

ISSN(Print) 2616-7034
eISSN(Online) 2663-130X

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің

ХАБАРШЫСЫ

BULLETIN

of L.N. Gumilyov Eurasian
National University

ВЕСТНИК

Евразийского национального
университета имени Л.Н. Гумилева

БИОЛОГИЯЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР сериясы

BIOSCIENCE Series

Серия **БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ**

№4(129)/2019

1995 жылдан бастап шығады

Founded in 1995

Издается с 1995 года

Жылына 4 рет шығады

Published 4 times a year

Выходит 4 раза в год

Нұр-Сұлтан, 2019

Nur-Sultan, 2019

Нур-Султан, 2019

Бас редакторы:
ҚР ҰҒА академигі, б.ғ.д, профессор
Р.І. Берсімбай (Қазақстан)

Бас редактордың орынбасары: **Р.Т. Омаров**, PhD, б.ғ.к.,
профессор (Қазақстан)

Редакция алқасы

Абжалелов А.Б.	б.ғ.д., проф. (Қазақстан)
Акильжанова А.Р.	PhD, м.ғ.д.(Қазақстан)
Алиқұлов З.А.	б.ғ.к., проф. (Қазақстан)
Антипов А.Н.	б.ғ.к. (Ресей)
Аскарова Ш.Н.	б.ғ.к., PhD (Қазақстан)
Ау У.	PhD, проф. (АҚШ)
Бисенбаев А.К.	б.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА академигі (Қазақстан)
Высоцкая Л.В.	б.ғ.д., проф. (Ресей)
Закиян С.М.	б.ғ.д., проф. (Ресей)
Изотти А.	PhD, проф. (Италия)
Ильдербаев О.З.	м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
Константинов Ю.М.	б.ғ.д., проф. (Ресей)
Кухар Е.В.	б.ғ.д., доцент (Қазақстан)
Масалимов Ж.К.	PhD, б.ғ.к. (Қазақстан)
Моше Саги	PhD, проф. (Израиль)
Сарбасов Д.Д.	PhD, проф. (АҚШ)
Стегний В.Н.	б.ғ.д., проф. (Ресей)
Шустов А.В.	PhD, б.ғ.к. (Қазақстан)

Редакцияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ., Сәтбаев к-сі, 2, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, 402 б.
Тел: +7(7172) 709-500 (ішкі 31-428). E-mail: eurljourbio@enu.kz

Жауапты хатшы, компьютерде беттеген:
А. Нұрболат

Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Хабаршысы.
БИОЛОГИЯЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР сериясы

Меншіктенуші: ҚР БжҒМ "Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті" ШЖҚ РМК
Мерзімділігі: жылына 4 рет.

Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникациялар министрлігінде 27.03.2018ж тіркелген.
№16998-Ж тіркеу күәлігі. Тиражы: 20 дана

Типографияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ., Қажымұқан к-сі ,12/1,
тел.: +7(7172)709-500 (ішкі 31-428)

Editor-in-Chief
Academician of NAS RK, Doctor of Biological Sciences, Prof.
R.I. Bersimbaev (Kazakhstan)

Deputy Editor-in-Chief: **R.T. Omarov**, Prof., Candidate of Biological Sciences, PhD (Kazakhstan)

Editorial board

Abzhalelov A.B.	Doctor of Biological Sciences, Prof. (Kazakhstan)
Akilzhanova A.R.	PhD, Doctor of Medical Sciences (Kazakhstan)
Alikulov Z.A.	Prof., Can. of Biological Sciences (Kazakhstan)
Antipov A.N.	Can. of Biological Sciences (Russia)
Askarova Sh.N.	PhD, Can. of Biological Sciences (Kazakhstan)
Au W.	PhD, Prof. (USA)
Bisenbayev A.K.	Doctor of Biological Sciences, Prof, Academician of NAS RK, (Kazakhstan)
Ilderbayev O.Z.	Doctor of Medical Sciences, Prof. (Kazakhstan)
Izzotti A.	PhD, Prof. (Italy)
Konstantinov Yu. M.	Doctor of Biological Sciences, Prof. (Russia)
Kukhar E.V.	Ass. Prof. Doctor of Biological Sciences (Kazakhstan)
Massalimov Zh.K.	PhD, Can. of Biological Sciences (Kazakhstan)
Moshe Sagi	PhD, Prof. (Israel)
Shustov A.V.	PhD, Can. of Biological Sciences (Kazakhstan)
Stegniy V.N.	Doctor of Biological Sciences, Prof. (Russia)
Sarbasov D.D.	PhD, Prof. (USA)
Vycotskaya L.V.	Doctor of Biological Sciences, Prof. (Russia)
Zakiyan S.M.	Doctor of Biological Sciences, Prof. (Russia)

Editorial address: 2, Satpayev str., of. 402, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan, 010008

Tel.: +7 (7172) 709-500 (ext. 31-428), E-mail: eurjourbio@enu.kz

Responsible secretary, computer layout:
A.Nurbolat

Bulletin of the L.N. Gumilyov Eurasian National University. BIOSCIENCE Series

Owner: Republican State Enterprise in the capacity of economic conduct "L.N. Gumilyov Eurasian National University" Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan

Periodicity: 4 times a year

Registered by the Ministry of Information and Communication of the Republic of Kazakhstan. Registration certificate №16998-Ж from 27.03.2018. Circulation: 20 copies

Address of printing house: 12/1 Kazhimukan str., Nur-Sultan, Kazakhstan 010008;

tel.: +7(7172) 709-500 (ext.31-428)

Главный редактор:
профессор, д.б.н., академик НАН РК
Р.И. Берсимбай (Казахстан)

Зам. главного редактора: **Р.Т. Омаров**, PhD, к.б.н.,
профессор (Казахстан)

Редакционная коллегия

Абжалелов А.Б.	д.б.н., проф. (Казахстан)
Акильжанова А.Р.	PhD, д.м.н. (Казахстан)
Аликулов З.А.	к.б.н., проф. (Казахстан)
Антипов А.Н.	к.б.н. (Россия)
Аскарлова Ш.Н.	к.б.н., PhD (Казахстан)
Ау У.	PhD, проф. (США)
Бисенбаев А.К.	д.б.н., проф., академик НАН РК (Казахстан)
Высоцкая Л.В.	д.б.н., проф. (Россия)
Закиян С.М.	д.б.н., проф. (Россия)
Изотти А.	PhD, проф. (Италия)
Ильдербаев О.З.	д.м.н., проф. (Казахстан)
Константинов Ю.М.	д.б.н., проф. (Россия)
Кухар Е.В.	д.б.н., доцент (Казахстан)
Масалимов Ж.К.	PhD, к.б.н. (Казахстан)
Моше Саги	PhD, проф. (Израиль)
Сарбасов Д.Д.	PhD, проф. (США)
Стегний В.Н.	д.б.н., проф. (Россия)
Шустов А.В.	PhD, к.б.н. (Казахстан)

Адрес редакции: 010008, Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Сатпаева, 2, Евразийский
национальный университет имени Л.Н. Гумилева, каб. 402
Тел: +7(7172) 709-500 (вн. 31-428). E-mail: eurjourbio@enu.kz.

Ответственный секретарь, компьютерная верстка:
А. Нурболат

Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева.
Серия БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Собственник: РГП на ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева" МОН РК

Периодичность: 4 раза в год

Зарегистрирован Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан.

Регистрационное свидетельство №16998-Ж от 27.03.2018г.

Тираж: 20 экземпляров

Адрес типографии: 010008, Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Кажимукана, 12/1,
тел.: +7(7172)709-500 (вн.31-428)

Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ХАБАРШЫСЫ. БИОЛОГИЯЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР СЕРИЯСЫ

4(129)/2019

МАЗМҰНЫ

<i>Барбол Б.І., Абдыбекова А.М., Жақсылықова А.А., Мамитов Н.Ш.</i> Балқаш көліндегі <i>eg-</i> <i>gasilus siboldi</i>	8
<i>Бахбаева С.А., Бгатова Н.П., Жумадина Ш.М.</i> Қашықтағы ісіктің өсу динамикасында ақуыз-синтетикалық және энергетикалық бөлімдеріндегі гепатоциттердің ультрақұрылымдық ерекшеліктері	15
<i>Ермухамбетова Р.Ж., Курманбаева А.Б., Бектурова А.Ж., Гадильгереева Б.Ж.,</i> <i>Аманбаева У.И., Жанасова К.Е., Масалимов Ж.К.</i> Абиотикалық стресстер және олардың комбинацияларының өсімдіктерге әсер ету аспектілері	22
<i>Наекова С.К., Аубакирова К.М., Аликулов З.</i> Арпа (<i>Hordeum vulgare L.</i>) өскіндерінің өсуі, дамуы және тұздану жағдайында құрамындағы пролин мөлшеріне диатомиттің қатысуымен тұқым праймингінің оңтайлы әдісінің әсері	35
<i>Тасболат А., Омаров Р., Жангазин С., Курманбаева А., Ақбасова А.</i> Арпаның жолақ мозаика вирусының (BSMV) геномының құрылымдық ұйымдасуы және оның идентификациясы	42
<i>Татенова Г.А., Ильдербаев О.З., Нурсафина А.Ж.</i> Тірі ағзаға ауыр металдардың зиянды әсерлері бойынша сұрақтарға жалпы шолу	50
<i>Терлецкая Н.В., Алтаева Н.А., Ережетова У.</i> Бидайды тұраралық будандастыру нәтижесінде алынған аллоплазмалық тізбектеріндегі жалауша жапырақтарының фотосинтетикалық аппараты жұмысына құрғақшылықтың әсері	58
<i>Хусаинов А.Т., Кыздарбекова Г.Т.</i> Қара топырақ және майлы зығыр өсімдіктерінде «Агробионов» препаратын ауыр металдар мен радионуклидтер құрамы бойынша экотоксикологиялық бағалау	69
<i>Кусаинова А.А., Булгакова О.В., Берсимбай Р.И.</i> TP53 геніндегі мутация радон- индуцирленген өкпе ісігінің перспективалы маркері ретінде	75
<i>Дарбаева Т.Е., Беркалиева А.А.</i> Батыс Қазақстан облысы Январцев орман шаруашылығыны жайылмалы еменді ормандарының флоралық әртүрлілігі	81

**BULLETIN OF L.N. GUMILYOV EURASIAN NATIONAL UNIVERSITY.
BIOSCIENCE SERIES**

4(129)/2019

CONTENTS

<i>Barbol B.I., Abdybekova A.M., Zhaksylykova A.A., Mamilov N.Sh.</i> Ergasilus siboldi озера Балхаш	8
<i>Bakhtbayeva S.A., Bgatova N.P., Zhumadina Sh.M.</i> Ultrastructural features of protein-synthetic and energy compartments of hepatocytes in the dynamics of distant tumor growth	15
<i>Yermukhambetova R.Zh., Kurmanbayeva A.B., Bekturova A.Zh., Gadilgerayeva B.Zh., Amanbayeva U.I., Zhanassova K.Ye., Masalimov Zh.K.</i> Aspects of abiotic stress effects and their combinations on plants	22
<i>Nayekova S.K., Aubakirova K.M., Alikulov Z.</i> Influence of the optimal method of pre-seed priming of seeds in the presence of diatomite on the growth and development of barley seedlings (<i>Hordeum vulgare</i> L.) and their proline content in salinization conditions	35
<i>Tasbolat A., Omarov R., Kurmanbayeva A., Zhangazin S., Akbassova A.</i> Genome structural organization of the barley stripe mosaic virus (BSMV) and its identification	42
<i>Tatenova G.A., Ilderbayev O.Z., Nursafina A.Zh.</i> General review of questions on the harmful effects of heavy metals on a living organism	50
<i>Terletskaya N.V., Altayeva N.A., Erezhetova U.</i> The effect of drought on the functioning of the flag leaf photosynthetic apparatus in alloplasmic lines which obtained as a result of wheat interspecific crosses	58
<i>Khusainov A.T., Kyzdarbekova G.T.</i> Ecotoxicological evaluation of the preparation "Agrobionov" on the content of heavy metals and radionuclides in black earth of common and oil flax plants	69
<i>Kussainova A.A., Bulgakova O.V., Bersimbay R.I.</i> TP53 gene mutations as a promising marker for radon-induced lung cancer	75
<i>Darbaeva T.E., Berkalieva A.A.</i> Floristic diversity of floodplain oaks of the Yanuartsev forestry Department of the West Kazakhstan region	81

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Барбол Б.И., Абдыбекова А.М., Жаксылыкова А.А., Мамилов Н.Ш.</i> <i>Ergasilus siboldi</i> озера Балхаш	8
<i>Бахбаева С.А., Бгатова Н.П., Жумадина Ш.М.</i> Ультраструктурные особенности белок-синтетического и энергетического компартиментов гепатоцитов в динамике отдаленного опухолевого роста	15
<i>Ермухамбетова Р.Ж., Курманбаева А.Б., Бектурова А.Ж., Гадильгереева Б.Ж., Аманбаева У.И., Жанасова К.Е., Масалимов Ж.К.</i> Аспекты воздействия абиотических стрессов и их комбинаций на растения	22
<i>Наекова С.К., Аубакирова К.М., Аликулов Э.</i> Влияние оптимального метода предпосевного прайминга семян в присутствии диатомита на рост и развитие проростков ячменя (<i>Hordeum vulgare</i> L.) и содержание в них пролина в условиях засоления	35
<i>Тасболат А., Омаров Р., Жангазин С., Курманбаева А., Акбасова А.</i> Структурная организация генома вируса полосатой мозаики ячменя (BSMV) и его идентификация	42
<i>Татенова Г.А., Ильдербаев О.Э., Нурсафина А.Ж.</i> Общий обзор вопросов по вредным воздействиям тяжелых металлов на живой организм	50
<i>Терлецкая Н.В., Алтаева Н.А., Ережетова У.</i> Влияние засухи на функционирование фотосинтетического аппарата флагового листа у аллоплазматических линий, полученных в результате межвидовых скрещиваний пшеницы	58
<i>Хусаинов А.Т., Кыздарбекова Г.Т.</i> Экотоксикологическая оценка препарата «Агробиионов» по содержанию тяжелых металлов и радионуклидов в черноземе обыкновенном и растениях льна масличного	69
<i>Кусаинова А.А., Булгакова О.В., Берсимбай Р.И.</i> Мутации в гене TP53 как перспективный маркер радон-индуцированного рака легкого	75
<i>Дарбаева Т.Е., Беркалиева А.А.</i> Флористическое разнообразие пойменных дубрав Январцевского лесхоза Западно-Казахстанской области	81

БИОЛОГИЯ



МРНТИ 69.09.41

Б.І. Барбол¹, А.М. Абдыбекова², А.А. Жақсылықова³, Н.Ш. Мамилов⁴

^{1,2,3} «Қазақ ғылыми-зерттеу ветеринария институты» ЖШС, Алматы қаласы,
Қазақстан,

^{1,4} Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,

³ Қазақ ұлттық аграрлық университеті, Алматы, Қазақстан

(E-mail: ¹ bekzhan.barbol@gmail.com, ² aida_abdybekova@mail.ru, ³ ainusik_jan_91@mail.ru,
⁴ mamilov@gmail.com)

Балқаш көліндегі *ergasilus siboldi*

Аннотация: Өткен ғасырдың орта шебінде КСРО шеңберінде, ішкі суаттардың биологиялық өнімділігін тиімді пайдалану мақсатында, көптеген ихтиоинтродукциялық жұмыстар жүргізілген. Осыған байланысты Іле-Балқаш су алабының ихтиофаунасы күрделі өзгерістерді бастан өткерді. Нәтижесінде аталмыш суалаптың гидропаразитоценозының түрлік құрамы толығымен өзгеріп, балық инвазияларының ошақтарының пайда болуына және су алаптағы эпизоотологиялық жағдайдың ушығуына алып келді. Мақалада жүргізілген ихтиоинтродукциялық жұмыстардың нәтижесінде пайда болған эргазилез ошағының қазіргі жағдайы туралы мәліметтер келтірілген.

Түйін сөздер: Балқаш көлі, кәсіптік балықтар, эргазилез, инвазиялық аурулар, зоонозды инвазия, инвазиялану интенсивтілігі (ИИ) және инвазиялану экстенсивтілігі (ИЭ).

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2019-129-4-8-14>

Кіріспе. Балық паразиттері су экожүйелерінің маңызды компоненттерінің бірі болып табылады, өйткені қоректік тізбектердің соңғы өнімінің қалыптасуына айтарлықтай әсер етеді. Балықтардың эргазилиустармен қарқынды түрде зарарлануы кезінде су айдыны өзінің кәсіптік маңызын толық жоғалтуы мүмкін. Осыған байланысты балық паразиттерінің фаунасын зерттеуге көптеген елдерде айтарлықтай көңіл бөлінеді [1-6].

Copepoda класс тармағының өкілдері су қоймаларының қоректік тізбектерінде маңызды рөл атқарады. Бұл паразиттік ағзалар, тіршілік циклінің әр түрлі кезеңдерінде планктон қоректі балықтардың қоректенуінің маңызды компоненті немесе барлық балықтардың паразиттері болуы мүмкін. Эргазилез - *Ergasilidae* тұқымдасының *Ergasilus sieboldi* және *E. brianii* шаян тәрізді ескекаяқтылар туындататын тұщы су балықтарының инвазиялық ауруы. Қоздырғыштар балықтардың желбезек жапырақшаларында паразиттік тіршілік етеді, нәтижесінде желбезек ұлпасының қабынуы мен өліеттенуіне, ағзаның улануына, қондылығының төмендеуіне, дамуының тежелуі, бұл өз кезегінде балықтардың өліміне алып келеді [7].

Балқаш көлі Қазақстан Республикасының балық шаруашылығы саласындағы маңызды су айдындарының бірі болып табылады. Балқаш көлінің кәсіптік ихтиофаунасы сегіз түрден тұрады: сазан (*Cyprinus carpio*), табан (*Abramis brama orientalis*), мөңке (*Carassius auratus gibelio*), ақмарқа (*Aspius aspius*), қаракөз (*Rutilus rutilus caspius*), көксерке (*Sander lucioperca*), беріш (*Sander volgensis*) және жайын (*Silurus glanis*). Қазіргі уақытқа дейін сазан саны жағынан және кәсіптік аулану жағынан да алғашқы орында иемденген, ал соңғы жылдары табан саны жағынан да, кәсіптік ауланым жағынан да алдыңғы орында.

Балқаш көлінде алғаш рет паразитологиялық жұмыстарды А.Х.Ахмеров жүргізген болатын. Ол 9 түрге жататын 234 дана балықтан 22 паразитті тіркеді. Бұл зерттеу нәтижесін ескерсек, қарапайымдылардан басқа барлық топтағы паразиттер кездескен. Ахмеровтың зерттеуінен кейін 40 жыл өткен соң көлдегі барлық балыққа толық ихтиопаразитологиялық жұмыстарды Н.К.Тленбекова жүргізген болатын, зерттеу нәтижесі бойынша 82 паразитті тіркеді [8].

Соңғы жылдары Балқаш көліндегі балықтардың алуан түрлілігіне және паразиттермен зақымдану динамикасына қатты көңіл бөлінбеуде, сондықтан біздің зерттеудің мақсаты *Ergasilus* туысының өкілдерімен балықтардың зақымдану жағдайын анықтау болып табылады.

1962 жылы А.П. Максимованың және 1964-1966 жылдары К.В. Смирнованың Балқаш көлінің әртүрлі гидрологиялық жағдайларымен ерекшеленетін аудандарында жүргізілген ихтиопаразитологиялық зерттеу нәтижелері бойынша көлде кездесетін барлық балықтар *Ergasilus sieboldi* паразитті шаян тәрізділермен зақымдалғаны анықталды. Бұл шаян тәрізді паразиттер Балқаштың барлық ауданында таралған балықтарды жаппай зақымдаған. Бұл паразит балықты өлтірмегенімен, белсенді инвазия барысында аса патогенді, ол әсіресе қарабалық үшін өте қауіпті [9-11].

Зерттеу материалдары мен әдістемелері Бұл ғылыми-зерттеу жұмысы үшін Балқаш көлінің батыс және шығыс бөліктерінен аталған көлдің негізгі кәсіптік балықтары (көксерке (*Sander lucioperca*), сазан (*Cyprinus carpio*), табан (*Abramis brama orientalis*), мөңке (*Carassius auratus gibelio*) таңдалып алынды, әр балық түрінен әр түрлі жастық топқа жататын 30 дана балықты (батыс және шығыс бөліктерінен жекелей 15 дана балық) активті аулау құралдарымен аулап, оларға толық ихтиопаразитологиялық және биометриалық зерттеулер жүргізілді (Кесте 1).

Кесте 1 – 2015 жылы зерттеуге алынған балықтар саны.

	Көксерке	Сазан	Табан	Мөңке
Батыс (ст. Алғазы)	15 дана	15 дана	15 дана	15 дана
Шығыс (ст. Үлкен)	15 дана	15 дана	15 дана	15 дана
Барлығы	120 дана			



СУРЕТ 1 – Ихтиопаразитологиялық зерттеу жұмыстары жүргізілген аймақтар.

Материалдар Балқаш көлінің батыс бөлімінен Үлкен елді мекенінің жанында шілде айының бірінен тоғызынан дейінгі аралықта, ал шығыс бөлімінен Қарақұм елді мекенінің маңында шілде айының 29-ынан тамыз айының 28-іне дейінгі аралықта жиналды.

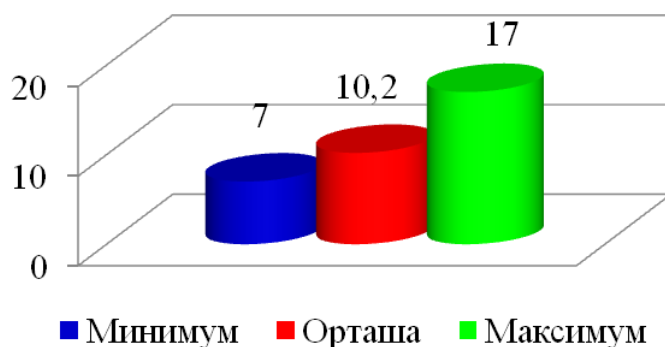
Балықтарға биометриалық талдау жұмыстары Правдин әдістемесі бойынша жүргізілді [12]. Балықтарға толық ихтиопаразитологиялық зерттеу жұмыстары стандартты-классикалық әдістің И.Е. Быховская-Павловскаяның өңделіп жаңартылған әдістемесі бойынша, балық аулау кемесінің кішірейтілген үлгісінің бортында жүргізілді. Ауру балықтардың өздеріне тән

аудандарда ғана тіршілік етегіндігін ескере отырып материалдар әр аудандардан жиналды [13].

Далалық жағдайда жиналған материалдарға лабораториялық жағдайда талдау жұмыстары жүргізіліп, көлдің паразитоценологиялық жағдайына баға берілді. Бұл жұмыс үшін толық емес паразитологиялық талдау жұмыстары жасалды. Бұл әдіс балық ағзасындағы белгілі бір паразиттермен, паразитті топтармен зақымдау дәрежесін немесе белгілі мүшесінің зақымдану дәрежесін анықтауда қолданылады, көп жағдайда бұл әдіспен балықтардың тауарлы сапасына кері әсерін тигізетін немесе адам өмірі үшін қауіпті паразиттерді анықтауда қолданылады. Мұндай талдау жұмыстарын жүргізу барысында оңтайландырылған паразитологиялық әдістерді пайдалануға болады, бұл әдісті пайдалану барысында тек балықтардың өзімізге қажет мүшелерін қараймыз [14].

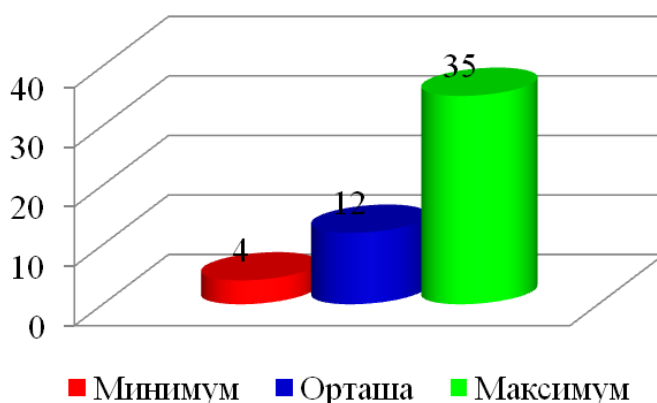
Далалық жағдайда жиналған паразиттер арнайы сұйықтықтарға фиксацияланды, эргазилиустар 70⁰ этил спиртіңде бекітілді. Жиналған материалдар ЖШС Қазақ Балық шаруашылығы ҒЗИ-ның ихтиопатология зертханасында өңделді. Паразиттерді анықтау жұмыстары жалпыға бірдей стандартты анықтау құралымен анықталды [15].

Ғылыми зерттеу жұмыстарының негізгі нәтижелері Зерттеу жұмыстарының нәтижесінде Ескекаяқты-Сорепода паразиттердің 4 түрі анықталды: *E. Sieboldi*, *E. briani*, *Achtheres percarum* және *Argulus foliaceus*. Балқаштың шығыс және батыс бөлімдерінен ауланған көксеркелердің (*Sander lucioperca*) 66,7 %-ы эргазилиустармен (*E. sieboldi*) зақымдалған.



СУРЕТ 2 – Балқаштың батыс аймағындағы көксеркелердің инвазиялану интенсивтілігі (экземпляр).

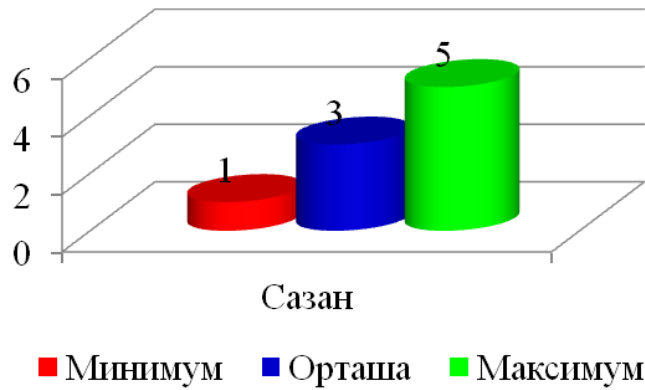
Балқаштың шығыс бөлігінің көксеркелері батыстікімен салыстырғанда инвазиялану интенсивтілігі (ИИ) мен қамту индексі (ҚИ) шамалы төменірек.



СУРЕТ 3 – Шығыс Балқаштың көксеркелерінің инвазиялану интенсивтілігі

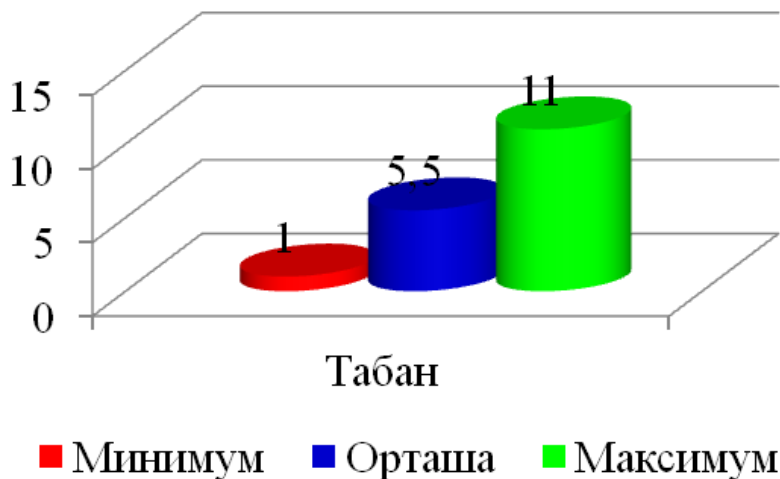
Балқаштың батыс бөлімінен ауланған көксеркелердің ИИ 7 ден 17-ге дейінгі дананы (орташа ИИ 10,2 дана) және ҚИ 6,8 дана құрады. Ал шығыс бөлімнен ауланған балықтардың ИИ 4 ден 35-ге дейінгі дананы (орташа ИИ 12 дана) және ҚИ 8 дана құрады.

Балқаш көлінің батыс бөлімінен ауланған сазан, табан, мөңке балықтарында *E. Sieboldi* кездеспеді.



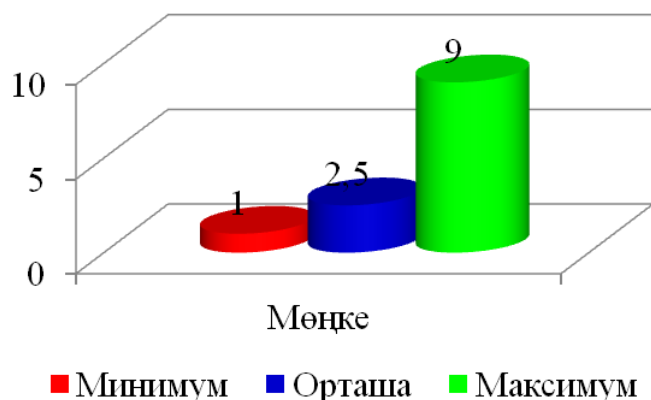
Сурет 4 – Батыс Балқаштың сазандарының инвазиялану интенсивтілігі

Балқаш көлінен ауланған сазан 33,4 %-ға, табан 80 %-ға, мөңке 86,7 %-ға зақымданған. Сазанның эргазилиустармен инвазиялану интенсивтілігі (ИИ) 1-ден 5-ке дейін (орташа ИИ 3 дана), ал қамту индексі 1 дананы құрады.



Сурет 5 – Батыс Балқаштың табандарының инвазиялану интенсивтілігі

Табанның ИИ 1-ден 11-ге дейін (орташа ИИ 5,5 дана), ал ҚИ 4,4 дананы қамтыды. Мөңкенің ИИ 1-ден 9-ға дейін (орташа ИИ 2,5 дана), ал ҚИ 2,2 дананы көрсетті.



Сурет 6 – Батыс Балқаштың мөңкелерінің инвазиялану интенсивтілігі

Балқаш көлінің ихтиофаунасын қалыптастыру жағдайында олардың, бұл көлде тек балықтардың алуан түрлігі ғана емес сонымен қатар патогенді және шартты патогенді паразиттерің алуан түрлігіде артуда.

Аталмыш паразиттердің балықтарға жұғуы зоопланктофагтардың тығыздығына байланысты: планктон тәрізді балықтар көп болған сайын, жұғуы қарқындылығы әлсіз болады. Керісінше, тұқытекес және басқа да планктон қоректі балықтарға қарағанда жыртқыш балықтардың көп болуы эргазилоспен зақымданудың күшеюіне алып келеді.

Қорытынды. Қорыта келе, Балқаштың шығыс бөлімінен ауланған көксеркелердің батыстан ауланғандарымен салыстырғанда инвазиялануының жоғары болуы *Ergasilus sieboldi*-дің дамуы мен тіршілігінің ерекшелігімен байланысты екендігіне көз жеткіздік. Еліміздің оңтүстігінде орналасқан суқоймалар үшін балықтардың эргазилиустармен зақымдануының шарықтау шегі тамыз айының аяғы мен қыркүйек айына келеді [16].

Көксеркелердің *Ergasilus sieboldi*-мен зақымдану деңгейі олардың жекелей салмағының және қоңдылығының төмендеуіне алып келгенімен, жаппай қырылуына алып келмейді, бұл зақымданудың ҚИ төмен болуымен байланысты.

Балқаш көлінің батыс бөлімінен ауланған сазандардың эргазилиустармен инвазиялануының экстенсивтілігі мен интенсивтілігінің орташа болуы, олардың қазіргі жағдайына қауіп төндірмейді.

Табандардың инвазиялануының экстенсивтілігінің жоғары, ал интенсивтілігінің орташа болуы олардың жекелей салмағының және де қоңдылығының төмендеуіне алып келді, бұл өз кезегінде балықтардың тауарлық сапасын нашарлатқанына көз жеткіздік.

Мөңкелердің инвазиялануының экстенсивтілігінің жоғары, ал интенсивтілігінің салыстырмалы түрде төменірек болуы жекелей қолайсыздыққа алып келгенімен, тіршілігіне аса қауіпті емес. Эпизоотияның туындауын уақытылы ескерту мақсатында көлдегі *Ergasilus sieboldi*-дің таралу динамикасы және дамуына мониторингтік зерттеуді жүргізіп отыру қажет. Сонымен қатар, қажет болған жағдайда балықтың мелиоративті аулауына нұсқау берілуі керек.

Әдебиеттер тізімі

- 1 Jelinkova E., Krechler I., Jurajda P., Papcickova I., Navratil S., Markova Z., Palikov? M. Relationship between seasonal dynamics in zooplankton density and Ergasilus infection in two reservoirs // Acta veterinary Brno. - 2018. - Vol. 87. - P. 91-98. <https://doi.org/10.2754/avb201887010091>.
- 2 Abdelhalim A.I., Lewis J.W., Boxshall G.A. The life-cycle of Ergasilus sieboldi Nordman (Copepoda: Poecilostomatoida), parasitic on British freshwater fish. // Journal Natural History. - 1991. - Vol. 25. - P.559-582.
- 3 Attayde J.L., Hansson L.A. The relative importance of fish predation and excretion effects on planktonic communities.// Limnol. Oceanogr. - 2001. - Vol. 46. - P.1001-1012.
- 4 Beisner B.E., Peres-Neto P.R. Seasonal trophic dynamics affect zooplankton community variability// Freshwater Biology. - 2009. - Vol. 54. - P. 2351-2363.

- 5 Bernes C., Carpenter S.R., G?rdmark A., Larsson P., Persson L., Skov Ch., Speed J. D.M., Donk E. What is the influence of a reduction of planktivorous and benthivorous fish on water quality in temperate eutrophic lakes A systematic review. // Environmental Evidence, - 2015. - P.4-7.
- 6 Dussart В.Н., Defay D. Introduction to the Copepoda. - Leiden. Backhuys Publishers, 2001. - 344 p.
- 7 Ахмеров А.Х. К изучению паразитофауны рыб оз. Балхаш. // Учен. зап. ЛГУ. сер. биол. наук. - 1949. - №18. - Стр. 36-41.
- 8 Тленбекова Н.К., Сатыбалдиева А.С. Паразитофауна промысловых рыб Аральского (Малого) моря. // Вестник КазНУ. Серия биологическая - 2010. - №4. - Стр.- 23-29.
- 9 Смирнова К.В., Каирова-Тленбекова Н. Паразитофауна леща в промысловых водоемах Казахстана. // В сб. Природно-очаговые болезни и вопросы паразитологии в республиках Средней Азии и Казахстана. - Душанбе, 1969. - С. 184-186.
- 10 Смирнова К.В. Паразитофауна судака оз. Балхаш // Материалы науч. конф. по проблеме: "Биологические основы освоения, рационального использования и воспроизводства рыбных запасов в водоемах Средней Азии и Казахстана". - Алма-Ата, 1966. С. 136-139.
- 11 Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая промышленность, 1966.
- 12 Быховская-Павловская И.Е. Паразитологическое исследование рыб. - М: Изд-во Академии наук СССР, 1952.
- 13 Гаевская А.В. Паразиты и болезни морских и океанических рыб в природных и искусственных условиях. - Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2004. - 237 С.
- 14 Под ред. О.Н. Бауера. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Паразитические многоклеточные. Л.: Наука, 1987. Т. 3.
- 15 Барбол Б.И. О третьей генерации возбудителей эргазилеза рыб в водоемах Казахстана // Материалы Межд. Научн. Конф. Студентов и молодых ученых "ФАРАБИ ?ЛЕМИ". - Алматы, 2019. - С. 446-448.

Б.И. Барбол¹, А.М. Абдыбекова², А.А. Жақсылықова³, Н.Ш. Мамилов⁴

^{1,2,3} ТОО "Казахский научно-исследовательский ветеринарный институт", Алматы, Казахстан

^{1,4} Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

³ Казахский национальный аграрный университет, Алматы, Казахстан

Ergasilus siboldi озера Балхаш

Аннотация. В середине прошлого столетия в целях повышения биопродуктивности внутренних водоемов в СССР велись полномасштабные икhtiоинтродукционные работы. В связи с этим была проведена сложная реконструкция икhtiофауны Или-Балхашского бассейна. Результаты этих работ привели к изменению видового состава гидропаразитоценоза, появлению очагов икhtiозоонозной инвазии и ухудшению эпизоотологической ситуации в бассейне. В статье приведены сведения о современном состоянии очага эргазилеза, возникшего в результате икhtiоинтродукции.

Ключевые слова: озеро Балхаш, промысловая рыба, эргазилез, инвазионные болезни, зоонозная инвазия, интенсивность инвазирования (ИИ), экстенсивность инвазирования (ИЭ).

B.I. Barbol¹, A.M. Abdybekova², A.A.Zhaksylykova³, N.Sh. Mamilov⁴

^{1,2,3} LLP "Kazakh scientific research veterinary Institute", Almaty, Kazakhstan

^{1,4} Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,

³ Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan

⁵ LLP "Kazakh scientific research Institute offishery" Suyunbay Avenue 89 "A", Almaty, 050016, Kazakhstan

Ergasilus siboldi of Balkhash lake

Abstract. In the middle of the last century, in order to make rational use of the biological productivity of Inland water bodies in the USSR, full-scale ichthyintroduction works were carried out. In this regard, a complex reconstruction of the ichthyofauna was carried out of the Ile-Balkhash basin. The results of these studies led to a change in the species composition of the hydroparasitocenosis, the appearance of foci of ichthyozoonosis invasions and the worsening of the epizootological situation in the basin. The article provides information about the current state of the hearth of ergasilexis arising out of ichthyintroduction.

Keywords: Balkhash Lake, commercial fish, ergasilexis, invasive disease, a zoonotic infestation, the intensity of invasion and the extensity of invasion.

References

- 1 Jelinkova E., Krechler I., Jurajda P., Papecikova I., Navratil S., Markova Z., Palikova M. Relationship between seasonal dynamics in zooplankton density and Ergasilus infection in two reservoirs, Acta veterinary Brno. 87, 91-98. (2018).<https://doi.org/10.2754/avb201887010091>.
- 2 Abdelhalim A.I., Lewis J.W., Boxshall G.A. The life-cycle of Ergasilus sieboldi Nordman (Copepoda: Poecilostomatoida), parasitic on British freshwater fish, Journal Natural History. 25, 559-582.(1991).
- 3 Attayde J.L., Hansson L.A. The relative importance of fish predation and excretion effects on planktonic communities, Limnol. Oceanogr. 46, 1001-1012. (2001).
- 4 Beisner B.E., Peres-Neto P.R. Seasonal trophic dynamics affect zooplankton community variability, Freshwater Biology. 54, 2351-2363.(2009).

- 5 Bernes C., Carpenter S.R., G?rdmark A., Larsson P., Persson L., Skov Ch., Speed J. D.M., Donk E. What is the influence of a reduction of planktivorous and benthivorous fish on water quality in temperate eutrophic lakes? A systematic review. Environmental Evidence - 2015. - P.4-7.
- 6 Dussart B.H., Defay D. Introduction to the Copepoda. - Leiden. Backhuys Publishers, 2001. - 344 p.
- 7 Axmerov A.X. K izucheniyu parazitofauny' ry'b oz. Balhash. [To the study of the parasitofauna of fish lake. Balhash], Uchen. zap. LGU. ser. biolog. Nauk. 18, 36-41.(2049).
- 8 Tlenbekova N.K., Saty'aldieva A.S. Parazitofauna promyslovyx ryb Aral'skogo (Malogo) morya. [Parasitofauna of commercial fish of the Aral (Small) Sea.], Vestnik KazNU. Seriya biologicheskaya [Experimental Biology], (4), 23-29. (2019).
- 9 Smirnova K.V., Kairova-Tlenbekova N. Parazitofauna leshha v promy'slovy'x vodoemax Kazaxstana. [Parasitofauna of bream in commercial reservoirs of Kazakhstan.], V sb. Prirodno-ochagovy'e bolezni i voprosy' parazitologii v respublikax Srednej Azii i Kazaxstana. - Dushanbe, 1, 184-186 (1996).
- 10 Smirnova K.V. Parazitofauna sudaka oz. Balxash [Parasitofauna of pike perch Balxash], Materialy' nauch. konf. po probleme: "Biologicheskije osnovy' osvoeniya, racional'nogo ispol'zovaniya i vosproizvodstva ry'bny'x zapasov v vodoemax Srednej Azii i Kazaxstana". - Almaty, 1966. - P. 136-139
- 11 Ppavdin I.F. Pukovodctvo po izucheniyu py'b. [Fish Study Guide] M.: Pishhevaya ppomy'shlennoct', 1966.
- 12 By'xovckaya -Pavlovckaya I.E. Papazitologicheskoe icclodovanie py'b. [Parasitological research of fishes.] -M: Izd -vo Akademii nauk CCCP, 1952.
- 13 Gaevsckaya A. V. Parazity' i bolezni morskix i okeanicheskix ry'b v prirodny'x i iskusstvenny'x usloviyax. [Parasites and diseases of marine and oceanic fish in natural and artificial conditions.] - Sevastopol': E'KOSI-Gidrofizika,- P. 237.
- 14 Pod ped. O.N. Bauepa. Oppedelitel' papazitov precnovodny'x py'b fauny' CCCP. Papaziticheckie mnogokletochny'e. [Determinant of parasites of freshwater fish fauna of USSR. Parasitic multicellular.] - L.: Nauka, 1987. - Vol. 3.
- 15 Barbol B.I. O tret'ej generacii vozbuditelej ergazileza ryb v vodoemah Kazahstana [About the third generation of fish ergazilyosis pathogens in the reservoirs of Kazakhstan], Materialy Mezhd. Nauchn. Konf. Studentov i molodyh uchenyh "FARABI ALEMI". - Almaty, 2019. -P. 446-448

Авторлар туралы мәлімет:

Барбол В.І. - "Қазақ ғылыми-зерттеу ветеринария институты" ЖШС Паразитология және микология бiлiмiнiң кiшi ғылыми қызметкерi, Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университетiнiң 8D05101-Биология мамандығы бойынша 1-курс докторанты, Алматы, Қазақстан.

Абдыбекова А.М. - ветеринария ғылымдарының докторы, профессор, "Қазақ ғылыми-зерттеу ветеринария институты" ЖШС бас директорының орынбасары, Алматы, Қазақстан.

Жақсылықова А.А. - "Қазақ ғылыми-зерттеу ветеринария институты" ЖШС Паразитология және микология бөлiмiнiң кiшi ғылыми қызметкерi, Алматы, Қазақстан.

Мамиллов Н.Ш. - биология ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университетiнiң Биология және биотехнология факультетi Биоалуантүрлiлiк және биоресурстар кафедрасының доцентi, Алматы, Қазақстан.

Barbol B.I. - junior researcher of the Department of Parasitology and Mycology of LLP "Kazakh research veterinary institute", doctoral degree student of the Al-Farabi Kazakh National University, specialty 8D05101-Biology, Al-Farabi Avenue 71, Almaty, 050040, Kazakhstan.

Abdybekova A.M. - doctor of veterinary Sciences, Professor, Deputy General Director of LLP "Kazakh research veterinary institute", Raiymbek Avenue 223, Almaty, 050016, Kazakhstan

Zhaksylykova A.A. - junior researcher of the Department of Parasitology and Mycology of LLP "Kazakh research veterinary Institute", 8 Abay Avenue, Almaty city, 050010, Kazakhstan.

Mamilov N.Sh. - candidate of biological Sciences, associate Professor of the Department of Biodiversity and bioresources of the faculty of Biology and biotechnology of Al-Farabi Kazakh national University, Al-Farabi Avenue 71, Almaty, 050040, Kazakhstan.

Редакцияға 17.09.2020 қабылданды

МРНТИ 34.19.27.

С.А. Вахбаева¹, Н.П. Бгатова², Ш.М.Жумадина³

¹ Павлодарский государственный университет им. С.Торайгырова, Павлодар, Казахстан

² Научно-исследовательский институт клинической и экспериментальной лимфологии – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук», Новосибирск, Россия

³ АО Казахский агротехнический университет им. С. Сейфулина, Нур-Султан, Казахстан
(E-mail: ¹ saule0577@mail.ru, ² n_bgatova@ngs.ru, ³ ms.zhumadina@mail.ru)

Ультроструктурные особенности белок-синтетического и энергетического компарментов гепатоцитов в динамике отдаленного опухолевого роста

Аннотация: В статье приведены результаты ультроструктурной организации гепатоцитов животных в условиях моделирования периферического опухолевого роста. В качестве модели опухолевого роста была взята гепатокарцинома-29, клетки которой прививали в мышечную ткань бедра мышам линии СВА. Методами световой и электронной микроскопии оценивали ультроструктуру гепатоцитов в условиях нормы и отдаленного опухолевого роста через 3, 7, 13 и 30 суток эксперимента. Показано, что к 30-м суткам развития опухоли в гепатоцитах развиваются структурные признаки, свидетельствующие о нарушении белок-синтетической и энергетической функции клеток. Происходит снижение объемной плотности цистерн гранулярной эндоплазматической сети, митохондрий и численной плотности прикрепленных и свободных полисомальных рибосом. Полученные результаты косвенно свидетельствуют о развивающейся недостаточности функции печени в условиях периферического опухолевого роста.

Ключевые слова: гепатоциты, ультроструктура, эндоплазматический ретикулум, рибосомы, митохондрии, белок-синтетическая функция, опухолевый рост

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2019-129-4-15-21>

Работа выполнена при поддержке гранта АО "Центр международных программ" (договор от № 4141 от 26 декабря 2016 года) и бюджетного финансирования НИИКЭЛ-филиал ИЦиГ СО РАН № 0324-2019-045-С-02.

Актуальность. Печень обладает множеством функций, включая детоксикацию, продукцию различных гормонов и белков, хранение витаминов. Она играет ключевую роль в регулировании сахара в крови, продукции и секреции желчи, кетоновых тел, регуляции липидного обмена [1]. Она является центральным органом химического гомеостаза, выполняет более 500 метаболических функций. Установлена и доказана ключевая роль печени в реакциях обмена углеводов, липидов, белков, макро- и микроэлементов, витаминов, поддержании иммунного баланса в организме. Нарушение ее функций влечет за собой каскад патологических изменений в организме, которые ухудшают качество жизни [2]. Известно, что наибольшее количество белка синтезируется в мышечной ткани, однако в пересчете на 1 г массы, в печени их производится больше. В печени образуются не только собственные белки гепатоцитов, но и большое количество секретируемых белков, необходимых для нужд организма в целом. К наиболее важным из них относится альбумин, синтез которого составляет 25% от общего образования белков в печени и 50% - от количества секретируемых белков.

Печень, как центральный орган детоксикации и метаболизма, в наибольшей степени подвержена токсическому воздействию продуктов злокачественного роста. В связи с неуклонным ростом онкологической заболеваемости, актуальным является изучение возможных изменений ультроструктуры гепатоцитов, влекущих нарушение функции печени в условиях опухолевого роста в отдаленных органах, с целью коррекции ее состояния для поддержания гомеостаза организма.

Цель исследования. Оценить ультроструктурную организацию белок-синтетического и энергетического компарментов гепатоцитов в динамике отдаленного опухолевого роста

Методика исследования. Экспериментальное исследование проведено на мышках-самцах линии СВА массой 18–20 г в возрасте 3-х месяцев. Животных содержали на стандартной диете со свободным доступом к воде и пище. Работу с животными проводили в соответствии с «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных».

В эксперименте использовано 2 группы животных. В 1 группу вошли интактные мыши ($n=5$); во 2 группу – животные с развитием опухолевого процесса ($n=20$). Для индукции опухолевого роста использовали клетки гепатокарцинома-29. Гепатокарцинома-29 получена и верифицирована сотрудниками Института цитологии и генетики СО РАН [3] и любезно предоставлена для нашего исследования. Модель опухолевого роста гепатокарцинома-29 является хорошо апробированной на мышках линии СВА и надежной моделью для изучения опухолевой прогрессии и метастазирования [3].

Клетки ГК-29 перевивали мышам линии СВА в брюшную полость, через 10 суток производили забор асцитической жидкости, суспендировали в 10-кратном объеме физиологического раствора и вводили по 0,1 мл интактным животным в мышцу правого бедра. Забор материала для исследований проводили через 3, 7, 13 и 30 суток эксперимента. Животных выводили из эксперимента под эфирным наркозом методом кранио-цервикальной дислокации.

Для электронно-микроскопического исследования образцы печени фиксировали в 4 % растворе параформальдегида, приготовленном на среде Хенкса, дофиксировали в течение 1 часа в 1 % растворе OsO_4 (осмий тетроксид) (Sigma, США) на фосфатном буфере ($pH=7,4$), дегидратировали в этиловом спирте возрастающей концентрации и заключали в эпон (Serva, Германия). Полутонкие срезы толщиной 1 мкм получали на ультрамикротоме Leica EM UC7 (Германия/Швейцария), окрашивали толуидиновым синим, изучали под световым микроскопом «LEICA DME» (Германия), фотографировали с помощью компьютерной программы «Aview».

Ультратонкие срезы толщиной 70-100 нм контрастировали насыщенным водным раствором уранилацетата и цитратом свинца и изучали в электронном микроскопе JEM 1010 (Япон). Гепатоциты морфометрировали с помощью компьютерной программы ImageJ. Оценивали объемную плотность митохондрий, цистерн гранулярной эндоплазматической сети, липидных включений, гликогена, первичных, вторичных лизосом и численные плотности прикрепленных и свободных полисомальных рибосом. Статистическую обработку данных проводили с использованием программы Statistica 6.0. Вычисляли средние значения и стандартное отклонение, достоверность различий рассчитывали по U-критерию Манна-Уитни и принимали при значениях $p < 0,05$.

Результаты и обсуждения. В условиях отдаленного опухолевого роста наблюдали изменение ультраструктурной организации гепатоцитов. Было отмечено возрастание объемной плотности лизосом на фоне общей тенденции к снижению содержания остальных органелл клетки (таблица 1, рисунок 1). Изменялась величина объемной плотности митохондрий. На 3-и сутки эксперимента величина данного показателя снизилась на 22% ($p < 0,05$), а на 30-е сутки опухолевого роста она составила 68% ($p < 0,05$) от соответствующего значения в контроле (рисунок 2). Митохондрии представляют собой клеточные органеллы, которые играют важную роль в биоэнергетических процессах. Их дисфункция приводит к нарушению многих внутриклеточных процессов, в том числе и к нарушению белкового синтеза, так этот процесс является энергозависимым.

Источником энергии в гепатоцитах может быть гликоген. Объемная плотность гликогена уменьшалась на 67% ($p < 0,05$) на 3-и сутки развития опухоли, в последующем величина данного показателя достоверно возрастала на 30-е сутки эксперимента (рисунок 3). На 30-е сутки эксперимента отмечали достоверное снижение объемной плотности цистерн эндоплазматического ретикулума (рисунок 4). Эндоплазматический ретикулум представляет собой динамическую мембранно-связанную органеллу, которая примыкает к ядерной оболочке и распространяется по всей цитоплазме в виде сетчатого массива из соединенных мешочков и ветвящихся канальцев. Эндоплазматический ретикулум участвует в метаболических путях

синтеза белков и различных липидов, включая холестерин, фосфолипиды и нейтральные липиды [4].

Таблица 1 - Результаты морфометрического исследования печени в условиях отдаленного опухолевого роста ($M \pm m$)

Исследованные Параметры	Контроль	3 сут	7 сут	13 сут	30 сут
Митохондрии (Vv)	37,52±1,17	29,22±1,01*	34,22±1,24	34,78±0,58	25,17±0,87*
Гранулярная ЭПС (Vv)	33,63±2,45	38,74±1,30	31,2±1,32	30,15±1,80	20,18±0,77*
Рибосомы прикрепленные (NA)	85,75±3,63	73,23±2,46	78,16±3,56	77,40±3,62	29,36±1,34*
Рибосомы свободные полисомальные (NA)	40,12±0,99	22,24±0,64*	13,22±1,51*	10,46±0,83*	11,54±0,36*
Лизосомы первичные (Vv)	2,00±0,11	2,67±0,47	1,72±0,05*	3,15±0,20	2,73±0,15
Лизосомы вторичные (Vv)	1,06±0,11	3,88±0,64	1,61±0,10*	1,78±0,11	2,37±0,14*
Липидные включения (Vv)	8±0,71	6,21±0,65	6,11±0,31	1,78±0,11**	2,37±0,40*
Гликоген (Vv)	14,21±0,59	4,71±1,02*	16,72±1,19	13,5±0,51	17,75±0,91*

Примечание: Vv - объемная плотность структур (% от объема цитоплазмы); NA - численная плотность структур (число в тестовой площади);

* - обозначены величины, достоверно отличающиеся от соответствующих показателей у интактных животных контрольной группы; 3 сут, 7 сут, 13 сут, 30 сут – сутки после имплантации клеток гепатокарциномы-29 в мышечную ткань бедра экспериментальных животных.

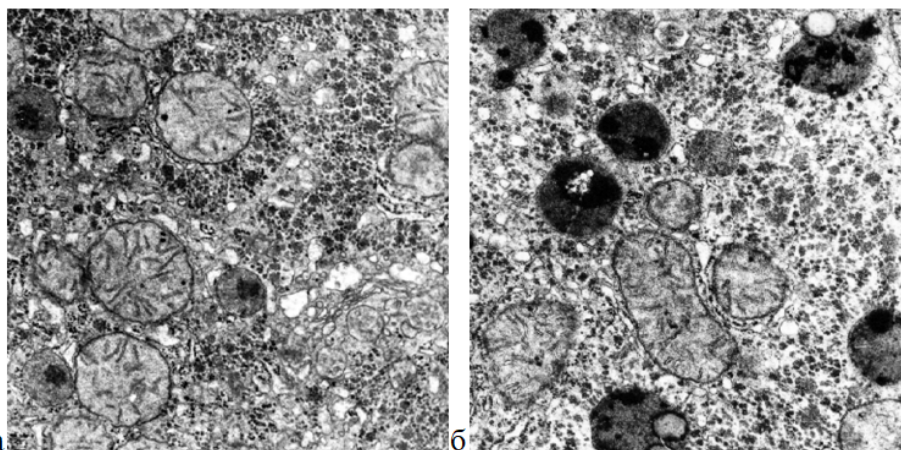


Рисунок 1 – Ультраструктурная организация гепатоцитов в контроле (а) и условиях отдаленного опухолевого роста (б). Снижение содержания цистерн гранулярного эндоплазматического ретикулума, рибосом, митохондрий и возрастание лизосом в гепатоците мыши через 30 суток развития опухолевого процесса. Увеличение $\times 8000$.

Было выявлено уменьшение численной плотности прикрепленных и свободных полисомальных рибосом. Численная плотность полисомальных рибосом на 30 сут снизилось в 3,5 раза, а прикрепленных рибосом в 3 раза (рис. 5). Известно, что содержание

рибосом в клетке определяет потенциальный уровень белкового синтеза. Считается, что на прикрепленных рибосомах гранулярного эндоплазматического ретикулума преимущественно синтезируются белки на экспорт, а на свободных полисомальных комплексах образуются белки на построение собственных мембран клетки.

Полученные нами данные о снижении объемной плотности цистерн гранулярной эндоплазматической сети и численной плотности прикрепленных и свободных полисомальных рибосом свидетельствуют о снижении белок-синтетической функции гепатоцитов в условиях отдаленного опухолевого роста.

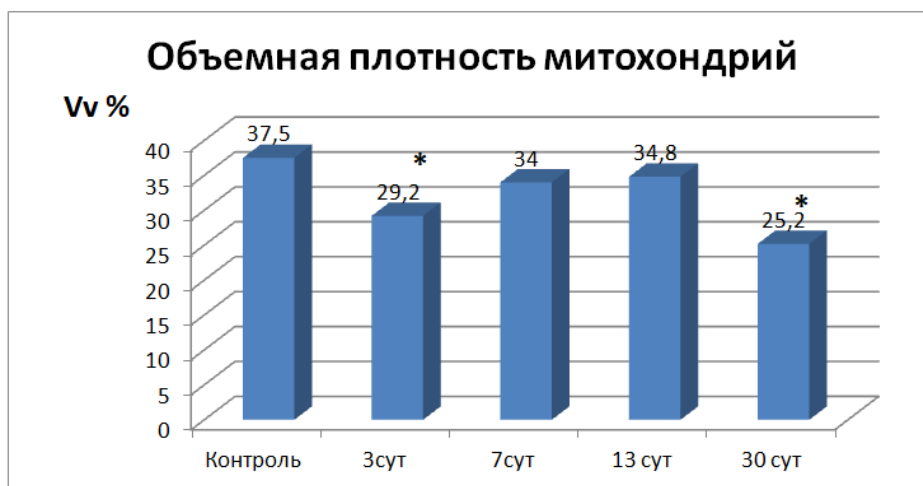


Рисунок 2 – Объемная плотность митохондрий в цитоплазме гепатоцитов в условиях отдаленного опухолевого роста.

Vv – объемная плотность органелл (%); 3 сут, 7 сут, 13 сут, 30 сут – время развития гепатокарциномы в области бедра экспериментальных животных;

* - обозначены величины, достоверно отличающиеся от соответствующих показателей у интактных животных контрольной группы $p < 0,05$.

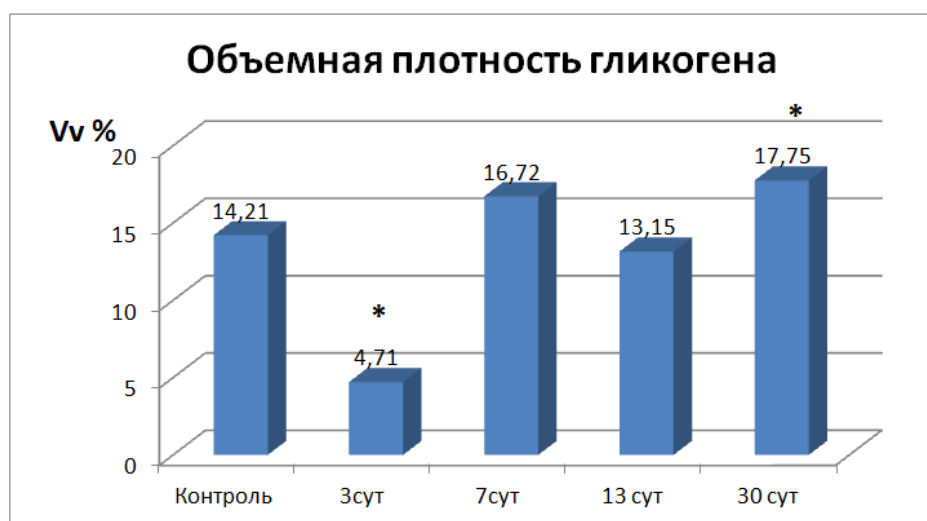


Рисунок 3 – Объемная плотность гликогена в цитоплазме гепатоцитов в условиях отдаленного опухолевого роста.

Vv – объемная плотность органелл (%); 3сут, 7 сут, 13 сут, 30 сут – время развития гепатокарциномы в области бедра экспериментальных животных;

* - обозначены величины, достоверно отличающиеся от соответствующих показателей у интактных животных контрольной группы $p < 0,05$.

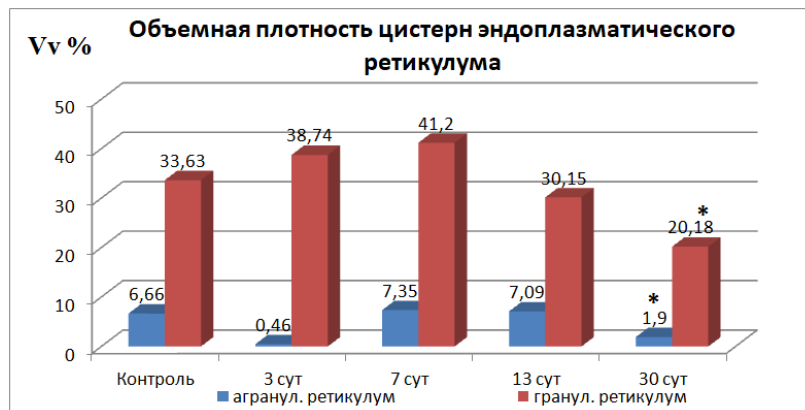


Рисунок 4 – Объемная плотность цистерн эндоплазматического ретикулума в цитоплазме гепатоцитов в условиях отдаленного опухолевого роста.

Vv – объемная плотность органелл (%); 3 сут, 7 сут, 13 сут, 30 сут – время развития гепатокарциномы в области бедра экспериментальных животных;

* - обозначены величины, достоверно отличающиеся от соответствующих показателей у интактных животных контрольной группы $p < 0,05$.

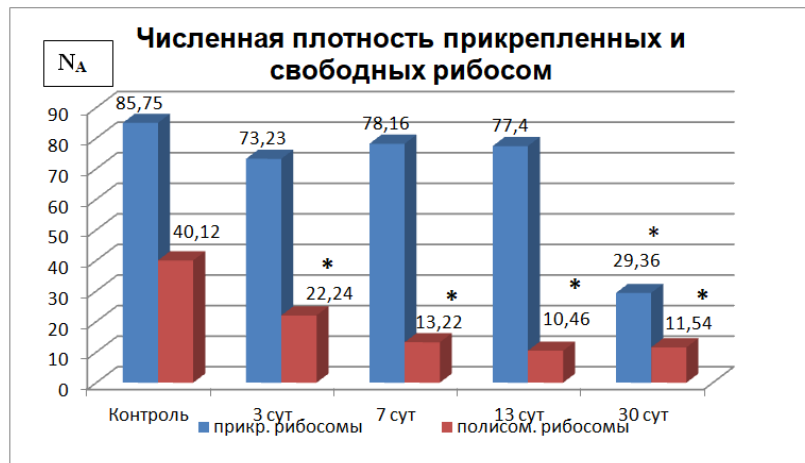


Рисунок 5 – Численная плотность прикрепленных и свободных полисомальных рибосом в цитоплазме гепатоцитов животных в динамике опухолевого роста экспериментальной гепатокарциномы-29 в мышечной ткани бедра. NA – численная плотность структур; 3, сут, 7 сут, 13 сут, 30 сут – время развития гепатокарциномы в области бедра экспериментальных животных;

* - обозначены величины, достоверно отличающиеся от соответствующих показателей у интактных животных контрольной группы $p < 0,05$.

Структурные изменения в печени определялись развитием опухолевого процесса. К 30-м суткам эксперимента в мышечной ткани бедра образовывался опухолевый узел [5]. При этом в динамике опухолевого роста наблюдали существенные изменения свободно-радикального окисления липидов. Отмечали повышение уровня вторичных продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ), что было связано с инвазией опухолевых клеток и повреждением мембранных структур [3] и не могло не оказывать токсического влияния на печень.

Таким образом, полученные нами данные свидетельствуют, что в условиях моделирования периферического опухолевого роста в мышечной ткани бедра экспериментальных животных, в цитоплазме гепатоцитов, к 30-м суткам развития опухоли отмечаются ультраструктурные признаки, косвенно свидетельствующие о развитии недостаточности функции клеток - снижаются объемные плотности митохондрий, цистерн гранулярной эндоплазматической сети, уменьшаются численные плотности прикрепленных и свободных полисомальных рибосом..

Закключение. Методами световой и электронной микроскопии выявлено, что при моделировании опухолевого роста - гепатокарциномы-29 - в мышечной ткани бедра

экспериментальных животных к 30-м суткам развития опухоли в гепатоцитах развиваются структурные признаки, свидетельствующие о нарушении белок-синтетической и энергетической функции клеток. Происходит снижение объемной плотности цистерн гранулярной эндоплазматической сети и митохондрий и численной плотности прикрепленных и свободных полисомальных рибосом. Полученные результаты косвенно свидетельствуют о развивающейся недостаточности функции печени в условиях периферического опухолевого роста.

Список литературы

- 1 Flores-Toro J. A., Go K. L., Leeuwenburgh C., Kim J. – S. Autophagy in the liver: Cell cannibalism and beyond. Arch Pharm Res, -2016. – Vol. 39. №8. – P. 1050-1061.
- 2 Уша Б.В. Биохимические показатели крови собак при гастрите /Б.В. Уша, Г.М. Крюковская, Т.Б. Горовая, Э. Жавнис // Ветеринария. -2006.-№12.-С.54-56.
- 3 Каледин В.И., Жукова Н.А., Николин В.П. и др. Гепатокарцинома-29 – метастазирующая перевиваемая опухоль мышей, вызывающая кахексию // Бюл. экспер. биол. -2009. – Т. 148. №12. – С. 664-669.
- 4 Lev S. Nonvesicular lipid transfer from the endoplasmic reticulum. Cold Spring Harb. Perspect. Biol // - 2012 – Т. 4 № 10. – P. 1-16.
- 5 Bakhbaeva S., Bgatova N., Taskaeva Yu., Makarova V., Borodin Yu. Ultrastructural Organization of Hepatocytes in Distant Tumor Growth. Symposium Systems Biology and Biomedicine (SBioMed-2018). Abstracts. 2018. С. 18.

С.А. Бахбаева¹, Н.П. Бгатова², Ш.М. Жумадина³

¹ С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар, Қазақстан

² Клиникалық және эксперименттік лимфологияның ғылыми-зерттеу институты - Федералды мемлекеттік бюджеттік ғылыми мекеменің филиалы «Ресей ғылым академиясының Сібір бөлімінің цитология және генетика институтының федералдық зерттеу орталығы», Новосибир, Ресей

³ «С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті» АҚ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

Қашықтағы ісіктің өсу динамикасында ақуыз-синтетикалық және энергетикалық бөлімдеріндегі гепатоциттердің ультрақұрылымдық ерекшеліктері

Аңдатпа. Мақалада қашықтағы ісіктің өсуін модельдеу жағдайында жануарлардың гепатоциттерінің ультрақұрылымдық ұйымдасуының нәтижелері келтірілген. Гепатокарцинома-29 ісік өсуінің моделі ретінде алынды, оның жасушалары СВА желілі тышқандардың бұлшықеттеріне егілді. Тәжірибенің 3, 7, 13 және 30 тәуліктерінде қалыпты жағдайдағы және қашықтағы ісіктің өсуіндегі гепатоциттердің ультрақұрылымын жарық және электрондық микроскопия әдісі арқылы бағаладық. 30-шы тәулікте гепатоциттердегі ісіктің дамуында құрылымдық белгілердің өзгерісі байқалды, яғни бұл жасушаның ақуыз-синтетикалық және энергетикалық қызметтерінің бұзылуына әкелетіндігін көрсетті. Мұнда митохондриялар тіркелген, сонымен қатар еркін полисомдық рибосомалардың сандық тығыздығының, гранулярлық эндоплазмалық тор цистерналарының көлем тығыздығының төмендеуі байқалады. Қашықтағы ісіктің өсу кезінде бауырда секреторлық қызметтің жеткіліксіз дамуын дәлелдейтін нәтижелер алынды.

Түйін сөздер: гепатоциттер, ультрақұрылым, эндоплазмалық тор, рибосомалар, митохондриялар, ақуыз-синтетикалық функциялар, ісіктердің өсуі.

S.A. Bakhbayeva¹, N.P. Bgatova², Sh.M. Zhumadina³

¹ S. Toraiygyrov Pavlodar State University, Pavlodar, Kazakhstan

² Research Institute of Clinical and Experimental Lymphology - branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences", Novosibirsk, Russia

³ JSC S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Nur-Sultan, Kazakhstan

Ultrastructural features of protein-synthetic and energy compartments of hepatocytes in the dynamics of distant tumor growth

Abstract: The article presents the results of the ultrastructural organization of animal hepatocytes under the conditions of peripheral tumor growth modeling. Hepatocarcinoma-29 was taken as a model of tumor growth, the cells of which were grafted into the thigh muscle tissue in CBA mice. The ultrastructure of hepatocytes was evaluated by light and electron microscopy under normal and distant tumor growth conditions after 3, 7, 13, and 30 days of the experiment. It has shown that by the 30th day of tumor development in the hepatocytes, structural signs develop, indicating a violation of the protein-synthetic and energy function of cells. There is a decrease in bulk density of the cisterns of the granular endoplasmic reticulum, mitochondria and the numerical density of attached and free polysomal ribosomes. The obtained results indicate the developing insufficiency of the secretory function of the liver under conditions of peripheral tumor growth.

Keywords: hepatocytes, ultrastructure, endoplasmic reticulum, ribosomes, mitochondria, protein-synthetic functions, tumor growth

References

- 1 Flores–Toro J. A., Go K. L., Leeuwenburgh C., Kim J. – S. Autophagy in the liver: Cell’s cannibalism and beyond. ArchPharmRes, 39. (8), 1050-1061.(2016).
- 2 Usha B.V., Kryukovskaya G.M., Gorovaya T.B., Zhavnis E., Usha B. V. Biohimicheskie pokazateli krovi sobak pri gastrite [Biochemical blood parameters of dogs with gastritis], Veterinariya. (12) 54-56 (2006), [in Russian].
- 3 Kaledin V. I., Zhukova N. A., Nikolin V. P. i dr. Gepatokartsinoma-29 – metastaziruyuschaya perevivaemaya opuhol myishey, vyzivayuschaya kaheksiya [Hepatocarcinoma-29 – Metastatic transplantable tumor of mice causing cachexia], Byul. eksper. biol. (12) 664-669 (2009)[in Russian].
- 4 Lev S. Nonvesicular lipid transfer from the endoplasmic reticulum. ColdSpringHarb. Perspect. Biol, 4 (10), 1-16(2012).
- 5 Bakhbaeva S., Bgatova N., Taskaeva Yu., Makarova V., Borodin Yu. Ultrastructural Organization of Hepatocytes in Distant Tumor Growth. Symposium Systems Biology and Biomedicine (SBioMed-2018). Abstracts. 2018. 18.

Сведения об авторах:

Бахбаева С.А. - докторант кафедры биологии и экологии по специальности 6D060700-Биология, Павлодарский государственный университет им.С.Торайгырова, 140013, ул. Ломова 62, Павлодар, Казахстан.

Бгатова Н.П. - д.б.н., профессор, заведующая лабораторией ультраструктурных исследований НИИ клинической и экспериментальной лимфологии – филиала ФГБНУ ФИЦ Институт цитологии и генетики СО РАН, ул. Акад. Тимакова 2, Новосибирск, Россия.

Жумадина Ш.М. - д.б.н., профессор кафедры «Биологических наук», АО Казахский агротехнический университет им. С. Сейфулина, проспект Женис 62, Нур-Султан, Казахстан.

Bakhbaeva S.A. - PhD student of Biology and Ecology Department in 6D060700- Biology, S. Toraihyrov Pavlodar State University, 140013, 64 Lomov street, Pavlodar, Kazakhstan.

Bgatova N.P. - Doctor of Biological Sciences, professor, head of Ultrastructural Research Institute of Clinical and Experimental Lymphology Laboratory – branch of FSBSI Federal Research Center Institute of Cytology and Genetics SB RAS, 2 Academician Timakov street, Novosibirsk, Russia.

Zhumadina Sh.M. - Doctor of Biological Sciences, professor of Biological Sciences Department, JSC S. Seifullin Kazakh Agrotechnical university, 62 Zhenis Avenue, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Поступила в редакцию 11.10.2019

**Р.Ж. Ермухамбетова, А.Б. Курманбаева, А.Ж. Бектурова, Б.Ж. Гадильгереева,
У.И. Аманбаева, К.Е. Жанасова, Ж.К. Масалимов**

*Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
(E-mail: rozazhaks@gmail.com, kurmanbayeva.assylay@gmail.com, assemgulbekturova@yahoo.com,
gadilgereyeva_bzh@bk.ru, amanbaeva.u@gmail.com, kuka2812.kz@gmail.com,
massalimov@gmail.com)*

Аспекты воздействия абиотических стрессов и их комбинаций на растения

Аннотация: Растения подвергаются ряду индивидуальных и комбинированных стрессовых факторов. В ответ на стрессы в организме проходят изменения, направленные на уменьшение воздействия и выживание растения. Основным механизмом повреждений, вызванных абиотическими стрессами, является генерация активных форм кислорода, таких как радикалы супероксида, перекись водорода и гидроксильные радикалы. Оксидативный стресс через повышенную генерацию АФК приводит к оксидативным повреждениям в биологических макромолекулах. В данном обзоре представлены влияния высокой и низкой температур и засухи на морфологические, физиологические и цитологические параметры растений и оксидативный стресс как результат стрессовых факторов.

Ключевые слова: абиотический стресс, тепловой стресс, холодовой стресс, засуха, оксидативный стресс, активные формы кислорода, комбинированный стресс.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2019-129-4-22-34>

Введение. Растения, являясь неподвижными организмами, очень часто подвергаются различным негативным условиям окружающей среды. Климатические факторы, такие как экстремальная температура и засуха, а также контаминация почвы высокими концентрациями солей, относятся к числу абиотических стрессовых факторов, которые ограничивают рост и развитие растений и тем самым уменьшают урожайность сельскохозяйственных культур. Данные факторы и индивидуально и в комбинации негативно влияют на все структурные уровни организма. Одновременное подвергание двум и более стрессовым факторам может увеличить их эффект, либо из-за противоположных действий может уменьшить последствия стресса.

Ответ на стрессы окружающей среды происходит на всех уровнях организма. Ответы на уровне клеток отражаются в перестроении мембранной системы, модификации структуры клеточной стенки и изменениях в клеточном цикле и делении. В дополнение происходят изменения метаболизма, включая выработку необходимых веществ для стабилизации белков и клеточных структур и для поддержания тургора, а также изменения в окислительно-восстановительном метаболизме для удаления избыточных активных форм кислорода (АФК) и восстановления баланса в клетке [1]. На молекулярном уровне меняется экспрессия генов [2], и эпигенетическая регуляция играет важную роль в регуляции экспрессии генов в ответ на стресс [3]. В целом, растения подвергаются ряду морфологических, физиологических, биохимических и молекулярных изменений для смягчения негативных эффектов абиотических стрессовых факторов. Одним из важнейших последствий абиотических стрессов является оксидативный стресс, что при отсутствии защитных механизмов приводит к повреждению основных макромолекул клеток, таких как белки, липиды и нуклеиновые кислоты.

Низкая температура. Важные сельскохозяйственные культуры подвергаются низким субоптимальным температурам во многих регионах мира. Низкотемпературные стрессы можно разделить на две категории: холод ($0-15^{\circ}\text{C}$) и мороз ($> 0^{\circ}\text{C}$). Также в зависимости от их реакций на низкие температуры растения могут быть чувствительными к холоду, толерантными к холоду и толерантными к морозу [4]. Эффект холодого стресса зависит от температуры и времени подвергания стрессу. Проростковая стадия развития является самой чувствительной к холоду.

Подвержение растений холоду приводит к ряду транзистентных биохимических осложнений, включая термодинамическое замедление кинетики метаболических реакций [5]. Также меняется термодинамическое равновесие клетки, что в свою очередь может вызвать реориентацию неполярных аминокислот белков в сторону водной среды. Данное явление напрямую негативно влияет на растворимость и стабильность глобулярных белков, которые являются основными компонентами всех клеточных процессов [6].

Ответ на холодовой стресс на клеточном уровне начинается от изменения ригидности мембраны как первичной реакции, далее следуют перестройка цитоскелета, поступление ионов кальция, фосфорилирование белков, изменения в активности генов, увеличение количества защитных продуктов и вторичных метаболитов [7]. Ряд экспериментальных работ показали роль ригидности мембраны в первичном получении и дальнейшей передаче сигнала внутри клетки. К примеру, была проведена работа по определению детекции активации диацилглицерол киназы, которая происходит в течение первых секунд подвержения холоду и является начальным этапом ответа растений к холодовому стрессу [8]. Также добавление диметилсульфоксида (ДМСО) для увеличения ригидности мембраны вызвало экспрессию генов, ассоциируемых с холодом даже при оптимальной для роста температуре [9].

Холодовой стресс негативно влияет на всхожесть семян, задерживает развитие растений и, соответственно, приводит к потере урожайности сельскохозяйственных культур. Также наблюдались некротические повреждения листьев, задержка в развитии листовых пластинок, замедление клеточных делений, увядание и увеличение подверженности к патогенам и болезням [10]. В отношении корней растений холодовой стресс ингибирует рост корней, вызывая уменьшение длины, биомассы и морфологии, что, соответственно, снижает возможность нахождения питательных веществ и воды корневой системой [11].

Замедление роста и метаболических процессов в свою очередь приводит к снижению агрономических и урожайных свойств сельскохозяйственных культур. Холодовой стресс у нута на репродуктивной стадии привел к преждевременному прекращению цветения и изменению в расположений стручков [12]. В районах с умеренным климатом урожайность риса снижается на 30-40% из-за холодной температуры, так как холодовой стресс приводит к дегенерации колосков, деформации метелки и уменьшению фертильности колосков [13]. В зерновых культурах низкотемпературный стресс во время репродуктивного развития может вызывать опадение цветов, недоразвитие семян, стерильность пыльцы, искривление пыльцевой трубки, плохое завязывание плодов и, следовательно, снижение конечной урожайности [14].

Под воздействием холодового стресса также происходят негативные физиологические изменения. Снижается частота фотосинтеза из-за слабой устьичной и мезофильной проводимости CO₂, нарушенного развития хлоропласта и ограниченного транспорта. К тому же низкая температура снижает частоту фиксации CO₂ и сокращает количество свободных NADP⁺ для получения электронов из электрон-транспортной цепи [15].

Касательно водного режима, при холодовом стрессе растения показывали симптомы водного стресса, которые вызывались сниженной проводимостью воды корнями, сильным упадком водного потенциала листьев и потерей тургорного давления. Также наблюдались существенное уменьшение частоты транспирации и водопоглощения корней [16]. Слаборазвитая корневая система при холодовом стрессе, соответственно, приводит к слабому поглощению питательных веществ, в том числе азота, фосфора и калия. Уменьшение длины корней, низкая водопроводимость, слабое разветвление корневой системы и утолщение корневой оси под влиянием холодового стресса приводит к снижению обеспечению минеральными питательными веществами растений [17].

Высокая температура. Тепловой стресс можно определить как увеличение температуры почвы и воздуха выше допустимого уровня на минимальное время, достаточное для нанесения устойчивого вреда росту и развитию растения. В настоящее время температурный шок из-за поднимающейся атмосферной температуры становится одним из основных лимитирующих факторов урожайности сельскохозяйственных культур в мире [18].

Тепловой стресс существенно влияет на рост и развитие растений, однако степень эффекта зависит от интенсивности высокой температуры, продолжительности и скорости

увеличения температуры. Также играют роль виды и сорта растений, стадия развития при котором произошло воздействие теплового стресса. При экстремально высоких температурах повреждение или смерть клеток может наступить в течение нескольких минут, что приводит к коллапсу организма [19]. Как и другие виды абиотических факторов, тепловой стресс влияет на все аспекты растений, включая прорастание, рост, развитие, репродукцию и урожайность [20]. Тепловой стресс влияет на стабильность различных белков, мембран, видов РНК и цитоскелета, а также меняет эффективность ферментных реакций в клетке, тем самым создавая метаболический дисбаланс [21].

Высокая температура приводит к сильно выраженным морфологическим изменениям. Стресс может вызвать иссушение и выжигание листьев, ветвей и стеблей, старение и опадение листьев, задержку в росте стеблей и корней, изменение цвета и повреждение фруктов [22]. При экстремально высоких температурах в определенных клетках или тканях может пройти запрограммированная смерть клеток в течение считанных минут и даже секунд из-за денатурации либо агрегации белков, в то время как продолжительные умеренно-высокие температуры могут вызывать постепенную гибель. В обоих случаях наблюдаются опадение листьев, прекращение развития цветов и фруктов и даже гибель всего растения [23].

Урожайность сельскохозяйственных культур значительно падает даже при небольшом увеличении температуры. Падение урожайности было показано для большинства культур, включая злаковые (рис, пшеница, ячмень, сорго), бобовые, томат, канолу и т.д. [24, 25]. К тому же ухудшается качество продукта у злаковых и масличных культур, так как содержание жира, крахмала и белка существенно снижается при тепловом стрессе [26]. К примеру, под воздействием высокой температуры в зернах ячменя увеличивается содержание мальтозы и белок-образующих аминокислот, тогда как концентрации неструктурных углеводов, крахмала, фруктозы, рафинозы и липидов уменьшаются [27].

Нормальный водный режим особенно важен при изменениях температурных условий. Увеличение температуры при ограниченной подаче воды может привести к фатальным последствиям. При воздействии высокой температуры в сахарном тростнике наблюдалось снижение содержания воды в тканях листьев даже при достаточном наличии воды в почве [28]. Данный факт указывает на негативное влияние теплового стресса на водопроводимость корней. Тепловой стресс также уменьшает количество, массу и рост корней, что, соответственно, ограничивает подачу воды и питательных веществ в верхние части растений [29].

Фотосинтез является одним из самых тепло-чувствительных процессов в растениях. Тепловой стресс нарушает фотосинтез, негативно влияя на пигменты, фотосистему II и на регенеративную способность Рибулозобисфосфаткарбоксилаза (РБФК) [30]. Также в хлоропласте проходит ряд изменений под воздействием высокой температуры, включая измененную структурную организацию тилакоидов, потерю укладки и увеличение гран [31].

Высокая температура значительно влияет на водный режим листьев, устьичную проводимость и на концентрацию внутриклеточного CO_2 [32]. Соответственно, закрытие устьиц под влиянием тепла является еще одной причиной нарушения фотосинтеза и изменения концентрации CO_2 [31].

Тепловой стресс обычно приводит к уменьшению содержания хлорофилла [33]. Это может быть из-за снижения биосинтеза либо из-за увеличения его деградации, либо из-за комбинированного эффекта обеих причин. Биосинтез хлорофилла в основном снижается путем инактивации различных ферментов данного процесса. К примеру, синтез хлорофилла в огурце (*Cucumis sativus L.*) снизился на 60% при 42°C по причине ингибирования синтеза 5-аминолевулината [34]. Также при тепловом стрессе проходит быстрый распад хлорофиллов *a* и *b* в развитых листьях [35].

Точный и верный механизм первичного распознавания теплового стресса все еще не установлен. Как физический сигнал тепловой стресс может одновременно повлиять на все части клетки. Поэтому можно предположить, что существует несколько механизмов первичных сенсоров. Что установлено, так это факт, что в качестве раннего ответа на тепловой стресс Ca^{2+} поступают в цитоплазму и ремоделируется цитоскелет, что дальше активирует сигнальные каскады [23]. Данный процесс приводит к образованию антиоксидантов и

осмолитов, а также к экспрессии белков теплового шока. Основными последствиями теплового стресса являются денатурация белков, нестабильность нуклеиновых кислот и цитоскелетной структуры, увеличение текучести мембраны, инактивация синтеза и деградация белков, а также потеря целостности мембраны [23, 36].

Засуха. Растения подвергаются засушливым условиям, если ограничена подача воды корням либо потеря воды путем транспирации очень высокая. Засуха негативно влияет на рост, на водный режим и подачу питательных веществ, на фотосинтез и распределение ассимилятов, тем самым напрямую вызывает снижение урожайности сельскохозяйственных культур [28]. В целом, дефицит воды представляет одну из важнейших проблем в продуктивности растений, так как активизирует оксидативный, осмотический и температурный стрессы одновременно [37].

Изначальный эффект засухи проявляется в плохом прорастании и нарушении всхожести из-за ограничения насыщением водой. Были показаны снижения в потенциале прорастания, в раннем росте проростков, в сухом весе корней и побегов, в длине гипокотыля и вегетативном росте для ряда сельскохозяйственных культур [38, 39]. Засуха нарушает митоз и удлинение клеток, что приводит к плохому росту. Основная же причина нарушения клеточного роста заключается в потере тургора. Количество листьев и размер индивидуальных листьев также уменьшается под воздействием засухи. В нормальных условиях увеличение листовой пластинки зависит от тургорного давления и подачи ассимилятов. Соответственно, снижение давления и замедление фотосинтеза при засухе не позволяет листьям расширяться. Также при засухе наблюдается уменьшение высоты растений и диаметра стеблей [40].

Вызванное засухой снижение урожайности было описано для ряда важных культур. У бобовых засуха может значительно сократить урожай семян путем ограничения образования цветков и стручков, увеличения преждевременного прекращения развития цветков и стручков и уменьшения размера семян [41]. Было подсчитано, что засуха может снизить мировую урожайность нута на 33% [42]. У соевых водный дефицит значительно сократил количество ветвей и общий урожай семян [43]. Снижение урожайности, вызванное засухой, может быть связано с различными факторами, такими как снижение скорости фотосинтеза, нарушение распределения ассимилятов или слабое развитие удлиненных листьев.

На водный режим влияют водный потенциал листьев, температура листьев и покрова, скорость транспирации и устьичная проводимость. Воздействие засухи нарушает все эти факторы в растениях, однако больше всего повреждается устьичная проводимость [28]. Первым и главным ответом почти всех растений на водный дефицит является закрытие устьиц, чтобы избежать потери воды через транспирацию. Значительное снижение водного потенциала листьев и скорости транспирации в условиях засухи в свою очередь приводят к увеличению температуры листьев и покровов. Другой важной особенностью физиологической регуляции растений является эффективность использования воды, которая представляет собой соотношение накопленного сухого вещества к потребляемой воде. Засухоустойчивые сорта пшеницы показывают более высокую эффективность использования воды при стрессе [44]. Данное улучшение эффективности использования воды обусловлено главным образом накоплением сухого вещества за счет потребления меньшего количества воды из-за закрытия устьиц и меньшей скорости транспирации.

Засуха также снижает доступность, поглощение, перенос и метаболизм питательных веществ [28]. Многие важные питательные вещества, в том числе азот, кремний, магний и кальций, поглощаются корнями вместе с водой. Условия засухи ограничивают движение этих питательных веществ с помощью диффузии и массы, что приводит к замедлению роста растений. Растения увеличивают длину и площадь поверхности корней и изменяют их структуру, чтобы захватить менее подвижные питательные вещества. Воздействие стресса засухи в растениях обычно уменьшает как поглощение питательных веществ корнями, так и транслокацию от корней до побегов [45].

Стресс водного дефицита снижает фотосинтез за счет уменьшения площади листа и снижения скорости фотосинтеза на единицу площади листа. Засуха замедляет скорость фиксации углерода путем прямого ограничения метаболизма или путем ограничения входа CO_2 в лист [28, 46]. Дисбаланс между захватом и использованием света, снижение активности

РБФК, изменения в фотосинтетических пигментах и повреждение фотосинтетического аппарата являются одними из основных причин ингибирования фотосинтеза во время засухи.

В ответ на засуху растения активируют три основные категории генов, которые канонически модулируют биохимические/физиологические и/или молекулярные пути [47]. Они являются (1) генами, участвующими в "защите мембран; поглощении/переносе воды и ионов" и обеспечивающими клеточную толерантность, и (2) регуляторными генами, участвующими в контроле сигналов/транскрипции. Растения принимают сигналы окружающей среды и передают сигнал через каскады молекул. Эти сигнальные молекулы вызывают экспрессию специфических генов, приводящих к соответствующим физиологическим/биохимическим ответам. В растениях были идентифицированы ряд генов/транскрипционных факторов, показывающих дифференциальную экспрессию под воздействием засухи [2].

Молекулярный ответ растений на засуху делится на абсцизовую кислоту (АБК) -зависимую и АБК-независимую. Увеличение содержания АБК активирует (i) устьичное закрытие, (ii) накопление стрессовых белков и накопление метаболитов (защита клеток во время стресса) и (iii) накопление H_2O_2 в клетках, что сигнализирует об уменьшении содержания воды [48]. АБК-независимый путь включает H_2O_2 -опосредованное закрытие устьиц [49].

Комбинированный эффект температурного стресса с засухой. Большинство работ, связанных с влиянием стрессовых факторов на растения, направлено на изучение индивидуальных абиотических факторов. Однако необходимо глубокое понимание защитных ответов растений комбинированным факторам для улучшения адаптации растений в полевых условиях. Сельскохозяйственные культуры периодически подвергаются перепадам температур и осадков. Примечательно, что комбинированный эффект высокой температуры и засухи показывает синергию и тем самым увеличивает вдвое их индивидуальные последствия [50]. В полевых условиях дефицит воды и высокая температура часто воздействуют одновременно.

Комбинация низкой температуры и засухи исследована меньше по причине того, что в естественных условиях данные факторы редко сопровождают друг друга. Доступные работы позволяют предположить, что совместное воздействие холодового стресса и засухи довольно-таки отличаются от их индивидуальных эффектов [51].

Оксидативный стресс. Общее для всех стрессовых факторов окружающей среды – это образование и аккумуляция активных форм кислорода и последующий оксидативный стресс в ответ на воздействие. Активные формы кислорода (АФК) как супероксид (O_2^-), гидроксильные радикалы (ОН.), перекись водорода (H_2O_2) и синглетный кислород (1O_2) являются полувосстановленными либо активированными формами атмосферного кислорода (O_2) и считаются неизбежными побочными продуктами аэробного метаболизма [52]. Без надлежащей регуляции концентрация АФК в клетках будет увеличиваться и приведет к окислительным повреждениям мембран (перокисление липидов), белков, молекул РНК и ДНК и даже может вызвать окислительное разрушение клетки. Данное негативное явление называется оксидативным (окислительным) стрессом [53].

Оксидативный стресс возникает в результате дисбаланса в образовании и обезвреживании АФК. При оптимальных условиях в клетках данный процесс предотвращается большим количеством АФК-нейтрализующих белков (супероксиддисмутаза, аскорбат пероксидаза, каталаза, глутатион пероксидаза, альдегидоксидаза, т.д.) и антиоксидантами, такими как аскорбиновая кислота и глутатион [54]. Однако в естественных условиях АФК также активно образуются и в качестве сигнальных молекул. Данный гомеостаз между образованием и утилизацией АФК поддерживается индивидуально во всех клеточных компартментах. Различия в уровнях АФК в различных компартментах клеток создают определенные АФК паттерны. Эти паттерны могут меняться в зависимости от вида клетки, ее стадии развития или уровня стресса. Различные абиотические стрессы и/или различные комбинации стрессов соответственно вызывают образование отличных друг от друга АФК паттернов в клетках растений [54].

Различные абиотические стрессы и/или различные комбинации стрессов, соответственно, вызывают образование отличных друг от друга АФК паттернов в клетках растений [54].

При воздействии абиотического стресса АФК образуются в двух разных направлениях: образование АФК как следствие нарушения метаболической активности (метаболические АФК) и образование АФК в качестве сигнальной молекулы для формирования ответа к стрессу (сигнальные АФК).

Основными источниками образования АФК во время абиотического стресса являются хлоропласт, митохондрия, пероксисома и апопласт. Абиотические стрессы, ограничивающие поступление CO₂ путем закрытия устьиц, индуцируют продукцию супероксида и синглетного кислорода в хлоропластах [55]. Синглетный кислород в хлоропластах может вызвать репрограммирование экспрессии генов и привести к хлорозу и апоптозу, также активировать ряд клеточных ответов к абиотическим и биотическим стрессам. АФК в хлоропласте удаляется в результате работы Fe- и CuZn-СОД-ов, аскорбиновой кислоты и глутатиона [56].

Аккумуляция митохондриальных АФК во время абиотических стрессов в основном вызывается утечкой электронов для образования радикалов супероксида. В пероксисоме образуется перекись водорода как результат повышенного фотодыхания во время абиотического стресса и в последующем удаляется каталазой [57]. В отличие от вышеназванных трех источников образования АФК, в апопласте идет интенсивная аккумуляция АФК несколькими путями, механизм удаления этих АФК не так эффективен как внутри клетки. Данный факт позволяет избыточное накопление АФК в апопласте, что играет важную роль в системной передаче сигнала и защите от патогенов. Все данные виды механизмов образования и аккумуляции АФК отличаются интенсивностью и эффективностью при воздействии различных абиотических стрессовых факторов.

Таблица 1 – Сравнение эффектов абиотических стрессов

Эффекты	Засуха	Тепловой стресс	Холодовой стресс
Индивидуальные эффекты	-увеличение соотношения корень:стебель; -раннее созревание; -регуляция аквапоринов; -увеличение синтеза АБК	-увеличение текучести мембраны; -снижение активности фотосистемы II; -активация белков теплового шока	-задержка в вегетативном и репродуктивном развитии; -изменения в составе липидов; -увеличение вязкости мембраны; -удлинение клеточного цикла со снижением деления клеток; -некротические повреждения; -утечка ионов и аминокислот; -активация белков холодного шока
Общие/схожие эффекты	1. Для всех трех стрессов: -закрытие устьиц и снижение фотосинтеза -осмотический дисбаланс -избыточное образование АФК и окислительное повреждение; -активация антиоксидантных защитных механизмов; -Ca ²⁺ -опосредованная передача сигнала; -нарушение метаболических процессов; -нарушение принятия питательных веществ -изменения в структуре хлоропласта; -снижение опыления и цветения; -снижение урожайности		

Продолжение Таблицы 1

	2. Для засухи и холодого стресса: -потеря тургора и слабый рост; -регуляция дегидринов
	3. Для теплового и холодого стресса: -уменьшение площади поверхности корней; -денатурация белков
	4. Для засухи и теплового шока: -повышение температуры в верхушках и крайних листьях; -увядание листьев; -снижение содержания хлорофиллов и потеря зелени

На сегодняшний день известно, что данные абиотические стрессы могут вызвать дегидратацию клеток и накопление активных форм кислорода, что приводит к повреждению мембран и системы фотосинтеза на клеточном уровне. Несмотря на имеющиеся данные, исследования процессов развития окислительного стресса, вызванного температурой и/или дефицитом воды, носят в основном фрагментарный характер. Более того, кросс-взаимодействие этих факторов на развитие окислительного стресса в растениях практически не исследованы. В ряде работ было показано, что при комбинированном стрессе уровень АФК, экспрессия различных АФК-нейтрализующих ферментов и антиоксидантов показывают особые паттерны, не похожие на результаты воздействия каждого вида стресса индивидуально [58-60].

Однако большинство молекулярных механизмов, связанных с реакциями растений на комбинацию теплового стресса и дефицита воды, такие как изменения экспрессии генов, трансдукция сигналов и регуляторные сети, в основном неизвестны. Поэтому, работа в этом направлении будет первой попыткой исследования совместного действия разных абиотических факторов, таких как температура и водный дефицит на окислительный взрыв в растениях. Результаты этого исследования помогут более детально изучить молекулярные механизмы адаптации растений в ответ на «комбинированный» оксидативный стресс. Более того, выяснение механизмов защитных сигнальных систем, ассоциированных с генерацией и утилизацией АФК может стать основой для разработки новых экспериментальных подходов в направленном повышении устойчивости растений к условиям неблагоприятной среды. Данные подходы включают в себя исследования в области направленной селекции растений, а также создание новых трансгенных культур с повышенной устойчивостью к различным стресс-факторам.

Список литературы

- 1 Janska A., Marsik P., Zelenkova S., Ovesna J. Cold stress and acclimation—what is important for metabolic adjustment? // Plant Biology. – 2010. – V. 12, № 3. – P. 395-405.
- 2 Shinozaki K., Yamaguchi-Shinozaki K. Gene networks involved in drought stress response and tolerance // Journal of experimental botany. – 2007. – V. 58, № 2. – P. 221-227.
- 3 Khraiweh B., Zhu J.-K., Zhu J. Role of miRNAs and siRNAs in biotic and abiotic stress responses of plants // Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Gene Regulatory Mechanisms. – 2012. – V. 1819, № 2. – P. 137-148.
- 4 Pareek A., Khurana A., K Sharma A., Kumar R. An Overview of Signaling Regulons During Cold Stress Tolerance in Plants // Current genomics. – 2017. – V. 18, № 6. – P. 498-511.
- 5 Ruelland E., Vaultier M.-N., Zachowski A., Hurrey V. Cold signalling and cold acclimation in plants // Advances in botanical research. – 2009. – V. 49. – P. 35-150.
- 6 Siddiqui K. S., Cavicchioli R. Cold-adapted enzymes // Annu Rev Biochem. – 2006. – V. 75. – P. 403-433.
- 7 Sangwan V., Foulds I., Singh J., Dhindsa R. S. Cold-activation of Brassica napus BN115 promoter is mediated by structural changes in membranes and cytoskeleton, and requires Ca²⁺ influx // The Plant Journal. – 2001. – V. 27, № 1. – P. 1-12.
- 8 Vaultier M.-N., Cantrel C., Vergnolle C., Justin A.-M., Demandre C., Benhassaine-Kesri G., et al. Desaturase mutants reveal that membrane rigidification acts as a cold perception mechanism upstream of the diacylglycerol kinase pathway in Arabidopsis cells // FEBS letters. – 2006. – V. 580, № 17. – P. 4218-4223.

- 9 Orvar B. L., Sangwan V., Omann F., Dhindsa R. S. Early steps in cold sensing by plant cells: the role of actin cytoskeleton and membrane fluidity // *The Plant Journal*. – 2000. – V. 23, № 6. – P. 785-794.
- 10 Korkmaz A., Dufault R. J. Developmental consequences of cold temperature stress at transplanting on seedling and field growth and yield. I. Watermelon // *Journal of the American Society for Horticultural Science*. – 2001. – V. 126, № 4. – P. 404-409.
- 11 Cutforth H., Shaykewich C., Cho C. Effect of soil water and temperature on corn (*Zea mays* L.) root growth during emergence // *Canadian Journal of Soil Science*. – 1986. – V. 66, № 1. – P. 51-58.
- 12 Clarke H., Siddique K. Response of chickpea genotypes to low temperature stress during reproductive development // *Field Crops Research*. – 2004. – V. 90, № 2-3. – P. 323-334.
- 13 Andaya V., Mackill D. Mapping of QTLs associated with cold tolerance during the vegetative stage in rice // *Journal of experimental botany*. – 2003. – V. 54, № 392. – P. 2579-2585.
- 14 Thakur P., Kumar S., Malik J. A., Berger J. D., Nayyar H. Cold stress effects on reproductive development in grain crops: an overview // *Environmental and Experimental Botany*. – 2010. – V. 67, № 3. – P. 429-443.
- 15 Sowinski P., Rudzinska-Langwald A., Adamczyk J., Kubica W., Fronk J. Recovery of maize seedling growth, development and photosynthetic efficiency after initial growth at low temperature // *Journal of Plant Physiology*. – 2005. – V. 162, № 1. – P. 67-80.
- 16 Aroca R., Vernieri P., Irigoyen J. J., Sanchez-Diaz M., Tognoni F., Pardossi A. Involvement of abscisic acid in leaf and root of maize (*Zea mays* L.) in avoiding chilling-induced water stress // *Plant Science*. – 2003. – V. 165, № 3. – P. 671-679.
- 17 Yan Q. Y., Duan Z. Q., Mao J. D., Li X., Dong F. Effects of root-zone temperature and N, P, and K supplies on nutrient uptake of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings in hydroponics // *Soil Science and Plant Nutrition*. – 2012. – V. 58, № 6. – P. 707-717.
- 18 Porter J. R., Semenov M. A. Crop responses to climatic variation // *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*. – 2005. – V. 360, № 1463. – P. 2021-2035.
- 19 Ahuja I., de Vos R. C., Bones A. M., Hall R. D. Plant molecular stress responses face climate change // *Trends in plant science*. – 2010. – V. 15, № 12. – P. 664-674.
- 20 Bahuguna R. N., Jagadish K. S. Temperature regulation of plant phenological development // *Environmental and Experimental Botany*. – 2015. – V. 111. – P. 83-90.
- 21 Ruelland E., Zachowski A. How plants sense temperature // *Environmental and Experimental Botany*. – 2010. – V. 69, № 3. – P. 225-232.
- 22 Kuster T. M., Arend M., Bleuler P., Gunthardt-Goerg M., Schulin R. Water regime and growth of young oak stands subjected to air-warming and drought on two different forest soils in a model ecosystem experiment // *Plant biology*. – 2013. – V. 15 – P. 138-147.
- 23 Wahid A., Gelani S., Ashraf M., Foolad M. R. Heat tolerance in plants: an overview // *Environmental and experimental botany*. – 2007. – V. 61, № 3. – P. 199-223.
- 24 Hatfield J. L., Boote K. J., Kimball B. A., Ziska L., Izaurralde R. C., Ort D., et al. Climate impacts on agriculture: implications for crop production // *Agronomy journal*. – 2011. – V. 103, № 2. – P. 351-370.
- 25 Rainey K. M., Griffiths P. D. Inheritance of heat tolerance during reproductive development in snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) // *Journal of the American Society for Horticultural Science*. – 2005. – V. 130, № 5. – P. 700-706.
- 26 Maestri E., Klueva N., Perrotta C., Gulli M., Nguyen H. T., Marmioli N. Molecular genetics of heat tolerance and heat shock proteins in cereals // *Plant Molecular Biology*. – 2002. – V. 48, № 5-6. – P. 667-681.
- 27 Hoky P., Poll C., Marhan S., Kandeler E., Fangmeier A. Impacts of temperature increase and change in precipitation pattern on crop yield and yield quality of barley // *Food chemistry*. – 2013. – V. 136, № 3-4. – P. 1470-1477.
- 28 Farooq M. b., Wahid A., Kobayashi N., Fujita D., Basra S. Plant drought stress: effects, mechanisms and management // *Sustainable agriculture*. – 2009b. – P. 153-188.
- 29 Huang B., Rachmilevitch S., Xu J. Root carbon and protein metabolism associated with heat tolerance // *Journal of experimental botany*. – 2012. – V. 63, № 9. – P. 3455-3465.
- 30 Camejo D., Rodriguez P., Morales M. A., Dell'Amico J. M., Torrecillas A., Alarcyn J. J. High temperature effects on photosynthetic activity of two tomato cultivars with different heat susceptibility // *Journal of plant physiology*. – 2005. – V. 162, № 3. – P. 281-289.
- 31 Mitra R., Bhatia C. Bioenergetic cost of heat tolerance in wheat crop // *Curr Sci*. – 2008. – V. 94. – P. 1049-1053.
- 32 Greer D. H., Weedon M. M. Modelling photosynthetic responses to temperature of grapevine (*Vitis vinifera* cv. Semillon) leaves on vines grown in a hot climate // *Plant, Cell & Environment*. – 2012. – V. 35, № 6. – P. 1050-1064.
- 33 Dutta S., Mohanty S., Tripathy B. C. Role of temperature stress on chloroplast biogenesis and protein import in pea // *Plant physiology*. – 2009. – V. 150, № 2. – P. 1050-1061.
- 34 Malviya S., Bajpai N., Tewari R. RAPD-PCR based genetic relationship of muscid flies (diptera: muscidae) // *International Journal of Pharma and Bio Sciences*. – V. 3, № 3. – P. 1018-1024.
- 35 Karim M. A., Fracheboud Y., Stamp P. Photosynthetic activity of developing leaves of *Zea mays* is less affected by heat stress than that of developed leaves // *Physiologia Plantarum*. – 1999. – V. 105, № 4. – P. 685-693.
- 36 Howarth C. J. of Tolerance to High Temperature // *Abiotic stresses: plant resistance through breeding and molecular approaches*. – 2005. – P. 1920.

- 37 Landi S., Hausman J.-F., Guerriero G., Esposito S. Poaceae vs. abiotic stress: focus on drought and salt stress, recent insights and perspectives // *Frontiers in plant science*. – 2017. – V. 8. – P. 1214.
- 38 Zeid I., Shedeed Z. Response of alfalfa to putrescine treatment under drought stress // *Biologia Plantarum*. – 2006. – V. 50, № 4. – P. 635.
- 39 Manickavelu A., Nadarajan N., Ganesh S., Gnanamalar R., Babu R. C. Drought tolerance in rice: morphological and molecular genetic consideration // *Plant Growth Regulation*. – 2006. – V. 50, № 2-3. – P. 121-138.
- 40 Khan M. S., Kanwal B., Nazir S. Metabolic engineering of the chloroplast genome reveals that the yeast ArDH gene confers enhanced tolerance to salinity and drought in plants // *Frontiers in plant science*. – 2015. – V. 6. – P. 725.
- 41 Fang X., Turner N. C., Yan G., Li F., Siddique K. H. Flower numbers, pod production, pollen viability, and pistil function are reduced and flower and pod abortion increased in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under terminal drought // *Journal of experimental botany*. – 2009. – V. 61, № 2. – P. 335-345.
- 42 Kashiwagi J., Krishnamurthy L., Purushothaman R., Upadhyaya H., Gaur P., Gowda C., et al. Scope for improvement of yield under drought through the root traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.) // *Field Crops Research*. – 2015. – V. 170, № – P. 47-54.
- 43 Frederick J. R., Camp C. R., Bauer P. J. Drought-stress effects on branch and mainstem seed yield and yield components of determinate soybean // *Crop science*. – 2001. – V. 41, № 3. – P. 759-763.
- 44 Abbate P. E., Dardanelli J. L., Cantarero M. G., Maturano M., Melchiori R. J. M., Suero E. E. Climatic and water availability effects on water-use efficiency in wheat // *Crop Science*. – 2004. – V. 44, № 2. – P. 474-483.
- 45 Hu Y., Schmidhalter U. Drought and salinity: a comparison of their effects on mineral nutrition of plants // *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. – 2005. – V. 168, № 4. – P. 541-549.
- 46 Apel K., Hirt H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction // *Annu Rev Plant Biol*. – 2004. – V. 55. – P. 373-399.
- 47 Dash P. K., Cao Y., Jailani A. K., Gupta P., Venglat P., Xiang D., et al. Genome-wide analysis of drought induced gene expression changes in flax (*Linum usitatissimum*) // *GM crops & food*. – 2014. – V. 5, № 2. – P. 106-119.
- 48 Wang P., Song C. P. Guard-cell signalling for hydrogen peroxide and abscisic acid // *New Phytologist*. – 2008. – V. 178, № 4. – P. 703-718.
- 49 Huang X.-Y., Chao D.-Y., Gao J.-P., Zhu M.-Z., Shi M., Lin H.-X. A previously unknown zinc finger protein, DST, regulates drought and salt tolerance in rice via stomatal aperture control // *Genes & Development*. – 2009. – V. 23, № 15. – P. 1805-1817.
- 50 Dreesen F. E., De Boeck H. J., Janssens I. A., Nijs I. Summer heat and drought extremes trigger unexpected changes in productivity of a temperate annual/biannual plant community // *Environmental and Experimental Botany*. – 2012. – V. 79. – P. 21-30.
- 51 Mittler R. Abiotic stress, the field environment and stress combination // *Trends in plant science*. – 2006. – V. 11, № 1. – P. 15-19.
- 52 Mittler R., Vanderauwera S., Suzuki N., Miller G., Tognetti V. B., Vandepoele K., et al. ROS signaling: the new wave? // *Trends in plant science*. – 2011. – V. 16, № 6. – P. 300-309.
- 53 Mittler R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance // *Trends in plant science*. – 2002. – V. 7, № 9. – P. 405-410.
- 54 Mittler R., Vanderauwera S., Gollery M., Van Breusegem F. Reactive oxygen gene network of plants // *Trends in plant science*. – 2004. – V. 9, № 10. – P. 490-498.
- 55 Asada K. Production and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts and their functions // *Plant physiology*. – 2006. – V. 141, № 2. – P. 391-396.
- 56 Mittler R., Blumwald E. The roles of ROS and ABA in systemic acquired acclimation // *The Plant Cell*. – 2015.
- 57 Foyer C. H., Noctor G. Redox regulation in photosynthetic organisms: signaling, acclimation, and practical implications // *Antioxidants & redox signaling*. – 2009. – V. 11, № 4. – P. 861-905.
- 58 Giraud E., Ho L. H., Clifton R., Carroll A., Estavillo G., Tan Y.-F., et al. The absence of ALTERNATIVE OXIDASE1a in *Arabidopsis* results in acute sensitivity to combined light and drought stress // *Plant physiology*. – 2008. – V. 147, № 2. – P. 595-610.
- 59 Martinez V., Mestre T. C., Rubio F., Girones-Vilaplana A., Moreno D. A., Mittler R., et al. Accumulation of flavonols over hydroxycinnamic acids favors oxidative damage protection under abiotic stress // *Frontiers in plant science*. – 2016. – V. 7. – P. 838.
- 60 Rivero R. M., Mestre T. C., Mittler R., Rubio F., Garcia-Sanchez F., Martinez V. The combined effect of salinity and heat reveals a specific physiological, biochemical and molecular response in tomato plants // *Plant, cell & environment*. – 2014. – V. 37, № 5. – P. 1059-1073.

Р.Ж. Ермухамбетова, А.Б. Курманбаева, А.Ж. Бектурова, Б.Ж. Гадильгереева, У.И. Аманбаева,
К.Е.Жанасова, Ж.К. Масалимов

Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

Абиотикалық стрестер және олардың комбинацияларының өсімдіктерге әсер ету аспектілері

Аңдатпа. Өсімдіктер түрлі жеке және комбинирленген стресстік факторларға ұшырайды. Стресске жауап ретінде организмде әсерді кемітуге және өсімдіктің тіршілігін сақтауға бағытталған бірқатар өзгерістер орын алады. Абиотикалық стресс тудыратын негізгі зақымдану механизмі супероксид радикалдары, сутегінің асқын тотығы және гидроксилді радикалдар секілді оттегінің белсенді формаларының түзілуі болып табылады. Оттегінің белсенді формаларының жоғары деңгейде түзілуі нәтижесінде пайда болатын оксидативті стресс биологиялық макромолекулалардың тотыға зақымдануына әкеліп соғады. Бұл жұмыста жоғары және төмен температуралардың, сонымен қатар құрғақшылықтың өсімдіктердің морфологиялық, физиологиялық және цитологиялық параметрлеріне әсері және стресстік факторлар нәтижесінде туындайтын оксидативті стресс бойынша шолу жасалған.

Түйін сөздер: абиотикалық стресс, жылу стрессі, суық стрессі, құрғақшылық, оксидативті стресс, оттегінің белсенді формалары, комбинирленген стресс.

R.Zh. Yermukhambetova, A.B. Kurmanbayeva, A.Zh. Bekturova, B.Zh. Gadilgerreyeva, U.I. Amanbayeva,
K.Ye. Zhanassova, Zh.K. Masalimov

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

Aspects of abiotic stress effects and their combinations on plants

Abstract. Plants are subject number of individual and combined stress factors. In response to stresses, changes are taking place in the organism aimed at reducing exposure and plant survival. The main mechanism of damage caused by abiotic stresses is the generation of reactive oxygen species such as superoxide radicals, hydrogen peroxide and hydroxyl radicals. Oxidative stress through increased ROS generation leads to oxidative damage in biological macromolecules. This review presents the effects of high and low temperatures and drought on the morphological, physiological and cytological parameters of plants and oxidative stress as a result of stress factors.

Keywords: abiotic stress, heat stress, cold stress, drought, oxidative stress, reactive oxygen species, combined stress.

References

- 1 Janska A., Marsik P., Zelenkova S., and Ovesna J. Cold stress and acclimation—what is important for metabolic adjustment?, *Plant Biology*, **12** (3), 395-405 (2010).
- 2 Kazuo Shinozaki and Kazuko Yamaguchi-Shinozaki. Gene networks involved in drought stress response and tolerance, *Journal of experimental botany*, **58** (2), 221-227 (2007).
- 3 Basel Khraiweh, Jian-Kang Zhu, and Jianhua Zhu. Role of miRNAs and siRNAs in biotic and abiotic stress responses of plants, *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Gene Regulatory Mechanisms*, **1819** (2), 137-148 (2012).
- 4 Amit Pareek, Ashima Khurana, Arun K Sharma, and Rahul Kumar. An Overview of Signaling Regulons During Cold Stress Tolerance in Plants, *Current genomics*, **18** (6), 498-511 (2017).
- 5 Eric Ruelland, Marie-Noelle Vaultier, Alain Zachowski, and Vaughan Hurry. Cold signalling and cold acclimation in plants, *Advances in botanical research*, **49**, 35-150 (2009).
- 6 Khawar Sohail Siddiqui and Ricardo Cavicchioli. Cold-adapted enzymes, *Annu. Rev. Biochem.*, **75**, 403-433 (2006).
- 7 Veena Sangwan, Inge Foulds, Jas Singh, and Rajinder S Dhindsa. Cold-activation of Brassica napus BN115 promoter is mediated by structural changes in membranes and cytoskeleton, and requires Ca²⁺ influx, *The Plant Journal*, **27** (1), 1-12 (2001).
- 8 Marie-Noelle Vaultier, Catherine Cantrel, Chantal Vergnolle, Anne-Marie Justin, Chantal Demandre, Ghouziel Benhassaine-Kesri, Dominique Zizek, Alain Zachowski, and Eric Ruelland. Desaturase mutants reveal that membrane rigidification acts as a cold perception mechanism upstream of the diacylglycerol kinase pathway in Arabidopsis cells, *FEBS letters*, **580** (17), 4218-4223 (2006).
- 9 Bjorn Larus Orvar, Veena Sangwan, Franz Omann, and Rajinder S Dhindsa. Early steps in cold sensing by plant cells: the role of actin cytoskeleton and membrane fluidity, *The Plant Journal*, **23** (6), 785-794 (2000).
- 10 Ahmet Korkmaz and Robert J Dufault. Developmental consequences of cold temperature stress at transplanting on seedling and field growth and yield. I. Watermelon, *Journal of the American Society for Horticultural Science*, **126** (4), 404-409 (2001).
- 11 HW Cutforth, CF Shaykewich, and CM Cho. Effect of soil water and temperature on corn (*Zea mays* L.) root growth during emergence, *Canadian Journal of Soil Science*, **66** (1), 51-58 (1986).
- 12 HJ Clarke and KHM Siddique. Response of chickpea genotypes to low temperature stress during reproductive development, *Field Crops Research*, **90** (2-3), 323-334 (2004).
- 13 VC Andaya and DJ Mackill. Mapping of QTLs associated with cold tolerance during the vegetative stage in rice, *Journal of experimental botany*, **54** (392), 2579-2585 (2003).
- 14 Prince Thakur, Sanjeev Kumar, Jahid A Malik, Jens D Berger, and Harsh Nayyar. Cold stress effects on reproductive development in grain crops: an overview, *Environmental and Experimental Botany*, **67** (3), 429-443 (2010).

- 15 P. Sowinski, A. Rudzinska-Langwald, J. Adamczyk, W. Kubica, and J. Fronk. Recovery of maize seedling growth, development and photosynthetic efficiency after initial growth at low temperature, *Journal of Plant Physiology*, **162** (1), 67-80 (2005).
- 16 Ricardo Aroca, Paolo Vernieri, Juan Jose Irigoyen, Manuel Sanchez-Diaz, Franco Tognoni, and Alberto Pardossi. Involvement of abscisic acid in leaf and root of maize (*Zea mays* L.) in avoiding chilling-induced water stress, *Plant Science*, **165** (3), 671-679 (2003).
- 17 Q. Y. Yan, Z. Q. Duan, J. D. Mao, X. Li, and F. Dong. Effects of root-zone temperature and N, P, and K supplies on nutrient uptake of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings in hydroponics, *Soil Science and Plant Nutrition*, **58** (6), 707-717 (2012).
- 18 John R Porter and Mikhail A Semenov. Crop responses to climatic variation, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, **360** (1463), 2021-2035 (2005).
- 19 Ishita Ahuja, Ric CH de Vos, Atle M Bones, and Robert D Hall. Plant molecular stress responses face climate change, *Trends in plant science*, **15** (12), 664-674 (2010).
- 20 Rajeev N Bahuguna and Krishna SV Jagadish. Temperature regulation of plant phenological development, *Environmental and Experimental Botany*, **111**, 83-90 (2015).
- 21 Eric Ruelland and Alain Zachowski. How plants sense temperature, *Environmental and Experimental Botany*, **69** (3), 225-232 (2010).
- 22 Thomas M Kuster, Matthias Arend, P Bleuler, MS Gunthardt-Goerg, and R Schulin. Water regime and growth of young oak stands subjected to air-warming and drought on two different forest soils in a model ecosystem experiment, *Plant biology*, **15**, 138-147 (2013).
- 23 Abdul Wahid, Saddia Gelani, M Ashraf, and Majid R Foolad. Heat tolerance in plants: an overview, *Environmental and experimental botany*, **61** (3), 199-223 (2007).
- 24 Jerry L Hatfield, Kenneth J Boote, Bruce A Kimball, LH Ziska, Roberto C Izaurralde, Don Ort, Allison M Thomson, and D Wolfe. Climate impacts on agriculture: implications for crop production, *Agronomy journal*, **103** (2), 351-370 (2011).
- 25 Katy M Rainey and Phillip D Griffiths. Inheritance of heat tolerance during reproductive development in snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.), *Journal of the American Society for Horticultural Science*, **130** (5), 700-706 (2005).
- 26 Elena Maestri, Natalya Klueva, Carla Perrotta, Mariolina Gulli, Henry T Nguyen, and Nelson Marmioli. Molecular genetics of heat tolerance and heat shock proteins in cereals, *Plant Molecular Biology*, **48** (5-6), 667-681 (2002).
- 27 Petra Hogy, Christian Poll, Sven Marhan, Ellen Kandeler, and Andreas Fangmeier. Impacts of temperature increase and change in precipitation pattern on crop yield and yield quality of barley, *Food chemistry*, **136** (3-4), 1470-1477 (2013).
- 28 M (b) Farooq, A Wahid, N Kobayashi, D Fujita, and SMA Basra, "Plant drought stress: effects, mechanisms and management", in *Sustainable agriculture* (Springer, 2009b), pp. 153-188.
- 29 Bingru Huang, Shimon Rachmilevitch, and Jichen Xu. Root carbon and protein metabolism associated with heat tolerance, *Journal of experimental botany*, **63** (9), 3455-3465 (2012).
- 30 Daymi Camejo, Pedro Rodriguez, M^a Angeles Morales, José Miguel Dell'Amico, Arturo Torrecillas, and Juan José Alarcyn. High temperature effects on photosynthetic activity of two tomato cultivars with different heat susceptibility, *Journal of plant physiology*, **162** (3), 281-289 (2005).
- 31 R Mitra and CR Bhatia. Bioenergetic cost of heat tolerance in wheat crop, *Curr. Sci*, **94**, 1049-1053 (2008).
- 32 Dennis H Greer and Mark M Weedon. Modelling photosynthetic responses to temperature of grapevine (*Vitis vinifera* cv. Semillon) leaves on vines grown in a hot climate, *Plant, Cell & Environment*, **35** (6), 1050-1064 (2012).
- 33 Siddhartha Dutta, Sasmita Mohanty, and Baishnab C Tripathy. Role of temperature stress on chloroplast biogenesis and protein import in pea, *Plant physiology*, **150** (2), 1050-1061 (2009).
- 34 S Malviya, N Bajpai, and RR Tewari. RAPD-PCR based genetic relationship of muscid flies (diptera: muscidae), *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, **3** (3), 1018-1024.
- 35 MD Abdul Karim, Yvan Fracheboud, and Peter Stamp. Photosynthetic activity of developing leaves of *Zea mays* is less affected by heat stress than that of developed leaves, *Physiologia Plantarum*, **105** (4), 685-693 (1999).
- 36 Catherine J Howarth. of Tolerance to High Temperature, Abiotic stresses: plant resistance through breeding and molecular approaches, 1920 (2005).
- 37 Simone Landi, Jean-Francois Hausman, Gea Guerriero, and Sergio Esposito. Poaceae vs. abiotic stress: focus on drought and salt stress, recent insights and perspectives, *Frontiers in plant science*, **8**, 1214 (2017).
- 38 IM Zeid and ZA Shedeed. Response of alfalfa to putrescine treatment under drought stress, *Biologia Plantarum*, **50** (4), 635 (2006).
- 39 A Manickavelu, N Nadarajan, SK Ganesh, RP Gnanamalar, and R Chandra Babu. Drought tolerance in rice: morphological and molecular genetic consideration, *Plant Growth Regulation*, **50** (2-3), 121-138 (2006).
- 40 Muhammad Sarwar Khan, Benish Kanwal, and Shahid Nazir. Metabolic engineering of the chloroplast genome reveals that the yeast ArDH gene confers enhanced tolerance to salinity and drought in plants, *Frontiers in plant science*, **6**, 725 (2015).
- 41 Xiangwen Fang, Neil C Turner, Guijun Yan, Fengmin Li, and Kadambot HM Siddique. Flower numbers, pod production, pollen viability, and pistil function are reduced and flower and pod abortion increased in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under terminal drought, *Journal of experimental botany*, **61** (2), 335-345 (2009).

- 42 J Kashiwagi, L Krishnamurthy, R Purushothaman, HD Upadhyaya, PM Gaur, CLL Gowda, O Ito, and RK Varshney. Scope for improvement of yield under drought through the root traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.), *Field Crops Research*, **170**, 47-54 (2015).
- 43 James R Frederick, Carl R Camp, and Philip J Bauer. Drought-stress effects on branch and mainstem seed yield and yield components of determinate soybean, *Crop science*, **41** (3), 759-763 (2001).
- 44 Pablo Eduardo Abbate, Julio Luis Dardanelli, Marcelo G Cantarero, Marisa Maturano, Ricardo José M Melchiori, and Elvira E Suero. Climatic and water availability effects on water-use efficiency in wheat, *Crop Science*, **44** (2), 474-483 (2004).
- 45 Yuncai Hu and Urs Schmidhalter. Drought and salinity: a comparison of their effects on mineral nutrition of plants, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, **168** (4), 541-549 (2005).
- 46 Klaus Apel and Heribert Hirt. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction, *Annu. Rev. Plant Biol.*, **55**, 373-399 (2004).
- 47 Prasanta K Dash, Yongguo Cao, Abdul K Jailani, Payal Gupta, Prakash Venglat, Daoquan Xiang, Rhitu Rai, Rinku Sharma, Nepolean Thirunavukkarasu, and Malik Z Abdin. Genome-wide analysis of drought induced gene expression changes in flax (*Linum usitatissimum*), *GM crops & food*, **5** (2), 106-119 (2014).
- 48 Pengtao Wang and Chun-Peng Song. Guard-cell signalling for hydrogen peroxide and abscisic acid, *New Phytologist*, **178** (4), 703-718 (2008).
- 49 Xin-Yuan Huang, Dai-Yin Chao, Ji-Ping Gao, Mei-Zhen Zhu, Min Shi, and Hong-Xuan Lin. A previously unknown zinc finger protein, DST, regulates drought and salt tolerance in rice via stomatal aperture control, *Genes & Development*, **23** (15), 1805-1817 (2009).
- 50 Freja E Dreesen, Hans J De Boeck, Ivan A Janssens, and Ivan Nijs. Summer heat and drought extremes trigger unexpected changes in productivity of a temperate annual/biannual plant community, *Environmental and Experimental Botany*, **79**, 21-30 (2012).
- 51 Ron Mittler. Abiotic stress, the field environment and stress combination, *Trends in plant science*, **11** (1), 15-19 (2006).
- 52 Ron Mittler, Sandy Vanderauwera, Nobuhiro Suzuki, Gad Miller, Vanesa B Tognetti, Klaas Vandepoele, Marty Gollery, Vladimir Shulaev, and Frank Van Breusegem. ROS signaling: the new wave?, *Trends in plant science*, **16** (6), 300-309 (2011).
- 53 Ron Mittler. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance, *Trends in plant science*, **7** (9), 405-410 (2002).
- 54 Ron Mittler, Sandy Vanderauwera, Martin Gollery, and Frank Van Breusegem. Reactive oxygen gene network of plants, *Trends in plant science*, **9** (10), 490-498 (2004).
- 55 Kozi Asada. Production and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts and their functions, *Plant physiology*, **141** (2), 391-396 (2006).
- 56 Ron Mittler and Eduardo Blumwald. The roles of ROS and ABA in systemic acquired acclimation, *The Plant Cell*, tpc. 114.133090 (2015).
- 57 Christine H Foyer and Graham Noctor. Redox regulation in photosynthetic organisms: signaling, acclimation, and practical implications, *Antioxidants & redox signaling*, **11** (4), 861-905 (2009).
- 58 Estelle Giraud, Lois HM Ho, Rachel Clifton, Adam Carroll, Gonzalo Estavillo, Yew-Foon Tan, Katharine A Howell, Aneta Ivanova, Barry J Pogson, and A Harvey Millar. The absence of ALTERNATIVE OXIDASE1a in Arabidopsis results in acute sensitivity to combined light and drought stress, *Plant physiology*, **147** (2), 595-610 (2008);
- 59 Vicente Martinez, Teresa C Mestre, Francisco Rubio, Amadeo Girones-Vilaplana, Diego A Moreno, Ron Mittler, and Rosa M Rivero. Accumulation of flavonols over hydroxycinnamic acids favors oxidative damage protection under abiotic stress, *Frontiers in plant science*, **7**, 838 (2016);
- 60 Rosa M Rivero, Teresa C Mestre, RON Mittler, Francisco Rubio, Francisco Garcia-Sanchez, and Vicente Martinez. The combined effect of salinity and heat reveals a specific physiological, biochemical and molecular response in tomato plants, *Plant, cell & environment*, **37** (5), 1059-1073 (2014).

Авторлар туралы м лімет:

Ермухамбетова Р.Ж. – старший преподаватель кафедры биотехнологии и микробиологии, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул.К.М ңайтпасова, 13, Нур-Султан, Казахстан.

Курманбаева А.Б. – и.о.доцента кафедры биотехнологии и микробиологии, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул.К.М ңайтпасова, 13, Нур-Султан, Казахстан.

Бектурова А.Ж. – и.о.доцента кафедры биотехнологии и микробиологии, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул.К.М ңайтпасова, 13, Нур-Султан, Казахстан. Тел.

Гадильгереева Б. Ж. – магистрант кафедры биотехнологии и микробиологии, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул.К.М ңайтпасова, 13, Нур-Султан, Казахстан.

Аманбаева У.И. – докторант кафедры биологии и геномики, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул.К.М ңайтпасова, 13, Нур-Султан, Казахстан.

Жанасова К. Е. – докторант кафедры биологии и геномики, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул.К.М ңайтпасова, 13, Нур-Султан, Казахстан.

Масалимов Ж. К. – доцент кафедры биотехнологии и микробиологии, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул.К.М ңайтпасова, 13, Нур-Султан, Казахстан.

Yermukhambetova R. – senior teacher at the department of biotechnology and microbiology, L.N.Gumilyov Eurasian National University, 13 Munaitpasov str., Nur-Sultan, Kazakhstan.

Kurmanbayeva A. – acting associate professor at the department of biotechnology and microbiology преподаватель, L.N.Gumilyov Eurasian National University, 13 Munaitpasov str., Nur-Sultan, Kazakhstan.

Bekturova A. – acting associate professor at the department of biotechnology and microbiology, L.N.Gumilyov Eurasian National University, 13 Munaitpasov str., Nur-Sultan, Kazakhstan.

Gadilgergeyeva B. – master student of the department of biotechnology and microbiology, L.N.Gumilyov Eurasian National University, 13 Munaitpasov str., Nur-Sultan, Kazakhstan.

Amanbayeva U. – PhD student of the department of biology and genomics, L.N.Gumilyov Eurasian National University, 13 Munaitpasov str., Nur-Sultan, Kazakhstan.

Zhanassova K. – PhD student of the department of biology and genomics, L.N.Gumilyov Eurasian National University, 13 Munaitpasov str., Nur-Sultan, Kazakhstan.

Masalimov Z. – associate professor at the department of biotechnology and microbiology преподаватель, L.N.Gumilyov Eurasian National University, 13 Munaitpasov str., Nur-Sultan, Kazakhstan.

Поступила в редакцию 25.09.2019

С.К. Наекова, К.М. Аубакирова, З. Аликулов

*Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
(E-mail: n-saltan@mail.ru, aubakirova_km@enu.kz, zer-kaz@mail.ru)*

Влияние оптимального метода предпосевного прайминга семян в присутствии диатомита на рост и развитие проростков ячменя (*Hordeum vulgare* L.) и содержание в них пролина в условиях засоления

Аннотация: В результате проведенной работы были раскрыты закономерности воздействия диатомита на процессы роста, развития и накопления пролина в клетках стеблей и корней высших растений. Также было протестировано влияние данного минерала на стрессовые реакции высших растений, в частности, ряд ключевых абиотических стресс-факторов такой среды, как засоление. В ходе проведенной работы установлено, что солевой стресс увеличивает содержание свободного пролина. При обработке растений диатомитом содержание свободного пролина значительно увеличилось в сравнении с необработанными растениями. Следовательно, диатомит выполняет протекторную функцию в предотвращении негативных воздействий окружающей среды на высшие растения. Полученные результаты расширяют возможности использования диатомита в качестве природного удобрения для повышения устойчивости растения к биотическим и абиотическим стрессам.

Ключевые слова: ячмень, диатомит, засоление, пролин, предпосевный прайминг семян.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2019-129-4-35-41>

Введение. Стрессовые воздействия абиотической и биотической природы вызывают значительные потери урожая сельскохозяйственных растений [1-3]. Отмечающиеся в последние годы неадекватное природопользование и изменения окружающей среды способствуют усилению стрессовой нагрузки на растения, которые вызывают серьезные проблемы с производством сельскохозяйственных продуктов питания в засоленных и засушливых зонах [1, 2]. Это остро ставит задачу создания доступных и экологически-безопасных средств защиты растений от стресса.

Среди используемых в мире стресс-протекторов наибольшее применение находят химические агенты, действие которых направлено на контроль патогенов, т.е. на противодействие основным биотическим стрессорам [3]. В то же время защита от абиотических стресс-факторов, которые наносят не меньший ущерб, развита хуже. К абиотическим стрессорам относятся физико-химические воздействия неблагоприятных условий окружающей среды как природного, так и техногенного происхождения, в частности, засоление, засуха, переувлажнение и гипоксия, экстремальные температуры и значения кислотности почвы, высокие уровни тяжелых металлов, недостаток элементов минерального питания и многие другие [4,5].

На сегодняшний день все чаще говорят о применении в сельском хозяйстве новых, нетрадиционных методов повышения урожайности культурных растений. И в первую очередь речь ведут о диатомитах - осадочной горной породе, состоящей из раковин диатомовых водорослей. В последние годы минералы кремния, такие как диатомиты, рассматривают как источник растворимого кремнезема, который играет важную роль в формировании плодородия почв, повышении продуктивности растений и их устойчивости к болезням. Повышение устойчивости растений к засолению и засухе с использованием природных удобрений представляет большой интерес. Во многих странах в этих целях уже широко используют диатомит [6,7].

Прорастание семян и появление проростков являются критической стадией в жизненном цикле растений. Хорошее развитие проростков повышает конкурентоспособность растений против сорняков, устойчивость в сухой период, урожайность. Общеизвестный факт - предпосевной прайминг семян улучшает прорастание, сокращает время появления проростков и улучшает их становление. По методу прайминга семян проведено много работ, и

результаты этих исследований показывают его важность при выращивании многих видов сельскохозяйственных культур [8].

Важное значение для жизнедеятельности растений в условиях засоления имеет изменение водно-осмотического режима, особенно, степень осморегуляции растений. Увеличение осмотического потенциала клеточного сока сопровождается повышением концентрации в клетке осмолитов, таких как пролин, полиамин, органические кислоты и другие низкомолекулярные соединения. Первостепенную роль в росте устойчивости растений к последовательному воздействию факторов стресса играет повышенное содержание пролина. Было установлено, что пролин играет важную роль в устойчивости к неблагоприятным условиям окружающей среды. Также их экзогенное добавление в объект эффективно действует на устойчивость растения. Например, некоторые растения рода *Melaleuca*, эндемики Австралии, отличаются способностью выдерживать стрессы окружающей среды. Их устойчивость к стрессам связана с аккумуляцией большого количества производных пролина. К ним относятся N-метилпролин, транс-4-гидрокси-N-метилпролин и транс-4-гидрокси-N-диметилпролин. Эти осмопротекторы можно легко экстрагировать из растений, обрабатывать ими семена и опрыскивать листья для повышения устойчивости растения к биотическим стрессам [9]. Поэтому изучение возможной роли диатомита в индукции повышения концентрации пролина в условиях засоления являются целью данной работы.

Методы исследования. Объект исследования - ячмень обыкновенный – *Hordeum vulgare* L., представитель семейства злаков (*Poaceae*). Семена ячменя стерилизовали в 0, 5% растворе перманганата калия (10 минут) и в течение недели выращивали в двух средах (в чистой дистиллированной воде на фильтрованной бумаге в чашках Петри, также высевали в пластиковые емкости объемом 150 мл, содержащие почвогрунт). В каждый горшочек и чашки Петри высаживали по 10 зерен ячменя и поливали обычной дистиллированной водой в одинаковом количестве. Во избежание контакта с воздухом в водной среде семена должны быть на дне воды.

Было установлено что суспензии диатомита в концентрациях 10 - 20 г/100 мл являются оптимальными в двух средах при прайминге семян. Для изучения механизма влияния кремния в составе диатомита на устойчивость растений использовали 0,1мМ раствор Na_2SiO_3 , который соответствует содержанию кремния в 15г ДТМ. Через неделю испытывали устойчивость растения к засолению. Моделирование солевых условий проводилось с раствором 75 мМ NaCl (среднее засоление).

Эксперимент проводился в лабораторных условиях при средней дневной / ночной температуре 20/18 °С, относительной влажности воздуха от 50 до 55% и освещенности окружающей среды. Образцы были собраны через 7 дней. Для измерения критериев роста было отобрано 70 проб растений, а для определения свободного пролина были взяты 30 других проб. Были описаны морфологические признаки (измеряли длину корня и стеблей каждого растения) и получены снимки.

Определение содержания свободного пролина в образцах корней растений проводили по классическому методу Bates (1973) [10]. Навеску растительного материала (0.5– 1.0 г сырых листьев) гомогенизировали в 2 мл сульфосалициловой кислоты. Затем центрифугировали в течение 20 мин (15000g). Для определения пролина к супернатанту 2мл добавляли 2мл ациднингидринового реактива и 2мл ледяной уксусной кислоты. Смесь реагентов нагревали на водяной бане при 100 °С в течение 1 часа. Реакцию останавливали, погружая пробирки в холодную воду. Затем реакционную смесь экстрагировали изопропиловым спиртом и определяли оптическую плотность в спектрофотометре "Specol-1300" (Германия) при длине волны 520нм. Статистическую обработку групп данных проводили в приложении Anova. Значимость различий оценивали по p-value ($p \leq 0.05$).

Результаты и их обсуждение. Установлено положительное влияние предпосевного прайминга семян ячменя в суспензиях диатомита в различных концентрациях на рост и развитие во время солевого стресса: проявляется в длине корня и стебля проростков (рис. 1).

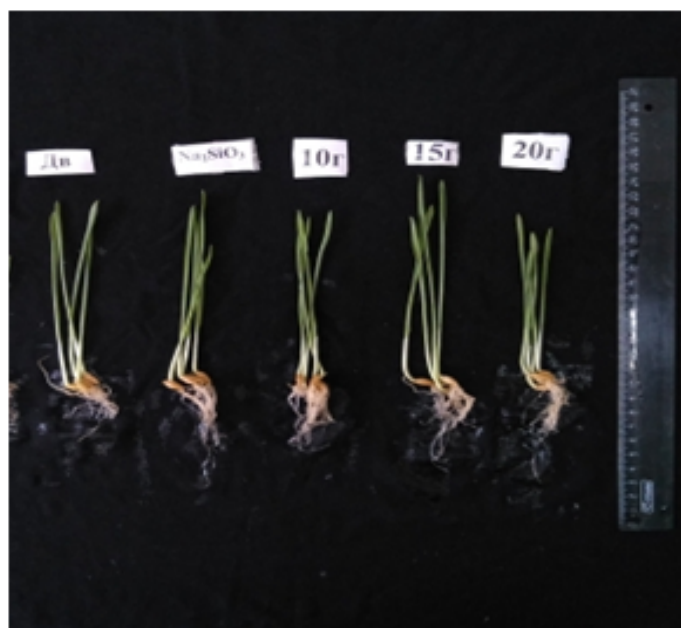


Рисунок 1 – 7-дневные проростки ячменя в дистиллированной водной среде с NaCl (75мМ) после предпосевного прайминга семян. Дв – прайминг с дист.водой; Na_2SiO_3 - прайминг с 0,1мМ раствором (соответствует 15г ДТМ); 10,15, 20 - грамм ДТМ в 100 мл H_2O

В контрольном варианте, в присутствии NaCl (т.е. солевого стресса) в фильтрованной бумаге и в почвенной среде, развитие проростков ячменя угнетается. Средняя длина стебля и корня в воде не превышает 8 см и 4,34, соответственно, в то же время в почве эти параметры соответствовали 20,3 см и 7,74 см. Также растения при солевом стрессе сильно ослаблены, листья скрученные (Рис. 1,2).

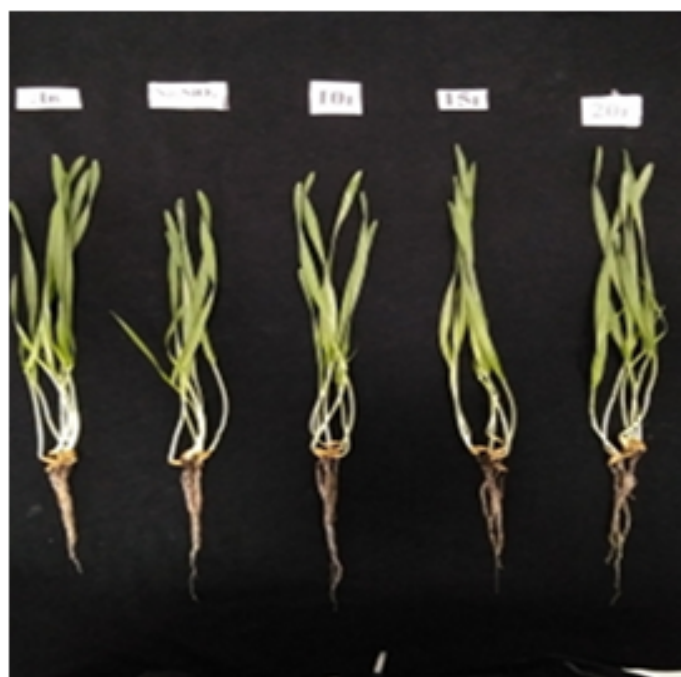


Рисунок 2 – 7-дневные проростки ячменя в почвенной среде с NaCl (75мМ) после предпосевного прайминга семян. Дв – прайминг с дист.водой; Na_2SiO_3 - прайминг с 0,1мМ раствором (соответствует 15г ДТМ); 10,15, 20 - грамм ДТМ в 100 мл H_2O

Однако в случае прайминга семян в суспензии ДТМ ингибирование роста и развития проростков снижается. В трех таких вариантах длина корней проростков оказалась выше на 0,8

– 1.0 см по сравнению с контролем, но отмечается одинаковая длина стеблей. Диаметр стебля после прайминга семян с данной суспензией также был больше по сравнению с контролем на 0,05 мм.

Таблица 1 - Влияние на рост и развитие проростков ячменя предпосевого прайминга семян Na_2SiO_3 и

	ДТМ во время заселения				
	H_2O (контроль)	Na_2SiO_3	ДТМ 10	ДТМ 15	ДТМ 20
Средняя длина стебля	$10,7 \pm 0,44$	$10,9 \pm 0,45$	$10,8 \pm 0,41$	$10,5 \pm 0,05$	$10,7 \pm 0,68$
Средняя длина корня	$4,6 \pm 0,32$	$4,8 \pm 0,20$	$5,1 \pm 0,05$	$5,4 \pm 0,35$	$5,2 \pm 0,4$
Процент прорастания	$86,7 \pm 0,42$	$91,1 \pm 0,30$	$86,7 \pm 0,08$	$82,2 \pm 0,08$	$86,7 \pm 0,7$

Прайминг семян с силикатом натрия (0,1 ммоль) также благоприятно повлиял на рост и развитие во время стрессовых условий, средняя длина корня составляет 4,8 см, а стебля - 10,7 см (табл.1).

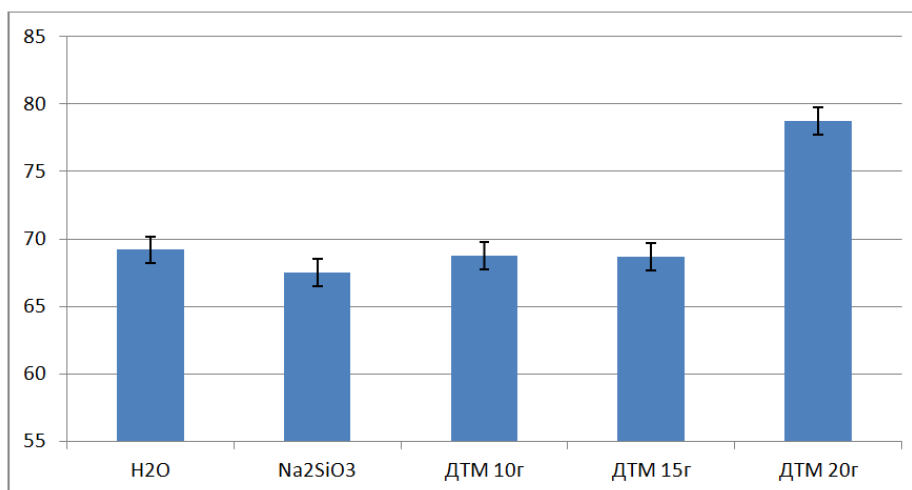


Рисунок 3 – Влияние прайминга диатомитом на процент прорастания семян ячменя

Наши результаты показали, что замачивания в течение 24 часов (первая стадия прайминга) было достаточно для полного насыщения семян водой при различных температурах. Замачивание до полного обводнения семян при низкой температуре (5^0C) и последующее их высушивание при комнатной температуре приводило к максимальному проценту прорастания семян этих злаков по сравнению с контролем (рис. 3).

Таблица 2- Содержание пролина (мкг/г) в корнях и стеблях 5-дневных проростков, выращенных из семян после предпосековой обработки в средnezасоленной жидкой среде (75 мМ NaCl)

№	Корень	Стебель
H_2O (контроль)	$0,04 \pm 0,03$	$0,026 \pm 0,06$
Na_2SiO_3	$0,045 \pm 0,05$	$0,035 \pm 0,04$
ДТМ – 10 г/100 мл H_2O	$0,042 \pm 0,04$	$0,037 \pm 0,02$
ДТМ – 15 г/100 мл H_2O	$0,046 \pm 0,08$	$0,055 \pm 0,09$
ДТМ – 20 г/100 мл H_2O	$0,06 \pm 0,07$	$0,04 \pm 0,06$

Влияние предпосевого прайминга семян в различных суспензиях диатомита на содержание пролина в проростках, выращенных в присутствии NaCl (табл.2). Среднее засоление (75 мМ NaCl) почвы сильно подавляет всхожесть и прорастание сухих семян ячменя, а также

рост и развитие их проростков. Предпосевной прайминг семян в дистиллированной воде не предотвратил ингибирующее действие почвенной соли.

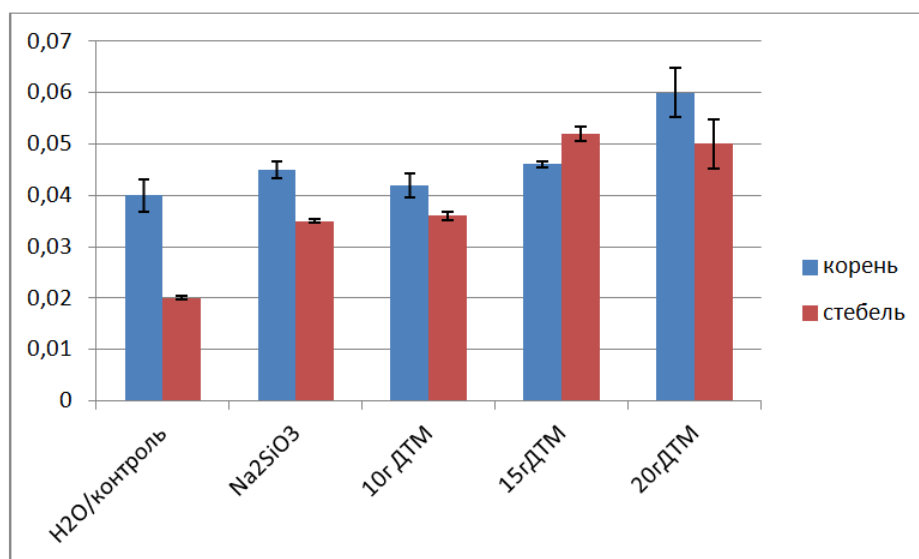


Рисунок 4 – Сравнительное количество пролина в стеблях и в корнях (мкг/г) у образцов проростков, выращенных в жидкой среде с 75 мМ NaCl

Установлено, что предварительная термообработка (2 часа при 120⁰ С) образцов диатомита повышает его эффект на прорастание и устойчивость проростков к стрессам. В присутствии диатомита в концентрации 10 мг/кг почвы всхожесть семян ячменя после предпосевого прайминга и темп роста их проростков резко возрастали (рис.4).

В защитных системах растений главную роль играет пролин, который участвует в повышении осмотического давления клеточных растворов и защищает белковолипидные комплексы путем обезвреживания активных форм кислорода, разрушающих биомембраны. Природное и техногенное засоление приводит к ошелачиванию. Растения, произрастающие на засоленных и засушливых территориях, характеризовались повышенным количеством пролина в листьях и подземных органах [11]. В модельных опытах у растений с разным конститутивным уровнем пролина (*Hordeum vulgare*) стресс-индуцированная реакция на засоление корневой среды сопровождалась аккумуляцией этого осмопротектора [12]. По-видимому, пролин аккумулируется в большом количестве во время окислительного стресса. В экспериментах уровень NaCl-зависимой аккумуляции пролина у растений был выше, чем у обработанных с диатомитом семян ячменя. Вместе с тем, прайминг с диатомитом семян на фоне засоления и засухи резко снижает степень перекисного окисления мембран при солевом стрессе.

Как видно из диаграмм, прайминг семян ячменя с различными концентрациями диатомита несколько улучшает рост проростков в соленой среде и засухе, а также образуется большое, чем в контрольных растениях, количество пролина, так как прайминг семян с различными концентрациями диатомита имеет стресс-протекторное свойство для растений. Таким образом, можно отметить, что предпосевный прайминг семян ячменя в оптимальной концентрации диатомита дает быстрый рост и имеет некоторые морфофизиологические преимущества перед контролем.

Заключение. Солевой стресс увеличивает содержание свободного пролина. При обработке растений диатомитом содержание свободного пролина значительно увеличилось по сравнению с необработанными растениями. Следовательно, диатомит выполняет протекторную функцию в предотвращении негативных воздействий окружающей среды на высшие растения.

Таким образом, первостепенная роль в повышении устойчивости растений к последовательному воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды отводится пролину. Пролин рассматривается как стабилизатор мембран и некоторых макромолекул,

а также свободных радикалов. Как было сказано выше, различные производные пролина являются потенциальными осмопротекторами в условиях засоления среды [9]. В связи с этим интересно отметить, что в клеточных стенках восьми морских видов диатомовых водорослей найдены 3,4-дигидроксипролин и другие производные пролина [13]. По-видимому, в диатомитах растворимая форма кремния - кремнезем (основной компонент диатомита) - является индуктором синтеза пролина или его производных в условиях высокой концентрации соли. Поэтому в будущих исследованиях необходимо изучение форм пролина, синтез которых происходит в присутствии диатомита.

Результаты по изучению физиолого-биохимических механизмов действия аморфного диатомита будут значительным вкладом в физиологию растений в области влияния природных пород на растения. Полученные результаты расширят возможности использования диатомита в качестве природного удобрения для повышения устойчивости растения к биотическим и абиотическим стрессам.

Список литературы

- 1 Shabala S. Plant physiology. Plants – Effect of stress on adaptation. – 2nd ed. – Boston, MA: CABI, 2017. – 376 p.
- 2 Sengar R.S. Climate change effect on crop productivity. – CRC Press, 2014. – 538 p.
- 3 Gross M. New directions in crop protection // *Current Biology*. – 2011. – Vol. 21, № 17. – P. 641–643.
- 4 Savvides A. Chemical priming of plants against multiple abiotic stresses: mission possible? // *Trends in Plant Science*. – 2016. – Vol. 21, № 4. – P. 329–340.
- 5 Wang M. Role of silicon on plant–pathogen interactions // *Frontiers in Plant Science*. – 2017. – Vol. 8. – P. 701–715.
- 6 Gymez J. Diatomite releases silica during spirit filtration // *Food Chem*. – 2014. – Vol. 15, № 159. – P. 381–387.
- 7 Козлов А.В. Влияние диатомита на биопродуктивность зерновых культур и численность микробного сообщества почвы // *Агробиохимический вестник*. – 2012. – Т. 5. – С. 39–41.
- 8 Tiburcio A.F. Abiotic stress tolerance // *Plant Science*. – 2012. – Vol. 182. – P. 1–2.
- 9 Munns R., Tester M. Mechanisms of salinity tolerance // *Annual Review in Plant Biology*. – 2002. – Vol. 59. – P. 651–681.
- 10 Bates L. S. Rapid determination of free proline for water stress studies // *Plant Soil*. -1973. -Vol. 39. -P. 205-207.
- 11 Jain M.G., Mathur S., Koul and N.B. Sarin/Ameliorative effects of proline on salt stressinducted lipid peroxidation in cell lines of groundnut (*Arachis hypogea* L.)// *Pl. Cell Rep*. – 2001. – Vol. 20. – P. 463–468.
- 12 Liang Y.C., Ding R.X. Influence of silicon on microdistribution of mineral ions in roots of salt-stressed barley as associated with salt tolerance in plants//*Sci China (Series C)*. – 2002. – Vol. 45. – P. 298–308.
- 13 Nakajima T, Volcani B.E. - 3, 4-Dihydroxyproline: a new amino acid in diatom cell walls//*Science*.- 1969.- Vol. 12.-P. 25-32.

С.К. Наекова, Қ.М.Әубәкірова, З.Әліқұлов

Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

Арпа (*Hordeum vulgare* L.) өскіндерінің өсуі, дамуы және тұздану жағдайында құрамындағы пролин мөлшеріне диатомиттің қатысуымен тұқым праймингінің оңтайлы әдісінің әсері

Аңдатпа. Жүргізілген жұмыстың нәтижесінде диатомиттің жоғары өсімдіктердің өсуі, дамуы және сабақтары мен тамырларының жасушаларында пролиннің жиналуы процестеріне әсер ету заңдылықтары ашылды. Сондай-ақ, бұл минералдың жоғары өсімдіктердің стрестік реакцияларына, органың бірқатар маңызды абиотикалық стресс-факторларына атап айтқанда, сортаңдау кезінде әдісімен сыналды. Жүргізілген жұмыс барысында тұзды стресс еркін пролин мөлшерін арттыратыны анықталды. Өсімдіктерді диатомитпен өңдеу кезінде өңделмеген өсімдіктерге қарағанда бос бпролиннің құрамы айтарлықтай артты. Демек, диатомит қоршаған органың жоғары өсімдіктеріне теріс әсерін болдырмауда протекторлық функцияны орындайды. Алынған нәтижелер өсімдіктің биотикалық және абиотикалық стрессерге төзімділігін арттыру үшін табиғи тыңайтқыш ретінде диатомитті пайдалану мүмкіндігін кеңейтеді.

Түйін сөздер: арпа, диатомит, тұздану, пролин, тұқым праймингі.

S.K.Nayekova, K.M.Aubakirova, Z.Alikulov

L.N.Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

Influence of the optimal method of pre-seed priming of seeds in the presence of diatomite on the growth and development of barley seedlings (*Hordeum vulgare* L.) and their proline content in salinization conditions

Abstract. As a result of the work, the regularities of the impact of diatomite were revealed on the processes of growth, development and accumulation of Proline in the cells of stems and roots of higher plants. The influence of this mineral on the stress reactions of higher plants were also tested a number of key abiotic environmental stress factors such as salinization,. In the course of the work it was found that salt stress increases the content of free Proline. When treating plants with diatomite, the content of free Proline increased significantly than on untreated plants. Therefore, diatomite performs a protective function

in preventing negative environmental effects on higher plants. The obtained results expand the possibilities of using diatomite as a natural fertilizer to increase the plant's resistance to biotic and abiotic stresses.

Keywords: barley, diatomite, salinization, Proline, pre-sowing seed priming

References

- 1 Shabala S. Plant physiology. Plants – Effect of stress on adaptation. – 2nd ed. (Boston, MA: CABI, 2017).
- 2 Sengar R.S. Climate change effect on crop productivity. (Boca Raton: CRC Press, 2014).
- 3 Gross M. New directions in crop protection, *Current Biology*, 21(17), 641–643 (2011).
- 4 Savvides A. Chemical priming of plants against multiple abiotic stresses: mission possible?, *Trends in Plant Science*, 21(4), 329–340 (2016).
- 5 Wang M. Role of silicon on plant–pathogen interactions, *Frontiers in Plant Science*, 8,701–715 (2017).
- 6 Gymez J. Diatomite releases silica during spirit filtration, *Food Chem*, 15 (159), 381–387 (2014).
- 7 Kozlov A.V. Vliyanie diatomita na bioproduktivnost zernovyih kultur i chislennost mikrobnogo soobshchestva pochvyi [Influence of diatomite on the bioproduktivty of grain crops and the number of soil microbial community], *Agrohimicheskiy vestnik [Agrochemical Bulletin]*, 5, 39–41 (2012). [in Russian].
- 8 Tiburcio A.F. Abiotic stress tolerance, *Plant Science*, 182, 1–2 (2012).
- 9 Munns R., Tester M. Mechanisms of salinity tolerance, *Annual Review in Plant Biology*, 59, 651–681 (2002).
- 10 Bates L. S. Rapid determination of free proline for water stress studies, *Plant Soil*, 39, 205–207, (1973).
- 11 Jain M.G., Mathur S., Koul and N.B. Sarin/Ameliorative effects of proline on salt stressinducted lipid peroxidation in cell lines of groundnut (*Arachis hypogea* L.), *Pl. Cell Rep.*, 20, 463–468 (2001).
- 12 Liang Y.C., Ding R.X. Influence of silicon on microdistribution of mineral ions in roots of salt-stressed barley as associated with salt tolerance in plants, *Sci China (Series C)*, 45, 298–308 (2002).
- 13 Nakajima T, Volcani B.E. - 3, 4-Dihydroxyproline: a new amino acid in diatom cell walls, *Science*, 12, 25–32 (1969).

Сведения об авторах

Наекова С.К. - докторант специальности "6D060700 - Биология", Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Нур-Султан, Казахстан.

Аубакирова К.М. - кандидат биологических наук, и.о. доцента кафедры биотехнологии и микробиологии, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Нур-Султан, Казахстан.

Аликулов З.А. - кандидат биологических наук, и.о. профессора кафедры биотехнологии и микробиологии, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Нур-Султан, Казахстан.

Naekova S. K.- doctoral student of specialty 6D060700 – Biology, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Aubakirova K. M.- candidate of biology sciences, Assistant professor of the Department of Biotechnology and Microbiology, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Alikulov Z. A. -candidate of biology sciences, professor of the Department of Biotechnology and Microbiology, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Поступила в редакцию 23.09.2020

А. Тасболат, Р. Омаров, С. Жангазин, А. Курманбаева, А. Акбасова

*Евразийский Национальный университет им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
(E-mail: tasbolatova_a@bk.ru, aj.alua@yohoo.com)*

Структурная организация генома вируса полосатой мозаики ячменя (BSMV) и его идентификация

Аннотация: Вирусы - мельчайшие возбудители множественных болезней человека, животных и растений. Вирус состоит из молекулы ДНК или РНК и капсидной оболочки. Несмотря на наличие генетического материала, вне живой клетки вирусы размножаться не могут. Как известно, вирусы вездесущи, их можно найти повсюду, где есть жизнь. Вирус полосатой мозаики ячменя (англ. Barley stripe mosaic hordeivirus [BSMV]) - вирус палочковидной формы со спиральным капсидом, которая заражает кормовые и злаковые растения. Потери урожая, обусловленные присутствием BSMV, составляют по разным источникам от 20 до 35%. Общие симптомы для BSMV - желтые полосы и замедленный рост. Он распространяется через инфицированное семя. Статья посвящена описанию структурной организации генома вируса полосатой мозаики ячменя (BSMV) и его идентификации. Были рассмотрены структура BSMV и функции его белков. Представлено описание симптомов заражения BSMV культурных и злаковых растений.

Ключевые слова: вирус полосатой мозаики ячменя(BSMV), иммуноферментная тест - система, пшеница, ячмень, зерновые культуры.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2019-129-4-42-49>

Вирусные болезни зерновых, а также кормовых и пастбищных злаковых растений, обладают высокой вредоносностью и имеют широкий ареал распространения. Однако растениеводы с трудом диагностируют эти вирусы, а их вредоносное действие часто связывают с факторами абиотической и иной природы. В настоящее время в мире известно около 3000 паразиты растений, из них к началу XXI века было описано и в разной степени представлено более 100 вирусных и вирусоподобных заболеваний зерновых и кормовых растений. В Европе на злаковых растениях установлено распространение около 60 вирусов, которые принадлежат к 23 родам из 8 семейств. Учитывая это, необходимо дать характеристику наиболее распространённым возбудителям вирусных заболеваний культур в целях первичной диагностики.

Один из самых распространённых возбудителей средизерновых культур является вирус полосатой мозаики ячменя (*BSMV*). Род *Hordeivirus*, семейство *Virgaviridae*. Вирионы палочковидные, длиной 110–160 нм. Это заболевание выявлено впервые в США в 1951 г., после этого в Московской области в 1960 г., позднее – и в других странах расположенных на территории России, после этого аналогичный возбудитель был зарегистрирован в таких странах как Узбекистан, Молдавия и Эстония. Симптомы BSMV включают белые и желтые штрихи, прерывистые пятна или полосы и обесцвечивание листьев [1].

BSMV - это растительный вирус, образующий жесткие палочкообразные вирионы со спиральной упаковкой белка оболочки и включает в себя три генома, представленных в виде РНК. Геном упакован в отдельные вирусные частицы. Вирус передается через семена, пыльцу а также при контакте между растениями вызывает заболевания от легкой мозаики до летального некроза. Вирусная инфекция приводит к потере до 20% урожая ячменя [3,2]. BSMV имеет три разновидности геномной РНК (гРНК): α , β , и γ , которые индивидуально упакованы в короткие жесткие стержни, состоящие из 96% белка и 4% РНК [4].

Геномная РНК представителей *Hordeivirus* кодируют семь основных белков α (метилтрансферазная / хеликазная субъединица репликазы), β (белок оболочки) и γ (полимеразная субъединица репликазы). Белки, закодированные в РНК транслируются непосредственно с геномной РНК, [5,2].

Функции белков BSMV. Все три разновидности геномной РНК BSMV, то есть α , β , и γ принимают участие в заражении растений. РНК β причастна к распространению вируса.

Белки $\alpha\alpha$ и γa у гордеивирусов являются важными субъединицами *RdRp* (RNA-dependent RNA-polymerase), и размножаются в протопластах.

Белок βa транслируется с гРНК β и является наиболее распространенным вирусным белком в зараженных растениях. β состоит из 196 аминокислот. Во время исследования BSMV было выявлено, что в его составе присутствует белок TGB. Каждый из TGB (*Triple gene block*) белков имеет значение для передвижения в растениях.

Белок TGB1 участвует в движении вирусов на большие расстояния. N-концевая часть белка богат лизином и аргинином. Масса TGB1 белка составляет от 50 до 63 кДа. Эти белки проявляют РНК – хеликазную активность.

Трансляция белка TGB2 происходит в сгРНК β . Белок состоит из двух гидрофобных трансмембранных участков и имеет центральную гидрофильную петлю, разделяющую эти участки. Гидрофобные участки белка TGB2 интегрируются в мембрану с образованием U-образной структуры. Согласно этой структуре концевые участки белков направлены к цитоплазматической стороне мембраны, а центральная гидрофильная часть белка ориентирована в эндоплазматический ретикулум (ЭПР).

Белок TGB3. Белок TGB3 кодируется на 3'-концевой ОРС (открытая рамка считывания) на сгРНК β и транслируется после того, как 40S рибосомные субъединицы "проскакивают" AUG кодон, относящийся к TGB2. TGB3 имеют размер от 18 до 24 кДа и содержат два мембранные области так, что N- и C-концы выступают в просвет ЭПР, а петля находится с цитоплазматической стороны ЭПР [2].

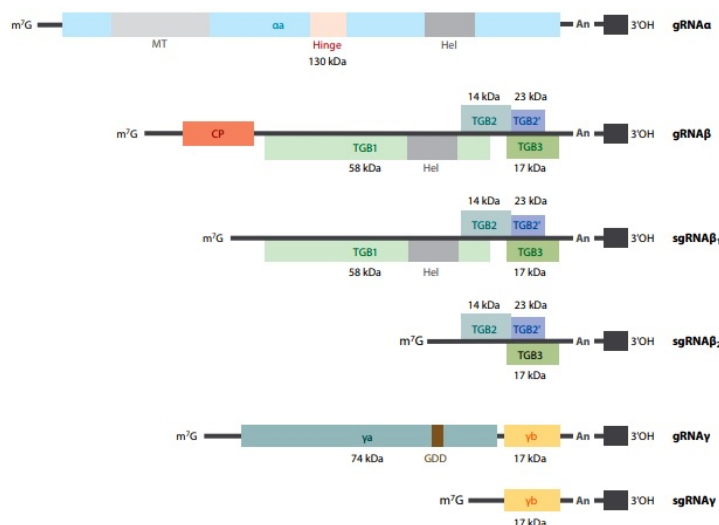


Рисунок 1 – Организация генома BSMV [3]

Примечание. Геномная РНК экпирована. Открытые и сплошные прямоугольники представляют ОРС. Серые прямоугольники это 3'-концевые гРНК-подобные структуры. РНК α кодирует белок αa , который содержит N-концевые метилтрансферазные (MT) и C-концевые геликазные (Hel) домены, разделенные шарнирным элементом. РНК β кодирует пять основных белков: белок оболочки (БО) транслируется с гРНК β ; белок TGB1 транслируется с гРНК β 1; перекрывающиеся белки TGB2, TGB3 и TGB2'. На гРНК γ закодированы 2 белка: γa и γb . Белок γa является полимеразной субъединицей репликазы. Обогащенный цистеином. Белок патогенности γb , (белок патогенности) богат цистеином и экспрессируется с гРНК β [3,2].

Все три геномные РНК требуются для заражения растений. Субчастицы РНК α и γ могут размножаться в протопластах. РНК β причастна к распространению вируса по растению, но ген белка оболочки βa (БО) не является обязательным для системной инфекции, движения от клетки к клетке и по проводящим тканям [2,4,6].

Размножение BSMV. Как и для других вирусов, BSMV требует живую клетку для размножения. Процесс начинается проникновением мвируса в клетку через повреждение клеточной стенки. После отделения белковой оболочки от РНК в цитоплазме начинается трансляция $\alpha\alpha$ и $\gamma\alpha$ субъединиц. $\alpha\alpha$ связывается с РНК α и притягивает белок $\gamma\alpha$, гРНК γ и β из клетки хозяина к мембранам хлоропластов. В мембранно – защищенных везикулах происходит процесс удвоения ДНК, то есть репликация. RdR P присоединяется к 3'-концам гРНК для начала транскрипции субчастиц РНК α, β и γ , а также для инициации транскрипции на внутренних стартовых участках транскрипции отрицательных цепей РНК с образованием сгРНК. TGB2 и γb направляются в везикулы, которые расположены вокруг ядра клетки, и после этого они могут полноценно выполнять свои функции. Белок оболочки транслируется с гРНК β и связывается с положительными цепями геномной РНК, что в итоге образует зрелые вирусные частицы. (Рисунок 2)[2].

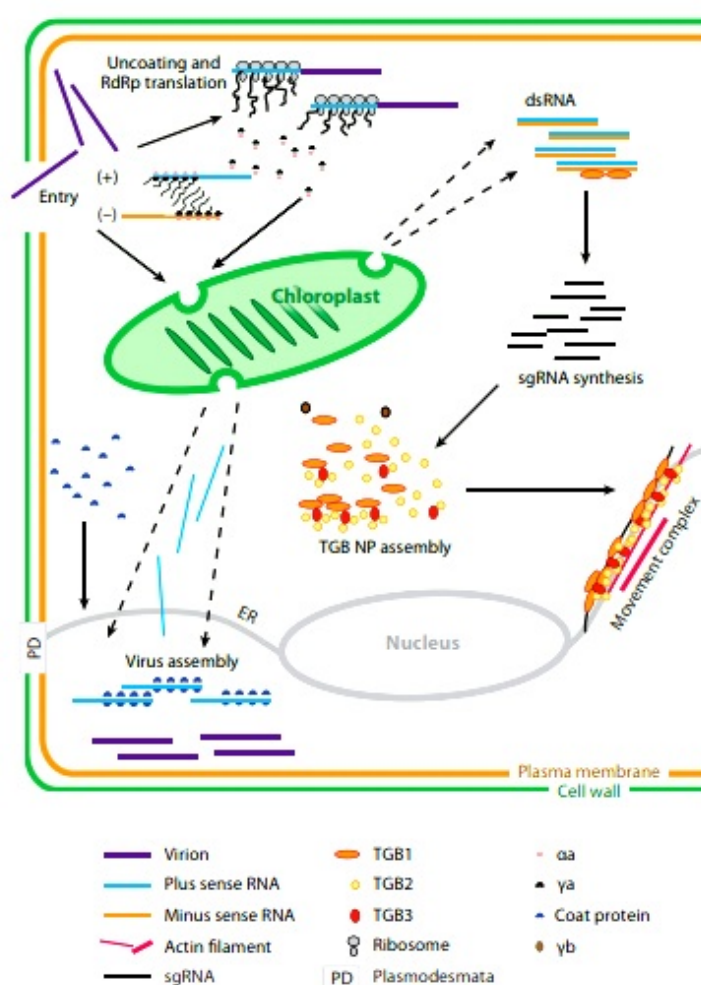


Рисунок 2 – Схема репликации и сборки BSMV [4]

BSMV имеет всемирное распространение, включая европейский и средиземноморские регионы, Азию, Африку, Северную и Южную Америку. В 1969 году вирус был зафиксирован в Квинсленде на посевах ячменя[7]. Вирус также был обнаружен в Тасмании, Виктории и Западной Австралии[8]

В 60-е годы XX века были начаты исследовательские работы по структуре и функции вируса полосатой мозаики ячменя. В результате этих работ было выявлено форма и приблизительные размеры внешней оболочки вируса. Параметры капсида: спирали 2,5 – 2,6 нм, примерно 24 субчастицами на оборот [14, 15, 16]. Кроме этого, обнаружены полочковидные и дискообразные структуры, которые появляются при реагировании белка оболочки вируса полосатой мозаики

ячменя. Эти структуры могут сохранять жизнеспособность и свободно, и в виде различных агрегатов. [17,18,19].

Исследования BSMV, которые были сфокусированы на описании биохимических и молекулярно-биологических особенностей вируса, структуры и экспрессии генома проводились неоднократно, однако информация о структуре капсида стала появляться только 6 лет назад. Исследования структуры BSMV методами дифракции на волокнах и при криогенной температуре с помощью электронной криомикроскопии. В результате было зафиксировано, что подъем спирали за один оборот составляет $25,8 \pm 0,2$ Е. (Рисунок 3).

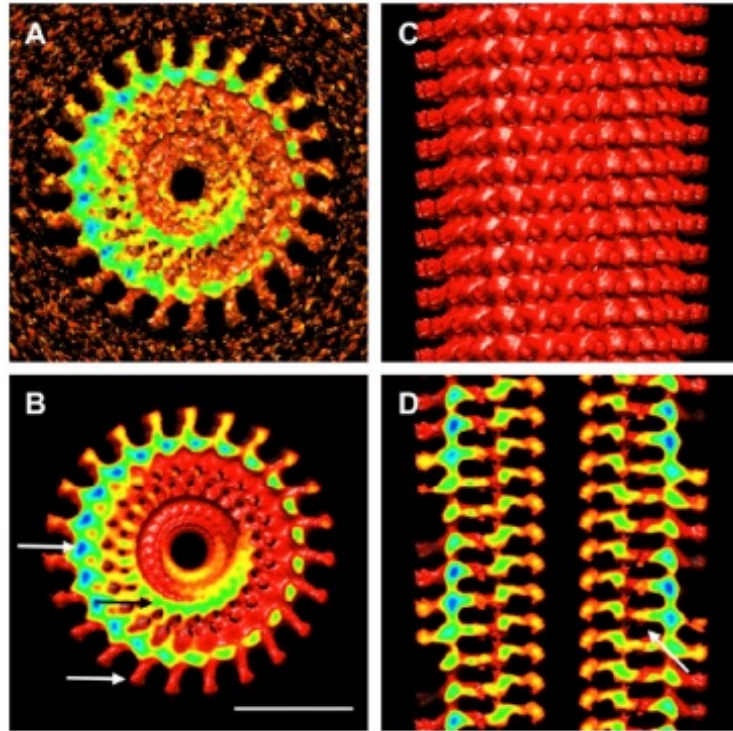


Рисунок 3 – Реконструкция BSMVc низким разширением. Цвета отражают плотность: красный — низкая плотность, синий — высокая

- а) Поперечный срез модели без учета симметрии;
- в) Поперечный срез модели с учетом симметрии. Белые стрелки – плотность, расположенная на расстоянии 91 Е от центра и выросты на поверхности. Черная стрелка – плотность, расположенная на расстоянии 50 Е;
- с) Внешняя поверхность.
- д) Вертикальный срез. Стрелкой показан канал между субъединицами [20]

Полосатая мозаика ячменя - это заболевание, вызываемое BSMV. Оно было открыто и названо ложной полосатостью ячменя почти 100 лет назад, а в 1924 году было предположено, что это заболевание имеет вирусную природу[9]. Естественные хозяева – ячмень, пшеница, овсюг и другие виды. Существуют многочисленные штаммы BSMV, вызывающие различные симптомы болезни. Легкость механической передачи вируса от растения к растению в поле способствует быстрому попаданию вируса к молодым проросткам, а также может привести к высокой доле зараженных семян и серьезным потерям урожая [4,9].

Другим предполагаемым способом передачи вируса является зараженная пыльца. Этот способ может заразить растения, растущие даже на удаленных участках от источника вируса [7] Однако в непосредственных полевых испытаниях и в лабораторных опытах, передача через пыльцу не была обнаружена и, следовательно, не может представляться существенным фактором в распространении вируса [10].

Проявление симптомов на растениях может меняться в зависимости от штамма вируса, сорта растений-хозяина и условий окружающей среды [11]. Проявление симптомов усиливается



Рисунок 4 – Симптомы заражения BSMV [19]

в тепле (температура 24-30°C). В зависимости от штамма вируса симптомы коротких до коротких до длинных полос, которые покрывают всю поверхность листа. Растения, выращенные из зараженных семян могут быть низкорослыми. Семена растений, зараженных BSMV, мелкие и сморщенные. Так же симптомы болезни зависят от сорта растения, то есть пшеницы или ячменя, штамма вируса, времени инфекции и условий окружающей среды. Симптомы не всегда проявляются при осеннем посеве или ранней весной, но становятся заметными, когда температура поднимается выше 10° С [12].

Идентификация и диагностика BSMV. Существует несколько видов метода с помощью иммуноферментной тест-системы, идентифицирующей вирус полосатой мозаики ячменя.

Определение BSMV методом прямого сэндвича – ИФА. В лунки 96-луночных планшетов последовательно вносят:

1. 50 мкл сенсibiliзирующих антител инкубируются в течение ночи при 40 С
2. 100 мкл 1% раствора бычьего сывороточного альбумина (BSA) в фосфатно-солевой буфер (PBS) инкубируются 1ч;
3. 50 мкл вируссодержащего материала, последовательно разведенного PSB, содержащим 0,05% Твин – 20 (PSB –Твин), инкубируются 1ч;
4. 50 мкл конъюгата моноклональных антителас пероксидазой хрена в рабочем разведении в PSB – Твин, инкубируются 1ч;
5. 50 мкл субстратного раствора, содержащего 1 мг/мл орто – финиленадиамина в 0,1 М цитратном буфере (рН 5.0) и 0,06 % перекиси водорода.

Все этапы, начиная со второго, проводятся при 20° С. Между стадиями планшеты промываются 3-4 раза PBS– Твин. Развитие окраски останавливают добавлением 50 мкл 1Н H_2SO_4 .

Определение BSMV с использованием стрептавидин – биотиновой системы. Первые три стадии проводятся так же, как и при постановке прямого сэндвич – ИФА. Затем в лунки вносятся по 50 мкл биотинилированных моноклональных антител в PSB – Твин с 1% BSA, инкубируются 1 ч при 20° С. Промываются 3-4 раза PSB – Твин, после чего инкубируются 1ч при 20° с конъюгатом стрептавидина с пероксидазой хрена [13].

В странах СНГ, в том числе и в Казахстане, хорошо развито выращивание зерновых культур. Известно, что именно эти зерновые культуры являются объектом заражения вируса BSMV. Мы должны учитывать, что своевременная диагностика вируса поможет предотвратить заражение этих культур и позволит сократить экономические потери.

Список литературы

- 1 Bogoutdinov D.Z., Castalia T. B., Girsova Viral N. In. diseases of grain crops in the Samara region, Bulletin of Orenburg state University . – 2017. – Vol. 204. № 4. – P. 46-49.
- 2 Pechnikova E. V. the Structure of the virus of the streaky mosaic of barley and giant bacteriophages EL and Lin68 according to cryoelectronic microscopy: Abstract of the dissertation. – Moscow, 2015. – P 18-27.
- 3 Timian, R.G., Sisler W.W. Prevalence, sources of resistance, and inheritance of resistance to barley stripe mosaic (false stripe), Plant Repr. – 1955. – Vol. 39. №7. – P 550– 552.
- 4 Jackson A O, Lim H S, Bragg J, Ganesan U, Lee M Y. Hordeivirus replication, movement, and pathogenesis, Annual Review of Phytopathology. – 2009. – Vol. 47. № 47. – P. 385-422.
- 5 Gustafson G, Armour S.L. The complete nucleotide sequence of RNA from the type strain of barley stripe mosaic virus, NuclAcidsRes, – 1986 – Vol. 14. № 9. – P. 3895-3909.
- 6 Petty I.T, Jackson A.O. Mutational analysis of barley stripe mosaic virus RNA, Virology. – 1990. – Vol. 179. № 2. – P. 712.
- 7 Greber R.S. Barley stripe mosaic virus on cape barley in Queensland, Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences. – 1971. – Vol. 14. № 28 – P. 1-22.
- 8 Johnstone G.R, Munro D, Sampson P. The current understanding of plant virus diseases in Tasmania, Australasian Plant Pathology. – 1983. – Vol. 12. №2. – P. 24-28.
- 9 Arnaud C., Mario H., A New Barley Stripe Mosaic Virus Allows Large Protein Overexpression for Rapid Function Analysis, Plant Physiol, – 1986. – Vol. 176. № 3. – P. 1919-1931.
- 10 Slack S.A, Shepherd R.J, Hall D.H Spread of seed-borne barley stripe mosaic virus and effects of the virus on barley in California, Phytopathology. – 1975. – Vol. 65. №5. – P. 1218-1223.
- 11 McKinney H.H, Greeley L.W. Biological characteristics of barley stripe mosaic virus strains and their evolution, USDA Technical Bulletin. – 1965. – Vol. 1324. № 1324. – P. 16-82.
- 12 McKinney H.H. New evidence on barley disease in barley, Plant Disease Reporter, – 1953. – Vol. 37. – №1. – P. 292-295.
- 13 Sukhacheva E.A., Novikov V.K., Plaksin D.Yu., Pavlova I.S. ELISA test system based on monoclonal antibodies for detection of the striped barley mosaic virus, Bioorganic chemistry . – 1995. – Vol. 21. № 2, – P. 819– 824.
- 14 Chiko, A.W. Evidence of multiple virion components in leaf-dip preparations of barley stripe mosaic virus, Virology. – 1975. – Vol. 63. №1, – P. 115–122.
- 15 Harrison, B, Nixon, H., and Woods, R.. Lengths and structure of particles of barley stripe mosaic virus, Virology. – 1965. – Vol. 26. №2, – P. 284-289.
- 16 Finch, J.T. Preliminary X-ray diffraction studies on tobacco rattle and barley stripe mosaic viruses, J. Mol. Biol. – 1965. – Vol. 12. №3, – P. 612-619.
- 17 Atabekov, J.G., Novikov, V.K., Kiselev, N.A., Kaftanova, A.S., and Egorov, A.M. Stable intermediate aggregates formed by the polymerization of barley stripe mosaic virus protein, Virology. – 1968. – Vol. 36. №4, – P. 620-638.
- 18 Kiselev, N.A., DeRosier, D.J., and Atabekov, J.G. A double-helical structure found on the re-aggregation of the protein of barley stripe mosaic virus, J. Mol. Biol. – 1969. – Vol. 39. №3, – P. 673-674.
- 19 Veerisetty, V. Relationships among structural parameters of virions of helical symmetry, Virology. – 1978. – Vol. 84. №2, – P. 523-529.
- 20 Kendall, A., Williams, D., Bian, W., Stewart, P.L., Stubbs, G. Barley stripe mosaic virus: structure and relationship to the tobamoviruses, Virology . – 2013. – Vol. 443. №2, – P. 42.

Ә. Тасболат, Р. Омаров, С. Жангазин, А. Курманбаева, Ә. Акбасова

Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

Арпаның жолақ мозаика вирусының (BSMV) геномының құрылымдық ұйымдасуы және оның идентификациясы

Аннотация. Вирустар - адамның, жануарлар мен өсімдіктердің көптеген ауруларының қоздырғыштары. Вирус ДНҚ немесе РНҚ молекуласынан және капсидті қабықтан тұрады. Генетикалық материалдың болуына қарамастан, тірі жасушадан тыс вирустар көбейе алмайды. Вирустарды тіршілік бар кез келген жерден кездестіруге болады.

Арпаның жолақ мозаика вирусы (ағыл. Barley stripe mosaic hordeivirus [BSMV]) - таяқша пішінді, спиральды капсиды бар вирус, ол жем-шөп және астық тұқымдас өсімдіктерді зақымдайды. BSMV зақымдауынан өнім шығыны әртүрлі ақпарат бойынша 20-дан 35% - ға дейін құрайды. BSMV үшін жалпы белгілері-сары жолақтар және баяу өсу. Ол вируспен зақымданған тұқым арқылы таралады.

Мақала арпаның жолақ мозаика вирусының құрылымдық ұйымдасуының сипаттамасы мен оның идентификациясына негізделген. Сонымен қатар, вирус ақуызының құрылымы мен функциялары қарастырылды. BSMV мен жұқтырылған мәдени өсімдіктердің және астық тұқымдастардың симптомдарының сипаттамасы ұсынылды.

Түйін сөздер: арпаның жолақ мозаика вирусы, иммуноферментті тест - жүйе, арпа, бидай, астық тұқымдастар.

A. Tasbolat, R. Omarov, A. Kurmanbayeva, S. Zhangazin, A. Akbassova

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

Genome structural organization of the barley stripe mosaic virus (BSMV) and its identification

Abstract. Viruses are the smallest pathogens of multiple diseases of humans, animals and plants. Viruses consists of a DNA or RNA molecule and a capsid shell. Despite the presence of genetic material, the replication of the virus outside living cell is impossible. Barley stripe mosaic virus (BSMV) is a rod-shaped virus with a spiral capsid that infects forage and cereal plants. Crop losses due to the presence of BSMV are from 20 to 35% according to the different sources. Common symptoms for BSMV are yellow stripes and slow growth. It spreads through infected seed. The article describes the structural organization of the genome of the Barley stripe mosaic virus (BSMV) and its identification. The structure of BSMV and functions of its proteins were considered. The description of symptoms of BSMV infection of cultivated and cereal plants are presented.

Keywords: Barley Striped Mosaic Virus (BSMV), enzyme immunoassay system, wheat, barley, crops.

References

- 1 Bogoutdinov D.Z., Castalia T. B., Girsova N. In. Viral diseases of grain crops in the Samara region, *Bulletin of Orenburg state University* (4), 46-49.(2017).
- 2 Pechnikova E. V. the Structure of the virus of the streaky mosaic of barley and giant bacteriophages EL and Lin68 according to cryoelectronic microscopy: Abstract of the dissertation. Moscow, 2015. P 18-27.
- 3 Timian, R.G., Sisler W.W. Prevalence, sources of resistance, and inheritance of resistance to barley stripe mosaic (false stripe), *Plant Repr.* 39. (7), 550– 552.(1955).
- 4 Jackson A O, Lim H S, Bragg J, Ganesan U, Lee M Y. Hordeivirus replication, movement, and pathogenesis, *Annual Review of Phytopathology*. 47. (47), 385-422.(2009).
- 5 Gustafson G, Armour S.L. The complete nucleotide sequence of RNA from the type strain of barley stripe mosaic virus, *Nucl Acids Res*, 14. (9), 3895-3909.(2009).
- 6 Petty I.T, Jackson A.O. Mutational analysis of barley stripe mosaic virus RNA, *Virology*. 179. (2) 712.(2009).
- 7 Greber R.S. Barley stripe mosaic virus on cape barley in Queensland, *Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences*. 14. (28), 1-22.(1971).
- 8 Johnstone G.R, Munro D, Sampson P. The current understanding of plant virus diseases in Tasmania, *Australasian Plant Pathology*. 12. (2), 24-28.(1983).
- 9 Arnaud C., Mario H., A New Barley Stripe Mosaic Virus Allows Large Protein Overexpression for Rapid Function Analysis, *Plant Physiol* ,176.(3), 1919-1931.(1986).
- 10 Slack S.A, Shepherd R.J, Hall D.H Spread of seed-borne barley stripe mosaic virus and effects of the virus on barley in California, *Phytopathology*. 65 (5), 1218-1223.(1983).
- 11 McKinney H.H, Greeley L.W. Biological characteristics of barley stripe mosaic virus strains and their evolution, *USDA Technical Bulletin*. 1324.(1324), 16-82. (1965).
- 12 McKinney H.H. New evidence on barley disease in barley, *Plant Disease Reporter*, 37. (1), 292-295. (1953).
- 13 Sukhacheva E.A., Novikov V.K., Plaksin D.Yu., Pavlova I.S. ELISA test system based on monoclonal antibodies for detection of the striped barley mosaic virus, *Bioorganic chemistry*. 21. (2), 819– 824.(1951).
- 14 Chiko, A.W. Evidence of multiple virion components in leaf-dip preparations of barley stripe mosaic virus, *Virology*. 63. (1), 115–122.(1975).
- 15 Harrison, B, Nixon, H., and Woods, R..Lengths and structure of particles of barley stripe mosaic virus, *Virology*. 26. (2), P.284-289.(1965).
- 16 Finch, J.T. Preliminary X-ray diffraction studies on tobacco rattle and barley stripe mosaic viruses, *J. Mol. Biol*. 12. (3), P.612-619.(1965).
- 17 Atabekov, J.G., Novikov, V.K., Kiselev, N.A., Kaftanova, A.S., and Egorov, A.M. Stable intermediate aggregates formed by the polymerization of barley stripe mosaic virus protein, *Virology*. 36. (4), 620-638.(1968).
- 18 Kiselev, N.A., DeRosier, D.J., and Atabekov, J.G. A double-helical structure found on the re-aggregation of the protein of barley stripe mosaic virus, *J. Mol. Biol.* – 1969. – Vol.39. №3,– P.673-674.
- 19 Veerisetty, V. Relationships among structural parameters of virions of helical symmetry, *Virology*. 84. (2), 523-529.(1978).
- 20 Kendall, A., Williams, D., Bian, W., Stewart, P.L., Stubbs, G. Barley stripe mosaic virus: structure and relationship to the tobamoviruses, *Virology* . 443.(2),(1978).

Сведения об авторах:

Тасболат А.А. - студентка 3-го курса Евразийского национального университета им. Л. Н. Гумилева, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул. Кажымукана, 13, корпус 3 (ЦИСИ), Нур-Султан, Казахстан.

Омаров Р.Т. - заведующий кафедрой биотехнологии и микробиологии Евразийского национального университета им. Л. Н. Гумилева, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул. Кажымукана, 13, корпус 3 (ЦИСИ), Нур-Султан, Казахстан.

Курманбаева А.Б. - старший преподаватель кафедры биотехнологии и микробиологии Евразийского национального университета им. Л. Н. Гумилева, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул. Кажымукана, 13, корпус 3 (ЦИСИ), Нур-Султан, Казахстан.

Жангазин С.Б. - старший преподаватель кафедры биотехнологии и микробиологии Евразийского национального университета им. Евразийского национального университета им. Л. Н. Гумилева, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул. Кажымукана, 13, корпус 3 (ЦИСИ), Нур-Султан, Казахстан.

Акбасова А.Ж. - и.о.доцента кафедры биотехнологии и микробиологии Евразийского национального университета им. Л. Н. Гумилева, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул. Кажымукана, 13, корпус 3 (ЦИСИ), Нур-Султан, Казахстан.

Tasbolat A.A. – a student of the 4th course of the L. N. Gumilyov Eurasian National University, L. N. Gumilyov Eurasian National University, st.Kazhimukan, 13, building 3, Astana, Kazakhstan.

Omarov R.T. -Head of the Department of "Biotechnology and Microbiology" of the L. N. Gumilyov Eurasian National University, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Kazhimukan, 13, building 3, Nur-Sultan, Kazakhstan

Kurmanbayeva A.B. -senior teacher of the Department of "Biotechnology and Microbiology" of the L. N. Gumilyov Eurasian National University, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Kazhimukan, 13, building 3, Nur-Sultan, Kazakhstan

Zhangazin S.B. -senior teacher of the Department of "Biotechnology and Microbiology" of the L. N. Gumilyov Eurasian National University, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Kazhimukan, 13, building 3, Nur-Sultan, Kazakhstan

Akbassova A.Z. -acting associate Professor of the Department of "Biotechnology and Microbiology" of the L. N. Gumilyov Eurasian National University, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Kazhimukan, 13, building, Nur-Sultan, Kazakhstan

Поступила в редакцию 12.08.2019

Г.А. Татенова, О.З. Ильдербаев, А.Ж. Нурсафина

*Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
(E-mail: gaukhar.tatenova@mail.ru)*

Тірі ағзаға ауыр металдардың зиянды әсерлері бойынша сұрақтарға жалпы шолу

Аннотация: Мақалада тірі ағза жүйесіне байланысты ауыр металдардың зиянды әсерлері жайында сұрақтарға жалпы шолу жасалады. Ауыр металдар, қауіпті концентрацияларда ағзаға қатты әсер етеді. Биологиялық белсенділік пен улы қасиеттер тұрғысынан үлкен қауіп төндіреді, назар аударуды қажет етеді, әрі зерттеуге лайық көрсеткіштер қатарына жатады.

Түйін сөздер: ауыр металдар, адам ағзасына әсер ету, тірі ағза жүйесі.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2019-129-4-50-57>

Қоршаған ортаның аса қауіпті ластаушыларының бірі - ауыр металдар болып табылады. Қазіргі уақытта индустрия және өнеркәсіптік кешендердің қарқынды дамуымен қатар қоршаған ортаның зиянды факторлары, радиациялық және иондаушы сәулелердің әсер ету ауқымы ұлғайып, биосфераның ауыр металдармен ластану көздеріне байланысты тірі ағзаның негізгі өмірлік функцияларының қызметінің бұзылуына әкеп соғатыны анық. Тірі ағзаға кешенді түрде теріс әсер ететін көптеген факторлардың бірі – ауыр металдар. Ауыр металдар көптеген физиологиялық жүйелердің гомеостазында, әсіресе, иммундық жүйеде де өзгерістер тудырады. Оларға жоғары улылығы басым сынап, қорғасын, никель, мыс, кадмий, мырыш, қалайы, марганец, хром, алюминий, темір, селен, кремний және т.б. жатқызуға болады [1].

Қорғасын, сынап және кадмий сияқты ауыр металдар - табиғи түрінде қоршаған ортада кең таралған химиялық элементтер. Бұл элементтердің белсенділігі адамның қызметіне байланысты айтарлықтай ұлғайғандықтан, осы металдардың басқа деңгейлерін көптеген экожүйелерден табуға болады [2, 3].

Әртүрлі механизмдер арқылы ауыр металдардың жасушаларға зақым келтіруі жасуша мембранасы мен кейбір органеллаларға тікелей әсер етеді, яғни, бұл сигналдың берілуі ағзада өзгерістерді тудырып, жасушаның ферменттік жүйесіне әсер етеді, салдарынан иммунитетті төмендетіп, ағзаның стресстік күйін арттырады. Яғни, патологиялық иммундық реакцияларды тудыра отырып, аллергия, сезімталдық, аутоиммундық ауруларды бастамасына себеп болады. [4]. Кейбір жағдайларда ауыр металдардың улылық деңгейі иммундық жүйеге басқа көріністерді тудырмайтын дозаларда әсер етуі әбден мүмкін [5,6,7]. Тірі ағзаның иммундық жүйесі улы заттардың әсерінен иммундық реакцияның өзгеруіне жиі ұшырайды. Иммундық жүйе ағзаны жұқпалы агенттер мен ісіктерге қарсы қорғау үшін маңызды. Кез келген иммундық қызметтердің ұлғаюы немесе азаюы иммундық резистенция, ұлпалар мен ағзалардың зақымдануымен қатар, иммундық реттелу үшін қажетті тепе-теңдікті бұзуы мүмкін [8].

Тірі ағза жасушасына ауыр металдардың сіңуі ингаляциялық, пероральды және тері жамылғылары сияқты негізгі механизмдерден тұрады. Ауыр металдардың улылығы адамның жасына, даму сатысына, өмір салтына, ауыр металдардың спецификасына және ағзаның иммундық жүйесінің күйіне қарай бірнеше факторларға байланысты болады [9]. Негізгі метал мен улы металдың өзара әрекеттесуі улы металдардың негізгі металдарға ұқсас метаболизденуінде орын алады. Металл - ақуыздық кешендер улы ауыр металдардың детоксикациясына қатысады. Осылайша, металлотинидер мырыш пен мыс сияқты микроэлементтердің құрамындағы концентрацияны реттеуге қатысатын, сондай-ақ ауыр металдарды, мысалы, қорғасын, кадмий, сынап және басқаларын байланыстыратын кешендерді құрайды. Ауыр металдар өзінің улылығымен белгілі ластаушы заттардың арасындағы басты мәселелердің бірі болып табылады [10,11]. Ауыр металдар жасушаның иммундық қабілеттілігін әртүрлі механизмдер арқылы өзгертеді [12]. Ғалымдардың зерттеу жұмыстарында металдардың әсер ету дозалары зерттеуге алынған жануарлардың түріне байланысты әртүрлі болуы мүмкін. Қорғасынның, сынап және кадмийдің жоғары дозасы

гуморальды реакцияға иммуносупрессивті әсер етеді, ал төмен дозада тышқандар мен қояндарда осы гуморальды реакцияны арттыратындығы анықталған [13,14,15].

Кейбір сынап, қорғасын, кадмий сияқты ауыр металдар иммуносупрессивті қабілеттерге ие, олар иммундық жүйенің жасушаларында апоптоз немесе некроз индукциясы арқылы цитотоксикациялық әсерлерден пайда болатындығы, соның салдарынан инфекцияларға қарсылық төмендейтіндігі белгілі болған [16]. Ауыр металдардың иммуноулылығы екі негізгі тәсілмен жүзеге асырылады, ластағыштар иммунореактивтілікті тікелей спецификалық иммундық жасушаларға әсер ету арқылы немесе жанама түрде иммунорегуляцияға әсер ете отырып арттырады. Регуляцияға жанама әсер ету аллергиялық реакциялардың дамуына (аса жоғары сезімталдық) немесе аутоиммундық бұзылуларға әкеледі. Сонымен қатар, ауыр металдармен әсер ету иммундық қорғаныс механизмдерінің бұзылуын индукциялайды, бұл ағзаның инфекцияларға және обыр түзілімдерінің дамуына ықпал етеді [17,18,19].

Аутоиммунды аурулар өзіне қарсы бағытталған иммундық жауап арқылы ғана емес, сонымен қатар ластаушы заттарды тіндер немесе сарысулық ақуыздармен байланыстыру арқылы туындауы мүмкін. Ластағыш заттарды ақуыздармен байланыстыру арқылы ауыр металдар ағзаның сезімталдығын индукциялайтын ең ықтимал механизм болып табылады [20]. Көптеген зерттеулер ауыр металдар аутоиммунды аурулардың индукциясымен байланысты болғанын көрсетті. Адамда аутоиммунитет пайда болуы антигендердің босатуымен, Т-супрессорлар қызметінің төмендеуімен, Т-хелперлердің белсенділігінің артуымен түсіндіріледі [21,22,23].

Сынап, қорғасын және кадмий сияқты ауыр металдар тиол топтарына өте ұқсас, сондықтан жасушалардың метаболикалық функцияларын бұзуы мүмкін [24]. Яғни, металл иондары ферменттердің, ақуыздар мен рецепторлардың көптеген қызметтеріне қатысатын тиол ақуыздарымен реакцияға түсе алады [24].

Әдетте, жасушаішілік тиол ең кең тараған болып табылады, ол көптеген тікелей немесе жанама маңызды биологиялық үдерістерге, соның ішінде ақуыздар мен ДНҚ синтезі, ферментативті белсенділікке, метаболизмге, қорғанысқа және жасуша пролиферациясының модуляциясына қатысады. Глутатион жасушаларды тотығу стрессімен, бос радикалдармен және басқа түрлермен байланысты зақымданудан қорғайды [14, б. 5].

Ауыр металдар, глюкозаның жоғары концентрациясы, жылу соққысы, жасушаішілік құрамын өзгерте алады. Зерттеу мәліметтері көрсеткендей, глутатион өндірісі олармен бірге кешен құратын агенттердің, мысалы, сынап пен хинондардың болуымен қозғалады. Сонымен қатар, стресстік факторларға жасушаның жауабы көбінесе зиянды қосылыстарды жоюға бағытталған реакцияларда бірінші кезекте қолданылатын жасушаның ішіндегі глутатионның құрамындағы өзгерістерді қамтиды, содан кейін ферментативті қалпына келтіру жолымен немесе *de novo* синтезі арқылы ауыстырылады. Глутатионның жасушаішілік құрамы синтездеу мен утилизация арасындағы баланспен анықталады. Жалпы көлемнен глутатион деңгейінің 30-40% -дан төмендеуі жасушаның улы қосылыстардан қорғалуын әлсіретіп, осылайша жасушалардың зақымдалуы мен өліміне әкелуі мүмкін. Сынап пен кадмий иондарының жасуша сызықтарына негізгі әсері глутатион синтезінің күрт артуы болды [13,14]. Қоршаған ортаның аса қауіпті ластаушыларына сынап жатады. Ол ағзаның негізгі өмірлік функцияларының қызметінің бұзылуына зор әсер етеді. Кейбір статистикалық мәліметтер бойынша, жыл сайын әлемде адам денсаулығына кері әсер етуі мүмкін бірнеше мың жаңа химиялық қосылыстар өндіріледі. Кез келген ксенобиотиктер, атап айтқанда, сынап ағзаға түсіп, зат алмасуға қосылып, ауыр зардаптарға әкелуі мүмкін. Сынап адамның ағзасына жоғары концентрацияда енген кезде, ол ішкі мүшелерде: бүйректе, бауырда, бас миында, қанда, омырау сүтінде, зәрде және пашта жинақталуы мүмкін. Интоксикация негізінен тыныс алу жолдары арқылы жүреді, бұл сынаптың жоғары ұшқыштығына байланысты. Жұтылатын қарапайым сынап және оның бейорганикалық қосылыстары 75-80%-ға ғана сіңеді. Адамның асқазан - ішек жолында қарапайым сынап іс жүзінде сіңірілмейді, ал бейорганикалық тұздар 8-15% - ға, метилсынап толығымен сіңіріледі. Қандағы тұздар мен оттегі сынаптың сіңуіне, оның тотығуына және сынап тұздарының түзілуіне ықпал етеді. Сынаптың көптеген түрлері адам ағзасына тері арқылы еніп алады.

Жасушаларды металды уыттылықтан қорғайтын молекула - металлотионеин, ол кейбір ауыр металдармен байланысатын цистеинге бай ақуыз болып табылады. Бұл ақуызды алғаш рет 1957 жылы жылқының бүйрегінің қабық заттарынан бөліп алып, құрамында кадмий мен мырыш бар қосылыс ретінде анықтаған. Оның құрамында 60-тан 70-ке дейін амин қышқылдары бар, соның ішінде 20 цистеин, молекулалық салмағы 500-ден 15- кДж-ға дейін болады. Эксперимент жүргізіліп зерттелген омыртқалы жануарлардың барлық тіндерінде МТ изоформалары табылған және бауырда, бүйректе және ішекте максималды концентрацияда кездескен. Металлотионеиндер цитоплазмалық ақуыздар болып табылады, бірақ олар бауыр және бүйрек жасушаларының ядроларында және де барлық жасушадан тыс кеңістікте плазмада, зәрде және өтте кездеседі [16, б.18].

Әдеби деректерге сәйкес, МТ-ның негізгі биологиялық рөлі құпия болып қала береді, бірақ олардың әртүрлі элементтермен, атап айтқанда ауыр металдармен синтезделуі көптеген зерттеушілерді қызықтыратын МТ қасиеттерінің бірі болып табылады. Сонымен қатар, МТ улы металдарға қатысты қорғаныштық қасиеті бұрыннан дәлелденген. Екі валентті металл иондары тетраэдрлік құрылымдардағы цистеиндермен байланысады және олардың МТ байланыстыратын орындарына жақындығы өзгереді. Мыспен байланыс тұрақтылығы кадмийге қарағанда 100 есе жоғары және мырышпен салыстырғанда 1000 есеге күшті. Сынап пен күмістің мысқа қарағанда МТ-ға жақындығы бар. Улы металдар жасуша ішіне енген кезде, барлық металл иондары арасында барлық жасушааралық металлопротеиндік бәсекелестік пайда болады, олардың арасында МТ көп немесе аз болуы мүмкін [16.17].

Сынап, хром, қорғасын, никель және кадмий сияқты кейбір металдар адамдар мен жануарларда ықтимал канцерогендік немесе улы реактивтер болып табылатындығы туралы белгілі. Сонымен қатар, бұл металдар ДНҚ-ны бұзады және липидтердің тотығуын *in vitro* және *in vivo* күйінде тудырады. Зерттеулерде көрсетілгендей, улы радикалдардың, мысалы реактивті оттегінің түрлері, улы әсерімен белгілі, кем дегенде ауыр металдардың канцерогенезі мен улылығына қатысады [12].

Ауыр металдар асқазан-ішекке сіңуі тыныс алу жолдары арқылы сіңірілуден гөрі төмен, бұл шамамен 5-8% құрайды. Ауыр металдардың қанда эритроциттермен байланысуы арқылы, альбумин, үлкен плазма ақуызы арқылы, ал қандағы кадмийдің аз ғана бөлігі металлотиондармен тасымалданады. Ауыл металдардың құрамы критикалық деңгейге жеткенде, металлотиониннің улы заттармен үйлесуі бұдан әрі қорғаныс бермейді, олар өте улы болады. Плацента эмбрионды аналық улы заттардан қорғау үшін металлотиониндерды синтездейді, бірақ көбейіп кету ұрыққа улы кері әсерін тигізуі мүмкін [6,7,18,19].

Халық көбінесе темекі түтіні, тамақ және су тұтыну арқылы улы әсерлерге бейім. Зерттеу мәліметтеріне сүйенсек улы, ауыр металдар адам ағзасындағы өкпе және қуықасты безі үшін канцероген болып табылады және зертханалық жануарлардың мүшелерінде әртүрлі ісіктерді туындатады [12]. Металлотионин жетіспеушілігі мақсатты мүшелердегі, мысалы, ұрық безі мен қуықасты бездерінде обыр ауруын тудырудың себебі болып табылады [16].

Тағы бір зерттеулерде ауыр металдар цитонинмен қоздырылған фагоциттерде, адам гранулоциттерінде немесе егеуқұйрықтардағы альвеолярлы макрофагтарда O_2 түзілуіне ықпал ететіндігін көрсетті [13]. Сонымен қатар, экспозицияның төмен деңгейінде гуморальды иммундық реакцияны күшейтетіндігі, айтарлықтай деңгейлер ешқандай әсер етпейтіндігі немесе антиденелер өндірісінің төмендеуіне әкелмейтіндігі және де иммунитеттің тұрақты төмендеуіне әкелетіндігі көрсетілген [20].

Сынап қоршаған ортаны ластайды және өте улы болып саналады. Сынапты үш түрлі формада табуға болады, яғни элементтік, органикалық немесе бейорганикалық. Бейорганикалық сынаптың тасымалдануы, биоаккумуляция және қайта құрылу сынап қосылыстарының метилсынапқа айналуынан туындайды. Металл сынап организмдегі Hg^{2+} ионына тез тотығады және бүйрек пен ми сияқты әртүрлі органдарда жиналады, дозаларға тәуелді неврологиялық және нефротоксикалық әсерге ие [21].

Сынап қоршаған ортаға табиғи көздерден, мысалы, вулкандық жарылыстан немесе пайдалы қазбаларды өндіру сияқты өнеркәсіптік көздерінен шығарылады. Металл немесе элементті сынап бөлме температурасында булануға қабілетті және металл сынаптың ағзаға

түсуінің негізгі жолы сынап буларының жұтылуы болып табылады. Сынаптың буы альвеол мембранасы арқылы өтеді, ол липофильді болып табылады және орталық жүйке жүйесінде эритроциттерге өте ұқсас. Сынаптың буының әсеріне ұшырайтын қызметкерлерде бүйрек түйнегінің эпителиалдық жасушаларының базальды мембранасында иммундық кешендердің түзілуінен дамуы мүмкін. Бұл иммундық шөгінділер IgG, IgM және C3 комплементтің молекуласымен қабыну реакциясын тудыра отырып, нефрит формаларының бірі ретінде сипатталуы мүмкін күрделі антигендік комплекстерден тұрады [8,20, 21].

Тұз түріндегі бейорганикалық сынап моно немесе дивалентті болуы мүмкін. Дихлоридтің, сынаптың үлкен дозаларының экспозициялары бүйрек каналдарының жасушаларына тікелей уытты әсер етеді, ал аз дозалары созылмалы әсер ету арқылы тірі ағзаның иммунологиялық ауруын тудырады [6].

Тышқандардың рационьнда бейорганикалық сынаптың тұз түрінде асқазан-ішек жолымен сіңуі шамамен 15%, ал адамдарда шамамен 7% құрайды, ал метилсынаптың сіңуі 90-95% құрайды. Метилсынап дегеніміз - уыттылық пен денсаулыққа қауіптіліктің ең маңызды түрі. Метилсынаптың әсері ересектер үшін нейротоксикалық болып табылады және жүктілік кезінде ұрыққа улы болып табылады [6]. Сонымен қатар, сынапқа экспозициялану иммундық жүйеге қатты әсер ететіндігі де көрсетілді. Метил-сынап эмбриональды даму кезінде және бірнеше жасқа дейін метилсынаппен экспозицияланған тышқандардағы бастапқы және қайталама иммундық жауаптарға ингибиторлық әсер етеді. Метилсынап эмбриональды даму кезінде және 9 аптаға дейінгі метилсынапқа экспозицияланған тышқандардағы бастапқы және қайталама иммундық реакцияларға ингибиторлық әсер етеді. Метилсынаптың субклиникалық концентрациясына ұзақ уақыт әсер еткенде тышқандардың вирусқа сезімталдығының жоғары екендігін көрсеткен. Органикалық және бейорганикалық сынап - бұл аутоиммундық бұзылыстарды тудыратын және аллергиялық реакциялардың көрінісінде маңызды рөл атқаратын IgE синтезін тудыратын агенттер [22]. Сынап, сонымен қатар I, II, III және IV типтегі жоғары сезімталдық реакциясының индукциясымен байланысты [8]. Сонымен қатар, бұл қатерлі ісік ауруы мен дамуына ықпал ететін иммундық дисфункциялар болуы мүмкін. Шынында да, органикалық және бейорганикалық сынап көптеген өзгерістердің, сондай-ақ ДНҚ-ның зақымдануы және сүтқоректілердің жасушалық хромосомаларында модификациясы болып табылады [4,12]. Жасушаларда сынап түрлі ферменттермен, соның ішінде микросомаларда болатын митохондриямен байланысады, осылайша спецификалық емес зақымдануды тудырады немесе жасуша өліміне әкеледі. Бауыр жасушаларында метилсынап еритін кешендерді түзеді, олар өтке бөлініп, асқазан-ішек жолымен сіңеді [6]. Бұдан басқа, бейорганикалық сынаптың иондары сутегінің асқын тотығы бар глутатионмен өзара әрекеттеседі [12]. Сынап метилденген емес түрде металлотииондердің синтездеп және бүйрек жасушаларында ғана болуы мүмкін, бірақ металлотиионин-кадмий кешенінен айырмашылығы жартылай ыдырау кезеңі салыстырмалы қысқа. Осылайша бүйрек жасушаларында сынап лизосомаларда оқшауланады [6].

Барлық металдар иммундық жүйеге зиян келтірмейді. Соның ішінде селен иммундық реакцияны тұтастай белсендіреді, бірақ тежемейді. Бұл бастапқы және екінші реакцияларды белсендіреді, сонымен қатар метилсынаппен өндірілетін гуморальды жауаптың төмендеуін болдырмайды, екі металл бір мезгілде тышқанның рационьна беріледі. Селен қатерлі ісік ауруынан болатын өлімді азайтуға көмектеседі. Зерттеу нәтижесі бойынша ғалымдар селен қорғаныштық әсерінің ықтимал механизмін ұсынды, яғни селен канцерогенді процесс болып табылатын пероксид арқылы тіндердің зақымдануының түзілуін тежейді [4,6].

Адам ағзасындағы селеннің экологиялық улылығы сирек, дегенмен, анемия мен лейкомияға әкелетін селеннің улы әсері тіркелген жағдайлар болған. Сонымен қатар, өнеркәсіп пен ауыл шаруашылығында селенді қолдану соңғы онжылдықта айтарлықтай өсті, селеннің қоршаған ортаға әсері анықталған жоқ, мұнда балықтар мен құстардың өлімі мен деформациясы селеннің улы әсерімен байланысты болды [23].

Мырыш маңызды элемент болып табылады және жасушалық функцияларды реттеуде және иммундық функцияны ұстап тұруда орталық рөл атқарады. Мырыш-кофактор. Ол сондай-ақ түрлі ақуыздар үшін және жасушалардың қалыпты функциясы үшін қажет .

Мырыш ақуыздардың, нуклеин қышқылдарының, көмірсулар мен липидтердің метаболизміне қатысады. Ол сондай-ақ гендердің транскрипциясын және басқа да негізгі биологиялық процестерді бақылауға қатысады [1,4].

Мырыш тапшылығы иммунитеттің төмендеуі, сезім мүшелерінің дисфункциясы, есте сақтау сәтсіздігі, ерлердегі сперматогенездің төмендеуі сияқты бірқатар маңызды клиникалық көріністерге әкелуі мүмкін. Мырыш жетіспеушілігі тамақтанудың жеткіліксіздігімен, шығарылуының жоғарылауымен немесе генетикалық себептермен туындауы мүмкін. Керісінше, мырыштың шамадан тыс әсері сирек кездеседі және өте ұзақ экспозицияны талап етеді. Мырыш үздіксіз әсер ету кезінде жинақталмайды, оның ағзадағы құрамына гомеостатикалық механизмдермен модуляцияланады, олар негізінен абсорбцияға және бауырдағы мырыш деңгейіне әсер етеді [1,6].

Оның енгізілуін реттейтін гомеостатикалық механизмдер, жасушалар мен ұлпаларда бөлу және шығару соншалықты тиімді болып табылады, ешқандай бұзылыс немесе зақым темір, мыс, сынап және басқа да металдарға қарағанда мырыштың шамадан тыс жиналуына байланысты емес. Төменгі молекулалық массасы бар шағын пептидтердің индукциясы тионин молекуласына мырыштың 7 молекуласы көлемінде мырышпен байланыстыруы мүмкін [11,16].

Мырыш ферменттер мен басқа ақуыздармен байланысқан кезде бөлінетін катион түрінде болады. Бұл химиялық қасиеттер көптеген өзара әрекеттесулер үшін қолайлы, өйткені физиологиялық жағдайларда мырыш қалпына келмейді және тотықпайды, бұл оны биологиялық ортада өте тұрақты етеді [4,6].

Шын мәнінде, мырыш антиоксидантты агент болып табылады, ол иммундық жүйені белсендіру кезінде пайда болатын бос радикалдармен байланысты жасушаларды қорғайды. Сонымен қатар, мырыш, кадмий сияқты металдардан және тотығу стресін тудыратын белсенді оттегі түрлерінен қорғауда маңызды рөл атқарады [24].

Мырыш қоршаған ортада кең таралған, ол тағамда, суда және ауада кездеседі. Теңіз өнімдері, ет, жарма және сүт өнімдері құрамында мырыштың жоғары деңгейі бар, ал көкөністердің құрамына мырыш топырақтан сіңірілетініне қарамастан мөлшері аз болып келеді [6].

Мырыш иммундық жүйеде өзінің рөлімен белгілі және мырыш жетіспеушілігі бар адамдар әртүрлі қоздырғыштарға жоғары сезімталдыққа ие [22]. Көптеген зерттеулер көрсеткендей, мырыш тері кедергісінен бастап лимфоциттердегі гендердің реттелуіне дейін иммундық жүйенің көптеген аспектілеріне әсер етеді. Мырыш нейтрофилдер және табиғи жасуша-киллер сияқты арнайы емес иммунитетке қатысатын жасушалардың қалыпты дамуы мен жұмыс істеуі үшін негізгі кілті болып табылады. Мырыш тапшылығы, сондай-ақ Т-жасушаларының цитокиндерді шығаруды белсендіру сияқты белгілі бір функцияларын және В-лимфоциттердің, атап айтқанда G иммунноглобулинді дамыту және өндіру сияқты функцияларын өзгерту жолымен жүре пайда болған иммунитеттің дамуына әсер етеді. Макрофагтар бірнеше иммундық функцияларға қатысады және мырыш тапшылығы жағдайында қолайсыз әсер етеді. Бұл цитокиндер мен фагоцитоздың өндірілуін бейтараптандыруға қызмет ететін макрофагтардың жасушаішілік тетіктерін бұзуы мүмкін. Сонымен қатар, көптеген зерттеулердің мәліметтері бойынша, мырыштың жетіспеушілігі иммундық жадыға әсер етеді және инфекцияларға төзімділікті төмендетеді. Сондай-ақ, тағамдық қоспалар түрінде мырыш қабылдаудың жоғарылауы иммундық реакцияны жақсартады, бірнеше жасушаларда цитокиндердің өндірілуін және иммундық функцияны модуляциялайды. Шын мәнінде, мырышпен өңделген тышқандардағы зерттеулер қоспалар ретінде Т-лимфоциттер мен макрофагтардың жоғарылауын көрсетті, ал тышқандар токсиндерге де төзімді болды [4,6,24].

Қорытындылай келе, осы саладағы зерттеулер тірі ағза мен иммундық жүйе салалары үшін үлкен маңызға ие әрі өзекті мәселелердің бірі екенін атап өткен жөн, өйткені көптеген аурулар иммундық жүйенің бұзылуымен байланысты болады. Қауіпті концентрациядағы ауыр металдар тірі ағзаға зиянды әсер етеді, алайда олардың жетіспеуі немесе толық болмауы тірі ағзаның дамуына кері әсер етуі мүмкін. Сондықтан, осы саладағы биологиялық зерттеу жұмыстарын басты назарға ала отырып, әлі де зерттеуді қажет ететін басты мәселелердің қатарына жатқызып, бүгінгі таңда зерттеу жұмыстарын жалғастыру өзектілік танытып отыр.

Әдебиеттер тізімі

- 1 Веницианов, Е. В. Экологический мониторинг: шаг за шагом / Е. В. Веницианов и др.; под ред. Е. А. Заика. - М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2003. - 252 с
- 2 Курамшина Н.Г., Латыпов А.Б. Содержание тяжёлых металлов в биоресурсах природно-сельскохозяйственных зон Башкортостана и их влияние на экологическую безопасность продукции коневодства // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2006. № 3(11). С. 46- 51.
- 3 Гаврилов Ю.А., Макаров Ю.А. Токсическое действие тяжёлых металлов на организм КРС // Вестник РАСХН. 2006. № 5. С. 81-83.
- 4 Водяницкая О.В. Анализ содержания тяжёлых металлов в пищевых продуктах // Биоэлементы: материалы II междунар. науч.-практ. конф. Оренбург, ИПК ГОУ ОГУ, 2007. С. 308-311.
- 5 Мартин, Р. Бионеорганическая химия токсичных ионов металлов / Р. Мартин // Некоторые вопросы ионов металлов. - М.: Мир, 1993. - С.25-61.
- 6 Wilke R. Konzentrationen von BUI und Cadmium beim schalenmilch in antobohunaten Kerieren in Raum Cudow, schlesuig- Hols / R. Wilke, K. Potlmeyer, K. -H. f Lotthammer. Lein. Z. Zagdusisi. - 2000. - Bol. 46, №1. - P. 31-44.
- 7 Sevaljevic M. Ispitivanje kontaminacije zemljišta, pšenice i vazduha sa područja Srednjeg Banata olovom i kadmijumom / M. Sevaljevic, M. Milovac, K. Zavko, B. Kladija // Zdvavstveno bezbedna hrana, Novi Sad. - 2000. - №1. - S. 51 -56. 46.
- 8 Stec J. Inhibition of DNA repair by cadmium and lead in sheep lymphocytes: protective interaction of magnesium / J. Stec. // Bull. Veter. Inst, in Pulawy. -2000. - Vol. 44, №2. - P. 221-226.
- 9 Roch, M. Determination of no effect levels of heavy metals for rainbow trout using hepatic metallothionein /M. Roch, P. Noonan, J.A. Maccarter // Water, Res. - 1986. - Vol. 6. - P. 771-774.
- 10 Донник И.М. Оценка здоровья животных в территориях химического и радиоактивного загрязнения. Зоотехния. 2003. №10. С. 20-23. 34.
- 11 Последствия антропогенного загрязнения для скота и их профилактика / В. Иванов, М. Лебедева, В. Каменчук и др. // Молочное и мясное скотоводство. 2004. №1. С. 27-30. 35.
- 12 Ларский, Э.Г. Методы определения и метаболизм металло-белковых комплексов / Э.Г. Ларский // Итоги науки и техники: биол. химия. - 1990. - Т. 42. - 198 с
- 13 Hultberg B., Andersson A., Isaksson A. Interaction of metals and thiols in cell damage and glutathione distribution: potentiation of mercury toxicity by dithiothreitol // Toxicology, 2001. - №156(2). - P. 93-100.
- 14 Demoor J.M., Koropatnick D. J. Metals and cellular signaling in mammalian cells // Cellular and Molecular Biology. - 2000. - №46(2). - P. 367,381
- 15 Miles A.T., Hawksworth G.M., Beatty J.H., Rodilla V. Induction, regulation, degradation. and biological significance of mammalian metallothioneins // Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology. - 2000. - №35(1). - P. 35-70.
- 16 Dickinson D. A. Forman H. J. Glutathione in defense and signaling: lessons from a small thiol // Annals of the New York Academy of Sciences, - 2973. - P. 188-504.
- 17 Coyle P. Philoos J.C., Carey L.C., Rofe A. M. Metallothionein: the multipurpose protein Cell. Mol. Life Sei. - 2002. - - 627-617.
- 18 Leffel E. K. Wolf C., Poklis A., White K. L. Drinking water exposure to cadmium, an environmental contaminant, results in the exacerbation of autoimmune disease in the murine model Toxieblogy. - 2003. - №188. - P. 233-250.
- 19 Содержание свинца, кадмия, мышьяка и ртути в продуктах питания Оренбургской области / Н.Н. Верещагин, Н.А. Лесцова, В.М. Боев, Т.М. Макарова, Г.В. Сизова // Биоэлементы: науч. тр. I междунар. науч.-практ. конф.- Оренбург: РИК ГОУ ОГУ, 2004. С. 256-258. 36.
- 20 Водяницкая О.В. Анализ содержания тяжёлых металлов в пищевых продуктах // Биоэлементы: материалы II междунар. науч.-практ. конф. Оренбург, ИПК ГОУ ОГУ, 2007. С. 308-311.
- 21 Система экологической безопасности получаемой продукции / А.Г. Зелепухин, Ж.А. Журкина, Г.Б. Родионова, С.А. Мирошников, В.И. Корнейченко, А.М. Сергеев, Е.А. Бондарь // Биоэлементы: материалы II междунар. науч.-практ. конф.- Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2007. С. 128-132.
- 22 Шешунов И. В. Зависимость заболеваемости населения от специфических промышленных выбросов / И. В. Шешунов, Ф. Н. Гильмиярова, Н. И. Гергель [и др.] // Гигиена и санитария. - 1999. - №3. - С. 5-9. 40.
- 23 Candelaria L. M. Medsu ring cadmium ion activities in Sludge-amended soils, soil Sc / L. M. Candelaria, A. C. Chang, C. // Amrhein. - 1995. - Vol. 159, №3, - P. 162-175.
- 24 Трахтенберг, И. М. Тяжелые металлы во внешней среде / И. М. Трахтенберг, В. С. Колесников, В. П. Луковенков. - Минск:Наука и техника, 1994. -285 с.

Г.А.Татенова, О.З.Ильдербаев, А.Ж.Нурсафина

Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казхстан

Общий обзор вопросов по вредным воздействиям тяжелых металлов на живой организм

Аннотация. В статье дается общее исследование вопросов по вредным воздействиям тяжелых металлов, связанных с системой живого организма. Тяжелые металлы оказывают сильное воздействие на организм при опасных концентрациях. С точки зрения биологической активности и токсичных свойств, они представляют большую опасность, относятся к числу показателей, заслуживающих внимания и исследования.

Ключевые слова: тяжелые металлы, воздействие на организм человека, система живого организма.

G.A. Tatenova, O.Z. Ilderbayev, A.Zh. Nursafina

Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, Nur-Sultan, Kazakhstan

General review of questions on the harmful effects of heavy metals on a living organism

Abstract. The article provides a General study of questions on the harmful effects of heavy metals associated with the system of a living organism. Heavy metals have a strong effect on the body at dangerous concentrations. From the point of view of biological activity and toxic properties, it is a great danger and is one of the indicators that deserve attention and research.

Keywords: heavy metals, effects on the human body, the system of a living organism.

References

- 1 Venitsianov, E.V. Ekologicheskii monitoring: shag za shagom [Environmental monitoring: step by step] , E.V. Venitsianov et al.; under the editorship of E.A. Zaika. - M.: RCTU them. D.I. Mendeleev, 2003.– 252 s. [in Russian].
- 2 Kuramshina N.G., Latypov A.B. Soderzhaniye tyazholykh metallov v bioresursakh prirodno sel'skokhozyaystvennykh zon Bashkortostana i ikh vliyaniye na ekologicheskuyu bezopasnost' produktsii konevodstva [The content of heavy metals in the biological resources of natural agricultural zones of Bashkortostan and their impact on the environmental safety of horse breeding], *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [News of the Orenburg State Agrarian University]. 2006. No. 3 (11). S. 46-51. [in Russian].
- 3 Gavrilov Yu.A., Makarov Yu.A. Toksicheskoye deystviye tyazholykh metallov na organizm KRS [The toxic effect of heavy metals on the body of cattle], *Vestnik RASKHN* [Bulletin of RAAS]. 2006. No. 5. P. 81-83. [in Russian]
- 4 Vodyanitskaya O.V. Analiz soderzhaniya tyazholykh metallov v pishchevykh produktakh [Analysis of the content of heavy metals in food products], *Bioelementy: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Orenburg, IPK GOU OGU* [Bioelements: materials of the II international scientific-practical conf. Orenburg, IPK GOU OGU], 2007.S. 308-311. [in Russian].
- 5 Martin, R. Bioneorganicheskaya khimiya toksichnykh ionov metallov [Bioorganic chemistry of toxic metal ions], Martin, R. Nekotoryye voprosy ionov metallov [Some questions of metal ions]. - M.: Mir, 1993. - S.25-61. [in Russian].
- 6 Wilke R. Konzentrationen von BUI und Cadmium beim schalenmilch in antobo - hunaten Kerieren in Raum Cudow, schlesuig - Hols / R. Wilke, K. Potlmeyer, K. -H. f Lotthammer. *Lein. Z. Zagdusisi*. - 2000. - Bol. 46, No. 1. - P. 31-44.
- 7 Sevaljevic M. Ispitivanje kontaminacije zemljišta, pšenice I vazduha sa područja Srednjeg Banata olovom I kadmijumom, M. Sevaljevic, M. Milovac, K. Zavko, B. Klauđija, *Zdvavstveno bezbedna hvana*. - 2000. - No. 1. - S. 51-56. 46.
- 8 Stec J. Inhibition of DNA repair by cadmium and lead in sheep lymphocytes: protective interaction of magnesium, J. Stec., *Bull. Veter. Inst, in Pulawy*. -2000. - Vol. 44, No. 2. - P. 221-226.
- 9 Roch, M. Determination of no effect levels of heavy metals for rainbow trout using hepatic metallothionein / M. Roch, P. Noonan, J.A. Maccarter, *Water, Res.* - 1986. - Vol. 6. - P. 771-774.
- 10 Donnik I.M. Otsenka zdorov'ya zhivotnykh v territoriyakh khimicheskogo i radioaktivnogo zagryazneniya [Assessment of animal health in areas of chemical and radioactive contamination]. *Zootekhniya* [Zootechnics]. 2003. No. 10. S. 20-23. 34. [in Russian].
- 11 Posledstviya antropogennogo zagryazneniya dlya skota i ikh profilaktika [Consequences of anthropogenic pollution for livestock and their prevention], V. Ivanov, M. Lebedeva, V. Kamenchuk and others, *Molochnoye i myasnoye skotovodstvo* [Dairy and beef cattle breeding]. 2004. No1. S. 27-30. 35. [in Russian].
- 12 Larsky, E.G. Metody opredeleniya i metabolism metallo-belkovykh kompleksov [Methods of determination and metabolism of metal-protein complexes], E.G. Larsky, *Itogi nauki i tekhniki: biol. khimiya* [Results of science and technology: biol. chemistry]. - 1990. - T. 42. - 198 s [in Russian].
- 13 Hultberg B., Andersson A., Isaksson A. Interaction of metals and thiols in cell damage and glutathione distribution: potentiation of mercury toxicity by dithiothreitol, *Toxicology*, 2001. - No. 156 (2). - R. 93-100.
- 14 Demoor J.M., Koropatnick D. J. Metals and cellular signaling in mammalian cells, *Cellular and Molecular Biology*. - 2000. - No. 46 (2). - R. 367,381
- 15 Miles A.T., Hawksworth G.M., Beatty J.H., Rodilla V. Induction, regulation, degradation. and biological significance of mammalian metallothioneins, *Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology*. - 2000. - No. 35 (1). - R. 35-70.

- 16 Dickinson D. A. Forman H. J. Glutathione in defense and signaling: lessons from a small thiol, *Annals of the New York Academy of Sciences*, - 2973. - P. 188-504.
- 17 Coyle P. Philoos J.C., Carey L.C., Rofe A. M. Metallothionein: the multipurpose protein *Cell. Mol. Life Sci.* - 2002. - - 627-617.
- 18 Leffel E. K. Wolf C., Poklis A., White K. L. Drinking water exposure to cadmium, an environmental contaminant, results in the exacerbation of autoimmune disease in the murine model *Toxicology*. - 2003. - No. 188. - R. 233-250.
- 19 Soderzhaniye svintsa, kadmiya, mysh'yaka i rtuti v produktakh pitaniya Orenburgskoy oblasti [The content of lead, cadmium, arsenic and mercury in food products of the Orenburg region], N.N. Vereshchagin, N.A. Lestsova, V.M. Boev, T.M. Makarova, G.V. Sizova, *Bioelementy: nauch. tr. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Orenburg: RIK GOU OGU [Bioelements: scientific. tr I international scientific-practical conf. Orenburg: RIC GOU OGU]*, 2004.S. 256-258. 36. [in Russian].
- 20 Vodyanitskaya O.V. Analiz sodержaniya tyazholykh metallov v pishchevykh produktakh [Analysis of the content of heavy metals in food products], *Bioelementy: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Orenburg, IPK GOU OGU [Bioelements: materials of the II international scientific-practical conf. Orenburg, IPK GOU OGU]*, 2007.S. 308-311. [in Russian].
- 21 Sistema ekologicheskoy bezopasnosti poluchayemoy produktsii [The system of environmental safety of the products], A.G. Zelepukhin, J.A. Zhurkina, G.B. Rodionova, S.A. Miroshnikov, V.I. Korneychenko, A.M. Sergeev, E.A. Cooper, *Bioelementy: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Orenburg, IPK GOU OGU [Bioelements: Materials of the Second International. scientific-practical conf. Orenburg: IPK GOU OGU]*, 2007.S. 128-132. [in Russian].
- 22 Sheshunov I. V. Zavisimost' zabolovayemosti naseleniya ot spetsificheskikh promyshlennykh vybrosov [Dependence of the incidence of the population on specific industrial emissions], I. V. Sheshunov, F. N. Gilmiyarova, N. I. Gergel [et al.], *Gigiyena i sanitariya [Hygiene and sanitation]*. - 1999. - No. 3. - S. 5-9. 40. [in Russian].
- 23 Candelaria L. M. Medsu ring cadmium ion activities in Sludge - amended soils, *soil Sc*, L. M. Candelaria, A. C. Chang, C., *Amrhein*. - 1995. - Vol. 159, No. 3, - P. 162-175.
- 24 Trakhtenberg, I. M. Tyazhelyye metally vo vneshney srede [Heavy metals in the external environment], I. M. Trakhtenberg, V. S. Kolesnikov, V. P. Lukovenkov. - Minsk: Nauka i tekhnika [Science and Technology], 1994. -285 p. [in Russian].

Сведения об авторах:

Татенова Г.А. - PhD докторант 1 курса кафедры общей биологии и геномики Евразийского национального университета имени Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан.

Ильдербаев О.З. - доктор медицинских наук, профессор кафедры общей биологии и геномики Евразийского национального университета имени Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан.

Нурсафина А.Ж. - PhD, старший преподаватель кафедры общей биологии и геномики Евразийского национального университета имени Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан.

Tatenova G.A. - PhD first-year doctoral student of the Department of General Biology and Genomics of the Eurasian National University, L.N. Gumilyov, Nur-Sultan, Kazakhstan .

Ilderbaev O.Z. - Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of General Biology and Genomics of the Eurasian National University, L.N. Gumilyov, Nur-Sultan, Kazakhstan .

Nursafina A. Zh. - PhD doctor, senior lecturer of the Department of General Biology and Genomics of the Eurasian National University , L.N. Gumilyov, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Редакцияга 17.12.2019 қабылданды

Н.В. Терлецкая^{1,2}, Н.А. Алтаева^{1,3}, У. Ережетова²

¹ *Институт биологии и биотехнологии растений, Алматы, Казахстан*

² *Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан*

³ *Центральная лаборатория биоконтроля, сертификации и предклинических испытаний, Алматы, Казахстан*

(E-mail: teni02@mail.ru, daizy-c@mail.ru, erezhetkyzy@mail.ru)

Влияние засухи на функционирование фотосинтетического аппарата флагового листа у аллоплазматических линий, полученных в результате межвидовых скрещиваний пшеницы

Аннотация: Недостаток влаги является ключевым стрессором в условиях глобального изменения климата. Целью работы был анализ изменения фотосинтетических параметров флагового листа аллоплазматических линий пшеницы, полученных в результате межвидовых скрещиваний, при воздействии засухи. Спектрофотометрически в спиртовых экстрактах определяли содержание хлорофилла и каротиноидов у флагового листа аллолиний и родительских форм пшеницы, выращенных в полевых условиях и подвергнутых индуцированной засухе на стадии колошения сразу после опыления. Произведен анализ содержания воды в листовых пластинках. С помощью РАМ-флуориметра изучена фотосинтетическая активность флагового листа. Показано, что содержание хлорофилла при засухе отрицательно коррелирует с содержанием воды во флаговом листе, а величину таких показателей интенсивности фотосинтеза, как Fv/Fm, Y(II) и Y(NPQ), ограничивает именно снижение водного потенциала. Выявлены корреляционные зависимости значений фотосинтетических параметров при засухе с показателями продуктивности. На основании проведенных экспериментов выделена наиболее засухоустойчивая аллолиния D-41-05.

Ключевые слова: пшеница, аллоплазматические линии, засухоустойчивость, фотосинтез.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2019-129-4-58-68>

Введение. Среди ряда абиотических стрессов, с которыми на протяжении вегетации может столкнуться растение, водный стресс (засуха) является наиболее распространенным. Засуха может повредить растение и на стадии всходов, и в цветении, и во время формирования зерна, - на любом этапе жизненного цикла, приводя к потерям урожая. Проблема засухоустойчивости сложна и неоднозначна. Так, физиологическая устойчивость к засухе требует, чтобы растение сохраняло свою жизнеспособность, могло производить минимальное количество семян или просто выживало, в то время как агрономическая устойчивость требует сохранения в неблагоприятных условиях экономически значимого урожая [1]. При этом достаточная гидратация листьев не обязательно связана с агрономической засухоустойчивостью, но является критической для физиологической толерантности, отражая баланс между подачей воды к ткани листьев и скоростью транспирации [2-4]. Засуха является важным фактором, ответственным не только за ингибированный рост и снижение оводненности растений с сопутствующим этому изменением клеточного гомеостаза и метаболизма, но и за снижение энергобаланса и фотосинтеза [5-8]. Фотосинтез является жизненно важным процессом, влияя на который засуха вызывает снижение скорости углеродной фиксации из-за уменьшения переноса электронов, а также усвоения углерода [5, 9]. Фотосинтетические реакции на засуху очень сложны; они зависят от интенсивности и продолжительности стресса, а также от стадии развития растений. Фотосинтетические реакции развивающихся и зрелых растений на водный стресс принципиально различны. У проростков, испытывающих осмотический стресс, существует возможность подавления биосинтеза хлорофилла и сокращения синтеза и сборки светосборных комплексов PSI и PSII, а также адаптации растений к тому, чтобы они не поглощали избыточный свет, что вредно. На поздних этапах онтогенеза в листьях уже образуются функциональные фотосинтетические комплексы, а водный стресс вызывает

образование АФК из-за избыточного поглощения света, что влияет на фотосинтетический аппарат [10].

У озимой пшеницы фотосинтез флагового листа вносит основной вклад в конечную сухую массу зерна. Понимание того, как флаг-лист реагирует на возникающий дефицит воды, особенно на этапе развития сразу после опыления, имеет непосредственное отношение к познанию продукционного процесса пшеницы. Мы считаем, что анализ различных по засухоустойчивости линий, полученных от межвидовых скрещиваний *T. aestivum* L. с *T. dicocum* Shuebl., являются весьма интересными для изучения работы фотосинтетического аппарата флагового листа пшеницы при засухе.

Материалы и методы. В качестве материала для исследований взяты виды *T. aestivum* L. (сорт Мироновская-808) и *T. dicocum* Shuebl. и девять аллоплазматических линий пшеницы, ранее полученных доктором Н.А. Хайленко от скрещиваний вида *T. aestivum* (сорт Мироновская-808) и вида *T. dicocum* с последующим многолетним отбором (F11).

Растительный материал выращивался в условиях полевого стационара НПЦ КазНИИЗиР (п.Алмалыбак). Экспериментальные растения были срезаны на стадии колошения сразу после опыления, перенесены в лабораторные условия и в течение 72 часов при температуре $26 \pm 2^{\circ}\text{C}$ и освещении 3000 люкс. экспонировались на 17,6% растворе сахарозы (вес/объем), наглядно дифференцирующих образцы по росту и накоплению био массы на проростках. Контролем служили растения, экспонируемые в аналогичных условиях температуры и освещения на воде.

Площадь листьев определяли весовым методом.

Общую оводненность листовых пластинок рассчитывали по формуле:

$$OB = (a - b) : a, \times 100\%, \quad (1)$$

где a – первоначальная масса листьев, мг; b – масса листьев после высушивания при 105°C , мг [11].

Содержание хлорофиллов a и b и каротиноидов определяли дифференциально в спиртовых экстрактах после центрифугирования при 4°C (14,000 rpm), при длинах волн 665, 649 и 470 нм., использовали спектрофотометр LEKI SS2107UV (Finland) согласно Lichtenthaler [12] в расчете на сырую биомассу.

Определение квантового выхода флуоресценции ФСII и фиксацию скорости транспорта электронов через фотосистему 2 (ETR) проводили в полевых условиях в динамике развития растений, а также в лаборатории в режиме записи световой кривой на флуориметре Junior-PAM (Chlorophyll Fluorometer, "Heinz Walz GmbH", Германия) при длине волны 450 нм. Для оценки ФА листа учитывали область средней трети листа как наиболее гомогенную по интенсивности ФА. Полученные данные сохраняли в формате электронной таблицы. Из данных исключали нетипичные значения на основе Т-критерия, рассчитывали стандартную ошибку средней по выборке. Состояние фотосинтетического аппарата определяли на основе нескольких параметров, по Baker [13]. Фотосинтетические параметры рассчитывались с использованием программного обеспечения Im-agingWinv2.41a (Walz). На основании полученных результатов строили графики. Обработка данных, полученных на флуориметре, и построение графиков осуществлялись с использованием возможностей MS Excel.

Все эксперименты проводились не менее, чем в трех повторностях. Статистическую обработку данных проводили по методу Удольской [14]. Знак плюс/минус в таблицах показывает относительную ошибку среднего значения. Знаки * и ** показывают достоверность результатов по t-критерию на 0.05 и 0.01 уровне значимости соответственно.

Результаты и обсуждение. По истечении 72-часового периода культивирования срезанных растений на растворе сахарозы было отмечено резкое снижение оводненности листовых пластинок у всех изучаемых форм. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Общая оводненность флагового листа в условиях индуцированной засухи (сахароза, 17,6%.

Вид, линия	72 ч)		
	контроль, ОВ, %	засуха, ОВ, %	% к контролю
<i>T. dicoccum</i> Shuebl.	89 ± 3,6	52 ± 1,4 ^{*a}	58
<i>T. aestivum</i> L. (Мироновская-808)	88 ± 3,8	48 ± 1,3 ^{*d}	54
D-a-05	85 ± 2,8	26 ± 1,6 ^{*a,d}	30
D-b-05	88 ± 3,8	25 ± 1,6 ^{*a,d}	32
D-d-05	87 ± 3,0	37 ± 1,3 ^{*a,d}	42
D-d-05b	86 ± 2,9	34 ± 1,2 ^{*a,d}	40
D-f-05	85 ± 2,8	21 ± 0,7 ^{*a,d}	25
D-n-05	83 ± 3,8	17 ± 0,5 ^{*a,d}	20
D-40-05	87 ± 3,0	35 ± 0,8 ^{*a,d}	40
D-41-05	89 ± 3,2	50 ± 1,5 ^{*a}	56
D-42-05	85 ± 2,8	40 ± 1,3 ^{*a,d}	47
Примечание – Знак* показывает достоверные отличия от контроля, знаки ^{a,d} – достоверные отличия от <i>T. aestivum</i> (a) и от <i>T. dicoccum</i> (d) при $p \leq 0.05$			

Изучаемые аллоплазматические линии, в целом, характеризовались высоким содержанием хлорофилла ($a + b$) на уровне флаг-листа в контрольных и засушливых условиях (рисунок 1, 1а). Однако следует отметить, что в данном эксперименте наблюдалась отрицательная корреляция содержания хлорофилла ($a + b$) в тканях листа и его оводненности ($r = -0,6^*$), значения которой достоверно снижались в стрессовых условиях засухи у всех изучаемых форм. При этом более оводненные, живые и, как следует далее, лучше фотосинтезирующие флаг-листья более засухоустойчивых форм отличались менее интенсивной зеленой окраской, нежели практически высохшие листовые пластины менее засухоустойчивых аллолиний.

В целом, на фоне общей тенденции к снижению содержания хлорофилла ($a + b$) в стрессовых условиях индуцированной засухи, у сорта Мироновская-808, аллолиний D-a-05, D-b-05, D-f-05, D-n-05, практически лишенных влаги, значение данного показателя при засухе сохранялось на уровне контрольного, а у линии D-d-05b даже возрастало, составив 124% к контролю. Эти формы достоверно отличались от эуплазматической формы *T. dicoccum* в сторону повышения значения признака (рис. 1). Обычно хлорофилл в нормальных зеленых листьях находится в избытке [15]. Как следует из данных нашего эксперимента на флаговых листьях, содержание хлорофилла при засухе отрицательно коррелирует с содержанием воды в листовых пластинках, но снижается значительно медленнее, чем фотосинтетические параметры, что согласуется с данными литературы [16]. Поэтому мы предполагаем, что интенсивность фотосинтеза флагового листа в условиях внезапной и сильной индуцированной засухи ограничивают другие факторы и, и прежде всего вероятно, параметры водного режима.

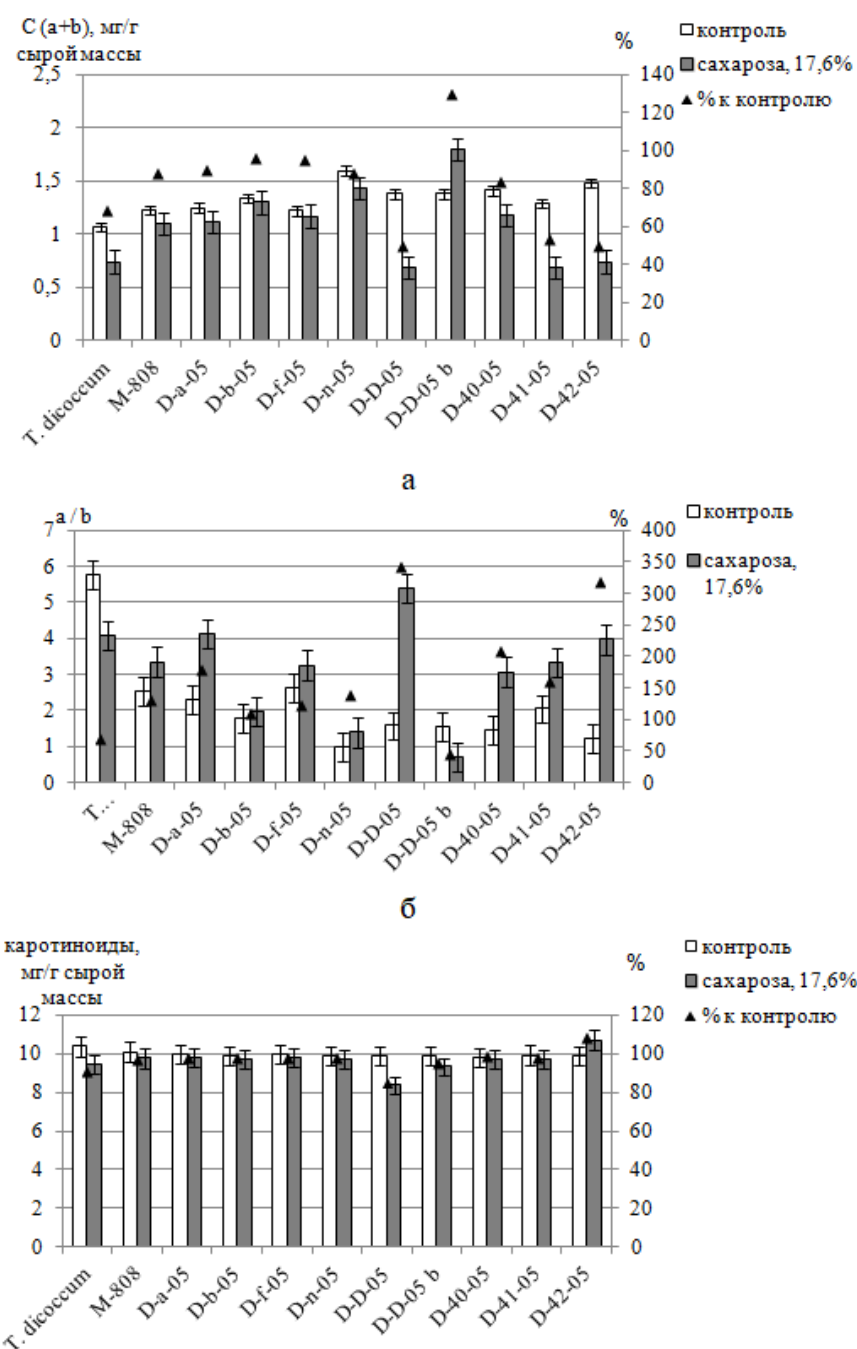


Рисунок 1 – Концентрация хлорофилла ($a+b$) (а), соотношение хлорофилла a/b (б) и концентрация каротиноидов (в) во флаг-листьях видов и аллоплазматических линий пшеницы в условиях индуцированной засухи

По соотношению хлорофилла a/b отмечен большой размах варьирования признака как в контрольных условиях, так и при засухе (рисунок 1б).

Среди аллолиний наибольшим значением при засухе по отношению к контролю характеризовалась аллолиния D-d-05 (342%), наименьшим – линия D-d-05 b (46%), тогда как для эуплазматических родительских форм отмечены значения 131 и 71% (*T. aestivum* и *T. dicoccum* соответственно).

Таким образом, возрастание показателя соотношения хлорофилла a/b при засухе свидетельствует о повреждении засухой флаг-листа, подтверждая данные литературы [17] о том, что формы с низким отношением хлорофилла a к b , как, в данном случае, вид *T. dicoccum*, показывают большую приспособляемость к условиям окружающей среды.

При этом количественные показатели каротиноидов флаг-листа в условиях индуцированной засухи изменялись незначительно, варьируя от 85 до 108% к контролю (рисунок 1в).

Стресс может сопровождаться снижением эффективности светопоглощающей функции листьев. Широко используемый исследователями показатель F_v/F_m – это коэффициент измерения, который представляет собой максимальную потенциальную квантовую эффективность фотосистемы II, если все работоспособные реакционные центры открыты [18]. Снижение отношения F_v / F_m считается хорошим индикатором фотоингибирования [19].

Изменение соотношения F_v/F_m у большинства изучаемых линий в условиях индуцированной засухи было существенным, лишь вид *T. dicoccum* и линии D-d-05b и D-41-05 сохраняли этот показатель при засухе относительно высоким. При этом в условиях засухи выявлены аллолинии, достоверно превышающие по данному показателю эуплазматическую форму *T. aestivum* (табл. 2).

Таблица 2 – Максимальная фотохимическая эффективность ФСII (F_v/F_m) флагового листа видов и аллоплазматических линий пшениц в условиях засухи (сахароза, 17,6%, 72 ч)

Вид, линия	контроль	засуха	% к контролю
<i>T. dicoccum</i> Shuebl.	0,69±0,01	0,62 ± 0,04	89,9
<i>T. aestivum</i> L. (Мироновская-808)	0,68 ± 0,01	0,05 ± 0,02*	7,4
D-a-05	0,66 ± 0,03	0,11 ± 0,05 ^{*a,d}	16,7
D-b-05	0,67 ± 0,01	0,24 ± 0,00 ^{*a,d}	35,8
D-d-05	0,65 ± 0,02	0,46 ± 0,04 ^{*a,d}	70,8
D-d-05b	0,67 ± 0,02	0,57 ± 0,00 ^{*a,d}	85,1
D-f-05	0,64 ± 0,01	0,24 ± 0,02 ^{*a,d}	37,5
D-n-05	0,69 ± 0,02	0,38 ± 0,00 ^{*a,d}	55,1
D-40-05	0,68 ± 0,01	0,37 ± 0,02 ^{*a,d}	54,4
D-41-05	0,60 ± 0,02	0,57 ± 0,03a	95,0
D-42-05	0,66 ± 0,03	0,40 ± 0,03 ^{*a,d}	60,6
Примечание – Знак* показывает достоверные отличия от контроля, знаки ^{a,d} – достоверные отличия от <i>T. aestivum</i> (a) и от <i>T. dicoccum</i> (d) при $p \leq 0.05$			

Это практически все изучаемые аллоплазматические линии, но особенно – аллолинии D-d-05, D-d-05b, D-41-05 и D-42-05. По отношению к *T. dicoccum* значения F_v/F_m у всех аллолиний снижались, только у линии D-41-05 в стрессовых условиях значения показателя F_v/F_m были на уровне эуплазматической формы *T. dicoccum*.

Из данных, представленных на рисунке 2, следует, что высокой квантовой эффективностью фотохимического рассеяния энергии $Y(II)$ в стрессовых условиях индуцированной засухи характеризовались вид *T. dicoccum* (90% к контролю), у сорта Мироновская-808 этот показатель имел наименьшие значения (8% к контролю), а остальные аллоплазматические линии существенно отличались как от родительских форм, так и друг от друга.

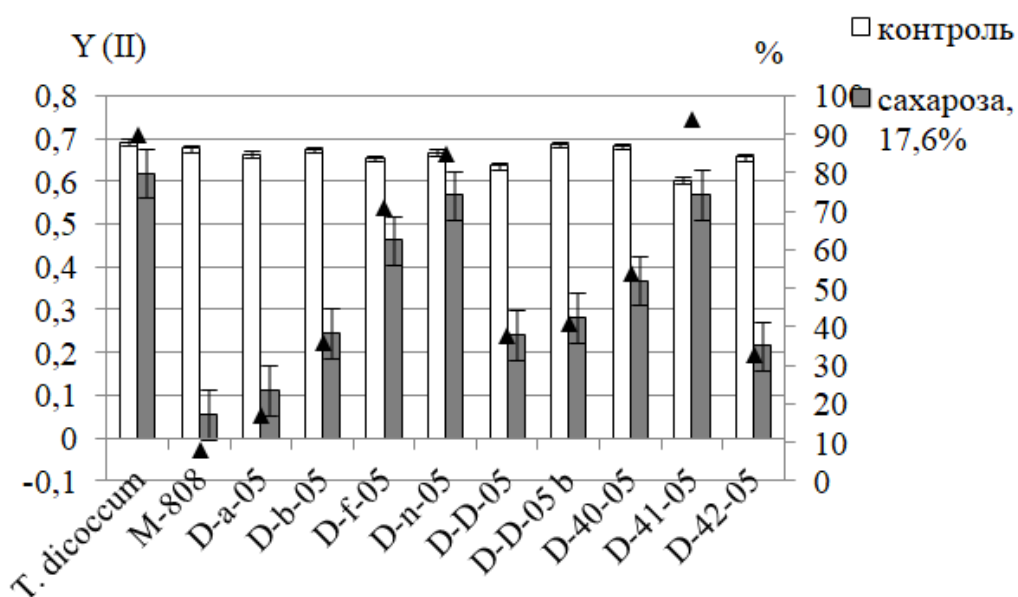


РисунОК 2 – Изменение квантовой эффективности фотохимического рассеяния энергии $Y(II)$ флагового листа видов и аллоплазматических линий пшениц в условиях индуцированной засухи

Наибольшие значения $Y(II)$ при засухе отмечены у линий D-d-05b и D-41-05 (85 и 94% к контролю соответственно).

Относительные значения скорости нециклического транспорта электронов (ETR) важны для измерений стрессового воздействия при сравнении одного растения с другим, если сопоставляемые растения имеют аналогичные характеристики поглощения света [20].

В условиях проведенного эксперимента только вид *T. dicoccum* и линия D-41-05 сохраняли высокую ETR в условиях индуцированной засухи (118 и 70% к контролю соответственно) (рис.3, 3а).

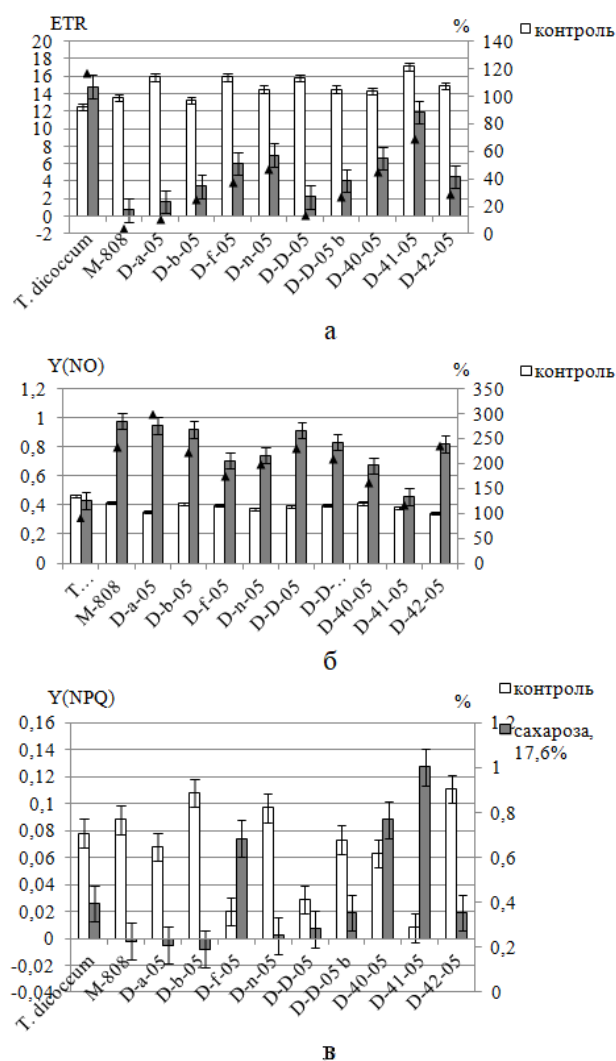


Рисунок 3 – Изменения фотосинтетических параметров ETR (а), Y(NO) (б), Y(NPQ) (в) (относительные единицы) у флаг-листа видов и аллоплазматических линий пшеницы в условиях индуцированной засухи

У остальных линий величина данного показателя заметно снижалась под действием стрессора. Изменения в уровне данного показателя при стрессе, в сравнении с контрольными значениями, предположительно демонстрируют уровень устойчивости каждой аллолинии к действию стрессора. При этом как в контрольных, так и в стрессовых условиях выявлены четкие достоверные отличия у большинства изучаемых аллолиний в сторону повышения значения ETR относительно эуплазматической формы *T. aestivum*, и в сторону понижения значения ETR относительно эуплазматической формы *T. dicoccum*. Несмотря на то что снижение значений этого показателя у большинства аллолиний может быть связано с активацией механизмов нефотохимического тушения, максимальные значения скорости транспорта электронов могут быть индикатором уровня фотосинтетической активности [21], а вид *T. dicoccum* и линия D-41-05 являются наиболее засухоустойчивыми из всех изучаемых образцов по данному показателю.

С помощью анализа гашения идентифицирован один из ключевых параметров - квантовый выход вызванного светом нефотохимического тушения флуоресценции Y(NPQ), который представляет собой самый быстрый процесс обратимого теплового рассеяния поглощенной световой энергии в антенне ФСII [22, 23]. Как следует из результатов эксперимента (рис. 3 в), величина данного параметра имела тенденцию к сильному снижению в условиях засухи. Максимальное значение Y(NPQ) отмечено у засухоустойчивой аллолинии D-41-05.

Если увеличение $Y(NPQ)$ выражает попытку рассеивания избыточной энергии, то увеличение квантового выхода нерегулируемого рассеяния тепла и излучения флуоресценции $Y(NO)$ означает, что потоки избыточной энергии вышли из-под контроля, что может вызвать фотоповреждение растений [24].

Показатель изменения квантового выхода нерегулируемого рассеяния энергии $Y(NO)$ в условиях засухи возрастал у всех изучаемых форм кроме *T. dicoccum*, достигнув 234% к контролю у сорта Мироновская-808, и от 119% у линии D-41-05 до 269% у линии D-a-05, (рис. 3b). При этом у линий D-d-05, D-d-05 b, D-40-05 и D-41-05 мы наблюдали наглядно выраженную тенденцию снижения величины данного признака в стрессовых условиях относительно эуплазматической формы *T. aestivum*. У всех линий, кроме D-41-05, значения этого показателя возрастали относительно эуплазматической формы *T. dicoccum*. Так как высокие значения $Y(NO)$ могут являться признаком серьезных проблем у растения с перераспределением избыточной световой энергии, поступающей в ФСII [23], вероятно, у этих форм имелись нарушения в работе ФСII или даже в ее структуре, а линию D-41-05 можно считать наиболее засухоустойчивой на поздних этапах онтогенеза.

Значения показателя квантового выхода регулируемого рассеяния энергии $Y(NPQ)$ в стрессовых условиях имели тенденцию к существенному снижению у всех изучаемых форм, кроме аллолиний D-d-05, D-40-05 и D-41-05, у которых, напротив, значения данного показателя возрастали, свидетельствуя об их лучшей стрессоустойчивости (рис. 3c), что подтверждает выводы, сделанные нами ранее.

Так как дефицит воды, возникший сразу после опыления, может повлиять на завязываемость и формирования зерна, рассчитаны возможные корреляционные взаимодействия между изучаемыми фотосинтетическими параметрами при засухе элементами зерновой для показателей Fv/Fm , $Y(II)$, ETR , и $Y(NPQ)$ и отрицательными для параметра $Y(NO)$ при засухе.

Зключение. Таким образом, показано, что содержание хлорофилла при засухе отрицательно коррелирует с содержанием воды во флаговом листе, а величину таких показателей интенсивности фотосинтеза, как Fv/Fm , $Y(II)$ и $Y(NPQ)$, ограничивает именно снижение водного потенциала. Выявлены корреляционные зависимости значений фотосинтетических параметров при засухе с показателями продуктивности ($r = 0,5^*-0,6^*$).

На основании проведенных экспериментов наиболее засухоустойчивой из изучаемых форм можно считать аллолинию D-41-05, устойчивость которой к засухе в большой степени, по-видимому, определяется механизмами, обеспечивающий водный режим.

Список литературы

- 1 Schafleitner R., Gutierrez Rosales R O., Gaudin A., Alvarado Aliaga C.A., Martinez G.N., TincopaMarca L.R., et al. Capturing candidate drought tolerance traits in two native Andean potato clones by transcription profiling of field grown plants under water stress // Plant Physiol. Biochem. – 2007. – Vol. 45, – P. 673-690. doi.org/10.1016/J.PLAPHY.2007.06.003
- 2 Ruggiero A., Punzo P., Landi S., Costa A., Van Oosten M., Grillo S. Improving plant water use efficiency through molecular genetics // Horticulturae– 2017. – Vol. 3 – P. 31. doi.org/10.3390/horticulturae3020031
- 3 Blum A. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential - Are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? // Aust. J. Agric. Res. – 2005. – Vol. 56. – P.1159-1168. doi.org/10.1071/AR05069
- 4 Lugojan C., Ciulca S. Evaluation of relative water content in winter wheat. J. Hortic // Fores. Biotechnol. – 2011. – Vol. 15. – P.173-177.
- 5 Lawlor D.W. Tezara W. Causes of decreased photosynthetic rate and metabolic capacity in water-deficient leaf cells: a critical evaluation of mechanisms and integration of processes. Annal. Bot. – 2009. – Vol. 103, P.561–579.
- 6 Pinheiro C., Chaves, M.M. Photosynthesis and drought: can we make metabolic connections from available data? // J. Exp. Bot. – 2011. – Vol. 62. - P. 869–882.
- 7 Ramos ML.G., Parsons R., Sprent J.I., Games E.K. Effect of water stress on nitrogen fixation and nodule structure of common bean // Pesq. Agropec.Brasilia., – 2003.– V.38. – P. 339-347.
- 8 Efeoglu B., Ekmekci Y.,CicekN. Physiological responses of three maize cultivars to drought stress and recovery //J. Bot.South African, – 2009.–V.75. –P.34-42.
- 9 Chaves M. M., Flexas J., Pinheiro C. Photosynthesis under drought and salt stress: Regulation mechanisms from whole plant to cell // Annal. Bot. – 2009.–V. 103. – P. 551–560.

- 10 Dalal V.K., Tripathy B.C. Water-stress induced downsizing of light-harvesting antenna complex protects developing rice seedlings from photo-oxidative damage // *Scientific Reports*. – 2018.– V. 8. – P. 5955. doi:10.1038/s41598-017-14419-4
- 11 Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям (методическое руководство) / под ред. Удовенко Г. В. – Ленинград, 1988. – 89 с.
- 12 Lichtenthaler H.K. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic membranes // *Method Enzymol.* – 1987. – Vol. 148. – P.350-382.
- 13 Baker N.R. Chlorophyll Fluorescence: A Probe of Photosynthesis In Vivo, *Annu // Rev. Plant Biol.*–2008. – T.59. – P.89–113.
- 14 Удольская Н.Л. Введение в биометрию. – Алма-Ата. – 1976. – 85 с.
- 15 Hoffmann P. Chlorophyll Formation and Photosynthesis in *Arabidopsis thaliana* L. Heynh // *Biol. Rdsch.* – 1963. – Vol.1. – P.109-123.
- 16 Schüttler M.A., Tyth S.Z. Photosynthetic complex stoichiometry dynamics in higher plants: environmental acclimation and photosynthetic flux control // *Front. Plant Sci.* – 2014. doi.org/10.3389/fpls.2014.00188
- 17 Fedulov Yu.P., Podushin Yu.V. The content and ratio of chlorophylls in winter wheat leaves, depending on the agrotechnical methods of its cultivation // *Scientific Journal of KubSAU.* – 2009. – 51(7). –P. 1-13.
- 18 Maxwell K., Johnson G. N. Chlorophyll fluorescence – a practical guide // *Journal of Experimental Botany.* – 2000. – Vol. 51.– № 345. –P.659-668.
- 19 Guidi L., Piccolo E.L., Landi M. Chlorophyll Fluorescence, Photoinhibition and Abiotic Stress: Does it Make Any Difference the Fact to Be a C3 or C4 Species? // *Front. Plant Sci.* – 2019. doi.org/10.3389/fpls.2019.00174
- 20 Baker N.R. Chlorophyll Fluorescence: A Probe of Photosynthesis In Vivo, *Annu // Rev. Plant Biol.*–2008. – T.59. – P.89–113.
- 21 Ralph P.J., Gademann R. Rapid light curves: A powerful tool to assess photosynthetic activity // *Aquatic Botany.* – 2005. – Vol. 82. – P.222-237.
- 22 Horton P., Ruban A.V. Molecular design of the photosystem II light-harvesting antenna: photosynthesis and photoprotection // *J. Exp. Bot.* – 2005. – Vol. 56. – P. 365-373. doi.org/10.1093/jxb/eri023
- 23 Ruban A.V., Johnson M.P., Duffy C.D.P. The photoprotective molecular switch in the photosystem II antenna // *Biochim. Biophys. Acta*– 2012. – Vol. 1817– P.167-181. doi.org/10.1016/j.bbap.2011.04.007
- 24 Sperdoui I., Moustakas M. Spatio-temporal heterogeneity in *Arabidopsis thaliana* leaves under drought stress // *Plant Biology.* – 2012. – Vol.14. – P.118-128.

Н.В. Терлецкая^{1,2}, Н.А. Алтаева¹, У. Ережетова²

¹ Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты, Алматы, Қазақстан

² Эль-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

Бидайды тұраралық будандастыру нәтижесінде алынған аллоплазмалық тізбектеріндегі жалауша жапырақтарының фотосинтетикалық аппараты жұмысына құрғақшылықтың әсері

Аңдатпа. Ылғалдың жетіспеушілігі жаһандық климаттың өзгеруі жағдайында негізгі стресс болып табылады. Жұмыстың мақсаты құрғақшылық әсерінен тұраралық будандастыру нәтижесінде алынған аллоплазмалық бидай тізбектерінің жалауша жапырағының фотосинтетикалық параметрлерінің өзгеруін талдау болды. Егістік жағдайда өскен, масақ беру сатысында, тозаңданып болғаннан кейін бірден индукцияланған құрғақшылық жағдайына ұшыраған бидайдың ата-аналық пішіндері мен аллотізбектерінің жалауша жапырақтарындағы хлорофиллі мен каротиноидтардың мөлшері спирт сығындыларында спектрофотометриялық жолмен анықталды. Сондай-ақ, ол жапырақтардың құрамындағы су мөлшеріне талдау жасалды. Жалауша жапырағының фотосинтетикалық белсенділігі ПАМ-флуориметрінің көмегімен зерттелді. Құрғақшылықта жалауша жапырақтағы судың мөлшері хлорофиллі мөлшерімен кері корреляцияға түседі, ал дәл су потенциалының төмендеуі, осы Fv/Fm, Y(II) және Y(NPQ) сияқты фотосинтез қарқындылығының көрсеткіштерінің көлемін шектейтіндігі көрсетілді. Құрғақшылық кезінде өнімділік көрсеткіштері мен фотосинтетикалық параметрлері мәндерінің корреляциялық тәуелділігі анықталды. Тәжірибелер негізінде құрғақшылыққа төзімді аллотізбек D-41-05 анықталды.

Түйін сөздер: бидай, аллоплазмалық тізбектер, құрғақшылыққа төзімділік, фотосинтез.

N.V. Terletskaia^{1,2}, N.A. Altayeva¹, U. Erezhetova²

¹ Institute of Plant Biology and Biotechnology, Almaty, Kazakhstan

² Kazakh National Al-Farabi University, Almaty, Kazakhstan

The effect of drought on the functioning of the flag leaf photosynthetic apparatus in alloplasmic lines which obtained as a result of wheat interspecific crosses

Abstract. The lack of precipitation is a key stressor under the global climate change conditions around the world now. The aim of this work was analysis of the photosynthetic parameters' changes under the influence of drought in flag leaf of alloplasmic wheat lines which obtained as a result of interspecific crosses. The content of chlorophyll a and b was determined in ethanol extracts from the flag-leaf blades of alloplasmic wheat lines and its parental forms whose were grown under field conditions. The photosynthetic activity of the flag-leaf blades was studied using a PAM fluorometer. It was shown that the chlorophyll content during drought had negatively correlated with flag-leaf water content and the magnitude of such indicators of photosynthesis intensity as Fv / Fm, Y (II) and Y (NPQ) limits by precisely the water potential decrease. The correlation dependences between

photosynthetic parameters were revealed under the drought and productivity indicators. Based on the experiments, the most drought tolerant alloline D-41-05 was identified.

Keywords: wheat, alloplasmic lines, drought tolerance, photosynthesis.

References

- 1 Schaffleitner R., Gutierrez Rosales R O., Gaudin A., Alvarado Aliaga C.A., Martinez G.N., TincopaMarca L.R., et al. Capturing candidate drought tolerance traits in two native Andean potato clones by transcription profiling of field grown plants under water stress, *Plant Physiol. Biochem*, 45, 673-690(2007).
- 2 Ruggiero A., Punzo P., Landi S., Costa A., Van Oosten M., Grillo S. Improving plant water use efficiency through molecular genetics, *Horticulturae*, 5, 31 (2017).
- 3 Blum A. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential - Are they compatible, dissonant, or mutually exclusive?, *Aust. J. Agric. Res.*, 56, 1159-1168 (2005).
- 4 Lugojan C., Ciulca S. Evaluation of relative water content in winter wheat. *J. Hortic, Fores. Biotechnol*, 15, 173-177 (2011).
- 5 Lawlor D.W. & Tezara W. Causes of decreased photosynthetic rate and metabolic capacity in water-deficient leaf cells: a critical evaluation of mechanisms and integration of processes, *Annal. Bot.*, 103, 561-579 (2009).
- 6 Pinheiro C., Chaves, M.M. Photosynthesis and drought: can we make metabolic connections from available data? *J. Exp. Bot.*, 62, 869-882 (2011).
- 7 Ramos ML.G., Parsons R., Sprent J.I., Games E.K. Effect of water stress on nitrogen fixation and nodule structure of common bean, *Pesq. Agropec.Brasilia.*, 38, 339-347 (2003).
- 8 Efeoglu B., Ekmekci Y., Cicek N. Physiological responses of three maize cultivars to drought stress and recovery, *J. Bot. South African*, 75, 34-42 (2009).
- 9 Chaves M. M., Flexas J., Pinheiro C. Photosynthesis under drought and salt stress: Regulation mechanisms from whole plant to cell, *Annal. Bot.*, 103, 551-560 (2009).
- 10 Dalal V.K., Tripathy B.C. Water-stress induced downsizing of light-harvesting antenna complex protects developing rice seedlings from photo-oxidative damage, *Scientific Reports*, 8, 5955 (2018).
- 11 Diagnostika ustoiчивости растений к стрессовым воздействиям (методическое руководство) [Diagnosis of plant resistance to stress (methodical guide)] (edited by Udovenko G.V. Leningrad, 1988. 89 p.)
- 12 Lichtenthaler H.K. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic membranes, *Method Enzymol*, 148, 350-382 (1987).
- 13 Baker N.R. Chlorophyll Fluorescence: A Probe of Photosynthesis In Vivo, *Annu. Rev. Plant Biol.*, 59, 89-113 (2008).
- 14 Udolskaya N.L. Vvedenie v biometriyu [Introduction to Biometrics] (Alma-Ata, 1976).
- 15 Hoffmann P. Chlorophyll Formation and Photosynthesis in *Arabidopsis thaliana* L. *Heynh Biol. Rdsch.*, 1, 109-123 (1963).
- 16 Schüttler M.A., Tyth S.Z. Photosynthetic complex stoichiometry dynamics in higher plants: environmental acclimation and photosynthetic flux control, *Front. Plant Sci.*, (2014).
- 17 Fedulov Yu.P., Podushin Yu.V. The content and ratio of chlorophylls in winter wheat leaves, depending on the agrotechnical methods of its cultivation, *Scientific Journal of KubSAU*, 51(7), 1-13 (2009).
- 18 Maxwell K., Johnson G. N. Chlorophyll fluorescence – a practical guide, *Journal of Experimental Botany*, 51, 659-668 (2000).
- 19 Guidi L., Piccolo E.L., Landi M. Chlorophyll Fluorescence, Photoinhibition and Abiotic Stress: Does it Make Any Difference the Fact to Be a C3 or C4 Species? *Front. Plant Sci.*, (2019).
- 20 Baker N.R. Chlorophyll Fluorescence: A Probe of Photosynthesis In Vivo, *Annu. Rev. Plant Biol.*, 59, 89-113 (2008).
- 21 Ralph P.J., Gademann R. Rapid light curves: A powerful tool to assess photosynthetic activity, *Aquatic Botany*, 82, 222-237 (2005).
- 22 Horton P., Ruban A.V. Molecular design of the photosystem II light-harvesting antenna: photosynthesis and photoprotection, *J. Exp. Bot.*, 56, 365-373 (2005).
- 23 Ruban A.V., Johnson M.P., Duffy C.D.P. The photoprotective molecular switch in the photosystem II antenna, *Biochim. Biophys. Acta*, 1817, 167-181 (2012).
- 24 Sperdouli I., Moustakas M. Spatio-temporal heterogeneity in *Arabidopsis thaliana* leaves under drought stress, *Plant Biology*, 14, 118-128 (2012).

Сведения об авторах

Терлецкая Н.В. - ведущий научный сотрудник лаборатории клеточной инженерии Института биологии и биотехнологии растений, ул. Тимирязева, 45, Алматы, Казахстан.

Алтаева Н.А. - научный сотрудник лаборатории клеточной инженерии Института биологии и биотехнологии растений, ул. Тимирязева, 45, Алматы, Казахстан.

Ережетова У. - PhD докторант кафедры биоразнообразия и биоресурсов, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, ул. Тимирязева, 71, Алматы, Казахстан.

Terletsckaya N.V. - Leading researcher, laboratory of cell engineering, Institute of Plant Biology and Biotechnology, Timiryazev str. 45, Almaty, Kazakhstan.

Altayeva N.A – Researcher, laboratory of cell engineering, Institute of Plant Biology and Biotechnology, Timiryazev str. 45, Almaty, Kazakhstan.

Erezhetova U. – Student PhD department of biodiversity and bioresources, Kazakh National Al-Farabi University, Timiryazev str. 71, Almaty, Kazakhstan.

Поступила в редакцию 18.09.2019

А.Т. Хусаинов, Г.Т. Кыздарбекова

*Кокшетауский государственный университет им. Ш. Уалиханова, Кокшетау, Казахстан
(E-mail: abil_tokan@mail.ru, gulmira_80_01@mail.ru)*

Экотоксикологическая оценка препарата «Агробионов» по содержанию тяжелых металлов и радионуклидов в черноземе обыкновенном и растениях льна масличного

Аннотация: В данной статье приводятся результаты биоиндикации препарата «Агробионов» по физиологическим параметрам семян льна масличного, а также дается экотоксикологическая оценка применения препарата «Агробионов» по содержанию тяжелых металлов и радионуклидов в почве и растениях льна масличного. Проводились лабораторные и полевые опыты. Объекты исследования: чернозем обыкновенный и лен масличный сорт Северный. Лабораторную всхожесть семян, длину проростков, длину подсемядольного колена определяли по Межгосударственному стандарту «Семена сельскохозяйственных культур» ГОСТ 12038-84. Содержание тяжелых металлов (ГОСТ 50686-94-ГОСТ 50683-94) и радионуклидов в почве и семенах льна масличного определяли методом инверсионной вольтамперометрии. Испытуемый препарат «Агробионов» оказывает стимулирующее воздействие на ростовые процессы в семенах льна масличного, а также содержание тяжелых металлов и радионуклидов в почве и семенах при применении различных доз от 100 до 500 кг/га препарата не превышало предельно допустимую концентрацию.

Ключевые слова: лен масличный, чернозем обыкновенный, препарат «Агробионов», тяжелые металлы, радионуклиды.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2019-129-4-69-74>

В настоящее время в мире делается упор на исследования тяжелых металлов в сельскохозяйственных почвах, так как именно от сельскохозяйственных почв поступает загрязненная продукция, отравляющая животных и человека. Тяжелые металлы не только негативно влияют на растения и на почвенно-грунтовые воды, но и на саму почву. Особенно восприимчивы к воздействию тяжелых элементов почвенные микроорганизмы [1].

Учитывая растущую экологическую напряженность, интерес к экологически чистым органическим удобрениям почв вырос многократно. Вместо внесения неорганических удобрений было предложено, в качестве полезного материала, внесение переработанных органических удобрений. Однако применение органических удобрений может привести к обогащению почвы тяжелыми металлами и несбалансированной обеспеченности питательными элементами [2].

Во всем мире золошлак считается опасным для окружающей среды, поскольку он обычно содержит органические загрязнители, токсичные металлы, такие как Se, As, В, Al, Pb, Hg, Cr, и радионуклиды - уран, торий. Но золошлак в своем составе содержит и полезные для растений оксиды и микроэлементы. Присутствие оксидов создает щелочную среду, а микроэлементы обеспечивают растения питательными веществами. Поэтому предлагается использовать его как удобрение в небольших дозах, а также в качестве мелиоранта, поскольку золошлак улучшает физико-химические и биологические свойства почв [3].

В растениях обнаружено более 70 химических элементов. Очевидно, что более точные и совершенные методы анализа позволят расширить круг элементов, входящих в состав растений. Ученым предстоит раскрыть физиологическую и биохимическую роль многих химических элементов, которые растения поглощают из почвы и накапливают в своем организме, в том числе и редкоземельных [4]. Профессор Ю.И. Ермохин на лугово-черноземной почве предлагает даже вносить йод в дозе 12 кг/га [5].

По всей вероятности, большинство элементов, входящих в состав препарата «Агробионов» могут быть полезными для роста и развития сельскохозяйственных культур.

Цель данной статьи – дать экотоксикологическую оценку применения препарата «Агробионов» по содержанию тяжелых металлов и радионуклидов в почве и растениях льна масличного.

В задачи исследования входили: провести биоиндикацию препарата «Агробионов» по физиологическим параметрам семян льна масличного; изучить влияние доз внесения препарата «Агробионов» на содержание тяжелых металлов и радионуклидов в почве и семенах льна масличного.

В условиях Северного Казахстана на черноземе обыкновенном установлено влияние доз внесения препарата, состоящего из золотлака и технического углерода, на содержание тяжелых металлов и радионуклидов в почве и растениях льна масличного. Применение препаратов «Агробионов» в оптимальных дозах повышает фитоактивность семян льна масличного и экологически безопасно.

Объекты, условия и методика проведения исследования

Объекты исследования: чернозем обыкновенный, лен масличный сорт Северный.

Предмет исследования: препарат АгроБионов в порошковом виде, в состав которого входит низкокальциевая зола уноса каменных углей Экибастузского происхождения, технический углерод. Химический состав золы уноса углей Экибастузского месторождения: SiO_2 62,9%, Fe_2O_3 6,35%, Al_2O_3 26,35%, CaO 1,9% MgO 0,9%, SO_3 1,2%, Na_2O 0,23%. Макро- и микроэлементный состав золы представлен следующими элементами по убыванию: $\text{K} > \text{Fe} > \text{Al} > \text{Mg} > \text{Ca} > \text{Mn} > \text{Sr} > \text{Pb} > \text{Co} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Sn} > \text{As} > \text{Ni} > \text{Cd} > \text{Hg}$. Углерод технический состоит из углерода более чем на 99% (Сарсенова А.А. 2013).

Для решения поставленных задач нами были заложены следующие лабораторные и полевые опыты:

Лабораторный опыт «Биоиндикация препарата «Агробионов» по физиологическим параметрам семян льна масличного» заложен в 4-х кратной повторности по следующей схеме: 1) контроль – дистиллированная вода; 2) 0,1% раствор водной суспензии; 3) 1,0% раствор водной суспензии; 4) 2,5% раствор водной суспензии; 5) 5,0% раствор водной суспензии; 6) 7,5% раствор водной суспензии; 7) 10,0% раствор водной суспензии.

Лабораторную всхожесть семян, длину проростков, длину подсемядольного колена определяли по Межгосударственному стандарту «Семена сельскохозяйственных культур» ГОСТ 12038-84.

Полевые исследования проводились на опытном поле учебно-научно-производственного центра "Элит" Кокшетауского государственного университета имени Ш. Уалиханова.

"Экотоксикологическая оценка доз внесения препарата "Агробионов" по содержанию тяжелых металлов и радионуклидов в почве и семенах льна масличного» заложен в 4-х кратной повторности по следующей схеме: 1) контроль без применений удобрения; 2) P10 (1/10 от расчетной дозы), фон; 3) фон + 100 кг/га; фон + 300 кг/га; фон + 500 кг/га; под предпосевную обработку почвы. Площадь делянки -125 м²; учетная площадь -100м². Образцы почв в слое 0-40см брали летом и осенью после уборки урожая.

В опытах проведены следующие наблюдения:

- содержание тяжелых металлов (ГОСТ 50686-94-ГОСТ 50683-94) и радионуклидов в почве и семенах льна масличного методом инверсионной вольтамперометрии.

В пахотном слое почвы содержится 6,1% гумуса, 46,0 мг/кг легкогидролизуемого азота, 17,0 мг/кг подвижного фосфора и 582 мг/кг обменного калия. Реакция почвенного раствора слабокислая, близка к нейтральной (рН – 6,1). На основании данных были рассчитаны дозы препарата из золотлака и наноглерода, а также минеральных удобрений под лен масличный обеспечивающие восполнение данных элементов.

Результаты и их обсуждение. Биотестирование показало, что препарат «Агробионов» в малых концентрациях (0,1-5,0%) оказывает стимулирующее воздействие на ростовые процессы в семенах льна масличного. При этом установлено повышение лабораторной всхожести семян до 89-97% (на контроле 88,0 %); увеличение длины подсемядольного колена до 64-80 мм (на контроле 55 мм) и длины корешков до 50-79 мм (на контроле 46 мм); возрастание массы проросших семян до 0,9-1,6 грамм (на контроле 0,6 грамм).

С повышением концентрации водной суспензии до 7,5-10% физиологические показатели прорастания семян льна масличного снижались: лабораторная всхожесть составила 91,5 и 90,0%; длина подсемядольного колена 67 и 62 мм; длина корешков и масса проросших семян также существенно снижались.

В результате положительного влияния концентрации раствора препарата от 0,1 до 5,0% здесь установлено соответствующее повышение индекса фитоактивности с 1,09 до 1,43, то есть повысился на 43% по сравнению с контролем, а с повышением концентрации до 7,5 и 10,0% индекс фитоактивности снизился до 1,16 и 1,11% (рис.1).

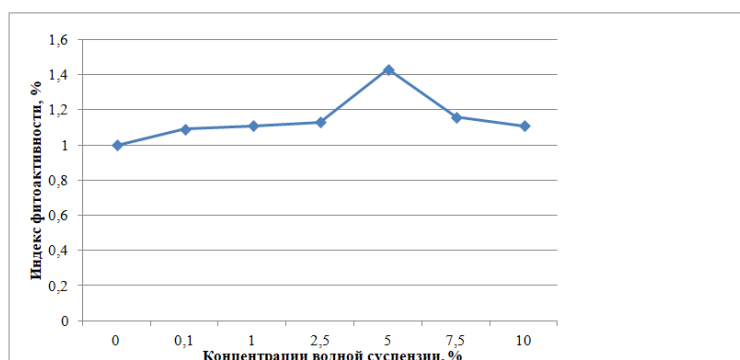


Рисунок 1 – Влияние концентрации водной суспензии препарата из золошлака и технического углерода на индекс фитоактивности семян льна масличного

Экотоксикологическая оценка доз внесения препарата «Агробионов» показала, что на удобренных вариантах содержание свинца в почве составляет на уровне контроля от 7,5 мк/кг – 7,6 мк/кг. Уровень накопления кадмия в почве также варьируется в пределах контроля: 0,16 мк/кг - 0,18 мк/кг. С увеличением дозы препарата накопление меди в почве даже уменьшается на 0,5 мк/кг - 1,1 мк/кг (на контроле 7,4 мк/кг). Накопление цинка в почве на удобренных вариантах тоже снижается 18,0 мк/кг -19,6 мк/кг по сравнению с контролем 20,4 мк/кг (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние доз внесения препарата «Агробионов» на содержание тяжелых металлов в черноземе обыкновенном, мг/кг (среднее за 2018-2019 гг.)

№	Вариант	Rb	Cd	Cu	Zn
1	контроль	7,5	0,16	7,4	20,4
2	1/10 P ₁₀ - фон	7,2	0,18	6,7	19,1
3	фон + 100 кг/га	7,6	0,16	6,8	18,9
4	фон + 300 кг/га	7,6	0,16	6,3	18,0
5	фон + 500 кг/га	7,6	0,16	6,9	19,6

Содержание цезия - 132 на контроле - составило 3,8 Бк/кг, а на удобренных вариантах уровень его резко снижался до 1,2 Бк/кг -3,1 Бк/кг. По содержанию калия-40 удобренные варианты также существенно не отличались от контроля. Содержание тория-232 на контроле составило 29,0 Бк/кг, а на удобренных вариантах значение тория превышает контрольный вариант – 0,36-0,90 Бк/кг. Содержание радия-226 на контроле составило 34,5 Бк/кг, а на вариантах внесения препарата содержание его снизилось до 27,2-32,1 Бк/кг, лишь на варианте фон+500кг/га увеличивается на 1,7 Бк/кг. Содержание стронция-90 в почве вообще не обнаружено (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние доз внесения препарата «Агробионов» на содержание радионуклидов в черноземе обыкновенном, Бк/кг (среднее за 2018-2019 гг.)

№	Вариант	Cs-132	K-40	Th-232	Ra-226	Sr-90
1	контроль	3,8	574,0	29,0	34,5	0,00
2	1/10 P ₁₀ - фон	1,2	485,0	36,4	32,1	0,00
3	фон + 100 кг/га	2,3	588,0	32,6	27,2	0,00
4	фон + 300 кг/га	3,1	512,8	38,0	27,7	0,00
5	фон + 500 кг/га	2,6	428,5	32,7	36,2	0,00

Содержание свинца в семенах льна масличного варьирует в пределах 0,12-0,21 мг/кг, (на контроле 0,15 мг/кг), однако это количество не столь велико в сравнении с ПДК – 1,0 мг/кг. Уровень накопления кадмия находился в пределах 0,03 - 0,06 мк/кг (на контроле – 0,05 мк/кг); меди - 9,4 -10,4 мк/кг (на контроле 10,6 мк/кг); цинка 31,1 - 40,0 мк/кг (на контроле 33,5 мк/кг). То есть колебания незначительные, в зависимости от дозы внесения препарата "Агробионов" (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние доз внесения препарата «Агробионов» на содержание тяжелых металлов в семенах льна масличного, мг/кг (среднее за 2018-2019 гг.)

№	Вариант	Rb	Cd	Cu	Zn
1	контроль	0,15	0,05	10,6	33,5
2	1/10 P ₁₀ - фон	0,12	0,04	10,7	37,0
3	фон + 100 кг/га	0,15	0,06	10,0	40,0
4	фон + 300 кг/га	0,21	0,03	9,4	25,0
5	фон + 500 кг/га	0,16	0,04	10,4	31,1

Содержание цезия-132 в семенах на контроле составило 0,25 Бк/кг, а на удобренных вариантах превышало контроль - 0,95-4,90 Бк/кг. Содержание стронция-90 составило на контроле 0,00 Бк/кг, на вариантах 1/10 P₁₀-фон 1,72 Бк/кг и фон+300 кг/га - 0,29 Бк/кг, то есть выше, чем на контроле (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние доз внесения препарата «Агробионов» на содержание радионуклидов в семенах льна масличного, Бк/кг (среднее за 2018-2019 гг.)

№	Вариант	Cs-132	Sr-90
1	контроль	0,25	0,00
2	1/10 P ₁₀ - фон	4,0	1,72
3	фон + 100 кг/га	0,00	0,00
4	фон + 300 кг/га	1,2	0,29
5	фон + 500 кг/га	5,2	0,00

Thaneshwar Kumar, K Tedia, Vinay Samadhiya and Rahul Kumar отмечают, что золошлак может использоваться в сельском хозяйстве, так как в нем содержатся почти все питательные вещества, необходимые для нормального роста и развития растений. Прежде всего золошлак вносится как минеральное удобрение, которое улучшает свойства почв. Хотя применение золошлака в сельском хозяйстве имеет много преимуществ, есть и некоторые недостатки, которые могут вызвать загрязнение почв тяжелыми металлами и радионуклидами. Поэтому необходимо регулярно контролировать пороговое значение содержания тяжелых металлов и радионуклидов в почве и растениях [6].

G.R. Rajakumar, S.V. Patil (2019) утверждают, что использование золошлака на черноземной почве из расчета 30т/га улучшило рост и урожай подсолнечника [7]. По данным А.К. Муханбет, А.Т. Хусаинова, С.З. Елюбаева, А.М. Балгабаева выявлено, что применение различных видов отходов промышленности (золошлака, фосфогипса) на черноземных почвах Северного Казахстана в качестве удобрения не представляет экологической опасности и не превышает уровня ПДК [8]. Angelova V., Ivanova R., Delibaltova V., Ivanov K. считают, что лен является культурой, подходящей для выращивания в промышленно загрязненных регионах - он удаляет значительное количество тяжелых металлов из почвы своей корневой системой и может использоваться в качестве потенциальной культуры для очистки почвы от тяжелых металлов [9].

Заклучение. Результаты биотестирования и экотоксикологическая оценка показали экологическую безопасность применения препарата «Агробионов» для удобрения чернозема обыкновенного в дозах 100 – 500 кг/га на посевах льна масличного.

Список литературы

- 1 Водяницкий Ю.Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами и металлоидами и их экологическая безопасность (аналитический обзор) // Почвоведение. - 2013. - №7 - С. 872-881.
- 2 Khan M.N., Mobin M., Abbas Z.K., Alamri S.A., Fertilizers and Their Contaminants in Soils, Surface and Groundwater // Encyclopedia of the Anthropocene -2018.- Vol 5, 2018. -P. 225-240 <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809665-9.09888-8>
- 3 Hemlata P.Jambhulkar Siratun Montaha S.Shaikh, M. Suresh Kumar Fly ash toxicity, emerging issues and possible implications for its exploitation in agriculture // Indian scenario: A review. Chemosphere -2018 Vol 213, 20 P. 333-344. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.09.045>
- 4 Протасова Н.А., Беляева А.Б. Химические элементы в жизни растений // Соросовский образовательный журнал, 2001. Том.7, №3 С.25-32.
- 5 Ермохин Ю.И., Красницкий В.М. Введение йода в систему: почва-растение-идентификация ответной реакции растений по изменению содержания макро- и микроэлементов // Материалы международной научно-практической конференции "Современные достижения в экологии, почвоведении и земледелии". - 2020. - С.544-554.
- 6 Thaneshwar Kumar, K. Tedia, Vinay Samadhiya and Rahul Kumar, Review on effect of fly ash on heavy metals status of soil and plants. International Journal of Chemical Studies 2017. 5(4): P. 11-18
- 7 Rajakumar G.R., Patil S.V., Effect of Fly Ash on Growth and Yield of Crops with Special Emphasis on Heavy Metals and Radionuclides. Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci 2019. 8(8): P. 127-137 <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.808.016>
- 8 Муханбет А.К., Хусаинов А.Т., Елюбаев С.З., Балгабаев А.М. Экологическая безопасность применения альтернативных видов удобрений на черноземных почвах Северного Казахстана // Известия НАН РК, серия аграрных наук. - 2016. - №5(35). - Алматы. - С. 85-89.
- 9 Angelova, V, Ivanova R, Delibaltova, V, Ivanov K Bio-accumulation and distribution of heavy metals in fibre crops (flax, cotton and hemp). Industrial Crops Products. 2004. Vol. 19. P.197–205.

А.Т. Хусаинов, Г.Т. Кыздарбекова

Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау мемлекеттік университеті, Көкшетау, Қазақстан

Қара топырақ және майлы зығыр өсімдіктерінде «Агробионов» препаратын ауыр металдар мен радионуклидтер құрамы бойынша экотоксикологиялық бағалау

Аңдатпа. Мақалада майлы зығыр тұқымдарының физиологиялық параметрлері бойынша «Агробионов» препаратының биоиндикация нәтижелері келтірілген, сонымен қатар топырақта және майлы зығыр өсімдіктерінде «Агробионов» препаратын қолданудағы ауыр металдар мен радионуклидтер құрамы бойынша экотоксикологиялық бағасының нәтижелері көрсетілген. Зертханалық және танаптық тәжірибелер жүргізілді. Зерттеу объектілері ретінде кәдімгі қара топырақ және майлы зығырдың "Северный" сорты алынды. Тұқымдардың зертханалық өнгіштігін, өскіндер ұзындығын, тұқымасты жарнағының ұзындығын ГОСТ 12038-84 «Ауыл шаруашылық дақылдарының тұқымдары» Халықаралық мемлекеттік стандарты бойынша анықтадық. Топырақтағы және майлы зығыр тұқымдарындағы ауыр металдар (ГОСТ 50686-94-ГОСТ 50683-94) мен радионуклидтер құрамын инверсионды вольтамперометрия әдісі арқылы анықтадық. Сынауға алынған «Агробионов» препараты майлы зығыр тұқымдарындағы өсу процестеріне ынталандыру әсерін тигізеді, сонымен қатар осы препараттың әртүрлі 100-ден 500-ге дейін кг/га мөлшерлерін қолдану топырақ пен тұқымдардағы ауыр металдар мен радионуклидтер құрамының шектеулі жіберілетін концентрациясын жоғарылатпайтыны анықталып отыр.

Түйін сөздер: майлы зығыр, кәдімгі қара топырақ, «Агробионов» препараты, ауыр металдар, радионуклидтер.

А.Т. Khusainov, G.T. Kyzdarbekova

Kokshetau State University named after Sh. Ualikhanova, Kokshetau, Kazakhstan

Ecotoxicological evaluation of the preparation "Agrobionov" on the content of heavy metals and radionuclides in black earth of common and oil flax plants

Abstract. This article presents the results of bioinduction of "Agrobionov" product to the physiological parameters of oil flax seeds, and also provides an ecotoxicological assessment of "Agrobionov" product usage according to the content of heavy metals and radionuclides in the soil and oil flax plants. Laboratory and field experiments were carried out. The objects of study are ordinary in black earth of common and flax oilseed variety "Severny". Laboratory germination of seeds, the length of seedlings, the length of the submuscular knee was determined according to the Interstate standard "Seeds of agricultural crops" SAUS 12038-84. The content of heavy metals (SAUS 50686-94-SAUS 50683-94) and radionuclides in the soil and seeds of oil flax was determined by inversion voltammetry. The test "Agrobionov" product has a stimulating effect on the growth processes in oilseed flax seeds, as well as the content of heavy metals and radionuclides in the soil and seeds when using various doses from 100 to 500 kg / ha of the product did not exceed the maximum permissible concentration.

Keywords oil flax, black earth of common, "Agrobionov" product, heavy metals, radionuclides.

References

- 1 Vodyanitsky Yu.N. [Zagryazneniye pochv tyazhelymi metallami i metalloidami i ikh ekologicheskaya bezopasnost' (analiticheskiy obzor)], [Soil pollution with heavy metals and metalloids and their environmental safety (analytical review)], Pochvovedeniye, 7, 872-881(2013).
- 2 Khan M.N., Mobin M., Abbas Z.K., Alamri S.A. Fertilizers and Their Contaminants in Soils, Surface and Groundwater, Encyclopedia of the Anthropocene, 5, 225-240(2018) [Electronic resource]. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809665-9.09888-8>
- 3 Hemlata P. Jambhulkar, Siratun Montaha S. Shikh, M. Suresh Kumar, Fly ash toxicity, emerging issues and possible implications for its exploitation in agriculture; Indian scenario: A review. Chemosphere, 213, 333-344(2018). [Electronic resource]. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.09.045>
- 4 Protasova N.A., Belyaeva A.B. Khimicheskiye elementy v zhizni rasteniy [Chemical elements in plant life], Sorosovskiy obrazovatel'nyy zhurnal, vol. 7, 3, 25-32(2001) [in Russian].
- 5 Ermokhin Yu.I., Krasnitsky V.M., Vvedeniye yoda v sistemu: pochva-rasteniye-identifikatsiya otvetnoy reaktsii rasteniy po izmeneniyu soderzhaniya makro i mikroelementov [Introduction of iodine to the system: soil-plant-identification of the plant response by changing the content of macro and microelements], Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Sovremennyye dostizheniya v ekologii, pochvovedenii i zemledelii" [Materials of the international scientific-practical conference "Modern achievements in ecology, soil science and agriculture"], 2020, P. 544-554.
- 6 Thaneshwar Kumar, K Tedia, Vinay Samadhiya and Rahul Kumar, Review on effect of fly ash on heavy metals status of soil and plants. International Journal of Chemical Studies, 4, 11-18(2017)
- 7 Rajakumar G.R., Patil S.V., Effect of Fly Ash on Growth and Yield of Crops with Special Emphasis on Heavy Metals and Radionuclide's. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. 8, 127-137(2019) [Electronic resource]. Available at: <https://doi.org/10.20546/ijcmas>
- 8 Makhanbet A.K., Khusainov A.T., Elyubaev S.Z., Balgabaev A.M. Ekologicheskaya bezopasnost' primeneniya al'ternativnykh vidov udobreniy na chernozemnykh pochvakh Severnogo Kazakhstana [Ecological safety of the use of alternative types of fertilizers on chernozem soils of Northern Kazakhstan], Izvestiya NAN RK, seriya agrarnykh nauk [Izvestiya NAS RK, a series of agricultural sciences], 5(35), 85-89(2016)
- 9 Angelova V., Ivanova R., Delibaltova V., Ivanov K. Bio-accumulation and distribution of heavy metals in fiber crops (flax, cotton and hemp). Industrial Crops Products, vol. 19, 197-205(2004).

Сведения об авторах:

Хусаинов А.Т. - доктор биологических наук, профессор КГУ им. Ш. Уалиханова, ул. Абая, 76, Кокшетау, Казахстан.

Кыздарбекова Г.Т. - докторант 3 курса специальности "6D060800 "Экология" КГУ им. Ш. Уалиханова, ул. Абая, 76, Кокшетау, Казахстан.

Khusainov A. Doctor of Biological Sciences, Professor of Sh. Ualikhanov Koshetau University, Abaya 76 st., Kokshetau, Kazakhstan.

Kyzdarbekova G. 3-year doctoral student of the specialty 6D060800 «Ecology» Ualikhanov Koshetau University, Abaya 76 st., Kokshetau, Kazakhstan.

Поступила в редакцию 28.11.2019

А.А. Кусаинова, О.В. Булгакова, Р.И. Берсимбай

*Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
(E-mail: assya.kussainova@gmail.com, ya.summer13@yandex.kz, ribers@mail.ru)*

Мутации в гене TP53 как перспективный маркер радон-индуцированного рака легкого

Аннотация: Рак легкого является основной причиной смертности от онкологических заболеваний. Известно, что в большинстве случаев рак легкого имеет мультифакторную природу происхождения. В его патогенезе важную роль играют как генетические и эпигенетические изменения в клетке, так и воздействие повреждающих факторов окружающей среды. Казахстан является крупнейшим добытчиком и экспортером урана, в связи с чем наблюдается высокий уровень загрязнения его продуктом распада - радоном. Всемирная организация здравоохранения определила радон как второй фактор, приводящий к развитию рака легкого, после курения. Ген TP53, известный как "страж генома" - наиболее частая мишень для воздействия мутагенов. Известно, что мутации в гене TP53 встречаются практически во всех опухолях, в том числе при раке легкого. В данной статье рассматриваются разные мутантные формы p53, в этиологии которых лежат факторы внешней среды, в том числе и радон.

Ключевые слова: рак легкого, радон, ген TP53, мутация.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2019-129-4-75-80>

По оценкам Всемирной организации здравоохранения, половину среднегодового естественного радиоактивного фона земли составляет радон [1]. Радон - это бесцветный инертный газ, который образуется в почве и горных породах как продукт распада изотопов урана и торона. В свою очередь изотоп радона так же является нестабильным и подвергается дальнейшему распаду с образованием изотопов полония (P^{218}), свинца (Pb^{214}) и висмута. Распад радона и его дочерних продуктов сопровождается выделением альфа- и бета-частиц [2].

Токсическое действие радона было описано впервые в отчете Национального исследовательского Совета США (National Research Council) о биологических эффектах ионизирующего излучения (BEIR IV) на здоровье человека в 1980-х годах [3]. Отчет был посвящен рискам развития рака легкого у людей, которые подверглись внутреннему облучению альфа-частиц в результате распада радона. Модель риска строилась и оценивалась на подземных шахтерах уранодобывающих рудников. Подземные урановые шахты в основном подвергаются воздействию внутреннего ионизирующего излучения от продуктов распада радона. Изотопы радона попадают в организм человека через легкие, где происходит дальнейший распад. В результате организм подвергается воздействию ионизирующего излучения, что приводит к повреждению клеток [4].

Накопление таких повреждений в клетке способно подтолкнуть ее к злокачественной трансформации. В процессе распада предшественника радона – радия - происходит выделение радона из каменной породы в подземные воды и атмосферу. Поскольку период полураспада радона варьируется от пары секунд до нескольких дней (радон 220 – 56 дней, радон 222 – примерно 4 дня) концентрация радона в воздухе ниже, чем в почве. Результаты исследования, проведенного среди уранодобытчиков компании Wismut (Восточная Германия), свидетельствуют о повышенном риске рака легкого при длительном воздействии низких доз облучения радоном [5].

Отсюда логично предположить о возможных рисках заболеваемости и смертности от рака легкого у населения, которое подвергается воздействию бытового радона. Основным источником радона и жилых помещениях является медленная диффузия газа через трещины в фундаменте зданий. Так же радон с подземными водами попадает в водные источники и

колодцы, однако большая часть воздействия радона на население в целом происходит через почвенные газы [6].

Радон способен не только проникать в помещения, но и накапливаться в них. Особенно в зимний период, когда снижается возможность проветривания помещения. Резкое увеличение концентрации радона в воздухе наблюдается в регионах, богатых залежами урана, а так, же близко к местам его добычи и захоронения [7]. Наблюдается тенденция увеличения риска развития опухоли легкого от концентрации радона в жилых помещениях. Это подтверждается результатами исследования Torres-Duran и др., которые показали зависимость степени риска радон-индуцированного рака легкого от дозы воздействия радона. Они определили, что лица, подвергшиеся экспозиции радона больше 200 Бк/м³, имели более высокий риск возникновения онкологии легкого, чем те, кто подвергался воздействию низких доз (<100 Бк/м³) [8]. Кроме того, в работе Zhang и др. Была показана прямая корреляция доза-зависимого эффекта и прироста злокачественных образований легкого. Экспериментально было доказано, что увеличение концентрации радона в жилых помещениях на каждые 100 Бк/м³ ведет к увеличению риска онкологии легкого на 7% ежегодно [9].

Как мы видим, многочисленные когортные исследования указывают на канцерогенный потенциал радона. Радон попадает в организм через дыхательную систему, в связи с этим основной мишенью его токсического действия становятся клетки легкого, повреждение которых ведет к их злокачественному перерождению.

Крупнейшими странами добытчиками и экспортерами урановой руды являются Казахстан, Канада и Австралия. Наибольшая доля урана добывается на территории Казахстана (41% мирового экспорта), далее следуют Канада (13%) и Австралия (12%) [10]. Именно в этих странах рак легкого занимает лидирующие позиции среди других онкологических заболеваний. По данным Международного агентства по изучению рака, в 2018 году 13% всех случаев онкологии занимают новообразования легкого в Казахстане, в Канаде -10%, в Австралии -7% (рисунок 1) [11].

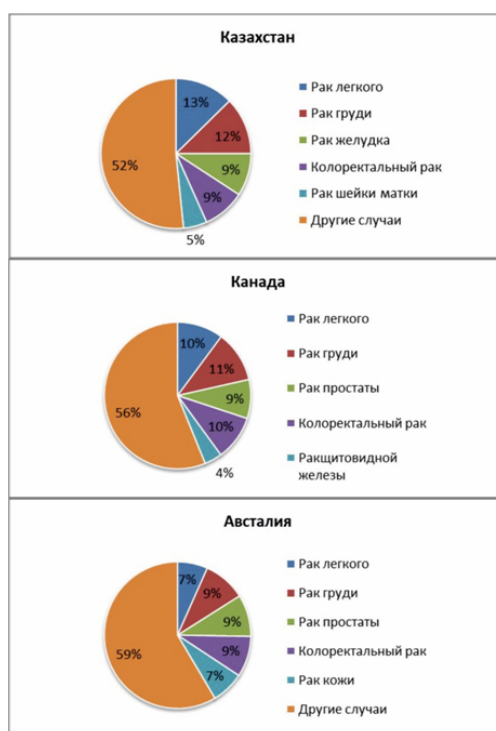


Рисунок 1 – Количество новых случаев заболеваемости раком легкого в Казахстане, Канаде и Австралии в 2018 году

Рак легкого является мультифакторным заболеванием, в основе которого лежит комбинированный эффект воздействия внешней среды и генетической предрасположенности.

Всемирная организация здравоохранения позиционирует радон как вторую по значимости причину рака легкого после табачного дыма. К другим экзогенным факторам можно отнести воздействие мышьяка и асбеста [12], загрязнение окружающей среды ксенобиотиками, тяжелые металлы, алкоголь и неправильное питание [13]. Генетические факторы также вносят значительный вклад в патогенез онкологии легкого. Канцерогенный эффект может быть обусловлен накоплением генетических полиморфизмов, хромосомными аномалиями и мутациями в генах-супрессорах опухоли [14]. Накопленные за последнее время научные знания позволяют сделать вывод о том, что эпигенетические изменения также вносят весомый вклад в развитие мультифакторных заболеваний.

Эпигенетическая основа рака легкого может быть связана в первую очередь с изменением профиля молекул микроРНК. МикроРНК проявляют свойства как онкогенов, поддерживая высокий уровень пролиферации и развития опухоли, так и онко-супрессоров, ингибируя деление раковых клеток и их инвазию [15].

Изменение профиля микроРНК при различных патологических состояниях характеризует их как новое поколение эпигенетических биомаркеров. Факторы транскрипции могут индуцировать транскрипцию ргi-микроРНК. Такая регуляция часто наблюдается в раковых клетках. К основным факторам транскрипции относятся р53, с-Мус и E2F. В солидных опухолях часто обнаруживаются мутации в гене-супрессора опухоли TP53. Продукт данного гена белок P53 также известен как «страж генома», он способствует сохранению целостности ДНК в ответ на повреждающее действие внешних факторов, таких как ионизирующее излучение, химические агенты и окислительный стресс. Белок P53 является транскрипционным фактором, способным регулировать несколько внутриклеточных путей, вовлеченных в выживание клеток, репарацию ДНК, апоптоз и клеточное старение [16].

В ответ на различные типы клеточных повреждений происходит активация и накопление р53 в ядре клетки. Известно, что активность р53 инактивируется почти во всех опухолях человека. Большинство мутаций гена TP53 представляют собой миссенс-мутации в ДНК-связывающем домене [17]. Действительно, мутации в гене TP53 встречается у 34% пациентов с немелкоклеточным раком легкого [18]. Немелкоклеточный рак легкого представляет собой гетерогенную группу раковых заболеваний, состоящую в основном из плоскоклеточного рака, аденокарциномы и крупноклеточного рака. Это самая распространенная и часто диагностируемая форма рака легкого.

Taylor и др. исследовали мутации гена TP53 при раке легкого, вызванного воздействием радона у шахтеров, работающих на урановых рудниках. В 31% случаев крупных и плоскоклеточных раковых новообразований, была обнаружена редкая при раке легкого мутация 249 кодона. Трансверсия AGG в ATG приводит к замене аминокислоты аргинин на метионин в 249 позиции. На основании полученных данных был сделан вывод, что мутация 249 кодона р53 может быть маркером радон-индуцированного рака легкого [19].

Однако в обзоре Kirsi V?h?kangas приводятся противоречивые данные относительно связи данной мутации с риском развития рака легкого, вызванного радоном. Некоторые исследования показали ассоциацию мутации 249 кодона р53 с курением и воздействием других канцерогенов (хроматов и асбеста) [20].

Большинство исследований о связи мутаций в гене TP53 с радон-индуцированным раком легкого проводилось на когорте шахтеров уранодобывающих предприятий, которые подвергались высокому воздействию радона в течение долгого времени. Имеются данные о присутствии риска развития рака легкого при воздействии различных доз радона в воздухе жилых помещений [21, 22, 23].

Yngveson и др. исследовали связь между воздействием бытового радона и мутациями в TP53 при онкологии легкого. Исследование включало 83 случая рака легкого у некурящих и 250 случаев куривших пациентов, проживающих на территории с воздействием радона более 140 Бк/м³. Выяснилось, что субъекты, подвергшиеся воздействию более 140 Бк/м³, как правило, имели более высокую распространенность мутаций в р53, чем те, которые подвергались воздействию более низких уровней радона [24].

Исследования, проведенные на казахской популяции, показали низкую частоту встречаемости мутации 249 кодона p53 в группе пациентов проживающих на территории с высоким воздействием бытового радона. Однако была обнаружена ассоциация гетерозиготного полиморфизма 72 кодона (rs1042522) p53 с развитием легочных неоплазий, вызванных действием радона в казахской популяции [25].

Hollstein и др. определили ген-супрессор опухолей TP53 как мишень для канцерогенного действия ионизирующего излучения (альфа-частиц). Было обнаружено несколько точечных мутаций в последовательности 7 экзона, которые повышают риск развития легочных неоплазий при комбинированном действии радона и курения. Однако такие однонуклеотидные замены не приводили к угнетению онко-супрессорной функции p53. Развитие опухоли при мутации гена TP53 объясняется скорее внутривнутрихромосомой делецией гена [26].

Видимо участие онко-супрессора p53 во множестве клеточных процессах направленных на сохранение стабильности генетического материала делает его наиболее частой мишенью для воздействия мутагенов. Как показывают результаты множества исследований, разные мутантные формы гена TP53 могут быть связаны с различными факторами воздействия на клетки, в том числе и с радоном. Это показывает, что необходимо дальнейшее изучение мутаций в гене TP53 как перспективного маркера радон-индуцированного рака легкого.

References

- 1 Radon and its effects on human health [Electron. Resource] - URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/radon-and-health>.
- 2 Kang JK, Seo S, Woo Y. Health Effects of Radon Exposure, Yonsei Med J. -2019 -Vol.60. №7. 597-603 doi: 10.3349/ymj.2019.60.7.597
- 3 National Research Council. BEIR 4, 198. Health risks of radon and other internally deposited alpha-emitters: BEIR IV. Vol.4, Washington DC:National Academies Press;1988.
- 4 Reisz J.A., Bansal N., Furdui C. M. Effects of Ionizing Radiation on Biological Molecules-Mechanisms of Damage and Emerging Methods of Detection, Antioxidants redox signaling -2014 -Vol.21.№2ю 260-292 doi:10.1089/ars.2013.5489
- 5 Kreuzer M, Fenske N, Schnelzer M, Walsh L. Lung cancer risk at low radon exposure rates in German uranium miners, Br J Cancer. -2019 -Vol.113.№3. 1367-1369 doi: 10.1038/bjc.2015.324.
- 6 Jobbgya V, Altitzoglou T, Malo H, Tanner V, Hult M. A brief overview on radon measurements in drinking water, Journal of Environmental Radioactivity, -2017 -Vol.73, 18-24 doi: 10.1016/j.jenvrad.2016.09.019.
- 7 Bersimbaev RI, Bulgakova O. The health effects of radon and uranium on the population of Kazakhstan, Genes Environ. 37:18, (2015)doi: 10.1186/s41021-015-0019-3.
- 8 Torres-Durn M, Ruano-Ravina A, Parente-Lamelas I, et al. Lung cancer in never-smokers: a case-control study in a radon-prone area (Galicia, Spain), European Respiratory Journal. -2014 -Vol.44. 94-1001 doi: 10.1183/09031936.00017114.
- 9 Zhang ZI, Sun J, Dong YJ, Tian HL, Xue L, Qin LQ, Tong J. Residential Radon and Lung Cancer Risk: An Updated Metaanalysis of Case-control Studies, Research communication. -2012 -Vol.13.№6. 2459-2465 doi:10.7314/APJCP.2012.13.6.2459.
- 10 World uranium production [electronic resource] - 2019 - URL: <https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/mining-of-uranium/world-uranium-mining-production.aspx>.
- 11 Global cancer observatory [electronic resource] - 2020- URL: <http://gco.iarc.fr>.
- 12 Hubaux R, Becker-Santos D, Enfield K, Lam S, L Lam WL, Martinez V. Arsenic, asbestos and radon: emerging players in lung tumorigenesis, Environ Health. -2012 -Vol.11. №89. doi: 10.1186/1476-069X-11-89.
- 13 Malhotra J, Malvezzi M, Negri E, Vecchia CL, Boffetta P. Risk factors for lung cancer worldwide, European Respiratory Journal Health. -2016.-Vol.48.(№89. : 889-902 doi: 10.1183/13993003.00359-2016.
- 14 Kanwal M, Ding XJ, Cao Y. Familial risk for lung cancer, Oncol Lett. -2017.-Vol. 13.№2 535-542 doi: 10.1186/1476-069X-11-89.
- 15 Wu KL, Tsai YM, Lien CT, Kuo PL, Hung JY. The Roles of MicroRNA in Lung Cancer, Int J Mol Sci.-2019 -Vol.20.№7., 1611. doi: 10.3390/ijms20071611.
- 16 Perri F, Pisconti S, Della G, Scarpati V. P53 mutations and cancer: a tight linkage, Ann Transl Med. -2019.-Vol.4. №24. 522 doi: 10.21037/atm.2016.12.40.
- 17 Sullivan KD, Galbraith MD, Andrysik Z, Espinosa JM. Mechanisms of transcriptional regulation by p53, Cell Death Differ. -2018. -Vol.25. №1. 133-143 doi: 10.1038/cdd.2017.174.
- 18 Fei P, El-Deiry WS. P53 and Radiation Responses, Oncogene. -2003. -Vol.22. 37. 5774-5783 doi: 10.1038/sj.onc.1206677.
- 19 Taylor JA, Watson MA, Devereux TR, Michels RY, Saccomanno G, Anderson M. p53 Mutation Hotspot in Radon-Associated Lung Cancer, Lancet. -1994. -Vol.343.№8889. 86-87.

- 20 Vhkgangas K. TP53 Mutations in Workers Exposed to Occupational Carcinogens, Hum Mutat. -2003.-Vol.21.№3. 240-251 .
- 21 Grundy A, Brand K, Khandwala F, Poirier A, Tamminen S, Friedenreich CH, BrennerDR. Lung cancer incidence attributable to residential radon exposure in Alberta in 2012, CMAJ Open. -2017.-Vol.5.№2. E529-534 . 10.9778/cmajo.20160053 2017. doi: 10.9778/cmajo.20160053.
- 22 Hassfjell ChS, Grimsrud TK, Standring WJF, Tretli S. Lung Cancer Incidence Associated With Radon Exposure in Norwegian Homes, Tidsskr Nor Laegeforen. 137:14 (2017). doi: 0.4045/tidsskr.16.0127.
- 23 Lorenzo-Gonzlez M, Ruano-Ravinab A, Torres-DurneKarl M, et al. Lung cancer and residential radon in never-smokers: A pooling study in the Northwest of Spain, Environmental Research. -2019.-Vol.172, 713-718. doi: 10.1016/j.envres.2019.03.011.
- 24 Yngveson A, Williams C, Hjerpe A, Lundeberg J, S?derkvist P. Pershagen G. p53 Mutations in Lung Cancer Associated with Residential Radon Exposure, Cancer Epidemiology, Biomarkers Prevention. -1999.-Vol.8.№5. 433-438 doi: 10.1016/j.envres.2019.03.011.
- 25 Bulgakova1 O, Kussainova A, Kakabayev A, Kausbekova A., Bersimbaev R. Association of polymorphism TP53 Arg72Pro with radon-induced lung cancer in the Kazakh population, Вавиловский журнал генетики и селекции, -2019.-Vol.23.№5. 594-599 doi: 10.18699/VJ19.530.
- 26 Hollstein M, Bartsch H, Wesch H, Kure EH, Mustonen R, M?hlbauer KR, Spiethoff A, Wegener K, Wiethege T, Mller KM. p53 Gene Mutation Analysis in Tumors of Patients Exposed to Alpha-Particles, Carcinogenesis. -1997-Vol.18.№3. 511-516 doi: 10.1093/carcin/18.3.511

А.А. Қусаинова, О.В.Булгакова, Р.И. Берсимбай

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
TP53 геніндегі мутация радон-индуцирленген өкпе ісігінің перспективалы маркері ретінде

Аңдатпа. Өкпенің қатерлі ісігі - негізгі өлім тудыратын онкологиялық аурулардың бірі. Өкпенің қатерлі ісігі көп жағдайда табиғаты жағынан мультифакторлы болып келеді. Оның патогенезінде клеткадағы генетикалық және эпигенетикалық өзгерістермен қатар, қоршаған ортаға зиян келтіретін факторлар маңызды рөл атқарады. Қазақстан мемлекеті уранның ірі өндірушісі және экспортері болып саналғандықтан, оның ыдырау өнімі радонмен ластанудың жоғары деңгейіне жеткендігі байқалады. Дүниеж?зілік денсаулық са?тау ұйымының ұйғарымы бойынша, радон - өкпенің қатерлі ісігінің дамуына әкеліп соғатын темекіден кейінгі екінші фактор. "Ген сақшысы" ретінде TP53 гені мутагендерге әсер етудің ең көп таралған нысынасы болып табылады. TP53 геніндегі мутация барлығы дерлік ісік ауруларында, оның ішінде ө?кпенің қатерлі ісігінде жиі кездеседі. Мақалада этиологиялық жағынан сыртқы орта факторлары, соның ішінде радонның әсер ету барысындағы p53 әртүрлі мутантты формалары қарастырылады.

Түйін сөздер: өкпе ісігі, радон, TP53 гені, мутация

А.А. Kussainova, O.V.Bulgakova, R.I. Bersimbay

¹ L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

TP53 gene mutations as a promising marker for radon-induced lung cancer

Abstract. Lung cancer is the leading cause of death. It is known that in most cases, lung cancer has a multifactorial origins. Genetic and epigenetic alterations in the cell and the impact damaging environmental factors play an important role in the pathogenesis of lung cancer. Kazakhstan is the largest producer and exporter of uranium, which is why there is a high level of contamination with its decay product - radon. The World Health Organization has identified radon as the second factor, after cigarette smoking is leading to the development of lung cancer. The TP53 gene, known as the "guardian of the genome" is the most frequent target for mutagen exposure. It is known that mutations in TP53 occur in almost all tumors, including lung cancer. This article discusses various mutant forms of p53, the etiology of which is based on environmental factors, including radon.

Keywords: lung cancer, radon, TP53, mutation

Список литературы

- 1 Радон и его воздействие на здоровье человека [Электрон.ресурс]. - URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/radon-and-health>.
- 2 National Research Council. BEIR 4, 198. Health risks of radon and other internally deposited alpha-emitters: BEIR IV.Vol.4,Washington DC:National Academies Press;1988.
- 3 Kang JK, Seo S, Woo Y. Health Effects of Radon Exposure// Yonsei Med J. -2019 Vol. 60. №7. 597-603 doi: 10.3349/ymj.2019.60.7.597.
- 4 Reisz J.A., Bansal N., Furdul C. M. Effects of Ionizing Radiation on Biological Molecules-Mechanisms of Damage and Emerging Methods of Detection // Antioxidants redox signaling -2014 Vol. 21 №2. 260-292 doi:10.1089/ars.2013.5489 .
- 5 Kreuzer M, Fenske N, Schnelzer M, Walsh L. Lung cancer risk at low radon exposure rates in German uranium miners, Br J Cancer. 113(3), 1367-1369 (2019). doi: 10.1038/bjc.2015.324.
- 6 Jobbgya V, Altitzoglou T, Malo H, Tanner V, Hult M. A brief overview on radon measurements in drinking water, Journal of Environmental Radioactivity// - 2016 Vol. 73 18-24 doi: 10.1016/j.jenvrad.

- 7 Bersimbaev RI, Bulgakova O. The health effects of radon and uranium on the population of Kazakhstan, *Genes Environ.* 37:18, (2015)doi: 10.1186/s41021-015-0019-3.
- 8 Torres-Durn M, Ruano-Ravina A, Parente-Lamelas I, et al. Lung cancer in never-smokers: a case-control study in a radon-prone area (Galicia, Spain)// *European Respiratory Journal*.-2014 Vol.№44 994-1001 doi: 10.1183/09031936.00017114.
- 9 Zhang ZI, Sun J, Dong YJ, Tian HL, Xue L, Qin LQ, Tong J. Residential Radon and Lung Cancer Risk: An Updated Metaanalysis of Case-control Studies// *Research communication*. -2012 Vol. 13 №6. 2459-2465 doi:10.7314/APJCP.2012.13.6.2459.
- 10 World uranium production [electronic resource] - 2019 - URL: <https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/mining-of-uranium/world-uranium-mining-production.aspx>.
- 11 Global cancer observatory [electronic resource] - 2020- URL: <http://gco.iarc.fr>.
- 12 Hubaux R, Becker-Santos D, Enfield K, Lam S, L Lam WL, Martinez V. Arsenic, asbestos and radon: emerging players in lung tumorigenesis, *Environ Health*. -2012 Vol. 11 №89 doi: 10.1186/1476-069X-11-89.
- 13 Malhotra J, Malvezzi M, Negri E, Vecchia CL, Boffetta P. Risk factors for lung cancer worldwide, *European Respiratory Journal Health*. -2016 Vol. 48 №89 : 889-902 doi: 10.1183/13993003.00359-2016.
- 14 Kanwal M, Ding XJ, Cao Y. Familial risk for lung cancer// *Oncol Lett*. 2017 Vol. 13 №2 535-542 doi: 10.1186/1476-069X-11-89.
- 15 Wu KL, Tsai YM, Lien CT, Kuo PL, Hung JY. The Roles of MicroRNA in Lung Cancer// *Int J Mol Sci*. -2019 Vol.20 №7 1611 doi: 10.3390/ijms20071611.
- 16 Perri F, Pisconti S, Della G, Scarpati V. P53 mutations and cancer: a tight linkage// *Ann Transl Med*. -2019 Vol.4 №2 522 doi: 10.21037/atm.2016.12.40.
- 17 Sullivan KD, Galbraith MD, Andrysyk Z, Espinosa JM. Mechanisms of transcriptional regulation by p53// *Cell Death Differ*. -2018 Vol.25 №1 133-143 doi: 10.1038/cdd.2017.174.
- 18 Fei P, El-Deiry WS. P53 and Radiation Responses// *Oncogene*. -2003 Vol.22 №37 5774-5783 doi: 10.1038/sj.onc.1206677.
- 19 Taylor JA, Watson MA, Devereux TR, Michels RY, Saccomanno G, Anderson M. p53 Mutation Hotspot in Radon-Associated Lung Cancer// *Lancet*. 343(8889), 86-87 (1994).
- 20 Vhakangas K. TP53 Mutations in Workers Exposed to Occupational Carcinogens// *Hum Mutat*. 2013 Vol. 21 №3 240-251 .
- 21 Grundy A, Brand K, Khandwala F, Poirier A, Tamminen S, Friedenreich CH, BrennerDR. Lung cancer incidence attributable to residential radon exposure in Alberta in 2012// *CMAJ Open*. -2017 Vol. 5 №2 E529-534 10.9778/cmajo.20160053 2017. doi: 10.9778/cmajo.20160053.
- 22 Hassfjell ChS, Grimsrud TK, Standring WJF, Tretli S. Lung Cancer Incidence Associated With Radon Exposure in Norwegian Homes, *Tidsskr Nor Laegeforen*. 137:14 (2017). doi: 0.4045/tidsskr.16.0127.
- 23 Lorenzo-Gonzlez M, Ruano-Ravinab A, Torres-DurneKarl M, et al. Lung cancer and residential radon in never-smokers: A pooling study in the Northwest of Spain, *Environmental Research*. 172, 713-718 (2019). doi: 10.1016/j.envres.2019.03.011.
- 24 Yngveson A, Williams C, Hjerpe A, Lundeberg J, Sderkvist P, Pershagen G. p53 Mutations in Lung Cancer Associated with Residential Radon Exposure// *Cancer Epidemiology, Biomarkers Prevention*. 1999 Vol.8№5 433-438 doi: 10.1016/j.envres.2019.03.011.
- 25 Bulgakova O, Kussainova A, Kakabayev A, Kausbekova A., Bersimbaev R. Association of polymorphism TP53 Arg72Pro with radon-induced lung cancer in the Kazakh population// *Вавиловский журнал генетики и селекции* -2019 Vol. 23 №5 594-599 doi: 10.18699/VJ19.530.
- 26 Hollstein M, Bartsch H, Wesch H, Kure EH, Mustonen R, Mhlbauer KR, Spiethoff A, Wegener K, Wiethege T, Mller KM. p53 Gene Mutation Analysis in Tumors of Patients Exposed to Alpha-Particles// *Carcinogenesis*. 1997 Vol. 18 №3 511-516 doi: 10.1093/carcin/18.3.511.

Сведения об авторах:

Кусайнова А.А. - научный сотрудник Института клеточной биологии и биотехнологии, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Кажимукана, 13, Нур-Султан, Казахстан.

Булгакова О.В. - ведущий научный сотрудник Института клеточной биологии и биотехнологии, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Кажимукана, 13, Нур-Султан, Казахстан.

Берсимбай Р.И. - директор Института клеточной биологии и биотехнологии, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Кажимукана, 13, Нур-Султан, Казахстан.

Kussainova A.A. - Researcher, Institute of Cell Biology and Biotechnology, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Bulgakova O.V. - Ph.D., Associate Professor of the Department of General Biology and Genomics, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Bersimbay R.I. - Head of the Institute of Cell Biology and Biotechnology, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Поступила в редакцию 11.12.2019

Т.Е. Дарбаева, А.А. Беркалиева

*М.Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан мемлекеттік университеті, Орал, Қазақстан
(E-mail: berkalieva_aiman@list.ru)*

Батыс Қазақстан облысы Январцев орман шаруашылығыны жайылмалы еменді ормандарының флоралық әртүрлілігі

Аннотация: Мақалада Январцев орман шаруашылығындағы Жайық өзенінің ортаңғы ағысы жайылмалы еменді ормандарының флоралық әртүрлілігі қарастырылған. Январцев орман шаруашылығындағы еменді ормандардың көлемі 1037 гектарды құрайды. Зерттеу объектісі болып кәдімгі емен және емен қауымдастықтары алынды.

Дәстүрлі әдістемелер (А.Н.Шенников, Б.А.Быков, А.И.Толмачев, А.З.Петренко) бойынша еменді-қияқ-өлеңді, еменді-бүлдіргенді, еменді-жиреншелі, еменді-меруертгүлді, еменді-әртүрлі шөптесін қауымдастықтар зерттелді. Жайылмалы емен қауымдастықтарын А.З.Петренко (1964), П.Г. Пугачев (1967), Ф.Х.Гимадиева (2002), Т.Е.Дарбаева, М.В.Мамышева (2014) зерттеген. 2018 жылдан бастап 2019 жылға дейін 30 тұқымдас және 61 туысқа біріктірілген 72 өсімдік түрінен тұратын емен қауымдастығын зерттедік. Емен қауымдастығына жасалған биоморфологиялық талдау нәтижесі көпжылдық поликарпті шөптесін өсімдіктер (67%) басым екенін көрсетті, сондай-ақ ағаш тектес түрлер де (25%) айқын байқалады. Экологиялық талдау мезофит (68%) және мезоксерофит (17%) түрлердің үстем екенін көрсетеді. Фитоценоздық талдау ормандық (35%) және шалғындық (29%) түрлердің доминант екенін көрсетті, ал далалық (19,4%) түрлер үлесі аз. Географиялық талдау бойынша емен қауымдастығында голарктикалық (57%) және еуропалық (24%) түрлердің басым екендігі көрінеді. Себебі біздің аймақ голарктикалық патшалыққа жақын орналасқан. Январцев орман шаруашылығы Кирсанов зоологиялық мемлекеттік қорықшасы аумағында орналасқан, сондықтан дәрілік (25%) түрлер басым, екінші орында мал азықтық (21%) және сәндік (17%) түрлер кездеседі. Яғни қорықтық режим жоғарыда көрсетілген түрлердің болуына жақсы әсер етуде.

Түйін сөздер: зерттеу аймағы, кәдімгі емен, еменді ормандар, талдау, емен қауымдастығы, флора, зерттеу қорытындысы.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2019-129-4-81-88>

Орман - бұл көптеген буындардан тұратын күрделі экологиялық жүйе.

1992 жылы Рио де Жанейродағы БҰҰ-ның конференциясында «Ормандарға қатысты мәліметтер принциптерінде» былай делінген «ормандар атмосфераға түсіп, парниктік эффекттегі әкелетін көміртегі мен сутегін сіңіретін қойма болып табылады [1]. Дүниежүзілік форумда мұндай құжаттың қабылдануы ғаламдық, экологиялық, экономикалық және әлеуметтік мәселелерді шешудегі ормандардың маңыздылығын көрсетеді. [2,3].

Зерттеу жұмысының міндеттері:

- тіршілік формаларын анықтау;
- эколого-фитоценоздық және экологиялық топтарды анықтау;
- емен қауымдастығы флорасында географиялық элементтердің қатысын көрсету;
- шаруашылық топтарын талдауда емен қауымдастығының маңыздылығын көрсету.

Мақсаты – Январцев орман шаруашылығының жайылмалы емен қауымдастықтарына жан-жақты талдау жасау.

Қазақстан орманы аз мемлекеттердің қатарына жатады. Мемлекеттік орман қоры 29,3 млн. га жерді алып жатыр, орманды жерлер 12,6 млн. га. Ормандылық 4,6%. Ал БҚО мемлекеттік орман қоры 214мың га. жерді құрайды, соның ішінде орманды жерлер 102 мың га. Облыстың орманды өңірі шамамен 0,6%. БҚО-да 7 орман және жаңуарлар дүниесін қорғау жөніндегі мемлекеттік мекемесі бар [4].

Қазіргі кезде еменді ормандар Батыс Қазақстанның солтүстік бөлігінде Январцев орман мен жануарлар дүниесін қорғау жөніндегі мемлекеттік мекемесінде орналасқан. Оның құрылымына 4 орман шаруашылығы кіреді (Кесте 1) [5].

Кесте 1 – Январцев орман және жануарлар дүниесін қорғау жөніндегі ММ құрылымы

№	Орман шаруашылығы бөлімдері	Жалпы көлемі, га	Емен қауымдастықтарының алып жатқан аумағы, га
1	Январцев ОШ	6527	142
2	Кирсанов ОШ	7161	743,3
3	Даринск ОШ	6373	104,4
4	Рубежка ОШ	4202	47,3
Барлығы		24263	1037

Емен қауымдастықтарының алып жатқан жалпы көлемі 1037 га, мұның құрамына тек табиғи емен ормандары ғана емес, зерттеу аймағының автокөлік трассасы маңындағы егілген орман алқабы да кіреді [6].

Еменді ормандарды зерттеумен Петренко А.З. (1964), Пугачев П.Г. (1967), Гимадиева Ф.Х. (2002), Мамышева М.В., Дарбаева Т.Е (2014) айналысқан [7,8].

Емен қауымдастықтарын зерттеуде дәстүрлі геоботаникалық және флоралық әдістерді қолдандық.

Бәйтерек ауданына қарасты Январцев ауылдық округі Батыс Қазақстан облысының солтүстік-шығыс бөлігінде (Сурет 1) [9].



Сурет 1 – Январцев ауылының карта-схемасы.

А.Н. Шенников, Б.А. Быков, А.И. Толмачев, А.З. Петренконың геоботаникалық және флоралық зерттеу әдістемесіне сүйене отырып, біз 2018 жылдан 2019 жылға дейін Жайық өзенінің ортаңғы ағысы бассейнінде Январцев орман шаруашылығының территориясында $51^{\circ} 21' 20''$ с.е $51^{\circ} 52' 26''$ ш.б координаттары бойынша жайылмалы еменді қауымдастықтарды зерттедік (Сурет 2).



СУРЕТ 2 – Январцев орман шаруашылығының жайылмалы еменді қауымдастықтары.

Зерттеу объектісі болып еменді-қияқ-өлеңді (*Quercus robur L. – Carex melanos-tachya Vieb. ex Willd.*), еменді-бүлдіргенді (*Quercus robur L. – Rubus caesius L.*), еменді-жиреншелі (*Quercus robur L. – Aristolochia clematitidis L.*), еменді-меруертгүлді (*Quercus robur L. – Convallaria majalis L.*), еменді-әртүрлі шөптесін (*Quercus robur L. – Centaurea maculosa Lam.*) қауымдастықтар. Жайылмалы еменді ормандардың доминанты - кәдімгі емен (*лат. Quercus robur L.*) (Сурет 3) [10,11].



СУРЕТ 3 – Кәдімгі емен (*лат. Quercus robur L.*).

Дүние жүзі бойынша еменнің 500 – 550 түрі, ТМД елдерінде 70 түрі, мәдени шаруашылықта 40 түрі кездеседі. Қазақстандағы туыс түрлерінің жалғыз ғана өкілі кәдімгі емен (*лат. Quercus robur L.*) жабайы түрінде тек Батыс Қазақстан облысында ғана кездеседі [12,13].

Емен қауымдастығының флорасында жабықтұқымды немесе гүлді өсімдіктердің (99%) және споралы қырықбуындардың (1%) 72 түрін анықтадық. Олардың ішінде қосжарнақтылардың үлесі - 89%, даражарнақтылар – 11%. Түрлер саны бойынша ең көп тұқымдастар – күрделігүлділер (*Asteraceae*) - 20, раушангүлділер (*Rosaceae*) - 8, астық тұқымдастар (*Poaceae*) - 6. Ең ірі туыстар жусан (*Artemisia*) - 6, сүттіген (*Euphorbia*) - 3, терек (*Populus*) - 2, тікенгүл (*Agrimonia*) - 2.

И.Г.Серебряков (1962, 1964) әдістемесімен басым тіршілік формасы бойынша басым түрлерді анықтадық. Біздің зерттеу көрсеткендей, еменді қауымдастықтардың негізін 48 (67%) көпжылдық поликарпіті шөптесін өсімдіктер құрайды. Олардың ішінде жиренше (*Aristolochia*

clematitidis L.), дәрілік жусан (*Artemisia abrotanum* L.), қарамасақ қияқ-өлең (*Carex melanostachya* Bieb. ex Willd.) және т.б. Екінші орынды 18 түр (25%) ағаш тектес және бұталы, жартылай бұталы түрлер құрайды. Кәдімгі еменнен бөлек ақ терек (*Populus alba* L.), қара терек (*P. nigra* L.), жылтыр қарағаш (*Ulmus laevis* Pall.) және т.б. Бұталардан татар үшқаты (*Lonicera tatarica* L.), итмұрын (*Rosa canina* L.), бөрте жусан (*Artemisia austriaca* Jacq.) және т.б. кездеседі. Үшінші орынды біржылдық монокарпіт шөптесін өсімдіктер 5 (7%) құрайды. Олардың ішінде үлкен шоңайна (*Arctium lappa* L.), үштармақ итошаған (*Bidens tripartite* L.), канадалық кониза (*Coryza canadensis* L.) және т.б. кездеседі. Бұталар шегінде лианалардың өсуі тән. Біздің зерттеу аймағында 1 (1,3%) ғана кәдімгі құлмақ (*Humulus lupulus* L.) кездеседі (Кесте 1) [14,15].

Кесте 1 – Өсімдіктерді тіршілік формасы бойынша талдау

Тіршілік формасы	Саны	Пайыздық көрсеткіші, %
Ағаш тектес және жартылай бұталы ярус	18	25%
Ағаш	7	9,7
Бұта	7	9,7
Жартылай бұта	2	2,7
Жартылай бұташық	2	2,7
Көпжылдық поликарпіт шөптесін ярус	48	66,6%
Ұзынтамырлы	14	29
Қысқатамырлы	10	20,8
Кіндіктамырлы	12	12
Кіндік – шашақтамырлы	1	2
Шашақтамырлы	1	2
Шымқабатты	1	2
Тығызшымқабатты	1	2
Тамырсабақты	5	10,4
Түйнектүзуші	2	4
Тамыратпалы	1	2
Біржылдық монокарпіт шөптесін ярус	5	7%
Біржылдық	4	80
Екіжылдық	1	20
Лианалар	1	1,3%
Лианалар	1	1,3
Барлығы	72	100%

Сонымен, зерттеліп отырған емен қауымдастығында 17 тіршілік формасы анықталды. Көпжылдық поликарпіт шөптесін (67%) өсімдіктер үстемдік етеді, ал ағаш тектес түрлер 25%-ды құрайды.

Экологиялық топтар бойынша түрлер мезофит (67%) және мезоксерофиттерге (17%) бөлінген. Зерттеліп отырған аймақта мезофиттер санының едәуір көп болуы тән. Мезофит түрлердің қатарына итшомырт (*Frangula alnus* Mill.), жиренше (*Aristolochia clematitidis* L.), қожақат (*Rubus caesius* L.), итмұрын (*Rosa majalis* Herrm.), дәрілік шелна (*Sanguisorba officinalis* L.) жатады.

Негізгі фитоценоздық топтар бойынша флора ормандық (35%), шалғындық (29%), далалық (19%) болып бөлінеді. Ормандық түрлердің қатарына кәдімгі емен (*Quercus robur* L.), ақ терек (*Populus alba* L.), ақ тал (*Salix alba* L.), кәдімгі талқурай (*Lysimachia vulgaris* L.) және т.б. жатады. Шалғындық түрлердің ішінде көп кездесетіні – кәдімгі қазтабан (*Potentilla anserina* L.), қызылот (*Bromopsis inermis* Leyss.), ұзынжапырақ бөденешөп (*Veronica longifolia* L.). Далалық түрлерден ақбас мыңжапырақ (*Achillea millefolium* L.) бөрте жусан (*Artemisia austriaca* Jacq.), татар ассүттігені (*Lactuca tatarica* L.) кездеседі.

Зерттеуге алынған емен қауымдастығы Орал - Кирсанов мемлекеттік трассасына, Чинарев мұнай-газ конденсат кен орнына жақын орналасуына байланысты техногендік және антропогендік әсерге ұшыраған, сондықтан бұл аймақта арамшөпті түрлер 6 (8,3%) де кездеседі (Кесте 3).

Кесте 3 – Фитоценоздық талдау

Ормандық	25	35%
Ормандық	19	26,3
Шалғынды - ормандық	6	8,3
Орманды - далалық	5	6,9%
Шалғындық	21	29%
Шалғындық	20	27,7
Орманды - шалғындық	1	1,3
Далалық	14	19,4%
Далалық	9	12,5
Шалғынды - далалық	3	4,1
Шөлді - далалық	2	2,7
Жағалаулық	1	1,3%
Арамшөпті	6	8,3%
Барлығы	72	100%

Емен қауымдастығында жалпақжапырақты орман белдемнің өсімдік жабыны сақталған және ол тек еменнен емес, шегіршін, ақ терек, қара теректен тұрады. Бұталы яруста ормандық түрлерден бөріжидек, шомырт, итшомырт және т.б. кездеседі.

Флораның географиялық элементтер спектрі зерттеу аймағының Еуропа мен Азияға шекаралас екенін көрсетеді. Голарктикалық патшалықтың (81%) элементтері үстемдік етеді. Олардың ішінде еуразиялық (25%) және еуропалық (17%) түрлер кездеседі (Кесте 4).

Еуразиялық түрлерден кәдімгі бақбақ (*Taraxacum officinale* Wigg.), ермен (*Artemisia vulgaris* L.), қызылтаспа таран (*Polygonum aviculare* L.) және т.б., ал еуропалық түрлерден жұлдызгүл (*Aster ammelus* L.), барқытжапырақ (*Glechoma hederaceae* L.), итшуы (*Asparagus officinalis* L.) және т.б. кездеседі. Сондай-ақ Қазақстанның Қызыл Кітабына енген түрлер аса көңіл аудартады. Мұндай өсімдіктерге кәдімгі емен (*Quercus robur* L.), меруертгүл (*Convallaria majalis* L.) жатады.

Кесте 4 – Географиялық талдау

Ареал типтерінің атауы	Саны	Пайыздық көрсеткіші, %
Голарктикалық	58	81%
Еуразиялық	18	25
Еуросібірлік	9	12,5
Голарктикалық	14	19,4
Еуропалық	12	17
Понтикалық	3	4,2
Сарматты – понтикалық	1	1,4
Бореальды	1	1,4
Жерортатеңіздік	5	6,9%
Жерортатеңіздік	5	6,9
Ежелгіжерортатеңіздік	2	2,8%
Ежелгіжерортатеңіздік	2	2,8
Плорирегиональды	6	8,3%
Плорирегиональды	3	4,1
Солтүстік Америкалық	2	2,8
Канадалық	1	1,4
Барлығы	72	100%

Шаруашылық маңызы бойынша талдау 8 типтің бар екенін көрсетті. Еменді қауымдастық Кирсанов зоологиялық мемлекеттік қорықшасы аумағында орналасуы және қорық тәртібінің сақталуы мұнда дәрілік түрлер 18 (25%), мал азықтық түрлер 15 (21%) мен сәндік бағыттағы 12 (17%) түрлердің сақталуына жақсы әсер етуде (Кесте 5).

Кесте 5 – Шаруашылық маңызы бойынша талдау

№	Қолданылу	Саны	Пайыздық көрсеткіші, %
1	Техникалық	7	9,7
2	Дәрілік	18	25
3	Тағамдық	4	5,5
4	Мал азықтық	15	20,9
5	Сәндік	12	16,7
6	Бал жинайтын	3	4,1
7	Арамшөп	8	11,2
8	Улы	5	6,9
Барлығы		72	100%

Оларға жалаң мия (*Glycyrrhiza glabra L.*), кәдімгі түймешетен (*Tanacetum vulgare L.*), кәдімгі шашыратқы (*Cichorium intybus L.*), Лерхов жусаны (*Artemisia lerchiana Web.*), шалғындық қоңырбас (*Poa pratensis L.*), селеу (*Stipa capillata L.*), томар бояу кермек (*Limonium gmelinii (Willd.) Kuntze*), кіші маралоты (*Thalictrum minus L.*), суық қызылбояу (*Galium boreale L.*) және т.б. жатады. Сонымен қатар техникалық (10%), тағамдық (5%), бал жинайтын (4%) түрлер бар.

Сонымен, зерттеуге алынған емен қауымдастығы 17 тіршілік формасынан тұратын 31 тұқымдас және 61 туысқа біріктірілген 72 өсімдік түрлерінен құралған. Флора негізін шөптесін өсімдіктер құрайды, олардың ішінде көпжылдық поликарпіті (67%) түрлер басымдық етеді. Ал ағаш тектес түрлер аз – 25%, яғни бұл зерттеу аймағының флорасы далалық сипатқа ие екенін көрсетеді.

Экологиялық топтардың ішінде орманды және шалғынды мезофиттер (68%) басым. Бұл емен қауымдастығының орманды бореальды сипатын көрсетеді.

Географиялық қарым-қатынас бойынша флора әртекті. Негізінен голарктикалық патшалықтың түрлері үстемдік етеді.

Январцев орман шаруашылығында қорық тәртібінің жақсы сақталуы шаруашылық маңыздағы 8 әртүрлі топтардың кездесуіне әсер етеді.

Әдебиеттер тізімі

- 1 Index Herbariorum / A Global Directory of Public Herbaria and Associated Staff // The New York Botanical - URL: <http://nybg.org/plant-research>. (Дата обращения: 06.11.2019)
- 2 Алентьев П.Н. Проблемы восстановления и выращивания дубрав. - М.: 1990. 234с.
- 3 Байзаков С., Исаков С., Муканов Б. и другие. Справочник лесничего Казахстана. - Астана.: 2010. 314с.
- 4 Официальный сайт управления природопользования Западно-Казахстанской области - URL: [http:// prioda-bko.kz](http://priroda-bko.kz). (Дата обращения: 11.11.2019).
- 5 ӘмірҒалиева Ж.Ә. Батыс Қазақстан облысы аумағындағы Жайық өзенінің сол жағалауындағы емен қауымдастығының құрылымы мен динамикасы: 6М060800-Экология мамандығы бойынша магистрлік диссертация. М.Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан мемлекеттік университеті.- Орал, 2014.
- 6 Лесной кодекс РК. 8 июля 2003 года, № 477- URL:<http://adilet.zan.kz/rus>. (Дата обращения: 29.10.2019).
- 7 Гимадиева Ф.Х. Пойменные леса р.Урал в пределах степной зоны Приуралья: кандидатская диссертация по специальности 03.00.05-Ботаника. Оренбургский государственный педагогический университет.-Оренбург.-2002.
- 8 Мамышева М.В., Дарбаева Т.Е. Экологическая оценка современного состояния дубрав среднего течения реки Урал в пределах Западно -Казахстанской области // Вестник КазНУ. Серия биологическая. -2014. Вып. 1/2 (60). - С.85-89
- 9 Петренко А.З., Джубанов А.А. и др. Природно-ресурсный потенциал и прое-кируемые объекты заповедного фонда Западно-Казахстанской области. -Уральск, 1998. 176с.
- 10 С.Арыстанғалиев Қазақстан өсімдіктерінің қазақша-орысша-латынша атаулар сөздігі. - Алматы: "Сөздік-Словарь", 2002. 285 б.

- 11 Абдуллина С.А. Список сосудистых растений Казахстана.- Алматы, 1999. 187с.
- 12 Тахтаджян А.Л. Флористические области Земли. - Л.: Наука, 1978. 247с.
- 13 Шенников А.П. Введение в геоботанику.- Л.: 1964. 387с.
- 14 Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств.- СПб.: 1995. 990с.
- 15 Серебряков И.Г. Жизненные формы высших растений и их изучение: Полевая геоботаника.- М.: 1964. 359с.

Т.Е.Дарбаева, А.А.Беркалиева

Флористическое разнообразие пойменных дубрав Январцевского лесхоза Западно-Казахстанской области

Западно-Казахстанский государственный университет им.М.Утемисова, Уральск, Казахстан

Аннотация. В статье рассмотрено разнообразие флоры пойменных дубрав в среднем течении р.Урал в лесном хозяйстве Январцево. Площадь дубовых лесов в лесничестве составляет 1037 га. Объектом исследования были дуб черешчатый и дубовые ассоциации. По традиционным методикам (А.Н.Шенникова, Б.А.Быкова, А.И.Толмачева, А.З.Петренко) были изучены дубово-осоковые, дубово-ежевичные, дубово-кирказонные, дубово-ландышевые, дубово-разнотравные ассоциации. Изучением пойменных дубрав занимались А.З.Петренко (1964), П.Г.Пугачев (1967), Ф.Х.Гимадиева (2002), Т.Е.Дарбаева, М.В.Мамышева (2014). С 2018 по 2019 годы изучено дубовые ассоциации из 72 видов растений, сгруппированных в 30 семейств и 61 род. Результаты биоморфологического анализа показали, что преобладают многолетние монокарпические растения (67%), а древесные породы составляют (25%). Экологический анализ показал, что преобладают мезофиты (68%) и мезоксерофиты (17%). Анализ фитоценоза показал, что преобладают лесные (35%) и луговые (29%) виды, тогда как степные (19,4%) виды имеют небольшую долю. Географический анализ показал, что в дубовых ассоциациях преобладают голарктические (57%) и европейские (24%) виды. Потому что наш регион близок к голарктическому царству. Январцевский лесхоз расположен на территории Кирсановского государственного зоологического заповедника, поэтому преобладают лекарственные (25%) виды, далее следуют кормовые (21%) и декоративные виды (17%). Режим заповедника положительно влияет на существование указанных видов.

Ключевые слова: район исследования, дуб черешчатый, дубовые леса, анализ, дубовые ассоциации, флора, результат исследования.

Т.Е.Darbaeva, A.A.Berkaliev

Floristic diversity of floodplain oaks of the Yanuartsev forestry Department of the West Kazakhstan region

West Kazakhstan State University named after M.Utemisov, Uralsk, Kazakhstan

Abstract. The article considers the diversity of the flora of floodplain oak forests in the middle reaches of the Ural river in the forestry of Yanuartsevo. The area of oak forests in the forest area is 1037 ha. The object of research was oak and oak associations. According to traditional methods (A.N.Shennikov, B.A.Bykov, A.I.Tolmachev, A.Z.Petrenko) oak-sedge, oak-blackberry, oak-kirkazon, oak-lily of the valley, oak-grass associations were studied. A.Z.Petrenko (1964), P.G. Pugachev (1967), F.H.Gimadiev (2002), T.E.Darbayaeva, M.V.Mamysheva (2014) studied floodplain oak forests. From 2018 to 2019, oak associations of 72 plant species were studied, grouped into 30 families and 61 genera. The results of biomorphological analysis showed that perennial monocarpic plants predominate (67%), while tree species make up (25%). Ecological analysis showed that mesophytes (68%) and mesoxerophytes (17%) predominate. Analysis of phytocenosis showed that forest (35%) and meadow (29%) species predominate, while steppe (19.4%) species have a small share. Geographical analysis showed that Holarctic (57%) and European (24%) species predominate in oak associations. Because our region is close to the Holarctic Kingdom. Yanuartsev forestry is located on the territory of the Kirsanov state Zoological reserve, so medicinal (25%) species predominate, followed by forage (21%) and ornamental species (17%). The reserve regime has a positive impact on the existence of these species.

Key words: area of research, English oak, oak forest, analysis, oak Association, flora, result of the study.

References

- 1 Index Herbariorum / A Global Directory of Public Herbaria and Associated Staff, The New York Botanical - Available at: <http://nybg.org/plant-research>. (Accessed: 06.11.2019)
- 2 Alentyev P. N. Problemy vosstanovleniya i vyrashivaniya dubrav [Problem of restoration and cultivation of oak trees] (Moscow, 1990, 234p.). [in Russian].
- 3 Baizakov S., Iskakov S., Mukanov B. and others. Spravochnik lesnichogo Kazakhstana [Handbook of the Forester of Kazakhstan] (Astana, 2010, 314p.). [in Russian].
- 4 Oficialnyi sait upravleniya prirodopolzovaniya Zapadno-Kazakhstanskoi oblasti [Official website of the West Kazakhstan region environmental management]. Available at: <http://priroda-bko.kz>. (Accessed: 11.11.2019).
- 5 Amirgalieva G. A. Batys Kazakhstan oblysy aumagyndagy Zhaiyk ozeninin sol zhagalauindagy emen kauymdastygynin kyrylymy men dinamikasy: 6M060800-Ecologya mamandygy boiynsha magistrlik dissertacya [Dynamics and structure of the oak community on the Zhaiyk river's left bank in the West Kazakhstan region: 6M060800-Master program's dissertation on Ecology speciality], West Kazakhstan State University named after M.Utemisov, Uralsk. 2014. [in Kazakh].
- 6 Lesnoi kodeks RK [Forest code of RK. July 8, 2003, No.477]. Available at: <http://adilet.zan.kz/rus>. (Accessed: 29.10.2019).
- 7 Gimadiev F.H. Poymennyye lesa r.Ural v predelakh stepnoi zony Priuralya: kandidatskay dissertacya po specialnosti 03.00.05-Botanika [Floodplain forests of the Ural river within the steppe zone of the Urals: PhD thesis of the speciality 03.00.05- Phytology], Orenburg State Pedagogical University, Orenburg. 2002.[in Russian].

- 8 Mamysheva M. V., Darbayeva T. E. Ecologicheskaya ocenka sovremennogo sostoyaniya dubrav srednego techeniya reki Ural v predelakh Zapadno-Kazakhstanskoi oblasti [Ecological assessment of the current state of oak trees of the middle course of the Ural river with in the West Kazakhstan region], Bulletin Of The Treasury. The biology series, 1/2 (60), 85-89(2014).
- 9 Petrenko A.Z., Jubanov A.A. and others. Prirodno-resursnyy potentsial i proyektiruyemyye ob'yekty zapovednogo fonda Zapadno-Kazakhstanskoi oblasti [Natural resource potential and projected objects of the reserve Fund of the West Kazakhstan region] (Uralsk, 1998. 176p.). [in Russian].
- 10 Arystangaliyev S. Kazakhstan osimdikterinin kazakhsha-oryssha-latynsha ataular sozdigi [Kazakh-Russian-Latin dictionary names of plants of Kazakhstan] (Sozdyk-Vocabulary, Almaty, 2002, 285p.). [in Kazakh].
- 11 Abdullina S.A. Spisok sosudistykh rasteniy Kazakhstana [List of vascular plants of Kazakhstan] (Almaty, 1999, 187p.). [in Russian].
- 12 Takhtadzhan A.L. Floristicheskiye oblasti Zemly [Floristic regions of the Earth] (Nauka, Leningrad, 1978, 247p.). [in Russian].
- 13 Shennikov A. P. Vvedeniye v geobotaniku [Introduction to geobotany] (Leningrad, 1964, 387p.). [in Russian].
- 14 Cherepanov S.K. Sosudistyye rasteniya Rossii i sopredel'nykh gosudarstv [Vascular plants of Russia and neighboring States] (Saint Petersburg, 1995, 990p.). [in Russian].
- 15 Serebryakov I. G. Zhiznennyye formy vysshikh rasteniy ikh izucheniye: Polevaya geobotanika [Life forms of higher plants and their study: Field geobotany] (Moscow, 1964, 359p.). [in Russian].

Авторлар туралы мәлімет:

Darbaeva T.E. - биология ғылымдарының докторы, М.Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан мемлекеттік университетінің биология және экология кафедрасының профессоры, Н.Назарбаев даңғылы 162, Орал, Қазақстан.
Berkaliev A.A. - М.Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан мемлекеттік университетінің магистранты, Н.Назарбаев даңғылы 162, Орал, Қазақстан

Darbaeva T.E. - Doctor of biological sciences, Professor of the Department of Biology and ecology of the West Kazakhstan State University named after M.Utemisov, N.Nazarbayev Prospect, 162, Uralsk, Kazakhstan.

Berkaliev A.A. - Postgraduate student of the West Kazakhstan State University named after M.Utemisov, N.Nazarbayev Prospect, 162, Uralsk, Kazakhstan.

Редакцияға 14.12.2019 қабылданды

«Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Хабаршысы. Биологиялық ғылымдар сериясы» журналында мақала жариялау ережесі

1. Журнал мақсаты. Биохимия, молекулалық биология, биотехнология, биоинформатика, вирусология, биофизика, биоинженерия, физиология, ботаника, зоология, эволюциялық биология, генетика, микробиология, биомедицина салалары бойынша мұқият тексеруден өткен ғылыми құндылығы бар мақалалар жариялау.

2. Журналда мақала жариялаушы автор мақаланың қол қойылған 1 дана қағаз нұсқасын Ғылыми басылымдар бөліміне (редакцияға, мекенжайы: 010008, Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қаласы, Қ. Сәтбаев көшесі, 2, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Бас ғимарат, 402 кабинет) және eurjourbio@enu.kz электрондық поштасына PDF, Tex форматтарындағы нұсқаларын жіберу қажет. Мақаланың мәтінінің қағаз нұсқасы мен электронды нұсқасумен бірдей болуы қажет. Мақалалар қазақ, орыс, ағылшын тілдерінде қабылданады. Мақаланың тех форматтындағы үлгісі bulbio.enu.kz журнал сайтында берілген. Сонымен қатар, автор(лар) ілеспе хат ұсынуы керек.

3. Автордың қолжазбаны редакцияға жіберуі мақаланың Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті Хабаршысында басуға және, шетел тіліне аударылып қайта басылуына келісімін білдіреді. Автор мақаланы редакцияға жіберу арқылы автор туралы мәліметтің дұрыстығына, мақала көшірілмегендігіне (плагиаттың жоқтығына) және басқа да заңсыз көшірмелердің жоқтығына кепілдеме береді.

4. Мақаланың көлемі 18 беттен аспауға тиіс (6 беттен бастап).

5. Мақаланың құрылымы

FTAMPK <http://grnti.ru/>

Автор(лар)дың аты-жөні

Мекеменің толық атауы, қаласы, мемлекеті (егер авторлар әртүрлі мекемеде жұмыс жасайтын болса, онда әр автор мен оның жұмыс мекемесі қасында бірдей белгі қойылу керек)

Автор(лар)дың E-mail-ы

Мақала атауы

Аңдатпа (100-200 сөз; формуласыз, мақаланың атауын мейлінше қайталамауы қажет; әдебиеттерге сілтемелер болмауы қажет; мақаланың құрылысын (кіріспе /мақаланың мақсаты/ міндеттері /қарастырылып отырған сұрақтың тарихы, зерттеу әдістері, нәтижелер/талқылау, қорытынды) сақтай отырып, мақаланың қысқаша мазмұны берілуі қажет).

Түйін сөздер (6-8 сөз не сөз тіркесі. Түйін сөздер мақала мазмұнын көрсетіп, мейлінше мақала атауы мен аннотациядағы сөздерді қайталамай, мақала мазмұнындағы сөздерді қолдану қажет. Сонымен қатар, ақпараттық-ізвестіру жүйелерінде мақаланы жеңіл табуға мүмкіндік беретін ғылым салаларының терминдерін қолдану қажет).

Негізгі мәтін мақаланың мақсаты/ міндеттері/ қарастырылып отырған сұрақтың тарихы, зерттеу әдістері, нәтижелер/талқылау, қорытынды бөлімдерін қамтуы қажет.

Таблица, суреттер – аталғаннан кейін орналастырылады. Әр таблица, сурет қасында оның аталуы болуы қажет. Сурет айқын, сканерден өтпеген болуы керек.

Мақаладағы **формулалар** тек мәтінде оларға сілтеме берілсе ғана нөмірленеді.

Жалпы қолданыста бар **аббревиатуралар** мен **қысқартулардан** басқалары міндетті түрде алғаш қолданғанда түсіндірілуі берілуі қажет. **Қаржылай көмек туралы** ақпарат бірінші бетте көрсетіледі.

Әдебиеттер тізімі

Мәтінде әдібиеттерге сілтемелер тікжақшаға алынады. Мәтіндегі әдібиеттер тізіміне сілтемелердің нөмірленуі мәтінде қолданылуына қатысты жүргізіледі: мәтінде кездескен әдібиетке алғашқы сілтеме [1] арқылы, екінші сілтеме [2] арқылы т.с.с. жүргізіледі. Кітапқа жасалатын сілтемелерде қолданылған беттер де көрсетілуі керек (мысалы, [1, 45 бет]). Жарияланбаған еңбектерге сілтемелер жасалмайды. Сонымен қатар, рецензиядан өтпейтін басылымдарға да сілтемелер жасалмайды (әдібиеттер тізімінің әзірлеу үлгілерін төмендегі мақаланы рәсімдеу үлгісінен қараңыз).

Мақала соңындағы әдібиеттер тізімінен кейін **библиографиялық мәліметтер** орыс және ағылшын тілінде (егер мақала қазақ тілінде жазылса), қазақ және ағылшын тілінде (егер мақала орыс тілінде жазылса), орыс және қазақ тілінде (егер мақала ағылшын тілінде жазылған болса) беріледі.

Авторлар туралы мәлімет: автордың аты-жөні, ғылыми атағы, қызметі, жұмыс орны, жұмыс орнының мекен-жайы, телефон, e-mail – қазақ, орыс және ағылшын тілдерінде толтырылады.

6. Қолжазба мұқият тексерілген болуы қажет. Техникалық талаптарға сай келмеген қолжазбалар қайта өңдеуге қайтарылады. Қолжазбаның қайтарылуы оның журналда басылуына жіберілуін білдірмейді.

7. Редакцияға түскен мақала жабық (анонимді) тексеруге жіберіледі. Барлық рецензиялар авторларға жіберіледі. Автор (рецензент мақаланы түзетуге ұсыныс берген жағдайда) үш күн аралығында қайта қарап, қолжазбаның түзетілген нұсқасын редакцияға қайта жіберуі керек. Рецензент жарамсыз деп таныған мақала қайтара қарастырылмайды. Мақаланың түзетілген нұсқасы мен автордың рецензентке жауабы редакцияға жіберіледі.

8. Төлемақы. Басылымға рұқсат етілген мақала авторларына төлем жасау туралы ескертіледі. Төлем көлемі – ЕҰҰ қызметкерлері үшін 4500 тенге және 5500 тенге басқа ұйым қызметкерлеріне.

Реквизиты:

1)РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК

АО "Банк ЦентрКредит"

БИК банка: КСJBKZKX

ИИК: KZ978562203105747338

Кбе 16

Кпн 859- за статью

2)РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК АО "Bank RBK"

Бик банка: KINCKZKA

ИИК: KZ498210439858161073

Кбе 16

Кпн 859 - за статью

3) РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК АО "ForteBank"

БИК Банка: IRTYKZKA

ИИК: KZ599650000040502847

Кбе 16

Кпп 859 - за статью

4) РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК АО "Народный Банк Казахстан"

БИК Банка: HSBKKZKX

ИИК: KZ946010111000382181

Кбе 16

Кпп 859.

Для сотрудников ЕНУ - 4500 тенге, для сторонних организаций - 5500 тенге

"За публикацию в Вестнике ЕНУ ФИО автора"

Provision on articles submitted to the journal "Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University. BIOSCIENCE Series"

1. Purpose of the journal. Publication of carefully selected original scientific works in the fields of Biochemistry, Molecular Biology, Biotechnology, Bioinformatics, Virology, Biophysics, Bioengineering, Physiology, Botany, Zoology, Evolutionary Biology, Genetics, Microbiology, Biomedicine.

2. An author who wishes to publish an article in a journal must submit the article in hard copy (printed version) in one copy, signed by the author to the scientific publication office (at the address: 010008, Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan, Satpayev St., 2. L.N. Gumilyov Eurasian National University, Main Building, room 402) and by e-mail *eurjourbio@enu.kz* in Word, PDF and Tex format. At the same time, the correspondence between Tex-version, PDF-version and the hard copy must be strictly maintained. Article template in tex-format you can find on the journal web-site *bulbio.enu.kz*. And you also need to provide the cover letter of the author(s).

Language of publications: Kazakh, Russian, English.

3. Submission of articles to the scientific publication office means the authors' consent to the right of the Publisher, L.N. Gumilyov Eurasian National University, to publish articles in the journal and the re-publication of it in any foreign language. Submitting the text of the work for publication in the journal, the author guarantees the correctness of all information about himself, the lack of plagiarism and other forms of improper borrowing in the article, the proper formulation of all borrowings of text, tables, diagrams, illustrations.

4. The volume of the article should not exceed 18 pages (from 6 pages).

5. Structure of the article

GRNTI <http://grnti.ru/>

Initials and Surname of the author (s)

Full name of the organization, city, country (if the authors work in different organizations, you need to put the same icon next to the name of the author and the corresponding organization)

Author's e-mail (s)

Article title

Abstract (100-200 words, it should not contain a formula, the article title should not repeat in the content, it should not contain bibliographic references, it should reflect the summary of the article, preserving the structure of the article - introduction/ problem statement /goals/ history, research methods, results /discussion, conclusion).

Keywords (6-8 words/word combination. Keywords should reflect the main content of the article, use terms from the article, as well as terms that define the subject area and include other important concepts that make it easier and more convenient to find the article using the information retrieval system).

The main text of the article should contain an introduction/ problem statement/ goals/ history, research methods, results / discussion, conclusion. Tables, figures should be placed after the mention. Each illustration should be followed by an inscription. Figures should be clear, clean, not scanned.

In the article, only those **formulas** are numbered, to which the text has references.

All **abbreviations**, with the exception of those known to be generally known, must be deciphered when first used in the text.

Information on **the financial support** of the article is indicated on the first page in the form of a footnote.

References

In the text references are indicated in square brackets. References should be numbered strictly in the order of the mention in the text. The first reference in the text to the literature should have the number [1], the second - [2], etc. The reference to the book in the main text of the article should be accompanied by an indication of the pages used (for example, [1, 45 p.]). References to unpublished works are not allowed. Unreasonable references to unreviewed publications (examples of the description of the list of literature, descriptions of the list of literature in English, see below in the sample of article design).

At the end of the article, after the list of references, it is necessary to indicate bibliographic data in Russian and English (if the article is in Kazakh), in Kazakh and English (if the article is in Russian) and in Russian and Kazakh languages (if the article is English language).

Information about authors: surname, name, patronymic, scientific degree, position, place of work, full work address, telephone, e-mail - in Kazakh, Russian and English.

6. The article must be **carefully verified**. Articles that do not meet technical requirements will be returned for revision. Returning for revision does not mean that the article has been accepted for publication.

7. Work with electronic proofreading. Articles received by the Department of Scientific Publications (editorial office) are sent to anonymous review. All reviews of the article are sent to the author. The authors must send the proof of the article within three days. Articles that receive a negative review for a second review are not accepted. Corrected versions of articles and the author's response to the reviewer are sent to the editorial office. Articles that have positive reviews are submitted to the editorial boards of the journal for discussion and approval for publication.

Periodicity of the journal: 4 times a year.

8. Payment. Authors who have received a positive conclusion for publication should make payment (for ENU employees - 4,500 tenge, for outside organizations - 5,500 tenge).

Положение о рукописях, представляемых в журнал «Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н.Гумилева. Серия Биологические науки»

1. Цель журнала. Публикация тщательно отобранных оригинальных научных работ по следующим направлениям: биохимия, молекулярная биология, биотехнология, биоинформатика, вирусология, биофизика, биоинженерия, физиология, ботаника, зоология, эволюционная биология, генетика, микробиология, биомедицина.

2. Автору, желающему опубликовать статью в журнале необходимо представить рукопись в твердой копии (распечатанном варианте) в одном экземпляре, подписанном автором в Отдел научных изданий (по адресу: 010008, Казахстан, г.Нур-Султан, ул. Сатпаева, 2, Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, Учебно-административный корпус, каб. 349) и по e-mail eurjourbio@enu.kz в формате Tex и PDF. При этом должно быть строго выдержано соответствие между Tex-файлом, PDF-файлом и твердой копией. Шаблон статьи в формате tex приведен на сайте журнала bulbio.enu.kz. Также автору(ам) необходимо предоставить сопроводительное письмо.

Язык публикаций: казахский, русский, английский.

3. Отправление статей в редакцию означает согласие авторов на право Издателя, Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, издания статей в журнале и переиздания их на любом иностранном языке. Представляя текст работы для публикации в журнале, автор гарантирует правдивость всех сведений о себе, отсутствие плагиата и других форм неправомерного заимствования в рукописи, надлежащее оформление всех заимствований текста, таблиц, схем, иллюстраций.

4. Объем статьи не должен превышать 18 страниц (от 6 страниц).

5. Схема построения статьи

ГРНТИ <http://grnti.ru/>

Инициалы и Фамилию автора(ов)

Полное наименование организации, город, страна (если авторы работают в разных организациях, необходимо поставить одинаковый значок около фамилии автора и соответствующей организации)

E-mail автора(ов)

Название статьи

Аннотация (100-200 слов; не должна содержать формулы, не должна повторять по содержанию название статьи; не должна содержать библиографические ссылки; должна отражать краткое содержание статьи, сохраняя структуру статьи – введение/ постановка задачи/ цели/ история, методы исследования, результаты/обсуждения, заключение/выводы).

Ключевые слова (6-8 слов/словосочетаний. Ключевые слова должны отражать основное содержание статьи, использовать термины из текста статьи, а также термины, определяющие предметную область и включающие другие важные понятия, позволяющие облегчить и расширить возможности нахождения статьи средствами информационно-поисковой системы).

Основной текст статьи должен содержать введение/ постановку задачи/ цели/ историю, методы исследования, результаты/обсуждение, заключение/выводы.

Таблицы, рисунки необходимо располагать после упоминания. Каждой иллюстрации должна следовать надпись. Рисунки должны быть четкими, чистыми, несканированными.

В статье нумеруются лишь те **формулы**, на которые по тексту есть ссылки.

Все **аббревиатуры и сокращения**, за исключением заведомо общеизвестных, должны быть расшифрованы при первом употреблении в тексте.

Сведения о **финансовой поддержке** работы указываются на первой странице в виде сноски.

Список литературы

В тексте ссылки обозначаются в квадратных скобках. Ссылки должны быть пронумерованы строго по порядку упоминания в тексте. Первая ссылка в тексте на литературу должна иметь номер [1], вторая - [2] и т.д. Ссылка на книгу в основном тексте статьи должна сопровождаться указанием использованных страниц (например, [1, 45 стр.]). Ссылки на неопубликованные работы не допускаются. Нежелательны ссылки на рецензируемые издания (примеры описания списка литературы, описания списка литературы см. ниже в образце оформления статьи).

В конце статьи, после списка литературы, необходимо указать **библиографические данные** на русском и английском языках (если статья оформлена на казахском языке), на казахском и английском языках (если статья оформлена на русском языке) и на русском и казахском языках (если статья оформлена на английском языке).

Сведения об авторах: фамилия, имя, отчество, научная степень, должность, место работы, полный служебный адрес, телефон, e-mail – на казахском, русском и английском языках.

6. Рукопись должна быть **тщательно выверена**. Рукописи, не соответствующие техническим требованиям, будут возвращены на доработку. Возвращение на доработку не означает, что рукопись принята к опубликованию.

7. Работа с электронной корректурой. Статьи, поступившие в Отдел научных изданий (редакция), отправляются на анонимное рецензирование. Все рецензии по статье отправляются автору. Авторам в течение трех дней необходимо отправить корректуру статьи. Статьи, получившие отрицательную рецензию, к повторному рассмотрению не принимаются. Исправленные варианты статей и ответ автора рецензенту присылаются в редакцию. Статьи, имеющие положительные рецензии, представляются редколлегии журнала для обсуждения и утверждения для публикации.

Периодичность журнала: 4 раза в год.

8.Оплата. Авторам, получившим положительное заключение к опубликованию необходимо произвести оплату (для сотрудников ЕНУ – 4500 тенге, для сторонних организаций – 5500 тенге).

Мақаланы рәсімдеу үлгісі

IRSTI 27.25.19

G.S. Mukiyanova¹, A.Zh. Akbassova¹, J. Maria Pozo², R.T. Omarov¹

¹ *L.N.Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan*

² *Estacion Experimental del Zaidon (CSIC), Granada, Spain*

(E-mail: gmukiyanova@gmail.com, a.j.alua@gmail.com, mjpozo@eez.csic.es, romarov@gmail.com)

Tbsv encoded capsid protein p41 triggers resistance in solanum lycopersicum

Abstract: Efficient infection of *Nicotiana benthamiana* plants with wild type Tomato bushy stunt virus (TBSV) is influenced by expression of protein P19, which is a potent RNAi suppressor. The capsid protein (CP) P41 is required for virion formation and facilitates long distance movement of the virus. Along with RNAi suppression, P19 protein is involved in the development of severe disease symptoms in *N. benthamiana* and elicitation of Hypersensitive Response (HR) in tobacco. Our results show that wild type TBSV infection of *Solanum lycopersicum* (cv. Money maker) triggers resistance to the virus. Despite detectable accumulation levels of P19 protein in leaf and root tissues, the infection was not accompanied with obvious disease symptoms. Contrastingly, inoculation with TBSV mutant, lacking capsid protein P41 demonstrated susceptibility to TBSV. Moreover, Chl-FI analysis of plants infected with virus exhibited significant changes in metabolism. Our data suggests that in response to CP expression tomato plants have evolved defense mechanisms to resist viral infection.

Key words: Tomato bushy stunt virus, capsid protein, virions, resistance, *Solanum lycopersicum*.

TEXT OF THE ARTICLE

- **The main text** of the article should be divided into clearly defined and numbered sections (subsections). Subsections must be numbered 1.1, 1.2, etc. Required sections of the article:

1. Introduction should supply the rationale of the investigation and its relation to other works in the same scope.

2. Materials and methods should be detailed to enable the experiments to be repeated. Do not include extensive details, unless they present a substantially new modification.

3. Results section may be organized into subheadings. In this section, describe only the results of the experiments. Reserve extensive interpretation for the Discussion section. Avoid combining Results and Discussion sections.

4. Discussion should provide an interpretation of the results in relation to previously published works.

5. Conclusion The main conclusions of the study can be presented in a short section "Conclusions".

6. Author contributions should indicate the individual contribution of authors to the manuscript.

7. Acknowledgments should be brief and should precede the References.

8. Funding the source of any financial support received for the work being published must be indicated.

Ethics approval Manuscripts reporting animals and/or human studies must that relevant Ethics Committee or Institutional Review Board include provided or waived approval.

Tables

Tables must be placed next to the relevant text in the article. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes above the table body.

Таблица 1 – Title of table

Prime	Nonprime numbers
2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29	4, 6, 8, 9, 10, 12, 14

Figures

Figures must be saved individually and separate to text. All figures must be numbered in the order in which they appear in the article (e.g. figure 1, figure 2). In multi-part figures, each part should be labeled (e.g. figure 1(a), figure 1(b)). Figures must be of sufficiently high resolution (minimum 600 dpi). It is preferable to prepare figures in black-and-white or grey color scale. Figures should be clear, clean, not scanned (PS, PDF, TIFF, GIF, JPEG, BMP, PCX).



Рисунок 1 – Title of figure

References

- 1 Alazem M., Lin N. Roles of plant hormones in the regulation of host-virus interactions // Mol Plant Pathol. - 2015. - V. 16, № 5. - P. 529-40. doi: ... (if available) - **Journal article**
- 2 Abimuldina ST, Sydykova GE, Orazbaeva LA Functioning and development of the infrastructure of sugar production // Innovation in the agricultural sector of Kazakhstan: Mater. Intern. Conf., Vienna, Austria, 2009. - Almaty, 2010. - P. 10-13 - **Proceedings of the conferences**
- 3 Kurmukov A.A. Angioprotective and lipid-lowering activity of leukomycin. - Almaty: Bastau, 2007. - S. 3-5 - **newspaper articles**
- 4 Sokolovsky D.V. The theory of synthesis of self-aligning cam mechanisms of drives [Elektron.resurs]. - 2006. - URL: <http://bookchamber.kz/stst-2006.htm> (reference date: 12.03.2009) - **Internet sources**
- 5 Petushkova G.I. Costume Design: Textbook. for universities / G.I. Petushkova. - Moscow: Academy, 2004. - 416 p. - **the book**
- 6 Кусайнова А.А., Булгакова О.В., Берсимбаев Р.И. Роль miR125b в патогенезе рака легкого // Прикладные информационные аспекты медицины. - 2017. -Т. 20. - №4. -С. 86-92. - **Journal article**

Г.С. Мукиянова¹, А.Ж. Акбасова¹, М.Х. Позо², Р.Т. Омаров¹

¹ Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

² Испаниялық ұлттық зерттеу институты, Гранада, Испания

Solanum lycopersicum өсімдігінде резистенттілік жауаптың tomato bushy stunt virus (tbsv) вирусының р41 капсидтік ақуызымен белсендірілуі

Аннотация. Tomato bushy stunt virus (TBSV) вирусымен кодталатын P19 ақуызы РНҚ интерференцияның қуатты супрессоры болып табылады және Nicotiana benthamiana өсімдіктерінің вируспен жұқтырылуында маңызды рөл атқарады. P19 ақуызының экспрессиясы вируспен зақымдануы айқын көрініс береді де, өсімдіктің толық коллапсына әкеліп соқтырады. Сонымен қатар супрессорлық P19 ақуызы Nicotiana tabacum өсімдігінде гиперсезімталдық реакциясын белсендіруге жауапты. Вирустың P41 капсидтік ақуызы вирион құрылымын қалыптастырып, өсімдік бойымен таралауын қамтамасыз етеді. Алынған зерттеу нәтижелері TBSV вирусының жабайы типінің инфекциясы Solanum lycopersicum (Money maker сұрыбы) қызанақ өсімдігінде вирусқа қарсы төзімділік жауабын тудыратынын анықтады. Өсімдіктің тамыр және жапырақ ұлпасында P19 ақуызының жинақталуына қарамастан вируспен зақымдалудың сыртқы көрінісі нашар байқалды. Алайда, Chlorophyll Fluorescence Imaging system (Chl-FI) сараптамасы вируспен зақымдалған өсімдіктерде жасушаішілік

метаболизмінің өзгеруін анықтады. Ал вирустың капсидтік ақуызы экспрессияланбайтын мутантпен инфекция тудырғанда, қызанақ өсімдіктері жоғары сезімталдық көрсетіп, жүйелік некрозға ұшырады. Зерттеу нәтижелері қызанақтың Money maker сұрыбында TBSV вирусына қарсы қорғаныс механизмдері вирустық капсидтік ақуыз P41-ді тану арқылы белсендірілетінін көрсетеді.

Түйін сөздер: Tomato bushy stunt virus (TBSV), вирус, капсидтік ақуыз, вирион, Solanum lycopersicum, резистенттілік, РНК-интерференция.

Г.С. Мукиязова¹, А.Ж. Акбасова¹, М.Х. Позо², Р.Т. Омаров¹

¹ *Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, Нұр-Сұлтан, Қазақстан.*

² *Испанский национальный исследовательский центр, Гранада, Испания*

Капсидный белок p41 вируса tomato bushy stunt virus (tbsv) активизирует резистентность у растений вида solanum lycopersicum

Аннотация. Кодированный вирусом Tomato bushy stunt virus (TBSV), белок P19 является мощным супрессором РНК интерференции и играет важную роль при инфекции растений *Nicotiana benthamiana*, которая характеризуется ярко выраженными симптомами заболевания и системным коллапсом. Кроме того, белок P19 является элиситором гиперчувствительного ответа у *Nicotiana tabacum*. Капсидный белок вируса P41 формирует вирионы и способствует развитию системной инфекции. Полученные нами данные показали, что при инфекции диким типом TBSV у растений вида *Solanum lycopersicum* (сорт Money maker) активизируется резистентный ответ. Несмотря на системную аккумуляцию белка супрессора P19 в листьях и корнях, у растений не проявляются видимые симптомы заболевания. Однако анализ Chlorophyll Fluorescence Imaging system (Chl-FI) показал, что в инфицированных вирусом растениях происходят значительные изменения метаболизма. Более того, инфекция растений мутантом TBSV по капсидному белку приводит к системному некрозу гибели растений. Полученные данные указывают на то, что у томатов выработаны защитные механизмы в ответ на экспрессию капсидного белка P41 вируса TBSV.

Ключевые слова: Tomato bushy stunt virus (TBSV), капсидный белок, вирион, Solanum lycopersicum, резистентность, РНК-интерференция.

References

- 1 Alazem M., Lin N. Roles of plant hormones in the regulation of host-virus interactions, *Mol Plant Pathol*, **16**(5), 529-40(2015). doi: ... (if available) - **Journal article**
- 2 Abimuldina ST, Sydykova GE, Orazbaeva LA Functioning and development of the infrastructure of sugar production, *Innovation in the agricultural sector of Kazakhstan: Mater. Intern. Conf., Vienna, Austria, 2009. Almaty, 2010. P. 10-13* - **Proceedings of the conferences**
- 3 Kurmukov A.A. Angioprotective and lipid-lowering activity of leukomycin. Almaty. Newspaper "Bastau", 2007. P. 3-5 - **newspaper articles**
- 4 Sokolovsky D.V. The theory of synthesis of self-aligning cam mechanisms of drives [Elektron.resurs]. 2006. Available at: <http://bookchamber.kz/stst-2006.htm> (Accessed: 12.03.2009) - **Internet sources**
- 5 Petushkova G.I. Costume Design: Textbook. for universities (Academy, Moscow, 2004, 416 p.) - **the book**
- 6 Kusainova A., Bulgakova O., Bersimbaev R. Rol miR125b v patogeneze raka legkogo [Role of miR125b in the pathogenesis of lung cancer], *Prikladnyie informatsionnyie aspektyi mediciny [Applied information aspects of medicine]*, **20**(4), 86-92, (2017). [in Russian] - **Journal article**

Authors information:

Мукиязова Г.С.- PhD докторант, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан.

Ақбасова А.Ж.- аға оқытушы, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан.

Позо М.Х.- ғылыми қызметкер, Испаниялық ұлттық зерттеу институты, Гранада, Испания.

Омаров Р.Т.- биотехнология және микробиология кафедрасының меңгерушісі, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан.

Mukiyanova G.S.- PhD student, L.N.Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan.
Akbassova A.Zh - Senior tutor, L.N.Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan.
Maria J. Pozo- Tenured scientist, Estacion Experimental del Zaidon (CSIC), Granada, Spain.
Omarov R. T.- Head od department, L.N.Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Received 14.12.2019

Редакторы: Р.І. Берсімбай, Р.Т. Омаров

Шығарушы редактор, дизайн: А. Нұрболат

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің
Хабаршысы. Биологиялық ғылымдар сериясы.
- 2019. 4(129) - Нұр-Сұлтан: ЕҰУ. 97-б.
Шартты б.т. - 12,86. Таралымы - 20 дана.

Мазмұнына типография жауап бермейді

Редакция мекен-жайы: 010008, Қазақстан Республикасы Нұр-Сұлтан қ.,
Сәтбаев көшес 13.

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті
Тел.: +7(71-72) 70-95-00(ішкі 31-428)

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің баспасында басылды