

ӘОЖ 691.1:[577.15+574](045)

Білім алушы: Даулетқұл М.Е., докторант

Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті Алматы

Ғылыми жетекші: Тұңғышбаева З.Б.

Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті Алматы

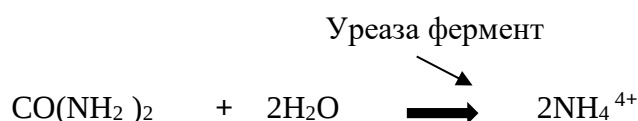
ТОЗҒАН ТОПЫРАҚТЫ ФЕРМЕНТТЕР КӨМЕГІМЕН НЫҒАЙТУ ЖӘНЕ БЕРІКТІГІН АРТТЫРУ

ТҮЙІН

Мақалада EICP(Enzymatic Induced Calcite precipitation) - ерітіндісінің тозған топырақтың құрылымын нығайту және беріктігін арттыру қабілеті анықталды. EICP - ферменттік индукцияланған кальций карбонатының тұнбасын алу әдісі. Бұл биогеотехникалық әдіс-несепнәрдің гидролизденіп, уреаз ферментімен катализдену нәтижесінде кальций карбонаты тұнбасының (CaCO_3) түзілуі жүзеге асырылады [7, 1]. Уреаз ферменті соя бұршағының ұнтағынан бөліп алынды [13, 2]. Топырақты (Ақтау құмы) EICP ерітіндісімен өңдеу арқылы, олардың құрамындағы ферменттердің белсенділігін арттырып, карбонаттың тұндырылу дәрежесінің жоғары болуына алып келді.

Түйін сөздер: Биогеотехника, топырақ, нығайтылу, биоцемент, EICP.

Кіріспе. Қазіргі кезеңде жаһандық проблемалардың бірі жердің тозуы және шөлейттенуі болып табылады. Желдің әсерінен құмның көшіп, топырақтың шөлейттенуі салдарынан ауылшаруашылық жерлері шөлге айналууда. Жел эрозиясы - топырақтың тозуының негізгі факторларының бірі, сонымен қатар құрғақ, жалпы алғанда экожүйелердің функционалдығының төмендеуі нәтижесінде аумақтардың биоалуан түрлілігіне теріс әсер көрсетеді. Соңғы жиырма жылдың аралығында «Ферменттік индукцияланған кальций карбонатының тұнбасы (EICP)» әдісі ғылымға таныла бастады. Алғаш рет ғылымға Кнорр енгізген, бірақ, осы әдісті, топырақтың инженерлік қасиеттеріне қолдануды технологиясын алғаш рет Немати мен Вур Доу зерттеді. Олар топырақтың борпылдақтық құрылымының өткізгіштігін төмендеуіне осы әдістің тиімділігін зерттеп, және екі EICP өңдеу циклі топырақтың өткізгіштіктігінің 98% төмендеуіне, CaCO_3 тұндырмасымен топырақтың саңылауларын бітеу арқылы қол жеткізуге болатындығын көрсетті [9]. Бұл әдіс химиялық әдістермен салыстырғанда, бірқатар артықшылықтарға ие - улы емес, қоршаған ортаға зиянсыз, қолдануға ыңғайлы. Бұл технологияны қолдану шөлді аймақтарда жиі болатын шаңды дауылдардың пайда болуын азайтады. Осы технологиялар бойынша құмды нығайту үшін, уреаз ферменті мен кальцит және несепнәр қажет. Құмдарға несепнәрді ыдырататын уреаз ферментін синтездейтін бактериялар мен уреаз ферменттері қосылады. Егерде жер бетінде деградациялану, мысалы несепнәрдің ыдырауы сияқты процесстер болмаса жер беті азоттық қалдықтарына толып кетер еді [4]. Бірақ, табиғатта (суда, табиғатта және т.б) несепнәрдің гидролизденуі барысында ыдырауын катализдейтін заттар бар. Бұл катализаторлар – уреаз ферменттері болып табылады. Уреаз ферменті несепнәрді аммиак пен көмірқышқыл газына дейін ыдыратады [9]. Реакция теңдеуі 1-формулада берілген.



Зерттеу әдістері мен объектілері:

Соя бұршағының ұнтағынан уреазалық ферментті бөліп алу.

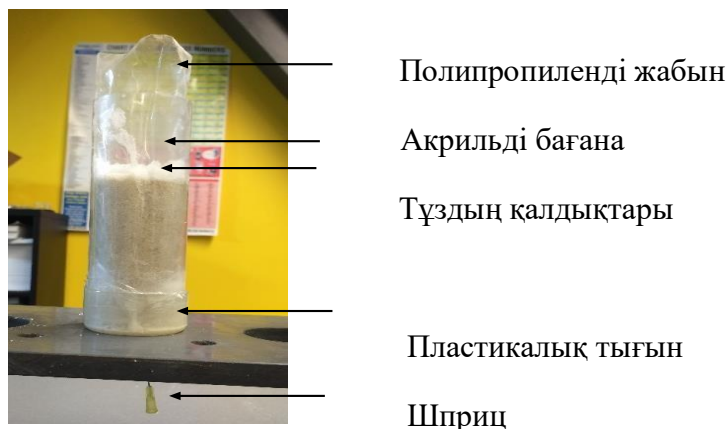
Тазартылмаған соя ұнтағын белгілі бір концентрацияда дистильденген сумен араластыру арқылы уреаза алынды. Кептірілген соя бұршақтарының дәндерінен дезинтегратормен ұнтақталып, електен соя ұнтағы өткізілді. 100 г соя ұнтағын 1 литр дистильденген сумен 30 минут бойы араластырды. Ерітінді магнитті араластырғышпен 6 минут бойы суспензияның біртекті ерітіндісін алғанға дейін тағыда араластырылды. Тоңазытқышта 4°C температурада 24 сағат сақтағаннан кейін, соя ұнтағының ерітіндісі 15 минут ішінде 3000 айн/мин центрифугадан өткізіліп, жинақталған уреаза ерітіндісін кейінгі зерттеу жұмыстарына қолданылды. (1- суретте) берілген.



Сурет 1. Соя бұршағының ұнтағы.

Топырақ бағанының EICP ерітіндісімен өңделуі.

Топырақты өңдеу үшін, өңдеуші ерітінді құрамы 1М несепнәр, 0,6 М кальций хлориді, және 3 г/л фермент құм бағансына қосылды. Бұл концентрациялар сынауықта жасалған тәжірибиелер көрсеткендей, жоғары тұндырылу массасын түзуге қабілеттілігін көрсетті. Зерттеу жұмыстарына түссіз,мөлдір жұқа қабырғалы акрильді биіктігі 10 см және диаметрі 5 см (4 "x 2") цилиндр пішінді бағаналар қолданылды. (2 – суретте) берілген.



Сурет2. Нығайтылған құм бағанының үлгісі

Өңделген үлгілерді алу үшін цилиндр тәрізді бағаналардың ішкі бөлімі полипропиленмен бекітілді. Електен өткізілген Ақтаудың құмы қолданылды. Құмның бастапқы көлемінен азайғаны байқалды және құмда бос кеңістіктер пайда болды. Осы бөліктерді нығайту үшін торырақтың үстінгі бөлігінен механикалық соққылар жасалынып, тығыздалды. Алғашқы құм бағаналары тұндырылу арқылы дайындалса, кейінгі төрт құм бағаналары ерітінді қосып, араластырылып нығыздалды, әр цикл сайын тұндырылып отырды. Дайын биоцетметтік үлгілер тұндыру арқылы өңделіп, ал цилиндр тәрізді бағаналарда орналасқан құрғақ құм бөліктері тығыздық мөлшері 47%-дық көрсеткіште болды. Содан кейін құм бағанының жоғарғы бөліміне EICP өңдеу ерітіндісі қосылды, төменгі бөлімі арнайы тығындар арқылы жабылды. Топырақты нығайту үшін, цементтеуші ерітінді бір көлемдік қатынасы қосылып бірінші циклында перколяция арқылы жасалынды[11].

Құм бағандары дайындау араластырылу және нығыздалу арқылы жасалынды, тығыздық көрсеткіші 47%-дық құрғақ құмдарға 70 мл EICP ерітіндісі қосылды. құмның тығыздық көрсеткіші 47%-дық шамаға келетін ерітіндіні құм бағанасындағы бөліктеріне сәйкес қосылды. Дайын болған үш үлгілер қосымша өңдеуден өткізілді (2,4 өңдеу циклдарында). Әр өңдеу циклінен кейін барлық үлгілер, 7 күнге бөлме температурасында кептірілді. Құм бағанын кептіру барысында, булану процессі кезінде ерітіндінің концентрациясының азаюынан сақтау үшін, бетін нейлон материалынан жасалған эластикалық лентамен жабамыз. Үлгілер кептірілген соң құм бағанының астыңғы бөлігіне шприцті орналастырамыз. Содан кейін үлгілерге бағанның жоғарғы жағынан бір көлемдік мөлшерде (яғни ~ 70 мл) деионизацияланған су қосылып, ол өңдеу циклінен кейін қосылып, оның құм бағанының төменгі бөлігіне ағып кетуіне мүмкіндік берді. Әр деионизацияланған су қосылғаннан соң, құм бағананың астыңғы бөлігін жабық күйде өңдеуші ерітінді қосылды.

Зерттеу нәтижелері. Тұндырылу массасы артуының әсерінен нығайтылған құмдарда саңылаудың көлемінің азаюынан және әр өңдеуден кейін үлгіде қалған ерітіндінің болуына байланысты бірінші өңдеу циклімен салыстырғанда, ерітінді аз мөлшерде қосылды. Соңғы өңдеу циклінен кейін үлгілер 60 мл деионизацияланған су қосылып, тұрақты массасы қалыптасқанша, 40°C температурада пеште кептірілді. Кептірілген үлгілерді зерттелді. Оларды шектеусіз қысу күшіне беріктігі тексеру үшін құм бағанының үстінгі және астыңғы бөлігін арнайы темір пластикалық тегістеуші құралмен тегістелді. Шектеусіз қысу күшіне сынақтар 1,28 мм/мин деформация жылдамдығымен жүргізілді. Шектеусіз қысу күшіне сынақтар аяқталғаннан кейін, үлгілерге тұндырылған, кальций карбонатының массасы қышқылдық ашу жолымен анықталды. Бұл әдістер негізінде нығайтылған құм үлгілері 4 М тұз қышқылы (HCl) қайнауы тоқтағанша қосылды[8]. Қышқылды ашытуға дейін және одан кейін үлгінің массасының азаюы, топырақтағы карбонаттың тұндырылу массасына тең болды. Құм бағанының нығайтылу дәрежесінің тиімділігінің артуына 65% және 91%-дық араластырылу және нығайтылу арқылы бір циклдық өңдеумен жасалуы да әсер етеді. Карбонат мөлшері, тұндырылу коэффициенті шектеусіз қысу күшіне беріктігінің көрсеткіші және құм бағанының салыстырмалы 47%-дық тығыздығы 2- кестеде берілген.

Кесте 1- Салыстырмалы тығыздығы 47% топырақ бағандарын ерітіндімен өңдеу нәтижелері.

Цикл #	Араластыру және перколяция, арқылы бірінші циклден кейін алынған тұндырылу көрсеткіштері			Тұндырылу шамалары		
	CaCO ₃ (%)	Тұндырылу жиілігі(%)	q(кПа)	CaCO ₃ (%)	Тұндырылу шамасы (%)	q(кПа)
1	1.2	80%	NA	1.22	85%	100
2	2.0	83%	NA	2.19	94%	295
3	2.7	91%	NA	3.07	97%	434
4	3.6	93%	NA	3.68	73%	1270

Қорытынды. Кальций хлориді, несепнәр және уреаз ферментінің әртүрлі концентрацияларында тұндырылуы мен тұндырылу массаларының қатынасын жүйелі бағалау жүргізілді Құрамында 1М несепнәр, 0,67М CaCl және 3 г/л уреаз (уреазалық ортаға белсенділігі 3600 бірлік/г) ферментінен құралған EICP ерітіндісі ферменттік әдісі ретінде қолдануының таңдаулы құрамы, яғни жоғары тұндыру массасы үшін де, жоғары тұндыруға да тиімділігімен анықталды

EICP ерітіндісінде кальцит түйіршіктерінің болуы тұндырылу морфологиясын жақсартатыны дәлелденді. Араластыру және перколяция арқылы жасалған, бастапқы салыстырмалы тығыздығы 47% болатын Ақтаудың 20/30 құм бағандарының EICP ерітіндісімен өңдеу үшін матрицадан шығарылғаннан кейін бағанның тұтастығын сақтау үшін құм бөлшектерінің арасындағы берік байланыс орнап, кристал түзетін цементтенуі жүрмейтіндігіне әкеледі [13]. Бастапқы салыстырмалы тығыздығы 47% болатын тұндырылу арқылы жасалған құм бағанының, оның барлық бөлігінде берік байланыстардың нәтижесінен акрильді құм бағанынан алынған үлгілер деформацияға ұшырамады. Шектеусіз қысу күшіне тексеру барысында, карбонаттың шекті мөлшерінің болатындығы көрсетіліп, және топырақты EICP ерітіндісімен өңдеу арқылы оның беріктігі күрт артады яғни, микробиологиялық индукцияланған кальций карбонатының тұнбасы

ағылшынша Microbial Induced Carbon Precipitation MICP ерітіндісі арқылы өңделген топыраққа арналған басқада зерттеулер нәтижелерімен салыстыра алғанда[2]. Дегенмен, EICP арқылы өңдеген топырақтың беріктігіне тек тұндырылу механизмі ғана емес, сонымен қатар топырақты нығайтудың әдістемесіне немесе биоцементтік үлгілерді дайындау технологиясына және құм бөліктерінің дұрыс байланыс орнауыда байланысты. EICP арқылы өңдеген топырақтың деионизацияланған сумен жуылуы нәтижесінде, топырақтың арасындағы берік байланысты ажырататындығы дәлелденді. Сканерлеуші электронды микроскоппен көрсетілгендей, үлгілерде беріктік қасиетінің жойылуы, нығайтылған топырақтағы органикалық заттардың шайылуынан және ерітінділер арқылы өңделген топырақта аммоний хлориді тұздарының тұнбасынан туындауынан болатындығы көрсетілді. Бұл тұжырым EICP және MICP ерітінділерімен өңделген топырақты өлшеу алдында, әрқашан сумен мұқият шаю керек екенін көрсетеді және органикалық заттар мен тұздардың тұндырылуы көптеген далалық жұмыстарда қолдану кезінде топырақтан шайылып кетуі мүмкін.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Burbank, M., Weaver, T., Green, T., Williams, B., and Crawford, R. (2011). "Precipitation of Calcite by Indigenous Microorganisms to Strengthen Liquefiable Soils". Geomicrobiology, 28(4), 301-312.
2. Chu, J., Stabnikov, V., and Ivanov, V. (2012). "Microbially induced calcium carbonate 516 precipitation on surface or in the bulk of soil". Geomicrobiology, 29(6), 544-549.

3. DeJong, J., Fritzges, M., and Nüsslein, K. (2006). "Microbially Induced Cementation to Control Sand Response to Undrained Shear". *J. Geotech. Geoenviron. Eng.*, 132(11), 1381-1392.
4. Gomez, M., Anderson, C., DeJong, J., T., Nelson, D., and Lau, X. (2014). "Stimulating In situ Soil Bacteria for Bio-Cementation of Sands." *Proceedings of Geo-Congress 2014: Geo characterization and Modeling for Sustainability*, ASCE, 1674-1682
5. Kavazanjian, E. and Hamdan, N. (2015). "Enzyme Induced Carbonate Precipitation (EICP) Columns for Ground Improvement". *Proc., International Foundation Congress and Equipment Exposition (IFCEE 2015)*, ASCE Geotechnical Special Publication, 10.1061/9780784479087.209.
6. Khodadadi T., H., Kavazanjian, E., van Paassen, L., and DeJong, J. (2017). "Bio-grout Materials: A Review". *Proceedings of Grouting 2017*, ASCE, doi.10.1061/9780784480793.001
7. Kong, J., and Yu, S. (2007). "Fourier transform infrared spectroscopic analysis of protein secondary structures". *Acta Biochimica et Biophysica Sinica*, 39(8), 549-559.
8. Loste, E., Wilson, R., Seshadri, R., and Meldrum, F. (2003). "The Role of Magnesium in Stabilizing Amorphous Calcium Carbonate and Controlling Calcite Morphologies". *Crystal Growth*, 254(1-2), 206-218
9. Montoya, B. and DeJong, J. (2015). "Stress-Strain Behavior of Sands Cemented by Microbially Induced Calcite Precipitation". *J. Geotech. Geoenviron. Eng.*, 141(6), 04015019.
10. Neupane, D., Yasuhara, H., Kinoshita, N., and Putra, H. (2015). "Distribution of grout material within 1-m sand column in in situ calcite precipitation technique". *Soils and Foundations*, 55(6), 1512-1518
11. Oliveira, P. J. V., Freitas, L. D., and Carmona, J. P. (2016). "Effect of Soil Type on the Enzymatic Calcium Carbonate Precipitation Process Used for Soil Improvement". *Journal of Materials in Civil Engineering*, 29(4), 04016263.
12. Putra, H., Yasuhara, H., and Kinoshita, N. (2017). "Applicability of Natural Zeolite for NH₄-Forms Removal in Enzyme-Mediated Calcite Precipitation Technique". *Geosciences*, 7(3), 61.
13. Whiffin, V., van Paassen, L., and Harkes, M. (2007). "Microbial Carbonate Precipitation as a Soil Improvement Technique". *Geomicrobiology* 24(5), 417-423.
14. Yasuhara, H., Neupane, D., Hayashi, K., & Okamura, M. (2012). "Experiments and predictions of physical properties of sand cemented by enzymatically-induced carbonate precipitation". *Soils and Foundations*, 52(3), 539-549.
15. Zhao, Z., Hamdan, N., Shen, L., Nan, H., Almajed, A., Kavazanjian, E., & He, X. (2016). "Biomimetic Hydrogel Composites for Soil Stabilization and Contaminant Mitigation". *Environmental Science & Technology*, 50(22), 12401-12410.

РЕЗЮМЕ

В статье описаны результаты проведенной исследовательской работы по определению способности раствора EICP (Enzymatic Induced Calcite precipitation) укреплять структуру и повышать прочность деградированных почв. Данным биогеотехническим методом осуществляется гидролиз мочевины и образование осадка карбоната кальция (CaCO_3) в результате катализа ферментом уреазой [7, 1]. Фермент Уреаза был выделен из порошка соевых бобов [13, 2]. Почву (Актауский песок) обработали с раствором EICP, повысили активность содержащихся в них ферментов, что привело к высокой степени осаждения карбоната

RESUME

The article describes the results of the research work carried out to determine the ability of the EICP (Enzymatic Induced Calcite precipitation) solution to strengthen the structure and increase the strength of degraded soils. By this biogeotechnical method, urea is hydrolyzed and calcium carbonate precipitate (CaCO_3) is formed as a result of catalysis by the urease enzyme [7, 1]. The urease enzyme was isolated from soy bean powder [13, 2]. The soil (Aktau sand) was treated with an EICP solution, the activity of the enzymes contained in them was increased, which led to a high degree of carbonate precipitation.

УДК 664.681.9

Обучающийся: Богдашкина А.А., студентка 2-го курса магистратуры Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого

Научный руководитель: Русинов А.В., доцент, к.т.н.

Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ С ДОБАВЛЕНИЕМ МИКРОВОДОРОСЛИ *SPIRULINA PLATENSIS*

АННОТАЦИЯ

Представлены результаты разработки различных функциональных продуктов с добавлением микроводоросли *Spirulina Platensis*. Проведена оценка питательных свойств полученных продуктов. Показано, что разработка функциональных продуктов с добавлением спирулины является перспективным направлением в области нутрициологии.

Ключевые слова: Спирулина, микроводоросль, функциональный продукт, нутрициология.

Здоровый образ жизни, приобретающий всё большую популярность в современном обществе, включает в себя, поддержание хорошей физической формы и соблюдение принципов здорового питания. Постоянно растет количество людей, активно и регулярно занимающихся спортом. Все это способствует развитию сегмента функциональных продуктов питания, предназначенных не только для профессиональных спортсменов, но и для приверженцев здорового образа жизни, занимающихся спортом. Согласно ГОСТ 34006-2016, количество биологически активных компонентов в таких продуктах должно быть достаточном для оказания положительного эффекта на здоровье и самочувствие человека, что составляет не менее 15% от уровня рекомендуемого суточного потребления в разовой порции.

Анализ ассортимента продуктов функционального спортивного питания на рынке РФ позволил выделить несколько их классификационных признаков: 1) назначение; 2) количество содержания белка; 3) вид белка (аминокислот); 4) происхождение белка; 5) особенности состава продуктов в целом. Полученные данные позволили определить направление для разработки функциональных продуктов здорового питания с использованием микроводоросли рода *Spirulina Platensis* (спирулина).

Спирулина – это нитевидный организм, размножающийся вегетативным путем и растущий в виде плотной закрученной спирали. Клетки спирулины содержат большое количество каротина, фикоцианина, хлорофилла, ксантофилла и других пигментов, играющих важную роль в процессах метаболизма.