

Н.Н. Ахметсадыков<sup>1</sup>, А.К. Калиева<sup>2</sup>, Ж.Б. Сулейменова<sup>1</sup>, Ж.К. Садуева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>«Антиген» ЖШС ғылыми-өндірістік кәсіпорыны, Алматы, Қазақстан;  
<sup>2</sup>Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік мемлекеттік университеті, Қазақстан  
 (E-mail: aigul\_03@mail.ru)

## Фитаза және оның фосфорды қолданудағы рөлі

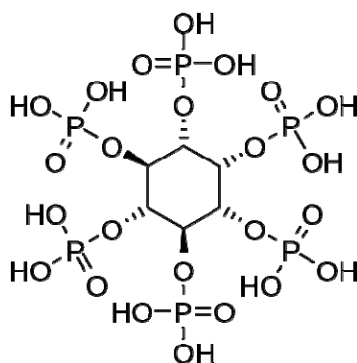
Фитаттар өсімдіктерде фосфор жиналуының негізгі формасы болып табылады. Өсімдіктердің құрамындағы фосфордың 60 %-дан 80 %-ға дейінгі мөлшері фитат күйінде болады. Көбінесе фитаттар өсімдіктерде кальций, магний немесе калиймен кешенді түрде кездеседі, бұл жануарлар мен адамдар үшін осы катиондардың биологиялық қолжетімділігіне әсер етуі мүмкін. Сонымен қатар металдардың жетіспеушілігімен немесе вегетариандар, балалар мен қарт адамдардың сүйектерінде минералдардың жетіспеушілігімен байланысты бұзылуларға әкелуі мүмкін. Фитаттардың бейорганикалық фосфаттарға айналу конверсиясы фитаттарды фитаза деп аталатын фосфатазалы ферментпен өңдеу жолымен жүзеге асырылады. Бұл айналу реакциясының өнімдері мио-инозитолфосфаттар болып табылады. Мақала микроағзалар көмегімен фитин қышқылын ыдырату мәселесіне арналған. Фитаттар мен олардың өнімдерін арнайы сатылы түрде ыдырату үшін фитазаларды синтездеуге қабілетті бактериялар мен зea түрлері қарастырылған.

*Кілт сөздер:* микроағзалар, фитазалар, фитаттар, микробтық биотехнология, бактериялар, саңырауқұлақтар, өсімдіктер, фитатфосфатазды ферменттер, фитин қышқылы, фитазды белсенділік.

Фосфор — тірі жасушаның макроэлементтерінің бірі. Ол жасушада орто- және пирофосфор қышқылы түрінде кездеседі, нуклеин қышқылдарының, макроэргиялық молекулалардың, фосфолипидтердің, коферменттердің, ферменттік ақуыздардың, гормондардың құрамына кіреді. Көптеген ауылшаруашылық алқаптарда топыраққа енгізілетін тыңайтқыштар құрамындағы фосфордың негізгі мөлшері өсімдіктер үшін қолжетімсіз болғандықтан, өсірілетін дақылдарда қолданылмайды. Енгізілген фосфор топырақ компоненттерімен өзара әрекеттесу нәтижесінде органикалық конгломераттарға немесе ерімейтін бейорганикалық минералдарға айналады [1; 47–49]. Органикалық қосылыстардың құрамындағы фосфор топырақтағы фосфордың жалпы мөлшерінің 30 %-дан 50 %-ға дейінгі мөлшерін құрайды және органикалық заттарға бай топырақтарда көп мөлшерде кездеседі [2; 112–118]. Фитин қышқылы және оның тұздары — фитаттар фосфордың негізгі және жиі кездесетін формасы болып табылады [3; 365–368, 4; 433–445]. Топырақ құрамындағы фитаттың мөлшері әр түрлі болады және көп жағдайда топырақтың түріне және фитаттарды қолдану әдістеріне байланысты анықталады [5; 1190–1192].

Фитаттар — бір ғасырдан астам уақыт бұрын анықталған, астық және дәнді дақылдардың ажырамас компоненттері [6; 1–92, 7; 733–754, 8; 129–139]. Олар микроағзалар, өсімдіктер және жануарларда қарқынды түрде қолданылатын фосфоркөзі болып табылады.

Фитин қышқылы — гидроксильді радикалы бойынша фосфор қышқылының алты молекуласының қалдықтарымен байланысқан, алты атомды спирт — инозитолдың арнайы химиялық туындысы (сур. кара).



Сурет. Фитин қышқылы

Фосфор қышқылының қалдықтары химиялық белсенді және кальций, натрий, калий металдарының иондарын байланыстыруға қабілетті болып келеді. Фитин қышқылы аминқышқылдарының қалдықтарымен өзара әрекеттесуі мүмкін. Фитаттар фосфордың көзі ғана емес, сонымен қатар кешенді ерімейтін конгломераттарға айналдыра отырып, микроэлементтердің, ақуыздардың, аминқышқылдарының көп бөлігін байланыстырады [9; 9601–9113, 10; 180–189].

Фитин қышқылы өсімдіктердің пісіп жетілу процесінде олардың дәндерінде крахмал мен липидтер сияқты басқа да қор заттарымен бірге жиналады және негізінен бір немесе екі валентті катиондар түрінде кездеседі. Өсімдіктердің дәндерінде фитин қышқылы түрлі қызметтер атқарады: фосфор, катион және мио-инозитолдың (инозитол-1,4,5 — үш фосфат сияқты түрлі фосфорланған туындылардың бастаушысы) негізгі көзі болып табылады, дәннің өсуінің инициация процесіне қатысады [11; 242–247]. Фитин қышқылының өсімдіктердің дәнінде шоғырлану мөлшері тұқымның түріне байланысты әр түрлі болады. Дәнді дақылдарда, бидай мен күріште фитин қышқылының көп бөлігі тұқымның қорлы қабатында және қауызында болады, ал майлы және дәнді-бұршақты дақылдардың тұқымының барлық жерінде кездеседі. Сонымен қатар фитин қышқылы әр түрлі өсімдіктердің тамырында және түйнегінде, тозаңында, көкөністерді, жемістерде, жаңғақтарда табылған [12; 481–488, 13; 268–276].

Өсімдіктер тұқымының өсу кезеңінде, яғни пісіп жетілген тұқымда, фитазаның белсенділігі өте төмен болған жағдайда, фосфорды алу үшін фитазаны белсендіреді [14; 75–79]. Онымен қоса өсімдік фитазаларына жоғары термоөзгергіштік қасиеті тән. Сондықтан да азық ретінде қолданылатын дәндердің құрамындағы фосфор қосылыстары жануарлар үшін қолжетімсіз болып келеді. Фитазалар шошқалардың, құстардың және басқа да бір камералы асқазандары бар жануарлардың асқазан-ішек жолдарында мүлдем түзілмейді.

Фитазаның төмен белсенділігі немесе мүлдем болмауы жағдайында фитин қышқылы және онымен байланысты пайдалы қоректік заттар асқазан-ішек жолына транзитпен өтеді. Бұл дәнді дақылдардың құрамындағы фосфордың қолжетімділігін жалпы мөлшерінен 15–22 %-ға дейін, ал онымен байланысқан минералды заттардың қолдану дейгейін 8,7–25,8 %-ға дейін төмендетеді [15; 11–16]. Фитин қышқылы жануарлардың асқазан-ішек жолымен өзгеріссіз өте отырып, органикалық тыңайтқыш ретінде топыраққа қосылатын тезекпен шығады. Тыңайтқыштарда сіңірілмеген фосфордың жоғары мөлшері топырақтың ластануымен және жер асты сулары мен су қоймаларында ерімейтін фосфаттардың пайда болуымен байланысты [16; 947–961].

Фитазалар — инозитолдың фосфорланған туындыларын түзе отырып, фитаттарды гидролиздеуші қабілетке ие қышқыл фосфатазалардың тобы. Фитазалардың әсер ету тетігі фосфор қышқылының қалдықтарымен инозитолдың химиялық байланыстарына ферментпен гидролиздеуге негізделген. Нәтижесінде алты атомды спирт пен фосфаттар түзіледі. Фитазалар микроағзалар көмегімен топырақта белсенді секреттеледі және жаңа органикалық қалдықтарды ыдыратуда ғана емес, сонымен қатар топырақтағы органикалық қосылыстардан фосфордың босап шығуында маңызды рөл атқарады.

Әлсіз фитазды белсенділік өсімдіктердің тамырында байқалатынын ескеру қажет. Сондықтан да фермент ризосалада секреттелмейді және өсімдік топырақтағы фитаттардың құрамындағы байланысқан фосфорды өздігінен сіңіре алмайды. Қоршаған ортада бұл қосылыстарды ыдыратуда микроағзалар маңызды рөл атқарады [17; 505–529]. Микроағзалар ішінде жасушадан тыс фитазалардың продуценттері — микромицеттер белсенді болып келеді. Топырақтан бөлініп алынған фитазаларды гидролиздеуші микробтық изоляттардың 2000 сынамасының көпшілігі жасушаішілік фитазаларды продуцирлейді [18; 341–350, 19; 81, 20; 474–480]. Мицелийлі саңырауқұлақтарға жататын 30 изоляттан жасушадан тыс фитазды белсенділік байқалды, оның ішінде 28-і *Aspergillus* туысына, біреуі — *Penicillium* туысына және де тағы біреуі *Mucor* туысына жатады [21; 474–480, 22; 947–961]. Қазіргі кезде фитазалар түрлі таксонға жататын бактериялардан да табылды: *Aerobacter aerogenes* [23; 412–418], *Pseudomonas sp.* [24; 159–169], *Bacillus subtilis* [25; 184–185], *Klebsiella sp.* [26; 98–102], *Escherichia coli* [27; 107–113], *Enterobacter sp.* 4 [28; 449–454], *B. amyloliquefaciens* [29; 53–58], *Saccharomyces cerevisiae* және *Candida tropicalis* ашытқылары т.б. [30; 813–822, 31; 157–169]. Сүт қышқылды бактериялардың көпшілігінде фитазалар кездеспесе де, оның кейбір штамдарының төменфитазды белсенділікке ие екендігі тәжірибе түрінде дәлелденді.

Бактериялы фитазалардың рН көрсеткіш мәні 6,0–8,0 аралығында болса, олардың температуралық оптимумы 45 °С-тан 77 °С аралығында өзгермелі болады [32; 309–333]. рН оптимум мәні 2,2 және 80 °С температурада белсенділігін жоғалтатын *A.niger* штамындағы басқа да фитазадан

айырмашылығы, рН оптимум мәні 5,0–5,5 болатын фитаза термотұрақты емес және жылу денатурациясынан кейінгі рефолдингке қабілетсіз [33; 474–480].

Биотехнологияда арнайы ерекшеліктері бар модифицирленген микробтық фитазаларды алудың түрлі бағыттары қолданылуы мүмкін. Фитазалардың термотұрақтылығын жоғарылату үшін термофильді микроағзаларға скрининг жүргізіледі, сонымен қатар ақуыздардың термотұрақтылығын жоғарылату және олардың субстраттық қасиеттерін өзгерту мақсатына сәйкес гендердің мутагенезі жүргізіледі. *Aspergillus* туысы өкілдерінің саңырауқұлақтық фитазаларының модификациясы үшін ақуыздық инженерия әдісін қолдану термотұрақтылығы жоғары ферменттерді алуға мүмкіндік берді [34; 15–24].

Зерттеушілердің ерекше тәжірибелік қызығушылығы жануарлардың рационына енгізілуі мүмкін өсімдіктердегі микробтық фитазалардың экспрессия мүмкіндігін ұсынады. Микробтық фитазалардың тиімді экспрессиясы жүзеге асырылса да, трансгенді өсімдіктердегі микробтық фитазалардың қасиеттері туралы мәліметтері өте аз. Саңырауқұлақ фитазасының РНУА гені модельді объект ретінде темекі өсімдігінің жапырағында экспрессияланды және *A. ficuum* фитазасы сияқты каталитикалық қасиеттер көрсетті. Азықтық мақсатта қолданылатын ауылшаруашылық өсімдіктердегі фитазалардың экспрессиясы зерттеудің перспективті бағыты ретінде қарастырылады. Өсімдіктердің қоректенуінде микробтық фитазалардың маңызы зор.

Бактериялардан бөлініп алынған фитазаларды ризосфераға енгізу топырақ фитаттарында фосфордың жинақталуын қамтамасыз ететіндігі белгілі болды. Яғни, бұл осы ферменттің өсімдіктің дұрыс дамуына қаншалықты маңызды екендігін көрсетеді [35; 285–293]. Онымен қоса ризосферадағы бактериялы фитазалардың белсенді қызметі хелатты фитаттардың түзілуі мен элиминациясын қамтамасыз етілуімен байланысты. Сол себепті өсімдіктер үшін маңызды металдар мен микро-элементтер жеткіліксіз. Қоректік ортада фитат болғанда *B. amyloliquefaciens* FZB45 ризобактериясының культуралдық сұйықтығында табылған фитаза, фосфаттың жетіспеушілігі кезінде жүгері дәнінің өсуін қамтамасыз ететіндігі анықталған [36; 2097–2109]. Топырақ бактерияларының культуралық сұйықтығын биотыңайтқыш ретінде қолдану минералды-фосфорлы тыңайтқыштарды және алмастыруды қысқартуды қамтамасыз ететін экономикалық, әрі экологиялық тиімді әдіс болуы мүмкін.

Биотехнологияның фитаза ферменті негізіндегі тағы да бір аспект ауылшаруашылық жануарлары мен құстары үшін азық жасаумен байланысты. Жоғарыда айтылғандай, күйіс қайыратын жануарлар қарын микрофлорасында продуцирленетін фитаза ферментінің көмегімен фитаттарды ыдыратады. Фитаттардың гидролизі кезінде босап шығатын фосфор қарын микрофлорасы қызметін атқарады. Шошқа, тауық (сонымен қатар балықтар) сияқты жануарлар асқазан-ішек жолдарында ферменттердің болмауына байланысты фитин қышқылын метаболиздеуге қабілетсіз. Мұндай жануарлардың фосфор қажеттілігін қанағаттандыру мақсатында азығына фосфаттар қосады, ол азықтың бағасын жоғарылатады және қоршаған ортаның фосфатты ластануына әкеліп соқтырады. Жануар азықтарына фитаза ферментін қосу азықтың құрамынан фосфор қосылыстарын тікелей пайдалануына мүмкіндік береді және тезектегі игерілмеген фосфордың мөлшерін қысқартуға әкеледі. Фитаза ферментін продуцирлейтін бактерияларды азықтық қоспалар ретінде қолдану үшін ферменттің қасиеттеріне белгілі талаптар қойылады. Әдетте, тауықтар мен шошқаларға арналған азықтар 90 °С-қа дейінгі температурада түйіршіктелінетін болғандықтан, ферменттер термотұрақты болуы қажет [37; 46–51].

Фитаттардың микробтық ыдырау өнімдері — мио-инозитолфосфаттар адам ағзасында да табылған, онда олар мембраналық тасымалдау, жасушалық бөліну, цитодифференциация және жасушаның өлімі сияқты жасушалық қызметтер қатарына қатысуы мүмкін. Қазіргі кезде мио-инозитолфосфаттарды медицинада дәрілік препараттар ретінде қолдану биотехнологтардың назарын аудартуда. Қант диабетінің асқынуынан қорғауда, созылмалы қабынуларды, жүрек-қан тамыр ауруларын емдеудегі мио-инозитолфосфаттардың әсері анықталды, сонымен қатар айқын ісікке қарсы қасиеттері анықталды [38; 343–354]. Осыған байланысты, бұл қосылыстарды өндірістік масштабта алу мәселесі туындайды. Мио-инозитолфосфаттардың жекелеген изомерлерін ферментативті емес жолмен алу рентабельді емес, жоғары экономикалық шығынмен және зиянды өнімдердің токсинділігімен байланысты. Микробтық фитазалардың көмегімен изомерді алу жаңа биотехнологиялық әдіс болып табылады.

Қоршаған ортаның экологиялық жағдайы, барлық тірі ағзалардың тұрақты фосфаттарға қажеттілігі, фосфор қосылыстарының жетіспеушілігі фитатты қолдану жолдарын іздеудің өзектілігін

көрсетеді. Бұл фитаза ферментін түзетін жаңа микроағзалар — продуценттерін бөліп алу, каталитикалық белсенділігі жоғары ферменттерді синтездейтін модифицирленген штамдарды алу қажеттілігімен байланысты. Фитазаның табиғи және модифицирленген штамм-продуценттері ауылшаруашылығындағы, биоинженериядағы, фармакология мен медицинадағы инновациялық биотехнология үшін негіз болып табылады. Бұл технологиялар қолжетімді және экологиялық таза биотыңайтқыштар, азықтық қоспалар, алдын алу және емдік медициналық препараттар жасауды қамтамасыз етуі қажет.

Сонымен, фитазалар кейбір топырақ микроағзаларынан бөлініп алынып сипатталғанымен, олардың ерекшеліктері толығымен зерттелген жоқ. Ауылшаруашылығында қолдануға максималды түрде сай келетін фитазалар әлі күнге дейін табылмады.

### Әдебиеттер тізімі

- 1 P. Vadas, J.T. (2014). SimsSoil. Fertility: Phosphorus in Soils. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*.
- 2 Franzluebbers, A.J. (2005). Organic residues, decomposition. *Encyclopedia of Soils in the Environment*.
- 3 Sandberg, A.-S., & Scheers, N. (2016). Phytic Acid: Properties, Uses, and Determination. *Encyclopedia of Food and Health*.
- 4 George, T.S., Richardson, A.E., Li, S.S., Gregory, P.J., & Daniell, T.J. (2009). Extracellular release of a heterologous phytase from roots of transgenic plants: does manipulation of rhizosphere biochemistry impact microbial community structure. *FEMS Microbiol. Ecol.*, 70.
- 5 Posternak, M.S. (1903). Sur un nouveau principe phosphor-or-ganique d'origine vegetale, la phytine. *Comptes Rendus des Sances de la Societe de Biologie et de Ses Filiales*.
- 6 Reddy, N.R., & Salunkhe, D.K. (1982). Phytates in Legumes and Cereals. *Advances in Food Research*, 28.
- 7 Harland, B.F., & Morris E.R. (1995). Phytate: A good or a bad food component? *Nutrition Research*, 15, 5.
- 8 Skoglund, E., Carlsson, N.-G., & Sandberg, A.-S. (2009). *Phytate in healthgrain Methods*. Chapter 11.
- 9 Noureddini, H., & Dang, J. (2010). An integrated approach to the degradation of phytates in the corn wet milling process. *Bioresource Technology*, 101, 23.
- 10 Cowieson, A.J., Ruckebusch, J.P., Knap, I., Guggenbuhl, P., & Fru-Nji, F. (2016). Phytate-free nutrition: A new paradigm in monogastric animal production. *Animal Feed Science and Technology*, 222.
- 11 Mohannad Nassar, Noriko Hiraishi, & Yukihiko Tamura (2015). Phytic Acid: An Alternative Root Canal Chelating Agent. *Journal of Endodontics*, 41, 2.
- 12 Anjani, M. Karunaratne, Amerasinghe, P.H., Sadagopa, V.M., & Ramanujam, H.H. (2008). Sandstead Zinc, iron and phytic acid levels of some popular foods consumed by rural children in Sri Lanka. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21, 6.
- 13 Sapirstein, H.D. (2016). Bioactive Compounds in Wheat Bran. *Encyclopedia of Food Grains (Second Edition)*.
- 14 Azeke, M.A., Elsanhoty, R.M., Egielewa, S.J., & Eigbogbo, M.U. (2011). The effect of germination on the phytase activity, phytate and total phosphorus contents of some Nigerian grown grain legumes. *J. Sci. Food Agric.*, 15, 91(1).
- 15 Podobed, L.I., & Parkhomenko, A.A. (2007). The practical application of phytase as a factor in increasing the nutrition of rations and saving energy space in their composition. *Enzymology*. (Vols. 1–4. Vol. 4.).
- 16 Harland, B.F. (1999). Food phytate and its hydrolysis products. *Nutrition Research*, 19, 6.
- 17 Lei, X.G., Porres, J.M., Mullaney, E.J., Pedersen, H.B., Polaina, J., & Maccabe, A.P. (2007). Phytase: source, structure and application. *Industrial Enzymes*.
- 18 Yin, Q.Q., Zheng, Q.H., & Kang, X.T. (2007). Biochemical characteristics of phytases from fungi and the transformed microorganism. *Animal Feed Science and Technology*, 132, 3–4.
- 19 Gamze Sevrî Ekren & Kubilay Metin (2013). Production, purification and characterization of phytase from phytase producing fungus. *Current Opinion in Biotechnology*.
- 20 Selle, P.H., & Ravindran V. (2007). Microbial phytase in poultry nutrition. *Animal Feed Science and Technology*, 135, 1–2.
- 21 Guimarrès, L.H.S., Peixoto Nogueira, S.C., Michelin, M., Rizzatti, A.C.S., Sandrim, V.C., Zanoelo, F.F., Aquino, A.C., Junior, A.B., & Polizeli, M. (2006). Screening of filamentous fungi for production of enzymes of biotechnological interest. *Brazil. J. Microbiology*, 37.
- 22 Boyce, G. Walsh (1999). Food phytate and its hydrolysis products. *Nutrition Research*, 19, 6.
- 23 Greaves, M.P., Anderson, G., & Webley, D.M. (2016). The hydrolysis of inositol phosphates by *Aerobacteraerogenes*. *Biochim. Biophys. Acta*, 15, 132.
- 24 Jinender Jain, Sapna, & Bijender Singh (2016). Characteristics and biotechnological applications of bacterial phytases. *Process Biochemistry*, 51, 2.
- 25 Powar, V.K., & Jagannathan, V. (1967). Phytase from *Bacillus subtilis*. *Indian J. Biochem.*, 4, 3.
- 26 Shah, V., & Parekh, L.J. (1990). Phytase from *Klebsiella* sp. no. PG\_2: purification and properties. *Indian J. Biochem. Biophys.*, 27, 2.
- 27 Greiner, R., Konietzny, U., & Jany, K.D. (1993). Purification and characterization of two phytases from *Escherichia coli*. *Arch. Biochem. Biophys.*, 15, 303.

- 28 Yoona, S.J., Choia, Y.J., Mina, H.K., Choa, K.K., Kimb, J.W., & Leeb, S.C., et al. (1996). Isolation and identification of phytase-producing bacterium, *Enterobacter* sp. 4, and enzymatic properties of phytase enzyme. *Enz. Microb. Technology*, 18, 6.
- 29 Anukriti Verma, Vinay Kumar Singh, & Smriti Gaur (2016). Computational based functional analysis of *Bacillus* phytases. *Computational Biology and Chemistry*, 60.
- 30 Simon, O., & Igbasan, F. (2002). In vitro properties of phytases from various microbial origins. *Int. J. Food Sci. and Technol.*, 37.
- 31 Andlid, T.A., Veide, J., & Sandberg, A.S. (2004). Metabolism of extracellular inositol hexaphosphate (phytate) by *Saccharomyces cerevisiae*. *Int. J. Food Microbiol.*, 97, 2.
- 32 Ushasree, M.V., Vidya, J., & Pandey, A. (2017). 14 — *Other Enzymes: Phytases in Current Developments in Biotechnology and Bioengineering*.
- 33 Junior, A.B., & Polizeli, M. (2006). Screening of filamentous fungi for production of enzymes of biotechnological interest. *Brazil. J. Microbiology*, 37.
- 34 Jermutus, L., Tessier, M., Pasamontes, L., van Loon, A.P., & Lehmann, M. (2001). Structure\_based chimeric enzymes as an alternative to direct enzyme evolution: phytase as a test case. *J. Biotechnology*, 85.
- 35 Yadav, B.K., & Tarafdar, J.C. (2004). Phytase activity in the rhizosphere of crops, trees and grasses under arid environment. *Journal of Arid Environments*, 58, 3.
- 36 Idriss, E.E., Makarewicz, O., Farouk, A., Rosner, K., Greiner, R., & Bochow, H., et al. (2002). Extracellular phytase activity of *Bacillus amyloliquefaciens* FZB45 contributes to its plant growth promoting effect. *Microbiology (UK)*, 148.
- 37 Chu, G.M., Komori, M., Hattori, R., & Matsui, T. (2009). Dietary phytase increases the true absorption and endogenous fecal excretion of zinc in growing pigs given a corn soy bean meal based diet. *Anim. Sci. J.*, 80, 1.

Н.Н. Ахметсадыков, А.К. Калиева, Ж.Б. Сулейменова, Ж.К. Садуева

### Фитаза и ее роль в использовании фосфора

Фитаты у растений являются основной формой накопления фосфора, от 60 до 80 % всего фосфора в растениях находится в форме фитатов. Отмечено, что часто фитаты находятся в растениях в форме комплексов с кальцием, магнием или калием, что способно повлиять на биологическую доступность этих катионов для животных и человека. Это может привести к нарушениям, связанным с дефицитом металлов, или неадекватной минерализации костей, особенно у вегетарианцев, детей и пожилых людей. Определено, что конверсию превращения фитата в неорганический фосфат осуществляют путем обработки фитата фосфатазным ферментом, называемым фитазой. Продуктами реакций этого превращения являются мио-инозитолфосфаты. Авторами сделан обзор, посвященный проблеме разложения производных фитиновой кислоты микроорганизмами. Рассмотрены виды бактерий и грибов, способных синтезировать фитазы для поэтапного специфического расщепления фитатов и их производных.

*Ключевые слова:* микроорганизмы, фитазы, фитаты, микробная биотехнология, бактерии, грибы, растения, фитатафосфатазные ферменты, фитиновая кислота, фитазная активность.

N.N. Akhmetsadykov, A.K. Kaliyeva, Zh.B. Suleimenova, Zh.K. Saduyeva

### Phytase and its role in the use of phosphorus

Phytates in plants are the major storage form of phosphorus accumulation. Between 60–80 % of the total phosphorus in plants is in the form of phytate. Phytates are often found in plants in the form of complexes with calcium, magnesium or potassium, which can affect the bioavailability of these cations for animals and humans. This can lead to violations associated with a deficiency of metals or inadequate mineralization of bones, especially in the case of vegetarians, children and the elderly. Phytase is an enzyme that specifically acts on phytate, breaking it down to release phosphorus in a form available to the animal. The products of the reactions of this transformation are myo-inositol phosphates. This review is devoted to the problem of the enzymatic degradation of phytic acid. Phytate-degrading ability of fungi and bacteria identified as phytase producers are considered in this study.

*Keywords:* microorganisms, phytases, phytates, microbial biotechnology, microbial biotechnology, fungi, plants, phytate phosphatase enzymes, phytic acid, phytase activity.