282 Haroun M., Idris A., Omar S. Analysis of heavy metals during composting of the tannery sludge using physicochemical and spectroscopic techniques // Journal of hazardous materials. – 2009. – Vol. 165, Issue 1-3. – P. 111-119.

283 Nobile C. et al. Phosphorus-acquisition strategies of canola, wheat and barley in soil amended with sewage sludges // Scientific reports. – 2019. – Vol. 9, Issue 1. – P. 14878-1-14878-11.

284 Skowrońska M. et al. An integrated assessment of the long-term impact of municipal sewage sludge on the chemical and biological properties of soil // Catena. – 2020. – Vol. 189. – P. 104484.

285 Melo W. et al. Ten years of application of sewage sludge on tropical soil. A balance sheet on agricultural crops and environmental quality // Science of the total environment. – 2018. – Vol. 643. – P. 1493-1501.

286 Zhang C. et al. Influence of inoculating white-rot fungi on organic matter transformations and mobility of heavy metals in sewage sludge based composting // Journal of hazardous materials. – 2018. – Vol. 344. – P. 163-168.

287 Neufeld K.R. et al. Long-term alternative dairy manure management approaches enhance microbial biomass and activity in perennial forage grass // *Biology and Fertility of Soils*. – 2017. – Vol. 53. – P. 613-626.

288 Joniec J. Indicators of microbial activity in the assessment of soil condition subjected to several years of reclamation // *Ecological Indicators*. – 2019. – Vol. 98. – P. 686-693.

289 Kumar S. et al. Soil dehydrogenase enzyme activity in natural and mine soil-a review // *Middle-East Journal of Scientific Research*. – 2013. – Vol. 13, Issue 7. – P. 898-906.

290 Gianfreda L. et al. Soil enzyme activities as affected by anthropogenic alterations: intensive agricultural practices and organic pollution // *Science of the Total Environment*. – 2005. – Vol. 341, Issue 1-3. – P. 265-279.

291 Farrell M. et al. Microbial utilisation of biochar-derived carbon // *Science of the Total Environment*. – 2013. – Vol. 465. – P. 288-297.

292 Zhen Z. et al. Effects of manure compost application on soil microbial community diversity and soil microenvironments in a temperate cropland in China // *PloS one*. – 2014. – Vol. 9, Issue 10. – P. e108555.

293 Pascual J.A. et al. Changes in the microbial activity of an arid soil amended with urban organic wastes // *Biology and Fertility of soils*. – 1997. – Vol. 24. – P. 429-434.

294 Berthrong S.T., Buckley D.H. et al. Agricultural management and labile carbon additions affect soil microbial community structure and interact with carbon and nitrogen cycling // *Microbial ecology*. – 2013. – Vol. 66. – P. 158-170.

295 Stępniewska Z., Wolińska A., Ziomek J. Response of soil catalase activity to chromium contamination // *Journal of Environmental Sciences*. – 2009. – Vol. 21, Issue 8. – P. 1142-1147.

296 Brzezińska M., Stępniewska Z., Stępniewski W. Soil oxygen status and dehydrogenase activity // *Soil Biology and Biochemistry*. – 1998. – Vol. 30, Issue 13. – P. 1783-1790.

297 Kominko H., Gorazda K., Wzorek Z. The possibility of organo-mineral fertilizer production from sewage sludge // *Waste and Biomass Valorization*. – 2017. – Vol. 8. – P. 1781-1791.

298 Byrom K.L., Bradshaw A.D. The potential value of sewage sludge in land reclamation // In book: *Alternative uses for sewage sludge*. – Pergamon, 1991. – P. 1-19.

299 Васбиева М.Т., Косолапова А.И. Изменение показателей плодородия дерновоподзолистой почвы и содержания в ней тяжелых металлов в результате длительного применения осадков сточных вод // *Почвоведение*. – 2015. – №5. – С. 580-586.

ҚОСЫМША А

Пайдалы модельге алынған патент



2988705

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ӘДІЛЕТ МИНИСТРЛІГІНІҢ
"ҰЛТТЫҚ ЗИЯТКЕРЛІК МЕНШІК
ИНСТИТУТЫ"
ШАРУАШЫЛЫҚ ЖҮРГІЗУ
ҚҰҚЫҒЫНДАҒЫ РЕСПУБЛИКАЛЫҚ
МЕМЛЕКЕТТІК КӘСІПОРНЫ



РЕСПУБЛИКАНСКОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
ПРЕДПРИЯТИЕ НА ПРАВЕ
ХОЗЯЙСТВЕННОГО ВЕДЕНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ»
МИНИСТЕРСТВА ЮСТИЦИИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Мәңгілік Ел даңғылы, ғимарат 57А, т.б. 8, Есіл ауданы,
Астана қаласы, Қазақстан Республикасы, 010000
Тел: (7172) 62 15 04 62 15 91
<http://www.kazpatent.kz> e-mail: kazpatent@kazpatent.kz

Проспект Мәңгілік Ел, ғимарат 57А, к.б. 8, район Есіл,
город Астана, Республика Казахстан, 010000
Тел: (7172) 62 15 04 62 15 91
<http://www.kazpatent.kz> e-mail: kazpatent@kazpatent.kz

Токбергенов Исмаил Тасанбиевич

*Есильский район, проспект Мәңгілік Ел 49,
25, город Астана, 010000
tagaev.zeilhan@mail.ru*

РЕШЕНИЕ

о выдаче патента на полезную модель

Регистрационный номер заявки 2023/0651.2

Дата подачи заявки 12.06.2023

В результате экспертизы заявки на полезную(ые) модель(и) в соответствии с пунктом 2 статьи 23 Патентного закона Республики Казахстан принято решение о выдаче патента на полезную модель.

Приложение: Заключение экспертизы на 2 л. в 1 экз

**Подписано ЭЦП:
А. Артыкова (заместитель директора)**

ЗАКЛЮЧЕНИЕ о выдаче патента на полезную модель

(21) Заявка № 2023/0651.2

(22) Дата подачи заявки 12.06.2023

ПРИОРИТЕТ УСТАНОВЛЕН:

- (22) по дате подачи заявки
 (23) по дате поступления дополнительных материалов от _____ к более ранней заявке № _____
 (66) по дате подачи ранее поданной заявки № _____ от _____
 (62) по дате подачи первоначальной заявки № _____ от _____
 по дате подачи первой заявки в государстве-участнике Парижской конвенции

(31) № приоритетной заявки (32) Дата подачи приоритетной заявки (33) Код страны приоритетной заявки

(85) Дата перевода международной заявки на национальную фазу

(86) Регистрационные данные заявки РСТ

(71) Заявитель(и) "Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті" коммерциялық емес акционерлік қоғамы (KZ)
 Некоммерческое акционерное общество "Казахский агротехнический университет имени Сакена Сейфуллина" (KZ)

(72) Автор (ы) Науанова Айнаш Пахуашовна (KZ); Бостубаева Макпал Булатовна (KZ); Шуменова Назымгүл Жолдаскызы (KZ); Макенова Меруерт Меірамовна (KZ)

(51) МПК C12N 1/20 (2006.01)

(54) Название полезной модели Микробный биопрепарат для переработки иловых осадков в органическое удобрение

Лайлы тұнбаларды органикалық тыңайтқышқа қайта өңдеуге арналған микробты биопрепарат
 (56) WO2005051868 A, 09.06.2005.

На основании пункта 1 статьи 23 Патентного закона Республики Казахстан проверка соответствия заявленной полезной модели условиям патентоспособности, установленным пунктом 1 статьи 7 Патентного закона Республики Казахстан, не проводилась. Патент выдается на риск и под ответственность заявителя.

В результате экспертизы, проведенной в соответствии с пунктом 2 статьи 23 Патентного закона Республики Казахстан, установлено, что заявка относится к объектам, охраняемым в качестве полезных моделей и документы соответствуют установленным требованиям и выдается заключение о выдаче патента на полезную модель.

Подписано ЭЦП:
 А. Батырбекова (Руководитель департамента)
 Р. Хамитов (Руководитель управления)
 К. Мамырбекова (Главный эксперт)

ҚОСЫМША Ә

Тәжірибелік ұсыныстар

Науанова А.П., Бостубаева М.Б.

**ПРАКТИЧЕСКИЕ
РЕКОМЕНДАЦИИ**
по переработке иловых осадков
в органическое удобрение
с применением биопрепаратов

Астана - 2023

ҚОСЫМША Б

Сынақтан өткізу акты

Утверждаю:

Начальник участка

Канализационных очистных
сооружений «Астана су арнасы» МКК

ГКП «Астана су арнасы»

Г.К.И. «Астана су арнасы» Ж.С.

3 августа 2023 года

Аппасов Е.Ж.

Канализационных очистных
сооружения

АКТ

испытаний

Мы, нижеподписавшиеся, составили настоящий акт о проведении испытаний биопрепаратов «Agromix-SS», «Триходермин-SS», «Консорциум А», «Консорциум В» предоставленных НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет» для переработки иловых осадков сточных вод в органическое удобрение. Испытание проводилось на бетонированной площадке территории ГКП «Астана су арнасы»: г.Астана, шоссе Коргалжын 43. Испытание проводилось на открытой площадке с 20 мая 2023 года по 22 июня 2023 года. Аэрацию буртов обеспечивали с помощью ворошения ворошителем каждые 3 дня.

Применение биопрепаратов повышало температуру внутри бурта до 65⁰С и снижало срок компостирования до 10 дней. Так же отмечается снижение влажности переработанных иловых осадков до 5-10% по сравнению с контролем в 40%. В вариантах с применением биопрепаратов цвет иловых осадков изменялся с черного в коричневый после 7-10 дней и отмечалось удаление неприятного запаха на 3-сутки компостирования.

Научный руководитель проекта

Науанова А.П.

Технолог ГКП «Астана су арнасы»

Алдынгулова Ф.Ж.

Младший научный сотрудник

Бостубаева М.Б.

Представитель со стороны бизнеса

Архабаев К.Ж.

Сведения о документе

Тип документа	Внутренний документ		
Номер и дата документа	ПР-0 от 25.04.2024		
Ссылка на документ	https://katru.workspace.kz/storage/document_attachments/XZauxBFTprso8JcKTG1gxBdsRKc73wfbPoWtOZSs.pdf		
Отправитель	НАО "Казахский агротехнический исследовательский университет имени Сакена Сейфуллина" Байтеленова А. А (Заведующий)		
Лист согласования			
ФИО	Дата и время	Результат	ЭЦП
Шаймерденова Алия Какымовна	-	Очередь не наступила	
Хусаинова Жибек Сеитовна	-	Очередь не наступила	
Лист подписания			
Сыргалиев Ержан Омирханович	-	Очередь не наступила	
Лист регистрации			
Лист отправки			



2003 жылғы 7 қаңтардағы № 370-ІІ «Электрондық құжат және электрондық цифрлық қолтаңба» туралы ҚР Заңының 7-бабы 1 тармағына сәйкес қол қоюға өкілеттігі бар адамның электрондық цифрлық қолтаңбасы арқылы куәландырылған. Осы құжат қағаз жеткізгіштегі қол қойылған құжатпен бірдей.

Данный документ согласно пункту 1 статьи 7 ЗРК от 7 января 2003 года № 370-ІІ «Об электронном документе и электронной цифровой подписи», удостоверенный посредством электронной цифровой подписи лица, имеющего полномочия на его подписание, равнозначен подписанному документу на бумажном носителе.