

ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ



Л. Н. ГУМИЛЕВА АТЫНДАҒЫ
ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

ЕВРАЗИЙСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Л. Н. ГУМИЛЕВА

АСТАНА, ҚАЗАҚСТАН
14 СӘУІР 2023 ЖЫЛ

АСТАНА, КАЗАХСТАН
14 АПРЕЛЯ 2023 ГОД

"ОМАРОВ ОҚУЛАРЫ: ХХІ
ҒАСЫРДЫҢ БИОЛОГИЯ ЖӘНЕ
БИОТЕХНОЛОГИЯСЫ" АТТЫ
ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ҒЫЛЫМИ
ФОРУМНЫҢ БАЯНДАМАЛАР
ЖИНАҒЫ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
МЕЖДУНАРОДНОГО НАУЧНОГО
ФОРУМА "ОМАРОВСКИЕ ЧТЕНИЯ:
БИОЛОГИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ
ХХІ ВЕКА"

УДК 57 (063)
ББК 28.0
Ж 66

Жалпы редакцияны басқарған т.ғ.д., профессор Е.Б. Сыдықов
Под редакцией д.и.н., профессора Е.Б. Сыдыкова

Редакция алқасы:
Редакционная коллегия:

Ж.К. Масалимов, А.Б. Курманбаева, А.Ж. Акбасова, С.Б. Жангазин, Н.Н. Иқсат.

«Омаров оқулары: ХХІ ғасыр биология және биотехнологиясы» халықаралық ғылыми форумының баяндамалар жинағы. – Астана: Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, 2023. – 298 б., қазақша, орысша, ағылшынша.

Сборник материалов международного научного форума «Омаровские чтения: Биология и биотехнология ХХІ века». – Астана. Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, 2023. – 298 с., казахский, русский, английский.

ISBN 978-601-337-847-3

Жинақ «Омаров оқулары: ХХІ ғасыр биология және биотехнологиясы» атты халықаралық ғылыми форумына қатысушылардың баяндамаларымен құрастырылған. Бұл басылымда биология, биотехнология, молекулалық биология және генетиканың маңызды мәселелері қарастырылған. Жинақ ғылыми қызметкерлерге, PhD докторанттарға, магистранттарға, сәйкес мамандықтағы студенттерге арналған.

Сборник составлен по материалам, представленным участниками международного научного форума «Омаровские чтения: Биология и биотехнология ХХІ века». Издание освещает актуальные вопросы биологии, биотехнологии, молекулярной биологии и генетики. Сборник рассчитан на научных работников, PhD докторантов, магистрантов, студентов соответствующих специальностей.



УДК 57
ББК 28
О-58

©Коллектив авторов, 2023
©Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, 2023

A New Approach Is Needed to Improve PUE in Grain Crops. [Internet]. 1st ed. Vol. 116, Advances in Agronomy. Elsevier Inc.; 2012. 185–217 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-394277-7.00005-1>

9. Peñuelas J, Poulter B, Sardans J, Ciais P, Van Der Velde M, Bopp L, et al. Human-induced nitrogen-phosphorus imbalances alter natural and managed ecosystems across the globe. Nat Commun. 2013;4.

10. Grafe M, Goers M, von Tucher S, Baum C, Zimmer D, Leinweber P, et al. Bacterial potentials for uptake, solubilization and mineralization of extracellular phosphorus in agricultural soils are highly stable under different fertilization regimes. Environ Microbiol Rep. 2018;10(3):320–7.

11. Benitez-Nelson CR. The biogeochemical cycling of phosphorus in marine systems. Earth Sci Rev. 2000;51(1–4):109–35.

12. Thakur D, Kaushal R, Shyam V. Phosphate solubilising microorganisms: role in phosphorus nutrition of crop plants-A review. Agric Rev. 2014;35(3):159.

УДК 579.64

ФОСФАТМОБИЛИЗАЦИЯЛАУШЫ МИКРООРГАНИЗМДЕРДІҢ ФОСФАТТЫ ЕРІТУ МЕХАНИЗМДЕРІ

Сергазина Ақбота Ержанқызы, Мұхтаров Әбилхас Капизович

Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
sergazines4@mail.ru

Бактериялардың трикальций фосфат, дикальций фосфат, гидроксипатит және тас фосфаты сияқты ерімейтін бейорганикалық фосфат қосылыстарын еріту қабілеттері зерттелінді (1). Топырақ пен өсімдік ризосфераларында фосфорды пайдаланатын бактериялардың едәуір популяциясы бар. Оларға аэробты және анаэробты штамдар жатады (4). Мұндай қабілетке ие бактериялардың туыстарына *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium*, *Burkholderia*, *Achromobacter*, *Agrobacterium*, *Micrococcus*, *Aereobacter*, *Flavobacterium* және *Erwinia* аэробты және анаэробты штамдар жатады. Ризосферада, әдетте, ризосфералық емес топырақпен салыстырғанда фосфатты ерітетін бактериялардың едәуір жоғары концентрациясы кездеседі (3,4).



Сурет 1. Топырақтағы Р жылжымалы болуы үшін микроорганизмдердің маңыздылығының схемалық көрінісі. Микроорганизмдер және олардың топырақтағы

өзара әрекеттесуі еріту және минералдану реакциялары, Р иммобилизациясы топырақтағы бейорганикалық және органикалық Р-ның қол жетімді формасының таралуында шешуші рөл атқарады.

1. Минералды фосфаттарды еріту

Минералды фосфаттарды ерітудің негізгі механизмі топырақ микроорганизмдері синтездейтін органикалық қышқылдардың әрекеті болып табылады. Органикалық қышқылдардың синтезделуі микробтық клетканың және оны қоршаған ортасының қышқылдануына әкеледі. Сондықтан Рi минералды фосфаттан Ca^{2+} протонды алмастыру арқылы шығарылуы мүмкін (6).

Фосфатты ерітетін бактериялардың органикалық қышқылдарды өндіруі жақсы құжатталған. Олардың ішінде глюкоз қышқылы минералды фосфаттарды ерітудің ең көп таралған құралы болып көрінеді. Бұл *Pseudomonas* sp (7), *Erwinia herbicola* (8), *Pseudomonas cepacia* (9) және *Burkholderia cepacia* сияқты фосфатты ерітетін бактериялар шығаратын негізгі органикалық қышқыл. Штаммдардың фосфаттарды еріту қабілеті бар тағы бір органикалық қышқылы - 2-кетоглюкон қышқылы, ол *Rhizobium leguminosarum*, *Rhizobium meliloti* (10), *Bacillus firmus* (11) және т.б топырақ бактерияларында кездеседі. Сонымен қатар, гликоль, қымыздық, малон қышқылдары сияқты басқа органикалық қышқылдар, фосфатты еріткіштер де анықталды (7).

Минералды құрамдағы органикалық қышқылдардың фосфаттарды еріту рөлін растайтын эксперименттік дәлелдер де бар. Халдер және басқалары (10) *Rhizobium leguminosarum* туысынан бөлінген органикалық қышқылдар бүкіл дақылмен еріген мөлшерге тең Р мөлшерін ерітетінін көрсетті. Сонымен қатар, *Rhizobium* бірнеше штаммдарының культуралық филтраттарын пепсинмен өңдеу немесе ацетонмен тұндыру арқылы белоктарды денатурациялау фосфаттың бөліну қабілетіне әсер етпеді, бұл оның ферментативті процесс емес екенін білдіреді.

1.1. Органикалық фосфордың минералдануы

Органикалық фосфаттың еруі органикалық фосфордың минералдануы деп те аталады және ол топырақта көп мөлшерде болатын өсімдіктер мен жануарлардың қалдықтары есебінен жүреді. Топырақтағы органикалық заттардың ыдырауы көміртегі құрылымынан радикалды ортофосфаттың бөлінуін тудыратын сапрофиттердің әсерінен жүзеге асады (13). Органикалық фосфордың микробиологиялық минералдануы қоршаған орта параметрлеріне тәуелді; іс жүзінде, орташа сілтілік органикалық фосфордың минералдануын талдайды.

Фосфордың органикалық қосылыстарының ыдырау қабілеті негізінен олардың молекулаларының физика-химиялық және биохимиялық қасиеттеріне, мысалы, нуклеин қышқылдарына, фосфолипидтерге байланысты, ал қант фосфаттары оңай ыдырап, фитат қышқылы, полифосфаттар және фосфонаттардың баяу ыдырайтыны туралы баяндалады (13). Кейбір фосфогидролазалар плазмалық мембранадан тыс бөлінеді, онда олар ерігіш түрде шығарылады немесе мембранамен байланысқан белоктар түрінде сақталады. Мұндай локализация оларға компоненттер болып табылатын органикалық фосфоэфирлерді тазартатын ферменттер ретінде әрекет етуге мүмкіндік береді.

Бұрын талқыланды, топырақта өсімдіктердің өсуі үшін Р көзі бола алатын органикалық субстраттардың кең ауқымы бар. Бұл фосфорды өсімдіктерге қол жетімді ету үшін бейорганикалық түрде болуы керек. Көптеген органикалық Фосфор қосылыстарының минералдануы фосфатаза ферменттерінің көмегімен жүзеге асырылады. Топырақта фосфатаза белсенділігінің едәуір мөлшерінің болуы туралы айтылады (14). Микробтық фосфатаза белсенділігінің маңызды деңгейлері әртүрлі топырақ түрлерінде табылды. Шын мәнінде, топырақтағы фосфатаза белсенділігінің

негізгі көзі микробтық шығу тегі болып саналады. Атап айтқанда, ризосферада фосфатаза белсенділігі едәуір артады (15).

Гривз және Уэбли жайылымдық шөптердің ризосферасында (16) фосфатминерализациялайтын бактериялардың болуын зерттеді. Бұл зерттеулер бұқтырылған тағамдарда анқытау Ракху және Макрей үшін (4), күріш өсімдіктері Бишоп және т.б. үшін (17) және басқалар. Көптеген топырақтардың рН қышқылдан бейтарап мәндерге дейін өзгереді. Осылайша, бұл процесте қышқыл фосфатазалар маңызды рөл атқаруы керек. Бернс (17) жүгері, арпа және бидай ризосферасындағы әртүрлі фосфатазалардың белсенділігін зерттеп, фосфатаза белсенділігі топырақтың қышқыл және бейтарап рН-да маңызды екенін көрсетті. Қышқыл фосфатазалардың едәуір деңгейін білдіретін топырақ бактерияларына *Rhizobium* (18), *Enterobacter*, *Serratia*, *Citrobacter*, *Proteus* және *Klebsiella* (19), сондай-ақ *Pseudomonas* (20) және *Bacillus* (21) туыстарының штамдары жатады.

2. Фосфаттарды иммобилизациялаудың генетикалық негізі

Минералды фосфаттарды ерітудің генетикалық негізі (яғни *Mps1* фенотипі) толық зерттелмеген. Органикалық қышқылдарды өндіру минералды фосфаттарды ерітудің негізгі механизмі болып саналатындықтан, органикалық қышқыл синтезіне қатысатын кез келген ген бұл белгіге әсер етуі мүмкін деп болжауға болады. Голдштейн мен Лью (7) Р көзі ретінде гидроксипатит бар ортада геномдық кітапханадан антибиотикке төзімді рекомбинанттарды скрининг арқылы минералды фосфаттарды ерітуге қатысатын *Erwinia herbicola* генін клондады. Бұл геннің экспрессиясы глюкоз қышқылы мен минералды фосфаттарды *E. coli* HB101 штамында еріту белсенділігін анықтауға мүмкіндік берді. Бұл геннің реттілігін талдау (8) оның глюкоза дегидрогеназа (GDH)-рққ холоферментін қалыптастыру үшін қажетті кофактор рққ синтезін басқаратын пирролохинолинхинонсинтаза (PQQ) ферментінің синтезіне ықтимал қатысуын ұсынды. Бұл фермент тікелей тотығу арқылы глюкозадан глюкоз қышқылының түзілуін катализдейді.

Ұқсас стратегиядан кейін *Pseudomonas cepacia* - дан минералды фосфаттарды еріту гені оқшауланды (22). Бұл ген (*gabY*), оның экспрессиясы *E. coli* JM109-да глюкоз қышқылын өндіру арқылы минералды фосфаттарды еріту фенотипі алдыңғы PQQ синтетазы генімен клондалған штамдардың гомологиясын көрсеткен жоқ, дегенмен пермеаза жүйесінің мембраналық белогымен гомологияны көрсетті. *gabY* гені тікелей тотығу жолын көрсетуде және реттеуде балама рөл атқаруы мүмкін. *Pseudomonas cepacia*-да, осылайша *in vivo* минералды фосфаттарды ерітудің функционалды гені ретінде әрекет етеді.

Шын мәнінде, GDH-PQQ холоферментінің синтезіне қатысатын генетикалық немесе биохимиялық механизмдер туралы ақпарат аз және бактериялардың бірнеше түрі конституциялық және индукцияланған фенотиптер арасында вариацияны көрсетеді (1). Глюкоза, глюконат, манитол және глицерин холофермент белсенділігінің ықтимал индукторларының қатарына жатады.

Еритін Р-ның фосфатты еріту белсенділігінің экспрессиясына ықтимал әсеріне келетін болсақ, Голдштейн мен Лью (8) *E. herbicola*- дағы минералды фосфаттардың ерігіштігінің белгісі Р жетіспеушілігі арқылы индукцияланады және экзогендік Р деңгейінің жоғарылауымен тежеледі. Осылайша, *Burkholderia cepacia* штаммы фосфат концентрациясының жоғарылауымен трикальций фосфатының ерігіштігінің төмендеген экспрессиясын көрсетті (Р-дың тежеуші концентрациясы > 20mM). Миканова және басқалар (23) 50 mM-ге дейінгі концентрацияда тежеуші әсерін байқамағаны туралы айтады. Осылайша, бұл дәлелдер Р-ның болуы бактериялардың кейбір түрлерінде минералды фосфаттардың еруін реттей алатынын және

басқаларында ешқандай әсер етпейтінін көрсетеді. Бұл аспект, әсіресе топырақтың бактериялық изоляттарына қатысты егжей-тегжейлі зерттеуді қажет етеді.

Пайдаланған әдебиеттер:

1. Goldstein AH. Bacterial solubilization of mineral phosphates: Historical perspective and future prospects. *Am J Altern Agric.* 1986;1(2):51–7.
2. Spebbeb JI. The incidence of apatite-solubilizing organisms in the rhizosphere and soil. *Aust J Agric Res.* 1958;9(6):778–81.
3. Katznelson H, Peterson EA, Rouatt JW. Phosphate-Dissolving Microorganisms on Seed and in the Root Zone of Plants. *Can J Bot.* 1962;40(9):1181–6.
4. Raghu K, MacRae IC. Occurrence of Phosphate-dissolving Micro-organisms in the Rhizosphere of Rice Plants and in Submerged Soils. *J Appl Bacteriol.* 1966;29(3):582–6.
5. Tariq MR, Shaheen F, Mustafa S, ALI S, Fatima A, Shafiq M, et al. Phosphate solubilizing microorganisms isolated from medicinal plants improve growth of mint. *PeerJ [Internet].* 2022 Aug 17;10:e13782. Available from: <https://peerj.com/articles/13782>
6. Ngo TN, Hayek N. Necessary conditions of Pareto optimality for multiobjective optimal control problems under constraints. *Optimization.* 2017;66(2):149–77.
7. Illmer P, Schinner F. Solubilization of inorganic phosphates by microorganisms isolated from forest soils. *Soil Biol Biochem.* 1992;24(4):389–95.
8. Liu ST, Lee LY, Tai CY, Hung CH, Chang YS, Wolfram JH, et al. Cloning of an *Erwinia herbicola* gene necessary for gluconic acid production and enhanced mineral phosphate solubilization in *Escherichia coli* HB101: Nucleotide sequence and probable involvement in biosynthesis of the coenzyme pyrroloquinoline quinone. *J Bacteriol.* 1992;174(18):5814–9.
9. Sashidhar B, Podile AR. Mineral phosphate solubilization by rhizosphere bacteria and scope for manipulation of the direct oxidation pathway involving glucose dehydrogenase. *J Appl Microbiol.* 2010;109(1):1–12.
10. Halder AK, Chakrabarty PK. Solubilization of inorganic phosphate by *Rhizobium*. *Folia Microbiol (Praha).* 1993;38(4):325–30.
11. Banik S, Dey BK. Available phosphate content of an alluvial soil as influenced by inoculation of some isolated phosphate-solubilizing micro-organisms. *Plant Soil.* 1982;69(3):353–64.
12. Fenta L, Assefa F. Isolation and characterization of phosphate solubilizing bacteria from tomato (*Solanum l.*) rhizosphere and their effect on growth and phosphorus uptake of the host plant under green house experiment. *Int J Adv Res.* 2017;1–49.
13. McGrath JW, Wisdom GB, McMullan G, Larkin MJ, Quinn JP. The Purification and Properties of Phosphonoacetate Hydrolase, a Novel Carbon-Phosphorus Bond-Cleavage Enzyme from *Pseudomonas Fluorescens* 23F. *Eur J Biochem.* 1995;234(1):225–30.
14. Philosophy DOF. Isolation of Bacteria With Phosphatase Activity for Increasing Yield of Maize. 2013;
15. Xu JG, Johnson RL. Root growth, microbial activity and phosphatase activity in oil-contaminated, remediated and uncontaminated soils planted to barley and field pea. *Plant Soil.* 1995;173(1):3–10.
16. Tarafdar JC, Jungk A. Phosphatase activity in the rhizosphere and its relation to the depletion of soil organic phosphorus. *Biol Fertil Soils.* 1987;3(4):199–204.
17. Sinsabaugh RL, Carreiro MM, Repert DA. Allocation of extracellular enzymatic activity in relation to litter composition, N deposition, and mass loss. *Biogeochemistry.* 2002;60(1):1–24.

18. Abd-Alla MH. Phosphatases and the utilization of organic phosphorus by *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae*. *Lett Appl Microbiol.* 1994;18(5):294–6.
19. Thaller MC, Berlutti F, Schippa S, Iori P, Passariello C, Rossolini GM. Heterogeneous patterns of acid phosphatases containing low-molecular-mass polypeptides in members of the family Enterobacteriaceae. *Int J Syst Bacteriol.* 1995;45(2):255–61.
20. Gugi B, Orange N, Hellio F, Burini JF, Guillou C, Leriche F, et al. Effect of growth temperature on several exported enzyme activities in the psychrotrophic bacterium *Pseudomonas fluorescens*. *J Bacteriol.* 1991;173(12):3814–20.
21. Skraly FA, Cameron DC. Purification and characterization of a *Bacillus licheniformis* phosphatase specific for D- α -glycerophosphate. *Arch Biochem Biophys.* 1998;349(1):27–35.
22. Babu-Khan S, Tiong Chia Yeo, Martin WL, Duron MR, Rogers RD, Goldstein AH. Cloning of a mineral phosphate-solubilizing gene from *Pseudomonas cepacia*. *Appl Environ Microbiol.* 1995;61(3):972–8.
23. Mikanová O, Nováková J. Evaluation of the P-solubilizing activity of soil microorganisms and its sensitivity to soluble phosphate. *Plant, Soil Environ* [Internet]. 2002;48(9):397–400. Available from: <https://doi.org/10.17221/4386-PSE>

УДК 575.852.112

**ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ P19-ПОДОБНЫХ
БЕЛКОВ ЭКСПРЕССИРУЕМЫЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЯМИ СЕМЕЙСТВА
ВИРУСОВ *TOMBUSVIRIDAE***

*Мадиров Алмас Алексеевич, Курентай Ботакөз Амандосқызы, Салтаев
Алишер Курбаналиевич, Акбасова Алуа Жолдасбаевна*

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана,
Казахстан

kamazdoter@mail.ru

Введение. Вирусы, против которых направлен механизм RNAi, в течение эволюции подверглись жесткому естественному отбору, поспособствовавшему появлению и развитию разнообразных механизмов подавления RNAi. Для многих вирусов были выявлены и охарактеризованы различные белки-супрессоры RNAi. Одним из основных механизмов подавления RNAi является процесс связывания белка-супрессора с одним из компонентов RNAi. Например, капсидные белки вирусов рода *Carmovirus* (Alpha-, Beta- и Gamma-) связываются с белком Ago 1 через GW/WG мотив [1]. В результате белок Ago1 теряет возможность образовывать белковый комплекс RISC с кРНК. С Ago2, другим белком семейства Argonaute, связывается белок-супрессор CrPV-1A вируса Cricket paralysis virus, тем самым препятствуя образованию комплекса с RISC [2]. Примером другой стратегии процесса подавления RNAi являются некоторые белки-супрессоры, подобные белку B2 вирусов рода *Alphanodavirus*. Данные белки способны конкурировать с Dicer/Dicer-подобными белками за связывание с дцРНК [3]. Третьей стратегией является взаимодействие с самой кРНК. Такие белки как p21 вируса *Beet yellows virus*, p19 вируса *Carnation Italian ringspot virus*, NS3 вируса *Rice stripe virus* образуют прочный комплекс с кРНК, тем самым блокируя механизм формирования активного RISC [4-6].

P19 – белок подавляющий механизм РНКи кодируется вирусами рода *Tombusvirus* и *Zeavirus*, которые входят в семейство *Tombusviridae*. Данное семейство также включает род *Aureusvirus*, кодирующий гомологичный белок меньшего размера.