

Л.Н. Гумилев атындағы  
Еуразия ұлттық университетінің

# ХАБАРШЫ

ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ



НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

# ВЕСТНИК

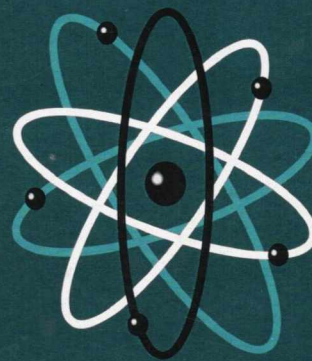
Евразийского национального  
университета имени Л.Н. Гумилева

SCIENTIFIC JOURNAL

# HERALD

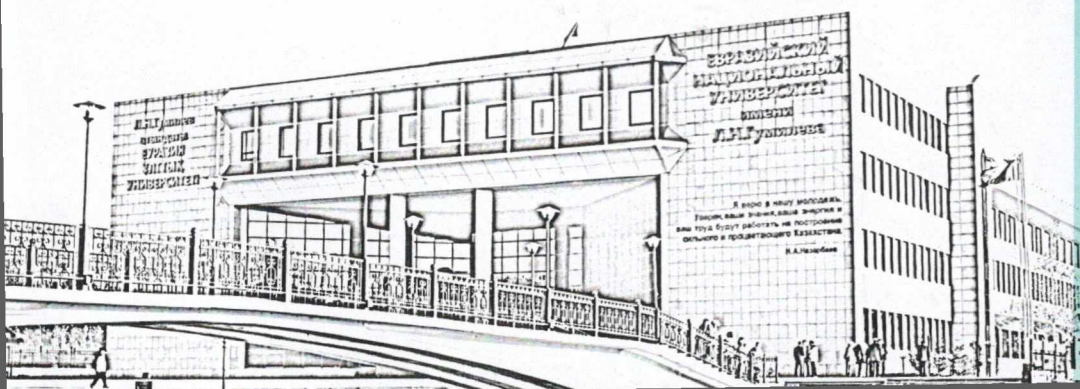
L.N. Gumilyov Eurasian  
national University

ISSN 1028-9364



№ 4 (107) 2015

- 1995 жылдан шыға бастады ■
- Основан в 1995 г. ■
- Since 1995 ■



II  
БӨЛІМ

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ  
ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ  
УНИВЕРСИТЕТІ



ЕВРАЗИЙСКИЙ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ИМ. Л.Н. ГУМИЛЕВА

L.N. GUMILYOV EURASIAN  
NATIONAL UNIVERSITY

## ХАБАРШЫ

1995 жылдың қаңтарынан жылына 6 рет шығады

II бөлім

№ 4 (107) · 2015

## ВЕСТНИК

выходит 6 раз в год с января 1995 г.

II часть

## HERALD

Since 1995

II part

Астана



Жаратылыстану және техникалық  
ғылымдар сериясы

Жылына 3 рет шығады

Серия естественно-технических наук

Выходит 3 раза в год

Natural and technical Series

Published 3 times a year

Бас редактор: **Е.Б. Сыдықов**

*ҚР ҰҒА академигі, тарих ғылымдарының докторы, профессор*

Редакция **А.А. Талтенов**(жауапты редактор)

алқасы:

*химия ғылымдарының  
докторы, профессор, Қазақстан*

**Р.І. Берсімбай**

*ҚР ҰҒА академигі,  
биология ғылымдарының  
докторы, профессор, Қазақстан*

**Н.Т. Темірғалиев**

*физика-математика ғылымдарының  
докторы, профессор, Қазақстан*

**Л.К. Құсайынова**

*физика-математика ғылымдарының  
докторы, профессор, Қазақстан*

**Н.Ә. Боқаев**

*физика-математика ғылымдарының  
докторы, профессор, Қазақстан*

**Н.Ж. Джайчибеков**

*физика-математика ғылымдарының  
докторы, профессор, Қазақстан*

**А.А. Адамов**

*техника ғылымдарының  
докторы, профессор, Қазақстан*

**Қ.А. Кутербеков**

*физика-математика ғылымдарының  
докторы, профессор, Қазақстан*

**Р.М. Мырзакулов**

*физика-математика ғылымдарының  
докторы, профессор, Қазақстан*

**А.Т. Ақылбеков**

*физика-математика ғылымдарының  
докторы, профессор, Қазақстан*

**И.С. Іргебаева**

*химия ғылымдарының  
докторы, профессор, Қазақстан*

**К.М. Джаналеева**

*география ғылымдарының  
докторы, профессор, Қазақстан*

**Т.М. Байтасов**

*техника ғылымдарының  
докторы, профессор, Қазақстан*

**Н.Л. Шапекова**

*медицина ғылымдарының  
докторы, профессор, Қазақстан*

**С.А. Абиев**

*биология ғылымдарының  
докторы, профессор, Қазақстан*

**М.Р. Хантурин**

*биология ғылымдарының  
докторы, профессор, Қазақстан*

**М.Ә. Бейсенби**

*техника ғылымдарының  
докторы, профессор, Қазақстан*

Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің типографиясы

<b>Боксал А., Аубакирова Б.Н., Бейсенова Р.Р., Хантурин М.Р.</b> Изучение токсичности ацетаминофен к дождевым червям <i>eisneia fetida</i> .....	156
<b>Ешимова С.А., Тулегенова Ж.С., Кенжебаева Н.Б., Динмухамедова А.С., Замаш Г.</b> Зэр шығару жүйесінде инфекциясы бар науқастардан бөлініп алынған <i>escherichia coli</i> штамдарының антибиотикке сезімталдығы .....	164
<b>Ешимова С.А., Тулегенова Ж.С., Кенжебаева Н.Б., Динмухамедова А.С., Замаш Г.</b> Зэр шығару жолдары инфекция қоздырғыштарының этиологиялық құрылымы .....	169
<b>Жакупова Г.Н., Ермекбаева А.Т.</b> О рациональном использовании сыворотки в пищевой промышленности .....	176
<b>Жумагулова М.Б., Масалимов Ж.К., Оразбаева Р.С., Бектурова А.Ж.</b> Ауыр металдардың мұнай деструкторы - рекомбинанттыштаммы E-coli XL blue Rec TF жасушасының оксиданттық және антиоксиданттық қорғаныш жүйесіне әсері .....	182
<b>Калиева А.Б., Оспанова А.К., Шарипова А.К., Секенов И.Е.</b> Экологические особенности слепней в Павлодарском Прииртышье .....	187
<b>Кенжебаева З.Б., Оразбаева Р.С., Масалимов Ж.К., Бектурова А.Ж.</b> <i>Micrococcus luteus</i> Sint. M1, <i>Microsoccasaeae-Pediococcus</i> Sint. M2 штамдарының синтетикалық беттік-белсенді заттарды деструкциялау қабілетін бағалау .....	191
<b>Кравченко А.П., Булгакова О.В., Версимбаев Р.И.</b> Роль модельных растений <i>Arabidopsis thaliana</i> и <i>Brachypodium distachyon</i> в современной биологии растений .....	199
<b>Қорғанбаева З.С., Әлімова Т.А., Айдарбекова А.С.</b> Қорғасын ацетаттың әсерінен қан жасушаларында «гиперпероксидациялық» синдромының пайда болу механизмін зерттеу .....	205
<b>Қорғанбаева З.С., Әлімова Т.А.</b> Қорғасын ацетатымен ұйттану кезінде мия тамырынан алынған фитопрепараттардың протекторлық тиімділігін зерттеу .....	210
<b>Мырзабаева М.Т., Айтанова З.Е., Жұмахан Т.</b> Тұзды стресс жағдайында азот және молибденнің өсімдік физиологиясына әсерін зерттеу .....	215
<b>Омаров Р.Т., Нұрбекова Ж.А., Бейсекова М.К., Ергалиев Т.М., Сутула М.Ю., Тлеукулова Ж.Б., Байказакова Ж.К.</b> Өсімдіктердегі тотығу стресі ферменттері және олардың өсімдіктердегі рөлі .....	221
<b>Омаров Р.Т., Бейсекова М.К., Нұрбекова Ж.А.</b> Tsvv вирусына <i>nicotiana benthamiana</i> және <i>cowpea</i> ( <i>vigna unguiculata</i> ) өсімдіктерінің қорғаныс механизмдерінің ерекшеліктері .....	227
<b>Оспанова А.К., Калиева А.Б., Ануарова Л.Е., Шарипова А.К., Секенов И.Е.</b> Красноармейка ауылында өсетін дәнді-дақылдардың ауру қоздырғыш тат саңырауқұлақтары .....	230
<b>Оспанова А.К., Калиева А.Б., Шарипова А.К., Секенов И.Е.</b> Павлодар қаласының көшелерінде отырғызылған далалық шырмауықтың ( <i>Convolvulus arvensis</i> L.) ауруын тудыратын ақұнтақ саңырауқұлақтары .....	233
<b>Парманбекова М.Х., Койбасова Л.У., Кырбасова Э.А.</b> Всасывательная функция тонкого кишечника жвачных животных при действии бихромата калия .....	236
<b>Паршина Г.Н., Г.Н. Мукиянова Г.Н., Каусбекова А.Ж.</b> Экологические особенности растительного покрова осушенного дна залива Шевченко (малое аральское море) .....	240
<b>Сутула М.Ю., Акбасова А.Ж., Жангазин С.Б., Нурбекова Ж.А., Бари А.А., Тлеукулова Ж.Б., Бейсекова М.К., Ергалиев Т.М., Мукиянова Г.С., Омаров Р.Т.</b> Условия формирования комплексов P19/siRNA .....	247
<b>Турганбаева А.К., Какимжанова А.А., Хапилина О.Н., Шек Г.О., Райзер О.Б., Ергалиева А.Ж., Жаныбекова Ж.Т.</b> Оценка линий регенерантов пшеницы на устойчивость к засухе .....	253
<b>Шаймарданова Б.Х., Корогод Н.П., Барановская Н.В., Беляновская А.И., Абикеева Ж.Е., Асылбекова Г.Е.</b> Анализ содержания цинка в золе листьев <i>populus nigra</i> на территории павлодарской области (Республика Казахстан) .....	260
<b>Шалабаева А.М., Ещжанов Т.Е., Жамалиева С.А.</b> Ірі қара малдағы лейкоциттер адгезиясының жетіспеушілігіне жауапты генді анықтауға бағытталған праймерлерді құрастыру .....	266
<b>ХИМИЯ</b> .....	<b>ХИМИЯ</b>
<b>Дуйсембиев М.Ж.</b> Тетрагидрофурфурил спиртінің каталитикалық синтезделуі .....	270
<b>Еркасов Р.Ш., Оразбаева Р.С., Кусепова Л.А., Масакбаева С.Р.</b> Строение координационных соединений хлорида марганца с протонированным карбамидом .....	273



12 Kalekenuly J. Osimdikter fiziologiyasy. - Almaty. -2004 Zhyl. -384bet

13 Stitt M. Nitrate regulation of metabolism and growth. // Curr Opin Plant Biol. №2, 1999. P. 178-186.

14 Omarov R.T., Moshe Sagi and S. Herman Lips. Journal of Experimental Botany, // Regulation of aldehyde oxidase and nitrate reductase in roots of barley (*Hordeum vulgare* L.) by nitrogen source and salinity // Vol. 49, No. 322, 1998. -P. 897-902.

15 Zitte P., Weiler E.V., Kaderayt J.W., Brezinski A., Kerner K., "Botanica", Tom 2, Pod redakciei V.V.Chuba. Moscva: "Academiya2008 zhyl. -55 Bet.

**Мырзабаева М.Т., Айтанова З.Е., Жумахан Т.**

**Изучение влияния азота и молибдена на физиологию растений в условиях солевого стресса**

Засоление почвы является серьезной проблемой для сельского хозяйства. Для многих растений повышения концентраций соли в почве - стресс фактор. В данной статье рассматривается проблема засоления орошаемых земель. Особое внимание уделено способам борьбы с данной проблемой и развитию резистентности к стрессору в растениях с целью избежания утери. Резистентные к соли растения могут расти даже если концентрация соли в почве повышенная. Микроэлементы способствуют адаптации к стрессовым факторам окружающей среды, поэтому изучение их биологической значимости очень важно для развития резистентности к стрессорам.

**Ключевые слова:** альдегид оксидаза, галофиты, молибдоферменты, нитратредуктаза, солевой стресс

**Myrzabaeva M.T., Aitanova Z.E., Zhumahan T.**

**The study of the influence of nitrogen and molybdenum on the physiology of plants under salt stress**

Soil salinity is a serious problem for agriculture. For many plants increasing salt concentrations in the soil - stress factor. This article deals with the problem of salinization of irrigated land. Particular attention is paid to the methods of combating the problem and the development of resistance to the stressor in plants in order to avoid loss. Salt-resistant plants can grow even if the concentration of salts in the soil increased. Trace elements contribute to adaptation to stressful environmental factors, so the study of their biological significance is very important for the development of resistance to stressors.

**Key words:** aldehyde oxidase, halophytes, molybdo enzymes, nitrate reductase, salt stress

Поступила в редакцию 14.05.2015.

ӘОЖ 577.151.01

Омаров Р.Т., Нұрбекова Ж.А., Бейсекова М.К., Ергалиев Т.М., Сутула М.Ю.,  
Тлеукулова Ж.Б., Байказаква Ж.К.

**Өсімдіктердегі тотығу стресі ферменттері және олардың өсімдіктердегі рөлі**

(Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан)

Мақалада өсімдіктердегі тотығу стресі ферменттері және олардың өсімдіктердегі маңызы қарастырылған.

**Түйінді сөздер:** Альдегидоксидаза, каталаза, нитратредуктаза, ксантиндегидрогеназа, сульфидоксидаза.

Қазіргі таңда 50-ден аса молибдоферменттер анықталған және олардың саны күннен-күнге өсуде. Бұл ферменттердің қатарына ағзадағы метоболиттерді өзгертетін, басты биохимиялық реакцияларды катализдейтін гидроксилазалар, оксиредуктазалар және дегидрогеназалар кіреді. Өсімдіктерде молибдоферменттер азот ассимиляциясында (нитратредуктаза және нитрогеназа), альдегид және сульфиттер (альдегидоксидаза және сульфитоксидаза) тотығуында, пуриндер және басқа N-гетероциклді қосылыстардың (ксантиндегидрогеназа және басқалары) метоболизмінже басты рөл атқарады [1]. Көптеген молибдоферменттердің шығу тегі бактериальды болып келеді, тек қана олардың шектеулі саны эукариоттарда кездеседі және олар онда ксантиндегидрогеназа, альдегидоксидаза және никотингидроксилазаны біріктіретін ксантиноксидаз туысы; сульфитоксидаз және нитратредуктазды біріктіретін сульфитоксидаз туысы болып екі туысқа бөлінеді. Нитрогеназадан басқа барлық молибдоферменттердің құрамында молибденді кофактор (МоСо) бар және олардың туыстыққа бөліну негізінде белсенді сайттағы молибденнің химиялық байланыстарының координациясы, яғни молибденді кофактордың құрылымы жатыр [2]. Жоғарыда атап өткен ферменттердің ішінде өсімдіктер үшін құрамында молибдені бар аса маңызды төрт ферментке-нитратредуктаза, ксантиндегидрогеназа, альдегидоксидаза және сульфитоксидазаға тоқталып кетейік.



Альдегидоксидаза (АО) және ксантинооксидаза (КО) құрылысы және каталирикалық қасиеттері ұқсас күрделі молибдофлавопротеиндер, бірақ субстрат пен ингибиторге арнайылығы жағынан бір-бірінен өзгеше. Ксантиндегидрогеназа (КДГ) функциясы өзгеше КО-ның түрі болып табылады. Олар бір ген арқылы кодталады. КДГ каталирикалық реакция кезінде электрон акцепторы ретінде тотыққан НАД<sup>+</sup>-пен әрекеттеседі, ал КО мен АО ол үшін молекулалық оттегіні пайдаланады. Сүтқоректілерде КДГ-ның *in vivo* жағдайында ферменттің негізгі түрі болып табылады. Бірақ, *in vitro* жағдайында тазалау кезінде сульфгидрил топтарының тотығуы немесе протеолиздің нәтижесінде оп-оңай КО түріне айналып кетеді.

АО мен КО полипептид тізбегінің көп бөлігі ұқсас (идентикалы), сондықтан оларды мультигенді туыстықтың мүшелері деп есептейді – олардың шығу тегі салыстырмалы түрде жақында орын алған өзара көшірмелік оқиға. Бірақ, осы күнге дейінгі белгілі дәлелдер цитохром Р450 супертуыстығына «молибденді гидроксилазалардың» туыстығына бірнеше ғана мүшелері кіреді. Дегенмен, осы ферменттермен (әсіресе АО-мен) әрекеттесетін дәрілердің, ксенобиотиктердің және эндогенді ХЗ-дың қатары өте ұзын болғандықтан, олардың дәрілерді тотықтыру, залалсыздандыру және активациялаудағы маңызы өте зор.

Ферменттің құрылысы. АО мен КО әдеттегіден өзгеше арнайылықтың кеңдігін және түйіндесетінін (*overlapping*), яғни байланыстыратын бөлігінің икемділігін және жетімді (доступный) екенін көрсетеді. Ферменттің екеуі де әр суббірлігінде молибдокофактор, ФАД және әртүрлі екі 2Fe-2S кластерлер болатын гомодимер болып табылады. Олардың белоктарының құрылымы туралы ерекше мәліметтер *Desulphovibrio gigas*-тың альдегидоксидоредуктазасының кристалды құрылысын зерттеудің нәтижесінде алынды. Кристалды құрылысты зерттеу бұл ферменттің құрамында монодроль молибден (Mo) молибдокофактордың *cis*-дители арқылы ферментпен координацияланатын болатынын көрсетті. Соныменқатар, АО мен КО-ның молекуласында молибден сульфидо-және оксолигандтармен де координацияланады (сурет 3).

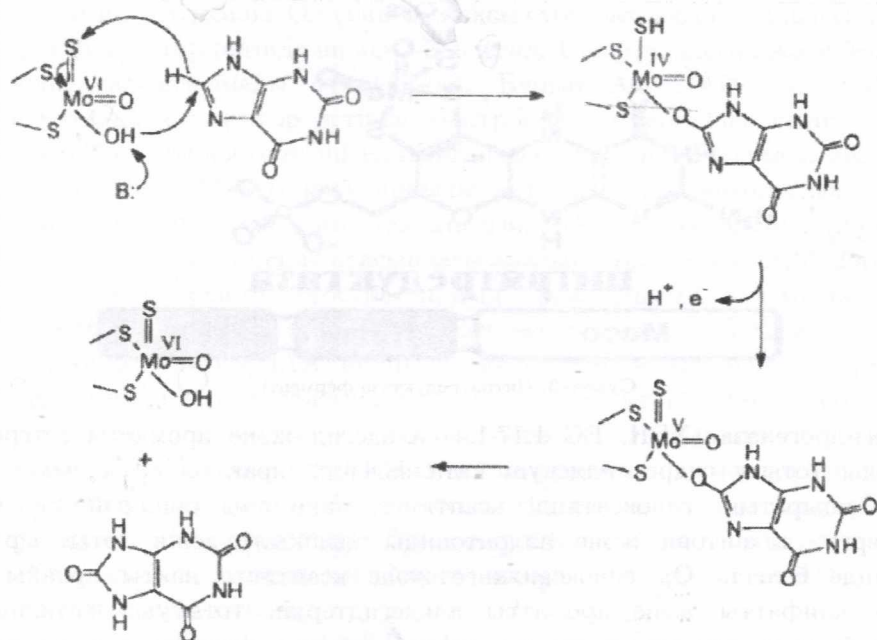
Реакциялық механизмдері. Жалпы реакция механизмін тотықсыздану және тотығу жарты-реакцияларының түйіндестігі деп қарастыруға болады, себебі – әртүрлі электроактивті субстраттар тотығуға немесе тотықсыздануға ұшырауы мүмкін. Одан ары, 2-пиримидино секілді тотықсыздандырғыш субстраттардың тотығуы анаэробты жағдайларда көптеген тотықсыздандыру реакцияларын тотықсыздандыру эквиваленттерімен қамтамасыз етеді (төменде қара). Тотықсыздандырғыш субстраттар молибденді орталықта екі-электронды редокс реакциялары арқылы әрекеттеседі – ол кезде молибден Mo(VI)-тен Mo(IV)-ке дейін тотықсызданады. Өте жақында ұсынылған механизм бойынша ХО-ның тотықсыздану жарты-реакциясы сурет 3-те көрсетілген. Сілтінің көмегімен электрон жетіспейтін көміртегіде Mo-OH арқылы жүретін гидроксилдеу молибденнің сульфидо лигандысына гидридті тасымалдауды алдын алады. Өнімнің құрамына енетін оттегі атомының негізгі көзі су болғанымен, катализдің тұрақсыз бөлігі Mo-OH деп болжанады. Барлық жағдайларда ерітіндімен реакция арқылы ферменттің айналуы активті ферментті түзеді.

### Молибденді гидроксилазалар



Тотыға гидроксилдеу

Сурет1. Молибденді гидроксилазалар – АО мен ХО катализдейтін тотыға гидроксилдеу



Сурет2. Сілті көмегімен нуклеофилді шабуыл арқылы XO катализдейтін ксантиннің несеп қышқылына дейін тотығу реакциясының механизмі

Нитратредуктаза (NR, EC 1.7.1.1) - танымал, басты молибдоферменттердің бірі. Ол әрбір суббірлігі FAD, цитохром b557 және Мосо кофакторларымен ковалентті байланысқан үш доменнен тұратын гомодимерлі фермент болып табылады [3]. Оның белсенділігі өсімдіктің бейорганикалық азотты сіңіру жылдамдығын анықтайды және барлық азотты метаболизмге айтарлықтай әсерін тигізеді, себебі нитратредуктаза цитозолдағы нитраттарды нитритке айналдыра отырып, нитраттардың сіңірілуінің бірінші кезеңін катализдейді. XDH, AO және SO катализдейтін реакциялардан нитрат редукция процесінің ерекшелігі NADH немесе NADPH-тен шығатын электрондарды өндірмейді, керісінше пайдаланады [3].

NR субстратиндуцибельді фермент болып табылады. Нитрат болмаған жағдайда оның белсенділігі өте төмен стационарлы деңгейде сақталады. NR белсенділігі сонымен қатар, жарық және гормоналды табиғат сигналдарымен, ең алдымен цитокининдермен индуцирленеді. Әртүрлі өсімдік түрлерінде NR белсенділігі тамырда және жоғары бөлікте қатты өзгеріп тұрады. Сонымен, дәнді өсімдіктерде нитраттың ? бөлігі өсімдіктің жоғарғы мүшелерінде ассимиляцияланса, тек қана ? бөлігі тамырда қалпына келеді [4]. Сыртқа органың кез-келген өзгерісі NR көрсеткішіне әсерін тигізеді. Көбінесе ол оның шектен тыс лабильділігімен анықталынады. Көбінесе NR белсенділігі экстремальды температура, қатты су жетіспеушілігінде, тұздандуда және басқа да антропогенді факторларда өте қатты төмендейді. Әртүрлі зақымдаушы жағдайларда NR белсенділігінің төмендеуі өсімдіктің энергетикалық және құрылымдық ресурстарды үнемдеуге, сонымен қатар «аммиактық уланудың» алдын-алуға бағытталған бейімделу реакциясы болып табылады. Қазіргі таңда стресстік жағдайда бейорганикалық азоттың ассимиляциялану процесінің «сөндірілу» механизмі толықтай зерттелген жоқ [5]. Стресстік жағдайларда NR гендерінің экспрессиясының реттелу механизмі аз зерттелген. Сондықтан қазіргі таңда стресстік жағдайларда NR гендерінің экспрессиясының реттелу механизмдері туралы сұрақ айтарлықтай деңгейде әлі де зерттелмеген [6-7].

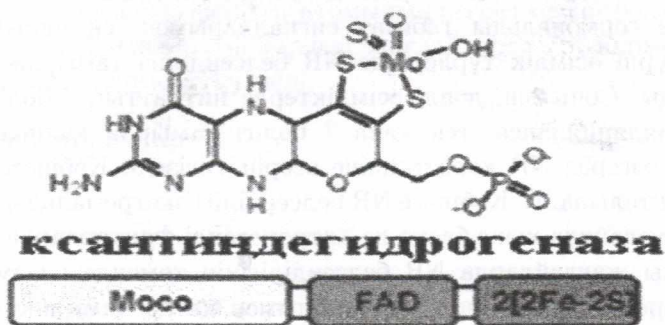




Сурет-3. Нитратредуктаза ферменті

Ксантиндегидрогеназа (XDH, EC 1.17.1.4) альдегид және ароматты гетероциклдердің кең диапазонды тотығу гидроксилденуін катализдейді, бірақ ол ең алдымен пуриндерді деградацияға ұшыратын, гипоксантинді ксантинге және оны әріқарай зәр қышқылына және уреидтерге (аллантоин және аллантаинды қышқыл) дейін тотықтыратын басты фермент ретінде белгілі. Ол гипоксантинге және ксантинге нақты арнайы емес және отызға жуық алифатты және ароматты альдегидтердің тотығуын катализдей алады. Бұл фермент бұршақ өсімдіктерімен атмосферлі азотты фиксациялау кезінде түзілетін пуриндердің катаболизміне (NAD<sup>+</sup>-тан NADH-тың түзілуі) қатысады. Дегенмен, XDH бұршақ өсімдіктерінің жапырақтарында ғана емес, сонымен қатар бұршақ өсімдіктерінің барлық мүшелерінде синтезделеді, осыған байланысты оның басты биологиялық рөлі әлі толықтай анықталған жоқ. XDH-тің өсімдік жасушасындағы субжасушалық локализациясы әлі де пікірталас объектісі болып табылады. [7-8] Бір дерекке сүйенсек XDH пероксисомада, басқа дерекке сүйенсек-цитозолда, ал үшінші дерек бойынша цитозолда да, пероксисомада да локализденеді. XDH екі бірдей бірліктеерден тұратын гомодимерлі құрылымға ие болыптабылады. Дегенмен, фермент мономерлерге бөлінген кезде әрбір бөлік каталитикалық белсенділікке ие екендігі анықталған. XDH молибденді кофакторы FAD-пен екі s-байланыспен, 7 жағдайындағы протонирленген екі 6 орнын басқан перинмен және бір цистеинмен байланысқан.

Қазіргі таңда XDH пуриндерді ыдырататын фермент ретінде ғана емес, сонымен қатар оттегінің белсенді формаларының метоболизмінде қосымша физиологиялық қызметтер атқаратын фермент ретінде де қарастырылады. Сонымен, XDH белсенділігі және оттегінің белсенді формаларының бір уақытта өндірілуі « өсімдік-патоген» байланысуында, өте жоғары деңгейдегі сезімталдылықта және шөлдебайқалды. Бұл тек қана XDH-тің белсенділігі немесе XDH-ті қоса алғандағы барлық қосымша ферментативті жолдардың салдарынан екендігі әлі күнге дейін анықталмаған [9].



Сурет-4. Ксантиндегидрогеназа ферментінің химиялық құрылысы

Альдегидоксидаза (АО, EC 1.2.3.14) – карбоксильді қышқылдарға сәйкес келетін көптеген ароматты және ароматты емес альдегидтердің тотығуын катализдейтін молибдо-темір-флавофермент болып табылады. Бұл фермент өсімдіктердегі абсцизді және индолісірке

қышқы  
соныме  
әсерлес  
қабілет  
тотығы  
ақуызы  
бойынш  
ақуызда  
изофер  
гені (А  
өнімдер  
ауксин  
ауксин  
жапыра  
індегі  
сонымен  
ізашары  
ақуызда

Суль  
аминқы  
сульфат  
босатад  
Бұрын  
кеңістігі  
бірге S  
кезегінде  
тотығуы  
тасталы  
анықтал  
өсімдікте  
рациясы  
түрде су  
олар SO  
болжады  
спектрос  
құрылым

Ката  
және мо  
қатар су  
ағзаларда

Ката  
бағалана  
ралған. П  
субстрат  
ғана емес  
ағзадағы  
ыдырату  
оксидаза



қышқылы биосинтезіне қатысады. Ол үшін ең жақсы субстрат-абсцизді альдегид, дегенмен АО сонымен қатар, субстраттар ретінде индол-3-альдегид, 1-нафтальдегид және бензальдегидпен әсерлеседі, бірақ салыстырмалы түрде жай. Бұрын АО NAD<sup>+</sup> -ті байланыстыруға қабілетсіз және тек қана акцептор ретінде электрондарды бергеннен кейін сутегінің асқын тотығын түзетін молекулярлы оттегіні қолданған деп саналды. Дегенмен, қазіргі таңда АО ақуызының белсенділігі NAD<sup>+</sup>-ті қосу арқылы арттырылғаны анықталып отыр. Болжам бойынша, жақында *Arabidopsis siliques* –тен алынған АО-ның изоформасы АО-ның «табиғи» ақуыздары және XDH-тің ақуыздары арасындағы аралық түрді береді. *Arabidopsis* геномында изоферменттерге сәйкес келетін субстраттардың арнайылығын өзгертетін АО-ның төрт гені (AAO1 - AAO4) бар. Сонымен, 6-күндізгі өсімдіктердегі AAO1 және AAO2 гендік өнімдері индолсірке қышқылын (IAA) өндіруге қабілетті АО изоферментін формирлейді. IAA ауксинтәрізді фитогормондар туыстасына жатады, ол өсімдіктің бастапқы даму сатысындағы ауксин биосинтезінде АО-ның нақты физиологиялық рөлін болжауға мүмкіндік береді. Өсімдік жашырақтарындағы AAO1 ақуыздары AAO3 ақуыздарымен сонымен қатар, өсімдіктің өсуіндегі көптеген процестерге –атап айтар болсақ, тұқымның пісуі, жапырақтың қартаюуы, сонымен қатар, экологиялық стресстерге бейімделуге қатысатын абсцизді қышқылдың соңғы ізашары болып табылатын, абсцизді альдегидге жоғары ұқсастыққа ие АО  $\delta$  деп аталатын ақуыздармен де алмастырылады [9].

Сульфитоксидаза (SO, EC 1.8.3.1), митохондрияларда бола отырып, күкірт аминқышқылдары –цистеин және метионин метоболизміне қатысады және сульфиттің сульфатқа тотығуын катализдейді. SO-да XDH және АО секілді тотығу кезінде электрондарды босатады және оларды молекулярлы оттегіге біруақытта күкірт сутегіні түзе отырып береді. Бұрын SO өсімдік және жануарлар жасушаларында митохондрияның мембрана аралық кеңістігінде локализденеді деп болжанған болатын. Дегенмен, Новак К авторлармен бірге SO өсімдіктерде пероксисомальды матриксте болатындығын анықтады, бұл өз кезегінде физиологиялық көзқараспен қарағанда шындыққа жақын, себебі сульфиттің тотығуы кезінде түзілген күкірт сутегінің артық мөлшері каталазамен оңай шығарылып тасталады. Өсімдіктердегі SO-нің физиологиялық рөлі салыстырмалы түрде жақында анықталған болатын. Осылайша, Бричков Г. Ланг Ц. авторлармен бірге жабайы түрдегі өсімдіктермен салыстырғанда дефекті өсімдіктер SO бойынша сульфиттің жоғары концентрациясын қабылдағыш келеді, SO-ні жоғары деңгейде өндіретін өсімдіктер салыстырмалы түрде сульфиттің артық мөлшеріне төзімді болып келеді. Өздерінің нәтижелеріне сәйкес олар SO өсімдіктерді артық сульфиттен қорғаушы басты фермент болып табылады деп болжады. Дегенмен, жоғарыда қарастырылған ферменттер көптеген биохимиялық және спектроскопиялық зерттеулердің басты нысаны болып табылды, әлі күнге дейін олардың құрылымдық-қызметтік қарым-қатынастары туралы деректер аз.

Каталаза – биологиялық тотығу нәтижесінде пайда болған сутектің асқын тотығын суға және молекулярлы оттегіге дейін ыдырауын катализдейді ( $2H_2O_2 > 2H_2O + O_2$ ), сонымен қатар сутегінің асқын тотығы қатсында спирттерді және нитриттерді тотықтырады. Барлық ағзаларда кездеседі. Ұлпалық тыныс алуға қатысады [10].

Каталаза кристалдық күйде алынған болатын. Оның молекулярлық салмағы 250 кДа деп бағаланады. Фермент жануарлар, өсімдіктер және микроағзалар жасушаларында кеңінен таралған. Простетикалық тобы гем болып табылатын хромопротеидтерге жатады. Каталазаның субстрат-қалпына келтірушіге арнайылығы жоғары емес, сондықтан ол H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> –нің ыдырауын ғана емес, сонымен қатар төмен молекулалы спирттерді де ыдырата алады. Каталаза қызметі ағзадағы әртүрлі тотығу процестері кезінде пайда болатын токсиндік күкірт асқын тотығын ыдыратуға бағытталған. Төмендегі 2 суретте берілгендей ксантин дегидрогеназа және альдегид оксидаза ферментінің құрылымы.



## ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 Mendel R-R. Cell biology of molybdenum. // *Biofactors*, #35 (5) 2009. - P. 429-434.
- 2 Mendel R-R. Cell biology of molybdenum in plants. // *Plant Cell Rep.*, #30 (10), 2011. - P. 1787-1797.
- 3 Meyer Ch. et al. Identification by mutational analysis of four critical residues in the molybdenum cofactor domain of eukaryotic nitrate reductase. // *FEBS Letters* 370, 1995. - P. 197-202.
- 4 Кильдибеков Н.А. Молибденовый кофактор: структура, свойства, разнообразие форм в клетке. // Автореф. диссерт. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук. - М.: РАН, институт биохимии им. А.Н. Баха, 1996. - 44 с.
- 5 Gunter S. et al. Molybdenum cofactors, enzymes and pathways. // *Nature*, V. 460 (13), 2009. - P. 839-847.
- 6 Ботаника. Том 2. Физиология растений. / П. Зитте и др.; пер. с нем. О.В. Артемьевой и др. - М.: Изд. центр «Академия», 2008. - С. 58, 155-156.
- 7 Rajasekhar V.K., Oelmuller R. Regulation of induction of nitrate and nitrite reductase in higher plants. // *Physiol. Plantarum.*, V. 71, 1987. - P. 517.
- 8 Callaci J.J., Smarrelli J.J. Regulation of the inducible nitrate reductase isoform from soybeans. // *Biochim. Biophys. Acta.*, V. 1088, 1991. - P. 127-130.
- 9 Гиясов Г.Д. и др. Функционирование нитратредуктазы в прорастающих семенах хлопчатника: влияние света и доступности субстрата. / *Физиология растений*, т. 39, вып. 4, 1992. - С. 807-813.
- 10 Campbell W.H. Nitrate reductase structure, function and regulation: Bridging the gap between biochemistry and physiology. // *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, V. 50, 1999. - P. 277-303.

## REFERENCES

- 1 Mendel R-R. Cell biology of molybdenum. // *Biofactors*, #35 (5) 2009. - P. 429-434.
- 2 Mendel R-R. Cell biology of molybdenum in plants. // *Plant Cell Rep.*, #30 (10), 2011. - P. 1787-1797.
- 3 Meyer Ch. et al. Identification by mutational analysis of four critical residues in the molybdenum cofactor domain of eukaryotic nitrate reductase. // *FEBS Letters* 370, 1995. - P. 197-202.
- 4 Kil'dibekov N.A. Molibdenovyy kofaktor: struktura, svojstva, raznoobrazie form v kletke. // Avtoref. dissert. na soisk. uch. st. kand. biol. nauk. - M.: RAN, institut biohimii im. A.N. Baha, 1996. - 44 s.
- 5 Gunter S. et al. Molybdenum cofactors, enzymes and pathways. // *Nature*, V. 460 (13), 2009. - P. 839-847.
- 6 Botanika. Tom 2. Fiziologija rastenij. / P. Zitte i dr.; per. s nem. O.V. Artem'evoj i dr. - M.: Izd. centr «Akademija», 2008. - S. 58, 155-156.
- 7 Rajasekhar V.K., Oelmuller R. Regulation of induction of nitrate and nitrite reductase in higher plants. // *Physiol. Plantarum.*, V. 71, 1987. - P. 517.
- 8 Callaci J.J., Smarrelli J.J. Regulation of the inducible nitrate reductase isoform from soybeans. // *Biochim. Biophys. Acta.*, V. 1088, 1991. - P. 127-130.
- 9 Gijasov G.D. i dr. Funkcionirovanie nitratreduktazy v prorastajushhiih semenah hlochatnika: vlijanie sveta i dostupnosti substrata. / *Fiziologija rastenij*, t. 39, vyp. 4, 1992. - С. 807-813.
- 10 Campbell W.H. Nitrate reductase structure, function and regulation: Bridging the gap between biochemistry and physiology. // *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, V. 50, 1999. - P. 277-303.

**Нурбекова Ж. А.**

**Ферменты окислительного стресса и их значение в растениях.**

В статье рассматриваются ферменты окислительного стресса и их значение в растениях.

**Ключевые слова:** Альдегидоксидаза, каталаза, нитратредуктаза, ксантиндегидрогеназа, сульфидоксидаза.

**Nurbekova Zh.A.**

**Enzymes of oxidative stress and their role in plants.**

This article elucidates Enzymes of oxidative stress and their role in plants.

**Key words:** Aldehyde oxidase, catalase, nitrate reductase, xanthine dehydrogenase, sulfite oxidase.

Поступила в редакцию 24.04.2015.