

## АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ҚАЛДЫҚТАРЫН ТЕРРА ПРЕТА ОРГАНИКАЛЫҚ ТЫҢАЙТҚЫШЫНА ӨНДЕУ, ОНЫҢ БҰРШАҚ, КӨКӨНІС ЖӘНЕ БАҚША ДАҚЫЛДАРЫНЫҢ ӨНІМДІЛІГІНЕ ӘСЕРІ

Аппазов Н.О.<sup>1\*</sup>, химия ғылымдарының кандидаты, профессор  
[nurasar.82@korkyt.kz](mailto:nurasar.82@korkyt.kz), <https://orcid.org/0000-0001-8765-3386>

Тойбазарова А.Б.<sup>1</sup>, педагогика ғылымдарының магистрі, постдокторант  
[toibazarovaaltnkul@gmail.com](mailto:toibazarovaaltnkul@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-9902-2546>

Жаппарбергенов Р.У.<sup>1</sup>, 8D08171 - "Агрономия" білім беру бағдарламасының 2 курс докторанты  
[r.zhapparbergenov@korkyt.kz](mailto:r.zhapparbergenov@korkyt.kz), <https://orcid.org/0000-0002-0567-3226>

Таубекова Г.К.<sup>2</sup>, ветеринария ғылымдарының кандидаты  
[tgaini@mail.ru](mailto:tgaini@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-6298-1401>

Канжар С.А.<sup>1</sup>, техника ғылымдарының магистрі  
[sakenkanzhar@gmail.com](mailto:sakenkanzhar@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0003-4553-3049>

<sup>1</sup>Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, Қазақстан

<sup>2</sup>Микробиология және вирусология ғылыми-өндірістік орталығы, Алматы, Қазақстан

**Аңдатпа.** Ауыл шаруашылығы қалдықтарын (күріш қауызы мен сабаны және сиыр көңі) Терра Прета органикалық тыңайтқышына өңдеу бойынша зертханалық зерттеулер жүргізу, оңтайлы жағдайларды анықтау және оны топырақ құнарлылығын жақсарту үшін пайдалану ұсынылады. Күріш қауызы мен сабанын термиялық өңдеу арқылы биокөмір алынды, пиролиздің оңтайлы жағдайлары табылды және оның сорбциялық қасиеттері зерттелді. Пиролиздің оңтайлы температурасы 300°C, ұзақтығы 60 минут болып табылады, бұл жағдайда биокөмір ең жоғары сорбциялық белсенділік көрсетті. Алынған биокөмір көң, күріш қауызы мен сабан қоспасын компосттау үшін пайдаланылды және одан калифорниялық құрттарға жарамды компост өндірілді. Компост алудың оңтайлы қатынасы күріш қауызы:көң:биокөмір = 70:20:10 масс.% болып табылды. Алынған компост 90 күн бойы калифорниялық құрттардың көмегімен гумификацияланды. Гумификациядан кейін алынған өнімдегі гумустың мөлшері 31,8%-ды құрады. Өнім Терра Прета тұжырымдамасына сәйкес келеді. Алынған Терра Прета органикалық тыңайтқышының қауын, қызанақ, сәбіз, картоп, қарбыз және қияр сияқты бақша дақылдары және көкөністердің өнімділігіне әсері зерттелді. Бұл тыңайтқыштың өнімділікті дақылдың түріне қарай 23-32%-ға арттыратыны анықталды. Бұл органикалық тыңайтқыштың Плантобактерин биопрепаратымен бірге бұршақ тұқымдас өсімдіктердің фенологиясына синергетикалық әсері де зерттелді. Алынған нәтижелер топырақтың деградация мәселесін шешуге және күріш қауызы, сабан және көң сияқты ауылшаруашылық қалдықтарын тиімді пайдалануға мүмкіндік береді.

**Тірек сөздер:** Терра Прета, биокөмір, Плантобактерин, топырақ құнарлығы, дақыл өнімділігі.

**Кіріспе.** Күріш қауызы мен сабаны – өртеу арқылы жойылатын көп тонналы ауыл шаруашылығының қалдықтары. Бұл қалдықтарды өңдеуге ерекше назар аудару қажет. Әлемдік күріш өндірісі (Қытай, Үндістан, Иран, Бангладеш, Бразилия, АҚШ, Италия және т.б.) жылына 750 миллион тоннадан асады. Күрішті жинау және өңдеу кезінде күріш қауызы мен сабанының көп мөлшері пайда болады, бұл жалпы қалдықтардың сәйкесінше 20% және 50% құрайды [1]. Қызылорда облысы Қазақстан Республикасында күріш өсіруде көшбасшы болып табылады, елдегі күріштің жалпы дақылдарының 85% құрайды. Облыста жылына орта есеппен 500 000 тонна күріш жиналады, жылына шамамен 500 000 тонна сабан және 100 000 тонна қауыз түзіледі, бұл оларды өңдеуге ерекше назар аударуды қажет етеді [2].

Қазіргі таңда ауыл шаруашылығы қалдықтарын өңдеп, олардан тәжірибеде маңызды өнімдер алу негізгі міндеттердің бірі болып табылады. Қазақстанда ауыл шаруашылығы қалдықтарын перспективалы Терра Прета тыңайтқышына өңдеу бойынша зерттеулер ғылыми әдебиеттерде кездеспейді, сәйкесінше қалдықтарды осы тыңайтқыш түрлеріне өңдейтін өндірушілер жоқ. Кейбір елдерде осы салада қарқынды зерттеулер жүргізілуде [3].

Колумбқа дейінгі орталық Амазонияда ауданы 350 гектар шамасында Терра Прета (de Indio) деп аталатын антропогендік топырақтар кездеседі. Бұл топырақтарда органикалық заттар мен N, P және K сияқты қоректік заттардың болуына байланысты құнарлылықтың жоғарылығымен сипатталады [4]. Терра Прета түзілуінің негізгі факторы органикалық заттардың 35%-ын құрайтын (орташа есеппен 50 т/га) биокөмір, мыңжылдық тұрақтылық, жоғары меншікті беткі аудан және микробтық белсенділікті ынталандыру қабілеті, бұл топырақтың тұрақтануын жеделдетеді және қоректік заттардың қолжетімділігін арттырады [5,6].

Биокөмір – оттегі қатысынсыз немесе аз мөлшері жағдайында органикалық шикізаттың пиролизі арқылы өндіріледі, сипаттамалары температураға, уақытқа, қысымға және шикізат түріне байланысты, сонымен қатар жартылай кокс, газ және шайырлы майлар түзіледі [7]. Биокөмір өндірісі химиялық тұрғыдан судың бөлінуімен, ароматты қосылыстардың конденсациясының жоғарылауымен сипатталады, оны жану континуумы бойымен O/C және H/C атомдық қатынастарының төмендеуі ретінде көрсетуге болады. Дегенмен, биокөмір нақты анықталған химиялық қосылыс емес, ол жану континуумы бойындағы қосылыстар класы болып табылады [8]. Қара көміртек деп аталатын конденсацияланған ароматты қосылыстардың мөлшерінің артуы оның қоршаған ортада тұрақтылығына жауап береді. Биокөмірдің екінші маңызды экологиялық қасиеті – полиароматты қаңқалардың шеттерінде ішінара парциалды тотығу арқылы түзілген функционалдық топтардың болуы [9-11]. Осылайша, биокөмір топырақ құнарлылығын сақтап немесе арттыра отырып, ұзақ мерзімді C секвестрациясының нұсқасы болып табылады, бұл кем дегенде 2000 жыл бойы Терра Прета құбылысымен сәтті дәлелденген. Осыған байланысты, Терра Прета болашақта ылғалды тропикте ғана емес, сонымен қатар бүкіл әлемдегі қоңыржай және құрғақ аймақтарда да тұрақты ресурстарды басқарудың үлгісіне айналу мүмкіндігіне ие, бұл жерді қарқынды пайдалану мен жаһандық халық санының өсуіне байланысты топырақтың деградациясы мәселесін шешуге мүмкіндік береді [12].

Микробтық ыдыраудың төзімділігіне байланысты биокөмір топырақта басқа органикалық заттардың түзілуімен салыстырғанда өте тұрақты, бұл оны топырақтағы органикалық заттардың жиналуы және соның салдарынан көміртектің бөлінуі үшін қолайлы тәсіл болып табылады. Топырақтағы биокөмірдің ыдырауы оның кейбір бөліктерінің салыстырмалы түрде оңай ыдырауымен сипатталады, ал материалдың негізгі құрылымы ыдырауға өте төзімді. Терра Претадағы биокөмірдің жасы 1000-нан 1500 жылға дейін [13], ал Австралия топырақтарында табиғи түрде кездесетін биокөмірдің жасы 1300-ден 2600 жылға дейін деп есептеледі [14]. Топырақтағы органикалық заттардың ыдырау жылдамдығы қоңыржай аймақтарда төмен болғандықтан, еуропалық топырақтарда биокөмірдің орташа ыдырау уақыты жай іске асады деп санауға болады. Биокөмірдің бақыланатын ыдырауы бойынша тәжірибелерде топырақта орташа сақталу уақытының 1300 жылдан 4000 жылға дейін екенін көрсеткен [15]. Топырақты өңдеу және тұрақсыз көміртекті қосу биокөмірдің минералдануын 0,5-2 есеге қысқа мерзімге арттыратындығы анықталған. Әсерлер жағдайларға байланысты: шөптесін шикізаттан алынған төмен температуралы пиролиз биокөмірлері (250–400 °C) алғашқы 90 күнде көміртектің оң праймингін ынталандырады [16], ал ағаш шикізатынан алынған жоғары температуралы пиролиз биокөмірлері (525–650 °C) кейінгі кезеңдерде (250–500 күн) теріс прайминг туғызады. Алайда ұзақ мерзімді перспективада олар органикалық заттарды сорбциялау және орғано-минералдық өзара әрекеттесулер арқылы көміртекті секвестрациялауға ықпал етеді. Фотосинтез өнімінің бар болғаны 7%-ын биокөмірге айналдыру қазба отындарынан шығатын жыл сайынғы шығарындыларды (9,7 Гт C/жыл) өтей алар еді, ал шынайы жағдайда топырақ құнарлылығына зиян келтірмей, антропогендік CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> және N<sub>2</sub>O шығарындыларын 16%-ға қысқартуға мүмкіндік береді [17].

Қоректік заттардың сақталу қабілеті, өз кезегінде, тыңайтқыштарды пайдалану тиімділігін арттырады және шайылуды азайтады [18]. Қатты үгілуге ұшыраған тропикалық

топырақтардың құнарлылығына ең жоғары әсері байқалған, алайда қоңыржай аймақтың топырақтарына биокөмір енгізу нәтижесінде де өнімділік шамамен 30 %-ға артқан [19]. Сонымен қатар, топырақты ұзақ мерзімді тұрақты жақсарту мақсатында компост пен биокөмірдің су ұстау қабілетінің артуы және олардың синергиялық әсері су мен еріген қоректік элементтердің шайылуын азайтып, қоректік заттардың топырақта сақталуын арттыруы мүмкін [6]. Алайда биокөмірдің өз құрамында қоректік элементтер мөлшері төмен болғандықтан, өсімдіктерге қажетті қоректік заттарды қосымша сырттан енгізу қажет [20]. Тек көміртек пен азот қана фотосинтез және биологиялық фиксация арқылы *in situ* жағдайда түзіле алады, ал биокөмір енгізу топырақ тынысын күшейтпей-ақ микробтық биомассаны және микроағзалардың өсу әлеуетін арттырады, бұл Терра Претаға тән ерекшелік болып табылады [21]. Бұл әсерлерді биокөмірдің кеуекті құрылымындағы тіршілік ету ортасының әртүрлі қасиеттерімен түсіндіруге болады.

Осы ықтимал ынталандырушы факторларға сүйене отырып, биокөмір еркін тіршілік ететін азот бекітуші бактериялар сияқты пайдалы микроағзалардың көбеюіне ықпал етеді [22]. Арбускулярлы микоризді саңырауқұлақтарымен егу тек тұрақты ауыл шаруашылығына ғана емес, сонымен қатар қоршаған ортаны қорғауға да ықпал етеді. Негізгі қиындық олардың биотрофты табиғатына байланысты өсіру болып табылады. Жапон ғалымдарының жұмыстары биокөмірді қолдану арқылы жергілікті арбускулярлы микоризді саңырауқұлақтарын ынталандыруға байланысты дақылдардың өнімділігінің артқанын растаған [23]. Биокөмірді қосу арқылы түйіндердің пайда болуына байланысты майбұршақ өнімділігі жақсарған. Құмырада өсірілген жоңышқамен (*Medicago sativa*) алынған нәтижелер тәжірибелі түрде биокөмір қосылған кезде жоңышқаның өсуін ынталандыруда тиімсіз екенін көрсеткен [24]. Биокөмірмен, тыңайтқыштармен және ризобиямен өңделген кезде, жоңышқа өскінінің салмағы бақылаумен салыстырғанда 1,7 есеге, ал түйіннің салмағы 2,3 есеге артқан, бұл арбускулярлы микоризді саңырауқұлақтары болған кезде биокөмірдің ынталандырушы әсерімен байланысты. Биокөмір топырақ саңырауқұлақтарын да белсендіреді, себебі оның ыдырауы негізінен топырақ фаунасы мен саңырауқұлақтарына байланысында, бұл Терра Претаға ұқсас биокөмір-компост субстраттарының пайда болуына алғышарттар жасайды. Осылайша, биокөмір беттерінің жалпы белсенділігі компосттау кезінде артуы мүмкін [25]. Компост тұрғысынан алғанда, толтырғыш ретінде биокөмір оттегінің қолжетімділігін жақсартып, соның нәтижесінде микробтардың өсуі мен тыныс алу қарқындылығын ынталандыратыны туралы дәлелдер бар [26]. Биокөмір бетіне адсорбцияланған пироконденсаттар бастапқы кезеңде топырақтағы тыныс алу жылдамдығының артуына әкелуі мүмкін, бұл құбылыс компосттау кезінде де байқалуы ықтимал [27].

Аталған шолуды ескере отырып көп тонналы қалдық болып табылатын күріш қауызы мен сабанын тиімді пайдалану мақсатында одан биокөмір өндіру және оны аталған қалдықтарды басқа ауылшаруашылық қалдығы болып табылатын сиыр көңімен бірге компосттауда пайдалану арқылы органикалық тыңайтқыш өндіру мүмкіндігін қарастырып, алынатын органикалық тыңайтқышты топырақтың құнарлылығын арттыруда қолданып, әртүрлі дақылдардың өнімділігін жоғарылатудағы әсерін зерттеу маңызды болып табылады. Аталған мәселелер қалдықтарды қайта өңдеу және орнықты ауыл шаруашылығын дамыту бағытындағы зерттеулерді жүргізудің өзектілігін дәлелдейді.

**Зерттеу материалдары мен әдістемесі.** Агроөнеркәсіп қалдықтарынан биокөмір алу үшін органикалық шикізатты оттегісіз ортада термиялық ыдырату әдісі қолданылды. Күріш қауызы мен сабанының термолизі BR-12NFT (Қытай) түтікшелі пешінде 300-500°C температурада азот қатысында жүргізілді. Йодтың адсорбциялық белсенділігі, су бойынша кеуектерінің жалпы көлемі және алынған өнімдердің көлемдік тығыздығы стандартты әдістерді қолдану арқылы анықталды.

Йодтың адсорбциялық белсенділігін анықтау үшін биокөмірдің суспензияланған бөлігіне калий йодидіндегі 0,1 моль/дм<sup>3</sup> йод ерітіндісі қосылды және қоспа EKROS 6300 (Ресей) араластырғышында минутына 100-125 тербеліс қарқындылығымен 15 минут бойы шайқалды. Содан кейін ерітіндінің тұнуына мүмкіндік берілді, ал ерітіндінің қажетті көлемі

көк түс жоғалғанша индикатор ретінде крахмал ерітіндісін пайдаланып, 0,1 моль/дм<sup>3</sup> натрий тиосульфаты ерітіндісімен әрі қарай титрлеу үшін колбадан пипеткамен қажетті көлемі алынды [28].

Судың жалпы кеуек көлемі көмір үлгісін суда 15 минут қайнату және 8 кПа вакуумда сору арқылы түйіршіктердің бетінен артық суды кетіру, содан кейін өлшеу арқылы 0,5-тен 104 нм-ге дейінгі кеуектерді сумен толтыру арқылы анықталды [29]. Биокөмірдің көлемдік тығыздығы стандартталған тығыздау кезінде белгілі бір көлемді алып жатқан биокөмірдің массасын өлшеу арқылы анықталды [30]. Алынған биокөмірлердің микросуреттері JSM-6510LV (Jeol, Жапония) сканерлеуші электронды микроскоп көмегімен түсірілді.

Күріш қалдықтарын компосттау үшін күріш қауызы/сабан, биокөмір және сиыр көңінің қоспасы пайдаланылды. Көң целлюлозаны ыдырататын анаэробты микроағзалардың көзі ретінде қолданылады. Оның құрамында негізінен келесі целлюлозаны ыдырататын микроағзалар бар: *Ruminococcus albus*, *Ruminococcus flavefasciens* және *Bacteroides succinogenes*.

Гумус, азот (аммоний), фосфор және калий (суда еритін) мөлшері топырақ қоректік заттарын өлшейтін құрал Soil Nutrient Tester TPY-7PC (Қытай) көмегімен фотометриялық түрде анықталды.

*Terra Прета «Плантобактерин» биопрепаратымен бірге.* «Плантобактерин» биопрепараты – Микробиология және вирусология ғылыми-өндірістік орталығының (Алматы, Қазақстан) ғалымдары *Bradyrhizobium japonicum*, *Sinorhizobium meliloti*, *Mesorhizobium ciceri* және *Rhizobium leguminosarum* түйін бактерияларының жергілікті штамдарына, *Bacillus cytaseus 21N* целлюлозаны жоюшы бактерияларына және *Bacillus megatherium FS-2*, *Bacillus megatherium 7A*, *Pseudomonas putida F-11* фосфатты жұмылдырушы бактерияларына негізделген кешенді биотыңайтқыш, ол дақылдардың өнімділігін арттыруға, оларды азот және фосформен қамтамасыз етуге және өсімдік ауруларын азайтуға арналған. Биотыңайтқыш Өнеркәсіптік микробиология кәсіпорнында (Алматы, Қазақстан) BioLiquid технологиясын қолдана отырып сұйық түрде өндіріледі.

Терра Претаны «Плантобактерин» биотыңайтқышымен бірге Өнеркәсіптік микробиология мекемесінде бұршақ тұқымдас жасыл жасымықпен модельдік тәжірибелер жүргізілді. Органикалық тыңайтқыштың сұйық түрі бөлме температурасында Терра Претаның суға 1:1 қатынасында еріту арқылы дайындалды. Бұл ерітінді кейіннен таза концентрат ретінде пайдаланылды 1:10 және 1:100 сулы ерітінді алу үшін суда ерітілді.

Барлығы үш нұсқа, үш қайталау және бір бақылау әдісі сыналды. Тәлімі жер жағдайы жасалды, суару жүргізілмеді, өсімдіктер жауын-шашыннан (жаңбырдан) су алды.

Терра Прета (таза) + Плантобактерин + бақылау;

Терра Прета (1:10) + Плантобактерин + бақылау;

Терра Прета (1:100) + Плантобактерин + бақылау.

Модельдік тәжірибелермен қатар бұршақ тұқымдас дақыл – соя бойынша ұсақ мөлдекті далалық тәжірибелер де жүргізілді. Далалық сынақтар «Будан» шаруашылығында (Алматы қ., Қазақстан) өткізілді, дақыл – соя, Нева сорты.

Барлығы тәжірибенің 3 нұсқасы және бақылау қойылды:

Терра прета (таза) + Плантобактерин;

Терра прета (1:10) + Плантобактерин;

Терра прета (1:100) + Плантобактерин.

Мөлдектердің өлшемі: ұзындығы – 3 м, қатар аралығы – 0,7 м, жалпы ауданы – 2,1 м<sup>2</sup>.

**Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау.** 30 г күріш қауызы немесе сабаны түтікті пешке салынып, азот газымен толтырылды. Термолиз температурасы минутына 10°C-тан 300-500°C-қа дейін көтеру жылдамдығымен жүргізілді және осы температурада 30-60 минут ұсталды. Пиролиз температурасы мен ұзақтығының биокөмір өнімділігі мен сипаттамаларына әсері анықталды (1-кесте).

Кестеде 30 минут термолиз уақытымен қауыз бен сабаннан алынған биокөмірлердің йод сіңіру қасиеттері мен су кеуектерінің көлемі төмен екені көрсетілген. Термолиз уақытын арттыру сорбциялық қасиеттерді жақсартады; қауыз үшін 500°C температурада 60 минут

термолиз уақыты оңтайлы, ал сабан үшін 300°C температурада 60 минут термолиз уақыты оңтайлы болып табылды.

**1-кесте – Термолиз ұзақтығы мен температурасының биокөмірдің шығымдылығы мен сипаттамаларына әсері**

Шикізат	Ұзақтығы, мин	Температура, °C	Алынған өнімнің шығымы, масс. %	Йод бойынша адсорбциялық белсенділігі, %	Су бойынша жалпы кеуек көлемі, см <sup>3</sup> /г	Көлемдік тығыздық, г/дм <sup>3</sup>
Қауыз	30	300	55,54	17,78	0,373	338,52
		400	54,52	15,24	0,367	338,14
		500	35,59	10,16	0,336	295,59
	60	300	51,75	12,70	0,386	304,51
		400	47,10	15,17	0,392	287,21
		500	40,52	19,05	0,402	266,19
Сабан	30	300	48,82	21,59	0,978	114,70
		400	40,74	13,97	0,957	109,37
		500	34,52	11,43	0,879	98,97
	60	300	51,04	54,61	0,941	169,29
		400	47,82	38,10	0,762	129,67
		500	41,82	22,86	0,746	110,12

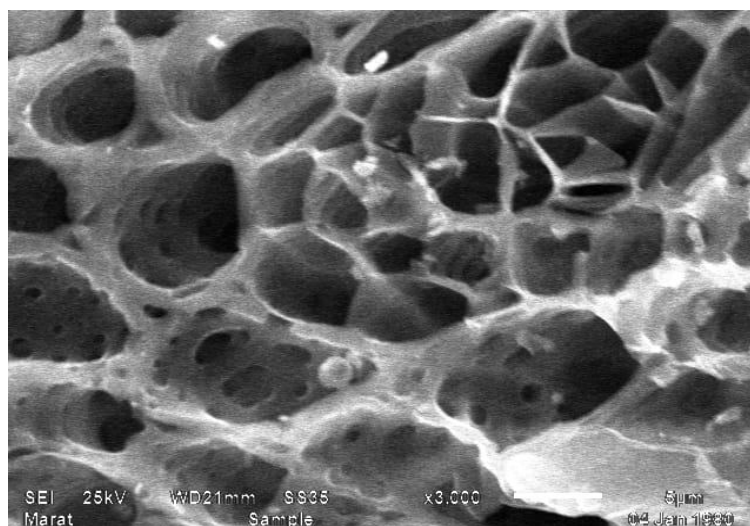
Ең оңтайлы нұсқа – күріш сабанынан алынған биокөмір, термолиз уақыты 60 минут және температурасы 300°C, йод бойынша адсорбциялық белсенділігі 54,61%, жалпы су кеуектерінің көлемі 0,941 см<sup>3</sup>/г және көлемдік тығыздығы 169,29 г/дм<sup>3</sup>. 1-суретте күріш сабанынан алынған биокөмірдің фотосуреті көрсетілген.



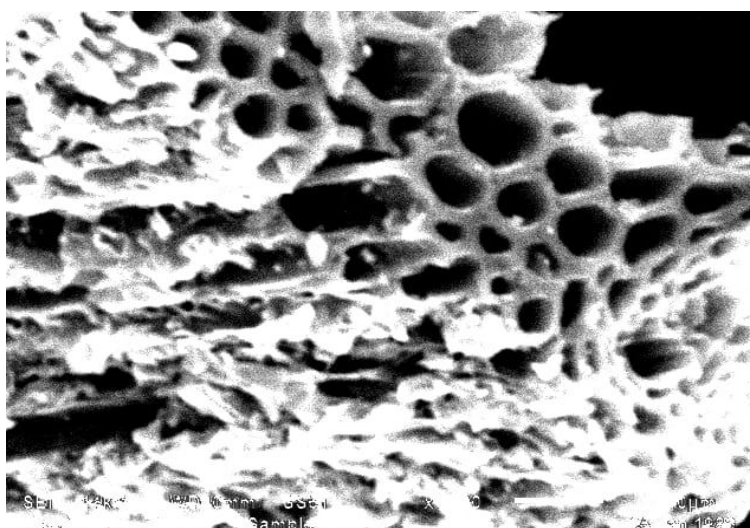
**1-сурет – Күріш сабанынан алынған биокөмірдің фотосуреті**

Күріш қауызы мен сабанынан алынған биокөмірлер сканерлеуші электронды микроскопты пайдаланып 3000 есе үлкейтумен зерттелді. Микросуреттер күріш қауызы мен сабанынан алынған биокөмірдің дамыған кеуекті құрылымын көрсетті, кеуек өлшемдері 0,3-тен 5 мкм-ге дейін аралықта екенін көруге болады (2 және 3-суреттер).

Бұл тәжірибелік деректер күріш сабанынан алынған биокөмірді топырақ қасиеттерін жақсарту үшін органикалық тыңайтқыш ретінде пайдалану мүмкіндігін көрсетеді.



**2-сурет – Күріш қауызынан алынған биокөмірдің микрофотосуреті**



**3-сурет – Күріш сабанынан алынған биокөмірдің микросуреті**

Компосттау процесін жүргізу үшін 2-кестеде көрсетілген компоненттердің арақатынасы пайдаланылды.

**2-кесте – Күріш қалдықтарын компосттауға арналған компоненттердің арақатынасы**

№	Күріш қауызы, масс.%	Күріш сабаны, масс.%	Көң, масс.%	Биокөмір, масс.%
1	75	-	20	5
2	70	-	25	5
3	65	-	30	5
4	70	-	20	10
5	65	-	25	10
6	60	-	30	10
7	-	75	20	5
8	-	70	25	5
9	-	65	30	5
10	-	70	20	10
11	-	65	25	10
12	-	60	30	10

Тәжірибе басталар алдында жетілген әрі қоректік компост алу үшін оңтайлы құрамды анықтау мақсатында органикалық қалдықтар мен биокөмірдің әртүрлі комбинациялары таңдап алынды. Арақатынастарды таңдаған кезде күріш қауызы мен сабанының биодырауы қиын екендігі ескерілді, сондықтан минералдануды жеделдету үшін қоспаға белсенді микрофлораның көзі ретінде көң қосылды. Биокөмірді қосу субстраттың құрылымын жақсартуға және оның су ұстау қабілетін арттыруға қабілетті фактор болып саналды.

Кесте бойынша дайындалған қоспалар араластырылып, шыны банкаларға салынып, үстіне 1:8 қоспа: су қатынасында су құйылды. Газдың қарқынды бөлінуі 2-3 күннен кейін басталып, 2 аптадан кейін компост қоспасын күн сайын араластыру арқылы тоқтайды. Бақылау ретінде қауыз/сабан: көң қатынасы 8:2 пайдаланылды.

Газ бөлінуі тоқтағаннан кейін, әр 10 күн сайын үлгі алынып, Калифорния құрттарына берілді (индикатор ретінде пайдаланылды). 70 күннен кейін құрттар қауыз: көң: биокөмір қатынасында 70:20:10 (оңтайлы құрам) алынған компостпен оңай қоректене бастады. Құрттар келесі 10-20 күн ішінде, бірақ 90 күннен аспайтын қалған қоспалармен қоректене бастады. Нәтижесінде биокөмір бар және Терра Прета тұжырымдамасына сәйкес келетін гумификацияланған вермикомпост алынды (4-сурет).



**4-сурет – Оңтайлы жағдайда күріш қауызынан алынған Терра Прета органикалық тыңайтқышы**

Алынған өнімдердегі гумустың, аммоний азотының, суда еритін фосфор мен калийдің мөлшері топырақтың қоректік заттарын өлшейтін құрылғы Soil Nutrient Tester TRY-7PC көмегімен анықталды, нәтижелер 3-кестеде көрсетілген. Зертханалық-вегетациялық тәжірибелері кезінде «Плантобактерин» биопрепаратымен егу алдындағы өңдеуден кейін жасымық бұршақтарының даму сатыларына фенологиялық бақылаулар Б.А. Доспехов әдістемесіне сәйкес жүргізілді [31].

**3-кесте – Алынған өнімдердегі гумус пен макроэлементтердің мөлшері**

№	Өнім	Гумус құрамы, масс. %	Макроэлементтер, мг/кг		
			N	P	K
1	Көңнен алынған биогу-мус (бақылау)	24,5	20,8	0	96,17
2	Терра Прета (сабан: көң: биокөмір = 70:20:10)	15,3	20,31		96,13
3	Терра Прета (қауызы: көң:биокөмір = 70:20:10)	31,8	21,36		97,11

Жасымық өсімдігінің онтогенезін фенологиялық бақылаулар өсімдік дамуындағы елеусіз айырмашылықтарды анықтады. Бақылаудан басқа көшеттер 7-ші күні бір мезгілде дерлік пайда болды.

Өсу жылдамдығы:

1-сынақ (тәжірибе) – 80%, бақылау – 75%;

2-сынақ (тәжірибе) – 87%, бақылау – 40%;

3-сынақ (тәжірибе) – 70%, бақылау – 68%;

Жасымықтың бұтақтану және бутонизация фазалары алғашқы үшкүлақты жапырақтың толық қалыптасуынан бастап бүршіктердің түзілуіне дейінгі кезеңдерді қамтиды (4-кесте).

**4-кесте – Тұқымдарды «Плантобактерин» биопрепаратымен, жабыстырғыш және Terra Претамен бірге инокуляциялау кезінде жасымықтың даму фазаларына фенологиялық бақылау**

№	Тәжірибе нұсқалары	Егу күні	Көктеу	Бұтақтану	Бүршіктену
1	Плантобактерин+Терра Прета (таза)	13.05.2025	19.05.2025	22.05.2025	30.06.2025
	Бақылау	13.05.2025	21.05.2025	24.05.2025	01.07.2025
2	Плантобактерин + Терра Прета (1:10)	13.05.2025	19.05.2025	22.05.2025	30.06.2025
	Бақылау	13.05.2025	21.05.2025	24.05.2025	02.07.2025
3	Плантобактерин +Терра Прета (1:100)	13.05.2025	19.05.2025	22.05.2025	30.06.2025
	Бақылау	13.05.2025	22.05.2025	26.05.2025	02.07.2025

Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде төмендегілер анықталды: барлық тәжірибелік нұсқаларда түйнекшелер қалыптасты, олар физиологиялық тұрғыдан белсенді болды, кесіндісінде қызғылт түсті болды. Тамыр жүйесі жақсы дамыған, сабақтары жуан болды.

Ал өндеусіз бақылау нұсқасында түйнекшелер аз мөлшерде түзілді, ал 1-нұсқада түйнекшелер мүлде байқалмады. Олардың өлшемі тәжірибелік нұсқалармен салыстырғанда кіші болды. Тамыр жүйесі әлсіз дамыған, сабақтары жіңішке, өсімдіктердің бойы тәжірибелік нұсқаларға қарағанда 8-10 см-ге төмен болды.



5-сурет – Модельдік тәжірибелер. 1-нұсқа



6-сурет – Модельдік тәжірибелер. 2-нұсқа



7-сурет – Модельдік тәжірибелер. 3-нұсқа

Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде барлық тәжірибелік нұсқаларда түйнекшелердің қалыптасқаны анықталды. Түйнекшелердің ең көп түзілуі 2-нұсқада байқалды (150 дана),

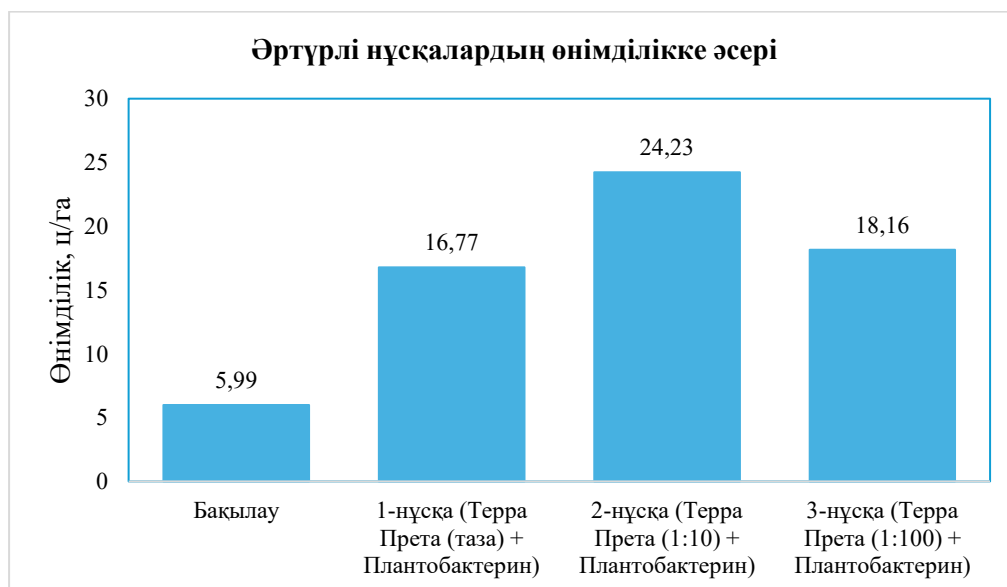
олар физиологиялық тұрғыдан белсенді болып, кесіндісінде қызғылт түсті болды. Тамыр жүйесі жақсы дамыған, сабақтары жуан болды (8-сурет).



8-сурет – Далалық тәжірибелер. 2-нұсқа

Өңделмеген, бақылау нұсқасында өсімдік түйіндерді аз берді. Олар тәжірибелік өсімдіктерге қарағанда кішірек болды. Тамыр жүйесі нашар дамыған, сабақтары жіңішке, ал өсімдіктің биіктігі тәжірибелік өсімдіктерге қарағанда 10-12 см қысқа болды. Өнімділік туралы деректер диаграммада келтірілген (9-сурет).

Кесте деректерінде көрсетілгендей, сояның ең жоғары өнімділігі 2-нұсқада алынды – 24,23 ц/га, ал бақылау нұсқасында – 5,99 ц/га. Terra Прета ерітіндісін (1:100) Плантобактеринмен бірге қолдану майбұршақ өнімділігін бақылаумен салыстырғанда 4 есе арттыратыны анықталды.

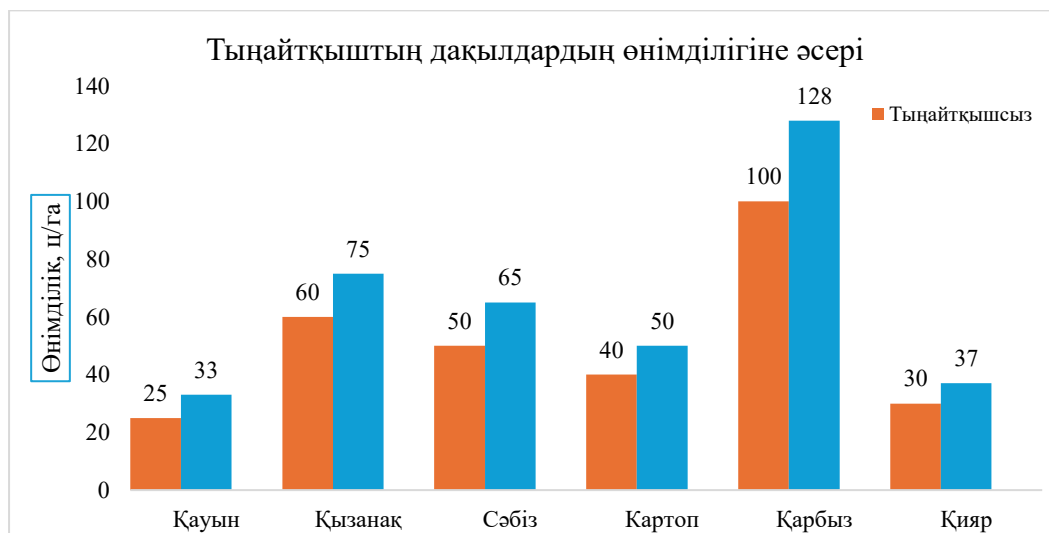


9-сурет – «Терра Прета» органикалық тыңайтқышын «Плантобактерин» биопрепаратымен үйлестіріп қолданудың соя өнімділігіне әсері

Сонымен қатар Қызылорда облысы, Қармақшы ауданы, «Тұрмағамбет» шаруашылығында қауын, қарбыз, қызанақ, қияр, картоп және сәбіз көкөністер мен бақша дақылдарына далалық сынақтар жүргізілді.

Тұқымдарды және қызанақ көшеттерін отырғызар алдында 20:20:15 см (ұзындығы:ені:тереңдігі) өлшемдегі отырғызу ұяшықтарына 10 т/га есеппен құрғақ органикалық тыңайтқыш Terra Прета енгізіліп, аталған дақылдар отырғызылды.

Далалық жағдайда барлық дақылдарда, әрі бақылау нұсқасында да, тыңайтқыш енгізілген нұсқаларда да вегетациялық кезең бірдей болды. Алайда дақылдардың өнімділігі айтарлықтай артты, алынған нәтижелер диаграммада көрсетілген (10-сурет).



10-сурет – «Терра Прета» органикалық тыңайтқышының көкөніс және бақша дақылдарының өнімділігіне әсері

Бақылау нұсқасымен салыстырғанда ең жоғары өнімділік қауын мен сәбізде байқалды, сәйкесінше 32% және 30%-ға артты. Қарбыздың өнімділігі бақылаумен салыстырғанда салыстырмалы түрде жоғары болып, 28%-ды құрады. Қызанақ пен картоптың өнімділігі бірдей деңгейде артып, 28% болды. Ал ең төмен көрсеткіш қиярда байқалып, оның өнімділігі бақылаумен салыстырғанда 23%-ға ғана артты.

**Қорытынды.** Осылайша, күріш қауызы мен сабанын 30-60 минут бойы, 300-500 °С температура аралығында пиролиздеу арқылы биокөмірлер алынды. Оңтайлы үлгі ретінде күріш сабанынан  $\tau = 60$  мин,  $t = 300$  °С жағдайында алынған биокөмір анықталды, оның йод бойынша адсорбциялық белсенділігі 54,61%, су бойынша кеуектердің жиынтық көлемі 0,941 см<sup>3</sup>/г, ал үйінді тығыздығы 169,29 г/дм<sup>3</sup> құрады. Күріш қауызынан  $\tau = 60$  мин,  $t = 500$  °С жағдайында алынған биокөмір қауыздан алынған басқа нұсқалармен салыстырғанда жоғары сипаттамаларға ие болды: йод бойынша адсорбциялық белсенділігі 19,05%, су бойынша кеуектердің жиынтық көлемі 0,402 см<sup>3</sup>/г, үйінді тығыздығы 266,19 г/дм<sup>3</sup>. Алынған өнімдердің жылу түзу қабілеті зерттеліп, ең оңтайлысы  $\tau = 60$  мин,  $t = 400$  °С жағдайында қауыздан алынған биокөмір болып табылды, оның мәні 17,520 кДж/г болды.

Зерттеу нәтижелері оңтайлы жағдайларда алынған биокөмірді топырақ қасиеттерін жақсарту және өнімділікті арттыру мақсатында Терра Прета типті органикалық тыңайтқыш дайындау үшін қолдануға мүмкіндік беретінін көрсетті.

Күріш және жануар қалдықтарын Терра Претаға компосттық өңдеу тәжірибелері жүргізіліп, оңтайлы жағдайлар мен құрамы анықталды. Ауылшаруашылық қалдықтарын компосттаудың оңтайлы қатынасы: қауыз/сабан: көң: биокөмір = 70:20:10. Бақылау тәжірибесі ешқандай оң нәтиже көрсеткен жоқ.

Алынған өнімдерде гумус, аммоний азоты, суда еритін фосфор мен калий мөлшері анықталды. Күріш қауызынан алынған Терра Претада гумус мөлшері жоғары (31,8%) болып,

ол көң негізіндегі биогумус пен сабаннан алынған Terra Претаға қарағанда басым болды. Азот (20,31-21,36 мг/кг) және калий (96,13-97,11 мг/кг) мөлшері барлық үлгілерде шамалас болды, ал қозғалмалы фосфор анықталған жоқ.

Жасымық пен соя тұқымдарын себу алдындағы, өңдеуге арналған бактериялық препараттар арасынан Плантобактерин + Terra прета (1:10) нұсқасы ең жоғары нәтиже көрсетті. Бұл нұсқада тамыр жүйесі жақсы дамып, көп мөлшерде түйнекшелер түзілді (150 дана), сондай-ақ өнімділік басқа нұсқалармен салыстырғанда жоғары болды (24,23 ц/га). Terra Прета (1:100) ерітіндісін Плантобактеринмен бірге қолдану соя өнімділігін бақылаумен салыстырғанда 4 есе арттырып, 24,23 ц/га деңгейіне жеткізді.

Осылайша, жүргізілген зерттеулер нәтижесінде Terra Прета азотфиксациялаушы бактериялардың белсенділігіне және түйнекшелердің түзілуіне оң әсер ететіні анықталды. Сонымен қатар қауын, қарбыз, қызанақ, қияр, картоп және сәбіз дақылдарына далалық зерттеулер жүргізілді. Terra Прета органикалық тыңайтқышын енгізу барлық дақылдардың өнімділігін арттырды: қауында-32%, сәбізде-30%, қарбызда-28%, қызанақ пен картопта-25%, ал қиярда-23%.

Алынған деректер күріш қауызы мен сабанын Terra Прета типті органикалық тыңайтқышқа тиімді әрі ұтымды қайта өңдеуге, сондай-ақ оны топырақты қалпына келтіру, бұршақ, көкөніс және бақша дақылдарының өнімділігін арттыруда қолдануға болатынын көрсетті.

#### Әдебиеттер:

[1] **Saito, M.**, Marumoto T. Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi: the current status in Japan and future prospects // *Plant and Soil*, 2002. – Vol. 244. – P. 273-279. – DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1020287900415>.

[2] **Appazov, N.**, et al. Processing of rice husk and straw into activated carbon // *Bulgarian Chemical Communications*, 2021. – Vol. 53, No. 3. – P. 265-268. – DOI: <https://doi.org/10.34049/bcc.53.3.0195>.

[3] **Urazbaev, N.Zh.**, Begeeva M. K., Naurzybaev A. Zh., Appazov N. O., Akhataev N. A. Effektivnost' proizvodstva i primeneniya organicheskogo udobreniya Terra Preta v regione risovodstva Kazakhstana // *Nauka i obrazovanie*, 2024. – No. 4-2. – P. 176-188. – DOI: <https://doi.org/10.52578/2305-9397-2024-4-2-176-188>.

[4] **Glaser, B.**, Birk J.J. State of the scientific knowledge on properties and genesis of anthropogenic dark earths in Central Amazonia (Terra Preta de Índio) // *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2011. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gca.2010.11.029>.

[5] **Diyarova, B.**, Appazov N., Bazarbayev B., Dzhiembaev B., Lygina O., Niyazova D., Espanova I. Integrated production of granular activated carbon from rice and oil waste // *Advanced Journal of Chemistry. Section A*, 2025. – Vol. 8, No. 9. – P. 1508-1521. – DOI: <https://doi.org/10.48309/AJCA.2025.486309.1734>.

[6] **Glaser, B.**, Lehmann J., Zech W. The “Terra Preta” phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics // *Naturwissenschaften*, 2001. – Vol. 88, No. 1. – P. 37-41. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s001140000193>.

[7] **Verheijen, F.**, Jeffery S., Bastos A., Van der Velde M., Diafas I. Biochar application to soils – a critical scientific review of effects on soil properties, processes and functions. – Luxembourg: European Commission, 2010. – 149 p. – DOI: <https://doi.org/10.2788/472>.

[8] **Glaser, B.** Prehistorically modified soils of Central Amazonia: a model for sustainable agriculture in the twenty-first century // *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 2007. – Vol. 362. – P. 187-196. – DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2006.1978>.

[9] **Appazov, N.**, Diyarova B., Bazarbayev B. M., Lygina O., Dzhiembaev B. Obtaining granular activated carbon using a binder gelatin in the joint processing of rice and oil waste // *Bulgarian Chemical Communications*. – 2022. – Vol. 54, Suppl. – P. 265-268. – DOI: <https://doi.org/10.34049/bcc.54.B1.0362>.

[10] **Diyarova, B.**, Appazov N., Bazarbayev B., Dzhiembaev B., Lygina O., Tapalova A. S. Production of activated carbon granulated by treatment of rice husk and straw with oil sludge using polyvinyl acetate as a binder // *Egyptian Journal of Chemistry*, 2023. – Vol. 66, SI 13. – P. 1871-1878. – DOI: <https://doi.org/10.21608/EJCHEM.2023.210552.7969>.

- [11] **Glaser, B.** Prehistorically modified soils of Central Amazonia: a model for sustainable agriculture in the twenty-first century // *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2007. – Vol. 362, No. 1478. – P.187-196. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2006.1978>
- [12] **Glaser, B.,** Balashov E., Haumaier L., Guggenberger G., Zech W. Black carbon in density fractions of anthropogenic soils of the Brazilian Amazon region // *Organic Geochemistry*, 2000. – Vol. 31. – P. 669-678. – DOI: [https://doi.org/10.1016/S0146-6380\(00\)00044-9](https://doi.org/10.1016/S0146-6380(00)00044-9).
- [13] **Fischer, D.,** Glaser B. Synergisms between compost and biochar for sustainable soil amelioration // *Sustainable Agriculture Reviews*, 2012. – DOI: 10.5772/31200.
- [14] **Kuzyakov, Y.,** Subbotina I., Chen H. Q., Bogomolova I., Xu X. L. Black carbon decomposition and incorporation into soil microbial biomass estimated by C-14 labeling // *Soil Biology & Biochemistry*, 2009. – Vol. 41. – P. 210-219. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2008.10.016>.
- [15] **Zimmerman, A.R.,** Gao B., Ahn M.-Y. Positive and negative carbon mineralization priming effects among a variety of biochar-amended soils // *Soil Biology & Biochemistry*, 2011. – Vol. 43. – P. 1169-1179. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.02.005>.
- [16] **Woolf, D.,** Amonette J.E., Street-Perrott F.A., Lehmann J., Joseph S. Sustainable biochar to mitigate global climate change // *Nature Communications*, 2010. – Vol. 1. – Art. 56. – DOI: <https://doi.org/10.1038/ncomms1053>.
- [17] **Roberts, K.G.,** Gloy B. A., Joseph S., Scott N. R., Lehmann J. Life cycle assessment of biochar systems // *Environmental Science & Technology*, 2010. – Vol. 44. – P. 827-833. – DOI: <https://doi.org/10.1021/es902266r>.
- [18] **Verheijen, F.G.A.,** Jeffery S., Bastos A.C., van der Velde M., Dias I. Biochar application to soils. – Luxembourg, 2009. – DOI: <https://doi.org/10.2788/472>.
- [19] **Woods W.I.,** Mann C. C. The good earth: did people improve the Amazon basin? // *Science*, 2000. – Vol. 287. – P. 788. – DOI: <https://doi.org/10.1126/science.287.5454.788>.
- [20] **Birk, J.J.,** Steiner C., Teixeira W.C., Zech W., Glaser B. Microbial response to charcoal amendments and fertilization of a highly weathered tropical soil // *Amazonian Dark Earths*. – Berlin: Springer, 2009. – P. 309-324. – DOI: [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9031-8\\_16](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9031-8_16).
- [21] **Rondon, M.A.,** Lehmann J., Ramirez J., Hurtado M. Biological nitrogen fixation by common beans increases with biochar additions // *Biology and Fertility of Soils*, 2007. – Vol. 43. – P. 699-708. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s00374-006-0152-z>.
- [22] **Saito, M.,** Marumoto T. Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi: the status quo in Japan and future prospects // *Plant and Soil*, 2002. – Vol. 244. – P. 273-279. – DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1020287900415>.
- [23] **Nishio, M.** Microbial fertilizers in Japan, 1996. – URL: [www.agnet.org/library/cb/430](http://www.agnet.org/library/cb/430).
- [24] **Thies, J.,** Rillig M.C. Characteristics of biochar: biological properties // *Biochar for Environmental Management*. – London: Earthscan, 2009. – P. 85-105.
- [25] **Steiner, C.,** Melear N., Harris K., Das K. Biochar as bulking agent for poultry litter composting // *Carbon Management*, 2011. – Vol. 2, No. 3. – P. 227-230. – DOI: <https://doi.org/10.4155/cmt.11.15>.
- [26] **Smith, J.L.,** Collins H.P., Bailey V.L. The effect of young biochar on soil respiration // *Soil Biology & Biochemistry*, 2010. – Vol. 42, No. 12. – P. 2345-2347. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.09.013>.
- [27] **Higa, T.,** Wididana G.N. The concept and theories of effective microorganisms // *Proceedings of the First International Conference on Kyusei Nature Farming*. – Khon Kaen, 1989. – P. 118-124.
- [28] ГОСТ 6217–2003. Уголь активный древесный дробленый. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2003.
- [29] ГОСТ 17219–88. Угли активные. Метод определения суммарного объема пор по воде. – М.: Стандартинформ, 1988.
- [30] ГОСТ 16190–70. Сорбенты. Метод определения насыпной плотности. – М.: Стандартинформ, 1970.
- [31] **Доспехов, Б.А.** Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

## References:

- [1] **Saito, M.**, Marumoto T. Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi: the current status in Japan and future prospects // *Plant and Soil*, 2002. – Vol. 244. – P. 273-279. – DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1020287900415>.
- [2] **Appazov, N.**, et al. Processing of rice husk and straw into activated carbon // *Bulgarian Chemical Communications*, 2021. – Vol. 53, No. 3. – P. 265-268. – DOI: <https://doi.org/10.34049/bcc.53.3.0195>.
- [3] **Urazbaev, N.Zh.**, Begeeva M. K., Nauryzbaev A. Zh., Appazov N. O., Akhataev N. A. Effektivnost' proizvodstva i primeneniya organicheskogo udobreniya Terra Preta v regione risovodstva Kazakhstana // *Nauka i obrazovanie*, 2024. – No. 4-2. – P. 176-188. – DOI: <https://doi.org/10.52578/2305-9397-2024-4-2-176-188>.
- [4] **Glaser, B.**, Birk J.J. State of the scientific knowledge on properties and genesis of anthropogenic dark earths in Central Amazonia (Terra Preta de Índio) // *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2011. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gca.2010.11.029>.
- [5] **Diyarova, B.**, Appazov N., Bazarbayev B., Dzhiembaev B., Lygina O., Niyazova D., Espanova I. Integrated production of granular activated carbon from rice and oil waste // *Advanced Journal of Chemistry. Section A*, 2025. – Vol. 8, No. 9. – P. 1508-1521. – DOI: <https://doi.org/10.48309/AJCA.2025.486309.1734>.
- [6] **Glaser, B.**, Lehmann J., Zech W. The “Terra Preta” phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics // *Naturwissenschaften*, 2001. – Vol. 88, No. 1. – P. 37-41. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s001140000193>.
- [7] **Verheijen, F.**, Jeffery S., Bastos A., Van der Velde M., Diafas I. Biochar application to soils – a critical scientific review of effects on soil properties, processes and functions. – Luxembourg: European Commission, 2010. – 149 p. – DOI: <https://doi.org/10.2788/472>.
- [8] **Glaser, B.** Prehistorically modified soils of Central Amazonia: a model for sustainable agriculture in the twenty-first century // *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 2007. – Vol. 362. – P. 187-196. – DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2006.1978>.
- [9] **Appazov, N.**, Diyarova B., Bazarbayev B. M., Lygina O., Dzhiembaev B. Obtaining granular activated carbon using a binder gelatin in the joint processing of rice and oil waste // *Bulgarian Chemical Communications*. – 2022. – Vol. 54, Suppl. – P. 265-268. – DOI: <https://doi.org/10.34049/bcc.54.B1.0362>.
- [10] **Diyarova, B.**, Appazov N., Bazarbayev B., Dzhiembaev B., Lygina O., Tapalova A. S. Production of activated carbon granulated by treatment of rice husk and straw with oil sludge using polyvinyl acetate as a binder // *Egyptian Journal of Chemistry*, 2023. – Vol. 66, SI 13. – P. 1871-1878. – DOI: <https://doi.org/10.21608/EJCHEM.2023.210552.7969>.
- [11] **Glaser, B.** Prehistorically modified soils of Central Amazonia: a model for sustainable agriculture in the twenty-first century // *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2007. – Vol. 362, No. 1478. – P.187-196. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2006.1978>
- [12] **Glaser, B.**, Balashov E., Haumaier L., Guggenberger G., Zech W. Black carbon in density fractions of anthropogenic soils of the Brazilian Amazon region // *Organic Geochemistry*, 2000. – Vol. 31. – P. 669-678. – DOI: [https://doi.org/10.1016/S0146-6380\(00\)00044-9](https://doi.org/10.1016/S0146-6380(00)00044-9).
- [13] **Fischer, D.**, Glaser B. Synergisms between compost and biochar for sustainable soil amelioration // *Sustainable Agriculture Reviews*, 2012. – DOI: 10.5772/31200.
- [14] **Kuzyakov, Y.**, Subbotina I., Chen H. Q., Bogomolova I., Xu X. L. Black carbon decomposition and incorporation into soil microbial biomass estimated by C-14 labeling // *Soil Biology & Biochemistry*, 2009. – Vol. 41. – P. 210-219. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2008.10.016>.
- [15] **Zimmerman, A.R.**, Gao B., Ahn M.-Y. Positive and negative carbon mineralization priming effects among a variety of biochar-amended soils // *Soil Biology & Biochemistry*, 2011. – Vol. 43. – P. 1169-1179. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.02.005>.
- [16] **Woolf, D.**, Amonette J.E., Street-Perrott F.A., Lehmann J., Joseph S. Sustainable biochar to mitigate global climate change // *Nature Communications*, 2010. – Vol. 1. – Art. 56. – DOI: <https://doi.org/10.1038/ncomms1053>.
- [17] **Roberts, K.G.**, Gloy B. A., Joseph S., Scott N. R., Lehmann J. Life cycle assessment of biochar systems // *Environmental Science & Technology*, 2010. – Vol. 44. – P. 827-833. – DOI: <https://doi.org/10.1021/es902266r>.

- [18] **Verheijen, F.G.A.**, Jeffery S., Bastos A.C., van der Velde M., Diafas I. Biochar application to soils. – Luxembourg, 2009. – DOI: <https://doi.org/10.2788/472>.
- [19] **Woods W.I.**, Mann C. C. The good earth: did people improve the Amazon basin? // Science, 2000. – Vol. 287. – P. 788. – DOI: <https://doi.org/10.1126/science.287.5454.788>.
- [20] **Birk, J.J.**, Steiner C., Teixeira W.C., Zech W., Glaser B. Microbial response to charcoal amendments and fertilization of a highly weathered tropical soil // Amazonian Dark Earths. – Berlin: Springer, 2009. – P. 309-324. – DOI: [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9031-8\\_16](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9031-8_16).
- [21] **Rondon, M.A.**, Lehmann J., Ramirez J., Hurtado M. Biological nitrogen fixation by common beans increases with biochar additions // Biology and Fertility of Soils, 2007. – Vol. 43. – P. 699-708. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s00374-006-0152-z>.
- [22] **Saito, M.**, Marumoto T. Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi: the status quo in Japan and future prospects // Plant and Soil, 2002. – Vol. 244. – P. 273-279. – DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1020287900415>.
- [23] **Nishio, M.** Microbial fertilizers in Japan, 1996. – URL: [www.agnet.org/library/eb/430](http://www.agnet.org/library/eb/430).
- [24] **Thies, J.**, Rillig M.C. Characteristics of biochar: biological properties // Biochar for Environmental Management. – London: Earthscan, 2009. – P. 85-105.
- [25] **Steiner, C.**, Melear N., Harris K., Das K. Biochar as bulking agent for poultry litter composting // Carbon Management, 2011. – Vol. 2, No. 3. – P. 227-230. – DOI: <https://doi.org/10.4155/cmt.11.15>.
- [26] **Smith, J.L.**, Collins H.P., Bailey V.L. The effect of young biochar on soil respiration // Soil Biology & Biochemistry, 2010. – Vol. 42, No. 12. – P. 2345-2347. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.09.013>.
- [27] **Higa, T.**, Wididana G.N. The concept and theories of effective microorganisms // Proceedings of the First International Conference on Kyusei Nature Farming. – Khon Kaen, 1989. – P. 118-124.
- [28] GOST 6217–2003. Ugol' aktivnyj drevesnyj droblenyj. Tehnicheskie uslovija. Moscow, 2003. [in Russian]
- [29] GOST 17219–88. Ugli aktivnye. Metod opredelenija summarnogo ob'ema por po vode. Moscow, 1988. [in Russian]
- [30] GOST 16190–70. Sorbenty. Metod opredelenija nasypnoj plotnosti. Moscow, 1970. [in Russian]
- [31] **Dospehov, B.A.** Metodika polevogo opyta. Moscow: Agropromizdat, 1985. – 351 p. [in Russian]

## ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОТХОДОВ В ОРГАНИЧЕСКОЕ УДОБРЕНИЕ ТЕРРА ПРЕТА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА УРОЖАЙНОСТЬ БОБОВЫХ, ОВОЩНЫХ И БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР

**Аппазов Н.О.<sup>1</sup>**, кандидат химических наук, профессор

**Тойбазарова А.Б.<sup>1</sup>**, магистр педагогических наук, постдокторант

**Жаппарбергенов Р.У.<sup>1</sup>**, докторант 2-го курса образовательной программы 8D08171 - «Агрономия»

**Таубекова Г.К.<sup>2</sup>**, кандидат ветеринарных наук

**Канжар С.А.<sup>1</sup>**, магистр технических наук

<sup>1</sup>*Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан*

<sup>2</sup>*Научно-производственный центр микробиологии и вирусологии, Алматы, Казахстан*

**Аннотация.** В работе рассматривается переработка сельскохозяйственных отходов (рисовая шелуха/солома и коровий навоз) в биоудобрение типа Терра Прета, включающая лабораторные исследования по определению оптимальных условий и оценку влияния на плодородие почв. Путём термической обработки рисовой шелухи и соломы был получен биоуголь, для которого установлены оптимальные параметры пиролиза – температура 300 °С и продолжительность 60 мин, обеспечивающие максимальную сорбционную активность. На основе полученного биоугля была приготовлена компостная смесь с навозом и рисовой шелухой/соломой, оптимальное соотношение компонентов составило 70:20:10 масс.%. Компост подвергался гумификации с использованием

калифорнийских червей в течение 90 дней, в результате чего было получено удобрение с содержанием гумуса 31,8%, соответствующее концепции Terra Preta. Эффективность удобрения подтверждена в полевых испытаниях: урожайность дыни, томата, моркови, картофеля, арбуза и огурца увеличилась на 23-32%. Дополнительно установлено положительное синергетическое взаимодействие данного биоудобрения с биопрепаратом «Плантобактерин» при возделывании бобовых культур. Полученные результаты демонстрируют перспективность технологии для повышения плодородия почв и рациональной утилизации сельскохозяйственных отходов.

**Ключевые слова:** Terra Preta, Биуголь, Плантобактерин, Плодородие почвы, Урожайность.

## PROCESSING OF AGRICULTURAL WASTE INTO TERRA PRETA ORGANIC FERTILIZER AND ITS EFFECT ON THE YIELD OF LEGUMES, VEGETABLES, AND MELON CROPS

**Appazov N.O.**<sup>1</sup>, candidate of chemical sciences, professor

**Toibazarova A.B.**<sup>1</sup>, master of pedagogical sciences

**Zhapparbergenov R.U.**<sup>1</sup>, 2nd year doctoral student of the educational program 8D08171 - "Agronomy"

**Taubekova G.K.**<sup>2</sup>, candidate of veterinary sciences

**Kanzhar S.A.**<sup>1</sup>, master of technical sciences

<sup>1</sup>*Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan*

<sup>2</sup>*Research and production center of microbiology and virology, Almaty, Kazakhstan*

**Annotation.** The paper considers the processing of agricultural waste (rice husk/straw and cow manure) into organic fertilizer of the Terra Preta type, including laboratory studies to determine the optimal conditions and assess the impact on soil fertility. Biochar was obtained by thermal treatment of rice husks and straw, for which the optimal pyrolysis parameters were established - a temperature of 300 °C and a duration of 60 min, providing maximum sorption activity. Based on the obtained biochar, a compost mixture was prepared with manure and rice husks / straw, the optimal ratio of components was 70:20:10 wt.%. The compost was humified using Californian worms for 90 days, resulting in a fertilizer with a humus content of 31.8%, corresponding to the Terra Preta concept. The efficiency of the fertilizer has been confirmed in field tests: the yield of melon, tomato, carrot, potato, watermelon and cucumber increased by 23-32%. Additionally, a positive synergistic interaction of this organic fertilizer with the biopreparation "Plantobacterin" was established when cultivating legumes. The obtained results demonstrate the prospects of the technology for increasing soil fertility and rational utilization of agricultural waste.

**Keywords:** Terra Preta, Biochar, Composting, Plantobacterin, Soil fertility, Crop yield.