

ISSN (Print) 2616-7034
ISSN (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

3 (148)/ 2024

2010 жылдан бастап шығады

Founded in 2010

Издается с 2010 года

Жылына 4 рет шығады

Published 4 times a year

Выходит 4 раза в год

Астана, 2024

Astana, 2024

Бас редактор:

Р.І. Берсімбаев,

ҚР ҰҒА академигі, б.ғ.д, проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан

Бас редактордың орынбасары **Ж.К. Масалимов, б.ғ.к., доцент, Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан**

Редакция алқасы:

Акильжанова А.Р.	м.ғ.д., PhD, Назарбаев университеті, Астана (Қазақстан)
Аликулов З.А.	б.ғ.к., проф., Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана (Қазақстан)
Аскарова Ш.Н.	б.ғ.к., PhD, Назарбаев университеті, Астана (Қазақстан)
Ау У.	PhD, проф., Техас университеті, Техас (АҚШ)
Бисенбаев А.К.	б.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА академигі, Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы (Қазақстан)
Здунек-Застока Э.	PhD, проф., Варшава жаратылыстану ғылымдары университеті, Варшава (Польша)
Изотти А.	PhD, проф., Генуя университеті, Генуя (Италия)
Ильдербаев О.З.	м.ғ.д., проф., Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана (Қазақстан)
Коломиец М.	PhD, проф., Техас университеті, Техас (АҚШ)
Константинов Ю.М.	б.ғ.д., проф., Иркутск мемлекеттік университеті, Иркутск (Ресей)
Курманбаева А.Б.	PhD, оқытушы-зерттеуші, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана (Қазақстан)
Позо М.Х.	PhD, Испания ұлттық зерттеу кеңесінің Zaidin тәжірибелік станциясы, Гранада (Испания)
Рубцов Н.	б.ғ.д., проф., Цитология және генетика институты, Новосібір (Ресей)
Саги М.	PhD, проф., Бен Гурион атындағы Негев университеті, Беэр-Шева (Израиль)
Сарбасов Д.Д.	PhD, проф., Назарбаев университеті, Астана (Қазақстан)
Тарлықов П.В.	PhD, зертхана меңгерушісі, Ұлттық биотехнология орталығы, Астана (Қазақстан)
Халилов Р.И.	ф.-м.ғ.д., Баку мемлекеттік университеті, Баку (Әзірбайжан)

Редакцияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Астана қ., Сәтбаев к-сі, 2,
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті
E-mail: eurjournal@enu.kz

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Хабаршысы. **БИОЛОГИЯЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР** сериясы
Меншіктенуші: КеАҚ "Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті"
Мерзімділігі: жылына 4 рет
Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникациялар министрлігімен тіркелген
02.02.2021ж. № KZ11VPY00031938 қайта есепке қою туралы куәлігі
Типографияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Астана қ., Қажымұқан к-сі 13/1
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті
Сайт: <http://bulbio.enu.kz>

Editor-in-Chief:

R.I. Bersimbaev,

*Academician of NAS RK, Doctor of Biological Sciences, Prof.,
L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*

Deputy Editor-in-Chief:

Zh.K. Masalimov, *Candidate of Biological Sciences, Associate professor,
L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*

Editorial board

Akilzhanova A.R.	Doctor of Medical Sciences, PhD, Nazarbayev University, Astana (Kazakhstan)
Alikulov Z.A.	Prof., Can. of Biological Sciences, L.N. Gumilyov ENU, Astana (Kazakhstan)
Askarova Sh.N.	PhD, Can. of Biological Sciences, Nazarbayev University, Astana (Kazakhstan)
Au W.	PhD, Prof., University of Texas, Texas (USA)
Bisenbayev A.K.	Doctor of Biological Sciences, Prof., Academician of NAS RK, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty (Kazakhstan)
Zdunek-Zastocka E.	PhD, Prof, Warsaw University of Life Sciences, Warsaw (Poland)
Izzotti A.	PhD, Prof., University of Genoa, Genoa (Italy)
Ilderbayev O.Z.	Doctor of Medical Sciences, Prof., L.N. Gumilyov ENU, Astana (Kazakhstan)
Kolomic M.	PhD, Prof., University of Texas, Texas (USA)
Konstantinov Yu.M.	Doctor of Biological Sciences, Prof., Irkutsk State University, Irkutsk (Russia)
Kurmanbayeva A.B.	PhD, teacher-researcher, L.N. Gumilyov ENU, Astana (Kazakhstan)
Pozo M.J.	PhD, Zaidin Experimental Station of the Spanish National Research Council, Granada (Spain)
Rubtsov N.	Doctor of Biological Sciences, Prof., Institute of Cytology and Genetics, Novosibirsk (Russia)
Sagi M.	PhD, Prof., Ben Gurion University of the Negev, Beer Sheva (Israel)
Sarbassov D.D.	PhD, Prof., Nazarbayev University, Astana (Kazakhstan)
Tarlykov P.V.	PhD, Head of the Laboratory, National Center for Biotechnology, Astana (Kazakhstan)
Khalilov R.I.	Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Baku State University, Baku (Azerbaijan)

Editorial address: **2 Satpayev str., of., L.N. Gumilyov Eurasian National University,
Astana, Kazakhstan, 010008**
E-mail: eurjourbio@enu.kz

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

Owner: Non-profit joint-stock company «L.N. Gumilyov Eurasian National University»

Periodicity: 4 times a year

Registered by the Ministry of Information and Communication of the Republic of Kazakhstan Rediscount certificate

№ KZ11VPY00031938 from 02.02.2021

Address of Printing Office: 13/1 Kazhimukan str., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan 010008

Website: <http://bulbio.enu.kz>

Главный редактор:

Р.И. Берсимбай,

профессор, д.б.н., академик НАН РК, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Зам. главного редактора

Ж.К. Масалимов, *к.б.н., доцент, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан*

Редакционная коллегия:

Акильжанова А.Р.	д.м.н., PhD, Назарбаев Университет, Астана (Казахстан)
Аликулов З.А.	к.б.н., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана (Казахстан)
Аскарова Ш.Н.	к.б.н., PhD, Назарбаев Университет, Астана (Казахстан)
Ау У.	PhD, проф., Техасский университет, Техас (США)
Бисенбаев А.К.	д.б.н., проф., академик НАН РК, КазНУ имени аль-Фараби, Алматы (Казахстан)
Здунек-Застока Э.	PhD, проф., Варшавский университет естественных наук, Варшава (Польша)
Изотти А.	PhD, проф., Университет Генуя, Генуя (Италия)
Ильдербаев О.З.	д.м.н., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана (Казахстан)
Коломиец М.	PhD, профессор, Техасский университет, Техас (США)
Константинов Ю.М.	д.б.н., проф., Иркутский государственный университет, Иркутск (Россия)
Курманбаева А.Б.	PhD, преподаватель-исследователь, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана (Казахстан)
Позо М.Х.	PhD, Экспериментальная станция Zaidin Испанского национального исследовательского совета, Гранада (Испания)
Рубцов Н.	д.б.н., профессор, Институт цитологии и генетики, Новосибирск (Россия)
Саги М.	PhD, профессор, Университет имени Бен-Гуриона в Негеве, Беэр-Шева (Израиль)
Сарбасов Д.Д.	PhD, профессор, Назарбаев Университет, Астана (Казахстан)
Тарлыков П.В.	PhD, заведующий лабораторией, Национальный центр биотехнологии, Астана (Казахстан)
Халилов Р.И.	д.ф.-м.н., Бакинский государственный университет, Баку (Азербайджан)

Адрес редакции: **010008, Казахстан, г. Астана, ул. Сатпаева, 2,**
Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева
E-mail: eurjourbio@enu.kz

Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева. Серия **БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ**
Собственник: НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева»
Периодичность: 4 раза в год
Зарегистрирован Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан Свидетельство о постановке на переучет № KZ11VPY00031938 от 02.02.2021 г.
Адрес типографии: 010008, Казахстан, г. Астана, ул. Кажымукана, 13/1,
Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева
Сайт: <http://bulbio.enu.kz>

МАЗМҰНЫ/ CONTENT/ СОДЕРЖАНИЕ

Қан С.А., Жигайлов А.В., Лушова А.В., Остапчук Е.О., Перфильева В., Куатбекова С., Абдолла Н., Кулигин А.В., Машжан С.А., Мамадалиев С.М. <i>Қазақстанда ірі қара малдың вирустық диареясының таралу қаупін талдау.....</i>	
Kan S.A., Zhigailov A.V., Lushova A.V., Ostapchuk E.O., Perfilieva Y.V., Kuatbekova S., Abdolla N., Kuligin A.V., Mashzhan S.A., Mamadaliyev S.M. <i>Risk analysis of the spread of cattle viral diarrhea in Kazakhstan.....</i>	
Қан С.А., Жигайлов А.В., Лушова А.В., Остапчук Е.О., Перфильева В., Куатбекова С., Абдолла Н., Кулигин А.В., Машжан С.А., Мамадалиев С.М. <i>Анализ рисков распространения вирусной диареи крупного рогатого скота в Казахстане.....</i>	7
Камкин В.А. <i>Ертіс өзені жайылмасының өсімдік жамылғысының антропогендік түрленуі.....</i>	
Kamkin V.A. <i>Anthropogenic transformation of the vegetation cover of the Irtysh River floodplain.....</i>	
Камкин В.А. <i>Антропогенная трансформация растительного покрова поймы реки Иртыш.....</i>	28
Қорғанбек Х.Ғ., Есенбекова П.А. <i>Оңтүстік-Шығыс Қазақстанның ағаш жартылай қаттықанаттыларының (Hemiptera, Heteroptera) трофикалық байланысы.....</i>	
Korganbek Kh.G., Esenbekova P.A. <i>Trophic relationship of arboreal hemipterans (Hemiptera, Heteroptera) in South-Eastern Kazakhstan</i>	
Қорғанбек Х.Ғ., Есенбекова П.А. <i>Трофическая связь древесных полужесткокрылых (Hemiptera, Heteroptera) Юго-Восточного Казахстана.....</i>	44
Ануарбекова С.С., Тыныбаева И.К. <i>Антибиотиктерге төзімді штамдар мәселесі және оның шешімі</i>	
Anuarbekova S.S., Tynybayeva I.K. <i>The problem of antibiotic-resistant strains and its solution.....</i>	
Ануарбекова С.С., Тыныбаева И.К. <i>Проблема антибиотикорезистентных штаммов и её решение.....</i>	58
Серібекқызы Г. <i>Антропогенді ластаған биогеоценоздарды диагностикалауда топырақ мезофаунасының түр құрамын пайдалану.....</i>	
Seribekkyzy G. <i>The use of the species composition of the soil mesofauna in the diagnosis of anthropogenic contaminated biogeocenoses.....</i>	
Серибекқызы Г. <i>Использование видового состава почвенной мезофауны в диагностике антропогенно загрязненных биогеоценозов.....</i>	81

Қонқыбаева А.Н., Науанова А.П. <i>Солтүстік Қазақстан аймағының әртүрлі топырақ типтеріндегі азот бекітуші микро-ағзалардың таралуы.....</i>	
Konkybayeva A.N., Nauanova A.P. <i>Distribution of nitrogen removing microorganisms in different types of soils in the North Kazakhstan region.....</i>	
Қонқыбаева А.Н., Науанова А.П. <i>Распространение азотфиксирующих микроорганизмов на различных типах почв Северных регионов Казахстана.....</i>	94
Баянбек Д.С., Жолдыбаева Е.В., Ильдербаев О.З. <i>Bacteroides fragilis бактериясының карбапенемге төзімділіктің молекулалық механизмдері</i>	
Баянбек Д.С., Жолдыбаева Е.В., Ильдербаев О.З. <i>Молекулярные механизмы резистентности бактерии Bacteroides fragilis к карбапенемам</i>	
Bayanbek D.S., Zholdybaeva E.V., Ilderbayev O.Z. <i>Molecular mechanisms of resistance of Bacteroides fragilis bacteria to carbapenem.....</i>	108
Судейменова А.Е., Тагаева Р.Қ., Исаева Н.Б., Нуржанқызы А. <i>Емтихан стресінің әр-түрлі соматотиптері бар білім алушылардың алаңдаушылық деңгейіне және тыныс алу көрсеткіштеріне әсері.....</i>	
Suleimenova A.E., Tatayeva R.K., Issayeva N.B., Nurzhankyzy A. <i>Influence of exam stress on the level of anxiety and respiratory indicators of the body of students with different somatotypes.....</i>	
Судейменова А.Е., Тагаева Р.Қ., Исаева Н.Б., Нуржанқызы А. <i>Влияние экзаменационного стресса на уровень тревоги и показатели дыхания обучающихся с разным соматотипом.....</i>	126
Ибрагимова М.А., Кусаинова А.А., Арипова А.А., Берсімбай Р.І., Булгакова О.В. <i>МитомиРлер: радиациядан туындаған жасушалық қартаюды реттеудегі митохондриялық микроРНК-ның рөлі.....</i>	
Ibragimova M.A., Kussainova A.A., Aripova A.A., Bersimbaev R.I., Bulgakova O.V. <i>MitomiRs: The Role of Mitochondrial miRNAs in Regulating Radiation-Induced Cellular Senescence</i>	
Ибрагимова М.А., Кусаинова А.А., Арипова А.А., Берсімбаев Р.І., Булгакова О.В. <i>МитомиРы: Роль митохондриальных микроРНК в регуляции радиационно-индуцированного клеточного старения.....</i>	145
Тимук С., Гостин И.Н. <i>Ruscus L екі тұқымдасының вегетативті мүшелердің салыстырмалы анатомиясы.....</i>	
Timuc S., Gostin I.N. <i>Comparative anatomy of the vegetative organs from two species of the genus Ruscus L.....</i>	
Тимук С., Гостин И.Н. <i>Сравнительная анатомия вегетативных органов двух видов растения рода Ruscus L.....</i>	166



IRSTI 68.41.53; 68.41.41

<https://doi.org/10.32523/2616-7034-2024-148-3-7-27>

Review article

Risk analysis of the spread of cattle viral diarrhoea in Kazakhstan

S.A. Kan*^{1,2}, A.V. Zhigailov^{1,2}, A.V. Lushova^{1,2,3}, E.O. Ostapchuk^{1,2},
Y.V. Perfilieva^{1,2}, S. Kuatbekova¹, N. Abdolla^{1,2}, A.V. Kuligin¹, S.A. Mashzhan^{1,2,3},
S.M. Mamadaliyev¹

¹ National Center for Biotechnology, Almaty, Kazakhstan

² Institute of Molecular Biology and Biochemistry named after M.A. Aitkhozhin, Almaty, Kazakhstan

³ Kazakh National University named after Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan

*Corresponding author: kan.soofiya@gmail.com

Abstract. Bovine viral diarrhoea (BVD) is the most common infectious disease of cattle and is registered in many countries of the world. The disease causes significant economic damage to livestock, primarily due to a decrease in the reproductive capacity of infected animals. Infection of cattle during pregnancy results in transmission of the infection to the fetus, which can lead to embryonic death or the birth of persistently infected (PI) calves. PI-animals excrete BVDV in their feces and secretions throughout their lives, which is why they are the main pathway of transmission of the virus. Moreover, acute BVDV infection leads to transient viremia and immunosuppression, resulting in an increase in secondary infections. In recent years, outbreaks of BVD cattle have been reported in several regions of Russia and China bordering Kazakhstan, indicating a high risk of introducing the infection into the country. Although Kazakhstan is officially considered free from BVD cattle, there is ample evidence that this infection is present in many regions of the country. However, the lack of a clear understanding of the epizootic situation in the country in terms of BVD cattle does not allow the full use of effective control measures, such as total vaccination of livestock in regions at risk of infection. This article provides data on the epizootic situation in Kazakhstan on BVD cattle, as well as an epidemiological analysis of the risks of the spread of BVD cattle in the country.

Key words: bovine viral diarrhoea, risk analysis, BVDV, epidemiology, animal husbandry.

Received: 17.02.2023. Accepted: 16.02.2024. Available online: 27.09.2024

Introduction

Bovine viral diarrhoea (BVD) is an acute disease of cattle, characterized by erosive and ulcerative inflammation of the mucous membranes of the digestive tract, rhinitis, swollen lymph nodes, fever, general depression, leukopenia, persistent or intermittent diarrhoea, erosive and ulcerative stomatitis with profuse salivation, the appearance of mucopurulent discharge from the nasal cavity, abortion, stillbirth, diarrhoea of newborn calves and immunodeficiency. The disease proceeds in the form of an epizootic, the incidence is from 10 to 100% of the animals in the herd, and the mortality rate is 10-90%. The disease causes significant economic damage to livestock. The losses to the farms from the BVD of cattle consist of the death and forced slaughter of young animals, a decrease in milk production, abortions, the birth of non-viable calves, and exposure to other diseases [1].

Bovine viral diarrhoea virus (BVDV) belongs to the genus *Pestivirus* from the family *Flaviviridae*. Pestiviruses are enveloped viruses containing a single-stranded (+)-strand RNA as a genome. The genomic (g) RNA of pestiviruses lacks a poly(A) tail at 3' end and contains an internal ribosome entry site (IRES) in 5' untranslated region (5' UTR) [2].

Two main genotypes, BVDV-1 and BVDV-2, have been described based on the 5'-UTR sequence of viral gRNA (they are currently distinguished as viruses of different species). These genetic subtypes, in fact, are separate serogroups, and virus-neutralizing antibodies developed for the first group have only a minor cross-reactivity with the second serogroup of the virus [2]. More than two dozen different BVDV-1 genetic subtypes are isolated and several BVDV-2 subtypes also identified. These include non-cytopathic (NCP) and cytopathic (CP) biotypes that differ in the severity of clinical manifestations and the manner of reproduction in cell cultures *in vitro*. In Eurasia, the BVDV1a, 1b, and 2a genotypes are the most frequently circulated [3].

The genetic subtypes of BVDV-1 and BVDV-2 differ greatly in terms of virulence, intensity, and clinical manifestations in animals [4]. The BVDV-2 subtype combines mostly highly virulent strains that cause acute and hyperacute forms of the disease with thrombocytopenia, hemorrhages and high mortality. This genetic subtype of the virus is more widespread in North America, and only sporadic outbreaks of infection are recorded in Eurasia. BVDV-1 is distributed almost everywhere and represented mainly by mesogenic strains that cause transplacental infection and immunosuppression in the postnatal period and an increase in abortions [5].

Susceptible to the virus are cows and buffaloes, as well as sheep, goats, wild bovids (deer, roe deer), pigs and camels. Animals aged 6 months to 2 years are most susceptible. The disease is observed throughout the year, but the number of outbreaks increases during cold periods. [5]. Although infection is often asymptomatic in heterologous species (non-bovine), abortions have been reported in sheep and goats infected with BVDV [6].

The primary source of the infectious agent is sick and recovered animals that excrete the virus with urine, feces, saliva, nasal secretions, milk, and exudate from inflammatory foci [5]. There is information that bloodsucking flies, such as flies and bloodsucker flies, can serve as mechanical vectors of infection [7,8]. Despite the fact that the effectiveness of the transmission

of bovine BVD by these insects is questioned [9], the virus RNA is detected in biting flies, so they can be an important object for infection monitoring, especially in natural reservoirs.

The disease can develop into a lifelong, persistent state during which the ability to infect other animals is retained. The percentage of persistent forms in herds is an important indicator of the epizootological process (more than 1% is considered high [10]). The main task of diagnosing this infection is to identify animals with persistent infection (PI) and exclude them from the herd. The sooner this can be done, the sooner the infection can be eradicated. PI animals can only be detected by highly sensitive direct virus detection methods (virus isolation, PCR-based methods, and direct antigen ELISA).

Serological methods are almost impossible to differentiate vaccinated and animals that have been ill with field strains of the virus. To some extent, differences between such animals can be revealed by ELISA tests based on testing of monoclonal antibodies to p80 [11]. However, it should be noted that even ELISA test systems that use monoclonal antibodies to NS3 (p80) or E0 (Erns) proteins show very high cross-reactivity against other pestiviruses that can infect cows (HoBi viruses) [12]. Only specific antibodies to the E2 protein of BVDV exhibit a sufficient level of specificity to differentiate BVDV from other pestiviruses [12].

OIE-recommended direct detection methods for BVDV antigen include virus isolation, direct antigen ELISA, and RT-PCR [13]. For virus detection by RT-PCR, the most conserved loci of the viral genome are selected, namely, 5'-UTR and the NS3 (p80) open reading frame. In this case, it is recommended to use an additional, more specific locus, for a clear differentiation of BVDV from other pestiviruses [13].

There is no information on the status of BVD cattle in the territory of Kazakhstan in open government sources. However, it follows from unofficial sources and scientific articles by foreign authors that the causative agent of this disease is already circulating in some regions of the country [14]. The absence of a clear unified system of state control leads to the fact that farmers privately vaccinate their animals, and often the herd is only partially vaccinated (for example, only heifers, or only breeding animals). However, the effectiveness of privately administered vaccination remains unknown. In addition to inactivated vaccines, attenuated vaccines against bovine viral diarrhea containing more than one virus genotype are also available on the market. The use of such vaccines in virus-free areas, as well as non-100% vaccination with attenuated vaccines of herds in which animals with clinical signs of BVDV are detected, contribute to the stable emergence of a sufficiently large number of PI- animals [15].

Among other things, the uncontrolled use of attenuated vaccines opens gateways for infection into the wild (wild ruminants such as deer and roe deer are susceptible to BVDV), forming natural reservoirs of infection that will contribute to the rapid spread of infection in the territory of Kazakhstan [16].

This article provides information about the epizootic situation in Kazakhstan on viral diarrhea in cattle, the results of an epidemiological assessment of the risks of the spread of infection in the country. Also, samples from cattle were evaluated for a monitoring program to study the circulation of this infection in the country.

Methodology

Epidemiological methods

All calculations of epidemiological parameters were carried out using the EpiInfo v. 7.2.2.2 (CDC).

The total sample size for conducting a monitoring study in relation to BVD cattle was determined by formula (1) [17].

$$\text{Size samples } (n) = N * [Z^2 * p * (1-p) / e^2] / [N - 1 + (Z^2 * p * (1-p) / e^2)] \quad (1)$$

Where:

N is the population size;

Z is the critical value of the normal distribution at the required confidence level;

p is the expected level of prevalence, %;

e is the permissible error.

Collection of samples from animals

The collection of samples was carried out within the framework of the state monitoring program funded by the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan. The conclusion of the ethical commission of the RSE on REM "National Center for Biotechnology" was received (protocol No. 4 dated December 3, 2021).

The collection of blood and serum was carried out by qualified veterinarians. At the place where it was supposed to make a puncture, sheared wool and skin, disinfected with a 5% solution iodine. Blood was taken from the jugular animal veins into Venosafe collection tubes whole blood (containing K2 EDTA) and serum tubes (containing coagulation activator) fitted with a safety needle (Venoject Quick fit needle). To obtain serum, Venosafe tubes with the blood collected in them after the formation of a clot was centrifuged at 1200 xg for 10 min at 4°C.

Nucleotide sequence analysis

Computer analysis of nucleic acid sequences was performed using the VNTI- Viewer 11.5.1, MEGA-X, and RNA- structure 3.5 programs.

Risk Analysis

For risk analysis and forecasting, we used an additional add-in in Microsoft Excel - Decision Tools Suite 6.0 Professional from Palisade.

Discussion

Analysis of the epizootic process for BVD cattle in the world

OIE data for the epizootic situation in the world over the past 3 years (2019-2022) is shown in Figure 1.

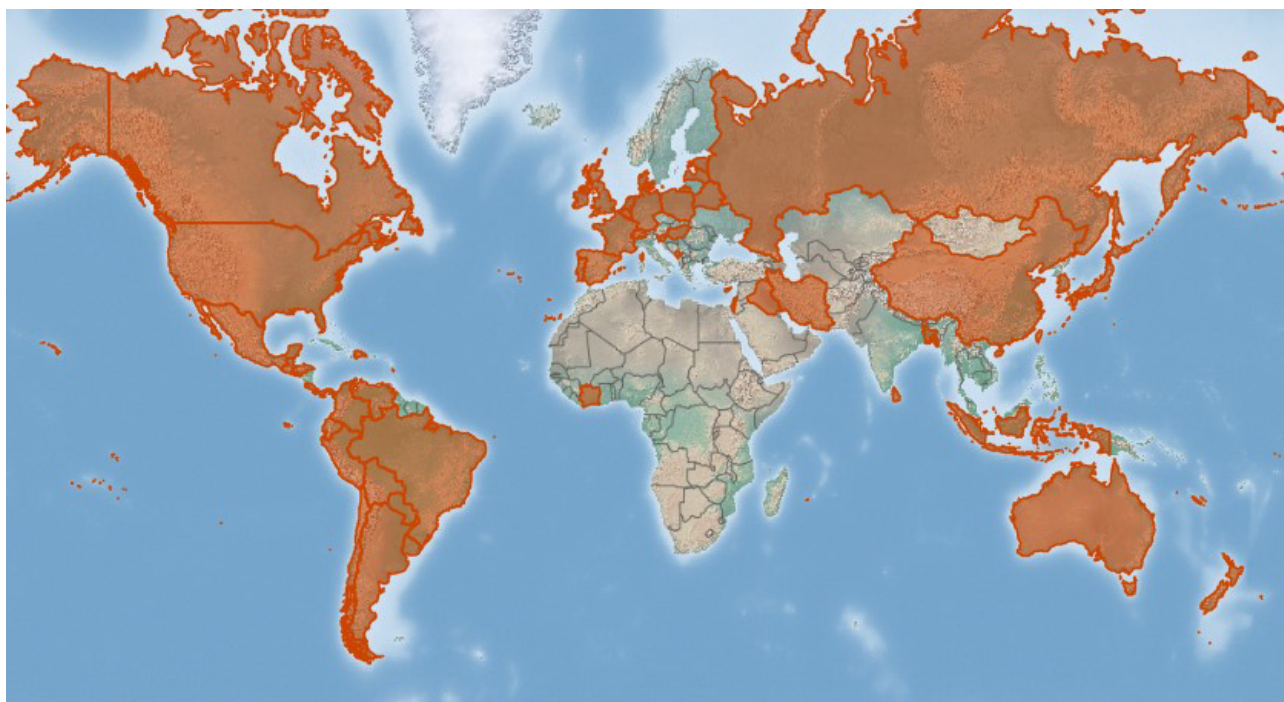


Figure 1. Regions and states in which outbreaks of BVD cattle were recorded at the official level according to OIE data for 2011-2022 [18]

In general, the disease is very widespread and is considered endemic in Asia, Europe, Australia, South and North America.

Analysis of the epizootic process for BVD cattle in Kazakhstan

Previously, outbreaks of BVD cattle occurred on the territory of the country: they were recorded in the North Kazakhstan, Karaganda, Kyzylorda, Almaty regions.

For the period from 2019 to 2020, there was no official information on outbreaks of BVD cattle in the territory of the Republic of Kazakhstan. However, according to KazInform, in 2019 in the Atyrau region there was an outbreak of infection among cattle with the death of several animals; diagnosis made by local veterinary services – BVD cattle. Temporary restrictive measures were established in the territories bordering the farm.

In October 2021, in the village of Mortuk, Ualikhanov district, North Kazakhstan oblast, an outbreak of BVD cattle occurred with the death of livestock, and a limited quarantine for BVD cattle was declared [19]. In December 2021, in the village of Akzhal, Shet district, Karaganda region, an outbreak of cattle infection occurred with the death of livestock; confirmed laboratory diagnosis - BVD cattle [20].

In February 2022, more than 700 animals fell ill in the Kyzylkoginsky district of the Atyrau region; laboratory analyzes revealed BVD cattle; quarantine for BVD cattle was declared [21]. In August 2022, in the village of Kok uy, Khobdinsky district, Aktobe region, cows died, the diagnosis established by veterinary services was BVD cattle [22]. In June 2022, an outbreak of an unknown cattle infection with the death of livestock was recorded in the Mibulak rural district of the Ulytau region; the reason is established [23].

Analysis of the risks of introduction and spread of BVD cattle in the territory of Kazakhstan

To a large extent, the growth in the number of cattle in recent years is provided by the massive importation of breeding stock from abroad. Thanks to state subsidies for the purchase of imported breeding stock and its laboratory testing, it becomes more profitable for farmers to purchase breeding stock abroad than in domestic breeding centers. It is the importation of breeding stock that is the main risk of introducing BVD cattle into the country. Visual inspection and serological methods of analysis do not reveal animals with persistent infection (PI animals can rarely be distinguished from non-infected animals by external signs). Although in rare cases animals with persistent infection may have specific antibodies to the virus (newborn calves may have maternal antibodies, antibodies may appear for a short time after vaccination, or if the animal is infected with a virus of a different genotype), as a rule, antibodies to BVDV in such animals are completely absent.

It is not possible to test all imported livestock using expensive real-time PCR-based direct analytical tests that require highly qualified laboratory personnel. Both vaccinated and non-vaccinated against BVDV cattle are imported to Kazakhstan.

The leader among exporters of breeding cattle to our country is Russia (more than 50%), followed by Germany and Austria. All these countries are endemic in terms of BVD of cattle (infection outbreaks have been recorded here for the last 5 years) [18]. Also in the list of exporters are Belarus (endemic for BVD cattle [18]), Estonia (endemic for BVD cattle [18]), Ukraine, the Netherlands (endemic for BVD cattle [18]), Slovakia (endemic for BVD cattle [18]), Lithuania (endemic for BVD [18]), Northern Ireland (endemic for BVD [18]), Hungary (endemic for BVD [18]), Australia. When assessing the risk of bringing the infection into the country on the epizootic situation in terms of BVD cattle, it is in these countries that special attention should be paid.

Livestock and density of cattle in Kazakhstan

The most important parameters that should be taken into account when assessing the risks of outbreaks and the spread of BVD cattle are considered to be the density of cattle, the presence or absence of a state infection control system, whether conditions are suitable for the reproduction of mechanical infection vectors, and the volume of livestock imported into a given region [24].

The highest density of cattle in our country is in the southern regions of Turkestan, Zhambyl and Almaty regions, the northern regions of Aktobe, Kostanay and North Kazakhstan (NK), West Kazakhstan (WK) regions, as well as in some areas of Akmola, Pavlodar and East Kazakhstan areas (Figure 2). It is in these areas of the country that the maximum risk of the spread of BVD cattle remains.

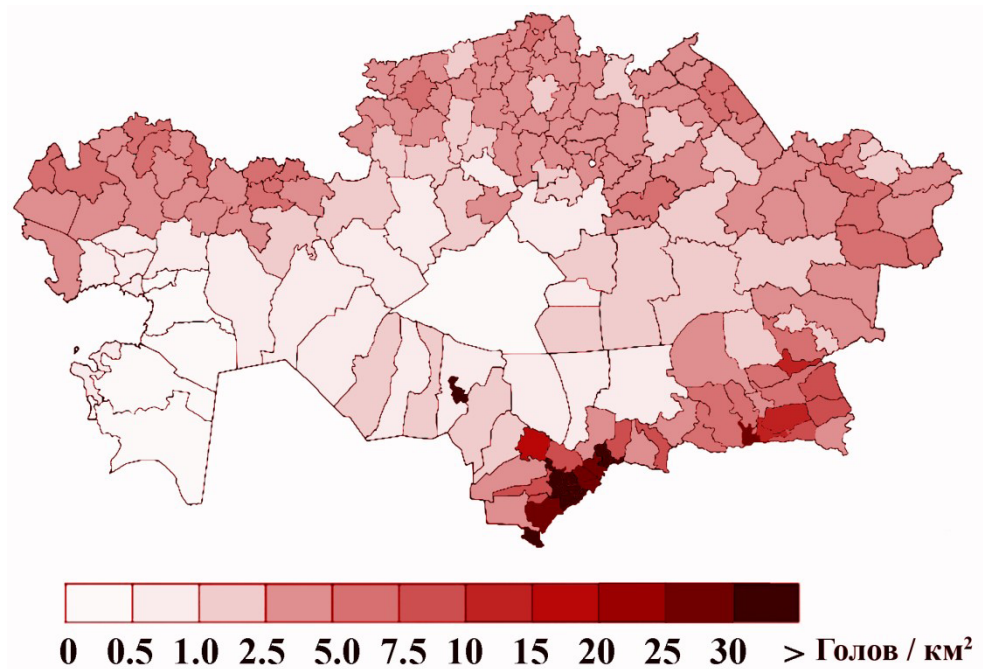


Figure 2. Density of livestock susceptible to BVDV in Kazakhstan [25]

The leaders in the number of cattle are Turkestan, Abai, WK and Almaty regions (Figure 3).

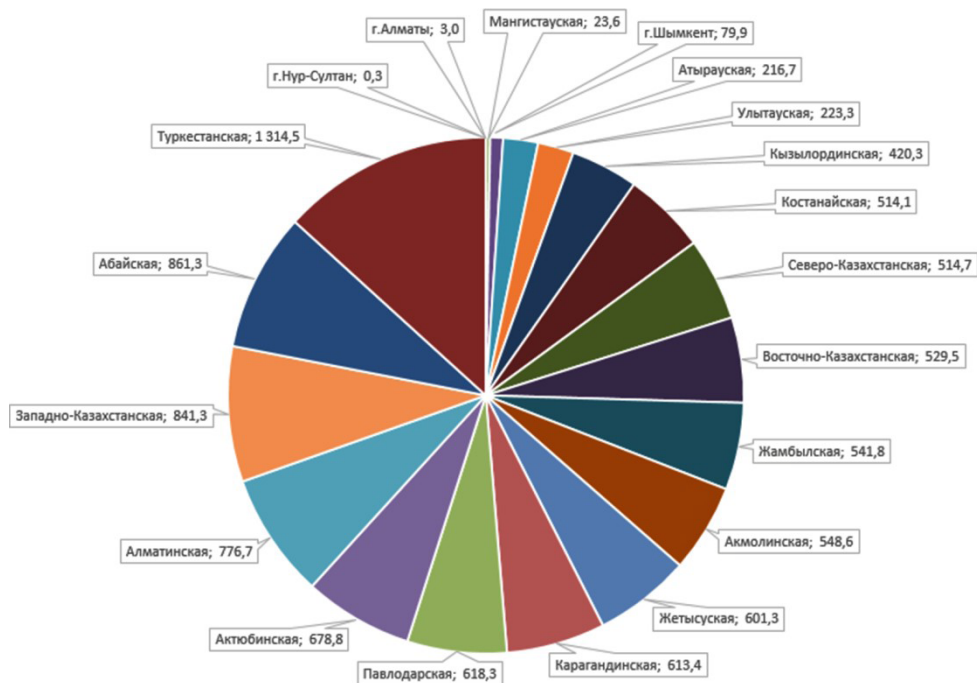


Figure 3. The total number of cattle in the regions of the Republic of Kazakhstan in thousand heads (as of July 1, 2022) [25]

Thanks to state programs to support and develop agriculture, over the past ten years, a systematic increase in the number of cattle has been observed in Kazakhstan. The first steps to expand animal husbandry were made back in 2011, when the Sybaga program was launched in the country. After Kazakhstan joined the WTO in 2015, export subsidies and other types of state support related to import substitution were banned. Despite this, the Republic of Kazakhstan is the leader among the CIS countries in terms of the increase in the number of cattle (with the exception of Kyrgyzstan, other members of the union experience stagnation or even negative dynamics in this indicator). So, if in 2011 the number of cattle in our country was estimated at 5702 thousand heads, as of July 1, 2022 it was already 9921.3 thousand heads [25]. This circumstance significantly increases the risks associated with the rate of spread of BVD cattle in the territory of Kazakhstan. Data on the change in the number of cattle in the country for 1990-2022 are shown in Figure 4.

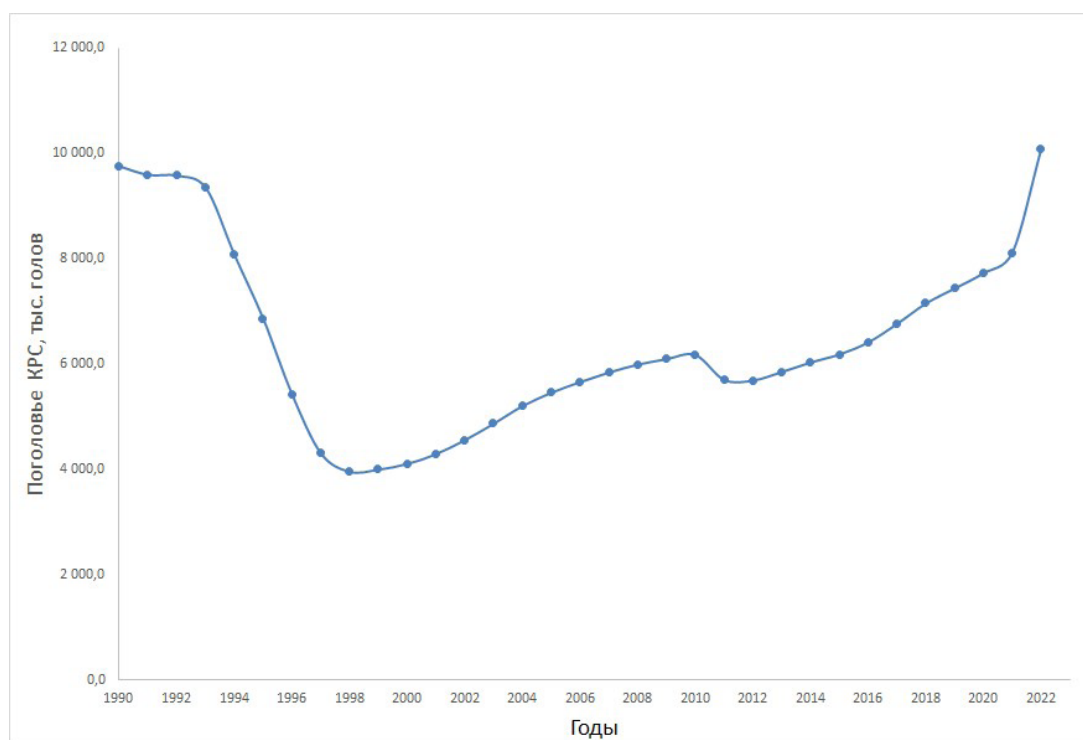


Figure 4. Change in the total number of cattle in Kazakhstan [25]

Analysis of the risk of infection spread across the territory of Kazakhstan

The analysis of the risk of spread of infection was carried out based on the available data on the history of outbreaks of BVD cattle in the territory of the Republic of Kazakhstan, the density and total number of cattle by region, the method of transmission of the pathogen (including conditions for the spread and reproduction of blood-sucking flies), the availability of preventive methods to minimize the risks associated with the spread of infection (coverage by vaccination against BVD cattle, carried out both at the state level and privately), the actual state of the epizootic process for BVD cattle in a given region of the country, including the average level

of antibody seroprevalence in herds, as well as the risks of introducing infection from endemic diseases of regions or states. Based on all the processed data, a risk map of the occurrence of large outbreaks of BVD cattle in the territory of Kazakhstan was built. The map is shown in Figure 5.



Figure 5. Map of risks in relation to the occurrence of large outbreaks of BVD cattle in the territory of Kazakhstan (at the time of 09.01.2022)

Determination of sample size and collection of field samples of BVD cattle

As of 07/01/2022, according to the official data of the bureau of statistics in the Republic of Kazakhstan [25], the country contains 9921.3 thousand heads of cattle. Since no large-scale monitoring of the BVD of cattle has been carried out in the country before, the level of antibody seroprevalence should be taken equal to 50% (according to [17]). For epidemiological studies, the confidence interval in most cases is assumed to be 95%; therefore, this value is recommended for calculations [17]. The permissible error in calculations is usually assumed to be 5% [17]. Thus, for groups of five to forty animals, the minimum required number of animals, according to calculations, was 400 per year (no more than forty animals from each location). As a rule, the number of animals exceeding the critical sample size by at least 10% is involved in monitoring, since some proportion of the samples may not be suitable for analysis (for example, serum may be hemolyzed, and blood clotted). Thus, the minimum threshold for the number of animals involved in the monitoring study for BVD cattle was determined to be 450 animals. Table 1 presents data on the number of samples we collected for further monitoring of the prevalence of BVD in the country.

Table 1

Data on the number of collected biological samples

Region	Area	Samples collected		
		total animals	sera	blood samples
Turkestan	Kazygurtsky	60	60	60
	Baidibek	50	50	50
	Ordabasinsky	140	140	120
	<i>Total:</i>	250	250	230
North Kazakhstan region	Taiynshinsky	111	111	98
	Timiryazevsky	100	100	100
	Mamlyutsky	56	56	56
	Akkayinsky	20	20	0
	Ayrtau	20	20	0
	Akzharsky	10	10	0
	<i>Total:</i>	317	317	254
Akmola	Arshalinskiy	100	100	100
	Zerendinskiy	100	100	100
	Astrakhan	20	20	0
	Burobaisky	20	20	0
	Kokchetavskiy	24	24	0
	<i>Total:</i>	264	264	200
Pavlodar	Shcherbaktinsky	100	100	100
	Pavlodar	100	100	100
	Uspensky	50	50	0
	<i>Total:</i>	250	250	200
Karaganda	Osakarovsky	25	25	0
Kostanay	Fedorovsky	15	15	0
Total:		1121	1121	884

In addition, in addition to the planned oblasts, a small number of serum samples were collected in Karaganda and Kostanai oblasts. Based on the analysis carried out and the biological material collected, it is planned to monitor the prevalence of BVD in the country in the future. The samples will be analyzed by serological methods for the detection of antibodies to the BVDV pathogen, and the detection of BVDV RNA in the collected biological materials will also be carried out.

Primer development for the genetic characterization of BVDV.

In addition to BVDV-1 and BVDV-2, pestiviruses include the classical swine fever virus (CSFV) and border disease virus (BDV) sheep, as well as more seven species : pronghorn antelope pestivirus (Pestivirus E), Bungowannah virus (Pestivirus F), giraffe pestivirus (Pestivirus G),

Hobi-like pestivirus (Pestivirus H), Aydin-like pestivirus (Pestivirus I), rat pestivirus (Pestivirus J) and atypical porcine pestivirus (Pestivirus K) [5, 26]. Although the main hosts of BVDV -1 and BVDV -2 are cattle, CSFV is pigs, and BDV is small cattle, pestiviruses have a fairly wide level of tropism, so bovine VDV can also infect pigs, sheep, goats, and also wild ruminants and even calluses [16], and vice versa, representatives of the other two main types of pestiviruses can theoretically be found in the blood of cattle [27]. Since all currently known species of pestiviruses are detected in Asia [28], it is important to develop universal primers for the detection of BVDV, eliminating false positive responses against CSFV, BDV and other pestiviruses.

BVDV RNA in the blood of animals, standard primers were selected for the conservative region of the pestivirus genome, for the 5'-untranslated sequence of genomic RNA ("BVDV_UTR_DL1F" and "BVDV_UTR_DL4R") [29]. Although this locus is often used for pestivirus typing, it is not an ideal target for phylogenetic analysis [30]. Primers were synthesized and purified by reverse phase high performance liquid chromatography (HPLC) and tested by RT-PCR on an RNA control sample isolated from a commercially available Bovi-Shield Gold vaccine containing inactivated BVDV -1 virus. The results of the analysis are shown in Figure 2.

Designations: "BVDV - Vac", total RNA preparation isolated from Bovi-Shield Gold vaccine; "K-" - negative control; M - DNA reference.

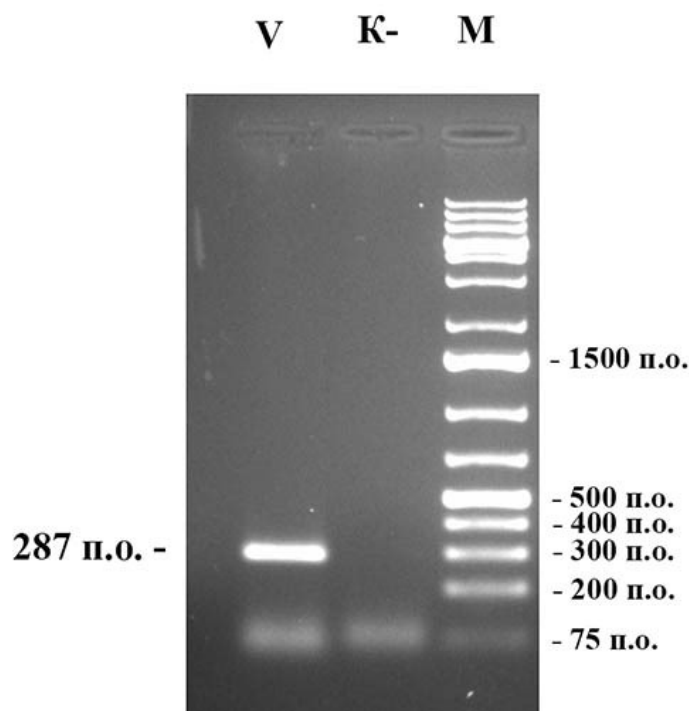


Figure 6. Electrophoretic analysis in 1.5% agarose gel of RT-PCR products with primers "BVDV_UTR_DL1F" and "BVDV _ UTR _ DL 4 R " for testing the BVDV detection method

For genetic characterization of the virus isolates, primers "BVDV 1_Npro - F" and "BVDV 1_Npro - R" were chosen, targeting the moderately variable locus of the Npro viral protease [31].

Primers for 5'-UTP gRNA loci BVDV and Npro were tested for their ability to detect new lines and genotypes of BVDV circulating in Russia and China bordering Kazakhstan. In Western China bordering Kazakhstan, the following virus genotypes are common: 1a, 1b, 1c, 1d, 1m, 1o, 1p, 1q, and 1u [32]. In the regions of Russia bordering Kazakhstan (Tyumen, Omsk and Novosibirsk regions), seven subtypes were identified BVDV -1 - 1a (5%), 1b (35%), 1c (5%), 1d (10%), 1f (20%), 1i (5%), 1p (5%) and two subtypes BVDV -2 — 2b (10%) and 2c (5%) [33, 34].

Currently, the use of more than two gene loci is recommended for phylogenetic analysis [5], and although the use of the 5'UTR and Npro loci is widespread, the most promising for genotyping is the region encoding the viral glycoprotein E 2. This immunodominant surface protein is the most variable in pestiviruses and mediates the formation of a serotype, and it is to it that a large proportion of neutralizing antibodies to the virus is formed [35].

In this regard, the nucleotide sequences of the E2 locus of BVDV genotypes potentially circulating in Kazakhstan were analyzed and primers were developed for the genetic characterization of BVDV isolates at this locus. The alignment of the target sequences of the forward and reverse primers is shown in Figure 3.

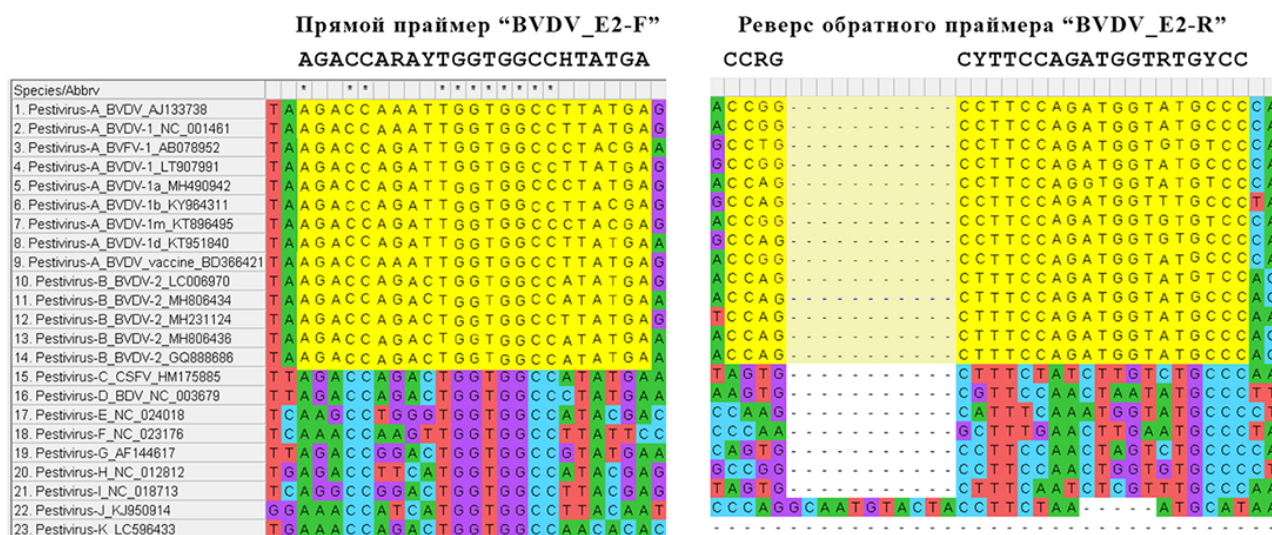


Figure 7. Alignment of the nucleotide sequences of the genome of various pestiviruses at the E 2 locus in the MEGA - X program

As can be seen from the presented data, the developed primers are specific for all BVDV -1 and BVDV -2 variants used in the analysis, and are not suitable for other pestiviruses.

In the course of the research, we developed an epizootic visualization map with indicators of risk zones for the spread of BVD cattle in the Republic of Kazakhstan, taking into account the analysis of such indicators as the report on outbreaks of BVD cattle with a diagnosis from open official sources for 2013-2022, the population density of cattle, reports of outbreaks of BVD cattle in neighboring regions and states.

According to official data, epizootic foci of BVD cattle were first registered in 2013, after which single outbreaks of BVD were recorded almost every year and they occurred in Karaganda,

North Kazakhstan, Almaty, Atyrau and Aktobe regions in different years. These results allow us to conclude that BVD cattle is quite widespread in a number of regions of the country.

Accordingly, based on the results of this study, it can be concluded that the most unfavorable regions in relation to BVD cattle, with the highest risk of spreading the virus, are Atyrau, Aktobe, Turkestan and North Kazakhstan regions. West Kazakhstan, Kyzylorda, Pavlodar, Akmola, Kostanay, Ulytau, Zhetysu, Abay, Almaty, Zhambyl, Turkestan and East Kazakhstan regions are characterized by medium and moderate risk of virus spread. And only Mangistau region is safe in relation to BVD cattle, with a low risk of infection.

However, since the number of cattle has significantly increased in the country in recent years, and the share of imported livestock remains at a high level, this creates additional threats for the emergence of new outbreaks of BVD cattle in various regions of the country. In this regard, it is obvious that there is an urgent need to develop additional measures to prevent further spread of the pathogen to non-endemic regions of the Republic of Kazakhstan and measures to eradicate the infection in herds in which the circulation of the BVDV has been proven. Based on the data obtained in the context of the study, it is recommended to conduct a general state vaccination of livestock against BVDV in areas that are unfavorable for this infection, as well as in the border regions of Kazakhstan to eliminate the threat of further spread to regions that are not endemic for the infection.

Furthermore, as BVD cattle is a relatively new animal disease in our country, which farmers and livestock owners have not encountered before; in order to increase the effectiveness of the program to control this dangerous livestock infection, work should immediately begin to bring information about BVD cattle to the target audience. For completeness the study of the epizootic process of BVD cattle in the country, it is necessary to monitor the prevalence of the prevalence agent of this disease in all regions of the Republic of Kazakhstan and carry out work on the genetic characterization of BVDV isolates circulating in the country.

Conclusion

Thus, based on the results of the risk analysis, it can be concluded that the most disadvantaged regions in relation to BVD cattle, with the highest risk of spreading the virus, are Atyrau, Aktobe, Turkestan and North Kazakhstan regions. West Kazakhstan, Kyzylorda, Pavlodar, Akmola, Kostanay, Ulytau, Zhetysu, Abay, Almaty, Zhambyl, Turkestan and East Kazakhstan regions are characterized by medium and moderate risk of virus spread. And only Mangistau region is safe in relation to BVD cattle, with a low risk of infection. Also, primers were developed for characterizing the BVD cattle, the sample size was determined, and biological material was collected from animals for monitoring by BVD of cattle.

Source of funding

The work was carried out within the BR218004/0223 program «Enhancement of biological safety measures in Kazakhstan: countering dangerous and especially dangerous infections».

Conflict of interest

There is no conflict of interest between the authors.

Authors' contribution

Kan S.A.: contribution to the concept; execution of the claimed scientific research; creation of a scientific article.

Zhigailov A.V.: scientific design.

Lushova A.V.: contribution to the concept.

Ostapchuk E.O.: contribution to the concept.

Perfilieva Y.V.: scientific design.

Kuatbekova S.: interpretation of the claimed scientific research.

Abdolla N.: contribution to the concept.

Kuligin A.V.: interpretation of the claimed scientific research.

Mashzhan S.A.: interpretation of the claimed scientific research.

Mamadaliyev S.M.: interpretation of the claimed scientific research.

References

1. Terrestrial Manual: OIE World Organization for Animal Health. // Ch. 3.4.7 Bovine viral diarrhoea. – 2018. – P. 1075-1096.
2. Kalaycioglu A.T. Bovine viral diarrhoea virus (BVDV) diversity and vaccination. A review // The veterinary quarterly. – 2007. – Vol. 29, – No.2. – P. 60-67.
3. Fulton R.W. Impact of species and subgenotypes of bovine viral diarrhoea virus on control by vaccination // Animal health research reviews. – 2015. – Vol. 16. – P. 40-54.
4. Giammarioli M., Ceglie L., Rossi E., Bazzucchi M., Casciari C., Petrini S., De Mia GM Increased genetic diversity of BVDV-1: recent findings and implications thereof // Virus Genes. – 2015. – Vol. 50. – P. 147-151.
5. Walz P.H., Chamorro M.F., McFalkenberg S., Passler T., van der Meer F., Woolums A. Bovine viral diarrhoea virus: An updated American College of Veterinary Internal Medicine consensus statement with focus on virus biology, hosts, immunosuppression, and vaccination // Journal of veterinary internal medicine. – 2020. – Vol. 34 – No.5. – P. 1690-1706.
6. Elvira Partida L., Fernández M., Gutiérrez J., Esnal A., Benavides J., Pérez V., de la Torre A., Álvarez M., Esperón F. Detection of bovine viral diarrhoea virus 2 as the cause of abortion outbreaks on commercial sheep flocks // Transboundary and emerging diseases. – 2017. – Vol. 64. – P. 19-26.
7. Tarry D.W., Bernal L., Edwards S. Transmission of bovine viral diarrhoea virus by blood feeding flies // The Veterinary Record. – 1991. – Vol. 128, – No.4. – P. 82-84.
8. Carlson J.M., Vander Ley B.L., Lee S.I., Grotelueschen D.M., Walz P.H., Workman A.M., Heaton M.P., Boxler D.J. Detection of bovine viral diarrhoea virus in stable flies following consumption of blood from persistently infected cattle // Journal of veterinary diagnostic investigation. – 2020. – Vol. 32, – No.1. – P. 108-111.
9. Chamorro M.F., Passler T., Givens M.D., Edmondson M.A., Wolfe D.F., Walz P.H. Evaluation of transmission of bovine viral diarrhoea virus (BVDV) between persistently infected and naive cattle by the horn fly (*Haematobia irritans*) // Veterinary research communications. – 2011. – Vol. 35, – No.2. – P. 123-129.

10. Meyling A., Houe H., Jensen A.M. Epidemiology of bovine virus diarrhoea virus // *Revue scientifique et technique* (International Office of Epizootics). – 1990. – Vol. 9. – No.1. – P. 75-93.
11. Graham D.A., German A., Mawhinney K., Goodall E.A. Antibody responses of naive cattle to two inactivated bovine viral diarrhoea virus vaccines, measured by indirect and blocking ELISAs and virus neutralization // *The Veterinary record*. – 2003. – Vol. 152. – No.26. – P. 795-800.
12. Bauermann F.V., Flores E.F., Ridpath J.F. Antigenic relationships between Bovine viral diarrhoea virus 1 and 2 and HoBi virus: possible impacts on diagnosis and control // *Journal of veterinary diagnostic investigation*. – 2012. – Vol. 24. – No.2. – P. 253-261.
13. *Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals // Bovine viral diarrhoea. Chapter 3.4.7.* – 2021.
14. Окунев А.М. Характеристика эпизоотического процесса при вирусной диарее крупного рогатого скота в районе Северо-Казахстанской области // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. – 2020. – Т.1. №183. – С. 103-111.
15. Lindberg A.L.E., Alenius S. Principles for eradication of bovine viral diarrhoea virus (BVDV) infections in cattle populations // *Veterinary Microbiology*. – 1999. – Vol. 64, – No.3. – P. 197-222.
16. Nelson D.D., Duprau J.L., Wolff P.L., Evermann J.F. Persistent Bovine Viral Diarrhoea Virus Infection in Domestic and Wild Small Ruminants and Camelids Including the Mountain Goat (*Oreamnos americanus*) // *Frontiers in microbiology*. – 2016. – Vol.6. – P. 1415.
17. Charan J., Kantharia N.D. How to calculate sample size in animal studies? // *Journal of pharmacology and pharmacotherapeutics*. – 2013. – Vol. 4, – No.4. – P. 303-306.
18. Bovine viral diarrhoea virus. CABI [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/91725> (дата обращения: 11.09.2022).
19. KazInform. Death of cattle in Mortyk village clarified in NKR [Электронный ресурс]. URL: https://www.inform.kz/ru/prichiny-gibeli-skota-v-sele-mortyk-vuyasnyayut-v-sko_a3850795 (дата обращения: 08.09.2022).
20. Khabar. Более 700 коров заболели опасной инфекцией в Карагандинской области [Электронный ресурс]. URL: <https://24.kz/ru/news/social/item/517565-bolee-700-korov-zaboleli-opasnoj-infektsiej-v-karagandinskoj-oblasti> (дата обращения: 07.09.2022).
21. Nur KZ. Четыре села закрыли на карантин из-за инфекции скота в Атырауской области [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nur.kz/incident/emergency/1956294-chetyre-sela-zakryli-na-karantin-iz-za-infektsii-skota-v-atyrauskoj-oblasti>. (дата обращения: 08.09.2022).
22. KazInform. Опасную инфекцию выявили у скота в селе Актюбинской области [Электронный ресурс]. URL: https://www.inform.kz/ru/opasnuyu-infekciyu-vuyavili-u-skota-v-sele-aktyubinskoj-oblasti_a3969033. (дата обращения: 09.09.2022).
23. Eldala. Всплеск болезни скота зарегистрирован в Казахстане [Электронный ресурс]. URL: <https://eldala.kz/novosti/zhivotnovodstvo/8458-vsplesk-bolezni-skota-zaregistrovan-v-kazahstane> (дата обращения: 09.09.2022).
24. Lindberg A., Brownlie J., Gunn G.J., Houe H., Moennig V., Saatkamp H.W., Sandvik T., Valle P.S. The control of bovine viral diarrhoea virus in Europe: today and in the future // *Revue scientifique et technique*. – 2006. – Vol. 25. – No.3. – P. 961-979.
25. Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан (Kaz.Stat.). Статистика сельского, лесного, охотничьего и рыбного хозяйства. [Электронный ресурс]. URL: <https://stat.gov.kz/official/industry/14/statistic/7>. (дата обращения: 09.09.2022).

26. King A.M.Q., Lefkowitz E.J., Mushegian A.R., et al. Changes to taxonomy and the International Code of Virus Classification and Nomenclature ratified by the International Committee on Taxonomy of Viruses // *Arch Virol.* – 2018. – Vol. 163. – P. 2601-2631.
27. Braun U., Hilbe M., Peterhans E., Schweizer M. Border disease in cattle. *Veterinary journal* (London). – 2019. – Vol. 246. – P. 12-20.
28. Giangaspero M., Zhang S., Apicella C. Heterogeneity of Pestivirus Species in Asia // *Advances in Microbiology.* – Vol. 2019. – Vol. 9. – P. 266-342.
29. Young, N.J., Thomas, C.J., Collins, M.E., Brownlie J. Real-time RT-PCR detection of Bovine Viral Diarrhoea virus in whole blood using an external RNA reference // *Journal of virological methods.* – 2006. – Vol. 138 (1-2), – P. 218-222. <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2006.08.008>
30. Workman A.M., Heaton M.P., Harhay G.P., Smith T.P., Grotelueschen D.M., Sjeklocha D., Brodersen B., Petersen J.L., Chitko-McKown C.G. Resolving Bovine viral diarrhoea virus subtypes from persistently infected U.S. beef calves with complete genome sequence // *Journal of veterinary diagnostic investigation.* – 2016. – Vol. 28. – P. 519-528.
31. Vilcek S., Paton D.J., Durkovic B., Strojny L., Ibata G., Moussa A., Loitsch A., Rossmanith S., Vega S., Scicluna M.T., Palfi V. Bovine viral diarrhoea virus genotype 1 can be separated into at least eleven genetic groups // *Archives of virology.* – P. 2001. – Vol. 146. – P. 99-115.
32. Chang L., Qi Y., Liu D. et al. Molecular detection and genotyping of bovine viral diarrhoea virus in Western China // *BMC veterinary research.* – 2021. – Vol.17. – Article 66.
33. Котенева С.В., Нефедченко А.В., Глотова Т.И., Глотов А.Г. Генетический полиморфизм возбудителя вирусной диареи (болезни слизистых оболочек) крупного рогатого скота на молочных комплексах Сибири. *Сельскохозяйственная биология.* – 2018. – Т. 53. – № 6. – С. 1238-1246.
34. Glotov A.G., Glotova T.I., Koteneva S.V., Semenova O. V., Sergeev A.A., Titova K.A., Morozova A.A., Sergeev A.A. Virulent Properties of Russian Bovine Viral Diarrhoea Virus Strains in Experimentally Infected Calves // *Scientifica.* – 2016. – Vol. 2016. – Article 7034509.
35. El Omari K., Iourin O., Harlos K., Grimes J.M., Stuart D.I. Structure of a pestivirus envelope glycoprotein E2 clarifies its role in cell entry // *Cell Reports.* – 2013. – Vol.3. – P. 30-35.

**С.А. Кан^{*1,2}, А.В. Жигайлов^{1,2}, А.В. Лушова^{1,2,3}, Е.О. Остапчук^{1,2}, Ю.В. Перфильева^{1,2},
С. Куатбекова¹, Н. Абдолла^{1,2}, А.В. Кулигин¹, С.А. Машжан^{1,3}, С.М. Мамадалиев¹**

¹Ұлттық биотехнология орталығы, Алматы, Қазақстан

²М.А. Айтхожин атындағы молекулалық биология және биохимия институты,
Алматы, Қазақстан

³Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

Қазақстанда ірі қара малдың вирустық диареясының таралу қаупін талдау

Андатпа. Ірі қара малдың вирустық диареясы ірі қара малдың ең таралған жұқпалы ауруы болып табылады және әлемнің көптеген елдерінде тіркелген. Бұл ауру ең алдымен ауру малдың көбею қабілетінің төмендеуіне байланысты мал шаруашылығына айтарлықтай экономикалық зиян келтіреді. Буаздық кезінде малды жұқтыру инфекцияның ұрыққа берілуіне әкеледі, бұл

эмбриональды өлімге немесе персистентті жұқтырған (PI) бұзаулардың тууына әкелуі мүмкін. PI-жануарлары өмір бойы вирусты нәжіспен және секрециямен төгеді және вирустың берілуінің негізгі жолы болып табылады. Жедел инфекция өтпелі вирусемияға және иммунитеттің төмендеуіне әкеліп соқтырса, оның салдары екіншілік аурулар санының көбеюіне әкеледі. Соңғы жылдары Ресей мен Қытайдың Қазақстанмен шектесетін бірнеше өңірінде вирустық диареяның өршуі тіркелді, бұл инфекцияның елге ену қаупінің жоғары екендігін көрсетеді. Қазақстан ресми түрде вирустық диареядан таза деп танылғанымен, бұл инфекцияның еліміздің көптеген аймақтарында бар екендігі туралы деректер жеткілікті. Алайда, елдегі ірі қараның вирустық диареясы бойынша эпизоотиялық жағдайды нақты түсінбеу мал басын толық егу және ауру жұқтыру қаупі бар аймақтарда карантиндік шараларды енгізу сияқты тиімді күрес шараларын толық пайдалануға мүмкіндік бермейді. Бұл мақалада Қазақстандағы ірі қара вирустық диарея бойынша эпизоотиялық жағдай туралы деректер, сондай-ақ елдегі ірі қара вирустық диареяның таралу қаупіне эпидемиологиялық талдау жасалған.

Түйін сөздер: ірі қара вирустық диареясы, қауіп талдауы, BVDV, эпидемиология, мал шаруашылығы.

С.А. Кан^{1,2*}, А.В. Жигайлов^{1,2}, А.В. Лушова^{1,2,3}, Е.О. Остапчук^{1,2}, Ю.В. Перфильева^{1,2},
С. Куатбекова¹, Н. Абдолла^{1,2}, А.В. Кулигин¹, С.А. Машжан^{1,3}, С.М. Мамадалиев¹

¹Национальный центр биотехнологии, Алматы, Казахстан

²Институт молекулярной биологии и биохимии им. М.А. Айтхожина, Алматы, Казахстан

³Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

Анализ рисков распространения вирусной диареи крупного рогатого скота в Казахстане

Аннотация. Вирусная диарея крупного рогатого скота (ВД КРС) является наиболее распространенным инфекционным заболеванием крупного рогатого скота и регистрируется во многих странах мира. Заболевание наносит значительный экономический ущерб животноводству, в первую очередь из-за снижения репродуктивной способности инфицированных животных. Заражение скота во время беременности приводит к передаче инфекции плоду, что может привести к гибели эмбриона или рождению персистентно инфицированных (PI) телят. PI-животные выделяют вирус со своими экскрементами и выделениями на протяжении всей жизни и являются основным путем передачи вируса. В то время как острая инфекция ВД КРС приводит к транзитной виремии и иммуносупрессии, последствием чего является увеличение числа вторичных заболеваний. В последние годы вспышки ВД КРС были зарегистрированы в нескольких регионах России и Китая, граничащих с Казахстаном, что указывает на высокий риск заноса инфекции в страну. Хотя Казахстан официально считается свободным от ВД КРС, имеются многочисленные данные указывающие на то, что данная инфекция присутствует во многих регионах страны. Однако, отсутствие четкого понимания эпизоотической ситуации в стране по ВД КРС не позволяет в полной мере использовать эффективные контрольные мероприятия, такие как тотальная вакцинация скота и введение карантинных мероприятий в рискованных по инфекции регионах. В настоящей статье приводятся данные по эпизоотической ситуации в Казахстане по ВД КРС, а также эпидемиологическому анализу рисков распространения ВД КРС в стране.

Ключевые слова: вирусная диарея КРС, анализ рисков, BVDV, эпидемиология, животноводство.

Список литературы

1. World Organisation for Animal Health «Bovine viral diarrhoea». Terrestrial Manual, Ch. 3.4.7, 1075-1096, (2018).
2. Kalaycioglu A.T. Bovine viral diarrhoea virus (BVDV) diversity and vaccination, A review, The veterinary quarterly, 29, No. 2., 60-67 (2007).
3. Fulton R.W. Impact of species and subgenotypes of bovine viral diarrhoea virus on control by vaccination, Animal health research reviews, 16, 40-54 (2015).
4. Giammarioli M., Ceglie L., Rossi E., Bazzucchi M., Casciari C., Petrini S., De Mia G.M. Increased genetic diversity of BVDV-1: recent findings and implications thereof, Virus Genes, 50, 147-151, (2015)
5. Walz P.H., Chamorro M.F., McFalkenberg S., Passler T., van der Meer F., Woolums A. Bovine viral diarrhoea virus: An updated American College of Veterinary Internal Medicine consensus statement with focus on virus biology, hosts, immunosuppression and vaccination, Journal of veterinary internal medicine 34, 5, 1690-1706 (2020).
6. Elvira Partida L., Fernández M., Gutiérrez J., Esnal A., Benavides J., Pérez V., de la Torre A., Álvarez M., Esperón F. Detection of bovine viral diarrhoea virus 2 as the cause of abortion outbreaks on commercial sheep flocks, Transboundary and emerging diseases, 64, 19-26 (2017).
7. Tarry D.W., Bernal L., Edwards S. Transmission of bovine virus diarrhoea virus by blood feeding flies, The Veterinary Record, 128, 4, 82-84 (1991).
8. Carlson J.M., Vander Ley B.L., Lee S.I., Grotelueschen D.M., Walz P.H., Workman A.M., Heaton M.P., Boxler D.J. Detection of bovine viral diarrhoea virus in stable flies following consumption of blood from persistently infected cattle, Journal of veterinary diagnostic investigation, 32, 1, 108-111 (2020).
9. Chamorro M.F., Passler T., Givens M.D., Edmondson M.A., Wolfe D.F., Walz P.H. Evaluation of transmission of bovine viral diarrhoea virus (BVDV) between persistently infected and naive cattle by the horn fly (*Haematobia irritans*), Veterinary research communications 35, 2, 123-129 (2011).
10. Meyling A., Houe H., Jensen A.M. Epidemiology of bovine virus diarrhoea virus, Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics) 9, 1, 75-93 (1990).
11. Graham D.A., German A., Mawhinney K., Goodall E.A. Antibody responses of naive cattle to two inactivated bovine viral diarrhoea virus vaccines, measured by indirect and blocking ELISAs and virus neutralization, The Veterinary record 152, 26, 795-800 (2003).
12. Bauermann F.V., Flores E.F., Ridpath J.F. Antigenic relationships between Bovine viral diarrhoea virus 1 and 2 and HoBi virus: possible impacts on diagnosis and control, Journal of veterinary diagnostic investigation, 24, 2, 253-261 (2012).
13. Bovine viral diarrhoea, Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals, Chapter 3.4.7 (2021).
14. Okunev A.M. Harakteristika jepizooticheskogo processa pri virusnoj diarei krupnogo rogatogo skota v rajone Severo-Kazahstanskoj oblasti [Characteristics of the epizootic process in bovine viral diarrhoea in the North Kazakhstan region], Bulletin of the Altai State Agrarian University 1, 183, 103-111 (2020). [in Russian]
15. Lindberg A.L.E. Alenius S. Principles for eradication of bovine viral diarrhoea virus (BVDV) infections in cattle populations, Veterinary Microbiology, 64, No. 3, 197-222 (1999).
16. Nelson D.D., Duprau J.L., Wolff P.L., Evermann J.F. Persistent Bovine Viral Diarrhoea Virus Infection in Domestic and Wild Small Ruminants and Camelids Including the Mountain Goat (*Oreamnos americanus*), Frontiers in microbiology, 6, 1415 (2016).

17. Charan J., Kantharia N.D. How to calculate sample size in animal studies? *Journal of pharmacology and pharmacotherapeutics*, 4, No. 4, 303-306 (2013).
18. Bovine viral diarrhoea virus, CABI, [Electronic resource] – Available at: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/91725> (accessed: 11.09.2022).
19. KazInform. Death of cattle in Mortyk village clarified in NKR. [Electronic resource] – Available at: https://www.inform.kz/ru/prichiny-gibeli-skota-v-sele-mortyk-vvyasnyayut-v-sko_a3850795 (accessed: 08.09.2022).
20. Khabar. Over 700 Cows Get Dangerous Infection In Karaganda Region. [Electronic resource] – Available at: <https://24.kz/ru/news/social/item/517565-bolee-700-korov-zaboleli-opasnoj-infektsiej-v-karagandinskoj-oblasti> (accessed: 07.09.2022).
21. Nur KZ. Four villages quarantined due to cattle infection in Atyrau region. [Electronic resource] – Available at: <https://www.nur.kz/incident/emergency/1956294-chetyre-sela-zakryli-na-karantin-iz-za-infektsii-skota-v-atyrauskoy-oblasti> (accessed: 08.09.2022).
22. KazInform. Dangerous infection found in cattle in Aktobe region. [Electronic resource] – Available at: https://www.inform.kz/ru/opasnuyu-infekciyu-vyyavili-u-skota-v-sele-aktyubinskoy-oblasti_a3969033 (accessed: 09.09.2022).
23. Eldala. Increase in cattle disease registered in Kazakhstan. [Electronic resource] – Available at: <https://eldala.kz/novosti/zhivotnovodstvo/8458-vsplesk-bolezni-skota-zaregistrovan-v-kazahstane> (accessed: 09.09.2022).
24. Lindberg A., Brownlie J., Gunn G.J., Houe H., Moennig V., Saatkamp H.W., Sandvik T., Valle P.S. The control of bovine viral diarrhoea virus in Europe: today and in the future. *Revue scientifique et technique*, 25, 3, 961-979 (2006).
25. Statistika sel'skogo, lesnogo, ohotnich'ego i rybnogo hozjajstva [Agricultural, forestry, hunting and fishery statistics], Bureau of National Statistics of the Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan [Electronic resource] – Available at: <https://stat.gov.kz/official/industry/14/statistic/7> (accessed: 09.09.2022).
26. King A.M.Q., Lefkowitz E.J., Mushegian A.R., et al. Changes to taxonomy and the International Code of Virus Classification and Nomenclature ratified by the International Committee on Taxonomy of Viruses, *Arch Virol*, 163, 2601-2631 (2018).
27. Braun U., Hilbe M., Peterhans E., Schweizer M. Border disease in cattle. *Veterinary journal (London)*, 246, 12-20 (2019).
28. Giangaspero M., Zhang S., Apicella C. Heterogeneity of Pestivirus Species in Asia. *Advances in Microbiology*, 9, 266-342 (2019).
29. Young N. J., Thomas C. J., Collins M. E., Brownlie, J. Real-time RT-PCR detection of Bovine Viral Diarrhoea virus in whole blood using an external RNA reference, *Journal of virological methods*, 138, 218-222 (2006). <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2006.08.008>
30. Workman A.M., Heaton M.P., Harhay G.P., Smith T.P., Grotelueschen D.M., Sjeklocha D., Brodersen B., Petersen J.L., Chitko-McKown C.G. Resolving Bovine viral diarrhoea virus subtypes from persistently infected U.S. beef calves with complete genome sequence, *Journal of veterinary diagnostic investigation*, 28, 519-528 (2016).

31. Vilcek S., Paton D.J., Durkovic B., Strojny L., Iбата G., Moussa A., Loitsch A., Rossmanith S., Vega S., Scicluna M.T., Palfi V. Bovine viral diarrhoea virus genotype 1 can be separated into at least eleven genetic groups. *Archives of virology*, 146, 99-115 (2001).
32. Chang L., Qi Y., Liu D., et al. Molecular detection and genotyping of bovine viral diarrhoea virus in Western China, *BMC veterinary research* 17, 66 (2021).
33. Koteneva S.V., Nefedchenko A.V., Glotova T.I., Glotov A.G. Geneticheskij polimorfizm возбуdivitelja virusnoj diarei (bolezni slizistyh obolochek) krupnogo roगतого skota na molochnyh kompleksah Sibiri [Genetic polymorphism of the causative agent of viral diarrhoea (mucous membranes) of cattle on the dairy complexes of Siberia], *Agricultural biology*, 53, 1238-1246 (2018). [in Russian]
34. Glotov A.G., Glotova T.I., Koteneva S.V., Semenova O.V., Sergeev A.A., Titova K.A., Morozova A.A., Sergeev A.A. Virulent Properties of Russian Bovine Viral Diarrhoea Virus Strains in Experimentally Infected Calves, *Scientifica* (2016), article 7034509.
35. El Omari K., Iourin O., Harlos K., Grimes J.M., Stuart D.I. Structure of a pestivirus envelope glycoprotein E2 clarifies its role in cell entry, *Cell Reports*, 3, 30-35 (2013).

Information about authors:

Kan S.A. – master, junior researcher, Almaty Branch of the National Center for Biotechnology, Zhahanger str, 14, Almaty, Kazakhstan.

Zhigailov A.V. – PhD, head of the Laboratory of Molecular Biology, Almaty Branch of the National Center for Biotechnology, Zhahanger str., 14, Almaty, Kazakhstan.

Ostapchuk Y.O. – PhD, Associate Professor, Head of Laboratory of Immunology and Immunobiotechnology, Almaty Branch of the National Center for Biotechnology, Zhahanger str, 14, Almaty, Kazakhstan.

Perfilieva Yu.V. – PhD, Associate Professor, Lead Researcher, Almaty Branch of the National Center for Biotechnology, Zhahanger str, 14, Almaty, Kazakhstan.

Lushova A.V. – master student, Kazakh National University Al-Farabi, Kazakhstan, Almaty, laboratory assistant, Almaty Branch of the National Center for Biotechnology, Zhahanger str, 14, Almaty, Kazakhstan.

Kuatbekova S.A. – master, researcher, Almaty Branch of the National Center for Biotechnology, Zhahanger str, 14, Almaty, Kazakhstan.

Abdolla N. – PhD, senior researcher, Almaty Branch of the National Center for Biotechnology, Zhahanger str, 14, Almaty, Kazakhstan.

Kuligin A.V. – baccalaureate student, Kazakh National University Al-Farabi, Kazakhstan, Almaty, laboratory assistant, Almaty Branch of the National Center for Biotechnology, Zhahanger str, 14, Almaty, Kazakhstan.

Mashzhan A.S. – doctoral student, researcher, Almaty Branch of the National Center for Biotechnology, Zhahanger str, 14, Almaty, Kazakhstan.

Mamadaliyev S.M. – doctor of Veterinary Sciences, Professor, Almaty Branch of the National Center for Biotechnology, Zhahanger str, 14, Almaty, Kazakhstan.

Авторлар туралы мәліметтер:

Кан С.А. – магистр, кіші ғылыми қызметкер, Ұлттық биотехнология орталығы, Джахангер көш., 14, Алматы, Қазақстан.

Жигайлов А.В. – PhD, Молекулярлық биология зертханасының меңгерушісі, Ұлттық биотехнология орталығы, Джахангер көш., 14, Алматы, Қазақстан.

Останчук Е.О. – PhD, қауымдастырылған профессор, Иммунология және иммунобиотехнологиялар зертханасының меңгерушісі, Ұлттық биотехнология орталығы, Джахангер көш., 14, Алматы, Қазақстан.

Перфилиева Ю.В. – PhD, қауымдастырылған профессор, жетекші ғылыми қызметкер, Ұлттық биотехнология орталығы, Джахангер көш., 14, Алматы, Қазақстан.

Лушова А.В. – магистр, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, лаборант, Ұлттық биотехнология орталығы, Джахангер көш., 14, Алматы, Қазақстан.

Қуатбекова С.А. – магистр, ғылыми қызметкер, Ұлттық биотехнология орталығы, Джахангер көш., 14, Алматы, Қазақстан.

Абдолла Н. – PhD, аға ғылыми қызметкер, Ұлттық биотехнология орталығы, Джахангер көш., 14, Алматы, Қазақстан.

Кулигин А.В. – студент, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, лаборант, Ұлттық биотехнология орталығы, Джахангер көш., 14, Алматы, Қазақстан.

Мәшжан А.С. – докторант, ғылыми қызметкер, Ұлттық биотехнология орталығы, Джахангер көш., 14, Алматы, Қазақстан.

Мамадалиев С.М. – ветеринария ғылымдарының докторы, профессор, Ұлттық биотехнология орталығы, Джахангер көш., 14, Алматы, Қазақстан.



МРНТИ 34.29.35

<https://doi.org//10.32523/2616-7034-2024-148-3-28-43>

Научная статья

Антропогенная трансформация растительного покрова поймы реки Иртыш

В.А. Камкин 

Торайгыров университет, Павлодар, Казахстан

*Автор для корреспонденции: vikkamkin@gmail.com

Аннотация. В статье рассматривается современное состояние растительного покрова поймы реки Иртыш в пределах её равнинного степного отрезка (Павлодарское Прииртышье) в условиях антропогенной трансформации гидрологического режима. Дается описание ландшафтной приуроченности основных классов формаций пойменной растительности. Показаны основные имеющиеся факторы антропогенного воздействия на растительный покров в виде выпаса, рекреации, сенокосения, пожаров, захламления твердыми бытовыми отходами и пр. Разработаны критерии и индикаторы нарушенности. Приводится описание ботанического биоразнообразия с анализом хозяйственного спектра флоры (кормовых, лекарственных, пищевых, медоносов, ядовитых, декоративных, технических видов растений). Установлено, что по литературным данным флора территории содержит 9 краснокнижных видов, однако при полевом обследовании был отмечен только краснокнижный *Stipa pennata* L. Описаны основные восемь угроз для ботанического биоразнообразия: изменение гидрологического режима реки; выпас скота на пойменных лугах; весенние палы сухой травы; выпас и водопой скота на берегу реки; создание гидротехнических сооружений в виде дамб; незаконный сбор декоративных краснокнижных растений; распашка степных ландшафтов на надпойменных террасах; антропогенная инвазия чужеродной флоры. На основании анализа геоботанических описаний выявлены фитоиндикаторы экологических условий (увлажнение, засоление, химический и механический состав почвы, пастбищная нагрузка и пр.) для данного региона. Предложены рекомендации по снижению негативного антропогенного воздействия, сохранению видового и ценотического биоразнообразия и способы восстановления нарушенных территорий в условиях изменения климата и современного трансграничного использования реки Иртыш.

Ключевые слова: река Иртыш, пойма, растительность, антропогенная трансформация, фитоиндикаторы, мелиорация нарушенных экосистем, биоразнообразие.

Поступила: 10.06.2024; Одобрена: 31.08.2024; Доступна онлайн: 27.09.2024

Введение

Река Иртыш на своем протяжении в 4248 км охватывает несколько ботанико-географических областей. В каждой из ботанико-географических областей растительный покров долины приобретает типичные черты соответствующей ботанико-географической зоны. Пойменная растительность является интразональной экосистемой с преобладающим влиянием гидрологического режима реки, на который накладывается фоновое воздействие зональных климатических особенностей и геохимической специфики подстилающих пород.

Строительство каскада водохранилища и канала Иртыш-Караганда стали причиной антропогенной трансформации гидрологического режима Иртыша, что привело к значительному остепнению и засолению пойменных экосистем. На эти факторы накладывается чрезмерная пастбищная и сенокосная нагрузка, что снижает урожайность угодий и приводит к негативным изменениям в составе естественной флоры [1,2]. Аномальные паводки весны 2024 года вызвали повышенное внимание к вопросу гидрологического режима крупных рек и их бассейнов [3]. Требуется решить практические вопросы роли растительного покрова в регулировании водного режима и определить последствия для экосистем от гидрологических (в том числе противопаводковых) воздействий на долину реки Иртыш.

Данная работа выполнена при финансировании Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан по программе «Оценка состояния биоресурсов в казахстанской части бассейна Иртыша в условиях трансграничного использования водных ресурсов и климатических изменений» ИРН BR18574062.

Целью работы было провести анализ факторов антропогенной нарушенности растительного покрова поймы реки Иртыш и выявить растительные индикаторы антропогенной нарушенности пойменных экосистем.

Задачи:

- 1) дать характеристику растительных сообществ с выделением индикаторных, редких и исчезающих видов растений для описания экосистем;
- 2) провести оценку степени антропогенной трансформации экосистем на основе ботанических данных;
- 3) определить основные угрозы экосистемам и биоразнообразию, сделать прогноз изменений в условиях различной водообеспеченности бассейна реки Иртыш;
- 4) разработать план действий для минимизации ущерба, наносимого наземным экосистемам в результате антропогенного воздействия и трансграничного использования водных ресурсов бассейна Иртыша в условиях климатических изменений.

Материалы и методы исследования

Исходным материалом для работы послужили полевые материалы 2023 года исследования. Анализ геоботанических бланков для выявления индикаторов антропогенной нарушенности осуществлялся по модифицированным методикам [4-8].

Основными свойствами индикатора являются достоверность (показатель совместной встречаемости или сопряженности индикатора с фактором-индикатором) и значимость (показатель частоты, с которой данный индикатор встречается вместе с фактором-индикатором). Эти показатели отражены в шкале достоверности индикатора (таблица 1).

Таблица 1

Шкала достоверности индикатора (по Обуховскому [8])

Общее количество геоботанических бланков		Степень достоверности индикатора
Индикатор и индикат встречены совместно	Индикатор встречен без индиката	
100%	0%	Абсолютный индикатор
90-99%	1-9%	Верный индикатор
75-89%	10-24%	Удовлетворительный индикатор
60-74%	25-40%	Сомнительный индикатор
менее 60%	более 40%	Индикация невозможна

Однако при использовании данного метода для выявления индикаторов антропогенной нарушенности пойменных экосистем следует избегать формального подхода. Так, например, сенокосение осуществляется в основном на пойменных свежих и настоящих лугах, для которых характерно произрастание пырея ползучего, который, как следствие, будет встречаться с высокой долей достоверности на сенокосах при анализе бланков описаний. Однако пырей ползучий не является индикатором сенокосного воздействия, а указывает на определенный класс луговой растительности с переменным уровнем увлажнения. Будучи высокопитательным средне-крупноверховым злаком, он является причиной сенокосения в его фитоценозах, а не индикатором данного типа воздействия.

Гораздо большей информативностью может служить отсутствие или снижение обилия определенных видов при наличии того либо иного фактора антропогенной нарушенности.

Также при выявлении фитоиндикаторов экологического состояния растительности мы учитывали фактор богатства-засоления почвы, механический состав почвы, степень аллювиальности местообитания, степень увлажнения, переменность увлажнения, фактор механического воздействия на побеги растений, фактор механического воздействия на корневую систему.

При оценке степени антропогенной нарушенности растительности описывались условно «фоновые» ненарушенные или слабонарушенные участки, сохранившие биоразнообразие и структуру сообществ, и их антропогенные модификации в каждом типе экосистем [9]. Антропогенный характер нарушений устанавливался на основании присутствия явно антропогенных объектов (дорог, строений и т.п.), наличия антропогенных мезо- и микроформ рельефа или по виду использования земель.

К основным критериям антропогенной нарушенности относятся угнетение жизненного состояния растений, изменение соотношения и фитоценотической роли видов в

сообщества, изменение качественного состава сообществ и замена коренных видов сорными.

Выявление стадий трансформации растительности производилось методом описания эколого-динамических рядов сообществ от сильнонарушенных до условно фоновых. Однотипные сообщества ортировались по убыванию интенсивности фактора воздействия. При этом особое внимание уделялось фиксации видов-индикаторов трансформации.

При проведении оценки состояния растительности использовалась 5-балльная система [10]:

Фоновая растительность (0 баллов) характеризуется отсутствием видимых следов антропогенного воздействия, состав и структура сообщества соответствуют зональным и экологическим условиям биома. В составе фитоценоза отсутствуют сорно-рудеральные виды.

Слабонарушенная растительность (1 балл). Слабые внешние признаки антропогенного воздействия. Из состава сообщества выпадают наиболее чувствительные фитоиндикаторы. Состав доминантов и субдоминантов фитоценоза не изменяется.

Средненарушенная растительность (2 балла). Состав доминантов и субдоминантов сохраняется, но ухудшается жизненное состояние растений. Снижается видовое разнообразие видов-ассектаторов. Продуктивность сообщества снижена. Динамика имеет характер направленных сукцессий с внедрением в структуру сообщества сорно-рудеральной флоры.

Сильнонарушенная растительность (3 балла). Нарушается состав доминантов и субдоминантов фитоценоза. Видовое биоразнообразие сильно снижается, увеличивается число сорно-рудеральных видов до 50%. Проективное покрытие почвы растительностью снижается более чем на 50% от стандартного для данного биома. Динамика имеет характер катастрофических сукцессий.

Очень сильнонарушенная растительность (4 балла). Полное нарушение естественного фитоценоза. В травостое преобладают сорно-рудеральные виды, с незначительным участием видов аборигенной флоры. Проективное покрытие сильно снижено, более 75% от нормы. Динамика имеет хаотический характер.

Также устанавливался вид основного воздействия: выпас, сенокосение, пожары, селитебно-промышленное, транспортное, лесохозяйственное, химическое, рекреационное, земледельческое, гидротехническое.

Результаты и их обсуждение

В 2023 г. в Павлодарском Прииртышье было выявлено 330 видов сосудистых растений из 63 семейств. В отношении хозяйственной значимости: кормовых растений – 118 видов, лекарственных – 90 видов, пищевых – 53 вида, медоносов – 78 видов, ядовитых – 25 видов, декоративных – 63 вида, технических – 25 видов.

Пойменные растительные сообщества Павлодарского Прииртышья подчиняются достаточно строгой и логической структуре эколого-географического зонирования поймы.

Началом сукцессионного развития пойменной растительности являются пионерные группировки из однолетников и эксплерентов на молодых отложениях аллювия. На прирусловых валах с неразвитыми пойменными лесо-луговыми почвами формируются тополево-ивовые леса умерного типа с хорошо выраженным кустарниковым ярусом из кустарниковых ив и шиповников. Характерно высокое разнообразие крупнолистных многолетних двудольных и вьющихся растений. Данный факт объясняется отсутствием сенокосения и выпаса скота, которые сильно повреждают надземные органы растений. В травостое доминируют длиннокорневищные многолетники (пырей ползучий, кострец безостый, тростник обыкновенный, вейник наземный) из-за высокой аллювиальности биома.

Относительно выравненная центральная пойма характеризуется пойменными лугами на гидроморфных пойменных почвах. В зависимости от уровня увлажнения, положения в микрорельефе и продолжительности заливания паводковыми водами могут формироваться следующие классы пойменных лугов:

- остепненные луга (доминируют ксеромезофитные многолетние злаки, полыни и разнотравье. Отсутствуют гигрофитные осоки);
- настоящие луга (доминируют мезофитные многолетние злаки и разнотравье с высоким участием ксеромезофитов);
- свежие луга (доминируют мезофитные многолетние злаки и разнотравье с участием гигромезофитов. Отсутствуют полыни);
- сырые луга (доминируют гигромезофитные многолетники с участием мезофитов);
- заболоченные луга (доминируют гигрофитные многолетние осоки и разнотравье).

В случае постоянного водного покрытия формируются пойменные травяные болота с доминированием макрогигрофитов (тростник обыкновенный, камыш озерный, рогоз узколистный и осока острая). Данные классы пойменных лугов могут формироваться как на гликофитных, так и на галофитных почвах, что, в свою очередь, будет влиять на характер доминантов. Гликофитным почвам более свойственны злаковые формации, галофитным почвам более свойственны разнотравные формации с доминированием бобовых и маревых.

Наличие выраженных форм мезорельефа в виде пойменных протоков с крутыми берегами затрудняет механическое сенокосение, и, как следствие, влечет за собой формирование комплексной древесно-кустарниковой и луговой растительности с высоким обилием крупнолистного разнотравья.

Типичная притеррасная пойма имеет избыточное увлажнение и минерализацию почвенного профиля, что способствует формированию пойменных травяных болот и травостоев с доминированием бобового и маревого разнотравья. При наличии на первой надпойменной террасе животноводческих комплексов происходит усиленный вынос биогенных элементов с формированием сообществ нитрофильного крупного разнотравья (крапива двудомная, конопля сорная, лопух войлочный и пр.).

При повышении уровня рельефа и выходе биома из-под паводкового режима в составе фитоценоза появляются аллювиафобные виды: осина, ковыли, астрагалы, земляника, лабазник шестилепестный и пр. Фитоценозы принимают черты зональной растительности, однако все ещё сохраняют черты интразональности.

С повышением уровня засоления формируются галофитные пойменные экосистемы с доминированием солеустойчивых и галофитных видов (солодка уральская, ситник Жерара, кермек Гмелина, горькуша солончаковая и горькая, полыни селитряная и понтийская, сочные солянки, бескильницы расставленная и тончайшая). При крайней степени засоления на пойменных солонцах произрастает солерос европейский и прутняк простертый.

Выявлены следующие фитоиндикаторы экологических условий для данного региона:

- наличие в фитоценозе осины, астрагалов, земляники, лабазника шестилепестного – отсутствие пойменного режима с отложением аллювия (верный индикатор);
- наличие в травостое ситника Жерара, кермека Гмелина, гониолимона красивого, горечавки легочной – карбонатные почвы тяжелого механического состава с периодическими пересыханиями верхнего почвенного горизонта (верный индикатор);
- высокое обилие качима метельчатого (cop1-sp) – лугово-степной уровень увлажнения на карбонатных почвах (удовлетворительный индикатор);
- доминирование в травостое длиннокорневищных злаков – высокая аллювиальность при легких песчаных фракциях аллювия (удовлетворительный индикатор);
- доминирование в травостое дерновинных злаков и стержнекорневого многолетнего разнотравья – отсутствие аллювиальности и постоянство местообитания без нарушений целостности почвенно-растительного покрова (удовлетворительный индикатор);
- наличие в травостое крупнолистного разнотравья (борщевик сибирский, лопух войлочный, крапива двудомная) – высокое содержание в почве азота (верный индикатор);
- доминирование осоки острой – кислые тяжелые лугово-болотные почвы с непостоянным водным режимом: от заливания на глубину до 50 см до пересыхания верхнего горизонта почвы (удовлетворительный индикатор);
- доминирование костреца безостого – песчаный аллювий на прирусловой пойме (удовлетворительный индикатор);
- доминирование бобового разнотравья – высокая степень минерализации почвы при низком содержании азота (удовлетворительный индикатор);
- доминирование средне- и крупноверховых злаков при низком обилии бобовых – высокое содержание азота и низкая минерализация почвы (удовлетворительный индикатор);
- доминирование макрогигрофитов (тростник, камыш, рогоз) указывает на среднюю глубину затопления травяного болота в $1 \text{ м} \pm 50 \text{ см}$ (верный индикатор);
- доминирование аира болотного и стрелолистов указывает на среднюю глубину затопления травяного болота в 50 см, но не глубже 1 м (верный индикатор);
- произрастание укореняющихся гидрофитов с поверхностноплавающими листьями (кувшинки, кубышки, чилим, телорез алоэвидный) указывает на глубину водоема в 1,5-2,5 м со стоячей или слабо текущей водой (верный индикатор);
- доминирование поверхностноплавающих микрогидрофитов (ряска, сальвиния) индицирует спокойную водную поверхность без волн и течения (верный индикатор);
- доминирование ксерофильных галофитов – сульфатное засоление почвы (удовлетворительный индикатор);

– доминирование суккулентных галофитов – хлоридное засоление почвы (удовлетворительный индикатор).

На основании анализа литературных данных [14–17] установлено, что флора территории содержит 9 краснокнижных видов:

Pulsatilla patens (L.) Mill. – Прострел раскрытый

Rosa pavlovii Chrshan. – Шиповник Павлова

Nymphoides peltata (S.G.Gmelin) O. Kuntze – Болотноцветник щитолистный, кувшинковидный

Rhaponticum carthamoides Willd. Iljin. – Большеголовник сафлоровидный (Левзея)

Tulipa biebersteiniana Schult. et Schult. fil. – Тюльпан Биберштейна

Ornithogalum fischerianum Krasch. – Птицемлечник Фишеровский

Hemerocallis lilio-asphodelus L. – Красоднев жёлтый

Cypripedium guttatum Sw. – Башмачок пятнистый

Stipa pennata L. – Ковыль перистый

Во время полевых обследований 2023 года при достаточном обилии были обнаружены только краснокнижный *Stipa pennata* L., редкий вид *Saussurea robusta* Ledeb; и реликты *Equisetum sylvaticum* L., *Nuphar lutea* (L.) Smith., *Nymphaea candida* J. et C. Presl. и *Nymphaea tetragona* Georgi [18, 19].

Следует указать, что в период с 2004 по 2023 год ни разу на территории поймы Павлодарского Прииртышья не был отмечен *Rosa pavlovii* Chrshan, что ставит под сомнение его произрастание на данном участке в настоящее время.

Выявленное в 2023 г. флористическое разнообразие составляет 60% от общего числа видов, отмеченных для данной территории ранее – 549 видов и 74 семейств [14]. Отсутствие в списке видов большинства эфемеров и эфемероидов связано с проведением исследований в летний период, когда эта группа растений уже закончили вегетацию.

При оценке антропогенного воздействия на пойменные экосистемы следует учитывать антропогенное зарегулирование стока реки. В 2023 г. в период паводка было затоплено 36% площади поймы. Недостаток паводкового затопления вместе с аномальной жарой и засухой в мае и июне 2023 г. вызвало усиление аридизации и галофитизации пойменных экосистем и существенное снижению урожайности травостоев. Косвенным влиянием гидротехнического воздействия является утяжеление механического состава аллювиальных отложений, в то время как легкие песчаные фракции оседают перед гидротехническими сооружениями. Утяжеление аллювия снижает обилие длиннокорневищных растений в составе пойменных лугов.

Большинство обследованных участков поймы подвергались воздействию в виде выпаса, рекреации и сенокосения. Наибольшая антропогенная трансформация отмечена для участков в южной части Павлодарского Прииртышья в пределах опустыненной степной подзоны на территории Майского и Лебяжинского районов. Почвенно-растительный покров был полностью нарушен, и участки характеризовались как катаценозы.

Для антропогенного нарушения выделены следующие фитоиндикаторы (таблица 2):

Таблица 2

Виды антропогенного воздействия и степень нарушенности растительных сообществ в пойме Павлодарского Прииртышья, 2023 г.

Вид воздействия	Степень нарушенности	Ботанические индикаторы
выпас скота	средняя	<i>Xanthium strumarium, Artemisia austriac, Festuca valesiaca</i> (удовлетворительный индикатор)
	сильная	<i>Xanthium strumarium, Hordeum jubatum</i> , (удовлетворительный индикатор)
	очень сильная	<i>Xanthium strumarium, Taraxacum officinale, Cirsium esculentum, Ceratocarpus arenarius</i>
	Катастро-фическая	<i>Xanthium strumarium</i> (верный индикатор)
сенокосение	слабая	Отсутствие подроста древесно-кустарниковых видов, отсутствие <i>Heracleum sibiricum, Urtica dioica, Arctium tomentosum</i>
	средняя	<i>Plantago, Rumex confertus, Trifolium repens</i> (удовлетворительный индикатор)
агротехническое	слабая, локальная	<i>Achillea nobilis, Berteroa incana</i> с обилием «sp» и выше. На надпойменных террасах житняка и люцерна посевная с обилием «sp» и выше. (удовлетворительный индикатор)
рекреация	слабая	Ботанические индикаторы отсутствуют
	средняя	Ботанические индикаторы отсутствуют
	сильная	<i>Xanthium strumarium, Polygonum aviculare, Plantago, Potentilla anserina</i> (удовлетворительный индикатор)
	очень сильная	<i>Xanthium strumarium</i> (верный индикатор)
	катастро-фическая	<i>Xanthium strumarium</i> (верный индикатор)
захламление мусором	сильная	ботанические индикаторы отсутствуют
пожары	очень сильная	ботанические индикаторы отсутствуют
химическое воздействие	очень сильная	ботанические индикаторы отсутствуют
тепловое воздействие	среднее	ботанические индикаторы отсутствуют
осыпи грунта	средняя	<i>Artemisia procera, Leymus racemosus, Xanthium strumarium</i> (удовлетворительный индикатор)
отсутствует	условно фоновая растительность	отсутствие сорно-рудеральных видов (верный индикатор)

Как показывает таблица 2, начиная со среднего уровня антропогенного воздействия, наблюдается конвергентное схождение индикаторных видов, наиболее универсальным

из которых является дурнишник обыкновенный. Для пожаров, химического и теплового воздействия ботанические индикаторы установить не представляется возможным.

Среди основных угрожающих факторов для ботанического биоразнообразия Иртышской поймы можно указать следующие восемь угроз:

1) Изменение гидрологического режима реки Иртыш и сокращение сроков и объемов паводков. Данный фактор является главным триггером аридизации и галофитизации пойменных экосистем. Недостаточная интенсивность паводков особую угрозу представляет для болеальных реликтовых гидрофитов – *Nymphoides peltata* (S.G.Gmelin) O. Kuntze, *Nuphar lutea* (L.) Smith., *Nymphaea candida* J. et C. Presl. и *Nymphaea tetragona* Georgi., *Trapa* spp., которые из-за усиленного обмеления и зарастания пойменных водоемов при отсутствии естественной промывки их русла могут исчезнуть из состава флоры территории.

2) Использование пойменных угодий для выпаса скота. Помимо прямого воздействия на травостой при его поедании происходит интенсивное механическое воздействие на пойменные почвы, что влечет за собой нарушение целостности почвенного покрова, формирование скотобойных кочек, заболачиванию, засолению и водной эрозии.

3) Осуществление весенних палов сухой прошлогодней травы. Весенние палы оказывают серьезное воздействие на ценопопуляции пойменных эфемеров и эфемероидов, а также на древесно-кустарниковую растительность.

4) Несоблюдение режима водоохранной зоны с выпасом и водопоем скота на берегу реки. Следствием нахождения скота на берегу Иртыша является уничтожение почвенно-растительного покрова как прямым воздействием животных, так и косвенным эрозионным воздействием течения реки.

5) Создание гидротехнических сооружений в виде дамб. Попытки создания лиманного орошения в Лебяжинском и Майском районах Павлодарской области привели в совокупности с перевыпасом к полной деградации почвенно-растительного покрова с утерей угодьями способности к самовосстановлению и продуктивности. Дамбы являются искусственным барьером на пути весеннего паводка, лишают отсеченные сегменты водного обеспечения и отложения пойменного аллювия – основы плодородия и почвообразования пойменных почв.

6) Незаконный сбор декоративных краснокнижных растений представляет угрозу таким видам, как *Pulsatilla patens*, *Tulipa biebersteiniana*, *Ornithogalum fischerianum*, *Hemerocallis lilio-asphodelus* и *Cypripedium guttatum*.

7) Распашка степных ландшафтов на надпойменных террасах, а также их использование под выпас сельскохозяйственных животных являются главной угрозой популяциям *Stipa pennata*, которые в настоящее время активно замещаются на популяции типчака и полыни австрийской.

8) Антропогенная инвазия чужеродной флоры или биологическое загрязнение. Из представителей адвентивной флоры наиболее агрессивное поведение отмечено у *Acer negundo* L., *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. et Cray и *Cyclachaena xantifolia* (Nutt.) Fresen., которые внедряются в естественные сообщества и вытесняют из них аборигенные виды.

Для сохранения пойменных экосистем необходимо обеспечение естественного гидрологического режима Иртыша, при котором территория поймы заливалась на достаточно

продолжительный период почти ежегодно на 89-97% от её площади с естественной промывкой русел многочисленных протоков, стариц и озёр, а также заболоченных и засоленных участков.

Сохранение имеющихся тенденций в природопользовании на территории поймы Иртыша в долгосрочной перспективе будет иметь следующие последствия.

Усиление аридизации и галофитизации пойменных экосистем с последовательным замещением классов пойменной растительности в зависимости от ландшафтного положения. Уменьшение ценотической роли и продуктивности длиннокорневищных верховых злаков. Замена ценных кормовых знаков на стержнекорневое плохо поедаемое разнотравье и полыни, которое за счет глубокопроникающей корневой системы способно обеспечить себя грунтовой водой. Снижение обилия мезофильного разнотравья и замена его на полынный травостой.

Отсутствие естественной промывки русел пойменных водоемов способствует их усиленному заилению, мелению и зарастанию по следующему сукцессионному ряду: рдесты и урути – кувшинки, кубышки, чилим, телорез – макрогигрофиты – аир, стрелолист – осоки – мезогигрофильное разнотравье (бодяк седой, дербенники, лютики и пр).

Выпас и водопой скота на берегу Иртыша приводят к уничтожению почвенно-растительного покрова с последующим размывом коренного берега и уничтожению ценных массивов пойменных угодий.

Зимние паводки являются угрозой для естественного семенного возобновления пойменных лесов на молодых отложениях речного аллювия. В результате затопления древесного подроста в зимний период происходит его вмерзание в лед с последующим разрывом молодых растений и их гибелью. Погибший растительный покров перестает выполнять функцию аккумуляции аллювия, весной во время паводка происходит размыв молодого аллювия и нарушение начальных этапов сукцессионных звеньев формирования пойменного почвенно-растительного покрова.

Главным динамическим трендом уменьшения объемов паводков будет конвергентное сближение пойменных фитоценозов в направлении квазикоренных растительных формаций с соответствующей потерей биоразнообразия за счет выпадения интразональной гигромезофильной фитокомпоненты.

Для сохранения растительного покрова поймы реки Иртыш желательно обеспечить ежегодное затопление поймы до 80% её площади, производить природоохранные попуски в два этапа: весенний (апрель–май) и ранне-летний (июнь). В местах наличия дамб в пойме Иртыша Лебяжинского и Майского районов целесообразно провести инвентаризацию их состояния с ремонтом водопропускной шлюзной системы или демонтажом дамб для обеспечения естественного гидрологического режима на нарушенных пойменных территориях. Максимально избегать зимних попусков воды из системы водохранилищ для сохранения подроста древесно-кустарниковых растений на участках молодой прирусловой поймы.

Запретить выпас скота на пойменных угодьях и использовать пойменные луга исключительно для сенокосения. Сенокосение производить в различные сроки для обеспечения возможности семенного возобновления луговых трав. Для каждого сельского

округа необходимо разработать научно обоснованные сенокосо- и пасбищеобороты и обеспечить контроль по их соблюдению для предотвращения переэксплуатации растительных сообществ Баранов [20].

Запретить ежегодные весенние палы прошлогодней травы в пойменных угодьях. Организовать профилактические мероприятия среди землепользователей с разъяснением юридической ответственности и последствий поджогов.

Необходимо осуществлять контроль за инвазией видов адвентивной флоры, мониторить состояние популяций наиболее агрессивных её представителей. Целесообразно проводить выкашивание обнаруженных зарослей *Cyclachaena xantifolia* до начала её семяношения с июня по середину июля.

Обеспечить мероприятия по профилактике переэксплуатации и восстановлению нарушенных сообществ. Данные мероприятия необходимо дифференцировать в соответствии со степенью нарушенности экосистем. Для очень сильно и катастрофически сильно нарушенных территорий необходимо проведение комплексной коренной мелиорации с завозом плодородного грунта, посевом соответствующей положению в ландшафте травосмеси из местных видов растений, полива Бирюкович [21], предотвращения водной и ветровой эрозии с непопущением эксплуатации до полного завершения восстановительной сукцессии Андреев [22]; Андреев [23]; Жеруков [24].

Выводы

На обследованной территории в Павлодарском Прииртышье в 2023 г. было выявлено 330 видов сосудистых растений из 63 семейств, большинство из которых имеют одно или несколько хозяйственных значений. Редкими и охраняемыми являются 14 видов растений, из которых девять видов внесены в Красную книгу Казахстана.

Как правило, обследованные участки подвергались воздействию в виде выпаса, рекреации и сенокосения. Для двух локальных участков характерно сильное химическое загрязнение. Для одного локального участка отмечено тепловое загрязнение от Аксусской ГРЭС.

Наибольшая антропогенная трансформация отмечена для участков в южной части области. Почвенно-растительный покров на трех участках был полностью нарушен и экосистемы характеризуются как катаценозы.

Наиболее универсальным индикатором сильной и очень сильной антропогенной нарушенности в Иртышской пойме является дурнишник обыкновенный (*Xanthium strumarium* L.)

Финансирование

Эта работа была поддержана Программой целевого финансирования BR18574062.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов

Камкин В.А.: концептуализация; написание — подготовка первоначального черновика; написание — рецензирование и редактирование; руководство.

Список литературы

1. Атаева Г.М. Сезонная динамика биологической продуктивности основных ассоциаций степей Западного Казахстана // Вестник ЕНУ имени Л.Н. Гумилева. Серия: Химия. География. Экология. – 2023. – № 1 (142). – С. 95-105. DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2023-142-1-95-105>.
2. Tursynbayeva A.A. Analysis of the assessment of the salinity degree of irrigated lands in Karmakshy District of Kyzylorda region // Вестник ЕНУ имени Л.Н. Гумилева. Серия: Химия. География. Экология. – 2023. – № 3 (144). – С. 77-87. DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2023-144-3-77-87>.
3. Тусупбеков Ж.А., Казаков В.А., Шарапов А.А. Мангутский водоток как решение проблемы затопления, подтопления Называевского муниципального района Омской области // Вестник ЕНУ имени Л.Н. Гумилева. Серия: Химия. География. Экология. – 2023. – № 4 (145). – С. 93-104. DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2023-145-4-93-104>.
4. Нешатаев Ю.Н. Методы анализа геоботанических материалов: учеб. пособ. – Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1987. – 192 с.
5. Сохранение и восстановление биоразнообразия. Колл. авторов. – М.: Изд-во Научного и учебно-методического центра, 2002. – 286 с.
6. Об утверждении методики по проведению крупномасштабных (1:1 000 – 1:100 000) геоботанических изысканий природных кормовых угодий Республики Казахстан / Приказ Министра сельского хозяйства Республики Казахстан от 3 октября 2022 года № 314. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 5 октября 2022 года. – Нур-Султан, 2022. – № 30043-П.
7. Нешатаев В.Ю. Метод упорядочивания фитоценологических таблиц в информационно-статистической системе ЕСОРНУТО (ECOSERVICE РНУТОСОЕНАРИУМ) // Компьютерные базы данных в ботанических исследованиях. - С-Пб. – 1997. – С. 73-75.
8. Обуховский Ю.М. Ландшафтная индикация: учебное пособие. – Минск, 2008. – 268 с.
9. Огарь Н.П. Растительность долин рек семиаридных и аридных регионов континентальной Азии: дис. ... д.б.н.: 03.00.05 / Институт ботаники и фитоинтродукции. – Алма-Ата, 1999. – 273 с. - Инв. № 0599РК00110.
10. Жубатов Ж.К., Бекешев Е.А., Бисариева Ш.С., Агапов О.А., Степанова Е.Ю., Ержанов Н.Т., Кабжанова Г.Р., Камкин В.А., Абылхасанов Т.Ж. Оценка воздействия ракетно-космической деятельности на состояние природных комплексов казахского мелкосопочника // Вестник ПГУ. Химико-биологическая серия. – 2012. – № 3. – С. 40-51.
11. Каденова А.Б., Камкин В.А. Состав, структура и продуктивность осоково-разнотравно-злакового сообщества // Проблемы изучения растительного покрова Сибири / Материалы III международной научной конференции, посвящённой 120-летию Гербария им. П.Н. Крылова Томского государственного университета. – Томск, 2005. – С. 79.
12. Камкин В.А. Пойменные леса в долине реки Иртыш на территории Павлодарской области // Материалы международной конференции «Биологическое разнообразие азиатских степей». – Костанай. – 2007. – С. 202-205.

13. Каденова А.Б., Камкин В.А., Ержанов Н.Т., Камкина Е.В. Флора и растительность Баянаульского государственного национального природного парка. – Павлодар: Кереку, 2008. – 383 с.
14. Камкин В.А. Закономерности пространственной структуры растительности долины реки Иртыш на территории Павлодарской области: дис. ... к. б. н: 03.00.05 / Институт ботаники и фитоинтродукции. – Алматы, 2009. – 148 с. - Инв. № 0409РК00514.
15. Kamkin V., Beisembayeva M., Mazbayev O., Bazarbekov K. Effect of environmental water release on the state of flora and vegetation of the steppe plain segment of the Irtysh River floodplain // Oxidation Communications. – 2016. – Vol. 1. – P. 357-367.
16. Красная книга Казахстана / под ред. И.О. Байтулина. – Изд. 2-е, переработанное и дополненное. Том 2: Растения. – Астана, 2014. – 452 с.
17. Об утверждении перечней редких и находящихся под угрозой исчезновения видов растений и животных / Постановление Правительства Республики Казахстан от 31 октября 2006 года N 1034. В редакции постановления Правительства РК от 07.11.2012 № 1413.
18. Аралбаев Н.К. Конспект флоры Зайсанской котловины. – Алматы, 1996. – 190 с.
19. Аралбаев Н.К. Флора Зайсанской котловины, ее анализ и генезис: автореф. дис. д-ра биол. наук. – Алматы, 1998. – 25 с.
20. Баранов В.И., Сухомлинова Н.Б., Соломкина Л.Г. Направление рациональной организации территории сельскохозяйственных предприятий // Земледелие. – 2005. – № 6. – С. 10–11.
21. Бирюкович А.Л., Кургак В.Г., Слюсар И.Т. Эффективность орошения сенокосов и пастбищ Беларуси и Украины // Мелиорация, 2010. – № 2 (64). – С. 170-176.
22. Андреев Н.Г. Луговое хозяйство. – М.: Колос, 1974. – 400 с.
23. Андреев Н.Г. Луговое и полевое кормопроизводство. – М.: Колос, 1984. – 495 с.
24. Жеруков Б.Х., Магомедов К.Г. Формирование устойчивых травостоев на деградированных фитоценозах // Земледелие. – 2002. – № 2. – С. 26.

В.А. Камкин

Торайғыров университет, Павлодар, Қазақстан

Ертіс өзені жайылмасының өсімдік жамылғысының антропогендік түрленуі

Андатпа. Мақалада гидрологиялық режимнің антропогендік трансформациясы жағдайында Ертіс өзенінің жайығындағы жазық дала бөлігі (Павлодар Ертіс өңірі) шегіндегі өсімдік жамылғысының қазіргі жағдайы қарастырылады. Жайылма өсімдік жамылғысының негізгі кластарының ландшафттық белгіленуіне сипаттама беріледі. Жайылым, рекреация, шөп шабу, өрт, қатты тұрмыстық қалдықтармен залалдануы және т.б. түріндегі өсімдік жамылғысына антропогендік әсер ететін негізгі факторлары көрсетілген. Бүліну критерийлері мен индикаторлары әзірленді. Ботаникалық биоалуантүрліліктің сипаттамасы флораның шаруашылықта пайдалану бағыты бойынша (жемшөп, дәрілік, тағамдық, бал өсімдіктері, улы, сәндік, техникалық өсімдік түрлері) талдай отырып келтірілген. Әдеби деректерге сүйенсек, аймақтың флорасында 9 Қызыл кітапқа енген түрі бар екендігі айтылады, бірақ далалық зерттеу

кезінде Қызыл кітапқа енген тек *Stipa pennata* L анықталған. Ботаникалық биоәртүрлілікке әсер ететін негізгі сегіз қауіп сипатталған: өзеннің гидрологиялық режимінің өзгеруі; жайылмалы шалғындар аумағында малжаю; құрғақшөптің көктемгі құлауы; өзен жағасында малжаю; бөгеттер түрінде гидротехникалық құрылыстар құру; сәндік Қызыл кітап өсімдіктерін заңсыз жинау; жайылма үстіндегі террасаларда дала ландшафттарын жырту; бөгде флораның антропогендік инвазиясы. Геоботаникалық сипаттамаларды талдау негізінде осы аймақ үшін экологиялық жағдайлардың фитоиндикаторлары (ылғалдандыру, тұздану, топырақтың химиялық және механикалық құрамы, жайылым-дық жүктеме және т.б.) анықталды. Теріс антропогендік әсерді азайту, түрлік және ценодикалық биоалуантүрлілікті сақтау және климаттың өзгеруі мен Ертіс өзенінің қазіргі трансшекаралық пайдалануы жағдайында бұзылған аумақтарды қалпына келтіру тәсілдері бойынша ұсынымдар ұсынылды.

Түйін сөздер: Ертіс өзені, жайылма, өсімдік жамылғысы, антропогендік трансформация, фитоиндикаторлар, бұзылған экожүйелерді қалпына келтіру, биоәртүрлілік.

V.A. Kamkin

Torajgyrov university, Pavlodar, Kazakhstan

Anthropogenic transformation of the vegetation cover of the Irtysh River floodplain

Abstract. The article considers the current state of the vegetation cover of the Irtysh River floodplain within its flat steppe section (Pavlodar Priirtyshye) under the conditions of anthropogenic transformation of the hydrological regime. A description of the landscape confinement of the main classes of floodplain vegetation formations is given. The main factors of anthropogenic impact on the vegetation cover in the form of grazing, recreation, haymaking, fires, littering with solid household waste, etc. Criteria and indicators of disturbance are developed. A description of the botanical biodiversity with an analysis of the economic spectrum of the flora (forage, medicinal, food, honey plants, poisonous, ornamental, technical plant species) is provided. The territory's flora contains 9 species listed in the Red Book, however, during the field survey, only *Stipa pennata* L. was noted. The eight main threats to botanical biodiversity are described: changes in the hydrological regime of the river; cattle grazing on the floodplain meadows; spring burning of dry grass; grazing and watering of cattle on the river bank; creation dams; illegal collection of ornamental red-listed plants; plowing of steppe landscapes on floodplain terraces; anthropogenic invasion of alien flora. Based on the analysis of geobotanical descriptions, phytoindicators of environmental conditions (moisture, salinization, chemical and mechanical composition of the soil, grazing load, etc.) for this region were identified. Recommendations are proposed to reduce the negative anthropogenic impact, preserve species and coenotic biodiversity, and methods for restoring disturbed areas in the context of climate change and modern transboundary use of the Irtysh River.

Keywords: Irtysh River, floodplain, vegetation, anthropogenic transformation, phytoindicators, reclamation of disturbed ecosystems, biodiversity.

References

1. Ataeva G.M. Cezonnaja dinamika biologicheskoy produktivnosti osnovnyh asociacij stepej Zapadnogo Kazahstana // Vestnik ENU imeni L.N. Gumileva. Serija Himija. Geografija. Jekologija. - 2023. - № 1 (142). - S. 95-105. DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2023-142-1-95-105>. [in Russian]
2. Tursynbayeva A.A. Analysis of the assessment of the salinity degree of irrigated lands in Karmakshy District of Kyzylorda region // Vestnik ENU imeni L.N. Gumileva. Serija Himija. Geografija. Jekologija. - 2023. - № 3 (144). - S. 77-87. DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2023-144-3-77-87>. [in Russian]
3. Tusupbekov Zh.A., Kazakov V.A., Sharapov A.A. Mangutskij vodotok kak reshenie problemy zatopenija, podtoplenija Nazyvaevskogo municipal'nogo rajona Omskoj oblasti // Vestnik ENU imeni L.N. Gumileva. Serija Himija. Geografija. Jekologija. - 2023. - № 4 (145). - S. 93-104. DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2023-145-4-93-104>. [in Russian]
4. Neshataev Ju.N. Metody analiza geobotanicheskikh materialov: ucheb. posob. - L.: Izd-vo Leningradskogo un-ta, 1987. - 192 s. [in Russian]
5. Sohranenie i vosstanovlenie bioraznoobrazija. Koll. avtorov. - M.: Izd-vo Nauchnogo i uchebno-metodicheskogo centra, 2002. - 286 s. [in Russian]
6. Ob utverzhdenii Metodiki po provedeniju krupnomasshtabnyh (1:1 000 - 1:100 000) geobotanicheskikh izyskanij prirodnyh kormovyh ugodij Respubliki Kazahstan / Prikaz Ministra sel'skogo hozjajstva Respubliki Kazahstan ot 3 oktjabrja 2022 goda № 314. Zaregistrirovan v Ministerstve justicii Respubliki Kazahstan 5 oktjabrja 2022 goda. - Nur-Sultan, 2022. - № 30043-P. [in Russian]
7. Neshataev V.Ju. Metod uporjadochivaniya fitocenoticheskikh tablic v informacionno-statisticheskoy sisteme ECOPHYTO (ECOSERVICE PHYTOCOENARIUM) // Komp'juternye bazy dannyh v botanicheskikh isledovanijah - S-Pb, 1997. - S. 73-75. [in Russian]
8. Obuhovskij Ju.M. Landshaftnaja indikacija: uchebnoe posobie. - Minsk, 2008. - 268 s. [in Russian]
9. Ogar' N.P. Rastitel'nost' dolin rek semiaridnyh i aridnyh regionov kontinental'noj Azii: dis. ... d. b. n.: 03.00.05 / Institut botaniki i fitointrodukcii. - Alma-Ata, 1999. - 273 s. - Inv. № 0599RK00110. [in Russian]
10. Zhubatov Zh.K., Bekeshev E.A., Bisarieva Sh.S., Agapov O.A., Stepanova E.Ju., Erzhanov N.T., Kabzhanova G.R., Kamkin V.A., Abylhasanov T.Zh. Ocenka vozdeystviya raketno-kosmicheskoy dejatel'nosti na sostojanie prirodnyh kompleksov kazahskogo melkosopochnika // Vestnik PGU. Himiko-biologicheskaja serija. - 2012. - № 3. - S. 40-51. [in Russian]
11. Kadenova A.B., Kamkin V.A. Sostav, struktura i produktivnost' osokovo-raznotravno-zlakovogo soobshhestva // Problemy izuchenija rastitel'nogo pokrova Sibiri / Materialy III mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, posvjashhjonnoj 120-letiju Gerbarija im. P.N. Krylova Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. - Tomsk, 2005. - S. 79. [in Russian]
12. Kamkin V.A. Pojmennye lesa v doline reki Irtysh na territorii Pavlodarskoj oblasti // Materialy mezhdunarodnoj konferencii «Biologicheskoe raznoobrazie aziatskih stepej». - Kostanaj, 2007. - S. 202-205. [in Russian]
13. Kadenova A.B., Kamkin V.A., Erzhanov N.T., Kamkina E.V. Flora i rastitel'nost' Bajanaul'skogo gosudarstvennogo nacional'nogo prirodnogo parka. - Pavlodar: Kereku, 2008. - 383 s. [in Russian]
14. Kamkin V.A. Zakonomernosti prostranstvennoj struktury rastitel'nosti doliny reki Irtysh na territorii Pavlodarskoj oblasti: dis. ... k. b. n.: 03.00.05 / Institut botaniki i fitointrodukcii. - Almaty, 2009. - 148 s. - Inv. № 0409RK00514.

15. Kamkin V., Beisembayeva M., Mazbayev O., Bazarbekov K. Effect of environmental water release on the state of flora and vegetation of the steppe plain segment of the Irtysh River floodplain //Oxidation Communications 39. – 2016. – N 1. – P. 357-367.
16. Krasnaja Kniga Kazahstana // pod red. I.O. Bajtulina. – Izd. 2-e, pererabotannoe i dopolnennoe. Tom 2: Rastenija. – Astana, 2014. – 452 s. [in Russian]
17. Ob utverzhenii Perechnej redkih i nahodjashhihsja pod ugrozoi ischeznovenija vidov rastenij i zhivotnyh; Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Kazahstan ot 31 oktjabrja 2006 goda N 1034. v redakcii postanovlenija Pravitel'stva RK ot 07.11.2012 № 1413. [in Russian]
18. Aralbaev N.K. Konspekt flory Zajsanskoj kotloviny. – Almaty: Dep. tr. Kaz. NIINTI, 1996. – 190 s. [in Russian]
19. Aralbaev N.K. Flora Zajsanskoj kotloviny, ee analiz i genezis: avtoref. dis. d-ra biol. nauk. – Almaty, 1998. – 25 s. [in Russian]
20. Baranov V.I., Suhomlinova N.B., Solomkina L.G. Napravlenie racional'noj organizacii territorii sel'skohozjajstvennyh predpriyatij // Zemledelie, 2005. – № 6. – S. 10-11. [in Russian]
21. Birjukovich A.L., Kurgak V.G., Sljusar I.T. Jefferktivnost' oroshenija senokosov i pastbishh Belarusi i Ukrainy // Melioracija, 2010. – № 2 (64). – S. 170-176. [in Russian]
22. Andreev N.G. Lugovodstvo. – M.: Kolos, 1974. – 400 s. [in Russian]
23. Andreev N.G. Lugovoe i polevoe kormoproizvodstvo. – M.: Kolos, 1984. – 495 s. [in Russian]
24. Zherukov B.H., Magomedov K.G. Formirovanie ustojchivyh travostoev na degradirovannyh fitocenoazah // Zemledelie, 2002. – № 2. – S. 26. [in Russian]

Сведения об авторах

Камкин В.А. – кандидат биологических наук, ассоциированный профессор кафедры агротехнологии, С. Торайгыров Университет, ул. Ломова, 64, Павлодар, Казахстан.

About the Authors

Kamkin V.A. – candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Agricultural Technology, Toraigyrov University, Lomov st., 64, Pavlodar, Kazakhstan.



ХҒТАР 34.33.19
Ғылыми мақала

<https://doi.org//10.32523/2616-7034-2024-148-3-44-57>

Оңтүстік-Шығыс Қазақстанның ағаш жартылай қаттықанаттыларының (*Hemiptera*, *Heteroptera*) трофикалық байланысы

Х.Ғ. Қорғанбек¹ , П.А. Есенбекова*² 

¹Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті, Қостанай, Қазақстан

²Зоология институты, Алматы, Қазақстан

*Байланыс үшін автор: esenbekova_periz@mail.ru

Аңдатпа. Ағаш жартылай қаттықанаттылар табиғаттағы жалпы қоректік тізбекте ерекше орыны бар және басқа көптеген тірі ағза түрлерімен тікелей байланысқа түсетін тіршілік дүниесінің бір бөлшегі. Мақалада Оңтүстік-Шығыс Қазақстан аймағында ағаш жартылай қаттықанаттыларына жүргізілген зерттеу нәтижесінде 7 тұқымдасқа жататын 44 түрінің қоректік байланысы анықталды. Осыған орай жасалған әдеби шолулардың нәтижесінде ағаш жартылай қаттықанаттылардың трофикалық байланысының биологиялық маңыздылығы және экологиядағы рөлі анықталды. Сонымен қоса Оңтүстік-Шығыс Қазақстан аймағында табылған ағаш жартылай қаттықанаттылардың мекен ететін ортасы және жылына беретін ұрпақ саны, яғни олардың вольтинизмі жайлы сипаттама жасалды. Зерттеудің мақсаты – Оңтүстік-Шығыс Қазақстан аймағында ағаш жартылай қаттықанаттылардың трофикалық байланысын зерттеп, оларға сипаттама беру. Бұл ғылыми зерттеу энтомология саласындағы жалпы қабылданған әр түрлі әдістерге сәйкес жүргізілді. Табылған ағаш жартылай қаттықанаттылардың ішінен Ұсақ жыртқыштар (*Anthocoridae*) тұқымдасынан 4 түр, Жай көзшесіздер (*Miridae*) тұқымдасынан 20 түр, Қабықасты қандалалар (*Aradidae*) тұқымдасынан 4 түр, Жер қандалалары (*Lygaeidae*) тұқымдасынан 4 түр, Кенереулілер (*Coreidae*) тұқымдасынан 2 түр, Ағаш қалқаншалылар (*Acanthosomatidae*) тұқымдасынан 3 түр, Нағыз қалқаншалылар (*Pentatomidae*) тұқымдасынан 7 түр анықталды. Бұлардың ішінде 7 түр – зоофагтар, 11 түр – зоофитофагтар, 4 түр – мицетофагтар, 22 түр – фитофагтар (тар олигофитофагтар – 6, кең олигофитофагтар – 7, полифитофагтар – 9) болып шықты. Зерттеудің нәтижелері ағаш жартылай қаттықанаттылардың пайдалы немесе зиянкес түрлерін ажыратуға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: Оңтүстік-Шығыс Қазақстан, ағаш жартылай қаттықанаттылары, *Hemiptera*, *Heteroptera*.

Түсті: 22.04.2024; Мақұлданды: 14.05.2024; Онлайн қолжетімді: 27.09.2024

Кіріспе

Қоректік байланыстарды анықтау ағаш жартылай қаттықанаттыларының экологиясын зерттеудегі ең маңызды элементтердің бірі болып табылады. Теориялық жағынан бұл белгілі бір түрлердің биоценозға қатысы мен рөлін бағалауға мүмкіндік береді, бұл адамдар үшін өте маңызды. Практикалық тұрғыдан алып қарағанда, жартылай қаттықанаттылардың қоректік байланысын зерттеу барысында қай түрдің зиянкес немесе пайдалы түрге жататынын және олардың қоршаған ортаға алып келетін зияны мен пайдасын анықтауға мүмкіндік береді. Мақаланың мақсаты - Оңтүстік-Шығыс Қазақстан аймағындағы ағаш жартылай қаттықанаттылардың трофикалық байланысын анықтау.

Трофикалық байланыстың типіне қарай ағаш жартылай қаттықанаттылардың ішінде жыртқыш, паразит, өсімдікқоректі және саңырауқұлаққоректі түрлері бар. Сонымен қоса, бір мезгілде өсімдікпен де және басқада жәндіктермен де қоректенетін, яғни араласқоректі түрлері болады.

Зоофагтар – жануарлармен қоректенетін түрлер болып табылады, олар өсімдікті қорек ретінде мүлде пайдаланбайды. Жартылай қаттықанатты жыртқыш түрлердің азығы көбінесе буынаяқтылар болып келеді. Бірақ кейбір жағдайларда омыртқалы жануарлар да болуы мүмкін. Құрлықта мекен ететін жартылай қаттықанаттылардың жыртқыш түрлеріне Saldidae, Nabidae, Anthocoridae, Reduviidae тұқымдастарының барлық түрлері жатады.

Мицетофагтар – жартылай қаттықанаттылардың тек саңырауқұлақтармен қоректенетін түрлері.

Фитофагтар немесе өсімдікқоректілер – бұларға жартылай қаттықанаттылардың тек өсімдіктермен қоректенетін түрлері жатады [1].

Материалдар мен зерттеу әдістері

Жартылай қаттықанаттыларды жинау және зерттеу энтомологиядағы жалпы қабылданған әдістерге сәйкес жүргізілді [1-5]. Оңтүстік-Шығыс Қазақстанның ағаш жартылай қаттықанаттыларының қоректік байланысын анықтау үшін насекомдарға бақылау жасап, оларды энтомологиялық сүзгімен және қолмен ұстау арқылы жиналды, ал ұсақ насекомдар эксаустер құралын пайдалану арқылы ұсталды. Жиналған материалдарды анықтау зертханалық жағдайда микроскоптың көмегімен және насекомдардың түрлерін анықтайтын анықтағыштар [6-17] арқылы жүзеге асырылды.

Зерттеу нәтижелері және талқылау

Ұсақ жыртқыштар тұқымдасы – Anthocoridae

Temnostethus reduvinus mesasiaticus Elov & Kerzhner, 1977. Дендробионт (жапырақты ағаштардың қабығында: *Populus*, жеміс ағаштарында); мезофил; зоофаг (ағаштың қабығының сыртында немесе қабықтың ішінде тіршілік етеді, көп жағдайда сымырлармен,

кенелермен және олардың жұмыртқаларымен қоректенеді); моновольтинді немесе жылына 2-3 ұрпақ береді [9]; ересек даралары қыстайды.

Temnostethus reduvinus mongolicus Elov & Kerzhner, 1977. Дендробионт (жапырақты ағаштардың қабығында: *Populus*, жеміс ағаштарында); мезофил; зоофаг (көп жағдайда сымырлармен, өсімдік битімен, кенелермен және олардың жұмыртқаларымен қоректенеді); моновольтинді немесе жылына 2-3 ұрпақ береді [16]; ересек даралары қыстайды.

Orius niger Wolff, 1811. Хорто-дендробионт (жапырақты және жемісті ағаштарда, бұталарда және шөптесін өсімдіктерде (жусан, астық өсімдіктері, анабазисте тіршілік етеді); мезофил (өзендердің жайылмаларында, орман шеттерінде, беткейлерде); зоофаг (әртүрлі жәндіктермен қоректенеді, көп жағдайда өсімдік битімен, трипспен, жапырақ бүргесімен, өрмек кенелерімен және олардың дернәсілдерімен, жұмыртқаларымен [18]); жылына 3-5 ұрпақ береді; ересек даралары қыстайды. И.А. Рубцов [19] *Orius* тұқымдасының түрлерін көрсете отырып, олардың ерекше пайдалы екендігін атап өтті.

Xylocoris cursitans Fallen, 1807. Дендробионт (*Populus*, *Quercus* және т.б. ағаштардың қабықтарының сыртында немесе қабықтың ішінде тіршілік етеді, көп жағдайда қабық-жегіш қоңыздардың жолдарында); мезофил (орманды); зоофаг (әртүрлі жәндіктер); бивольтинді; ересек даралары қыстайды. Ол орта тайга аймағында кездеседі [20].

Жай көзшесіздер тұқымдасы – Miridae

Dichroscytus consobrinus Horvath, 1904. Дендробионт (арша ағашында кездеседі); мезофил (тік жартасты беткейлерде); тар олигофитофаг (*Juniperus* sp.); моновольтинді [17]; ересек даралары қыстайды.

Dichroscytus pseudosabinae Reuter, 1896. Дендро-хортобионт; мезофил (алма ағаштарының ормандарында, тоғайларда және тауда 2400 м-ге дейінгі биіктіктегі субальпілік шалғындарда); полифитофаг (арша және шөптесін өсімдіктер); моновольтинді; ересек даралары қыстайды.

Lygocoris pabulinus Linnaeus, 1761. Хорто-тамно-дендробионт (орман алқаптары мен шеттеріндегі қайыңдарда, қандыағаштарда, талдар мен шөптесін өсімдіктерде және көп жағдайда ылғалды жерлерде (өзен жайылмаларының, ылғалды орман сайларының көлеңкелі жерлері) тіршілік етеді; гигрофил; полифитофаг (шөптесін өсімдіктер: *Urtica*, *Atriplex*, *Chenopodium*, жемісті ағаштар мен жидекті бұталар); бивольтинді [21]; жұмыртқалары қыстайды.

Phytocoris longipennis Flor, 1861. Дендробионт, мезофил; зоофитофаг; бивольтинді; жұмыртқалары қыстайды [18].

Pinalitus rubricatus Fallen, 1807. Дендробионт (қылқан жапырақты ағаштардың жоғарғы жақтарында), мезофил; зоофитофаг; бивольтинді; жұмыртқалары қыстайды.

Blepharidopterus diaphanus (Kirschbaum, 1856). Дендробионт (теректерде, талдарда және жеміс ағаштарында); мезофил; зоофитофаг (өсімдік биттерімен қоректенеді); моновольтинді; жұмыртқалары қыстайды [18].

Orthotylus eleagni Jakovlev, 1881. Дендробионт (жиде ағаштарында); мезофил (жартылай шөлейтте, өзендердің жайылмаларында); зоофитофаг (жапырақ бүргелерімен, өсімдік биттерімен, кенелермен және басқа да жәндіктермен қоректенеді) [8]; бивольтинді; жұмыртқалары қыстайды.

Orthotylus melanotylus Kerzhner, 1962. Дендробионт (жапырақты ағаштарда); мезофил (аралас ормандарда, *Salix, Tamarix, Myricaria* сияқты ағаштарда және биіктігі 800-1200 м-ге дейін тауларда өсетін ағаштарда) [23]; зоофитофаг; моновольтинді; жұмыртқалары қыстайды. Түнгі жарыққа ұшады.

Pilophorus perplexus Douglas & Scott, 1875. Дендробионт (жапырақты ағаштар мен бұталарда: *Pyrus, Acer, Salix, Tilia, Fraxinus, Quercus, Alnus*); мезофил (далалық мезофитті биотоптар); зоофаг; моновольтинді; жұмыртқалары қыстайды [22].

Pilophorus simulans Josifov, 1989. Дендробионт (жапырақты ағаштарда); мезофил; зоофитофаг; моновольтинді; жұмыртқалары қыстайды.

Atractotomus kolenatii Flor, 1860. Дендробионт (Раушангүлділер тұқымдасының ағаштары мен бұталарында); мезофил; зоофитофаг (шағын жәндіктермен қоректенеді); моновольтинді; жұмыртқалары қыстайды [24].

Auchenocrepis reuteri Jakovlev, 1876. Дендробионт (жыңғыл ағаштарында); мезофил (тоғай жайылмаларында); тар олигофитофаг (*Tamarix, Myricaria*); моновольтинді; жұмыртқалары қыстайды [18].

Compsidolon absinthii Scott, 1870. Дендробионт (*Salix* ағаштарында); мезофил; полифитофаг; моновольтинді; жұмыртқалары қыстайды [9].

Compsidolon alatavicum Kerzhner, 1962. Дендробионт; мезофил (аралас ормандарда, қылқан жапырақты орманның жоғарғы жақтарында); тар олигофитофаг (шырша ағаштарында); моновольтинді; жұмыртқалары қыстайды [23].

Monosynamma bohemanni Fallen, 1829. Дендробионт (*Salix* ағаштарында); мезофил (тоғай жайылмаларында); тар олигофитофаг; бивольтинді; жұмыртқалары қыстайды.

Psallus anticus Reuter, 1876. Дендро-тамнобионт (емен ағаштарында) [18]; мезофил (далалық, жапырақты ормандар, шалғындар, таулы өзен аңғарларында, тауларда 900-1500 м-ге дейін); зоофитофаг; моновольтинді; жұмыртқалары қыстайды [25].

Psallus betuleti betuleti Fallen, 1826. Дендробионт (жапырақты ағаштарда: *Betula, Salix* және т.б.) [18]; мезофил (орман жайылмаларында); зоофитофаг; моновольтинді [26]; жұмыртқалары қыстайды.

Psallus falleni Reuter, 1883. Дендробионт (*Betula, Salix* және басқа да жапырақты ағаштарда); мезофил (тоғай жайылмаларында); зоофитофаг; моновольтинді; жұмыртқалары қыстайды [9,25].

Sacculifer rufinervis Jakovlev, 1880. Дендробионт; мезофил (дала, дала беткейлері, тауларда 900-1100 м-ге дейін); тар олигофитофаг (*Spiraea hypericifolia* ағаштарында) [23]; моновольтинді; жұмыртқалары қыстайды.

Salicarus halimodendri V.G.Putshkov, 1977 Дендробионт (*Salix* ағаштарында); мезофил (жағалаудағы тал тоғайларында); кең олигофитофаг; моновольтинді; жұмыртқалары қыстайды.

Қабықасты қандалалар тұқымдасы – Aradidae

Aradus aterrimus Fieber, 1864. Дендробионт (қарағай ағаштарында); мезофил (тауларда теңіз деңгейінен 2300-2500 м биіктікке дейін көтеріледі); мицетофаг; саңырауқұлақтардың шырынымен қоректенеді; ациклді; барлық даму сатысындағы дернәсілдері мен ересек даралары қыстайды [12-13].

Aradus crenaticollis R.F.Sahlberg, 1848. Дендробионт (қылқан жапырақты ағаштарда, қарағайлардың саңырауқұлақтарында); мезофил, мицетофаг, саңырауқұлақ шырынымен қоректенеді; ациклді; барлық даму сатысындағы дернәсілдері мен ересек даралары қыстайды [27].

Aradus pictus Baerensprung, 1859. Дендробионт (қылқан жапырақты ағаштың саңырауқұлақтарында); мезофил, мицетофаг, саңырауқұлақ шырынымен қоректенеді; ациклді; барлық даму сатысындағы дернәсілдері мен ересек даралары қыстайды [28].

Aradus ribauti E.Wagner, 1956. Дендробионт (*Populus* ағаштарында); мезофил, мицетофаг, ағаш саңырауқұлақ шырынымен қоректенеді; ациклді; барлық даму сатысындағы дернәсілдері мен ересек даралары қыстайды [14].

Жер қандалалары тұқымдасы – Lygaeidae

Orsillus depressus (Mulsant & Rey, 1852). Дендробионт (қылқан жапырақты ағаштарда, көп жағдайда арша ағаштарында); мезофил (субальпілік шалғын); кең олигофитофаг; моновольтинді; жұмыртқалары қыстайды [15].

Artheneis deserticola Kerzhner, 1997. Дендробионт (*Tamarix*, *Myricaria* ағаштарында, гүлшоғырларда); мезофил; кең олигофитофаг (тұқымдармен қоректенеді) [16]; моновольтинді; ересек даралары қыстайды.

Oxycarenus modestus Fallen, 1829. Дендробионт (қандыағашта); мезофил (тауларда 1500 м дейін); тар олигофитофаг (*Alnus glutinosa*, *A. Incana* ағаштары); моновольтинді; әртүрлі даму сатысындағы дернәсілдері мен ересек даралары қыстайды [17].

Gastrodes grossipes grossipes De Geer, 1773. Дендробионт (шырша, қарағай бүрлерінде, қабық астында); мезофил (қылқанжапырақты орман); кең олигофитофаг (*Pinus*, *Abies*, *Larix* және басқада ағаштардың тұқымдары) [15]; бивольтинді, ересек даралары қыстайды.

Кенереулілер тұқымдасы – Coreidae

Gonocerus acuteangulatus Goeze, 1778. Тамно-дендробионт (орманды даладағы әртүрлі ағаштар мен бұталарда: *Quercus*, *Alnus*, *Juniperus*, *Rosa* және т.б.); мезофил; полифитофаг (*Rhamnus cathartica*, *Frangula alnus* және басқада жапырақты ағаштар мен бұталарда) [29]; моновольтинді; ересек даралары қыстайды.

Leptoglossus occidentalis Heidemann, 1910. Дендробионт, мезофил, кең олигофитофаг (Қылқанжапырақты тұқымдастар түрлерімен қоректенеді: *Pinaceae* (*Abies*, *Cedrus*, *Picea*, *Pinus*, *Pseudotsuga*, *Tsuga*) және *Cupressaceae* (*Calocedrus*, *Cupressus*, *Juniperus*)); моновольтинді; ересек даралары қыстайды [12].

Ағаш қалқаншалылары тұқымдасы – Acanthosomatidae

Cyphostethus tristriatus (Fabricius, 1787). Дендробионт (*Juniperus*, *Cupressus* ағаштарында); мезо-ксерофил; тар олигофитофаг (әдетте ескі жемісті арша бұталарымен қоректенеді); моновольтинді; ересек даралары қыстайды [14].

Elasmotethus brevis Lindberg, 1934. Дендробионт (*Salix* ағаштарында); мезофил (орманды зоналарда); полифитофаг; моновольтинді; ересек даралары қыстайды [30].

Elasmucha dorsalis Jakovlev, 1876. Дендро-тамнобионт (ағаштар мен бұталарда); мезофил (орманды жерлерде); полифитофаг; моновольтинді; ересек даралары қыстайды [30].

Нағыз қалқаншалылар тұқымдасы – Pentatomidae

Picromerus lewisi Scott, 1874. Дендро-хортобионт (әртүрлі ағаштар мен шөптесін өсімдіктерде); мезофил (аралас орман алқаптарында); зоофаг (әртүрлі ұсақ буынаяқтылар); моновольтинді; ересек даралары қыстайды [15].

Troilus luridus Fabricius, 1775. Дендро-тамнобионт (аралас ормандарды, ағаштар мен бұталарда көп кездеседі: қайың, көктерек); мезофил (орманды аймақ, орманды дала, таулы орман белдеуі); зоофаг (әртүрлі ұсақ буынаяқтылармен қоректенеді) [31-32]; моновольтинді; ересек даралары қыстайды.

Alloeoglypta pretiosa Kiritshenko, 1952. Дендробионт (әртүрлі үйеңкілерде); мезофил (өзен аңғарларында); кең олигофитофаг; моновольтинді; ересек даралары қыстайды [33-34].

Anthemina aliena Reuter, 1891. Дендро-тамно-хортобионт (қайың ағаштарында, талдарда, жемістерде); мезофил (ылғалды шалғындарда, орман алқаптарында, орманды дала, дала аймақтарында, жайылмаларда); полифитофаг (ағаш-бұта және шөптесін өсімдіктердің шырындарымен қоректенеді) [35]; моновольтинді; ересек даралары қыстайды.

Chlorochroa juniperina juniperina Linnaeus, 1758. Дендробионт; мезофил (тау етегі, субальпілік белдеу); кең олигофитофаг (балқарағайда, қарағайда, арша ағаштарында); моновольтинді; ересек даралары қыстайды [36].

Desertomenida albula Kiritshenko, 1914. Дендробионт (тамириск және сексеуіл ағаштарында) [18]; ксеромезофил; полифитофаг; моновольтинді; ересек даралары қыстайды [37].

Rhaphigaster nebulosa Poda, 1761. Дендробионт (*Salix, Populus, Corylus*); мезофил (аралас мезофильді орман); полифитофаг (түрлі жапырақты ағаштар мен бұталар, соның ішінде жеміс ағаштары); моновольтинді; ересек даралары қыстайды [16].

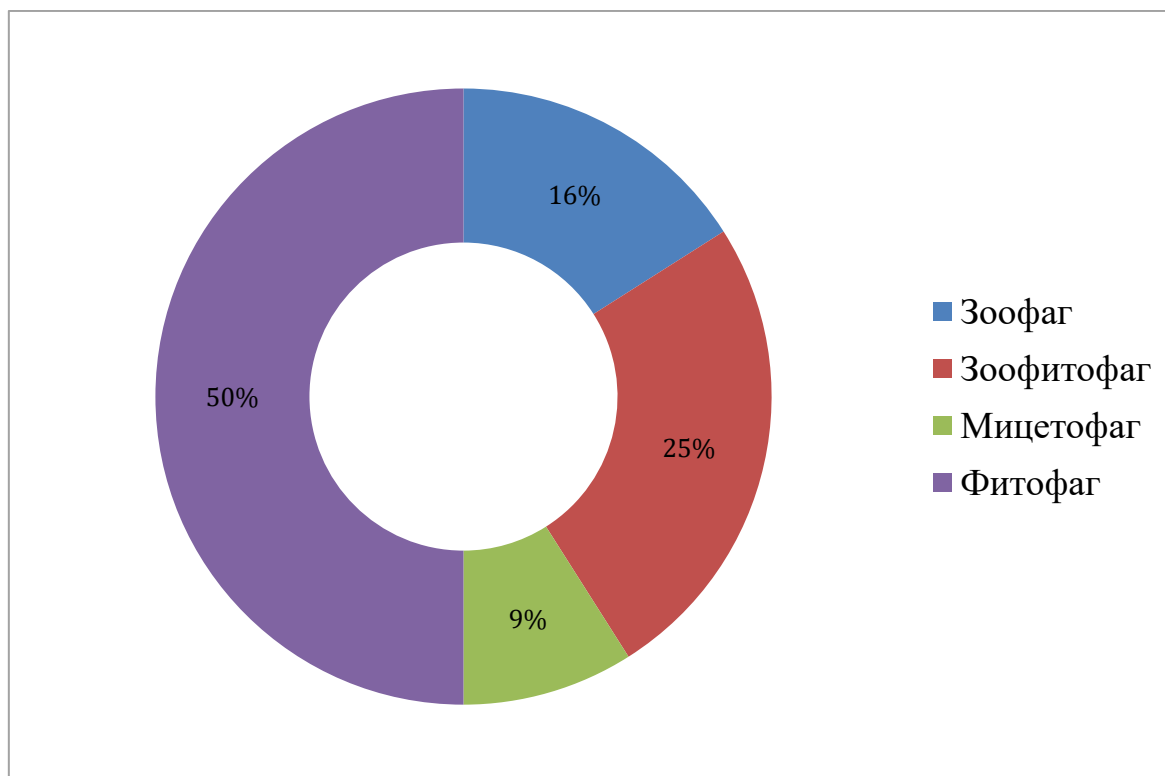
Төменде 2023 жылдың Оңтүстік-Шығыс Қазақстан ағаш жартылай қаттықанаттыларының қоректік байланысына жүргізілген зерттеу нәтижелері көрсетілген (кесте 1).

Кесте 1

Оңтүстік-Шығыс Қазақстан ағаш жартылай қаттықанаттыларының қоректік байланысы

Тұқымдас	Түр	Қоректік байланысы
Anthocoridae	<i>Temnostethus reduvinus mesasiaticus</i> Elov & Kerzhner, 1977	зоофаг
	<i>Temnostethus reduvinus mongolicus</i> Elov & Kerzhner, 1977	зоофаг
	<i>Orius niger</i> (Wolff, 1811)	зоофаг
	<i>Xylocoris cursitans</i> (Fallen, 1807)	зоофаг
Miridae	<i>Dichrooscytus consobrinus</i> Horvath, 1904	тар олигофитофаг
	<i>Dichrooscytus pseudosabinae</i> Reuter, 1896	полифитофаг
	<i>Lygocoris pabulinus</i> (Linnaeus, 1761)	полифитофаг

	<p><i>Phytocoris longipennis</i> Flor, 1861 <i>Pinalitus rubricatus</i> (Fallen, 1807) <i>Blepharidopterus diaphanus</i> (Kirschbaum, 1856) <i>Orthotylus eleagni</i> Jakovlev, 1881 <i>Orthotylus melanotylus</i> Kerzhner, 1962 <i>Pilophorus perplexus</i> Douglas & Scott, 1875 <i>Pilophorus simulans</i> Josifov, 1989 <i>Atractotomus kolenatii</i> (Flor, 1860) <i>Auchenocrepis reuteri</i> Jakovlev, 1876 <i>Compsidolon absinthii</i> (Scott, 1870) <i>Compsidolon alatavicum</i> (Kerzhner, 1962) <i>Monosynamma bohemanni</i> (Fallen, 1829) <i>Psallus anticus</i> (Reuter, 1876) <i>Psallus betuleti betuleti</i> (Fallen, 1826) <i>Psallus falleni</i> Reuter, 1883 <i>Sacculifer rufinervis</i> (Jakovlev, 1880) <i>Salicarus halimodendri</i> V.G.Putshkov, 1977</p>	<p>зоофитофаг зоофитофаг зоофитофаг зоофитофаг зоофитофаг зоофитофаг зоофаг зоофитофаг зоофитофаг тар олигофитофаг полифитофаг тар олигофитофаг тар олигофитофаг зоофитофаг зоофитофаг зоофитофаг тар олигофитофаг</p>
Aradidae	<p><i>Aradus aterrimus</i> Fieber, 1864 <i>Aradus crenaticollis</i> R.F.Sahlberg, 1848 <i>Aradus pictus</i> Baerensprung, 1859 <i>Aradus ribauti</i> E.Wagner, 1956</p>	<p>мицетофаг мицетофаг мицетофаг мицетофаг</p>
Lygaeidae	<p><i>Orsillus depressus</i> (Mulsant & Rey, 1852) <i>Artheneis deserticola</i> Kerzhner, 1997 <i>Oxycarenus modestus</i> Fallen, 1829 <i>Gastrodes grossipes grossipes</i> (De Geer, 1773)</p>	<p>кең олигофитофаг кең олигофитофаг тар олигофитофаг кең олигофитофаг</p>
Coreidae	<p><i>Gonocerus acuteangulatus</i> Goeze, 1778 <i>Leptoglossus occidentalis</i> Heidemann, 1910</p>	<p>полифитофаг кең олигофитофаг</p>
Acanthosomatidae	<p><i>Cyphostethus tristriatus</i> (Fabricius, 1787) <i>Elasmotethus brevis</i> Lindberg, 1934 <i>Elasmucha dorsalis</i> (Jakovlev, 1876)</p>	<p>тар олигофитофаг полифитофаг полифитофаг</p>
Pentatomidae	<p><i>Picromerus lewisi</i> Scott, 1874 <i>Troilus luridus</i> (Fabricius, 1775) <i>Alloeoglypta pretiosa</i> Kiritshenko, 1952 <i>Anthemina aliena</i> (Reuter, 1891) <i>Chlorochroa j. juniperina</i> (Linnaeus, 1758) <i>Desertomenida albula</i> Kiritshenko, 1914 <i>Rhapigaster nebulosa</i> (Poda, 1761)</p>	<p>Зоофаг Зоофаг кең олигофитофаг полифитофаг кең олигофитофаг полифитофаг полифитофаг</p>



Сурет 1. Түрлердің трофикалық байланысқа бөлінуі

Оңтүстік-Шығыс Қазақстан аумағынан ағаш жартылай қаттықанаттыларының ішінде қоректік байланысы жағынан өсімдікқоректі (фитофаг) түрлер басым – 50%, араласқоректі (зоофитофаг) түрлер – 25%, жыртқыш (зоофаг) түрлер – 16%, ал саңырауқұлаққоректілер – 9%-ға тең болып шықты.

Қорытынды

Қорытындылай келе 2023 жылғы зерттеудің нәтижесінде Оңтүстік-Шығыс Қазақстан аумағынан ағаш жартылай қаттықанаттыларының 7 тұқымдасына жататын 44 түрінің трофикалық байланыстары анықталды. Сонымен қоса насекомдардың түрлерін анықтайтын анықтағыштардың және микроскоптың көмегімен зертханалық жағдайда олардың мекен ету ортасы, вольтинизмі және экологиялық сипаттамасы берілді. Алынған мәліметтерді қоршаған ортадағы биологиялық алуантүрлілікті бағалауда және фаунаның инвентаризациясын, каталогтарын, Қазақстандағы жәндіктердің атластарын құрастыруда және ағаш өсімдіктерінің зиянкестерімен күресу шараларын әзірлеу кезінде пайдалануға болады.

Қаржыландыру көзі

Жұмыстың қаржылық қолдау көзі ТТН BR18574058 «Қазақстан жануарларының Қызыл кітабын және сирек кездесетін және құрып кету қаупі төнген жануарлар бойынша электрондық деректер базасын әзірлеу» тақырыбы бойынша мақсатты қаржыландыру бағдарламасы.

Мүдделер қақтығысы

Барлық авторлар мақаланың мазмұнын оқып танысқан және мүдделер қақтығысы жоқ.

Авторлардың үлесі

Қорғанбек Х.Ф.: концептуализация, әдеби шолу жасау, зерттеу барысында материалдарды жинап және оларды талдау, мақаланың мәтінін жазу.

Есенбекова П.А.: концептуализация, зерттеуді жүргізу үшін әдіс-тәсілдерді бекіту, зерттеу барысында материалдарды жинау және талдау, мақала мазмұнын сыни тұрғыдан тексеру, мақаланың соңғы нұсқасын жариялауға бекіту.

Әдебиеттер тізімі

1. Кириченко А.Н. Методы сбора настоящих полужесткокрылых и изучения местных фаун. – М.: АН СССР. – 1957. – 124 с.
2. Палий В.Ф. Методика изучения фауны и фенологии насекомых. -В.: Центр.-Чернозем. – 1970. –192 с.
3. Фасулати К.К. Полевое изучение наземных беспозвоночных. – М.:ВШ. – 1971. – 424 с.
4. Голуб В.Б., Колесова Д.А. и др. Энтомологические и фитопатологические коллекции. Их составление и хранение. – В.:ВГУ. – 1980. – 228 с.
5. Пучков В.Г. К экологии малоизученных видов полужесткокрылых европейской части СССР. Сообщ. II // Тр. Инст-та зоол. АН УССР. – 1961. - Т. 17. - С. 86-93.
6. Кержнер И.М. Материалы по систематике слепняков (Heteroptera, Miridae) фауны СССР // Энтомол. обзор. – 1962. - Т. 41. - Вып. 2. - С. 372-387.
7. Кержнер И.М. Полужесткокрылые (Heteroptera) Джунгарского Алатау // Тр. Инст. зоол. АН Каз ССР (Алма-Ата). - 1963. - Т. XXV. С. 3-57.
8. Пучков В.Г. Новые и малоизвестные виды клопов-слепняков (Heteroptera, Miridae) фауны Монголии и Средней Азии // Энтомол.обозр. – 1977. – Т. 56. – С. 360-374.
9. Пучков В.Г. Щитники // Фауна України. – Т. 21. – Вип. 1. – Київ: Вид. АН УРСР, 1961. – 339 с.
10. Кержнер И.М. Клопы-щитники рода *Elasmucha* Stal (Heteroptera, Acanthosomatidae) фауны СССР // Зоол. журн. – 1972. - Т. 51. - Вып. 2. - С. 214-219.
11. Пучков В.Г. Крайовики // Фауна України. - Т. 21. - Вип. 2. – Київ, Вид. АН УРСР, 1962. - 163 с.
12. Пучков В.Г. Беритиди, червоноклопи, пізматиди, підкорники і тингіди. // Фауна України. - Т.21. - Вип. 4. - Київ, 1974. - 332 с.
13. Пучков В.Г. К экологии малоизвестных видов полужесткокрылых (Heteroptera) европейской части СССР. Сообщение IV. Слепняки // Вестн. зоол. - 1971. - № 5. - С. 30-35.

14. Пучков В.Г. Лигеиди // Фауна України. - Т. 21. - Вып. 3. – Киев: Вид. АН УРСР, 1969. - 388 с.
15. Пучков В.Г. Щитники Средней Азии (*Hemiptera*, *Pentatomidea*). – Фрунзе: Илим, -1965. - 329 с.
16. Элов Э.С. Полужесткокрылые сем. *Anthocoridae* (*Heteroptera*) Средней Азии и Казахстана // Энтомол. обозр. - 1976. - Т. 55. - Вып. 2. - С. 369-380.
17. Josifov, M.V. Die Heteropteren der bulgarischen Schwarzmeerküste. // Bulletin de l'Institut de Zoologie et Musée. – 1974. – N. 39. – S. 5-27.
18. Есенбекова П.А. Полужесткокрылые (*Heteroptera*) Казахстана. – Алматы: «Нур-Принт», – 2013. – 268 с.
19. Рубцов Н.И. Растительный покров Джунгарского Алатау. - Алма-Ата, – 1948. – 186 с.
20. Винокуров Н.Н., Канюкова Е.В. Конспект фауны полужесткокрылых (*Heteroptera*) Сибири. – Якутск: ЯНЦ СО РАН. –1995. - 62 с.
21. Cobben R.H. Evolutionary trends in Heteroptera. Part II. Mouth part-structures and feeding strategies // Meded. Lab. Entomol. Wageningen. - 1978. - №289. - 407 p.
22. Josifov M. Einige neue Miriden aus Nordkorea (KDVR) (*Heteroptera*) // Reichenbachia. – 1987. – P. 115-122.
23. Кержнер И.М. Полужесткокрылые (*Heteroptera*) Джунгарского Алатау // Тр. Инст. зоол. АН Каз ССР (Алма-Ата). - 1963. - Т. XXV. С. 3-57.
24. Matocq, A., & Pericart, J. 1986. A propos d'un Hémiptère Miride nouveau pour la France: *Psallus kolenatli* (Flor) 1860. *L'Entomologiste*, 42(2): 105-111.
25. Зайцева И.Ф. Обзор видов полужесткокрылых рода *Psallus* Fieb. (*Heteroptera*, *Miridae*) Кавказа // Энтомол. обозр. - 1968. - Т. 47. - Вып. 4. - С. 864-877.
26. Josifov, M.V. Die Heteropteren der bulgarischen Schwarzmeerküste. // Bulletin de l'Institut de Zoologie et Musée. – 1974. – N. 39. – S. 5-27.
27. Кириченко А.Н. Насекомые полужесткокрылые (*Insecta*, *Hemiptera*) // Фауна России и сопредельных стран. - Т. 1. - Вып. 1. – СПб, 1913. - 301 с.
28. Tamanini, L. Interessanti reperti emittentologici nella Venezia Tridentina (*Hemiptera*, *Heteroptera*) // Studi Trentini di Scienze Naturali. – 1961. – Vol. 38(2). – P. 67-130.
29. Moulet P. *Hemipteres Coreoidea, Pyrrhocoridae et Stenocephalidae Euro-Mediterraneens*. // Federation Française des sociétés de sciences naturelles. – Paris, 1995. - Т. 81. - 336 p.
30. Кириченко А.Н., Кержнер И.М. Наземные полужесткокрылые (*Heteroptera*) Монгольской Народной Республики // Насекомые Монголии. - Вып.1. - Л.: Изд-во «Наука». –1972. - С. 383-428.
31. Butler E.A. *A Biology of the British Hemiptera-Heteroptera*. – London: Witherby. – 1923. - 682 p.
32. Thomas, D. B., Jr. Taxonomic synopsis of the Old World asopine genera (*Heteroptera: Pentatomidae*) // *Insecta Mundi*. – 1994. – Vol. 8(3-4). – P. 145-212.
33. Кириченко А.Н. Новые данные фауны полужесткокрылых (*Hemiptera-Heteroptera*) Афганистана // Энтомол. обозр. – 1963. – Т. 42. – Вып. 2. С. 373-378.
34. Кириченко А.Н. Полужесткокрылые (*Hemiptera-Heteroptera*) Таджикистана. – Душанбе. –1964. – 180 с.
35. Петрова В.П. Щитники Западной Сибири (*Hemiptera*, *Pentatomidae*). – Н-ск: наука –1975. - 236 с.
36. Йосифов М. *Heteroptera, Pentatomoidea*. II // Фауна на България. - Т. 12. - София, 1981. - С. 1-205.

37. Кириченко А.Н. Hemiptera – Heteroptera // Русское энтомологическое обозрение. – 1914. - Т. 14. - № 2-3. - С. 181-202.

Х.Ф. Қорғанбек¹, П.А. Есенбекова^{*2}

¹Костанайский региональный университет им. А.Байтұрсынова, Костанай, Казахстан

²Институт зоологии, Алматы, Казахстан

Трофическая связь древесных полужесткокрылых (Hemiptera, Heteroptera) Юго-Восточного Казахстана

Аннотация. Древесные полужесткокрылые – часть живого мира, занимающая особое место в общей пищевой цепи в природе и вступающая в непосредственный контакт со многими другими живыми организмами. В результате изучения древесных полужесткокрылых Юго-Восточного Казахстана выявлена пищевая связь 44 видов, относящихся к 7 родам. В результате обзора литературы было определено биологическое значение трофических связей древесных полужесткокрылых и их роль в экологии. Кроме того, дано описание ареала обитания древесных полужесткокрылых, встречающихся в Юго-Восточном Казахстане, и количества поколений, которые они дают в год, то есть их вольгинизм. Цель исследования – изучить трофические связи древесных полужесткокрылых Юго-Восточного Казахстана. В данном исследовании были использованы различные общепринятые методы в области энтомологии. Выявлено 4 вида из семейства Anthocoridae, 20 видов из семейства Miridae, 4 вида из семейства Aradidae, 4 вида из семейства Lygaeidae, 2 вида из семейства Coreidae, 3 вида из семейства Acanthosomatidae и 7 видов из семейства Pentatomidae. Из них 7 видов являются зоофагами, 11 видов – зоофитофагами, 4 вида – мицетофагами, 22 вида – фитофагами (узкие олигофитофаги – 6, широкие олигофитофаги – 7, полифитофаги – 9). Результаты исследований позволяют различать полезные и вредные виды древесных полужесткокрылых.

Ключевые слова. Юго-Восточный Казахстан, древесные полужесткокрылые, Heteroptera.

Kh.G. Korganbek¹, P.A. Esenbekova^{*2}

¹Kostanay Regional University named after A. Baitursynov, Kostanay, Kazakhstan

²Institute of zoology, Almaty, Kazakhstan

Trophic relationship of arboreal hemipterans (Hemiptera, Heteroptera) in South-Eastern Kazakhstan

Abstract. Arboreal hemiptera are part of the living world, occupying a special place in natural food chain and contacts with many living organisms. As a result of the study of arboreal hemipterans of South-Eastern Kazakhstan, the nutritional relationship of 44 species belonging to 7 families was revealed. As a result of the review of the literature, the biological significance of the trophic relationship of arboreal hemiptera and their role in ecology was determined. In addition, there is a description of the habitat

area of them, and the number of generations they produce per year. The purpose of the research is to study the trophic relationships of arboreal hemipterans in South-Eastern Kazakhstan. This research was conducted according to various methods in the field of entomology. 4 species from the family Anthocoridae, 20 species from the family Miridae, 4 species from the family Aradidae, 4 species from the family Lygaeidae, 2 species from the family Coreidae, 3 species from the family Acanthosomatidae and 7 species from the family Pentatomidae have been identified. Among them, 7 species are zoophages, 11 species are zoophytophages, 4 species are mycetophages, 22 species are phytophages (narrow oligophytophages - 6, wide oligophytophages - 7, polyphytophages - 9). The results of the research allow to distinguish useful or harmful species of arboreal hemipterans.

Key words: South-Eastern Kazakhstan, arboreal hemipterans, Heteroptera.

References

1. Kirichenko A.N. Metody sbora nastoyashih poluzhestkokrylyh i izucheniya mestnyh faun [Methods for collecting true hemiptera and studying local faunas] (Academia Nauk SSSR, M, 1957, 124 p.). [in Russian]
2. Palij V.F. Metodika izucheniya fauny i fenologii nasekomyh [Methodology for studying the fauna and phenology of insects], (Voronezh, 1970, 192p). [in Russian]
3. Fasulati K.K. Polevoe izuchenie nazemnyh bespozvonochnyh [Field study of terrestrial invertebrates] (VSh., M, 1971, 424)]. [in Russian]
4. Golub V.B., Kolesova D.A. Entomologicheskie i fitopatologicheskie kollekcii. Ikh sostavlenie i hranenie [Entomological and phytopathological collections. Their compilation and storage.] (VGU, Voronezh, 1980, 228p). [in Russian]
5. Puchkov V.G. K ekologii maloizuchennyh vidov poluzhestkokrylyh evropejskoj chasti SSSR [On the ecology of little-studied hemiptera species in the European part of the USSR] (Soobsh. II // Tr. Inst-ta zool. AN USSR) [Message II // Tr. Inst. Zool. Academy of Sciences of the Ukrainian SSR], 17, 86-93 (1961). [in Russian]
6. Kerzhner I.M. Materialy po sistematike slepnyakov (Heteroptera, Miridae) fauny SSSR [Materials on the taxonomy of horseflies (Heteroptera, Miridae) of the fauna of the USSR], Entomol. obozr., 41(2), 372-387 (1962). [in Russian]
7. Kerzhner I.M. Poluzhestkokrylye (Heteroptera) Dzhungarskogo Alatau [Hemiptera (Heteroptera) of the Dzhungar Alatau], (Tr. Inst. zool. AN Kaz SSR) [Tr. Inst. zool. Academy of Sciences of the Kazakh SSR], 25, 3-57 (1963). [in Russian]
8. Puchkov V.G. Novye i maloizvestnye vidy klopov-slepnyakov (Heteroptera, Miridae) fauny Mongolii i Srednej Azii [New and little-known species of horse flies (Heteroptera, Miridae) of the fauna of Mongolia and Central Asia], Entomol.obozr., 56, 360-374 (1977). [in Russian]
9. Puchkov V.G. Ligeidi [Ligeidi], Fauna Ukraini, 21 (3), 1-388 (1969). [In Ukrainian]
10. Kerzhner I.M. Klopy-shitniki roda Elasmucha Stal (Heteroptera, Acanthosomatidae) fauny SSSR [Shield bugs of the genus Elasmucha Stal (Heteroptera, Acanthosomatidae) of the fauna of the USSR], Zool. zhurn., 51(2), 214-219 (1972). [in Russian]
11. Puchkov V.G. K ekologii maloizvestnyh vidov poluzhestkokrylyh (Heteroptera) evropejskoj chasti SSSR. [On the ecology of little-known species of hemiptera (Heteroptera) in the European part of the USSR.], Vestn. zool., 5, 30-35 (1971). [in Russian]

12. Puchkov V.G. Beritidi, chervonoklopi, piezmatidi, pidkorniki i tingidi. [Beritids, red bugs, piesmatids, podkorniki and tingids.], Fauna Ukraini, 21(4), 1-332 (1974). [In Ukrainian]
13. Puchkov V.G. Krajoviki [Territories], (Fauna Ukraini, 21(2), 1-163 (1962). [In Ukrainian]
14. Puchkov V.G. Shitniki Srednej Azii (Hemiptera, Pentatomidea), [Shield insects of Central Asia (Hemiptera, Pentatomidea).] (Frunze: Ilim, 1965, 329 p.). [in Russian]
16. Elov E.S. Poluzhestkokrylye sem. Anthocoridae (Heteroptera) Srednej Azii i Kazahstana [Hemiptera fam. Anthocoridae (Heteroptera) of Central Asia and Kazakhstan], Entomol. obozrenie, 55(2), 369-380 (1976). [in Russian]
17. 10. Josifov M.V. Die Heteropteren der bulgarischen Schwarzmeerkuste, Bulletin de l'Institut de Zoologie et Musee, 39, 5-27 (1974).
18. Esenbekova P.A. Poluzhestkokrylye (Heteroptera) Kazahstana. [Hemiptera (Heteroptera) of Kazakhstan.] (Nur-Print, Almaty, 2013, 268 p.). [in Russian]
19. Rubcov N.I. Rastitelnyj pokrov Dzhungarskogo Alatau. [Vegetation cover of the Dzhungar Alatau.] (Alma-Ata, 1948, 186 p.). [in Russian]
20. Vinokurov N.N., Kanyukova E.V. Konspekt fauny poluzhestkokrylyh (Heteroptera) Sibiri [Abstract of the fauna of hemiptera (Heteroptera) of Siberia], (Mat-ly k katalogu palearkticheskikh Heteroptera) [Materials for the catalog of Palaearctic Heteroptera], (Yakutsk: YSC SB RAS, 1995, 62 p.). [in Russian]
21. Cobben R.H. Evolutionary trends in Heteroptera. Part II. Mouth part-structures and feeding strategies (Meded. Lab. Entomol. Wageningen, 1978, 407 p.).
22. Josifov M. Einige neue Miriden aus Nordkorea (KDVR) (Heteroptera), Reichenbachia, 24, 115-122 (1987).
23. Kerzhner I.M. Poluzhestkokrylye (Heteroptera) Dzhungarskogo Alatau [Hemiptera (Heteroptera) of the Dzhungar Alatau], Tr. Inst. zool. AN Kaz SSR, XXV, 3-57 (1963). [in Russian].
24. Matocq, A., & Pericart, J. A propos d'un Hemiptere Miride nouveau pour la France: Psallus kolenatli (Flor) 1860, L'Entomologiste, 42(2), 105-111 (1986).
25. Zajceva I.F. Obzor vidov poluzhestkokrylyh roda Psallus Fieb. (Heteroptera, Miridae) Kavkaza [Review of species of hemiptera of the genus Psallus Fieb. (Heteroptera, Miridae) of the Caucasus], Entomol. obozr., 47, 864-877 (1968). [in Russian].
26. Josifov, M.V. Die Heteropteren der bulgarischen Schwarzmeerkuste, Bulletin de l'Institut de Zoologie et Musee, 39, 5-27 (1974).
27. Kirichenko A.N. Nasekomye poluzhestkokrylye (Insecta, Hemiptera) [Hemiptera insects (Insecta, Hemiptera)], Fauna Rossii i sopredelnyh stran, 1(1), 1-301 1913. [in Russian].
28. Tamanini, L. Interessanti reperti emitterologici nella Venezia Tridentina (Hemiptera, Heteroptera), Studi Trentini di Scienze Naturali, 38(2), 67-130 (1961).
29. Moulet P. Hemipteres Coreoidae, Pyrrhocoridae et Stenocephalidae Euro-Mediterraneens (Federation Francaise des societies de sciences naturelles, Paris, 1995, 81, 336 p.).
30. Kirichenko A.N., Kerzhner I.M. Nazemnye poluzhestkokrylye (Heteroptera) Mongolskoj Narodnoj Respubliki [Terrestrial hemiptera (Heteroptera) of the Mongolian People's Republic], Nasekomye Mongolii, 1, 383-428 (1972). [in Russian].
31. Butler E.A. A Biology of the British Hemiptera-Heteroptera (London: Witherby, 1923, 682 p.).
32. Thomas, D. B., Jr. Taxonomic synopsis of the Old World asopine genera (Heteroptera: Pentatomidae), Insecta Mundi, 8(3-4), 145-212 (1994).

33. Kirichenko A.N. Novye dannye fauny poluzhestkokrylyh (*Hemiptera*-*Heteroptera*) Afganistana [New data on the fauna of hemiptera (*Hemiptera*-*Heteroptera*) of Afghanistan], Entomol. obozr., 42(2) 373-378 (1963). [in Russian].
34. Kirichenko A.N. Poluzhestkokrylye (*Hemiptera*-*Heteroptera*) Tadzhikistana. [*Hemiptera* (*Hemiptera*-*Heteroptera*) of Tajikistan.] (Dushanbe, 1964, 180 p.). [in Russian]
35. Petrova V.P. Shitniki Zapadnoj Sibiri (*Hemiptera*, *Pentatomidae*). [Shield insects of Western Siberia (*Hemiptera*, *Pentatomidae*)] (Novosibirsk, 1975, 236 p.) [Novosibirsk, 1975, 236 p.]. [in Russian]
36. Josifov M. *Heteroptera*, *Pentatomoidea*. II, Fauna na Blgariya, 12, 1-205(1981).
37. Kirichenko A.N. *Hemiptera* – *Heteroptera*, (Russkoe entomol.obozrenie.) [Russian entomological review], 14 (2). 181-202 (1914). [in Russian]

Авторлар туралы мәліметтер:

Қорғанбек Х.Ғ. – докторант, А.Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университеті, А.Байтұрсынов көш., 47, Қостанай, Қазақстан.

Есенбекова П.А. – биология ғылымдарының кандидаты, ҚР ҒЖОМ «Зоология институты» РМК энтомология зертханасының жетекші ғылыми қызметкері, Әл-Фараби көш., 93, Алматы, Қазақстан.

About the Authors:

Korganbek Kh.G. – Doctoral student, Kostanay Regional University named after A. Baitursynov, A. Baitursynov St., 47, Kostanay, Kazakhstan.

Esenbekova P.A. – candidate of biological sciences, leading scientific staff of the laboratory of entomology RSE “Institute of zoology” CS of the MSHE of the RK, Al-Farabi St., 93, Almaty, Kazakhstan.



МРНТИ 34.27.29

<https://doi.org/10.32523/2616-7034-2024-148-3-58-80>

Обзорная статья

Проблема антибиотикорезистентных штаммов и её решение

С.С. Ануарбекова*^{ORCID}, И.К.Тыныбаева^{ORCID}

Биомедпрепарат, Степногорск, Казахстан

*Автор для корреспонденции: sanuarbekova@rambler.ru

Аннотация. Антибиотикорезистентность – это глобальная проблема здравоохранения всего мира, является разновидностью антимикробной резистентности. Для её решения требуются согласованные усилия в масштабах мирового сотрудничества. Основными антибиотикоустойчивыми микроорганизмами являются *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Haemophilus influenzae*, *Helicobacter pylori*, *Enterococcus spp.* Во многих странах действуют программы, направленные на предупреждение развития антибиотикорезистентности, а также на стимулирование разработки новых лекарственных препаратов с противомикробной активностью. Много научных работ посвящены этой теме. Всё более необходимым становится рациональное использование имеющихся антимикробных препаратов с учётом спектра их действия и профиля антибиотикорезистентности основных возбудителей. Целью настоящего исследования являлось изучение мероприятий, направленных на борьбу с растущей антибиотикорезистентностью в мире. Показаны основные причины развития данной проблемы, механизмы антибиотикорезистентности и передачи резистентности. Механизм в основном связан с эволюцией микроорганизмов фенотипического и генетического характера. Проведён анализ антибиотико-резистентных штаммов, дана их характеристика, отражены методы исследования устойчивости к антибактериальным препаратам. Описаны диффузный метод и метод разведения оценки чувствительности. Проблема устойчивости к антибиотикам подтверждена многими исследованиями в различных отделениях, особенно хирургического профиля и в отделениях реанимации и интенсивной терапии. В Казахстане преобладающими антибиотико-резистентными возбудителями считаются *Acinetobacter spp.*, *Enterococcus spp.*, *Haemophilus influenzae*, *Pseudomonas spp.*, стрептококки, стафилококки и энтеробактерии. Основными мерами по предупреждению этой проблемы является контроль над применением антибиотиков, разработка новых препаратов, а именно антибиотиков и бактериальных лизатов на основе данных микроорганизмов.

Ключевые слова: антибиотикорезистентность, штаммы, микроорганизмы, антибиотики, спектр действия.

Поступила: 10.05.2024; Одобрена: 25.06.2024; Доступна онлайн: 27.09.2024

Введение

Проблема антибиотикорезистентности имеет мировое значение, так как во всех странах существует такая проблема, масштабы которой угрожающие. Это подтверждается нами на основе изучения научных, прикладных и аналитических работ врачей, микробиологов, учёных из разных стран и сведений Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ). Проблема в одинаковой степени касается как высокоразвитых и индустриальных, так и развивающихся стран, не зависит от уровня благосостояния и экономического развития страны. Возможность приобрести антибиотики у людей в экономически развитых странах и, наоборот, отсутствие денег или недостаточная продолжительность курса лечения у бедных – это одинаковая угроза для человечества в целом [1].

Антибиотикорезистентность – это устойчивость бактерий к антибактериальным препаратам, это разновидность антимикробной резистентности – устойчивости возбудителей заболеваний (бактерий, грибов, паразитов) к современным антимикробным препаратам [1]. Первые известия об устойчивости появились в 1940 году к пенициллину, с годами данное явление увеличивается в мире. И идёт тенденция, что смертность от инфекционных заболеваний будет увеличиваться [2, 3].

В обзоре Giuseppe Mancuso соавторами [4] прокомментирован прогноз ВОЗ, что к 2050 году число погибших от неэффективности антибактериальной терапии увеличится до 10 миллионов. В работе отечественных исследователей [5] также отражено состояние проблемы в мире, подходы к контролю и сдерживанию антибиотикорезистентности.

Повышение антибиотикорезистентности микроорганизмов является одной из актуальных и нерешенных проблем борьбы с патогенными микроорганизмами. Рост резистентности микроорганизмов к антибиотикам впервые был обнаружен в медицине, затем в ветеринарии, а затем это явление было установлено и для других антимикробных веществ [6]. Резистентность микроорганизмов развивается к антибактериальным препаратам как широкого, так и узкого спектра действия.

В связи с актуальностью данного направления, целью нашей статьи является изучение антибиотикорезистентных штаммов, механизмов и причин развития устойчивости культур микроорганизмов к антибактериальным препаратам.

Методы исследования

При подготовке материалов для обзора были использованы доступные поисковые системы: PubMed, Google Scholar, <https://www.researchgate.net>, <https://cyberleninka.ru>, elibrary.ru. С их помощью была получена информация международных организаций, Республики Казахстан, дальнего и ближнего зарубежья, научные статьи. Ключевыми словами для поиска информации были: антибиотикорезистентность, штаммы, микроорганизмы, антибиотики, спектр действия, *Acinetobacter spp.*, *Enterococcus spp.*, *Pseudomonas spp.*, *Escherichia coli* и другие бактерии. Основная масса информации получена на русском и английском языках. Глубина исследования составляет последние

10 лет. Критерии включения: в основном включались статьи с 2015 по 2024 годы и работы, где исследования проводились на людях. Критерии исключения: не брались данные по животным.

Гены антибиотикорезистентности и механизмы развития устойчивости к анти-микробным препаратам

Устойчивость к противомикробным препаратам развивается за счёт эволюции бактерий. Это явление в процессе жизнедеятельности микроорганизма естественное, однако ряд причин способствует усилению данного явления. Свойство устойчивости к противомикробным препаратам развивается у микробов, а не у людей и животных.

Связано это с неадекватным применением антибактериальных препаратов; попаданием антимикробных препаратов в организм человека с пищевыми продуктами, которые применяются для лечения и профилактики болезней животных, стимулирования их роста, также для подавления условно-патогенной микрофлоры в продуктах питания при производстве, особенно молочнокислой продукции; применение в косметологии.

Неадекватное применение антибактериальных препаратов основано на частом и бесконтрольном применении антибиотиков; необоснованном назначении сильных препаратов; необоснованном назначении для лечения вирусных инфекций и легких бактериальных инфекций; применение антибиотиков широкого спектра в ситуациях, когда более эффективно использовать с узким спектром действия; назначение препаратов без учета спектра возбудителей и их чувствительности; не правильная дозировка; свободная безрецептурная продажа в аптечной сети. Одним из причин является самолечение больных на основе предыдущих опытов, интернет-ресурсов и рекомендации аптекарей [6].

В то же время больничная среда традиционно рассматривается как источник антибиотикорезистентных микроорганизмов, поэтому инфекционные поражения, полученные в стенах лечебного учреждения, имеют другое название – госпитальные или нозокомиальные инфекции.

Устойчивость к антибиотикам приводит к тому, что труднее лечить больного, удлиняется количество больничных дней, требуются более высокие дозы антибиотиков и более токсичные, всё это приводит к экономическим затратам. Одним из основных последствий является развитие различных осложнений от такой реактивной терапии или её отсутствия и возможен смертельный исход.

Проблема антибиотикорезистентных штаммов усугубляется тем, что количество продукции новых препаратов уменьшилось. Монорезистентные организмы становятся полирезистентными, а затем и панрезистентными [7, 8].

Внешние факторы также являются причинами развития данной проблемы. Миграция людей, птиц и животных способствует переносу бактерий из одной местности в другую. Торговля в больших размерах пищевыми продуктами также способствует распространению антибиотикорезистентных микробов из страны в страну и по всему миру. Промышленные отходы, отходы фармацевтических заводов, больничные отходы,

фермы и сельское хозяйство также являются возможными источниками или факторами развития устойчивости к антибиотикам.

Итак, антимикробная устойчивость является серьезной угрозой здоровью общества.

Разные бактерии обладают разными механизмами устойчивости к одинаковым противомикробным агентам.

Устойчивость к антибактериальным препаратам развивается на основе нескольких механизмов [9, 10]: природная и приобретенная резистентность [9]; биоплёночная устойчивость у штаммов, способных к биоплёнокообразованию [8, 9, 11]; наличие бактерий-персистеров [9]; наличие у микроорганизмов фермента резистентности β -лактамазы [4, 12].

Думаем, что большую проблему представляют биоплёночные бактерии, так как мало того, что они устойчивы к ряду препаратов, так ещё и имеют такой защитный слой, как биоплёнка, который тяжело поддаётся дезинфекции. Биопленки представляют собой многоклеточные ассоциации микроорганизмов, защищенные внеклеточным матриксом, способствующие их росту и размножению.

В биоплёнках такие же генетические механизмы передачи устойчивости [13].

Основными механизмами проявления или усиления резистентности к антибиотикам у микроорганизмов являются следующие [14]:

Ферментативное расщепление или инактивация заключается в расщеплении антибиотика еще до его проникновения в цитоплазму клетки с помощью специфических ферментов.

Механизм уменьшения проницаемости стенки микроорганизмов для антибиотиков и/или выкачивание его из клетки (эффлюкс) быстрее, чем антибиотик поразит свои мишени.

Модификация или повреждение клеточных мишеней антибиотиков.

Ауксотрофия – формирование метаболического шунта.

Механизм продукции микроорганизмами альтернативных мишеней, которые связывают антибиотики и лишают его возможности поразить настоящие мишени. Обычно в качестве таких мишеней выступают ферменты.

Самым распространённым механизмом антибиотикорезистентности – около 80% случаев – является ферментативное расщепление антибиотика [14].

Ферменты, разрушающие бета-лактамы антибиотики, получили название бета-лактамаз. Некоторые микроорганизмы выделяют бета-лактамазы во внеклеточное пространство, другие – только в пространство между клеточной стенкой и внутр-речной мембраной. β -лактамазы продуцируют как грамположительные, так и грамотрицательные микроорганизмы, в том числе и анаэробные [15]. Эти ферменты разрушают связи в антибиотиках.

Распространение антибиотикорезистентных генов между бактериями происходит благодаря активности мобильных генетических элементов (плазмид, бактериофагов, транспозонов) [16].

Основными генетическими путями передачи генов являются такие процессы, как конъюгация, трансформация и трансдукция, которые составляют процесс горизонтального переноса генов [8, 13, 17, 18].

Конъюгация плазмидами, трансдукция бактериофагами и естественная трансформация внеклеточной ДНК позволяют генетическому материалу перемещаться между штаммами и видами [19].

Перенос генов может быть как между близкими организмами, так и удалёнными. Распространение генов свидетельствует о том, что они функционируют в различных средах и экосистемах, в том числе в больничных условиях, на хозяине-человеке, обществе и в природных экосистемах.

Конъюгация – это перенос ДНК посредством контакта клетки с клеткой через пили или адгезины на клеточной поверхности. Данный конъюгативный механизм кодируется генами автономно реплицирующихся плазмид или интегративными конъюгативными элементами хромосомы.

Механизм конъюгации присущ при устойчивости к β -лактамным антибиотикам и карбепенемам. Гены распространяются за счёт меж- и внутривидовой конъюгации у энтеробактерий, псевдомонад, ацинетобактер, золотистого стафилококка.

Конъюгация является частым механизмом возникновения антибиотикорезистентных штаммов в больницах. За счёт этого механизма развивается устойчивость повсеместно в отношении часто применяемых и более эффективных антибактериальных препаратов. Более того, несколько генов часто локализуются в одной и той же плазмиде, что позволяет относительно легко распространять множественную лекарственную устойчивость [20].

В работе Xiaolong Wang с соавторами [21] целью исследования было выяснить, происходит ли и как происходит передача генов антибиотикорезистентности между плазмидами клинических патогенов. С этой целью из общедоступных баз данных было собрано 2420 клинически значимых и 882 экологически значимых конъюгативных плазмид с полными последовательностями. Было обнаружено, что 3035 антибиотикорезистентности передаются через 606 плазмид, содержащихся в *K. pneumoniae*, тем самым увеличивая устойчивость *K. pneumoniae* к клиническим антибиотикам, включая аминогликозиды, цефалоспорины третьего поколения и карбапенемы. По сравнению с *K. pneumoniae*, другие ESKAPE – возбудители, например, *Enterobacter spp.*, *P. aeruginosa* и *A. baumannii* также участвуют в межплазмидном переносе, но с относительно меньшей частотой (2,2%, 1,6% и 1,1%, соответственно). Также установлено, что эти штаммы могут обмениваться резистентностью с плазмидами, полученными из окружающей среды. При этом 59,5% антибиотикорезистентные гены, полученные из плазмид окружающей среды, могут быть захвачены *K. pneumoniae*. *A. baumannii*, *P. aeruginosa* и *Enterobacter spp.* Также обмениваются генами с плазмидами, полученными из окружающей среды, но с относительно более низкой частотой передачи.

Как только плазида, полученная из окружающей среды, будет захвачена клиническим патогеном, она обеспечит быстрый перенос генов между плазмидами.

Таким образом, межплазмидный обмен генов через экологические и клинические границы может расширить спектр устойчивости патогенов.

В данной статье [22] изучались механизмы *in vitro*, лежащие в основе опосредованного конъюгацией переноса генов от *A. baumannii* с широкой лекарственной устойчивостью (XDR-AB) и *A. baumannii*, продуцирующих металло-бета-лактамазу-1 из Нью-Дели (NDM-AB), к двум изолятам из окружающей среды *Acinetobacter spp.* (штаммы-реципиенты).

Эксперименты по конъюгации показали, что устойчивость к тикарциллину и канамицину может передаваться от четырех доноров к двум устойчивым к азиду натрия *A. baumannii*. Исследования проводились с использованием ПЦР. Результаты показали, что донорские штаммы *A. baumannii* 364, 352 и 405 могут передавать различные гены ($bla_{\text{OXA-23}}$ и $bla_{\text{PER-1}}$, aphA6 и $bla_{\text{PER-1}}$) реципиентам. Обнаружен перенос плазмиды размером 220 т.п.н. от донора к реципиенту. Плазида GR6, содержащая ген устойчивости к канамицину (aphA6), была успешно перенесена из донорского штамма 140 в оба штамма-реципиента. Однако гены $bla_{\text{NDM-1}}$ и tet (B) были обнаружены не во всех трансконъюгантах.

Таким образом, конъюгация может быть ответственна за появление новых типов штаммов, устойчивых к антибиотикам.

Целью следующей работы [23] было оценить распространенность встречаемости генов $bla_{\text{CTX-M}}$, bla_{SHV} , bla_{TEM} у антибиотикорезистентных штаммов энтеробактерий, выделенных из проб пациентов перинатального центра. При проведении исследования из 135 штаммов энтеробактерий у 87 (64,4%) успешно определены изучаемые генетические детерминанты антибиотикорезистентности. Исследователи установили, что 92,3% штаммов *K. pneumoniae* имеют детерминанты устойчивости к антибиотикам, 50% которых представлены $bla_{\text{CTX-M}}$. Был выделен 1 штамм *K. pneumoniae*, несущий сразу три гена антибиотикорезистентности $bla_{\text{CTX-M}}$, bla_{SHV} , bla_{TEM} . Из 66 штаммов *E. coli* у 59 (89,33%) определен генетический профиль антибиотикорезистентности, в котором также преобладает $bla_{\text{CTX-M}}$ (67,80%).

Известно, что несколько генов часто локализуются в одной и той же плазмиде, что позволяет относительно легко распространять множественную лекарственную устойчивость.

Трансдукция – процесс переноса ДНК между клетками при помощи вирусов. Примером трансдукции является перенос бактериальной ДНК из одной клетки в другую бактериофагом.

Трансдукция способствует распространению резистентности к антибиотикам часто между представителями одного и того же вида за счёт заражения бактериофагом. Клетка случайно упаковывается в капсид бактериофага, который связывается с клеткой-мишенью и передаёт генетическую информацию. Механизм трансдукции меньше возникает в больницах, встречается у грамположительных и грамотрицательных бактерий [10, 19].

При изучении темы механизмов резистентности к антибиотикам, мы пришли к выводу, что большинство исследователей большое значение придает фагам в развитии данной мировой проблемы. При этом они широко распространяются в медицине, ветеринарии, растениеводстве, в пищевых продуктах.

Трансформация – процесс поглощения бактериальной клеткой молекулы ДНК из внешней среды.

Естественная трансформация происходит у клинических патогенов в результате поглощения микроорганизмами внеклеточной ДНК и встраивания их в геном бактерии, что и показывает естественный путь. В то же время антибиотики могут усиливать процесс трансформации.

Для того, чтобы трансформация состоялась, необходимо соблюдение ряда условий, а это наличие внеклеточной ДНК и бактерии-реципиенты должны находиться в состоянии компетентности [24].

Разные бактериальные виды используют разные механизмы горизонтального переноса. Резистентность также бывает естественная и приобретённая [8].

С годами в процессе эволюции бактерий появляются новые механизмы резистентности. Это приводит к тому, что всё труднее лечить, а иногда и невозможно. Ими являются мутации топоизомеразы, обеспечивающие устойчивость бактерий к фторхинолонам; металло-β-лактамазы, инактивирующие практически все β-лактамы антибиотики; 23S-субъединицы рРНК-метилазы, противостоящие воздействию макролидов и линкозамидов, а также изменились механизмы регуляции работы эффлюкс-насосов [25].

Решение проблемы антибиотикорезистентности

Проблема антибиотикорезистентности стала особо актуальной в XXI веке. В большинстве регионов мира, в том числе и в Казахстане, получили широкое распространение штаммы микроорганизмов, характеризующиеся устойчивостью к большинству антимикробных препаратов [26].

Антибиотики – единственные препараты, которые применяются во всех направлениях медицины, от стоматологии до операций и пересадок.

Самые серьёзные жизнеугрожающие инфекции вызываются группой резистентных микроорганизмов, которых ВОЗ обозначило как ESKAPE-патогены (от англ. escape – ускользать, избегать, спастись), поскольку они эффективно «избегают» воздействия антибактериальных препаратов. ESKAPE – это аббревиатура от названий родов основных антибиотикоустойчивых возбудителей: *Enterococcus spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* [4, 27]. Им присвоен высший «приоритетный статус», поскольку они представляют большую угрозу для человека [4]. Затем добавили некоторые энтеробактерии.

Антибиотическая резистентность развита у *Mycobacterium tuberculosis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, *Campylobacter sp.*, *Klebsiella pneumoniae*, *Burkholderia cenocepacia* [28, 29]. Значение имеют энтеробактерии и псевдомонады.

Обнаружен новый тип кишечной палочки, который одновременно высокозаразен и устойчив к некоторым антибиотикам, особенно к карбапенемам. Данный штамм распространён во многих странах [30].

Среди стафилококков значение имеют метициллин – устойчивый золотистый стафилококк из-за их вирулентности и устойчивости к многочисленным антибиотикам [31].

Бактерии рода *Acinetobacter* – наиболее частые возбудители тяжелых инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи. Доминируют по всему миру *A. baumannii* с множественной лекарственной устойчивостью [32]. Клиническую актуальность проявляют также виды *A. calcoaceticus*, *A. lwoffii*, *A. baylyi*, *A. haemolyticus*, *A. junii*, *A. nosocomialis*.

В работах бактериологов отражён спектр возбудителей разных поражений систем человека: мочевыводящая, кишечная, больных отделения реанимации, онкобольных и др.

В России в обычных стационарах на первом месте кишечные бактерии, среди них 54% составляют *K. pneumoniae*. Грамотрицательные неферментирующие бактерии, такие, как *A. baumannii* и *P. aeruginosa*, пока остаются наиболее значимыми возбудителями нозокомиальных инфекций [29, 33].

В работе по изучению урологических инфекций были выделены возбудители с оценкой их резистентности, которые представлены *E. faecalis* (41%), *E. coli* (36,4%), *Kl. pneumoniae* (23,4%), *Pr. mirabilis* (76%). Наряду с ними в меньшем количестве высевались псевдомонады и ацинетобактер. Энтерококки показали высокий уровень резистентности к ципрофлоксацину – 23,1% и гентамицину – 38,4%. У *E. coli* наблюдалось повышение резистентности к ампициллину – 85,7%, цефтазимиду – 66,7%, ципрофлоксацину – 54,1% и нитрофурантоину – 42,9%. Высокая степень резистентности выявлена у *Pr. mirabilis* к ципрофлоксацину (66,7%), ампициллину (75%). Штаммы *Ps. aeruginosa* устойчивы к ципрофлоксацину (66,7%) и меропенему (50%); *A. baumannii* к амикацину (94,9%), имипенему (92,3%), тигециклину (53,6%), цефтазимиду и ципрофлоксацину по 100%. Отмечено появление карбапенем-резистентных штаммов, на 4% увеличено количество метициллин-резистентных штаммов [34].

У онкологических больных, как и у любых хирургических больных, после операций часто наблюдаются инфекционные осложнения. Но в данном случае состояние усугубляется тем, что у онкобольных иммунитет находится на низком уровне или вообще отсутствует из-за тяжести данной нозологии, сопутствующей химио- и радиотерапии. С целью оценки спектра возбудителей и антибиотикочувствительности исследователи проводили микробиологический мониторинг образцов клинического материала у 1047 пациентов с инфекционными осложнениями послеоперационного периода онкологического диспансера г. Москвы [33].

Ими установлено, что частота положительных результатов составила 64%. Был выделен 791 штамм микроорганизмов: 487 грамотрицательных и 304 грамположительных возбудителей. Основную массу составляют *K. pneumoniae*, *P. aeruginosa*, *S. aureus*, *Enterococcus spp.*

Уровень резистентности семейства *Enterobacteriaceae* к цефалоспорином III-IV поколений варьировал от 45,8 до 59,8%, к фторхинолонам – 50%, к карбапенемам – от 11,4 до 15%. При этом отмечен высокий уровень устойчивости к карбапенемам у *K. pneumoniae* – в пределах 19,2 до 25%. Резистентность *P. aeruginosa* к карбапенемам составила 48%, к цефалоспорином изменялась в диапазоне 42,6–46,6%. Грамположительные же бактерии показали чувствительность: 71,2% штаммов *S. aureus* были чувствительны к оксациллину, 88% – к ванкомицину; 95,7% штаммов *Enterococcus spp.* к ванкомицину.

Эти данные подтверждаются и в другом исследовании микробного фона гнойно-воспалительных осложнений онкобольных [35].

Таким образом, нозокомиальные инфекции различной локализации у оперированных пациентов с онкопатологией часто обусловлены полирезистентными штаммами грамотрицательных возбудителей [33, 35].

В работах казахстанских исследований также отражён спектр возбудителей с антибиотикорезистентностью.

Одним из активных возбудителей в клинической практике больниц страны является *S. pneumoniae* [36]. Для их изучения забор материала был взят у здоровых детей-носителей. Исследование проводилось методом диффузии в агар к группе пенициллинов (оксациллин), фторхинолонов (норфлоксацин), макролидов (эритромицин, клиндамицин). По результатам проведенного исследования доля пенициллин-резистентных штаммов *S. pneumoniae* составила 78,3%, фторхинолон-резистентных штаммов – 91,3%. Уровень устойчивости пневмококков к макролидам составил: к эритромицину 52,2%, клиндамицину 39,1%. Резистентность к тетрациклину и триметопримсульфаметоксазолу выявлена на уровне 34,8%, к линезолиду 26,1%, хлорамфениколу 21,7%, ванкомицину 17,4%, рифампицину 4,4%.

Такие же исследования проводились в городе Караганде с 2012 по 2017 гг. [37]. Пневмококк выделяли у больных с внебольничной пневмонией. Устойчивость к оксацилину составила 4,2%, азитромицину – 12,4%, тетрациклину – 72,1%, хлорамфениколу – 7,8%, триметоприму/сульфаметоксазолу – 57,1%, рифампину и левофлоксацину – 5,6% и 3,4% соответственно. К линезолиду и ванкомицину устойчивых штаммов обнаружено не было. Амоксициллин рекомендован как препарат первой линии для антимикробной терапии пневмококковых инфекций.

Бактериологи отмечают, что уровень устойчивости с годами возрос к пенициллину на 6,9%, эритромицину – на 12,1%, а к тетрациклину и триметопримсульфаметоксазолу снизилась с 80% до 34,8%. Это они связывают с бесконтрольным применением препаратов пенициллинового ряда родителями как более известными и лёгкими по сравнению с группой цефалоспоринов.

Среди пневмококковых штаммов 56,5% оказались мультирезистентными: 21,7% к 5, 13% штаммов показали устойчивость к 3-4, 4,3% – к 6-7 антибиотикам. Среди мультирезистентных штаммов устойчивость чаще всего проявлялась к пенициллинам, макролидам и тетрациклинам.

В статье Сарсекеевой А.С. [38] представлены результаты бактериологического исследования мокроты и определения чувствительности возбудителей внебольничной пневмонии у пациентов пульмонологического отделения. В основном выделялись *Streptococcus pneumoniae* (62%), *Streptococcus viridans* (17%) и клебсиелла (8%), имеющие устойчивость к основным антибактериальным препаратам.

Для определения антимикробной резистентности часто встречающихся патогенов в отделении детской кардиореанимации с 2012 по 2016 годы были проведены микробиологические исследования [39]. Из 4228 клинических образцов детей (инфекции кровотока, раневое отделяемое, респираторный тракт, центральный венозный катетер, катетер из трахеобронхиального дерева и др.) были выделены различные микроорганизмы. За исследуемый период часто встречающимися патогенами были: *Kl. pneumoniae* – 8,9%, *Ps. aeruginosa* – 7,5%, *S. aureus* – 6,9%, коагулазоотрицательные стафилококки – 5,3%, *Candida sp.* – 3,4% от общего количества выделенных микроорганизмов. В динамике отмечается увеличение частоты обнаружения *Ps.*

aeruginosa с 2,6% до 10,8% ($p=0,018$), *K. pneumoniae* с 2,6% до 10,5% ($p=0,023$) и *Candida* sp. с 1,6% до 5,9% ($p=0,033$). Они показали тенденцию достоверного увеличения резистентности к цефалоспорином и карбапенемам.

Под руководством профессора Бисеновой Н.М. [40] был проведён анализ микробиологических исследований 2816 клинических образцов пациентов детского отделения кардиохирургии после проведенных операций на сердце и крупных сосудах, полученных в период с 2010 по 2019 годы. В результате за исследуемый период были выделены *Ps. aeruginosa* – 19,7%, *Kl. pneumoniae* – 16%, *S. aureus* – 13,2%, *A. baumannii* – 8,8% от общего количества выделенных микроорганизмов. Исследователи отметили динамику увеличения частоты обнаружения *Ps. aeruginosa* с 16,1% до 30,2% ($p=0,048$), *K. pneumoniae* с 7,5% до 19,3% ($p=0,014$). Данные штаммы показывают тенденцию достоверного увеличения резистентности к цефалоспорином III-IV поколения, к хинолонам и карбапенемам. Таким образом, частота обнаружения *P. aeruginosa* и *K. pneumoniae* опять подтверждает их значимость в качестве антибиотикорезистентных штаммов, вызывающих нозокомиальную инфекцию.

Проведено микробиологическое исследование [41] микробного пейзажа и антибиотикочувствительность штаммов, выделенных от взрослых пациентов, госпитализированных в отделение реанимации и интенсивной терапии за 2010-2014 годы. Из 928 образцов клинического материала были выделены 781 штамм микроорганизмов. Выделяли микроорганизмы из респираторного и уретрального тракта, также из ран и дренажей.

Наибольшее количество штаммов было выделено из респираторного тракта – 45,3% (354), уретрального – 28,5% (223), мазок из раны – 13,0% (102).

Из них 52,3% выделенных штаммов (409) относились к грамотрицательной микрофлоре, среди которых преобладали неферментирующие грамотрицательные бактерии (34,4% – 269 изолятов): *A. baumannii* – 20,9% (164) и *Ps. aeruginosa* – 13,4% штаммов (105); остальные составляли бактерии семейства *Enterobacteriaceae*, а именно *Enterobacter* spp., *E. coli* и *Kl. pneumoniae*. У них наблюдается высокая степень резистентности к цефалоспорином III поколения и к карбапенемам. Грамположительные штаммы представлены *Enterococcus* spp., коагулазоотрицательные стафилококки и 1,5% составляли *S. aureus*.

В диссертации «Микробиологическая характеристика, механизмы устойчивости к антибиотикам и молекулярная эпидемиология резистентных форм респираторных патогенов и госпитальных грамотрицательных бактерий» автор пришёл к выводу, что грамотрицательная госпитальная микробиота быстро колонизировала поступающих в отделение реанимации и интенсивной терапии пациентов и отличалась высокой антибиотикорезистентностью [42].

В следующей работе [43] представлены данные исследования распространенности и молекулярной эпидемиологии грамотрицательных бактерий, продуцирующих металло-β-лактамазы (МБЛ), в России (в 1998-2010 гг.), Беларуси и Казахстане (в 2005–2010 гг.).

Анализ нозокомиальных штаммов, выделенных в рамках нескольких многоцентровых эпидемиологических исследований в России, выявил стремительное нарастание доли

МБЛ-положительных изолятов *Ps. aeruginosa* (от 4,5 до 20,3% в период между 2002-2004 и 2006-2007 гг.), которое в основном было связано с эпидемическим распространением клона *P. aeruginosa* ST235 VIM-2. Циркуляция данного клона отмечена не только на всей территории России, но и в нескольких городах Беларуси и Казахстана. Большинство изолятов были чувствительны только к полимиксинам. Помимо *P. aeruginosa*, продукция МБЛ выявлена у единственного штамма *E. coli*.

Таким образом, распространение МБЛ-продуцирующих штаммов *P. aeruginosa* в соседних государствах приняло масштабы наднациональной катастрофы. Ассоциированная резистентность к антибиотикам всех групп, кроме полимиксинов, крайне ограничивает возможности терапии инфекций, вызванных такими штаммами.

В следующей работе учёные изучали возможность быстрого развития резистентности в различных популяциях *Pseudomonas aeruginosa*, выделенных у пациентов с ослабленным иммунитетом и пациентов в критическом состоянии в отделениях реанимации 12 больниц. В результате было установлено, что большинство больных были колонизированы одним штаммом, а 1/3 больных колонизированы несколькими штаммами псевдомонад [44].

В настоящей работе исследователей из трёх стран представлены данные, свидетельствующие о широком географическом распространении штаммов *Salmonella enterica* серовар *Typhimurium*, принадлежащих к одной генетической линии и обладающие полирезистентностью [45].

У больных с заболеваниями мочевых путей в России, Беларуси и Казахстане были выделены микроорганизмы в количестве 1260, в основном энтеробактерии. Наиболее частыми видами были *E. coli*, *Kl. pneumoniae* с антибиотикоустойчивостью к основным группам антибиотиков [46].

Итак, для нозокомиальных возбудителей медицинской практики Казахстана также характерны в качестве возбудителей бактерии рода *S. pneumoniae*, *Pseudomonas spp.*, *Acinetobacter spp.*, *Enterococcus spp.*, *Haemophilus influenzae*, стрептококки, стафилококки и энтеробактерии.

Целью исследования в обзоре «Антибактериальная терапия и отношение к проблеме антибиотикорезистентности во врачебной практике» [47] был анализ современных зарубежных и отечественных исследований, посвященных изучению практик назначения антибиотиков и осведомленности врачей о резистентности к противобактериальным препаратам. В обзор включены исследования, опубликованные с 1 января 2015 г. по 31 августа 2020 г. на английском и русском языках. Выводом является, что врачи считают проблему антибиотикорезистентности актуальной, однако не придают ей значения в повседневной практике. Также на выбор препарата оказывают влияние его стоимость и доступность, социально-экономический статус пациента, требование пациента о назначении антибиотиков. Установлено, что развивающиеся страны испытывают дефицит технологий микробиологической диагностики, в связи с чем, в них превалирует эмпирическая антибиотикотерапия. Эти данные эффективны для разработки мер по профилактике и снижению распространенности антибиотикорезистентности как для врачебной практики, так и среди населения.

В Казахстане проблема усугубляется тем, что не введено в практику проведение оценки чувствительности к антибиотикам при подборе противомикробного препарата. Особенно сложнее лечить больных в отделениях реанимации и интенсивной терапии.

Среди врачей, микробиологов бытует мнение, что эта ситуация может привести к тому, что распространённые инфекции и незначительные травмы вновь могут стать смертельными.

Для решения этой проблемы в широком значении является контроль в медицинской сфере, адекватное применение препаратов; назначение препаратов больным с проведением анализа чувствительности к антибиотикам; отпуск лекарств по рецепту, что будет способствовать снижению распространения и росту антибиотико-резистентных штаммов. Также ветеринарный контроль, антибиотики должны применяться с лечебной целью, по схеме, а не для стимуляции роста животных и профилактики заболеваний, необходимо проводить плановую вакцинацию для предупреждения инфекций, ввести запрет на введение антибиотиков в продукты питания и косметические средства.

Следующим решением проблемы антибиотикорезистентности является разработка новых противомикробных препаратов, обладающих новыми механизмами действия, направленные на новые механизмы устойчивости микроорганизмов [16, 28].

Решением прикладного характера для лечения антибиотико-резистентных инфекций является применение клеточных структур микробов-возбудителей – лизатов, которые оказывают подавляющее действие на микроорганизмы, являющиеся клетками-мишенями для них.

Лизат состоит из частиц и обломков стенок микробов, которые не обладают патогенностью и, соответственно, не представляют инфекционного риска для организма.

Известен ряд препаратов на основе бактериальных лизатов, такие, как препарат «Исмиген®», препарат «ИРС 19» и другие препараты для лечения симптомов респираторных инфекций. «Уростим» для лечения различных инфекций уrogenитального тракта. Все они выполнены на основе лизатов бактерий-возбудителей: *S. aureus*, *S. pyogenes*, *S. viridans*, *S. pneumoniae*, *Kl. pneumoniae*, *Kl. ozaenae*, *H. influenza*, *E. coli* и др.

Таким образом, устойчивость к антибиотикам является сегодня одной из наиболее серьезных угроз для здоровья человечества, продовольственной безопасности и развития.

Для оценки антибиотикорезистентности в практической медицине применяются метод диффузии в агар, метод разведений, с использованием анализаторов.

Метод диффузии в агар осуществляется с помощью стандартных дисков [48]. Из чистых агаровых культур готовят суспензию, плотностью по стандарту мутности в 10 ЕД. В чашки Петри на поверхность агаризованной среды наносят 1 мл микробной суспензии и покачиванием равномерно её распределяют, а избыток удаляют пипеткой. Чашки подсушивают при комнатной температуре 10-15 минут, стерильно раскладывают диски на поверхность среды не более 6-7 штук на одну чашку. Культивирование ведут в течение 3-х суток. Результаты учитывают путем измерения зоны задержки роста микроба, с учетом диаметра самого диска.

Вместо дисков также применяют полоски Е-теста, на которые нанесены антибиотики в различных концентрациях, от минимальной до максимальной. На ней имеется

эллипсоидная зона, по которой можно определить, на которые нанесены антибиотики в различных концентрациях, от минимальной до максимальной. Полоски Е-тестов дороже, чем диски.

Нами в ранних и текущих работах проводились исследования оценки чувствительности к антибиотикам различных бактерий, в том числе условно-патогенных и лактобактерий (рисунок 1). В случае с лактобациллами – это проводилось с целью отбора устойчивых штаммов для разработки пробиотических препаратов для совместного применения в лечении с антимикробными препаратами.

Штамм лактобактерии имеет устойчивость к канамицину, ванкомицину и гентамицину, стрептококк был устойчив к 8 антибиотикам из 10.

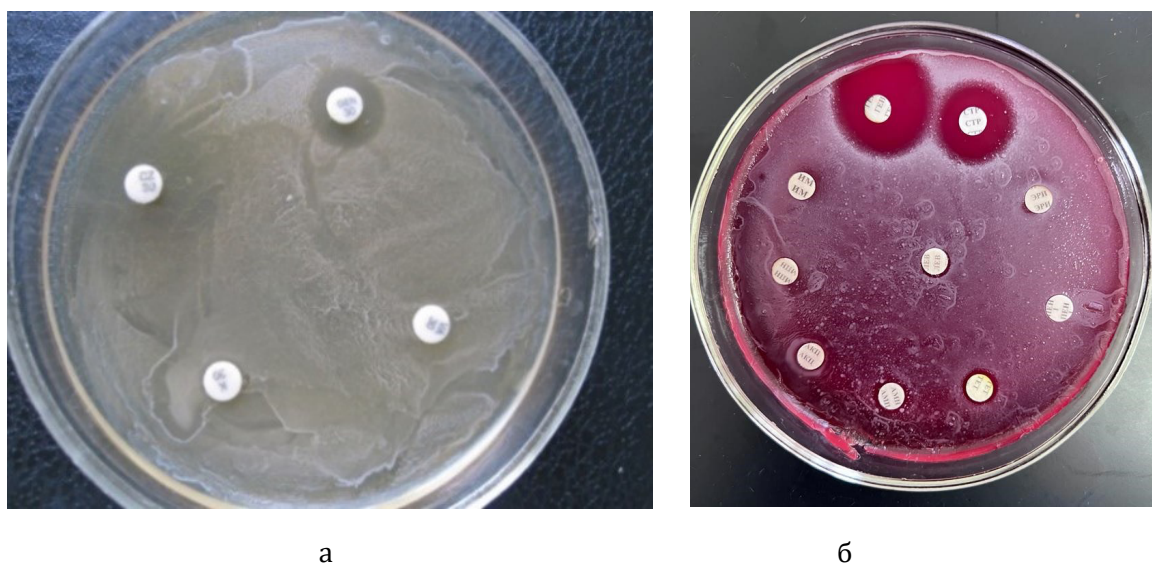


Рисунок 1. Оценка антибиотикорезистентности методом диффузии в агар (а – к лактобациллам, б – гемолитическому стрептококку).

Методы серийных разведений [48]. Антибиотики добавляются в жидкую среду на основе бульона или агар-агара. Вносится культура. Инкубация 35-37 °С. При наличии роста микроорганизмов определяют, что данная концентрация антибиотиков недостаточна для их подавления. По мере увеличения концентрации интенсивность роста антибиотиков снижается. Минимальной подавляющей концентрацией, считается та, при которой визуально не определяется рост бактерий. Измерения проводятся в мг/л или мкг/мл.

В зависимости от консистенции используемой среды различают методы серийных разведений в питательном бульоне (рисунок 2) или в последующем высеве из разведений в плотную среду, что нами проводилось в ранние годы. Рост указывает на то, что микробы устойчивы, антибиотики не подавляют.



Рисунок 2. Оценка антибиотикорезистентности методом серийных разведений

Заключение

Таким образом, антибиотикорезистентность – глобальная проблема, которая актуальна в той или иной мере в различных странах.

Только одновременно проводимые действия по сдерживанию роста антибиотикорезистентности в каждой отдельной стране смогут дать положительные результаты во всем мире.

Каждый медицинский работник, назначая антибиотики, каждый ветеринар, лечащий животных, производитель молока, добавляя в свою продукцию антибиотики и другие препараты, аптекари, предлагающие покупателю препарат, люди, безграмотно использующие противомикробные препараты, особенно в отношении своих детей, должны отчетливо сознавать всю меру ответственности и стремиться к оптимальному решению указанных задач, максимально используя возможные пути решения проблемы устойчивости микроорганизмов к антибиотикам.

Итак, на сегодня важной задачей здравоохранения всего мира и Казахстана является мониторинг уровня резистентности к антимикробным препаратам и спектра циркулирующих возбудителей. В изученных нами работах чаще встречались *Kl. pneumoniae*, *Ps. aeruginosa*, *A. baumannii*.

Актуальность данной проблемы были отражена на международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы медицинской микробиологии», прошедшей в городе Астане 21 июня 2024 г., на которой были представлены подтверждения нарастающей резистентности микроорганизмов к антибактериальным препаратам во

многих странах. Участники были из США, ОАЭ, Монголии, России, Беларуси, Казахстана [49].

В результате была подтверждена роль *E. coli* в инфекциях мочевыводящих путей; *S. aureus*, *Kl. pneumonia*, *Ps. aeruginosa*, *A. baumannii*, *E. coli*, кандиды в развитии инфекции респираторного тракта; *A. baumannii* в кардиохирургии и отделениях интенсивной терапии. Однако в некоторых исследованиях отмечено, что в 2024 году значение *A. baumannii* в развитии гнойно-воспалительных заболеваний несколько снижено, преобладают энтеробактерии. Штаммы *S. aureus*, *Kl. pneumonia*, *Ps. aeruginosa* чаще встречаются у больных хирургического, терапевтического и реанимационного профиля. *Ps. aeruginosa* держит первенство. Возбудители обладают высоким уровнем резистентности к часто применяемым антибиотикам.

Итак, увеличение содержания антибиотиков в окружающей среде, вызванное медицинским и сельскохозяйственным спросом, нарушило естественный баланс между микробами и противомикробными препаратами. Эффекты, которые это оказывает на микробные сообщества, весьма разнообразны, и в результате возникает все более ощутимая угроза для здравоохранения, поскольку устойчивость ко всем известным антибиотикам быстро распространяется по всему миру. Наши знания о взаимодействии противомикробных препаратов и устойчивости к ним, наблюдаемые не только в клинике, но и в различных экосистемах по всему миру, быстро расширяются и дают ценную информацию. Тем не менее, крайне важно, чтобы мы продолжали разгадывать масштабы и распространение между резисторами этих микробных экосистем, поскольку любая попытка прийти к соглашению с проблемой должна будет учитывать эти огромные резервуары антибиотикорезистентных генов.

Источник финансирования

Финансируется в рамках научно-технической программы Министерства науки и высшего образования РК «Совершенствование мер обеспечения биологической безопасности в Казахстане: противодействие опасным и особо опасным инфекциям» (ИРН BR218004/0223).

Конфликт интересов

Между авторами нет конфликта интересов.

Вклад авторов

Ануарбекова С.С.: проведён сбор информации, её анализ, обработка и написание статьи, оформление её по требованиям.

Тыныбаева И.К.: выполнен перевод.

Список литературы

1. World Health Organization. World Antimicrobial Awareness Week. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.who.int/campaigns/world-antimicrobial-awareness-week/2022> (дата обращения: 20.03.2024).
2. Ефименко Т.А., Терехова Л.П., Ефременкова О.В. Современное состояние проблемы антибиотикорезистентности патогенных бактерий // Антибиотики и химиотерапия. – 2019. – Т. 64. – С. 5-6. <https://doi.org/10.24411/0235-2990-2019-100033>.
3. Podolsky S.H. The evolving response to antibiotic resistance (1945-2018) // Palgrave Commun. – 2018. – Vol. 4. – P. 124. <https://doi.org/10.1057/s41599-018-0181-x>.
4. Mancuso G., Midiri A., Gerace E., Biondo C. Bacterial Antibiotic Resistance: The Most Critical Pathogens // Pathogens. – 2021. – Vol. 10, No. 10. – P. 1310. doi: 10.3390/pathogens10101310.
5. Кулмагамбетов И.Р., Нурманбетова Ф.Н., Сарсенбаева С.С. Современные подходы к контролю и сдерживанию антибиотикорезистентности в мире // Фармация Казахстана. – 2015. – № 8(171). – С. 20-27.
6. Макалкина Л.Г., Жусупова Г.К., Есбатырова Л.М. и др. Антибиотикорезистентность – серьёзная угроза обществу // Лекарственный бюллетень для врачей. – Астана, 2015. – Вып. 9. – 12 с.
7. Данилов А.И., Жаркова Л.П. Антибиотикорезистентность: аргументы и факты // Клин. фармакология и терапия. – 2017. – Т. 26. – № 5. – С. 6-10.
8. Землянко О.М., Рогоза Т.М., Журавлева Г.А. Механизмы множественной устойчивости бактерий к антибиотикам // Экологическая генетика. – 2018. – Т. 16. – № 3. – С. 4-17. doi: 10.17816/ecogen1634-17.
9. Алмагамбетов К.Х. Актуальные патогены: адаптационные характеристики и стратегии воздействия. – Астана: Полиграф-Мир, 2024. – 92 с.
10. Chis A.A., Rus L.L., Morgovan C. et al. Microbial Resistance to Antibiotics and Effective Antibiotherapy // Biomedicines. – 2022. – Vol. 10, No. 5. – P. 1121. <https://doi.org/10.3390/biomedicines10051121>.
11. Чеботарь И.В., Маянский А.Н., Кончакова Е.Д. и др. Антибиотикорезистентность биоплёночных бактерий // Клин. микробиология и антимикробная химиотерапия. – 2012. – Т. 14. – № 1. – С. 51-58.
12. Бисекенова А.Л., Рамазанова Б.А., Адамбеков Д.А., Бекболатова К.А. Молекулярные механизмы резистентности грамотрицательных микроорганизмов – возбудителей инфекций к бета-лактамам антибиотикам // Вестник КазНМУ. – 2015. – № 3. – С. 223-227.
13. Michaelis C., Grohmann E. Horizontal Gene Transfer of Antibiotic Resistance Genes in Biofilms // Antibiotics. – 2023. – Vol. 12, No. 2. – P. 328. doi.org/10.3390/antibiotics12020328.
14. Сидоренко С.В., Тишков В.И. Молекулярные основы резистентности к антибиотикам // Успехи биологической химии. – 2004. – Т. 44. – С. 263-306.
15. Вильямс Д. Резистентность к бета-лактамам препаратам // Антибиотики и химиотерапия. – 1997. – № 4. – С. 4-6.
16. Решетько О.В., Якимова Ю.Н. Инновационные антибиотики для системного применения // Клин. микробиол. и антимикроб. химиотер. – 2015. – Т. 17. – № 4. – С. 272-285.
17. Liu G., Thomsen L.E., Olsen J.E. Antimicrobial-induced horizontal transfer of antimicrobial resistance genes in bacteria: a mini-review // Journal of Antimicrobial Chemotherapy. – 2022. – Vol. 77, Issue 3. – P. 556-567. <https://doi.org/10.1093/jac/dkab450>.

18. Tao S., Chen H., Li N. et al. The Spread of Antibiotic Resistance Genes In Vivo Model // Canadian Journal of Infectious Diseases and Medical Microbiology. – 2022. – P. 3348695. doi.org/10.1155/2022/3348695.
19. Lermniaux N.A., Cameron A.D.S. Horizontal transfer of antibiotic resistance genes in clinical environments // Can. J. Microbiol. – 2019. – Vol. 65. – P. 34-44. dx.doi.org/10.1139/cjm-2018-0275.
20. von Wintersdorff C.J.H., Penders J., van Niekerk J.M. et al. Dissemination of Antimicrobial Resistance in Microbial Ecosystems through Horizontal Gene Transfer // Front. Microbiol. – 2016. – Vol. 7. – P. 173. doi: 10.3389/fmicb.2016.00173.
21. Wang X., Zhang H., Yu S. et al. Inter-plasmid transfer of antibiotic resistance genes accelerates antibiotic resistance in bacterial pathogens // The ISME Journal. – 2024. – Vol. 18, Issue 1. – P. wrad032. https://doi.org/10.1093/ismejo/wrad032.
22. Leungtongkam U., Thummeepak R., Tasanapak K., Sitthisak S. Acquisition and transfer of antibiotic resistance genes in association with conjugative plasmid or class 1 integrons of *Acinetobacter baumannii* // PLoS ONE. – 2018. – Vol. 13, No. 12. – P. e0208468. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208468.
23. Устюжанин А.В., Чистякова Г.Н., Ремизова И.И. и др. Распространенность генов антибиотикорезистентности bla-CTX-M, bla-SHV, bla-TEM в штаммах энтеробактерий, выделенных от пациентов перинатального центра // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. – 2022. – Т. 21, № 3. – С. 44-49. https://doi:10.31631/2073-3046-2022-21-3-44-49.
24. Sun D., Jeannot K., Xiao Y., Knapp C.W. Editorial: Horizontal Gene Transfer Mediated Bacterial Antibiotic Resistance // Front. Microbiol. – 2019. – Vol. 10. – P. 1933. doi: 10.3389/fmicb.2019.01933.
25. Livermore D.M. British Society for Antimicrobial Chemotherapy Working Party on The Urgent Need: Regenerating Antibacterial Drug Discovery and Development. Discovery research: the scientific challenge of finding new antibiotics // J. Antimicrob Chemother. – 2011. – Vol. 66, No. 9. – P. 1941-1944. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21700626/.
26. Русланулы К., Уракова А.Д., Исраилова В.К. Информированность населения города Алматы об угрозе антибиотикорезистентности // Вестн. КазНМУ. – 2018. – № 3. – С. 297-301.
27. Boucher H.W., Talbot G.H., Bradley J.S. et al. Bad Bugs, No Drugs: No ESKAPE! An update from the Infectious Diseases Society of America // Clin Infect Dis. – 2009. – Vol. 48, No. 1. – P. 1-12. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19035777/.
28. Raichaudhuri A., Banerjee D., Ghosh P. Development of Antibiotic Resistant Strains in Bacteria // EC Microbiology. – 2018. – Vol. 14, No. 12. – P. 796-799.
29. Маркелова Н.Н., Семёнова Е.Ф. Возможные пути преодоления антибиотикорезистентности нозокомиальных патогенов *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Stenotrophomonas maltophilia* // Антибиотики и химиотерапия. – 2018. – Т. 63. – № 11-12. – С. 45-54.
30. Ba X., Guo Y., Moran R.A. et al. Global emergence of a hypervirulent carbapenem-resistant *Escherichia coli* ST410 clone // Nature Communications. – 2024. – Vol. 15, No. 1. – P. 494. doi: 10.1038/s41467-023-43854-3.
31. Bhattacharya P.K. Emergence of antibiotic-resistant bacterial strains, methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*, extended spectrum beta lactamases, and multi-drug resistance is a problem similar to global warming // Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical. – 2014. – Vol. 47, No. 6. – P. 815-816. http://dx.doi.org/10.1590/0037-8682-0139-2014.

32. Халилов Р., Мамедова М., Абдуллаева С. Механизм резистентности к бета-лактамам антибиотикам // Вестн. ЕНУ им. Л.Н. Гумилева. Серия: Биолог. науки. – 2023. – Т. 144, № 3. – С. 115-127.
33. Зузов С.А., Зубков М.М., Кононец П.В. Проблема полирезистентности основных возбудителей нозокомиальной инфекции у хирургических пациентов в многопрофильном онкологическом стационаре // Клини. и эксперимент. хир. журн. им. акад. Б. В. Петровского. – 2016. – № 2. – С. 25-34.
34. Котов С.В., Пульбере С.А., Алесина Н.В. Проблема антибиотикорезистентности микроорганизмов у пациентов с инфекциями мочевыводящих путей // Урология. – 2021. – № 1. – С. 5-12.
35. Хохлова О.Е., Ларионова И.А., Перьянова О.В. и др. Механизмы антибиотикорезистентности основных возбудителей гнойно-воспалительных осложнений у онкологических больных // Инфекция и иммунитет. – 2021. – Т. 11. – № 2. – С. 324-336. doi: 10.15789/2220-7619-ТМО-1379.
36. Бейсегулова Г.Н., Рамазанова Б.А., Мустафина К.К. и др. Антибиотикорезистентность штаммов *S. pneumoniae*, циркулирующих в г. Алматы, на фоне проводимой всеобщей иммунизации // Вестник КазНМУ. – 2022. – № 1. – С. 103-109.
37. Азизов И.С., Лавриненко А.В., Колесниченко С.И. и др. Чувствительность *Streptococcus pneumoniae* к антимикробным препаратам в Казахстане // Клини. микробиол. и антимикр. химиотер. – 2019. – Т. 21. – № 2. – С. 187-192.
38. Сарсекеева А.С., Жумагалиева А.Н., Фролова М.Ю. Проблема антибиотикорезистентности основных возбудителей внебольничной пневмонии и пути ее преодоления // Наука и здравоохранение. – 2014. – № 1. – С. 57-59.
39. Бисенова Н.М. Исследование антибиотикорезистентности в отделении детской кардиореанимации // J. of Clinical Medicine of Kazakhstan. – 2017. – Vol. 2. – № 44. – С. 27-32.
40. Бисенова Н.М., Ергалиева А.С. Исследование резистентности к антибиотикам в отделении детской кардиохирургии // Наука и здравоохранение. – 2020. – Т. 22. – № 3. – С. 105-110.
41. Бисенова Н.М., Ергалиева А.С., Митус Н.М. Резистентность грамотрицательных бактерий в отделении реанимации // Journal of Clinical Medicine of Kazakhstan. – 2016. – Vol. 4. – № 42. – С. 46-51.
42. Лазарева А.В. Микробиологическая характеристика, механизмы устойчивости к антибиотикам и молекулярная эпидемиология резистентных форм респираторных патогенов и госпитальных грамотрицательных бактерий: Автореф. дис. ... д.м.н. – Москва, 2019. – 48 с.
43. Эйдельштейн М.В., Склеенова Е.Ю., Шевченко О.В. и др. Распространенность и молекулярная эпидемиология грамотрицательных бактерий, продуцирующих металло-β-лактамазы, в России, Беларуси и Казахстане // Клини. микробиол. и антимикр. химиотер. – 2012. – Т. 14. – № 2. – С. 132-152.
44. Diaz Caballero J., Wheatley R.M., Kapel N. et al. Mixed strain pathogen populations accelerate the evolution of antibiotic resistance in patients // Nat Commun. – 2023. – Vol. 14. – P. 4083. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-39416-2>.
45. Козырева В.К., Эйдельштейн М.В., Тапальский Д.В. и др. Независимое приобретение резистентности к хинолонам у клонально-родственных нозокомиальных штаммов *Salmonella typhimurium* вследствие гипермутабельности // Клини. микробиол. и антимикр. химиотер. – 2012. – Т. 14. – № 2. – С. 153-160.

46. Палагин И.С., Сухорукова М.В., Дехнич А.В. и др. Состояние антибиотикорезистентности возбудителей внебольничных инфекций мочевыводящих путей в России, Беларуси и Казахстане: результаты многоцентрового международного исследования «Дармис-2018» // Урология. – 2020. – № 1. – С. 19-31.

47. Федорова О.С., Федосенко С.В., Федотова М.М., Чигрина В.П. Антибактериальная терапия и отношение к проблеме антибиотикорезистентности во врачебной практике // Профилактика. – 2021. – Т. 24. – № 10. – С. 106-118.

48. МУК 4.2.1890-04: Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам. - Москва, 2004. – 92 с.

49. Материалы международной науч.-практ. конф. «Актуальные вопросы медицинской микробиологии», посвящённой памяти А.Л. Котовой и Ш.И. Сарбасовой и 60-летию НАО «Медицинский университет Астана». – Астана, 2024. – 90 с.

С.С. Ануарбекова, И.К. Тыныбаева
Биомедпрепарат, Степногорск, Қазақстан

Антибиотиктерге төзімді штамдар мәселесі және оның шешімі

Аңдатпа. Антибиотиктерге төзімділік бүкіл әлем бойынша жаһандық денсаулық мәселесі және микробқа қарсы тұрақтылықтың бір түрі болып табылады. Оны шешу жаһандық ауқымдағы келісілген күш-жігерді қажет етеді. Антибиотиктерге төзімді негізгі микроорганизмдер: *Enterococcus spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Helicobacter pylori*. Көптеген елдерде антибиотиктерге төзімділіктің дамуын болдырмауға, сондай-ақ микробқа қарсы белсенділігі бар жаңа препараттарды жасауды ынталандыруға бағытталған бағдарламалар бар. Көптеген ғылыми еңбектер осы тақырыпқа арналған. Қолда бар микробқа қарсы препараттарды олардың белсенділік спектрін және негізгі қоздырғыштардың антибиотиктерге төзімділік бейінін ескере отырып ұтымды пайдалану қажет болып отыр. Бұл зерттеудің мақсаты әлемде өсіп келе жатқан антибиотиктерге төзімділікпен күресуге бағытталған шараларды зерттеу болды. Бұл мәселесін дамуының негізгі себептері және антибиотиктерге төзімділік механизмдері көрсетілген. Механизм негізінен фенотиптік және генетикалық сипаттағы микроорганизмдердің эволюциясымен байланысты. Антибиотиктерге төзімді штамдарға талдау жүргізілді, олардың сипаттамалары берілді, бактерияға қарсы препараттарға төзімділікті зерттеу әдістері көрсетілді. Сезімталдықты бағалау үшін диффузиялық әдіс және сұйылту әдісі сипатталған. Антибиотиктерге төзімділік мәселесі әртүрлі бөлімшелерде, әсіресе хирургиялық, реанимация және қарқынды терапия бөлімшелерінде көптеген зерттеулермен расталды. Қазақстанда антибиотиктерге төзімді негізгі қоздырғыштарға *Acinetobacter spp.*, *Enterococcus spp.*, *Haemophilus influenzae*, *Pseudomonas spp.*, стрептококктар, стафилококктар және энтеробактериялар жатады. Бұл мәселенің алдын алудың негізгі шаралары антибиотиктерді қолдануды бақылау, жана препараттарды, атап айтқанда жана антибиотиктерді және осы микроорганизмдер негізінде бактериялық лизаттарды жасау болып табылады.

Түйін сөздер: антибиотиктерге төзімділік, штамдар, микроорганизмдер, антибиотиктер, әрекет спектрі.

S.S. Anuarbekova, I.K. Tynybayeva

Biomedpreparat, Stepnogorsk, Kazakhstan

The problem of antibiotic-resistant strains and its solution

Abstract. Antibiotic resistance is a global health problem around the world and is a type of antimicrobial resistance. Solving it requires concerted efforts on a global scale. The main antibiotic-resistant microorganisms are *Enterococcus spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumonia*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Helicobacter pylori*. Many countries have programs aimed at preventing the development of antibiotic resistance, as well as stimulating the development of new drugs with antimicrobial activity. Many scientific works are devoted to this topic. The rational use of available antimicrobial drugs, considering the spectrum of their activity and the antibiotic resistance profile of the main pathogens, is becoming increasingly necessary. The purpose of this study was to examine interventions aimed at combating the growing antibiotic resistance in the world. The basic principles of the development of these problems and mechanisms of antibiotic resistance are shown. The mechanism is mainly associated with the evolution of microorganisms of a phenotypic and genetic nature. An analysis of antibiotic-resistant strains was carried out, their characteristics were given, and methods for studying antibiotic resistance to antibacterial drugs were reflected. The diffusion method and the dilution method for assessing sensitivity are described. The problem of antibiotic resistance has been confirmed by many studies in various departments, especially surgical ones and in intensive care units. In Kazakhstan, the main antibiotic-resistant pathogens are considered *Acinetobacter spp.*, *Enterococcus spp.*, *Haemophilus influenza*, *Pseudomonas spp.*, streptococci, staphylococci and enterobacteriae. The main measures to prevent this problem are control over the use of antibiotics, the development of new drugs, namely new antibiotics and bacterial lysates based on these microorganisms.

Key words: antibiotic resistance, strains, microorganisms, antibiotics, spectrum of action.

References

1. World Health Organization. World Antimicrobial Awareness Week. [Electronic resource] - URL: <https://www.who.int/campaigns/world-antimicrobial-awareness-week/2022> (Accessed: 20.03.2024).
2. Efimenko T.A., Terekhova L.P., Efremenkova O.V. Sovremennoe sostoyanie problem antibiotikorezistentnosti patogennykh bakterii [Antibiotiki i khimioterapiya], 64, 5-6 (2019). <https://doi.org/10.24411/0235-2990-2019-100033>. [in Russian]
3. Podolsky S.H. The evolving response to antibiotic resistance (1945-2018), Palgrave Commun, 4, Article number: 124 (2018). <https://doi.org/10.1057/s41599-018-0181-x>
4. Giuseppe Mancuso, Angelina Midiri, Elisabetta Gerace. Bacterial Antibiotic Resistance, The Most Critical Pathogens, 10(10), 1310 (2021). doi: 10.3390/pathogens10101310
5. Kulmagambetov I.R., Nurmanbetova F.N., Sarsenbaeva S.S. Sovremennye podkhody k kontrolyu I sderzhivaniyu antibiotikorezistentnosti v mire [Farmatsiya Kazakhstana], 8(171), 20-27 (2015). [in Russian]
6. Makalkina L.G., Zhusupova G.K., Esbatyrova L.M. Antibiotikorezistentnost' – sereznaya ugroza obshchestvu [Lekarstvennyi byulleten dlya vrachei] (Astana, 2015. – Vyp. 9. - 12 p.). [in Russian]

7. Danilov A.I., Zharkov L.P. Antibiotikorezistentnost': argumenty I facty [Klin. Farmacologiya I terapiya], 26, 5, 6-10 (2017). [in Russian]
8. Zemlyanenko O.M., Rogoza T.M., Zhuravleva G.A. Mekhanizmy mnozhestvennoi ustoichivosti bakterii k antibiotikam [Ekologicheskaya genetika], 16(3), 4-17 (2018). [in Russian]. doi: 10.17816/ecogen1634-17
9. Almagambetov K.Kh. Aktual'nye patogeny: adaptatsionnye kharakteristiki I strategii vozdeistviya (Astana: Poligraf-Mir, 2024, 92 p.). [in Russian]
10. Chis A.A., Rus L.L., Morgovan C. Microbial Resistance to Antibiotics and Effective Antibiotherapy, Biomedicines, 10(5), 1121 (2022). <https://doi.org/10.3390/biomedicines10051121>
11. Chebotar I.V., Mayanskii A.N., Konchakova E.D. Antibiotikorezistentnost' bioplenochnykh bakterii [Klin. microbiol. i antimicrobnaya khimioterapiya], 14, 1, 51-58 (2012). [in Russian]
12. Bisekenova A.L., Ramazanova B.A., Adambekov D.A., Bekbolatova K.A. Molekulyarnye mekhanizmy rezistentnosti gramotritsatel'nye mikroorganizmov [Vestnik KAZNMU], 3, 223-227 (2015). [in Russian]
13. Michaelis C., Grohmann E. Horizontal Gene Transfer of Antibiotic Resistance Genes in Biofilms, Antibiotics, 12(2): 328 (2023). doi.org/10.3390/antibiotics12020328
14. Sidorenko S.V., Tishkov V.I. Molekulyarnye osnovy rezistentnosti k antibiotikam [Uspekhi biologicheskoi khimii], 44, 263-306 (2004). [in Russian]
15. Vilyams D. Rezistentnost k beta-laktamnym preparatam [Antibiotiki i khimioterapiya], 4, 4-6 (1997). [in Russian]
16. Reshetko O.V., Yakimova Yu.N. Innovatsionnye antibiotiki dlya sistemnogo primeneniya [Klin. microbiol. i antimicrobnaya khimioterapiya], 17, 4, 272-285 (2015). [in Russian]
17. Gang Liu, Line Elnif Thomsen, John Elmerdahl Olsen. Antimicrobial-induced horizontal transfer of antimicrobial resistance genes in bacteria: a mini-review, Journal of Antimicrobial Chemotherapy, 77(3), 556-567 (2022). <https://doi.org/10.1093/jac/dkab450>
18. Tao S., Chen H., Li N. et al. The Spread of Antibiotic Resistance Genes In Vivo Model, Canadian Journal of Infectious Diseases and Medical Microbiology, 3348695 (2022). doi.org/10.1155/2022/3348695
19. Lerminiaux N.A., Cameron A.D.S. Horizontal transfer of antibiotic resistance genes in clinical environments, Can. J. Microbiol., 65, 34-44 (2019). dx.doi.org/10.1139/cjm-2018-0275
20. von Wintersdorff C.J.H., Penders J., van Niekerk J.M. Dissemination of Antimicrobial Resistance in Microbial Ecosystems through Horizontal Gene Transfer, Front. Microbiol., 7:173 (2016). doi: 10.3389/fmicb.2016.00173
21. Xiaolong Wang, Hanhui Zhang, Shenbo Yu Inter-plasmid transfer of antibiotic resistance genes accelerates antibiotic resistance in bacterial pathogens, The ISME Journal, 18(1), wrad032 (2024). <https://doi.org/10.1093/ismejo/wrad032>
22. Leungtongkam U., Thummeepak R., Tasanapak K., Sitthisak S. Acquisition and transfer of antibiotic resistance genes in association with conjugative plasmid or class 1 integrons of Acinetobacter baumannii, PLoS ON, 13(12): e0208468 (2018). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208468>
23. Ustyuzhanin A.B., Chistyakova G.N., Remizova I.I. Rasprostranennost' genovantibioticoresistentnosti bla-CTX-M, bla-SHV, bla-TEM v shtammakh enterobakterii, vydelennykh ot patsientov perinatal'nogo tsentra [Epidemiologiya I vaksinoprofilaktika], 21(3), 44-49 (2022). [in Russian]. <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2022-21-3-44-49>
24. Sun D., Jeannot K., Xiao Y., Knapp C.W. Editorial: Horizontal Gene Transfer Mediated Bacterial Antibiotic Resistance, Front. Microbiol., 10: 1933 (2019). doi: 10.3389/fmicb.2019.01933
25. Livermore D.M. British Society for Antimicrobial Chemotherapy Working Party on The Urgent Need: Regenerating Antibacterial Drug Discovery and Development. Discovery research: the scientific

challenge of finding new antibiotics, *J. Antimicrob Chemother*, 66(9), 1941-1944 (2011). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21700626/>

26. Ruslanuly K., Urakova A.D., Israilova V.K. Informirovannost naseleniya goroda Almaty ob ugroze antibiotikorezistentnosti [Vestn. KazNMU], 3, 297-301 (2018). [in Russian]

27. Boucher H.W., Talbot G.H., Bradley J.S. Bad Bugs, No Drugs: No ESCAPE! An update from the Infectious Diseases Society of America, *Clin Infect Dis.*, 48(1), 1-12 (2009). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19035777/>

28. Ayan Raichaudhuri, Debasmita Banerjee, Puja Ghosh. Development of Antibiotic Resistant Strains in Bacteria, *EC Microbiology*, 14.12, 796-799 (2018).

29. Markelova N.N., Semenova E.F. Vozmozhnye puti preodoleniya antibiotikorezistentnosti nozokomial'nykh patogenov *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Antibiotici I chimioterapiya*, 63(11-12), 45-54(2018). [in Russian]

30. Xiaoliang Ba, Yingyi Guo, Robert A. Moran. Global emergence of a hypervirulent carbapenem-resistant *Escherichia coli* ST410 clone, *Nature Communications*, 15(1) (2024). 10.1038/s41467-023-43854-3

31. Pranab Kumar Bhattacharya. Emergence of antibiotic-resistant bacterial strains, methicillin-resistant *St. aureus*, extended spectrum beta lactamases, and multi-drug resistance is a problem similar to global warming, *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 47(6), 815-816 (2014). <http://dx.doi.org/10.1590/0037-8682-0139-2014>

32. Khalilov R., Mamedova M., Abdullaeva S. Mekanizm rezistentnosti k beta-lactamnym antibiotikam [Vestn. ENU im. L.N. Gumileva. Seriya Biolog. nauki], 144(3), 115-127 (2023). [in Russian]

33. Zuzov S.A., Zubkov M.M., Konovets P.V. Problema polirezistentnosti osnovnykh vzbuditelei nozokomialnoi infektsii u khirurgicheskikh patsientov v mnogoprofilnom onkologicheskom statsionare [Klin. i eksperiment. khir. zhurn. im. Akad. B.V. Petrovskogo], 2, 25-34 (2016). [in Russian]

34. Kotov S.V., Pulbere S.A., Alesina N.V. Problema antibiotikorezistentnosti mikroorganizmov u patsientov s infektsiyami mochevyvodyashchikh putei [Urologiya], 1, 5-12 (2021). [in Russian]

35. Khokhlova O.E., Larionova I.A., Per'yanova I.A. Mekanizmy antibiotikorezistentnosti osnovnykh vzbuditelei gnoino-vospalitel'nykh oslozhnenii u onkologicheskikh bol'nykh [Infektsiya I immunitet], 11(2), 324-336 (2021). doi: 10.15789/2220-7619-TMO-1379

36. Beisegulova G.N., Ramazanova B.A., Mustafina K.K. Antibiotikorezistentnost' shtammov *S. pneumoniae*, tsirkuliruyushchikh v g. Almaty, na fone provodimoi vseobshchei immunizatsii [Vestn. KazNMU], 1, 103-109 (2022). [in Russian]

37. Azizov I.S., Lavrinenko A.V., Kolesnichenko S.I. Chuvstvitel' nost' *Streptococcus pneumoniae* k antimikrobnym preparatam v Kazakhstane [Klin. mikrobiol. i antimikrobnaya khimioterapiya], 21, 2, 187-192 (2019). [in Russian]

38. Sarsekeeva A.S., Zhumagalieva A.S., Frolova M.U. Problema antibiotikorezistentnosti osnovnykh vzbuditelei vnebolnichnoi pnevmonii i puti ee preodoleniya [Nauka i zdravookhranenie], 1, 57-59 (2014). [in Russian]

39. Bisenova N.M. Issledovanie antibiotikorezistentnosti v otdelenii detskoj kardioreanimatsii [J. of Clinical Medicine of Kazakhstan], 2, 44, 27-32 (2017). [in Russian]

40. Bisenova N.M., Ergalieva A.S. Issledovanie rezistentnosti k antibiotikam v otdelenii detskoj kardiokhirurgii [Nauka i zdravookhranenie], 22, 3, 105-110 (2020). [in Russian]

41. Bisenova N.M., Ergalieva A.S., Mitus N.M. Rezistentnost' gramotritsatelnykh bakterii v otdelenii reanimatsii [Journal of Clinical Medicine of Kazakhstan], 4, 42, 46-51 (2016). [in Russian]

42. Lazareva A.V. Mikrobiologicheskaya kharakteristika, mekhanizmy ustoichivosti k antibiotikam I molekulyarnaya epidemiologiya rezistentnykh form respiratornykh patogenov I gospital'nykh gramotritsatel'nykh bakterii [Avtoref. Diss. ... d.m.n.] (Moskva, 2019, 48 p). [in Russian]
43. Eidelstein M.B., Ckleenova E.Yu., Shevchenko O.V. Rasprostranennost' i molekulyarnaya epidemiologiya gramotritsatel'nykh bakterii, produtsiruyushchikh metallo- β -laktamazy, v Rossii, Belarusi i Kazakhstane [Klin. microbiol. i antimicrobnaya khimioterapiya], 14, 2, 132-152 (2012). [in Russian]
44. Diaz Caballero, J., Wheatley, R.M., Kapel, N. Mixed strain pathogen populations accelerate the evolution of antibiotic resistance in patients, Nat Commun, 14, Article number: 4083 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41467-023-39416-2>
45. Kozyreva V.K., Eidelstein M.B., Tapalskii D.V. Nezavisimoe priobretenie rezistentnosti k khinolonom u klonalno-rodstvennykh nozokomialnykh shtammov Salmonella typhimurium vsledstvie gipermutabelnosti [Klin. microbiol. i antimicrobnaya khimioterapiya], 14, 2, 153-160 (2012). [in Russian]
46. Palagin I.S., Sukhorukova M.V., Dekhnich A.V. Sostoyanie antibioticorezistentnosti vozбудitelei vnebolnichnykh infektsii mochevyvodyashchikh putei v Rossii, Belarusi i Kazakhstane: rezultaty mnogotsentrovogo mezhdunarodnogo issledovaniya «Darmis-2018» [Urologiya], 1, 19-31 (2020). [in Russian]
47. Fedorova O.S., Fedosenko C.B., Fedotova M.M., Chigrina V.P. Antibakterialnaya terapiya i otnoshenie k problem antibioticorezistentnosti vo vrachebnoi praktike [Profilakt. meditsina], 24, 10, 106-118 (2021). [in Russian]
48. МУК 4.2.1890-04: Opredelenie chuvstvitelnosti mikroorganizmov k antibakterialnym preparatam (Moskva, 2004, 90 p.). [in Russian]
49. Materialy Mezhdunarodnoi n.-prakt. konf. [Aktual'nye voprosy meditsinskoj mikrobiologii, posvyashchennoi pamyati A.L. Kotovoi i Sh.I. Sarbasovoi i 60-letiyu NAO "Meditsinskii universitet Astana", Astana], 90 (2024).

Сведения об авторах:

Ануарбекова С.С. – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории мониторинга, Биомедпрепарат, микрорайон 9, здание №3, Степногорск, Казахстан.

Тыныбаева И.К. – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории мониторинга, Биомедпрепарат, микрорайон 9, здание №3, Степногорск, Казахстан.

About the Authors:

Anuarbekova S.S. – Candidate of Medical Sciences, Leading Researcher of monitoring laboratory, Biomedpreparat, 9 microdistrict, №3 building, Stepnogorsk, Kazakhstan.

Tynbayeva I.K. – Candidate of Biological Sciences, senior researcher of monitoring laboratory, Biomedpreparat, 9 microdistrict, №3 building, Stepnogorsk, Kazakhstan.



ХҒТАР 34.33.15
Ғылыми мақала

<https://doi.org//10.32523/2616-7034-2024-148-3-81-93>

Антропогенді ластаған биогеоценоздарды диагностикалауда топырақ мезофаунасының түр құрамын пайдалану

Г. Серібекқызы 

Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

*Байланыс үшін автор: gulzynat@mail.ru

Аңдатпа. Топырақ омыртқасыздары топырақ агрегаттарының түзілуі, судың сақталуы және органикалық заттардың сіңірілуі сияқты топырақтағы көптеген негізгі процестердің маңызды қозғаушы күші болып табылады. Жауын құрттары топырақтың тұрақты мекендеушісі бола отырып, сол ортаның жай-күйінен хабар беруші индикатор рөлін атқарады. Бұл жұмыста люмбрицидтердің түр құрамы мен санын зерттеу арқылы қалалық және қала маңы биогеоценоздарының антропогендік ластануы анықталды. Алматы қаласы мен облысының 8 учаскесінен топырақ үлгілері алынып, физико-химиялық көрсеткіштері зерттелді. Фондық және әлсіз ластанған биогеоценоздарда жауын құрттары орта есеппен 64,6%, ал ластанған аймақтардағы көрсеткіші 55,2% құрайды. Қалалық және фондық (табиғи) биоценоздардағы улы элементтердің құрамын анықтау кезінде мезофаунаның түрлік және сандық құрамына әсер ететін 4 негізгі элемент анықталды: қорғасын, кадмий, мышьяк және сынап. Кадмий мен мышьяқтың максималды мөлшері мұнай базаларына жақын топырақта байқалады: кадмий мөлшері $0,25 \pm 0,0024$ мг/кг, ал мышьяк мөлшері $2,84 \pm 0,05$ мг/кг құрады. Ал, Алатау ауданына қарасты Алғабас ықшам ауданының жылу электр станциясына жақын жердегі топырақта қорғасын мен сынаптың ең жоғары мөлшері тіркелді, олар сәйкесінше $16 \pm 0,70$ мг/кг және $0,048 \pm 0,012$ мг/кг-ға жетті.

Түйін сөздер: жауын құрттары, антропогенді ластану, түр құрамы, топырақ үлгілері, биоиндикатор, ауыр металдар.

Түсті: 29.01.2024; Мақұлданды: 12.04.2024; Онлайн қолжетімді: 27.09.2024

Кіріспе

Жануарлар әлемі топырақ ортасының маңызды бөлігі болып табылады. Олар көптеген органикалық қосылыстардың ыдырауында, микробтық белсенділіктің бөліктік реттелуінде, қоректік заттардың айналымына қатысады. Рационына байланысты топырақ фаунасы бір-бірімен де, микроорганизмдермен де, сонымен қатар, өсімдіктер мен топырақпен де тығыз байланысты. Топырақта ластаушылар әсерінен пайда болған бұзылыстар фаунаның айтарлықтай сандық және сапалық өзгерістеріне әкеледі, ал ол өз кезегінде топырақ қызметіне әсер етеді. Топырақ омыртқасыздарының кейбір тобы биоиндикатор есебінде қолданылады [1].

Топырақ мезофаунасы (0,02-4 мм) топырақтың көп бөлігінде таралған (негізінен топырақтың алғашқы 5 см бөлігі) және ыдырау, гумификация процестеріне қатысып отырады. Жауын құрттары (*Lumbricidae*) топырақ құрылымын, микроқұрылымын және құнарлылығын қалыптастыратын негізгі топырақ құраушылары болып табылады [2].

Жауын құрттары күрделі органикалық қосылыстарды өсімдіктер пайдалана алатын қоректік заттарға ыдыратып, өсімдік қалдықтарын ұсақтау және тасымалдау арқылы микроорганизмдер популяциясына, топырақ ылғалдылығына және аэрацияға әсер ететін қарапайым заттарға айналдыруға қатысады. Сонымен қатар, олар өзін-өзі басқаратын процестердің дамуына және микрофлора мен мезофаунаның симбиотикалық қатынастарына ықпал ететін дамыған дрилофраны (жауын құрттарының айналасындағы микроорганизмдермен қаныққан аймақ) жасайды [3].

Жауын құрттары әр топырақ бөлігінде кемінде бір түрі кездесетіндіктен таптырмас индикатор болып табылады. Олардың ареалы тереңдігіне байланысты өзгеріп отырады: эпигенді, эндогенді және анецидті құрттар қоңыржай аймақтардан табылуы мүмкін. Сонымен қоса, олар қысқа арақашықтыққа ғана миграцияланады, бір мезгілде сезімталдық әрі тұрақтылық қасиет көрсетеді. Омыртқасыздардың бұл тобы біршама летальдық және сублетальдық тестілеуден өткен. *E. Fetida* кешенінен *Eisenia fetida andrei* әдетте, летальдық тестілеу үшін қолданылады, себебі ол генетикалық тұрғыдан біртекті. *Lumbricus terrestris* пен *Allolobophora caliginosa* түрлерінің сезімталдығы жоғары болса да, оларды өсіру жағдайлары қиын болғандықтан, биоиндикатор ретінде сирек қолданылады [4, 5].

Соңғы жылдары қалалық ортаның өзгерісіне топырақ фаунасының реакциясын зерттеуге бағытталған зерттеу жұмыстары көптеп жүргізілуде. Қала топырағын кейде «жасанды топырақ» деп те атайды, себебі ол қалалық құрылыс пен тұрғындардың күнделікті тіршілігі әрекетінде қайта жасалады [6]. Топырақтың қайта жасалуы кезінде сынған кірпіш, шыны және фарфор, ас үй қалдықтары, тыңайтқыштар және т. б. сияқты жасанды материалдар қалалық топырақтармен араласады, нәтижесінде топырақ рН-ның жоғарылауына әкеледі [7].

Ауыр металдар мен топырақ фаунасы арасындағы байланысты анықтауға көп күш жұмсалды. Ауыр металдар табиғи түрде топырақта төмен концентрацияда болады. Жоғары концентрацияда және олардың уыттылығына байланысты олар күрделі мәселе тудыруы мүмкін қоршаған ортаны ластаушы негізгі заттар болып табылады

[8]. Кейбір жағдайларда өнеркәсіптік, тау-кен және ауылшаруашылық жұмыстары топырақтың ауыр металдармен айтарлықтай ластануына әкеледі. Бұл барған сайын күрделі экологиялық мәселеге айналуға және шығарындылар көздеріне жақын экожүйелерге зиян тигізуде [9]. Ауыр металдардың көпшілігі топырақтың беткі қабаттарына түседі, онда олар органикалық заттармен байланысады. Қоректік заттардың ыдырауы және минералдануы сияқты маңызды биологиялық процестер жүретін экожүйенің бөліктеріндегі пайдалы микроэлементтердің қозғалғыштығы мен биоқолжетімділігін төмендетеді [10]. Ауыр металдармен ластанған топырақтар адам мен басқа организмдердің денсаулығына үлкен қауіп төндіретін экологиялық мәселе болып есептеледі. Ластанған жерлерді өңдеу және ауыр металдардың әсерін әдеттегі процедуралармен азайту қымбат процесс және көп уақытты талап етеді [11, 12].

Ауыр металдардың шектік мөлшерден артық болуы топырақтағы органикалық заттардың ыдырау жылдамдығын төмендететіні эксперименталды түрде дәлелденді [13]. Атмосфераға енетін ауыр металдардың барлығы дерлік (мырыш пен кадмийден басқа) топырақтың беткі қабатында жиналып, ыдырайтын организмдердің тіршілік әрекетін бұзады. Жауын құрттары топырақ мезофаунасының маңызды бөлігін құрайды [14]. Детритпен байланысты қоректік заттардың айналымы мен бөлінуінің экологиялық қатысушылары ретінде олар топырақ сапасының экологиялық мониторингі мен топырақтың ластануын бағалаудың сенімді көрсеткіштері болып табылады. Бұл олардың топырақтық экотоксикологиялық зерттеулерінде кеңінен қолданылуымен расталады [15].

Топырақтан бөлінген ауыр металдар жауын құрттарына тері арқылы, сондай-ақ ластанған топырақты жұту және қорыту кезінде енеді. Қатты ластану, әсіресе топырақтың қышқылдануымен бірге, жауын құрттарының популяциясына кері әсерін тигізеді және популяция санының азаюына, тіпті толығымен жойылуына әкеледі. Бұл реакциялар ластаушы заттардың дозасына және зерттелетін аймақтың ластану мерзімінің ұзақтығына байланысты. Осы аталған деректер жауын құрттарын ластанған аумақтардың биоиндикаторлары ретінде қолданудың маңыздылығын растайды [16, 17]. Бүгінгі таңда Алматы қаласы мен Алматы облысы мезофаунасының топырақ компоненттерінің құрамы мен құрылымы іс жүзінде толық зерттелмегендігі, осы жұмысты жүргізуге негіз болып отыр.

Жұмыстың басты мақсаты – антропогендік факторлардың топырақ мезофаунасының санына, түрлік құрамы және құрылымына әсері туралы түсінікті кеңейту.

Материалдар мен әдістер

2020-2023 жылдары мамыр және қараша айы аралығында зерттелетін аумақтардан топырақ және топырақ мезофаунасының үлгілері сыналды. Қала маңындағы және қалалық экожүйелер Lumbricidae саны мен түрлерінің алуантүрлілігін салыстыру үшін таңдалды. Алматы қаласы мен Алматы облысының 8 учаскесінен топырақ үлгілері келесідей алынды: Іле Алатауының солтүстік беткейлеріндегі 3 фондық (қала маңындағы) учаске (шырша орманы, аралас орман және Альпі шалғындары) және мұнай

базалары, автожанармай құю станциялары, жылу электр станциялары маңындағы, сондай-ақ жанданған қалалық магистральдар бойындағы 5 эксперименттік (қалалық) учаске және қаланың әртүрлі бөліктерінде орналасқан магистральдар (1-кесте).

Кесте 1

Зерттеу аймақтарының топырақ жамылғысы мен географиялық орналасуына сипаттама

№	Зерттеу аймағы	Топырақ түрі	Координаттары	
1	Іле Алатауының солтүстік беткейлері	Шырша орманы	Таулы орманды топырақ	43.271645, 77.404139
2		Аралас орман	Таулы орманды топырақ	43.240664, 77.402290
3		Альпілік шалғындар	Таулы шалғынды топырақ	43.204274, 77.387493
4	Мұнай базаларына жақын орналасқан топырақтар	Су жайылмасының аллювиалды шалғынды топырағы	43.378368, 76.897064	
5	Қаланың әртүрлі бөліктерінде орналасқан жанармай құю станцияларының жанындағы топырақтар	Күңгірт топырақ	43.206409, 76.827859	
6	Жылу электр станцияларының маңындағы топырақтар	Сұр топырақ	43.271602, 76.782518	
7	Қалалық жанданған трассалардың бойында орналасқан топырақтар	Сұр топырақ	43.305909, 76.897661	
8	Республикалық трассалардың бойында орналасқан топырақтар	Сұр, таулы қызғылт топырақ	43.244531, 76.373454	

Люмбрицидтердің санын анықтау Гиляровтың топырақтық-зоологиялық зерттеулерінде қабылданған әдісін қолдану арқылы жүзеге асырылды. Топырақ омыртқасыздары 0,25 м² алаңнан топырақ омыртқасыздарының пайда болу тереңдігіне (1 м) дейін сынама алу арқылы есептелді.

Әр сынақ алаңынан 12 үлгі алынды. Далалық жағдайда мезофауна әр қабаттан алынған үлгілерді қолмен бөлшектеу арқылы есептелді (төсеніш қабат, 0-5 см, 5-10 см, 10-20 см, 20-30 см және 30-40 см). Жауын құрттары әлсіз (0,5%) формалин ерітіндісімен бекітілді [18]. Әр учаскеде топырақ мезофаунасының саны (1м²-ге топырақтағы мезофауна мөлшері) және түрлердің байлығы (таксондардың жалпы саны) тіркелді. Люмбрицидтерді анықтау Всеволодова-Перель (1997) және Матвеева (1982) сәйкестендіру кестелеріне сәйкес жүргізілді [19]. Зерттеу барысында популяция деңгейінде түрлердің құрамы, түрлердің саны, пайда болу тығыздығы (аудан бірлігіне шаққандағы даралар саны), зерттелетін биогеоценоздар люмбрицидтерінің биомассасы, сондай-ақ педобионттардың әртүрлі топтарының пайда болуы мен саны сияқты көрсеткіштер ескерілді. Түрлердің пайда болуы люмбрицидтер табылған үлгілер пайызының жиналған үлгілердің жалпы санына қатынасы ретінде анықталды [20]. Сандық мөлшері белгілі бір аумақта табылған

даралардың жалпы саны (топырақ мезофаунасының жалпы саны) ретінде анықталды. Люмбрицидтердің биомассасы организмдерді тікелей өлшеу арқылы анықталды.

Зерттеу аймағындағы топырақ ылғалдылығы тура әдіс арқылы анықталды. Бұл әдіс топырақ ылғалдылығын далалық жағдайда зерттеудің классикалық түрі, топырақ үлгісін кептіріп, оның құрамындағы су мөлшері анықталады. Топырақтағы қарашірік мөлшері М.С. Гиляров ұсынған әдіс бойынша, ал қышқылдығын анықтау Каппен әдісімен жүргізілді. Әдіс топырақтың минералды ерітіндіге 1:2,5 қатынасы шымтезек үшін және басқа органикалық топырақ пен тау жыныстары үшін 1:150 ерітіндісіне қатынасында $c=1$ моль/дм³ концентрациясындағы натрий сірке қышқылының (CH₃COONa) ерітіндісімен өңдеуге негізделген, содан кейін суспензиялардың рН мәні бойынша гидролитикалық қышқылдықты анықтайды [18].

Әрбір зерттелетін учаскенің топырағындағы ауыр металдардың құрамы «Қазэкология» үкіметтік емес консалтингтік ұйымының (Алматы, Қазақстан Республикасы) зертханасында атомдық-абсорбциялық спектрометрия әдісімен анықталды. Улы элементтердің мөлшерінің математикалық сенімділігі стандартты әдістерді қолдану арқылы анықталды [21].

Зерттеу нәтижелері

Жүргізілген зерттеу жұмысының нәтижесінде Іле Алатауының бөктерінде орналасқан фондық және эксперименталдық учаскелерден топырақ мезофаунасының кең тараған өкілі – жауын құрттарының 6 туысына жататын 11 түрі анықталды (2-кесте).

Кесте 2

Зерттеу нәтижесінде анықталған Lumbricidae тұқымдасына жататын туыстар мен түрлер

Туыс	Түр	Түр саны	%
<i>Approctodea</i>	<i>A. rosea</i> , Savigni, 1826 <i>A. caliginosa</i> , Savigni, 1826	2	18,2
<i>Dendrobaena</i>	<i>D. octaedra</i> , Savigny, 1826	1	9,09
<i>Eisenia</i>	<i>E. foetida</i> , Savigni, 1826 <i>E. nordenskioldi</i> , Eisen, 1879	2	18,2
<i>Lumbricus</i>	<i>L. castaneus</i> , Savigny, 1826 <i>L. rubellus</i> , Hoffinister, 1843 <i>L. terrestris</i> , Linnaeus, 1758	3	27,2
<i>Nicodrilus</i>	<i>N. caliginosus</i> , Eisen, 1874 <i>N. longus</i> , Ude, 1885	2	18,2
<i>Octolasion</i>	<i>O. lacteum</i> , Orley, 1885	1	9,09
Барлығы		11	100

Ең жиі кездесетін түрлер – *Lumbricus* туысының өкілдері (3 түр). Ал, *Dendrobaena* және *Octolasion* туысынан тек 1 түрден тіркелді. Анықталған түрлердің зерттелген учаскелерде кездесу жиілігі әрқалай болды [22]. Фондық учаскеде барлық түрлердің кездесу жиілігі жоғары болса, эксперименталдық учаскелерде кейбір түрлердің тіпті 1 данасы ғана табылды. Бұл жағдай, әсіресе, ластану деңгейі жоғары учаскелерде байқалды.

Топырақ мезофаунасының түрлік құрамын зерттеумен қатар, олардың физико-химиялық қасиеттері де анықталды. Алынған деректер кейіннен топырақ жағдайларының жауын құрттарының таралуына әсерін талдау үшін пайдаланылды. Зерттеу аймақтары топырағының физико-химиялық қасиеттерін сипаттау кезінде оның қарашірік мөлшері, қышқылдығы және ылғалдылығы сияқты көрсеткіштері зерттелді. Алынған нәтижелер 3-кестеде көрсетілген.

Кесте 3

Зерттеу аймақтарындағы топырақтардың физико-химиялық көрсеткіштері

Сынама аймақ №	Органикалық заттың массалық үлесі (гумус), %	Қышқылдығы, рН бірл.	Ылғалдылығы, %
1	5,86±0,42	4,21±0,3	25,14±0,41
2	6,01±0,36	4,03±0,3	26,01±0,36
3	6,23±0,11	4,26±0,3	27,21±0,62
4	4,63±0,51	5,56±0,3	21,02±0,34
5	4,38±0,74	5,89±0,3	15,06±0,43
6	2,96±0,52	6,57±0,3	17,51±0,61
7	3,58±0,22	6,11±0,3	16,41±0,27
8	3,72±0,36	5,06±0,3	19,25±0,23

Ескерту: Іле Алатауының солтүстік беткейлері (фондық учаскелер) 1-Шырша орманы; 2-Аралас орман; 3-Альпілік шалғындар; Тәжірибелік учаскелер: 4-Мұнай базаларына жақын орналасқан топырақтар; 5-Қаланың әртүрлі бөліктерінде орналасқан жанармай құю станцияларының жанындағы топырақтар; 6-Жылу электр станцияларының маңындағы топырақтар; 7-Қалалық жанданған трассалардың бойында орналасқан топырақтар; 8-Республикалық трассалардың бойында орналасқан топырақтар.

Педомезобионттар ішінде *Lumbricidae* тұқымдасы барлық жерде доминант болып табылады. Фондық және әлсіз ластанған биогеоценоздарда жауын құрттары орта есеппен 64,6 % құрайды, ал ластанған аймақтарда 55,2 % люмбрицидтер байқалды. Фондық биогеоценоздар топырағындағы органикалық заттардың массалық үлесі 5,86-дан 6,23 %-ға дейін, ылғалдылығы 25,14-27,21 % аралығында, бұл зерттелген биогеоценоздардың ішіндегі ең жоғарғы көрсеткіш. Әр түрлі жем-шөп дақылдары тұрақты өсірілетін биотоп шеңберіндегі люмбрицидтердің жоғары пайыздық көрсеткіші есебінен, ластанған биогеоценоздарда да жауын құрттары басым топ болып қала береді [23].

Осы биоценоздардың топырақтарын зерттеу кезінде қарашірік пен ылғалдылықтың салыстырмалы жоғары көрсеткіштері байқалды.

Әрі қарай зерттелетін жерлерден алынған топырақ үлгілерінің химиялық құрамы талданды. Қалалық және фондық (табиғи) биоценоздардағы улы элементтердің құрамын анықтау кезінде мезофаунаның түрлік және сандық құрамына әсер ететін төрт негізгі элемент анықталды: қорғасын, кадмий, мышьяк және сынап (4-кесте).

Кесте 4

Зерттелетін учаскелердің топырақтарындағы ауыр металдардың (мг/кг) құрамы (X±t)

Сынама аймақ №	Кадмий (Cd)	Қорғасын (Pb)	Мышьяк (As)	Сынап (Hg)
1	0,05±0,0013***	0,9±0,10***	0,24±0,015***	0,010±0,006**
2	0,04±0,0017***	0,6±0,15***	0,14±0,014***	0,009±0,03**
3	0,03±0,0008***	0,5±0,15***	0,06±0,002***	0,001±0,012**
4	0,25±0,0024***	11,2±0,17***	2,84±0,05***	0,03±0,0462***
5	0,20±0,0017***	9,3±0,22***	1,7±0,08***	0,016±0,0031
6	0,23±0,0027***	16±0,70***	2,8±0,07***	0,048±0,012***
7	0,11±0,001***	6,7±0,12***	2,7±0,11***	0,02±0,0042
8	0,17±0,0018***	10,7±0,11***	1,53±0,02***	0,018±0,013**

Ескерту: Іле Алатауының солтүстік беткейлері (фондық учаскелер) 1-Шырша орманы; 2-Аралас орман; 3-Альпілік шалғындар; Тәжірибелік учаскелер: 4-Мұнай базаларына жақын орналасқан топырақтар; 5-Қаланың әртүрлі бөліктерінде орналасқан жанармай құю станцияларының жанындағы топырақтар; 6-Жылу электр станцияларының маңындағы топырақтар; 7-Қалалық жанданған трассалардың бойында орналасқан топырақтар; 8-Республикалық трассалардың бойында орналасқан топырақтар.

Өнеркәсіптік ластану кезінде ауыр металдардың көп мөлшері топырақтың беткі қабаттарына енеді және органикалық компонентпен байланысып, экожүйелердегі ең маңызды биологиялық процестерге қажетті микроэлементтердің биожетімділігін төмендетеді. Анатомиялық және физиологиялық ерекшеліктеріне байланысты жауын құрттары ластанудың бұл түріне алғашқылардың бірі болып жауап береді [24].

Талқылау

Алынған зерттеу нәтижелері люмбрицид фаунасының таралуына топырақтың физико-химиялық көрсеткіштері тікелей әсер ететінін көрсетті. Топырақтың ылғалдығы оптималды, органикалық заттарға бай, қышқылдығы төмен орта жауын құрттардың тіршілік етуіне ең қолайлы жағдай болып табылады [25].

Жауын құрттарының алуан түрлілігі мен қалалық биоценоздардың тығыздығы өнеркәсіптік нысандардың жақындығына тікелей тәуелді. Сонымен, жылу электр

станцияларынан 1 км радиуста жиналған топырақ үлгілерінде жауын құрттары мүлде кездеспеді, ал мұнай базаларына жақын топырақтарда олардың саны да аз болды. Құрттардың жалпы тығыздығы топырақтағы ауыр металдардың концентрациясына кері пропорционал екені анықталды. Люмбрицидтердің кейбір түрлері топырақтың ауыр металдармен ластануына сезімтал болды және төзімді түрлері де кездесті. Мысалы, *Lumbricus rubellus*, *Lumbricus castaneus* және *Lumbricus terrestris* сияқты ауыр металдарға тұрақты түрлер жанармай құю станцияларының жанындағы топырақта тіршілігін жоймаған. Ал *Aporrectodea rosea* және *Aporrectodea caliginosa* өкілдері байқалмады.

Ауыр металдармен топырақтың ең көп таралған ластануы көліктердің пайдаланатын отын түріне байланысты [26]. Газ-моторлы отынмен жұмыс істейтін көлік құралдары Қазақстандағы барлық автокөлік құралдарының тек 15 %-ын құрайды. Қазақстанда дизельді қозғалтқыштары бар жүк автомобильдерінің үлесі орта есеппен 30 %-дан аспайды, ал көлік құралдарының қалған 55 %-ы бензинді отын ретінде пайдаланады [27]. Осылайша, автомобиль көлігінің көп бөлігі қоршаған ортаны ластап, құрамында улы элементтер бар пайдаланылған газдарды бөледі. Сонымен қатар, жылу электр станцияларының шығарындыларында барлық тірі организмдерге теріс әсер ететін улы заттар бар. Топырақтық-зоологиялық зерттеулерде топырақтағы ауыр металдардың құрамын анықтау өте маңызды, өйткені олардың көпшілігі топырақтың беткі төсеніш қабатында жиналып, топырақ организмдерінің тіршілігіне кері әсер етеді [28].

Зерттеулер көрсеткендей, қорғасын, кадмий, мышьяк және сынап сияқты улы элементтердің мөлшері бақылау әдісінің сезімталдығына байланысты. Кадмий мен мышьяқтың максималды мөлшері мұнай базаларына жақын топырақта байқалды. Осы зерттеуде ұсынылған нәтижелерде кадмий мөлшері $0,25 \pm 0,0024$ мг/кг, ал мышьяк мөлшері $2,84 \pm 0,05$ мг/кг құрады, бұл оларды жоюшы жүйенің/инфрақұрылымның болмауына байланысты ауданда әртүрлі тұрмыстық қалдықтарды көмудің салдарынан болуы мүмкін. Алатау ауданына қарасты Алғабас ықшам ауданының жылу электр станциясына жақын жердегі топырақта қорғасын мен сынаптың ең жоғары мөлшері табылды, олар тиісінше $16 \pm 0,70$ мг/кг және $0,048 \pm 0,012$ мг/кг-ға жетті. Осылайша, қалалық биоценоздарда беткі төсеніш қабаты антропогендік әсер және ластаушы заттардың (атап айтқанда, ауыр металдардың) көп мөлшерде жиналатын орны, сондықтан осы аумақтарды мекендейтін түрлер ең сезімтал деген тұжырым жасауға болады.

Қорытынды

Зерттеу жұмысы барысында анықталған қалалық және табиғи экожүйелердің люмбрикофаунасының саны мен түрлік популяциясындағы айырмашылықтар антропогендік факторлардың жауын құрттарының тіршілік әрекетіне айтарлықтай әсері бар екенін айғақтайды. Табиғи биоценоздарда жауын құрттарының барлық дерлік түрлері максималды мөлшерде табылды. Керісінше, қалалық экожүйелерде олардың саны мен түрлік құрамы айтарлықтай төмендеді және *Aporrectodea rosea*, *Aporrectodea caliginosa* сияқты топырақтың ластануына ең сезімтал түрлер мүлде кездеспеді. Бұл көптеген автомобильдердің, мұнай базаларының, зауыттардың және

жылу электр станцияларының қоршаған ортаны ауыр металдармен ластауына, қалалық экожүйелерге антропогендік жүктеменің артуына байланысты. Ауыр металдар ластаған топырақтардан жауын құрттардың денесіне сіңе отырып, ағзадағы негізгі элементтердің орнын басады және метаболизм процесіне қатысады. Нәтижесінде, бүкіл тірі ағзалардың тіршілік айналымына еніп, түрлі аурулар туындатуы мүмкін. Жауын құрттары популяциясының саны мен түрлік құрамы топырақтың физикалық және химиялық күйінің тікелей көрсеткіші болып табылады.

Мүдделер қақтығысы

Автор мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдемейді.

Авторлардың үлесі

Серікбекқызы Г.: концептуализация; жазу – бастапқы жобаны дайындау; жазу – шолу және өңдеу; зерттеу; басқару.

Әдебиеттер тізімі

1. Нагуманова Н.Г., Кошеленко Е.Е. Сообщества почвенных беспозвоночных как биоиндикаторные системы // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. – 2007. – №2(48). – С. 38-45.
2. Paul B., Keith M., Creer S., et al. Evaluation of mesofauna communities as soil quality indicators in a national-level monitoring programme // Soil Biology and Biochemistry. – 2017. – Vol. 115. – P. 537-546. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.09.022>.
3. Sivakumar S. Effects of metals on earthworm life cycles: A review // Environmental Monitoring and Assessment. – 2015. – Vol. 187(8). – P. 4738-4742.
4. Yorkina N., Zhukov O., Chromysheva O. Potential possibilities of soil mesofauna usage for biodiagnostics of soil contamination by heavy metals // Ekologia. – 2019. – Vol. 38(1). – P. 1-10. DOI: <https://10.2478/eko-2019-0001>.
5. Bessolitsyna E.P. Assessment of taxonomic diversity of soil biota for landscape planning // Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol. 381. DOI: <https://10.1088/1755-1315/381/1/012011>.
6. Yu Sh., Qiu J., Chen X. Soil mesofauna community changes in response to the environmental gradients of urbanization in Guangzhou city front // Ecol. Evol. – 2021. – Vol. 8. DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.546433>.
7. Cheng J., Wong M.H. Effects of earthworms on Zn fractionation in soils // Biol. Fertil. Soils. – 2002. DOI: <https://10.1007/s00374-002-0507-z>.
8. Garg P., Satya S., Sharma S. Effect of heavy metal supplementation on local (*Allolobophora parva*) and exotic (*Eisenia fetida*) earthworm species: a comparative study // Journal of Environmental Science and Health. – 2009. – Vol. 44. – P. 1025-1032.
9. Дорохов К.В., Шелуха В.П. Влияние антропогенных воздействий на динамику трофической структуры и плотности мезофауны // Лесной вестник. – 2014. – №4. – С. 103-111.
10. Lukkari T., Teno S., Vaisanen A., Haimi J. Effects of earthworms on decomposition and metal availability in contaminated soil: microcosm studies of populations with different exposure histories // Soil Biology and Biochemistry. – 2010. DOI: <https://10.1016/j.soilbio.2005.05.015>.

11. Narayanan P, Sathrumithra S. Current distribution of the invasive earthworm *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1857) after a century of its first report from Kerala state // *Opuscula Zoologica*. – 2016. – Vol. 47. – P. 101-107.
12. Kapil P, Rajeev K, Mahipal S, Sankhla S.S. Impact of heavy metals on survivability of earthworms // *International medico-legal reporter journal*. – 2019. – Vol. 2. – P. 51-57.
13. Snyder B.A., Callaham M.A. Soil fauna and their potential responses to warmer soils, in: Mohan J.E. (ed.), *Ecosystem Consequences of Soil Warming: Microbes, Vegetation* // *Fauna and Soil Biogeochemistry*. – 2019. – P. 279-296.
14. Liu L.L., Shi J.J., Zhao X.Y., et al. Dynamics of transfer and distribution of ⁹⁵Zr in the broadbean-soil ecosystem // *Journal of Environmental Radioactivity*. – 2005. – Vol. 80. – P. 217-223. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvrad.2004.09.001>
15. Shefali B.L., Yadav R.G. Assessment of histological alterations induced by heavy metal exposure on earthworms // *International Journal of Conservation Science*. – 2018. – Vol. 6. – P. 1436-1438.
16. Бабенко А.С. Почвенные беспозвоночные как индикаторы состояния территории. - Томск, 2013. – 40 с.
17. Соколова Т.Л. Диагностические возможности почвенной мезофауны // *Вестник Костромской государственной университет им.Н.А. Некрасова*. – 2010. – №3. – С. 13-14.
18. Гиляров М.С. Зоологический метод диагностики почв. – Москва: Наука, 1985. – 277 с.
19. Матвеева Д.Г. Дождевые черви семейства Lumbricidae Московской области. Почвенные беспозвоночные Московской области / Д.Г. Матвеева, Т.С. Перель. – М.: Наука, 1982. – С. 133-143.
20. Стриганова Б.Р. Методы фиксации, хранения и лабораторного содержания почвообитающих беспозвоночных // *Количественные методы в почвенной зоологии*. — М.: Наука, 1987. – С. 72-87.
21. Ивантер Э.В., Коросов А.В. Элементарная биометрия / Учебное пособие. 2-е изд. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2010. – 101 с.
22. Seribekkyzy G., Saimova R.U., Saidakhmetova A.K., Saidakhmetova G.K., Esimov B.K. Heavy metal effects on earthworms in different ecosystems // *Journal of animal behavior and biometeorology*. – 2022. – Vol. 10(3) 2228. DOI: <https://doi.org/10.31893/jabb.22028>.
23. Syrgabek Y.A., Alimzhanova M. Soil fauna of vineyards of Southeast Kazakhstan // *Почвоведение и агрохимия*. – 2020. – Vol. 4. – P. 57-66.
24. Sizmur T., Hodson M.E. Do earthworms impact metal mobility and availability in soil? A review // *J. Environ. Pollut.* – 2009. – Vol. 157. – P. 1981-1989. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2009.02.029>.
25. Tukenova Z., Mustafayev M., Alimzhanova M., et al. Influence of pesticides on the biological activity of light chestnut soils in South-East Kazakhstan // *Journal of water and land development*. – 2021. – Vol. 48(I-III). – P. 141-147. DOI: <https://doi.org/10.24425/jwld.2021.136157>.
26. Парфенова Е.А. Оценка загрязнения почв тяжелыми металлами в результате влияния выбросов автотранспорта // *Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского*. – 2011. – №25. – С. 590-592.
27. Каким топливом чаще всего заправляются казахстанцы? [Электронды ресурс] – URL: <https://ffins.kz/blog/216-kakim-toplivom-chasche-vsego-zapravlyayutsya-kazakhstantsy> (жүгінген күні: 19.10.2022).
28. Исаева А.У. Аккумуляция ионов свинца дождевыми червями в суглинистых почвах Южного Казахстана // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. – 2018. – №3. – С. 11-14.

Г. Серибеккызы

Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан

Использование видового состава почвенной мезофауны в диагностике антропогенно загрязненных биогеоценозов

Аннотация. Почвенные беспозвоночные являются важной движущей силой многих основных процессов в почве, таких как образование почвенных агрегатов, удержание воды и поглощение органических веществ. Дождевые черви, являясь постоянными обитателями почвы, играют роль индикатора, передающего информацию о состоянии этой среды. В данной работе было выявлено антропогенное загрязнение городских и пригородных биогеоценозов путем изучения видового состава и численности люмбрицидов. С 8 участков г. Алматы и области были взяты образцы почвы, изучены физико-химические показатели. В фоновых и слабо загрязненных биогеоценозах количество дождевых червей составляет в среднем 64,6 %, а в загрязненных регионах 55,2 %. При определении содержания токсичных элементов в городских и фоновых (природных) биоценозах были выявлены четыре основных элемента, влияющих на видовой и количественный состав мезофауны: свинец, кадмий, мышьяк и ртуть. Максимальное содержание кадмия и мышьяка наблюдается в почвах вблизи нефтебаз: содержание кадмия составило $0,25 \pm 0,0024$ мг/кг, а содержание мышьяка $2,84 \pm 0,05$ мг/кг. А в почве вблизи теплоэлектростанции микрорайона Алгабас Алатауского района зафиксировано максимальное содержание свинца и ртути, которое достигло $16 \pm 0,70$ мг/кг и $0,048 \pm 0,012$ мг/кг соответственно.

Ключевые слова: дождевые черви, антропогенное загрязнение, видовой состав, образцы почвы, биоиндикатор, тяжелые металлы.

G. Seribekkyzy

Kazakh National Pedagogical University named after Abai, Almaty, Kazakhstan

The use of the species composition of the soil mesofauna in the diagnosis of anthropogenic contaminated biogeocenoses

Annotation. Soil invertebrates are an important driving force behind many basic soil processes, such as the formation of soil aggregates, water retention, and absorption of organic matter. Earthworms, being permanent inhabitants of the soil, play the role of an indicator transmitting information about the state of this environment. In this work, anthropogenic pollution of urban and suburban biogeocenoses was revealed by studying the species composition and abundance of lumbricids. Soil samples were taken from 8 sites in Almaty and the region, physico-chemical parameters were studied. In background and slightly polluted biogeocenoses, the number of earthworms averages 64.6%, and in polluted regions 55.2%. When determining the content of toxic elements in urban and background (natural) biocenoses, four main elements were identified that affect the species and quantitative composition of the mesofauna: lead, cadmium, arsenic and mercury. The maximum content of cadmium and arsenic is observed in soils near oil depots: the cadmium content was 0.25 ± 0.0024 mg/kg, and the arsenic content was 2.84 ± 0.05 mg/kg. And in the soil near the thermal power plant of the Algabas microdistrict of the Alatau district, the maximum content of lead and mercury was recorded, which reached 16 ± 0.70 mg/kg and 0.048 ± 0.012 mg/kg, respectively.

Keywords: earthworms, anthropogenic pollution, species composition, soil samples, bioindicator, heavy metals.

References

1. Nagumanova N.G., Koshelenko E.E. Soobshchestva pochvennyh bespozvonochnyh kak bioindikatornye sistemy, Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta, 2 (48), 38-45 (2007). [in Russian]
2. Paul B., Keith M., Creer S., et al. Evaluation of mesofauna communities as soil quality indicators in a national-level monitoring programme, Soil Biology and Biochemistry, 115, 537-546. (2017).
3. Sivakumar S. Effects of metals on earthworm life cycles: A review, Environmental Monitoring and Assessment, 187(8), 4738-4742 (2015).
4. Yorkina N., Zhukov O., Chromysheva O. Potential possibilities of soil mesofauna usage for biodiagnostics of soil contamination by heavy metals, Ekologia, 38(1), 1-10 (2019). DOI: <https://10.2478/eko-2019-0001>.
5. Bessolitsyna E.P. Assessment of taxonomic diversity of soil biota for landscape planning, Earth and Environmental Science, 381 (2019). DOI: <https://10.1088/1755-1315/381/1/012011>.
6. Yu Sh., Qiu J., Chen X. Soil mesofauna community changes in response to the environmental gradients of urbanization in Guangzhou city front, Ecol. Evol., 8 (2021). DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.546433>.
7. Cheng J., Wong M.H. Effects of earthworms on Zn fractionation in soils, Biol. Fertil. Soils. (2002). DOI: <https://10.1007/s00374-002-0507-z>.
8. Garg P., Satya S., Sharma S. Effect of heavy metal supplementation on local (*Allolobophora parva*) and exotic (*Eisenia fetida*) earthworm species: a comparative study, Journal of Environmental Science and Health, 44, 1025-1032 (2009).
9. Dorohov K.V., Sheluho V.P. Vliyanie antropogennyh vozdeystvij na dinamiku troficheskoy struktury i plotnosti mezofauny, Lesnoj vestnik, 4, 103-111 (2014). [in Russian]
10. Lukkari T., Teno S., Vaisanen A., Haimi J. Effects of earthworms on decomposition and metal availability in contaminated soil: microcosm studies of populations with different exposure histories, Soil Biology and Biochemistry (2010). DOI: <https://10.1016/j.soilbio.2005.05.015>.
11. Narayanan P., Sathrumithra S. Current distribution of the invasive earthworm *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1857) after a century of its first report from Kerala state, Opuscula Zoologica, 47, 101-107 (2016).
12. Kapil P., Rajeev K., Mahipal S., Sankhla S.S. Impact of heavy metals on survivability of earthworms, International medico-legal reporter journal, 2, 51-57 (2019).
13. Snyder B.A., Callahan M.A. Soil fauna and their potential responses to warmer soils, in: Mohan J.E. (ed.), Ecosystem Consequences of Soil Warming: Microbes, Vegetation, Fauna and Soil Biogeochemistry, 279-296 (2019).
14. Liu L.L., Shi J.J., Zhao X.Y., et al. Dynamics of transfer and distribution of ⁹⁵Zr in the broadbean-soil ecosystem, Journal of Environmental Radioactivity, 80, 217-223 (2005). DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvrad.2004.09.001>.
15. Shefali B.L., Yadav R.G. Assessment of histological alterations induced by heavy metal exposure on earthworms, International Journal of Conservation Science, 6, 1436-1438 (2018).
16. Babenko A.S. Pochvennye bespozvonochnye kak indikatory sostoyaniya territorii, 40 (2013). [in Russian]

17. Sokolova T.L. Diagnosticheskie vozmozhnosti pochvennoj mezofauny, Vestnik Kostromskoj gosudarstvennyj universitet im.N.A. Nekrasova, 3, 13-14 (2010). [in Russian]
18. Gilyarov M.S. Zoologicheskij metod pochvennoj diagnostiki (Moskva, Nauka, 1985, 277 p.). [in Russian]
19. Matveeva D.G. Dozhdevye chervi semejstva Lumbricidae Moskovskoj oblasti. [Pochvennye bespozvonochnye Moskovskoj oblasti] [D.G. Matveeva, T.S. Perel'] (M.: Nauka, 1982, 133-143 p.). [in Russian]
20. Striganova B.R. Metody fiksacii, hraneniya i laboratornogo sodержaniya pochvennyh bespozvonochnyh [Kolichestvennyye metody v pochvennoj zoologii] (Moskva, Nauka, 1987, 72-87 p.). [in Russian]
21. Ivanter E.V., Korosov A.V. Elementarnaya biometriya [Uchebnoe posobie. 2-e izd.] (Petrozavodsk, PetrGU, 2010, 101 p.). [in Russian]
22. Seribekkyzy G., Saimova R.U., Saidakhmetova A.K., Saidakhmetova G.K., Esimov B.K. Heavy metal effects on earthworms in different ecosystems, Journal of animal behavior and biometeorology, 10 (3), 2228 (2022). DOI: <https://doi.org/10.31893/jabb.22028>.
23. Syrgabek Y.A., Alimzhanova M. Soil fauna of vineyards of Southeast Kazakhstan, Pochvovedenie i agrohimiya, 4, 57-66 (2020).
24. Sizmur T., Hodson M.E. Do earthworms impact metal mobility and availability in soil? A review, J. Environ. Pollut., 157, 1981-1989 (2009). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2009.02.029>.
25. Tukenova Z., Mustafayev M., Alimzhanova M., et al. Influence of pesticides on the biological activity of light chestnut soils in South-East Kazakhstan, Journal of water and land development, 48(I-III), 141-147 (2021). DOI: <https://doi.org/10.24425/jwld.2021.136157>.
26. Parfenova E.A. Ocenka zagryazneniya pochv tyazhelymi metallami v rezul'tate vliyaniya vybrosov avtotransporta, Izvestiya PGPU im. V.G. Belinskogo, 25, 590-592 (2011). [in Russian]
27. Kakim toplivom chashche vsego zapravlyayutsya kazahstancy? [Electronic resource] – URL: <https://ffins.kz/blog/216-kakim-toplivom-chasche-vsego-zapravlyayutsya-kazahstantsy> (accessed: 19.10.2022).
28. Isaeva A.U. Akkumulyaciya ionov svinca dozhdevnymi chervyami v suglinistyh pochvah Yuzhnogo Kazahstana, Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 3, 11-14 (2018). [in Russian]

Авторлар туралы мәлімет:

Серібекқызы Г. – докторант, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Қазыбек би, 30, Алматы, Қазақстан.

Information about the authors:

Seribekkyzy G. – PhD student, Abai Kazakh National Pedagogical University, Kazybek Bi Street, 30, Almaty, Kazakhstan.



ХҒТАР 68.05.29
Ғылыми мақала

<https://doi.org/10.32523/2616-7034-2024-148-3-94-107>

Солтүстік Қазақстан аймағының әртүрлі топырақ типтеріндегі азот бекітуші микроағзалардың таралуы

А.Н. Қонқыбаева*¹, А.П. Науанова^{1,2}

¹Био-КАТУ, Астана, Қазақстан

²С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан

*Байланыс үшін автор: adina.kon@mail.ru

Аңдатпа. Топырақтың құнарлылығын, ауылшаруашылық дақылдарының өнімділігін арттыру және дәнді дақылдардың ауруларының таралуын азайту үшін топырақ микроорганизмдері негізіндегі биологиялық препараттарды пайдалану перспективті және экологиялық таза бағыттардың бірі болып табылады. Бұл өз кезегінде қазақстандық тиімділігі жоғары биологиялық препараттарды жасау, бағалау және өндіріске енгізу бойынша кешенді жұмысты талап етеді. Мақалада Солтүстік Қазақстан аймағының әртүрлі топырақ типтерінің суспензияларын сериялық сұйылту әдісімен себу арқылы анықталған азот бекітуші бактериялар мен актиномицеттердің таралуы туралы деректер келтірілген. Қатты қоректік орталарда азот бекітуші бактериялар мен актиномицеттердің 100-ден астам жаңа штамдары бөлініп алынды. Биотыңайтқышты жасау мақсатында бөлініп алынған азот бекітуші бактериялар мен актиномицеттердің патогенділігі мен өсу қарқындылығы зерттеліп, олардың культуралды-морфологиялық сипаттамалары да келтірілді. Әрі қарай зерттеу үшін ең белсенді №21S, №19S, №31S, №91S, №3S, №56S, №51S, №62S, №55S, №70S, №53S, №20S, №2S, №81S, №7S, №54S, №57S, №35S, №84S, №22S, №9S, №12S, №8S, №10S, №69S, №52S, №49S, №11S, №6S, №59S 30 штам таңдалды. Олар биологиялық препарат жасау үшін пайдаланылады. Болашақта бұл штамдар өсуді ынталандырушы, фунгицидтік және т.б. қасиеттері бойынша зерттелетін болады, сонымен қатар ауыл шаруашылық дақылдарының өнімділігін және фитосанитарлық қауіпсіздігін арттыра алатын азот бекітуші бактериялар және актиномицеттер негізіндегі биологиялық препараттарды алудың микробиологиялық технологиясын жасауда қолданылатын болады.

Түйін сөздер: актиномицеттер, азот бекітуші бактериялар, микробиологиялық препараттар, топырақ.

Түсті: 12.05.2024; Мақұлданды: 27.06.2024; Онлайн қолжетімді: 27.09.2024

Кіріспе

Органикалық ауыл шаруашылығы халықаралық федерациясының мәліметтері бойынша әлемде органикалық өндірістегі жер көлемі үздіксіз өсіп келеді. **2022 жылы дүниежүзілік органикалық егіншілік көлемі 20 миллион гектардан асып 96 миллион гектарға жетті.** Өсімдіктердің өсуі мен өнімділігін, сондай-ақ стресске төзімділікті жақсарту үшін синтетикалық химиялық заттардың орнына табиғи органикалық тыңайтқыштармен немесе микроб текті биотыңайтқыштармен алмастыруды қамтиды [1,2]. Биологиялық және органикалық тыңайтқыштар нанобөлшектерді биосинтездей алу қабілетіне байланысты өз кезегінде синтетикалық тыңайтқыштар мен фунгицидтерді қолдануды азайтады [3]. Мысалы, актиномицеттер әртүрлі антибиотиктерді және өсімдіктердің өсуіне ықпал ететін заттарды бөліп шығарады, ал азот бекітуші бактериялар «азотты биологиялық жолмен бекіту» арқылы азот молекуласын өсімдіктер сіңіре алатын аммиакқа айналдырады. Сонымен қатар азот бекітуші бактериялар өсімдік гормондарын түзу арқылы тамыр жүйесінің өсуін ынталандырады, соған байланысты өсімдіктің қоректік заттар мен суды сіңіру қабілетін жақсартады [4].

Бүгінгі таңда өндірістік жағдайда азот бекітуші бактериялар негізінде жасалған Флавобактерин (*Flavobacterium Sp.*), Агрофил (*Agrobacterium radiobacter*), Мизорин (*ArtrobactermySorenS*), Азоризин (*Azospirillum lipoferum*) сияқты биотыңайтқыштар қолданылады. Бұл препараттар ауыл шаруашылығы дақылдарының басым бөлігіне оңтайлы әсер етеді [5]. Азот бекітуші бактериялардан жасалған биотыңайтқыштарды пайдалану бидай өнімділігін бақылаумен салыстырғанда 13-28%-ға арттырған, сондай-ақ дәндегі ақуыз мөлшерін 4-7% жоғарылатқан [6, 7].

Дақылдарды актиномицеттермен өңдеу гибберелин қышқылы есебінен өсімдіктердің өсуін жақсартады. Мысалы *Glomus mosseae* түріне жататын актиномицеттер анар (*Púnica granátum*) өскіндері мен тамырының өсуін жақсартып, биомассаны 68-77%-ға арттырған [8]. Сондай-ақ *Streptomyces* тұқымдасына жататын актиномицеттер сидерофтарды түзу қабілетіне байланысты қызанақтың жүгерінің қарқынды өсуіне ықпал етеді. *Actinomadura*, *Micromonospora*, *Streptosporangium* және *Nocardia* сияқты актиномицеттердің басқа тұқымдастары сілтілі немесе қышқыл фосфатаза ферменттерінің секрециясы арқылы органикалық фосфаттың минералдануын жақсартады [9, 10].

Биотехнологияның әртүрлі салаларының маңыздылығына қарамастан азот бекітуші бактериялар мен актиномицеттердің әртүрлілігі мен таралуы туралы ақпарат көптеген ірі географиялық аймақтар үшін өте шектеулі. Қазақстан топырағында азот бекітуші бактериялар және актиномицеттердің таралуы туралы зерттеулер өткен ғасырдың 70-жылдарында негізінен оңтүстік аймақтарда зерттеліп, Солтүстік Қазақстанның топырақтары мүлде зерттелмеген күйінде қалды [11]. Бұл микроағзалардың дәнді дақылдардың саңырауқұлақ ауруларына қатысты антагонистік қасиеттері жеткілікті түрде зерттелмегенін атап өткен жөн. Зерттеу жұмысы барысында алынатын нәтижелерді Солтүстік Қазақстан жағдайында ғана емес, сонымен қатар Қазақстанның басқа аймақтары мен Орталық Азияда қолдану мүмкіншілігі туындайды.

Бұл жұмысты іске асырудың басты мақсаты – Солтүстік Қазақстанның әртүрлі топырақ типтерінің микробиологиялық құрамын зерттеп, азот бекітуші бактериялар мен актиномицеттердің таза культура штамдарын бөліп алу. Олардың өсу жылдамдығы мен патогенділігін зерттеп, биотыңайтқыш құру мақсатында ең белсенді штамдарды таңдап алу саналады.

Топырақтың құнарлылығын, дақыл өнімділігін арттыруда және дәнді дақылдардың саңырауқұлақ ауруларының таралуын азайтуда топырақ микроағзалары негізіндегі биологиялық өнімдерді пайдалану болашағы зор және экологиялық таза бағыттардың бірі болып табылады. Бұл өз кезегінде тиімділігі жоғары қазақстандық биологиялық препараттарды жасау, бағалау және өндіріске енгізу бойынша кешенді жұмысты қажет етеді.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зертханалық тәжірибелер «Био-КАТУ» ЖШС микроағзалар биотехнологиясы зертханасында жүргізілді. Ғылыми-зерттеу жұмысы жалпы микробиологиялық әдістерді пайдалана отырып жүргізілді, патогенділікті анықтау – сарыуыз-тұзды агарда өсіру арқылы, өсу жылдамдығын – биомасса тұзу қарқындылығын бақылай отыра жүзеге асырылды.

Топырақ үлгілерін алу конверт әдісімен жүргізілді (0-10, 10-20, 20-30 см), барлық жұмыстар барысында максималды стерильділікті сақталды (арнайы киімнің болуы, пышақ пен шпательді спиртпен сүрту, стерильді пакеттердің болуы). Топырақ суспензиясын сұйылту әдісімен тығыз қоректік ортаға себу арқылы, топырақ микроағзаларының саны мен құрылымы анықталды [12]. Азоттың органикалық түрін пайдаланатын бактериялар саны ет пептонды агарда (ЕПА); азоттың минералды көзін пайдаланатын бактериялар мен актиномицеттер крахмал аммиакты агарда (КАА); азот бекітуші бактериялар –Эшби қоректік ортасында; жіпшелі саңырауқұлақтары – қышқылданған Чапек-Докс (ЧД) қоректік ортасында; аэробты целлюлоза ыдыратушы микроағзалар – Гетчинсон қоректік ортасында анықталды, содан кейін бактерияларға, саңырауқұлақтарға және актиномицеттерге ажыратылды [13]. Жалпы микроағзалар саны өсіп шыққан колониялар саны бойынша есептелді, 1 мл-дегі колония түзуші бірлік (КТБ) мөлшері (1) формула бойынша анықталды:

$$M = a \times 10^n / V, \quad (1)$$

ондағы a – өсіп шыққан колония саны;

10^n – сұйылту саны;

V – себу мөлшері (0,1 мл).

Бұл жұмыста Солтүстік Қазақстанның 6 түрлі топырақ үлгілері зерттелді:

1. Ақмола облысы Шортанды ауданы, Научный кенті, А.И. Бараев атындағы АШҒӨО оңтүстік қара топырағы;

2. Ақмола облысы, Бурабай ауылының кәдімгі қара топырағы;

3. Ақмола облысы, Зеренді ауданы, «Көкшетау тәжірибелік-өндірістік шаруашылығы» ЖШС кәдімгі қара топырағы;

4. Қарағанды облысы Осакаров ауданы, «Найдоровское» ЖШС күңгірт қара-қоңыр топырағы.

5. Ақмола облысы, Целиноград ауданы, Қажымұқан ауылының кебір топырақтары;

6. Ақмола облысы, Целиноград ауданы, «Ақмола-Феникс» АҚ күңгірт қара қоңыр топырақтары.

Таза микроағза культураларын алу бойынша олардың азот бекітуші, өсуді ынталандырушы және патогендік қасиеттерін зерттеу жұмысы жүргізілді.

Азот бекітуші микроағзалардың таза культурасын бөліп алу үшін Эшби мен Гаузе селективті қоректік орталарына қайта себілді.

Гаузе мен Эшби қоректік орталары микроағзалардың белгілі бір түрін бөліп алу үшін пайдаланылады, олардың өсуіне қолайлы жағдай жасап, олармен қатар өзге микроағзалардың өсуін тежейді. Белгілі бір антибиотиктер, тұздар және рН өзгерістері қосылған кезде орталар селективті болады.

Кейбір микроағзалар патогендік сипатта болуы мүмкін. Осы себепті бөліп алынған микроағзалардың патогенділігін тексеру үшін сарыуыз-тұзды агарға себу жұмысы жүргізілді. Жұмыртқаның сары эмульсиясын қосу микроағзалардың липаза белсенділігін анықтауға мүмкіндік береді.

Биотыңайтқыш жасау үшін өсу жылдамдығы жақсы штамдарды таңдау маңызды себебі бұл биологиялық тыңайтқышты дайындау шығындарын және сәйкесінше оның құнын азайтады. Өсу жылдамдығын – штамдардың биомасса түзу қарқындылығын бақылау арқылы жүзеге асырылды.

Бастапқы ақпаратты жинау бақылау және эксперимент әдістерімен жүзеге асырылып, барлық деректер зертханалық журналдарға жазылып, содан кейін электронды нұсқасы жасалды.

Зерттеу нәтижелері

Микробиологиялық талдау нәтижелері бойынша оңтүстік қара және кәдімгі қара топырақтарда ЕПА-да өсетін аммонификациялаушы бактериялар өте кең таралғаны анықталды (1 кесте), КТБ 20,0 млн/г-нан 70,0 млн/г-ға дейін өзгереді. Ал күңгірт қара қоңыр топырақта аммонификациялаушы бактериялардың саны төмен 3,5-9,0 млн /г болды.

Азоттың минералды формасын сіңіретін бактериялар топырақтың барлық түрлерінде кездесті, алайда микроағзалардың бұл тобы органикалық заттарға бай бейтарап немесе сілтілі топырақты жақсы көреді. Микроағзалардың жоғары саны оңтүстік қара және күңгірт қара-қоңыр топырақтарда байқалады («Ақмола-Феникс» АҚ) 41,3-30,5 млн/г.

Топырақ актиномицеттерінің максималды саны Гаузе қоректік ортасында өсірілген кебір және оңтүстік қара топырақтарда байқалады (140,5-576,0 млн/г). Гетчинсон қоректік ортасында актиномицеттер саны біртіндеп азаяды, кебір топырақта жіпшелі саңырауқұлақтары көп мөлшерде болды.

Зерттелген топырақ үлгілеріндегі Чапек-Докс қоректік ортасында өсетін саңырауқұлақтардың саны салыстырмалы түрде аз. Барлық нұсқалар саңырауқұлақтардың аз мөлшерін көрсетті, бұл топырақтың қатты кебуімен байланысты болуы мүмкін. Саңырауқұлақтардың саны 54,0-1,0 млн/г құрады, күңгірт қара-қоңыр топырақта бактериялардың саны біршама өсті 82,6 млн/г.

Азот бекітуші микроағзалар Ақмола облысы Зеренді ауданының «Көкшетау тәжірибелік-өндірістік шаруашылығы» ЖШС-нен іріктеп алынған кәдімгі қара топырақтарда басым болды, ондағы КТБ 136-ға дейін жетеді, ал кебір топырақта олардың саны 4,0 КТБ/г дейін азаяды.

Кесте 1

Солтүстік Қазақстан топырағының микробиологиялық талдауы, 2023 ж.

Топырақ типі	ЕПА	КАА	Гаузе			Гетчинсон		Чапек-Докс			Эшби
	Б,млн/г	Б,млн/г	Б,млн/г	А.мың/г	С.мың/г	А.мың/г	С.мың/г	Б,млн/г	А.мың/г	С.мың/г	Б,млн/г
Оңтүстік қара топырақ	20,0	41,3	138,3	38,5	-	66,7	-	13,7	1	1,7	22,0
Кәдімгі қара топырақ (Бурабай ауылы)	60,0	7,0	13,0	12,7	-	23,0	0,7	-	-	1,0	136,0
Кәдімгі қара топырақ «Көкшетау тәжірибелік-өндірістік шаруашылығы» ЖШС	70,0	1,0	-	140,5	-	11,0	1,0	77,0	-	-	50,0
Күңгірт қара-қоңыр топырақ «Найдоровское» ЖШС	9,0	5,0	-	56,5	-	25,0	-	82,0	-	-	4,5
Кебір	9,5	8,0	3,5	576,0	1,0	4,0	134,0	-	35,0	54,0	4,0
Күңгірт қара-қоңыр топырақ «Ақмола-Феникс»	3,5	30,5	16,5	7,5	1,5	6,5	4,0	18,5	10,5	1,5	13,5
Ескерту: Б – бактериялар; А – актиномицеттер; С – саңырауқұлақтар;											

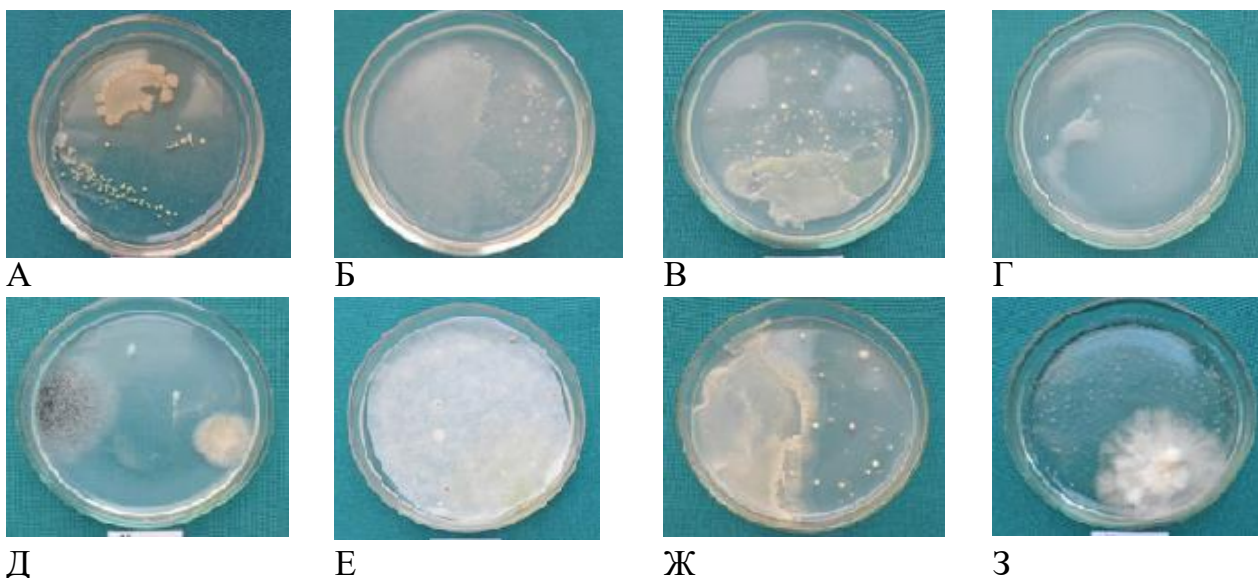
Солтүстік Қазақстан топырағындағы микроағзалардың түрлік құрамы топыраққа органикалық қосылыстарды енгізуіне, сондай-ақ сыртқы ортаның ылғалдылық және температура көрсеткіштеріне байланысты өзгеріп отырды. Солтүстік Қазақстан аймағының топырақтары азоттың органикалық түрлерін тұтынатын (ЕПА) және азот бекітуші бактерияларға (Эшби) бай екені анықталды. Сонымен қатар Гаузе және ЧД қоректік орталарында өсетін актиномицеттер де көптеп анықталса, ал жіпшелі саңырауқұлақтардың аз мөлшерде кездесуі байқалды (сурет 2).

Микробиологиялық талдаулар нәтижесінде микроағзалардың әртүрлі топтарына жататын 101 штамм бөлініп алынды. ЕПА-дан бөлініп алынған штамм колониялары негізінен беті дөңес, шеттері тегіс, түсі ақтан қоңырға дейін өзгерді. Колония диаметрі 2-5 мм, құрылымы біртекті және ұсақ түйіршікті, бетінің оптикалық қасиеттері бойынша көптеген штамдары жарық өткізді. Шырышты және тығыз консистенциядағы колониялар түзеді.

Эшби селективті қоректік ортасынан бөлініп алынған штамдардың беті көбінесе дөңес, күңгірт түсті, тегіс жиекті колония тән. Колониялардың диаметрі 2-4 мм. Құрылымы біртекті және ірі түйіршікті, микроағзалардың көптеген штамдарының беттерінің оптикалық қасиеттері бойынша бұлыңғыр, кейбір штамдар жарықты өткізеді. Консистенциясы паста тәрізді және құрғақ болды.

Гетчинсон қоректік ортасынан бөлініп алынған микроағзалардың штамдарының беті тегіс, колониялары ұнтақ тәрізді, шеттері тегіс, түсі негізінен ақ немесе сұр түсті. Колонияларының диаметрі 2-5 мм аралығында, құрылымы біртекті, ірі түйіршікті, көптеген штамдардың беттерінің оптикалық қасиеттері бұлыңғыр, кейбіреулері жарық өткізеді. Консистенциясы шырышты және құрғақ келеді.

КАА қоректік ортасынан бөлініп алынған штамдардың беті негізінен дөңес, құрылымы ұнтақ тәрізді, тегіс жиекті, ашық сарғыш түсті колониялар тән, диаметрі 2-4 мм, құрылымы біртекті, ірі түйіршікті, бетінің оптикалық қасиеттері бойынша жарықты өткізеді. Консистенциясы шырышты немесе паста тәрізді болып келеді.



Сурет 1. Солтүстік Қазақстан топырағындағы топырақ микроағзалары. А-ЕПА: оңтүстік қара топырақ; Б-КАА: кәдімгі қара топырақ; В-Гаузе: күңгірт қара-қоңыр топырақ; Г-Эшби: кәдімгі қара топырақ; Д-Чапека-Докс: Кебір; Е-Гетчинсон: күңгірт қара-қоңыр топырақ; Ж-Гаузе: күңгірт қара-қоңыр топырақ; Д-Чапек-Докс: кәдімгі қара топырақ

Бөлінген микроағзаларды өсіру Эшби тығыз селективті қоректік ортада 25-30°C температурада жүргізілді. Әрі қарай зерттеу үшін биомассаны қарқынды түзе алатын штамдар таңдалды. Алайда кейбір штамдар патогендік сипатта болуы мүмкін. Осы себепті бөліп алынған микроағзалардың патогенділігін тексеру үшін сарыуыз-тұзды агарға себілді (2 кесте). Жұмыртқаның сары эмульсиясын қосу микроағзалардың липаза белсенділігін анықтауға мүмкіндік береді. Тұзды ортадағы эмульсия мөлдір болады, сондықтан колониялардың айналасында липаза белсенділігі болған кезде бұлыңғырлық пайда болады немесе сары мөлдір емес аймақ пайда болады (2 сурет).

Кесте 2

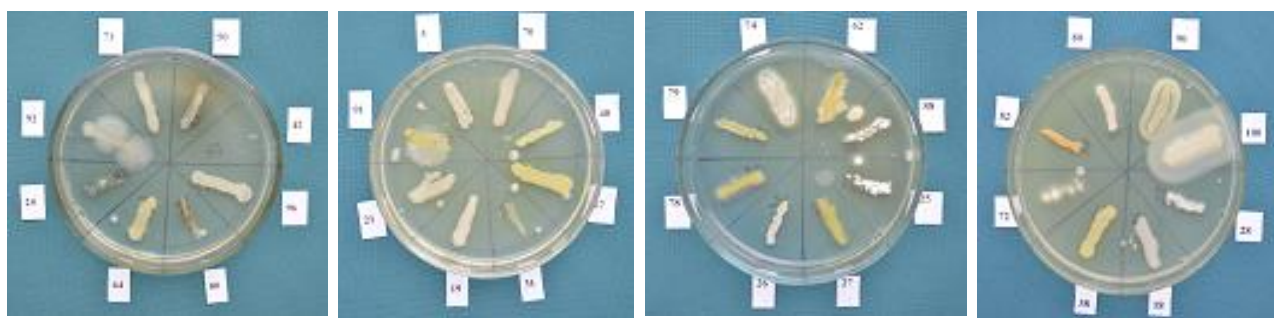
Солтүстік Қазақстанның әртүрлі топырақ түрлерінен бөлініп алынған бактериялардың патогенділігі мен өсу қарқындылығын анықтау

Штамм №	Сары-уыз-тұзды агардағы патогенділік	Өсу жылдамдығы	Штамм №	Сары-уыз-тұзды агардағы патогенділік	Өсу жылдамдығы	Штамм №	Сары-уыз-тұзды агардағы патогенділік	Өсу жылдамдығы
1 S	-	++-	34 S	-	++-	67 S	++-	-
2 S	-	+++	35 S	-	+++	68 S	---	-
3 S	-	+++	36 S	-	---	69 S	+++	-
4 S	-	---	37 S	-	++-	70 S	+++	-
5 S	-	---	38 S	-	++-	71 S	---	-
6 S	-	+++	39 S	-	++-	72 S	++-	-
7 S	-	+++	40 S	-	---	73 S	++-	-
8 S	-	+++	41 S	-	++-	74 S	---	+
9 S	-	+++	42 S	-	++-	75 S	++-	-
10 S	-	+++	43 S	-	---	76 S	++-	-
11 S	-	+++	44 S	-	++-	78 S	++-	-
12 S	-	+++	45 S	-	++-	79 S	---	-
13 S	-	++-	46 S	-	---	80 S	++-	-
14 S	-	---	47 S	-	++-	81 S	+++	-
15 S	-	++-	48 S	-	---	82 S	++-	-
16 S	-	---	49 S	-	+++	83 S	---	-
17 S	-	++-	50 S	-	++-	84 S	+++	-
18 S	-	---	51 S	-	+++	85 S	++-	+
19 S	-	+++	52 S	-	+++	86 S	++-	-
20 S	-	+++	53 S	-	+++	87 S	---	-
21 S	-	+++	54 S	-	+++	88 S	++-	-
22 S	-	+++	55 S	-	+++	89 S	---	-

23 S	-	++-	56 S	-	+++	90 S	++-	-
24 S	-	++-	57 S	-	+++	91 S	+++	-
25 S	-	---	58 S	-	++-	92 S	++-	+
26 S	-	++-	59 S	-	+++	93 S	---	-
27 S	-	++-	60 S	-	++-	94 S	++-	-
28 S	-	---	61 S	-	++-	95 S	---	-
29 S	-	++-	62 S	+	+++	96 S	++-	-
30 S	-	++-	63 S	-	++-	97 S	+++	-
31 S	-	+++	64 S	-	---	98 S	++-	-
32 S	-	---	65 S	-	++-	100 S	---	+
33 S	-	---	66 S	-	---			

+ - оң, - - теріс

ескерту: +++ - күшті, ++ - орташа, + - әлсіз, - - белсенділік жоқ



Сурет 2. Микроағзалар штамдарының патогенділігін сарыуыз-тұзды агарда (СТА) зерттеу

Зерттеу нәтижелері бойынша №62S, №74S, №85S, №92S, №100S штамдары ықтимал патогенділігіне байланысты алдағы зерттеулерден алынып тасталды. Биотыңайтқыш жасау үшін биомасса жинау жылдамдығы жақсы штамдарды таңдау маңызды, бұл биологиялық тыңайтқышты дайындау шығындарын және сәйкесінше оның құнын азайтады. Биомассаның қарқынды жинақталуы №21S, №19S, №31S, №91S, №3S, №56S, №51S, №62S, №55S, №70S, №53S, №20S, №2S №81S, №7S, №54S, №57S, №35S, №84S, №22S, №9S, №12S, №8S, №10S, №69S, №52S, №49S, №11S, №6S, №59S штамдарында байқалды. Қалған штамдар орташа, әлсіз немесе мүлдем биомасса түзбеді.

Талқылау

Биологиялық ауыл шаруашылығы бағытында микроб текті тыңайтқыштар дақылдарды өсіру технологиясында қолданылады. Топырақ микроағзалары өсімдіктерге сіңімді минералды қоректік элементтердің көзі және оларды аурулар мен зиянкестерден қорғайтын әртүрлі антибиотик заттарды бөліп шығару қабілетіне ие. Топырақтағы микроағзалар минералды және органикалық заттарының құрамындағы қоректік

заттарды өсімдікке сіңімді түрге айналдырады. Микроағзалардың метаболиттерінде тек қоректік элементтер ғана емес, сонымен қатар өсімдіктердің өсуі мен дамуын ынталандыратын (дәрумендер, ауксиндер, гиббереллиндер және т.б.) заттар болады. Мысалға, *Bacillus subtilis* тұқымдасына жататын бактериялар фомоз немесе пероноспороз сияқты саңырауқұлақ ауруларының алдын алуға көмектеседі [14]. *Trichoderma harzianum* тұқымдасына жататын саңырауқұлақтар тамыр шірігі ауруының қоздырғыштарын басуға көмектеседі [15]. *Azotobacter chroococcum* әртүрлі инфекциялардан қорғану үшін өсімдіктің иммундық жүйесін жақсартады [16]. Осылайша, өсімдіктің ризосфера аймағында қолайлы жағдайлар қалыптастыру арқылы олар биотыңайтқыштар мен пестицидтер қызметін атқаратын мүмкіндігі туады [17,18].

Пигорев И.Я., Тарасов С.А. ауыр құмбалшықты қара топырақ жағдайында бидай тұқымдарын себу алдында Витазим (*Pseudomonas aureofaciens*) өсу ынталандырғышымен өңдеу бақылаумен салыстырғанда құрғақ биомассаны өсіп-даму кезеңінде орташа есеппен 75г/м² арттырды [19].

Рязань облысы жағдайында жүргізілген зерттеу нәтижелері бойынша Метабактерин (*Bacillus megaterium SubSp.terra*), Актарофит 1,8, Амино (*Azotobacter vinelandii AV42Ж*), биотыңайтқыштары жаздық бидай және арпаның септориоз ауруына шалдығуын тежеген. Ауру таралу көрсеткіші масақтану кезеңінде 5,3-11,3% болса, сүттеніп пісу кезеңінде – 9,3-14,9% жеткен бұл бақылаумен салыстырғанда 22-30% төмен [20].

Күрделі микроб текті «MaClR» (*Brevibacillus parabrevis 11A/2*) биотыңайтқышы көкжидек (*Vaccinium myrtillus*) және мүкжидектің (*Oxycoccus palustris*) өсуін біршама ынталандырған. Оны қолданылу кезінде, тамыр бетіндегі азот бекітуші микроағзаларды қарқынды көбейіп, күшті тамыр жүйесінің қалыптасуына ықпал етті. Биотыңайтқыш қолданылған нұсқаларда тамыр массасы бақылаумен салыстырғанда 20 есе жоғары, өсімдік көлемі 53-96%-ға артық болды. Азот бекітуші *Rahnella Aquatilis BIM V-704D* және фосфат мобилизациялаушы *Pseudomonas putida BIM V-702D* бактериялары негізінде жасалған «Бактопин» биотыңайтқышы сәндік гүлдің (*Tagetes patula*) өсуін 97,3-106,2% арттырып, бүршіктену және гүлдену фазаларын жеделдетеді [21].

Жүргізілген зерттеулер бойынша патогенділік пен өсу қарқынының қасиеттерін негізге ала отырып, биотыңайтқыш әзірлеу жұмыстарының алдағы уақыттағы зерттеулеріне ең белсенді 30 штамм коллекцияға толықтырылды.

Қорытынды

«БИО-КАТУ» ЖШС микробиология зертханасында микроағзалардың жаңа штамдарын бөліп алу мақсатында Солтүстік Қазақстандағы әртүрлі топырақ типтерінің микрофлорасы зерттелді. Оңтүстік қара және күңгірт қара – қоңыр топырақтарда азот бекітуші бактериялар басым, олардың саны 136x10⁶ КТБ/мл дейін жетеді. Кәдімгі қара топырақ пен сортаң топырақ актиномицеттерге бай, олардың саны 576x10³ КТБ/мл дейін жетеді. Микроағзалардың жаңа штамдарының культуралық-морфологиялық қасиеттері сипатталған. Бөлініп алынған штамдар өсу жылдамдығы және патогенділігі бойынша да зерттелді. Тәжірибе нәтижелері бойынша №62S, №74S, №85S, №92S, №100S штамдары патогенділікке ықтималдығы бойынша алынып тасталды. Биомасса жинау қарқындылығы №21S, №19S, №31S, №91S, №3S, №56S, №51S, №62S, №55S, №70S, №53S,

№20S, №2S, №81S, №7S, №54S, №57S, №35S, №84S, №22S, №9S, №12S, №8S, №10S, №69S, №52S, №49S, №11S, №6S, №59S штамдарында ең жақсы көрсеткішке ие болды. Патогенділігі мен өсу қарқынын зерттеу негізінде әрі қарай биотыңайтқыш әзірлеу үшін ең белсенді 30 штамм таңдалды.

Қаржыландыру

Бұл мақала Қазақстан Республикасы Жоғары Білім және ғылым министрлігінің 2023-2025 жылдарға арналған ЖТН №BR21882327 «Ауыл шаруашылығы өнімдерін органикалық өндіру мен қайта өңдеудің жаңа технологияларын дамыту» мақсатты қаржыландыру бағдарламасы аясында шығарылды.

Мүдделер қақтығысы

Біз мүдделер қақтығысының жоқтығын жариялаймыз.

Авторлардың қосқан үлесі

Науанова А.П.: тұжырымдаманы дайындау, нәтижелерді өңдеу, нәтижелерді ғылыми түсіндіру.

Қонқыбаева А.Н.: зертханалық жұмыстарды орындау, нәтижелерді өңдеу, мақала жазу.

Бұл ғылыми мақала бұрын жарияланбаған және басқа баспаларда қаралмағанын мәлімдейміз.

Әдебиеттер тізімі

1. Gardner T. et al. Soil rhizosphere microbial communities and enzyme activities under organic farming in Alabama // Diversity. – 2011. – Vol. 3. – № 3. – P. 308-328. <https://doi.org/10.3390/d3030308>

2. Bhatti A.A., Haq S., Bhat R.A. Actinomycetes benefaction role in soil and plant health // Microbial Pathogenesis. – 2017. – Vol. 111. – P. 458-467. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2017.09.036>

3. Kamel Z., Saleh M., El Namoury N. Biosynthesis, characterization, and antimicrobial activity of silver nanoparticles from actinomycetes // Research Journal of Pharmaceutical Biological and Chemical Sciences. – 2016. – Vol. 7. – № 1. – P. 119-127.

4. Imran A. et al. Diazotrophs for lowering nitrogen pollution crises: looking deep into the roots // Frontiers in Microbiology. – 2021. – Vol. 12. – P. 63781.

5. Петрова С.Н., Парахин Н.В. Микробные препараты как способ формирования эффективных растительно-микробных систем // Научно-производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры», №2(6) - 2013. С.86-91.

6. Курсакова В.С., Драчев Д.В. Роль микробных азотфиксирующих препаратов и азотных удобрений в формировании урожайности мягкой яровой пшеницы // Вестник Алтайского государственного аграрного университета №8 (46), 2008. – С.16-20.

7. Петрова С.Н., Парахин Н.В. Энергосбережение в растениеводстве на основе растительно-микробных взаимодействий // Зернобобовые и крупяные культуры, 2012, №3. – С.18-20.

8. Poovarasan S., Mohandas S., Paneer Selvam P., Saritha B., Ajay K.M. Mycorrhizae colonizing actinomycetes promote plant growth and control bacterial blight disease of pomegranate (*Punica*

granatum L. cv Bhagwa) // Crop Protection. – 2013. – Vol. 53. – P. 175-181. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2013.07.009>

9. SouSa C.d.S., SoareS A.C.F., Garrido M.d.S. Characterization of Streptomyces with potential to promote plant growth and biocontrol // Scientific Agriculture. – 2008. – Vol. 65. – P. 50-55. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162008000100007>

10. Warrad M., HaSSan Y.M., Mohamed M.S.M., Hagagy N., Al-Maghrabi O.A., Selim S., Saleh A.M., AbdElgawad H. A Bioactive Fraction from Streptomyces sp. Enhances maize tolerance against drought stress // Journal of Microbiology and Biotechnology. – 2020. – Vol. 30. – P. 1156-1168. <https://doi.org/10.4014/jmb.2003.03034>

11. Карагуйшиева Д. Свободноживущие азотфиксаторы почв Казахстана (азотобактер и микобактерии). Алма-Ата: Наука, 1972. – 200 с.

12. Мокаренко Т.В., Воробьева Е.В. Практическое пособие по спецкурсу «Большой практикум» Пробоотбор в химико-экологическом мониторинге. Гомель 2004. – С. 30.

13. Нетрусов А.И., Егорова М.А., Захарчук Л.М. и др. Практикум по микробиологии: Учеб. Пособие для студ. высш. Учеб. Заведений – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 608 с.

14. Earl A.M., Losick R., Kolter R. Ecology and genomics of Bacillus subtilis // Trends in Microbiology. – 2008. – Vol. 16. – No. 6. – P. 269-275.

15. Kleifeld O., Chet I. Trichoderma harzianum—interaction with plants and effect on growth response // Plant and Soil. – 1992. – Vol. 144. – P. 267-272.

16. Wani S.A. et al. Azotobacter chroococcum – a potential biofertilizer in agriculture: an overview // Soil Science: Agricultural and Environmental Perspectives. – 2016. – P. 333-348.

17. Завалин А.А., Алметов Н.С. Применение биопрепаратов и биологический азот в земледелии Нечерноземья. – М.: Изд-во ВНИИА, 2009. – 152 с.

18. Дятлова К.Д. Микробные препараты в растениеводстве // Соросовский образовательный журнал. – 2001. – Т. 7. – № 5. – С. 17-22.

19. Пигорев И.Я., Тарасов С.А. Влияние биопрепаратов на фотосинтетическую деятельность и урожайность озимой пшеницы // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 8. – С. 47-50.

20. Лукьянова О.В. и др. Перспективы применения биопрепаратов в сельскохозяйственной практике // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2022. – № 5. – С. 502-506.

21. Алещенкова З. Микробные удобрения для стимуляции роста и развития растений // Наука и инновации. – 2015. – Т. 8. – № 150. – С. 66-67.

A.N. Konkybayeva^{1*}, A.P. Nauanova^{1,2}

¹«Bio-KATU» LLP, Astana, Kazakhstan

²S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan

Distribution of nitrogen removing microorganisms in different types of soils in the North Kazakhstan region

Abstract. The use of biopreparations based on soil microorganisms to improve soil fertility, crop productivity and reduce the spread of fungal diseases of grain crops is one of the promising and environmentally friendly directions. This, in turn, requires comprehensive work on the creation, evaluation and introduction of highly effective Kazakhstani biological preparations. The article presents

data on the distribution of nitrogen-fixing bacteria and actinomycetes on different types of soils in Northern Kazakhstan, identified by sowing soil suspensions by serial dilutions. More than 100 new strains of nitrogen-fixing bacteria and actinomycetes were isolated on solid selective nutrient media. In order to create a biofertiliser, the pathogenicity and growth intensity of new nitrogen-fixing bacteria and actinomycetes were studied, and their cultural and morphological characteristics were described. The 30 most active strains such as №21S, №19S, №31S, №91S, №3S, №56S, №51S, №62S, №55S, №70S, №53S, №20S, №2S, №81S, №7S, №54S, №57S, №35S, №84S, №22S, №9S, №12S, №8S, №10S, №69S, №52S, №49S, №11S, №6S, №59S, which will be used to make biologics. In the future, these strains will be studied for their growth-stimulating, fungicidal properties, etc., and will also be used in the development of microbiological technology for the production of biological preparations based on nitrogen-fixing and actinomycetes capable of increasing productivity.

Key words: actinomycetes; nitrogen fixers; microbiological preparations; soil.

А.Н. Конкыбаева^{1*}, А.П. Науанова^{1,2}

¹ТОО «Био-КАТУ», Астана, Қазақстан

²Қазақский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина,
Астана, Қазақстан

Распространение азотфиксирующих микроорганизмов на различных типах почв Северных регионов Казахстана

Аннотация. Использование биопрепаратов на основе почвенных микроорганизмов для повышения плодородия почвы, продуктивности сельскохозяйственных культур и снижения распространения грибных заболеваний зерновых культур является одним из перспективных и экологически чистых направлений. Это, в свою очередь, требует комплексной работы по созданию, оценке и внедрению высокоэффективных казахстанских биологических препаратов. В статье приводятся данные по распространению азотфиксирующих бактерий и актиномицетов на различных типах почв Северного Казахстана, выявленных путем посева почвенных суспензии методом серийных разведений. На твердых селективных питательных средах было выделено более 100 новых штаммов азотфиксаторов и актиномицетов. С целью создания биоудобрения были изучены патогенность и интенсивность роста новых азотфиксирующих бактерий и актиномицетов, также описаны их культурально-морфологические признаки. Для дальнейших исследований были отобраны 30 наиболее активных штаммов, таких как №21S, №19S, №31S, №91S, №3S, №56S, №51S, №62S, №55S, №70S, №53S, №20S, №2S, №81S, №7S, №54S, №57S, №35S, №84S, №22S, №9S, №12S, №8S, №10S, №69S, №52S, №49S, №11S, №6S, №59S, которые будут использованы для создания биопрепаратов. В дальнейшем эти штаммы будут изучены на предмет их ростстимулирующих, фунгицидных свойств и т. д., а также использованы при разработке микробиологической технологии производства биологических препаратов на основе азотфиксирующих и актиномицетов, способных повышать продуктивность и фитосанитарная безопасность зерновых культур.

Ключевые слова: актиномицеты, азотфиксаторы, микробиологические препараты, почва.

References

1. Gardner T. Soil rhizosphere microbial communities and enzyme activities under organic farming in Alabama. *Diversity*, 3, 308-328 (2011). DOI: 10.3390/d3030308.
2. Bhatti A.A., Haq S., Bhat R.A. Actinomycetes benefaction role in soil and plant health. *Microbial Pathogenesis*, 111, 458-467 (2017). DOI: 10.1016/j.micpath.2017.09.036.
3. Kamel Z., Saleh M., El Namoury N. Biosynthesis, characterization, and antimicrobial activity of silver nanoparticles from actinomycetes. *Research Journal of Pharmaceutical Biological and Chemical Sciences*, 7, 119-127 (2016).
4. Imran A. et al. Diazotrophs for lowering nitrogen pollution crises: looking deep into the roots. *Frontiers in Microbiology*, 12, 637815 (2021).
5. Petrova S.N., Parahin N.V. Mikrobnye preparaty kak sposob formirovaniya jeffektivnyh rastitel'no-mikrobnih sistem [Microbial preparations as a way to form effective plant-microbial systems]. *Zernobobovye i krupjanye kul'tury* [Scientific and Production Magazine "Pulse and Cereal Crops"], 2(6), 86-91 (2013). [in Russian].
6. Kursakova V.S., Drachev D.V. Rol' mikrobnih azotfiksirujushhijh preparatov i azotnyh udobrenij v formirovanii urozhajnosti mjagkoj jarovoj pshenicy [The role of microbial nitrogen-fixing preparations and nitrogen fertilizers in the formation of yield of soft spring wheat]. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agrarian University], 8, 16-20 (2008). [in Russian].
7. Parahin N.V., Petrova S.N. Jenergosberezhenie v rastenievodstve na osnove rastitel'nomikrobnih vzaimodejstvij [Energy saving in crop production based on plant-microbial interactions]. *Zernobobovye i krupjanye kul'tury* [Leguminous and Cereal Crops], 3, 18-20 (2012). [in Russian].
8. Puvarasan S. Mikorizy, kolonizirujushhie aktinomicety, sposobstvujut rostu rastenij i kontrolirujut bakterial'nuju bolezni granata (*Punica granatum* L. cv Bhagwa) [Mycorrhizal actinomycetes promote plant growth and control bacterial disease of pomegranate (*Punica granatum* L. cv Bhagwa)]. *Zashhita sel'skhozajstvennyh kul'tur* [Protection of Agricultural Crops], 53, 175-181 (2013). DOI: 10.1016/j.cropro.2013.07.009. [in Russian].
9. Sousa C.S., Soares A.C.F., Garrido M.S. Characterization of streptomycetes with potential to promote plant growth and biocontrol. *Scientia Agricola*, 65, 50-55 (2008). DOI: 10.1590/S0103-90162008000100007.
10. Warrad M. A bioactive fraction from *Streptomyces* sp. enhances maize tolerance against drought stress. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 30, 1156 (2020). DOI: 10.4014/jmb.2003.03034.
11. Karagujshieva D. Svobodnozhivushhie azotfiksatory pochv Kazakhstana (azotobakter i mikobakterii) [Free-living nitrogen fixers in Kazakhstan soils (*Azotobacter* and *Mycobacteria*)]. Alma-Ata: Nauka, 1972. – 200 p. [in Russian].
12. Mokarenko T.V., Vorob'eva E.V. Prakticheskoe posobie po speckursu «Bol'shoj praktikum» Probootbor v himiko-jekologicheskom monitoring [Practical guide for the special course "Big Workshop" Sampling in chemical-ecological monitoring]. 2004. – 30 p. [in Russian].
13. Netrusov A.I. Praktikum po mikrobiologii [Workshop on microbiology]. M.: Akademija, 2005. – 608 p. [in Russian].
14. Earl A.M., Losick R., Kolter R. Ecology and genomics of *Bacillus subtilis*. *Trends in Microbiology*, 16, 6, 269-275 (2008).
15. Chet I. *Trichoderma harzianum*—interaction with plants and effect on growth response. *Plant and Soil*, 144, 267-272 (1992).

16. Wani S.A. et al. Azotobacter chroococcum – a potential biofertilizer in agriculture: an overview. *Soil Science: Agricultural and Environmental Perspectives*, 333-348 (2016).
17. Zavalin A.A., Almetov N.S. Primenenie biopreparatov i biologicheskij azot v zemledelii Nechernozem'ja [The use of biological products and biological nitrogen in agriculture in the Non-Black Earth Region]. 2009. – 152 p. [in Russian].
18. Djatlova K.D. Mikrobnye preparaty v rastenievodstve [Microbial preparations in crop production]. *Sorosovskij obrazovatel'nyj zhurnal* [Soros Educational Journal], 7(5), 17-22 (2001). [in Russian].
19. Pigorev I.Ya., Tarasov S.A. Vlijanie biopreparatov na fotosinteticheskuyu dejatel'nost' i urozhajnost' ozimoj pshenicy [The influence of biological products on photosynthetic activity and yield of winter wheat]. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii* [Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy], 8, 47-50 (2014). [in Russian].
20. Luk'janova O.V. Perspektivy primeneniya biopreparatov v sel'skohozjajstvennoj praktike [Prospects for the use of biological products in agricultural practice]. *Mezhdunarodnyj sel'skohozjajstvennyj zhurnal* [International Agricultural Journal], 5, 502-506 (2022). [in Russian].
21. Aleshhenkova Z. Mikrobnye udobrenija dlja stimuljatsii rosta i razvitija rastenij [Microbial fertilizers to stimulate plant growth and development]. *Nauka i innovacii* [Science and Innovation], 8(150), 66-67 (2015). [in Russian].

Авторлар туралы мәлімет:

Қоңқыбаева А.Н. – магистрант, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Жеңіс даңғылы, 62, Астана, Қазақстан.

Науанова А.П. – биология ғылымдарының докторы, агрохимия және топырақтану кафедрасының профессоры, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, «БиоКАТУ» ЖШС директоры, Жеңіс даңғылы, 62, Астана, Қазақстан.

Information about authors:

Konkybaeva A.N. – master's student, S.Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Zhenis avenue, 62, Astana, Kazakhstan.

Nauanova A.P. – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry and Soil Science, S.Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Zhenis avenue, 62, Astana, Kazakhstan.



ХҒТАР 34.27.17

<https://doi.org/10.32523/2616-7034-2024-148-3-108-125>

Әдеби шолу

***Bacteroides fragilis* бактериясының карбапенемге төзімділіктің молекулалық механизмдері**

Д.С. Баянбек*¹ , Е.В. Жолдыбаева² , О.З. Ильдербаев¹

¹А.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

²Ұлттық биотехнология орталығы, Астана, Қазақстан

*Байланыс үшін автор: aubakirova.dina28@gmail.com

Аңдатпа. Карбапенемдер көп жағдайда кең спектрлі белсенділікпен үйлесу, жылдам бактерицидтік әсері арқасында, антибактериялық препараттардың басқа класымен салыстырғанда төзімді штамдарды селекциялауда біршама потенциалға және жақсы төзімділікпен антибактериялық препараттардың ішінде ең сәтті тобы болып табылады. Карбапенемдер грам-оң, сонымен бірге грам-теріс бактерияларға да қарсы тұратын, кең спектрлі антимиқробтық құрал болып келеді. *Bacteroides fragilis* - моно- және полимикробтық инфекция кезінде клиникалық зертханаларда жиі бөлініп алынатын және өте маңызды бактериялардың бірі болып табылады. *Bacteroides fragilis* макролидтер, бета-лактамындар, метронидазол мен кейбір жаңа фторхинолондарға да төзімділік танытады. Карбапенемге төзімділік - емдік шарада шамадан тыс көп қолданылу нәтижесінде қарқынды дамып келе жатқан мәселе ретінде қарастырылады. Карбапенемге бактериялық төзімділіктің дамуының молекулалық механизмдері бірнеше факторларды қамтиды. Бірінші механизм эффузионды жүйе арқылы препараттарды экспорттау нәтижесінде микроорганизмдердің мульти-дәрілік төзімділіктің туындауымен байланысты. Бұл процесс бактерияларға антибиотиктік теріс әсерінен аулақ болуға мүмкіндік береді. Екінші механизм - бета-лактамаз синтезімен *B. fragilis*-тің бета-лактамынды қосылыстарға төзімділік орнатуы. Бұл ферменттер бета-лактамынды антибиотик сақинасын гидролиздеп, оның белсенділігін төмендетеді. Үшінші механизм - пенициллин байланыстыратын ақуыздардағы (ПБА) өзгеріс кейбір бактерия түрінде карбапенемге деген төзімділік танытады. ПБА кодтайтын гендердегі мутациялар карбапенемдердің осы ақуыздарға жақындығын өзгерте алады, бұл олардың антибиотиктік әсеріне сезімталдығын азайтады. Төзімділік таныту кезінде *sfIA* генінің маңыздылығы зор, әсіресе *B. fragilis* үшін. Олр карбапенемдерге және басқа бета-лактамынды антибиотиктерге төзімділік тудыратын ақуыздарды кодтайды. Бұл ген әртүрлі бактериялар арасында көлденең тасымалдануы мүмкін, бұл төзімділіктің таралу қаупін жоғарылатады. Антимиқробтық препараттарға төзімділік механизмін түсінудің маңыздылығы ол, асқынған ауыр инфекцияларды емдеуде және алдын ала болдырмау мақсатында альтернативті антимиқробтық препараттарды таңдау кезінде қателік жасамау болып табылады. Берілген мақалада, *B. fragilis* штамдарының карбапенемге төзімділік танытуына әсер ететін бірнеше механизмдері қарастырылған. Бета-лактамазға тәуелді карбапенемдердің төзімділігі тасымалданатын генетикалық элементтермен сезімтал штамдармен пайда болуы мүмкін ең жиі таралған және клиникалық маңызды төзімділік механизмі болып табылады.

Түйін сөздер: төзімділік, *Bacteroides fragilis*, бета-лактамаза, карбапенем, ген, ингибитор, анаэроб, антимиқробтық препарат.

Түсті: 11.04.2024; Мақұлданды: 10.07.2024; Онлайн қолжетімді: 27.09.2024

Кіріспе

Жалпы биологиялық тұрғыдан алатын болсақ, төзімділік құбылысын микроорганизмдердің қоршаған ортаның қолайсыз жағдайларына бейімделу қабілетінің бір көрінісі ретінде қарастыру қажет. Инфекциялық ауру қоздырғыштарының барлығы (бактерия, вирус, қарапайымдылар) емдік препараттарға төзімділікті қалыптастыра алады. Бұл құбылысты анықтау үшін «антимикробтық төзімділік» (АМТ) термині айрықша қолданылады. Әртүрлі емдік препараттарға инфекциялық аурулардың бактериялық қоздырғыштардың төзімділігі «антибактериалдық төзімділік», ал олардың биологиялық текті немесе жартылай синтетикалық түрде туындаған антибиотиктерге (бета-лактамы, аминогликозид, макролид тетрациклин және т.б.) төзімділік «антибиотикке төзімділік» ретінде анықталынады.

Bacteroides fragilis, адам ағзасының тоқ ішектің қалыпты микрофлорасын құрайтыны белгілі, сонымен бірге басқада аэробты және факультативті анаэробты бактериялармен қатар моно- және полимикробтық инфекция кезінде клиникалық зертханаларда жиі бөлініп алынатын және өте маңызды бактериялардың бірі болып табылады. *B. fragilis* асқазан-ішек жолдарының микрофлорасының тек 5%-ын ғана алып жатыр, бірақ инфекциялық деңгейі 60-тан 80% аралығындағы *Bacteroides* тұқымдастығының аса жиі кездесетін түрі болып саналады. *B. fragilis* бактериясымен туындаған инфекциялар антибиотикке сезімталдылық сынамасының нәтижесіне сәйкес препараттармен емделеді [1]. *B. fragilis* бактериясының бета-лактамы, тетрациклин, макролид және флуорхинолондар тәрізді әртүрлі препарат топтарына төзімділік таныту мүмкіндігіне байланысты, берілген бактерияларға қарсы тиімді антимикробтық құрал саны салыстырмалы түрде шектеулі. Осыған орай, *B. fragilis* антимикробтық төзімділік гені мен элементтерінің резервуары болуы мүмкін [2]. Анаэробты бактериялар үшін антибиотикотерапияда жиі қолданылатын әртүрлі терапевтік агенттерге деген *B. fragilis* төзімділігінің артуы байқалады [3,4]. Тиісті емес деңгейдегі антимикробтық терапия ауруханаға жатқызу ұзақтығының және өлім санының артуына алып келетін негізгі фактор [5]. Антимикробтық терапия кезінде кең спектрлі антимикробтық құралдарға қарсы тұратын *B. fragilis*-тің мульти дәрілік төзімділіктің (MDR- multidrug-resistant) туындауы туралы мәліметтер алынып жатыр. MDR-штамдарының пайда болуы, *B. fragilis*-пен туындаған, әсіресе бұрын антимикробтық препараттармен емдеу алған жағдайдағы инфекцияларды емдеу қиындығына алып келеді [6]. *B. fragilis* -тің төзімділігін кодтайтын әртүрлі элементтердің болуы, *B. fragilis* геномының жылжымалылығын және оның төзімділік гендерін жинақтау мүмкіндігін белгілейді [3, 7, 8]. *B. fragilis*-тің MDR-штамдарының пайда болуы көптеген елдерде сипатталған. Бұл негізінен, олардың вертикалды таралуы жүрген жағдайда, басқа төзімді бактериялық патогендер сияқты, клиникалық жағдайдаларда мәселе тудыруы мүмкін. Карбапенем, сонымен бірге метронидазол, өздерінің кең антимикробтық спектрі мен анаэробты және факультативті анаэробты төзімді патогендерге әсер ету қабілетіне сәйкес *B. fragilis* -пен туындаған инфекцияларды, әсіресе полимикробтық интраабдоминалды және жұмсақ тін инфекцияларын емдеуде антибиотикотерапия үшін таңдаулы препа-

раттары болып табылады [9]. Алайда соңғы жылдары әртүрлі зерттеу жұмыстарында *B. fragilis*-тің клиникалық тұрғыда бөлініп алынған және комменсалды штамдары арасында карбапенемге деген төзімділіктің артуы аталып өтілген [10]. Антимикробтық препараттарға төзімділік механизмін түсіну альтернативті емдеу нұсқаларын таңдау үшін, сонымен бірге бақылау стратегиясын қолдану үшін қажет. Берілген жұмыста *B. fragilis*-тің карбапенемге қарсы төзімділікті тудыратын механизмдер қарастырылған.

***B. fragilis*; клиникалық маңызы мен антибиотикотерапия**

Bacteroides тұқымдастығына 60 астам түр енеді, олардың көпшілігі адам ағзасындағы асқазан-ішек жолдарында кездеседі [11]. 16S рДНҚ-ның филогенетикалық сараптамасының нәтижесі бойынша, адам нәжісінің, қан үлгілерінен ең жиі бөлінген *Bacteroides* түрлері – *B. acidifaciens*, *B. caccae*, *B. eggerthii*, *B. fragilis*, *B. ovatus*, *Parabacteroides (B.) distasonis*, *B. thetaiotaomicron*, *B. vulgatus* және *B. uniformis* [12]. Хирургиялық араласу, жарақаттану тәрізді кейбір жағдайларда, ішек қабырғасының тұтастығының бұзылуы кезінде *Bacteroides*-тің кейбір түрлері басқа тінге өтіп, әртүрлі инфекция тудыру қауіпі бар [13]. *B. fragilis*-тен басқа, адам биоматериал үлгілерінен бөлініп алынатын *Bacteroides*-тің ең кең таралған түрлеріне *P. distasonis*, *B. ovatus*, *B. thetaiotaomicron*, *B. vulgatus* және *B. uniformis* жатады [11]. *B. fragilis* ішек жолдарында мекендейтін бактериялардың 1%-2% құрайды, бірақ оттегіне төзімді болуына байланысты адам нәжісінің анаэробты дақылдарынан жиі бөлініп алынатын бактерия болып келеді. Сонымен бірге, *B. fragilis* – эндогенді инфекция, сонын ішінде 19% астам өлім-жітіммен аяқталатын, құрсақ қуысындағы инфекциясы кезінде жиі бөлініп алынатын анаэробты ағза [11,14]. Патогенді *B. fragilis* штамдары инфекцияны анықтау және төзімділік таныту қабілетіне ықпал ететін әртүрлі факторларға ие [15]. *B. fragilis* перитонит, жара инфекциясы, абцесс, бактериемия және токсинмен байланысты энтероколит тәрізді адам ағзасының әртүрлі участкелеріндегі инфекция қоздырғышы ретінде бөлініп алынды [16-19].

B. fragilis өзінің патогенезінде маңызды рөл ойнайтын әртүрлі молекулалық факторлар мен сипаттамаларға ие. *B. fragilis*-тің энтеротоксинді штамдары (ETBF) *B. fragilis* токсині (BFT) ретінде белгілі энтеротоксинді өңдіреді, ол өз кезегінде мырышқа тәуелді термолабильді металлопротеаза болып табылады. BFT өзінің биологиялық белсенділігін жасушаның беткі қабатындағы молекулаларды модификацияға ұшырату арқылы іске қосады, нәтижесінде уақыт және концентрацияға байланысты E-кадгериннің ажырауына алып келеді. E-кадгериннің ажырауы хлоридтің бөлінуін тудырады және бағаналы эпителиалды жасушалардың өткізгіштігін арттырады [20]. *B. fragilis*-тің кейбір штамдары инвазивті потенциалды қамтамасыз ететін экстрацеллюларлы және гистолитикалық ферменттерді және бактерияның қожайының жасушадан тыс матрицасына енуін экспрессиялайды. Ең көп таралған ферменттердің арасында: гиалуронидаза, хондроитинсульфатаза, дезоксирибонуклеаза, протеаз, фосфатаз және липазалар бар. *B. fragilis*-тің капсулды полисахаридтері абцестің қалыптасуын күшті ынталандыруы мүмкін. Абцесс, *B. fragilis*-тің ең жиі кездесетін клиникалық симптомы болып табылады. In vitro зерттеулерінің нәтижесі бойынша,

капсулды полисахаридтер CD4 + T-жасушаның клонының кеңеюі мен интерлейкин-10 (IL-10) бөлініп алынуын тудыратыны анықталынды. *B. fragilis* ішек жасушаларына жабысу және гемагглютинацияға ықпал ететін перитрихозды фимбриалар мен пилиге ие. ДНҚ-ның фазалық вариациясы микроағзалардың төзімділігі мен тұрақтылығында, яғни қожайының иммундық жауабын, қоректік заттарды қабылдауын және биоқабықша түзілуін модуляциялауда маңызды рөл ойнайды. ДНҚ-ның фазалық инверсиясы *B. fragilis*-тің кейбір молекулалық құрылымдарында, яғни SusC/SusD тұқымдасының сыртқы мембрана ақуыздары, автоагрегативті фенотиппен байланысты ақуыз, сыртқы мембраналық везикулдардың (СМВ) түзілуі және экстрацеллюларлы полисахаридте анықталынған. Темірді сіңіру, тотығу стресінде тіршілікке қабілеттілігі, кворум-сезімталдылығы мен биоқабықшаның қалыптасуы тәрізді басқа да молекулалық факторлар мен сипаттамаларда *B. fragilis*-тің қоршаған орта мен қожайын ағзасында патогенділігі мен төзімділігіне қатысады [20].

B. fragilis зертханаларда, әсіресе негізгі сырқаты бар және иммунитеті бұзылған науқастардан бөлініп алынатын ең жиі таралған анаэроб болып табылады [21-23]. *B. fragilis*-пен туындаған инфекцияларды емдеуде антимикробтық терапия ең маңызды кезеңге жатқызылады [24]. Жөнсіз антимикробтық терапия, әсіресе бактериемия кезінде (27% дейін) өлімге алып келуі мүмкін. *B. fragilis*-пен туындаған инфекцияларды емдеу үшін әртүрлі антимикробтық құралдар, сонын ішінде макролидтер, бета-лактамылар, метронидазол мен кейбір жаңа фторхинолондар қолданылады [25]. *B. fragilis*-тің мульти дәрілік төзімділікке ие штамдары бүкіл әлемде анықталынған. Шындығында, *B. fragilis* антибиотикке сезімтал бактериядан көптеген антибиотик кластарына сезімтал емес, төзімді бактерияға дейін бірте-бірте дами бастаған [26-27]. *B. fragilis* ішек жолдарында әртүрлі көлемдегі антимикробтық препараттар мен өт сияқты токсинді заттардың әсеріне ұшырайды да препараттарға деген төзімділігінің артуына алып келетін механизмдер тудырады [28, 29].

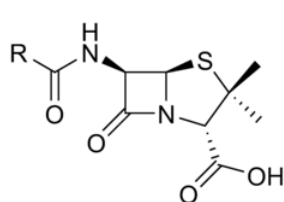
Карбапенемдер

Карбапенемдер клиникалық маңызды антимикробтық заттардың ең кең таралған және маңызды болып келетін бета-лактамы антибиотиктердің кіші тобын құрайды [30]. Карбапенем препараттары бета-лактамы сақинада азот және көміртекке біріккен, қанықпаған бес көміртек мүшесі бар сақинаның болуымен сипатталады (сурет 1). Карбапенемдердің антимикробтық әсері басқа да бета-лактамы агенттер сияқты бактерияның жасуша қабықшасының биосинтезіне кедергі жасау арқылы жүзеге асады [31].

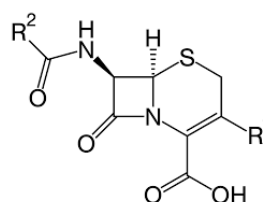
Транспептидаза ферменттерінің белсенділігін жүзеге асыру үшін қажет көлденең байланыстардың қалыптасуы бактерияның жасуша қабырғасының пептидогликанды қабаттарын нығайту үшін маңызды процесс болып табылады. Бета-лактамы агенттер транспептидаза субстратының конформационды аналогы болып табылады және транспептидазамен байланысу мен қалыпты белсенсіз кешенді қалыптастырудың арқасында фермент қызметін ингибирлейді. Бета-лактамының әсер ету нәтижесінде

бактерияның жасушалық қабырғасының тұтастығы бұзылады, сәйкесінше олардың өсуі барысында зақымдалған жасушалардың лизисіне алып келеді [32]. Карбапенемдер біздің антимикробтық құралдардың ішінде ең маңызды агенттердің бірін құрайды. Карбапенемдер грам-оң, сонымен бірге грам-теріс бактерияларға да қарсы тұратын, кең спектрлі антимикробтық құрал болып келеді. Сондықтан, көбіне карбапенемдерді дәріге төзімділігі жоғары патогендердің әсерімен туындаған инфекцияларды емдеудің соңғы құралы ретінде қолданылған [33]. Карбапенемдердің басқа антимикробтық құралдан артықшылығы ретінде олардың пеницилин мен цефалоспориндерге қарсы тұруымен маңызды рөлді атқаратын кең спектрлі бета-лактамаза (КСБЛ) тәрізді көптеген клиникалық маңызды бета-лактама гидролиз ферменттеріне төзімді келуі. Осындай артықшылыққа қарамастан, карбапенемге төзімді штамдардың мөлшері жоғарылап келеді, яғни жалпы ұлттық денсаулық сақтау ұйымның аса маңызды мәселесіне айналған және берілген препараттардың қолданылуының шектелуіне алып келеді [34]. Карбапенемге төзімділік механизмі көп жағдайда жүре пайда болады, сирек жағдайда туа пайда болған болады. Туа пайда болған төзімділікке мысал ретінде металло-бета-лактамазаны (МБЛ) өндірудің әсерінен *Stenotrophomonas maltophilia*-тің карбапенемге төзімділік танытуын айтуға болады [35].

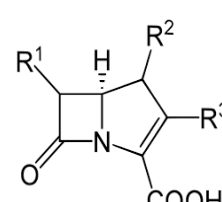
А



Пенициллин

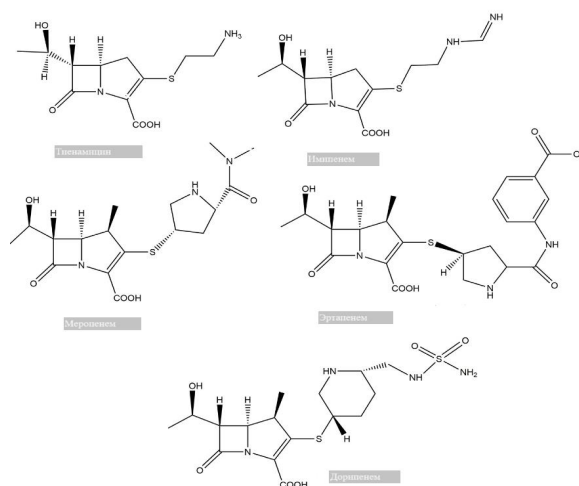


Цефалоспорин



Карбапенем

В



Сурет 1. Бета-лактамды антибиотиктердің химиялық құрылымы.
А: Пенициллин, цефалоспорин және карбапенемдердің негізгі құрылымы.
В: Клиникалық маңызды карбапенемдердің химиялық құрылымы.

Бета-лактамазға тәуелді карбапенемдердің төзімділігі тасымалданатын генетикалық элементтермен сезімтал штамдармен пайда болуы мүмкін ең жиі таралған және клиникалық маңызды төзімділік механизмі болып табылады [36].

Плазмид немесе транспозондар көмегімен бактерия арасында тасымалдау мүмкіндігімен және басқа антимикробтық құралдарына төзімділікті кодтайтын генетикалық элементтермен көршілесуімен кең спектрлі бета-лактамаз агенттерінің инактивация мүмкіншілігі бета-лактамазға тәуелді төзімділікті карбапенемге төзімділіктің аса клиникалық маңызды механизміне айналдырды [37]. Бета-лактамазалар Амблер классификациясы бойынша А бастап D класына жатады (сурет 2). Карбапенемдерді алғаннан кейін периплазма кеңістігінен энергияға-тәуелді экспульсия эффлюксинді жүйемен жүзеге асатын, осы препараттарға төзімділік болып табылады. Эффлюксинді жүйелері әдетте, периплазматикалық кеңістікте ақуызды байланыстыратын, бактерия мембранасындағы транспортер мен сыртқы мембранадағы пориннен құралады. Эффлюксинді жүйелер АТФ энергиясын немесе протондық мотив күшін (ПМК) қолданады және бактериялық жасушадан токсинді қосылыстарды тартып шығарады [38]. Төзімді-түйін-бөлу (RND-Resistance-Nodulation-Division) ағынды сорғылар тобының шамадан тыс экспрессиясы карбапенемдерді шығарып алуына жауапты болуы мүмкін және оларға тұрақтылықты қамтамасыз етеді [39]. Эффлюксияның RND-сорғылары фторхинолон, пенициллин, цефалоспорин және аминогликозид тәрізді кең спектрлі субстраттарға ие. Сондықтан, RND шамадан тыс болуы жиі MDR фенотипімен байланысты [40].



Сурет 2. Бета-лактамаза ферменттерінің классификациясы

Пенициллин байланыстаратын ақуыздардағы (ПБА) өзгеріс кейбір бактерия түрінде қарбапенемге деген төзімділік механизмі ретінде зерттелінеді. ПБА-ның экспрессия деңгейі *Acinetobacter baumannii*-дің қарбапенемге деген сезімталдылығының төменеуімен байланысты сипатталды [41]. Бактерияның сыртқы мембраналық пориндері (СМП) аминқышқыл, ұсақ пептидтер және қарбапенем тәрізді кейбір антибиотиктерді бактерия жасушасының ішіне тасымалдауға мүмкіндік беретін субстрат үшін тән құрылым болып табылады. Төмен СМП экспрессия немесе модификациясы берілген антибиотиктерге деген сезімталдылықты төмендетуі мүмкін [42,43].

***B. fragilis*-тің қарбапенемге деген төзімділігі**

Қарбапенемдер *B. fragilis* тәрізді анаэробтарға антимиқробтық әсер көрсетеді. Ең кең таралған қарбапенемдер (имипенем, меропенем, эртапенем және дорипенем) *in vitro* клиникалық тәжірибеде *B. fragilis*-ке қарсы тиімді болады. Олардың ішінде, имипенем мен меропенемге ұқсас, эртапенеммен салыстырғанда біршама жоғары (екі-төрт есе) келетін дорипенем *B. fragilis*-ке қарсы антимиқробтық әсер көрсетті [44,45]. *B. fragilis*-те препараттарға деген сезімталдылық деңгейінің төмендеуі белгілі антимиқробтық құралдардың клиникалық қолданылуының бастамасынан бірнеше жыл өткеннен кейін байқалуы мүмкін. *B. fragilis*-тің қарбапенемдерге ерте әсер етуі төзімділіктің жоғарылауымен байланысты [46]. Анаэробты бактериалдық инфекцияларды антибиотиктермен емдеу көбіне төзімділік эпидемиологиясын зерттеу нәтижесіне негізделеді (эмпирикалық терапия үшін қажет). Сондықтан терапия инфекция ағысының клиникалық бағасы және антимиқробты құралдарға деген сезімталдылық сынамалар негізіне зер сала отырып, аурухана және/немесе бөлімшелерде антимиқробтық құралдарға деген төзімділік деңгейі негізінде жүргізілуі қажет. Осыған орай, үнемі немесе кезеңді түрде препараттарға деген сезімталдылық мониторингін жүргізу және сезімталдылық сынама нәтижесі негізінде мақсатты терапияны қолдану қажет [47]. Анаэробты инфекцияларды, әсіресе іш-астарішілік инфекцияны емдеу кезінде инфекциялардың полимиқробтық сипатын ескеру қажет. Іш-астарішілік жолдарының полимиқробтық инфекциясы кезінде ең жиі бөлініп алынатын бактериялар – *E. coli* және *B. fragilis*. Сонымен, полимиқробты инфекциясының антимиқробтық терапиясы үшін анаэробты, сонымен бірге факультативті-анаэробты бактерияға қарсы кең спектрлі антимиқробты әсері бар препараттар қолданылуы тиісті. Әртүрлі *in vitro* және *in vivo* зерттеулерінің нәтижесі полимиқробтық инфекциялардың эмпирикалық емдеуі үшін кең спектрлі әсерді қолданудың қолайлы микробиологиялық нәтижелерін көрсетті [48]. Бұдан бөлек, цефтизоксим тәрізді кейбір препараттардың әсері кезінде *B. fragilis*-тің төзімділігінің жоғарылауынан басқа, пиперациллин-тазобактам тәрізді антимиқробтық құралдардың басқа түрлері *B. fragilis* штамдарының патогендік қасиетін жоғарылатуы мүмкін [48,49]. *In vitro* және *in vivo* зерттеулерінің нәтижесі факультативті-анаэробты бактериялармен бірігіп, *B. fragilis*-пен туындаған полимиқробтық инфекцияларды емдеу үшін басқа кең спектрлі бета-лактамен салыстырғанда эртапенем аса тиімді

препарат болып табылады, себебі төзімді штамдардың өсу қарқыны біршама төмен және аз вирулентті штамдар индукциясы [48-50]. Жақында, кең спектрлі препараттар деп аталатын, кейбір жаңа карбапенемдік препараттар ұсынылды, олардың ерекшелігі анаэробты және аэробты грам-оң мен грам-теріс бактерияларға қарсы келетін белсенді препараттар. Осыған орай, полимикробты инфекцияларды емдеуде кең спектрлі карбапенемдердің алатын орны ерекеше екені жорамалданады [51]. Разупенем, томопенем және санфетринем тәрізді осы препараттардың кейбіреулері *in vitro* немесе *in vivo*-да *B. fragilis*-ке қарсы әсерлі антимикробтық әсер көрсетті [52,53]. Карбапенемге төзімділік инфекцияда қарқынды дамып келе жатқан мәселе, себебі әлі күнге дейін карбапенемдерді дәрігерлер емдік шарада ең көп қолданылатын препарат ретінде қарастырады. Әртүрлі зерттеу жұмыстарында карбапенемге сезімтал емес *B. fragilis*-тің бірден 30% дейінгі әртүрлі жиіліктегі кездесуі байқалған. Антибиотикке сезімталдылық сипаты әртүрлі елдерде, тіпті бір елдің ішіндегі әртүрлі медициналық орталықтарында да өзгеше болады. Әртүрлі аумақтардағы изоляттардың осы ерекшеліктері антибиотикті қолдану нақты саясатымен және әр елде антимикробтық препараттарға рұқсатпен шартталуы мүмкін, сонымен бірге бактерияларды изоляттардың генетикалық сипаттамаларындағы ерекшеліктерімен белгіленеді [54]. Грамм-теріс бактерияларға әсер ететін жаңа препараттарды қолданудың шектелуіне байланысты, карбапенемге деген төзімділік сақиналық жағдайдағы MDR-мен байланысты инфекцияларды емдеуде соңғы сатысын шектейді. Бета-лактамазаға төзімді жаңа бета-лактамының дамуы осы препараттардың тиімділігін қалпына келтіру үшін ингибиторларды қолдануды қамтиды. Бұл тренд авибактам, ваборбактам және релебактам тәрізді карбапенемдердің тиімді ингибиторларының пайда болуына алып келді. Кейбір бета-лактамының жаңа ингибиторлармен бірлесуінің нәтижесінде *in vitro* және *in vivo* *B. fragilis*-ке қарсы антимикробтық әсері жоғарылағаны байқалады. Мысалы, авибактам *B. fragilis*-ке қарсы цефтаролиннің минималды ингибиторлық концентрациясы (МИК)₉₀ >32-ден 2 мкг/мл дейін төмендетті [54]. Алайда әлі күнге дейін *B. fragilis*-ке қарсы карбапенем мен берілген ингибиторлар арасында синерги немесе антагонизм туралы мәлімделмеген. Бұл әртүрлі бета-лактамаз кластарына аталып өткен қосылыстың әртүрлі әсерімен байланысты болуы мүмкін. Бұл ингибиторлар А, С және D бета-лактамаз фермент кластарына қарсы тиімді болып келеді. Дегенмен, олар *B. fragilis*-тің карбапенемге төзімділігінің ең кең тараған себебі болып табылатын В класына айтарлықтай әсер етпейді.

***B. fragilis*-тің карбапенемге төзімділік механизмдері**

B. fragilis-тің бета-лактамы препараттарға төзімділігі, бета-лактамаз өндіру, бета-лактамы сақинаның амид тобымен бета-лактамы антибиотиктердің қызметін ингибитор тәрізді әртүрлі молекулалық механизмдермен жүзеге асады. Мультидәрілік эфлюкс сорғышының жоғары экспрессиясы, сыртқы мембрананың өткізгіштігінің өзгеруі және оның ПБА -дың кейбір бета-лактамымен төмен ұқсастығы. Берілген зерттеу жұмысында *B. fragilis*-тің карбапенемге төзімділік механизмдерінің рөліне назар аударылған.

Бета-лактамазаға тәуелді резистенттілік механизмі

Бета-лактамаз синтезі *B. fragilis*-тің бета-лактамды қосылыстарға төзімділіктің ең кең тараған және клиникалық маңызды механизмдердің бірі болып келеді [55]. *B. fragilis* -тегі екі аса маңызды бета-лактамазалар бета-лактамның әртүрлі кластарына әртүрлі сәйкестіпен серА (Амблердің А класс бета-лактамазаларын кодтайды) және сfiА (Амблердің В класс металл-бета-лактамазаны кодтайды) гендерімен кодталған. СерА кодтайтын фермент эндогенді және А класс сериндік бета-лактамазалар үшін тән, кем дегенде төрт аминқышқыл мотивтерінен тұрады және пенициллиндер мен цефалоспориннің (цефокситин есепке алмағанда) көпшілігіне әсер етеді. *B. fragilis*-те карбапенемаза болып табылатын, сfiА генімен кодталған В кластың МБЛ анықталынған және барлық бета-лактамдар мен оларың бета-лактамаз ингиборлы байланыстарға резистенттіліктің жоғары деңгейін қамтамасыз етеді. СfiА ферменті ЭДТА-ге (Этилендиаминтетрасірке қышқылы) сезімтал, клавулан қышқылына төзімді және Амблердің В класына және За функционалдық тобына жататын *Bacillus cereus* МБЛ II *Blm* ақуызына сәйкес Zn²⁺ болуын талап етеді. Әдетте, сfiА гені хромосомда орналасады. Дегенмен, кейбір клиникалық штамдарда сfiА гені мобильді плазмидалық элементтерімен кодталатыны белгіленген. *B. fragilis*-тің GAI92082 және С68с екі клиникалық штамдарында сfiА кодтайтын және шамамен 6,4 кДа массалық салмақтағы, рBFUK1 плазмидадан құралған. Аталған мобильді элементтер *B. fragilis* штамдары арасында карбапенемге төзімділіктің таралу қауіпін жоғарылатады [56]. *B. fragilis*-тің көптеген штамдарында сfiА гені аса қатты экспрессияға ұшырамайды, және карбапенемге сезімтал кейбір штамдары үнсіздік күйдегі сfiА генінің алып жүреді. Дегенмен үнсіздік күйіндегі сfiА гендері, олардың алдыңғы жағында инсерционды тізбек (IS) элементтерінің орналасуының нәтижесінде мутацияға ұшырап, өте қатты экспрессиялануы мүмкін. IS элементтері транспозиционды белсенділікке қатысатын ақуыздарды ғана кодайтын, екі тізбекті интегративті ДНҚ-ның шағын бөлшегі (<2,5 кб) ретінде белгіленеді. IS инвертелген (IR) қайталанатын тізбектермен қоршалған. Интеграция процесінің барлық уақытында IS әдетте кішкене көлемдегі нуклеотид сайт-нысананың дубликациясын индуцирлейді. Көршілес гендер транскрипциясының жоғарылауы сыртқы жаққа бағытталған промоторлардың барымен қамтамасыз етіледі және IS кіші тобына тән. Карбапенем, метронидазол және макролид төзімділігіне қатысатын *Bacteroides* гендерінің активациясы үшін IS өте маңызды рөлді ойнайды. IS элементтері *Bacteroides* және *E. Coli* төзімділікке ие сыртқы бағдардағы әртүрлі промоторлардан құралғаны және сfiА транскрипциясын индуцирлеу мүмкіндігі сипатталған [57]. Карбапенемге деген төзімділіктің жоғары деңгейі (МИК 64 мг/мл) ген алдында орналасқан тізбектің (IS) болуының әсерінен сfiА генінің шамадан тыс әрекетімен байланысты. сfiА генінің жоғарғы ағысы бойынша IS элементін енгізу антибиототерапия процесінде *B. fragilis* штамдарының карбапенемге деген сезімталдылықтан төзімділікке дейін өзгеру эволюциясына жауапты болуы мүмкін. Дегенмен көптеген жағдайларда, сfiА генінің жоғарғы ағысы бойынша IS элементі жоқ *B. fragilis* штамдарының карбапенемге деген жартылай немесе толықтай төзімді түрлері мен кей жағдайда Е тестерінде гетерогенді фенотиптік төзімділікті көрсететін түрлері

анықталынған. Берілген төзімділік механизмін түсіну, *cfiA* ген экспрессиясы қалай жүретін туралы зерттеу жұмыстарының келесі деңгейі болуы қажет [5,58].

CfiA гені спецификалық төзімділік механизмі ретінде ғана маңызды емес, типтеу процедуралары *cfiA* гені *B. fragilis* штамдары, бұрын сипатталған *B. fragilis*-тің хросомалық ДНҚ гомологиялық II тобына сәйкес әртүрлі субпопуляция түрлерінен тұратының көрсетті. Жақын арада *Klebsiella pneumoniae blaPER-1* -мен біршама сәйкестік (55%) көрсеткен, *B. fragilis*-тен 10,2 кб плазида орналасқан жаңа КСБЛ тәрізді бета-лактамаза табылды. Бұл фермент PbbA (PER (КСБЛ түрі) тәрізді *Bacteroides* бета-лактамаза) деп белгіленді. IS элементі (IS116 9) геннің жоғарғы ағысы бойынша анықталынды. PbbA геніне ие штамдарда ампициллинге деген жоғары төзімділік және цефокситинге деген аралық төзімділік деңгейі анықталынды. PbbA пенициллин мен цефалоспоринге деген төзімділікте маңызды орын алады, ал керісінше *B. fragilis*-те карбапенемге деген төзімділікте алар орны аз [59].

Эффузионды сорғыштармен байланысты карбапенем төзімділік механизмі

Эффузионды жүйе арқылы препараттарды экспорттау микроорганизмдердің мульти-дәрілік төзімділіктің потенциалды механизмі болып табылады [60]. RND эффузионды жүйесі кең спектрлі субстраттары, сонымен бірге карбапенем агенттері бар *B. fragilis*-тің клиникалық маңызды сорғышы болып табылады. Мембранамен (*BmeA*) бірігу ақуызын, эффузионды сорғыш (*BmeB*) және сыртқы мембрананың ақуыз каналын кодтайтын, оперонда ВВС1-16 ретінде белгілі *B. fragilis* геномында гомологиялық зерттеу жүргізу кезінде берілген сорғыштың он алты гомологы анықталынған. Кейбір зерттеу жұмыстары көрсеткендей, *B. fragilis*-тегі *bme* генінің шамадан тыс экспрессиялануына орай, антимиқробтық агенттер антибиотиктің белгілі бір түрлеріне төзімділік танытуы мүмкін. Меропенемнен басқасынан, имипенем мен дорипенем энергияға тәуелді эффузия жүйе экспрессиясын индуцирлейді және *B. fragilis*-тің MDR-штамдарының пайда болуына ықпал етеді [61]. *B. fragilis*-тің жабайы және мутант түрлерінің антибиотикке төзімділік сынама нәтижесі бойынша имипенем, меропенем және дорипенем тәрізді кейбір карбапенем түрлеріне төзімділікте эффузионды *BmeABC* сорғыштары маңызды орын алатының көрсетті. Дегенмен эртапенемге төзімділікте аса елеулі әсер байқалмады [62]. *BmeABC* оперонның жалпы экспрессиясы *bmeC* генінің жоғарғы ағымында орналасқан *bmeR5* ретінде белгілі реттеуші генмен реттелінеді. *BmeABC5* тізбекте бірнеше генаралық фрагменттер (IT) ұйымдастырылған: IT1 – *bmeABC5* тізбегінің *bmeR* және *bmeC* гендері аралығындағы 51 негіздік жұптан құралған тізбек. GGG AAT- eAT TCCC тізбегі бар инвертирленген қайталанулар (IR) IT1-тің ортанғы аумағында орналасқан және *BmeR5*-пен байланысу үшін тиімді операторлық сайт болып табылады. IT1-дің IR-де нүктелік мутация бойынша G мен T (GGGAAT / GGTAAT) орындарын алмасуды қамтиды, яғни *BmeR5*-пен байланысуын блоктайды және *B. fragilis*-тің антимиқробтық агенттерге деген төзімділік пен *bmeABC5* оперон экспрессиясын индуцирлейді.

***B. fragilis*-тің бета-лактамазалары**

B. fragilis-тің монобактам мен темоциллинмен бірге, кейбір бета-лактамадарға деген туа біткен сезімталдығы өте төмен, себебі берілген агенттерге олардың ПБА-сы төмен сәйкестікке ие. Цефокситинге төзімділік танытуының себебі, олардың цефокситинді байланыстыруда ПБА сәйкестігімен ерекшелінген, яғни штамдар арасында конъюгациямен тасымалданатын МТn4555 қозғалмалы транспозонда орналасқан *sfxA* генінің болуымен тікелей байланысты [63]. ПБА-дың антимикробтық әсері мен сәйкестігін сипаттау қиын, себебі осы бактериядағы ПБА-дың мөлшері мен молекулалық массасын зерттейтін зерттеу жұмыстарының қарама-қайшы келетін нәтижелері бар. *B. fragilis*-те 91 кДа, 80 кДа және 69 кДа массасымен үш ПБА әрдайым, ал 63 кДа және 47 кДа массалы екі ПБА кейбір жағдайларда ғана анықталынған. Бірқатар зерттеулерде *Bacteroides spp.* ПБА-ке бета-лактамады агенттердің сәйкестігінің төмендеуі мен осы препараттарға төзімділіктің төмендеуі арасындағы қатынасты сипаттайды. *B. fragilis* штамдарының имипенем, пиперациллин, цефоперазон, цефотаксим және цефтазидимге төзімділігінде 80 кДа массалы ПБА-дың төмен сәйкестігі сипатталған. ПБА-тың кейбіреулері *B. fragilis* әртүрлі штамдарында карбапенемге әртүрлі сәйкестікпен сипатталынған. *PBA2Bfr* штамм үшін тән әсер ету нұсқасына байланысты имипенемге сәйкестіктің ең жоғарғы деңгейін ие ПБА ретінде сипатталынды. Дегенмен, оның сәйкестігі аралық деңгей ретінде қарастырылды. Бастапқы кезеңде имипенем мен меропенем ПБА3Bfr-пен өзара әрекеттеседі, кокк пішін түзеді де *PBA2Bfr*-пен байланысады. Имипенемде *PBA1Bfr*-пен МИК мәндерімен байланысты деңгейде әсерлеседі. *B. fragilis*-тің кейбір штамдарында *PBA2Bfr* сәйкестікте айырмашылығы төменгі деңгейде имипенемге төзімділігімен байланысты болуы мүмкін. Кейбір штамдарда имипенемге жоғары төзімділік *B. fragilis*-те *PBA6Bfr*-дың болмауымен туындау мүмкін [64].

Қорытынды

Карбапенемдер *B. fragilis*-пен туындаған, сонын ішінде полимикробтық жағдайдағы инфекцияларды емдеу кезінде аса маңызды антимикробтық агент болып табылады. *B. fragilis* штамдарындағы карбапенемге төзімділік бүкіл дүниежүзі бойынша тіркелген. Әртүрлі механзимдер көмегімен карбапенемге төзімділікті жанамалау мүмкін, яғни берілген препараттарға ұзақ мерзімді әсер ету арқылы төзімділік индуцирленеді. *B. fragilis* изоляттарының карбапенемге төзімділігі көп жағдайда *sfIA* генімен кодталған, Амблер бойынша В кластың MBL экспрессиясымен байланысты. Дегенмен, эффузионды сорғыштар мен ПБА сәйкестігінің айырмашылықтары тәрізді *sfIA*-мен негізделмеген карбапенемге төзімділік механизмдері де бар. Үнсіз күйдегі *sfIA* гендері IS-элементтерін бастапқы аумақтарда пайдалана отырып немесе IS-тәуелді емес белсендіру механизмдер көмегімен мутацияға ұшырап, ген жоғары экспрессивті болуы мүмкін. Карбапенемге төзімділікте *sfIA*-тәуелді бета-лактамазалардың маңызды рөлі бета-лактамаза ингибиторлармен қоса карбапенемдер негізінде төзімді штамдарды емдеу стратегиясын жоспарлау үшін бұл ферменттер тиімді нұсқа ретінде қарастырады.

Мүдделер қақтығысы

Автор мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдемейді.

Авторлардың үлесі

Баянбек Д.С.: концептуализация; жазу – бастапқы жобаны дайындау; жазу – шолу және өңдеу.

Жолдыбаев Е.В.: концептуализация; жазу – бастапқы жобаны дайындау; жазу – шолу және өңдеу.

Ильдербаев О.З.: концептуализация; жазу – бастапқы жобаны дайындау; жазу – шолу және өңдеу.

Әдебиеттер тізімі

1. Nagy E., Urban E., Nord C.E., ESCMID E.S.G.o.A.R.i.A.B., Antimicrobial susceptibility of *Bacteroides fragilis* group isolates in Europe: 20 years of experience // *Clinical Microbiology Infection*. – 2011. – Vol. 17. – P. 371-379.

2. Niestepski S., Harnisz M., Korzeniewska E., Aguilera-Arreola M.G., Contreras-Rodríguez A., Filipkowska Z., et al., The emergence of antimicrobial resistance in environmental strains of the *Bacteroides fragilis* group // *Environment International*. – 2019. – Vol. 124. – P. 408-419.

3. Pumbwe L., Wareham D., Aduse-Opoku J., Brazier J., Wexler H., Genetic analysis of mechanisms of multidrug resistance in a clinical isolate of *Bacteroides fragilis* // *Clinical Microbiology Infection*. – 2007. – Vol.13. – P.183-189.

4. Hartmeyer G., Soki J., Nagy E., Justesen U.S., Multidrug-resistant *Bacteroides fragilis* group on the rise in Europe? // *Journal Medical Microbiology*. – 2012. – Vol. 61. – P. 1784-1788.

5. Soki J., Fodor E., Hecht D.W., Edwards R., Rotimi V.O., Kerekes I., et al., Molecular characterization of imipenem-resistant, *cfiA*-positive *Bacteroides fragilis* isolates from the USA, Hungary and Kuwait, // *Journal Medical Microbiology*. – 2004. – Vol. 53. – P. 413-419.

6. Sherwood J.E., Fraser S., Citron D.M., Wexler H., Blakely G., Jobling K., et al., Multi-drug resistant *Bacteroides fragilis* recovered from blood and severe leg wounds caused by an improvised explosive device (IED) in Afghanistan // *Anaerobe*. – 2011. – Vol.17. – P.152-155.

7. Salyers A.A., Gupta A., Wang Y., Human intestinal bacteria as reservoirs for antibiotic resistance genes // *Trends in Microbiology*. – 2004. – Vol.12. – P. 412-416.

8. Johnsen B.O., Handal N., Meisal R., Bjornholt J.V., Gaustad P., Leegaard T.M., Erm gene distribution among Norwegian *Bacteroides* isolates and evaluation of phenotypic tests to detect inducible clindamycin resistance in *Bacteroides* species // *Anaerobe*. – 2017. – Vol.47. – P. 226-232.

9. Nakamura I., Aoki K., Miura Y., Yamaguchi T., Matsumoto T., Fatal sepsis caused by multidrug-resistant *Bacteroides fragilis*, harboring a *cfiA* gene and an upstream insertion sequence element, in Japan // *Anaerobe* – 2017. – Vol.44. – P. 36-39.

10. Gao Q., Wu S., Xu T., Zhao X., Huang H., Hu F., Emergence of carbapenem resistance in *Bacteroides fragilis* in China // *International journal of Antimicrobial Agents*. – 2019. – Vol.53. – P. 859-863.

11. Wexler H.M., Bacteroides: the good, the bad, and the nitty-gritty // *Clinical microbiology review*. – 2007. – Vol. 20. – P. 593-621.
12. Hayashi H., Sakamoto M., Benno Y., Phylogenetic analysis of the human gut microbiota using 16S rDNA clone libraries and strictly anaerobic culturebased methods // *Microbiology and immunology*. – 2002. – Vol.46. – P. 535-548.
13. Wexler H.M., Pump it up: occurrence and regulation of multi-drug efflux pumps in *Bacteroides fragilis* // *Anaerobe* – 2012. – Vol.18. – P. 200-208.
14. Wareham D., Wilks M., Ahmed D., Brazier J., Millar M., Anaerobic sepsis due to multidrug-resistant *Bacteroides fragilis*: microbiological cure and clinical response with linezolid therapy // *Clinical Infectious Diseases*. – 2005. – Vol.40. – P. 67-68.
15. Silva J.O., Reis A.C.M., Quesada-Gomez C., Pinheiro A.Q., Freire R.S., Oria R.B., et al., In vitro effect of antibiotics on biofilm formation by *Bacteroides fragilis* group strains isolated from intestinal microbiota of dogs and their antimicrobial susceptibility // *Anaerobe*. – 2014. – Vol. 28. – P. 24-28.
16. Soki J., Edwards R., Hedberg M., Fang H., Nagy E., Nord C., et al., Examination of *cfiA*- mediated carbapenem resistance in *Bacteroides fragilis* strains from a European antibiotic susceptibility survey // *International journal of Antimicrobial Agents*. – 2006. – Vol. 28. – P. 497-502.
17. Akhi M.T., Ghotaslou R., Alizadeh N., Yekani M., Beheshtirouy S., Asgharzadeh M., et al. Nim gene-independent metronidazole-resistant *Bacteroides fragilis* in surgical site infections // *GMS Hygiene and Infection Control*. – 2017. – Vol.12. – P. 1-6.
18. Akhi M.T., Ghotaslou R., Beheshtirouy S., Asgharzadeh M., Pirzadeh T., Asghari B., et al., Antibiotic susceptibility pattern of aerobic and anaerobic bacteria isolated from surgical site infection of hospitalized patients // *Jundishapur journal of Microbiology*. – 2015. – Vol. 8. – P. 203-209.
19. Salipante S.J., Kalapila A., Pottinger P.S., Hoogestraat D.R., Cummings L., Duchin J.S., et al., Characterization of a multidrug-resistant, novel *Bacteroides* genomospecies // *Emerging Infectious Disease*. – 2015. – Vol.21. – P. 95-97.
20. Yekani M., Baghi H.B., Naghili B., Vahed S.Z., Soki J., Memar M.Y., To resist and persist: important factors in the pathogenesis of *Bacteroides fragilis* // *Microbial Pathogenesis*. – 2020. – Vol. 149. – P.104506.
21. Choi V.M., Herrou J., Hecht A.L., Teoh W.P., Turner J.R., Crosson S., et al., Activation of *Bacteroides fragilis* toxin by a novel bacterial protease contributes to anaerobic sepsis in mice // *Nature Medicine*. – 2016. – Vol. 22. – P. 563.
22. Yoshino Y., Kitazawa T., Ikeda M., Tatsuno K., Yanagimoto S., Okugawa S., et al., Clinical features of *Bacteroides* bacteremia and their association with colorectal carcinoma // *Infection*. – 2012. – Vol. 40. – P. 63-67.
23. Cheng C.-W., Lin H.-S., Ye J.-J., Yang C.-C., Chiang P.-C., Wu T.-S., et al., Clinical significance of and outcomes for *Bacteroides fragilis* bacteremia // *Journal of Microbiology, immunology and infection*. – 2009. – Vol. 42. – P. 243-250.
24. Lofmark S., Edlund C., Nord C.E., Metronidazole is still the drug of choice for treatment of anaerobic infections // *Clinical Infectious Diseases*. – 2010. – Vol. 50. – P. 16-23.
25. Castro Veloso L. de, Dos Santos K.V., De Andrade H.M., Da Fonseca Pires S., Dos Santos S.G., Trindade M.J.V., et al., Proteomic changes in *Bacteroides fragilis* exposed to subinhibitory concentration of piperacillin/tazobactam // *Anaerobe*. – 2013. – Vol. 22. – P.69-76.

26. Karlowsky J.A., Walkty A.J., Adam H.J., Baxter M.R., Hoban D.J., Zhanel G.G., Prevalence of antimicrobial resistance among clinical isolates of *Bacteroides fragilis* group in Canada in 2010-2011: CANWARD surveillance study // *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. – 2011. – Vol. 56 (3). – P.1247-1252.
27. Lofmark S., Fang H., Hedberg M., Edlund C., Inducible metronidazole resistance and nim genes in clinical *Bacteroides fragilis* group isolates // *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. – 2005. – Vol. 49. – P.1253-1256.
28. Ghotaslou R., Yekani M., Memar M.Y., The role of efflux pumps in *Bacteroides fragilis* resistance to antibiotics // *Microbiological Research*. – 2018. – Vol. 210. – P. 1-5.
29. Boente R.F., Pauer H., Silva D.N., Santos Filho J., Sandim V., Antunes L.C.M., et al., Differential proteomic analysis of outer membrane enriched extracts of *Bacteroides fragilis* grown under bile salts stress // *Anaerobe*. – 2016. – Vol. 39. – P.84-90.
30. Masterton R.G., The new treatment paradigm and the role of carbapenems // *International journal of Antimicrobial Agents*. – 2009. – Vol. 33. – P. 105e1-105e8.
31. Papp-Wallace K.M., Endimiani A., Taracila M.A., Bonomo R.A., Carbapenems: past, present, and future // *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. – 2011. – Vol. 55. – P. 4943-4960.
32. Zhanel G.G., Wiebe R., Dilay L., Thomson K., Rubinstein E., Hoban D.J., et al., Comparative review of the carbapenems // *Drugs*. – 2007. – Vol. 67. – P.1027-1052.
33. Breilh D., Texier-Maugein J., Allaouchiche B., Saux M.-C., Boselli E., Carbapenems // *Journal of Chemotherapy*. – 2013. – Vol. 25. – P. 1-17.
34. Bush K., Past and present perspectives on b-lactamases // *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. – 2018. – Vol. 62. – P. 01076-18.
35. Nordmann P., Poirel L., Epidemiology and diagnostics of carbapenem resistance in gram-negative bacteria // *Clinical Infectious Diseases*. – 2019. – Vol. 69. – P. 521-528.
36. Khalili Y., Memar M.Y., Farajnia S., Adibkia K., Kafil H.S., Ghotaslou R., Molecular epidemiology and carbapenem resistance of *Pseudomonas aeruginosa* isolated from patients with burns // *Journal of Wound Care*. – 2021. – Vol. 30. – P. 135-141.
37. Bonomo R.A., Burd E.M., Conly J., Limbago B.M., Poirel L., Segre J.A., et al., Carbapenemase-producing organisms: a global scourge // *Clinical Infectious Diseases*. – 2018. – Vol. 66 – P. 1290-1297.
38. Nikaido H., Structure and mechanism of RND-type multidrug efflux pumps // *Advances in Enzymology and Related Areas of Molecular Biology*. – 2011. – Vol. 77. – P.1-60.
39. Khalili Y., Yekani M., Goli H.R., Memar M.Y., Characterization of carbapenem-resistant but cephalosporin-susceptible *Pseudomonas aeruginosa* // *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica*. – 2019. – Vol. 66. – P. 529-540.
40. Ni R.T., Onishi M., Mizusawa M., Kitagawa R., Kishino T., Matsubara F., et al., The role of RND-type efflux pumps in multidrug-resistant mutants of *Klebsiella pneumoniae* // *Scientific Report*. – 2020. – Vol. 10. – P. 1-10.
41. Fernandez-Cuenca F., Martínez-Martínez L., Conejo M.C., Ayala J.A., Perea E.J., Pascual A., Relationship between b-lactamase production, outer membrane protein and penicillin-binding protein profiles on the activity of carbapenems against clinical isolates of *Acinetobacter baumannii* // *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. – 2003. – Vol. 51. – P. 565-574.
42. Catel-Ferreira M., Coadou G., Molle V., Mugnier P., Nordmann P., Siroy A., et al., Structure-function relationships of CarO, the carbapenem resistance-associated outer membrane protein of *Acinetobacter baumannii* // *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. – 2011. – Vol. 66. – P. 2053-2056.

43. Mussi M.A., Relling V.M., Limansky A.S., Viale A.M., CarO, an Acinetobacter baumannii outer membrane protein involved in carbapenem resistance, is essential for L-ornithine uptake // FEBS Letters. – 2007. – Vol. 581. – P. 5573-5578.

44. Snyderman D.R., Jacobus N.V., McDermott L.A., In vitro activities of doripenem, a new broad-spectrum carbapenem, against recently collected clinical anaerobic isolates, with emphasis on the Bacteroides fragilis group // Antimicrobial Agents and Chemotherapy. – 2008. – Vol. 52. – P. 4492-4496.

45. Goldstein E.J., Citron D.M., Merriam C.V., Warren Y.A., Tyrrell K.L., Fernandez H.T., In vitro activities of doripenem and six comparator drugs against 423 aerobic and anaerobic bacterial isolates from infected diabetic foot wounds // Antimicrobial Agents and Chemotherapy. – 2008. – Vol. 52. – P. 761-766.

46. Hansen K.C.M., Schwensen S.A., Henriksen D.P., Justesen U.S., Sydenham T.V., Antimicrobial resistance in the Bacteroides fragilis group in faecal samples from patients receiving broad-spectrum antibiotics // Anaerobe. – 2017. – Vol. 47. – P. 79-85.

47. Sarvari K.P., Soki J., Kristof K., Juhasz E., Miszti C., Latkoczy K., et al., A multicentre survey of the antibiotic susceptibility of clinical Bacteroides species from Hungary // Infectious Diseases. – 2018. – Vol. 50. – P. 372-380.

48. Stearne L.E., Boxtel D.V., Lemmens N., Goessens W.H., Mouton J.W., Gyssens I.C., Comparative study of the effects of ceftizoxime, piperacillin, and piperacillin-tazobactam concentrations on antibacterial activity and selection of antibiotic-resistant mutants of Enterobacter cloacae and Bacteroides fragilis in vitro and in vivo in mixed-infection abscesses // Antimicrobial Agents and Chemotherapy. – 2004. – Vol. 48. – P. 1688-1698.

49. Valeria Dos Santos K., De Carvalho M.R., Amancio Martins W., Coutinho S., Bahia J., Lopes de Andrade J., et al., In vitro selection of ertapenem and piperacillin/tazobactam-resistant strains of Bacteroides fragilis and analysis of their virulence in gnotobiotic mice // Journal of Chemotherapy. – 2010. – Vol. 22. – P. 259-263.

50. Dos Santos K.V., Nicoli J.R., Martins W.A., Coutinho S.C., Apolonio A.C.M., Diniz C.G., et al., Comparative activity of ertapenem and piperacillin/tazobactam in a murine systemic infection model with Bacteroides fragilis and Escherichia coli // Journal of Medical Microbiology. – 2007. – Vol. 56. – P.1576-1579.

51. El-Gamal M.I., Brahim I., Hisham N., Aladdin R., Mohammed H., Bahaeldin A., Recent updates of carbapenem antibiotics // European Journal of Medicinal Chemistry. – 2017. – Vol. 131. – P.185-195.

52. Tran C.M., Tanaka K., Yamagishi Y., Goto T., Mikamo H., Watanabe K., In vitro antimicrobial activity of razupenem (SMP-601, PTZ601) against anaerobic bacteria // Antimicrobial Agents and Chemotherapy. – 2011. – Vol. 55. – P. 2398-2402.

53. Tanaka K., Mikamo H., Nakao K., Ichiishi T., Goto T., Yamagishi Y., et al., In vitro activity of tomopenem (CS-023/RO4908463) against anaerobic bacteria // Antimicrobial Agents and Chemotherapy. – 2009. – Vol. 53. – P. 319-322.

54. Goldstein E.J., Citron D.M., Merriam C.V., Tyrrell K.L., Comparative in vitro activity of ceftaroline, ceftaroline-avibactam, and other antimicrobial agents against aerobic and anaerobic bacteria cultured from infected diabetic foot wounds // Diagnostic Microbiology and Infectious Disease. – 2013. – Vol. 76. – P. 347-351.

55. Fang H., Edlund C., Hedberg M., Nord C.E., New findings in beta-lactam and metronidazole resistant Bacteroides fragilis group // International journal of Antimicrobial Agents. – 2002. – Vol. 19. – P. 361-370.

56. Goto T., Tanaka K., Tran C.M., Watanabe K., Complete sequence of pBFUK1, a carbapenemase-harboring mobilizable plasmid from *Bacteroides fragilis*, and distribution of pBFUK1-like plasmids among carbapenem-resistant *B. fragilis* clinical isolates // *The Journal of Antibiotics*. – 2013. – Vol. 66. – P. 239-242.
57. Podglajen I., Breuil J., Rohaut A., Monsempes C., Collatz E., Multiple mobile promoter regions for the rare carbapenem resistance gene of *Bacteroides fragilis* // *Journal of Bacteriology*. – 2001. – Vol. 183. – P. 3531-3535.
58. Soki J., Edwards R., Urban E., Fodor E., Beer Z., Nagy E., Screening of isolates from faeces for carbapenem-resistant *Bacteroides* strains; existence of strains with novel types of resistance mechanisms // *International journal of Antimicrobial Agents*. – 2004. – Vol. 24. – P. 450-454.
59. Soki J., Keszocze A., Nagy I., Burian K., Nagy E., An update on ampicillin resistance and b-lactamase genes of *Bacteroides* spp. // *Journal of Medical Microbiology*. – 2021. – Vol. 70. – P. 1393.
60. Poole K., Efflux pumps as antimicrobial resistance mechanisms // *Annals of Medicine*. – 2007. – Vol. 39. – P. 162-176.
61. Pumbwe L., Glass D., Wexler H.M., Efflux pump overexpression in multiple antibiotic-resistant mutants of *Bacteroides fragilis* // *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. – 2006. – Vol. 50. – P. 3150-3153.
62. Pumbwe L., Ueda O., Yoshimura F., Chang A., Smith R.L., Wexler H.M., *Bacteroides fragilis* BmeABC efflux systems additively confer intrinsic antimicrobial resistance // *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. – 2006. – Vol. 58. – P. 37-46.
63. Soki J., Gonzalez S.M., Urban E., Nagy E., Ayala J.A., Molecular analysis of the effector mechanisms of cefoxitin resistance among *Bacteroides* strains // *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. – 2011. – Vol. 66. – P. 2492-2500.
64. Píriz S., Vadillo S., Quesada A., Criado J., Cerrato R., Ayala J., Relationship between penicillin-binding protein patterns and b-lactamases in clinical isolates of *Bacteroides fragilis* with different susceptibility to b-lactam antibiotics // *Journal of Medical Microbiology*. – 2004. – Vol. 53. – P. 213-221.

Д.С. Баянбек¹, Е.В. Жолдыбаева², О.З. Илдербаев¹

¹Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

²Национальный центр биотехнологии, Астана, Казахстан

Молекулярные механизмы резистентности бактерии *Bacteroides fragilis* к карбапенемам

Аннотация. Карбапенемы в основном являются наиболее эффективных групп антибактериальных препаратов, благодаря сочетанию широкого спектра действия, быстрого бактерицидного эффекта, большего потенциала в селекции резистентных штаммов и устойчивости по сравнению другими классами антибактериальных препаратов. Карбапенемы представляют собой противомикробные средства широкого спектра действия, эффективные как против грамположительных, так и против грамотрицательных бактерий. *Bacteroides fragilis* является одной из важных и часто выделяемых бактерий в клинических лабораториях при моно- и полимикробных инфекциях. *Bacteroides fragilis* также устойчивы к макролидам, бета-лактамам, метронидазолу и некоторым новым видам фторхинолонам. Резистентность к карбапенемам

становится все более значимой проблемой из-за чрезмерного использования препарата в терапии. Молекулярные механизмы развития устойчивости к карбапенемам у бактерий включают несколько факторов. Первый механизм связан с развитием множественной лекарственной устойчивости микроорганизмов через экспорт препаратов через эффлюзионную систему. Этот процесс позволяет бактериям избегать негативного воздействия антибиотика. Второй механизм — синтез бета-лактамаз, что представляет собой ключевой механизм устойчивости *B. fragilis* к бета-лактамным соединениям, включая карбапенемы. Эти ферменты способны гидролизовать кольцо бета-лактамного антибиотика, делая его неактивным. Третий механизм — изменения в структуре пенициллин-связывающих белков (ПСБ), которые являются целевыми точками для карбапенемов. Мутации в генах, кодирующих ПСБ, могут привести к изменению аффинности карбапенемов к этим белкам, что делает их менее чувствительными к действию антибиотика. Ген *sfIA* играет важную роль в устойчивости к карбапенемам, особенно у *B. fragilis*. Он кодирует белок, который конферует устойчивость к карбапенемам и другим бета-лактамным антибиотикам. Этот ген может быть горизонтально передан между различными бактериями, что увеличивает риск распространения устойчивости. Важность понимания механизма устойчивости к противомикробным препаратам заключается во избежание ошибок при выборе альтернативных противомикробных препаратов для лечения и профилактики тяжелых инфекций. В данной статье рассмотрены несколько механизмов, влияющих на устойчивость штамма *B. fragilis* к карбапенемам.

Ключевые слова: устойчивость, *Bacteroides fragilis*, бета-лактамаза, карбапенем, ген, ингибитор, анаэроб, противомикробный препарат.

D.S. Bayanbek¹, E.V. Zholdybaeva², O.Z. Ilderbayev¹

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

²National Center for Biotechnology, Astana, Kazakhstan

Molecular mechanisms of resistance of *Bacteroides fragilis* bacteria to carbapenem

Abstract. Carbapenems are generally the most successful group of antibacterial drugs due to the combination of a wide spectrum of activity, rapid bactericidal effect, greater potential for the selection of resistant strains and resistance compared to other classes of antibacterial drugs. Carbapenems are potent antimicrobial agents that effective against a wide range of bacteria, including both gram-positive and gram-negative types. *Bacteroides fragilis* is one of the important and frequently isolated bacteria in clinical laboratories for mono- and polymicrobial infections. *Bacteroides fragilis* is also resistant to macrolides, beta-lactams, metronidazole, and some newer fluoroquinolones. Carbapenem resistance is considered a rapidly growing problem due to overuse of the drug in therapy. Molecular mechanisms of carbapenem resistance in bacteria involve several factors. The first mechanism is associated with the development of multidrug resistance in microorganisms through the export of drugs via efflux systems. This process enables bacteria to avoid the negative effects of antibiotics. The second mechanism involves the synthesis of beta-lactamases, which is a key factor in the resistance of *Bacteroides fragilis* to beta-lactam compounds, including carbapenems. These enzymes are capable of hydrolyzing the

beta-lactam ring of antibiotics, rendering them inactive. The third mechanism involves changes in the structure of penicillin-binding proteins (PBPs), which are the target sites for carbapenems. Mutations in genes encoding PBPs can lead to decreased affinity of carbapenems to these proteins, making them less sensitive to the antibiotic. The *cfiA* gene plays an important role in carbapenem resistance, especially in *B. fragilis*. It encodes a protein that confers resistance to carbapenems and other beta-lactam antibiotics. This gene can be horizontally transferred between different bacteria, increasing the risk of resistance spreading. Understanding the mechanism of antimicrobial resistance is important to avoid pitfalls when selecting alternative antimicrobials for the treatment and prevention of severe infections. This article examines several mechanisms that influence the resistance of *B. fragilis* strains to carbapenems.

Keywords: resistance, *Bacteroides fragilis*, b-lactamase, carbapenem, gene, inhibitor, anaerobe, antibacterial drugs.

Авторлар туралы мәлімет:

Баянбек Д.С. – докторант, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қажымұқан Мұнайтпасов көшесі, 13, Астана, Қазақстан.

Жолдыбаева Е.В. – биология ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Ұлттық ұжымдық пайдалану ғылыми биотехнология зертханасының меңгерушісі, Ұлттық биотехнология орталығы, Қорғалжын тас жолы, 13/5, Астана, Қазақстан.

Ильдербаев О.З. – медицина ғылымдарының докторы, профессор, жалпы биология және геномика кафедрасының меңгерушісі, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қажымұқан Мұнайтпасов көшесі, 13, Астана, Қазақстан.

Information about authors:

Bayanbek D.S. – PhD student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, K. Munaytpasov street 13, Astana, Kazakhstan.

Zholdybaeva E.V. – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Head of The National Scientific Shared Laboratory of Biotechnology, National Center for Biotechnology, 13/5 Kurgalzhynskoye road, Astana, Kazakhstan.

Ilderbayev O.Z. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of General Biology and Genomics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, K. Munaytpasov street 13, Astana, Kazakhstan.



ХҒТАР 34.39.31

<https://doi.org//10.32523/2616-7034-2024-148-3-126-144>

Ғылыми мақала

Емтихан стресінің әр-түрлі соматотиптері бар білім алушылардың алаңдаушылық деңгейіне және тыныс алу көрсеткіштеріне әсері

А.Е. Сулейменова*¹, Р.Қ. Татаева¹, Н.Б. Исаева², А. Нуржанқызы¹

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

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

*Байланыс үшін автор: ainashsuleimenova2@gmail.com

Аңдатпа. Мақалада емтихан стресі барысындағы әр-түрлі соматотипі бар білім алушылардың алаңдаушылығының ситуативті және жеке мазасыздық деңгейінің, сыртқы тыныс алу көрсеткіштерінің оның ішінде: тыныс алу жиілігінің (ТАЖ), тыныс алу көлемінің (ТАК), өкпенің тіршілік сыйымдылығының (ӨТС), дем алудың резервтік көлемінің (ДАРК), дем шығарудың резервтік көлемінің (ДШРК) көрсеткіштері анықталған.

Қазіргі кезде студенттердің денсаулығы үлкен назар аударуды қажет етеді, себебі студенттер біздің мемлекетіміздің тұрғындарының өкілдік топтарының бірі болып табылады. Жас ұрпақтың денсаулығы биологиялық және әлеуметтік факторлардың әсерінен қалыптасады. Экзогендік факторларға олардың организмнің төзімділігін сақтау, қоршаған ортаның өзгеріп отыратын жағдайларына бейімделу қабілеті - білім алушылардың физикалық даму жағдайына, мүшелері мен жүйелерінің жұмысына байланысты болады. Жоғары білімге тән факторлар кешеніне қазіргі оқыту жағдайында бейімделу - организмнің компенсаторлық жүйелерінің айтарлықтай шиеленісімен жүретін күрделі және де көп деңгейлі әлеуметтік-психофизиологиялық процесс болып табылады.

Мазасыздық - бұл адамның, эмоционалды немесе физикалық стрестің жоғарылауынан туындайтын, психикасының жай-күйі, нақты әлеуметтік жағдайларда, мазасыздық пен қорқынышты сезіну үрдісі. Мазасыздық және эмоционалды тұрақтылық факторларын зерттеудің өзектілігі, ең алдымен, уақыт кеңістігінде стреске, созылмалы психосоциалды шиеленіске және әл-ауқатқа қорқыныш әкелетін субъектінің қазіргі өмірінің экстремалды сипаты мен динамикасымен анықталады.

Тыныс алу жүйесінің гомеостазы оның қалыпты қызмет атқаруының міндетті шарты болып табылады және бірқатар физиологиялық механизмдер көмегімен қамтамасыз етіледі, солардың ішіндегі өкпенің кондициялаушы қызметі ерекше маңызды орын алады. Жұтылатын ауа температурасы мен ылғалдылығының дене жағдайларына сәйкес келтіру - тыныс жолдарындағы жылу-масса алмасудың күрделі процесстерінің арқасында жүзеге асырылады. Қалыпты жағдайдағы және әсіресе, тыныс алу жүйесі патологиясы кезіндегі бұл процесстің көптеген аспектілері пікірталасты мәселе болып отыр.

Біздің зерттеуімізде әр-түрлі соматотипі бар бірінші курс студенттерінің оқу жағдайларына бейімделуі және физикалық қабілеттілігінің төмендеуі, емтиханнан кейінгі физиологиялық көрсеткіштерінің өзгергендігі байқалды.

Зерттеу барысында бірінші курс студенттері арасында астеник соматотипі анықталған студенттерде жеке және ситуативті мазасыздық деңгейінің өте жоғары көрсеткіші анықталды, бұл мазасыздықтың жоғарылауы студенттерде болып жатқан жағдайға эмоционалды бейімделудің жеткіліксіздігін көрсетеді.

Мазасыздықтың жоғары деңгейі адамның психикалық денсаулығына қауіп төндіреді, невротикалық жағдайлардың дамуына ықпал етеді. Үнемі мазасыздықтың жоғары деңгейін психосоматикалық патологияның дамуына әкелетін жағдай ретінде қарастырады.

Мақалада емтихан стресі барысында бірінші курс студенттерінің тыныс алу жүйесінің көрсеткіштерінде үлкен өзгерістер анықталған: гиперстеник-студенттермен және астеник-студенттермен салыстырғанда, нормостеник-студенттердің гемодинамикалық көрсеткіштері айтарлықтай жоғары, бұл емтихан стресінің студенттердің тыныс алу жиілігінің жоғарылауына әсерін көрсетеді, бұл көп дәрежеде - тыныс алу көлеміне және аз дәрежеде - тыныс алу жиілігіне байланысты болады.

Түйін сөздер: алаңдаушылық, өкпенің тіршілік сыйымдылығы (ӨТС), дем алудың резервтік көлемі (ДАРК), дем шығарудың резервтік көлемі (ДШРК), соматотип.

Түсті: 29.04.2024; Мақұлданды: 24.05.2024; Онлайн қолжетімді: 27.09.2024

Кіріспе

Жоғарғы оқу орындарындағы дәстүрлі форматтағы оқу қазіргі кезеңде күрделі процесс болып табылады, ол үлкен күш пен эмоционалды тұрақтылықты қажет етеді. Инновациялық білім беру жүктемелерінің психоэмоционалды және интеллектуалдық стрестің жоғары деңгейі, оқу процесінің қарқындылығы, білім көлемі мен сапасына қойылатын талаптар, ең бастысы, белсенді қозғалу режимін бұзу – білім алушылардың ағзасының функционалды мүмкіндіктеріне теріс әсер етеді.

Қазіргі кезеңде жоғары білім беру жүйесінің үздіксіз реформалануы – білім алушылардың ағзасына теріс әсер ететін стресс факторларының өсуіне әкеледі. Күнделікті өмірде және оқу процесінде эмоционалды психологиялық стрестің жоғарылауы, физикалық белсенділіктің төмендеуі, мінез-құлық және физиологиялық деңгейлердегі психовегетативті дисфункциялардың дамуына әкеледі, бұл кейіннен әртүрлі этиологиялық ауруларына айналуы мүмкін [1].

Тыныс алу жүйесі ағзаның жетекші жүйелерінің бірі болып табылады және ағзаның қоршаған ортаның әртүрлі факторларына бейімделу қабілетін көптеген жолдармен анықтайды. Оқуға бейімделу процесінде білім алушылардың тыныс алу жүйесі бейімделу қабілетімен физикалық дамудың жай-күйін зерттеу қажеттілігін көрсетеді. Әсіресе, әртүрлі дене типтерінің жеке өзгерістерін салыстырмалы түрде қарастыруды қажет етеді.

Стресс – бұл адамның жүйке жүйесі эмоционалды шамадан тыс жүктеме алған кезде пайда болатын тым күшті және ұзақ психологиялық, одан әрі физиологиялық қауіп төндіруге дейін алып баратын, жағдайы болып табылады. Жоғарғы оқу орындарындағы оқудың белсенді және жемісті нәтижесі 1-ші курстан-ақ басталады, сол жылдары оқу орнына, ортаға бейімделу процесі басталады. 1-ші курс студенттеріне оқу барысы кезінде күнделікті күндерге қарағанда емтиханның алдындағы қорқыныш – вегетативтік жүйеге ауыртпалық әкеледі. Емтиханның басына қарағанда, емтиханның аяғында студенттің эмоционалды жағдайы өзгереді. Сонымен, бейімделу процесі тек қана студенттерге комплексті көмек көрсететін сапалық сипатымен емес, яғни физиологтар мен психологтардың жұмыстарында маңызды орын алатын басқару процесімен де ерекшеленеді [2-3].

Яғни, әртүрлі соматотиптегі студенттер ағзасының физиологиялық қызметіне емтихан стресінің әсерін зерттеу өзекті мәселелердің бірі болып табылады.

Зерттеу жұмысының мақсаты – әр-түрлі соматотиптері бар білім алушылардың алаңдаушылық деңгейіне және тыныс алу көрсеткіштеріне емтихан стресі әсерін анықтау.

Зерттеу әдістері

Зерттеуге Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің биология және биотехнология факультетінің және Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің жалпы биология және геномика кафедрасының 17-20 жас аралығындағы 1-2 курста оқитын әртүрлі соматотипке жататын 60 қыз-студенттер қатысты.

Студенттер соматотипін анықтау М.В. Черноруцкий-Пинье формуласы бойынша жүргізілді. Студенттердің дене салмағын, бойын және кеуде шеңберін жіктеуді ұсынады [4]. Әдістеменің мәні: дене конституциясына сәйкес салмақты есептеу. Соматотипті анықтау үшін мынадай формула бойынша есептелген Пинье (соматикалық даму) индексі (ПИ) пайдаланылды:

$$\text{Пинье индексі} = \text{бойы} - (\text{салмақ} + \text{кеуде шеңбері})$$
$$\text{ПИ} = L - (P + T),$$

Мұндағы:

L – дене ұзындығы (см),

P – дене салмағы (кг),

T – кеуде қуысының шеңбері (см).

Алынған санның келесі түсіндірмесі бар:

– астениктер үшін – 30-дан астам, яғни, ПИ > 30;

– нормостениктер үшін – 10-нан 30-ға дейін, яғни, ПИ < 10 және 10-30;

– гиперстениктерге арналған жұмыс – 10-нан аз, яғни, ПИ < 10.

Студенттердің *мазасыздық деңгейі: жеке және ситуативті мазасыздық* – Ч.Д.Спилбергердің Ю.Л. Ханин бейімдеген сауалнамасы арқылы анықталды. Спилбергер-Ханин сауалнамасы арқылы мазасыздық деңгейін 40 сұрақ-жауаптарынан зерттеу нәтижесінде көре аламыз.

Алынған нәтижені келесідей бағаланады:

– 30-ға дейін – төмен мазасыздық;

– 31-45 дейін – орташа мазасыздық;

– 46 және одан да көп – жоғары мазасыздық.

Орташа мазасыздық деңгейінен елеулі ауытқулар ерекше назар аударуды талап етеді, жоғары мазасыздық адамның құзыреттілігі бағаланатын жағдайларда алаңдаушылық жағдайын дамыту тенденциясын білдіреді. Бұл жағдайда жағдай мен міндеттердің субъективтілігін азайтып, табысқа деген сенімділік сезімін қалыптастыруға баса назар аудару керек.

Төмен мазасыздық, керісінше, жауапкершілік сезімін жоғарылатуды қажет етеді [5].

Студенттердің *тыныс алу көрсеткіштерін анықтауға Спирография әдісі* қолданылды.

Спирограф құралы арқылы келесі сыртқы тыныс алу көрсеткіштері қарастырылды:

– тыныс алу жиілігі (ТАЖ);

– тыныс алу көлемі (ТАК);

– өкпенің тіршілік сыйымдылығы (ӨТС);

– дем шығарудың резервтік көлемі (ДШРК);

– дем алудың резервтік көлемі (ДАРК) [6];

Іс жүзінде дені сау адамдар – университеттің студенттері тексерілді. Барлық зерттеуге қатысушылар зерттеумен танысып, оған жазбаша келісім берді.

Тәжірибе үш эксперименттік жағдайда жүргізілді:

- 1-жағдай: 1 – сессия басталғанға дейін үш апта бұрын (әдеттегі оқу күні жағдайында оқу сабақтарынан кейін екі сағаттан кейін)
- 2-жағдай: 2 – емтихан алдында (оған дейін 25 ± 10 минут бұрын)
- 3-жағдай: 3 – емтиханнан кейін

Тәжірибелер стандартты әдістемелер бойынша жүргізілді. Алынған нәтижелер *Microsoft Excell* бағдарламасы арқылы статистикалық түрде өңделді.

Зерттеу нәтижелері және талқылау

Ең алдымен студент-қыздарды 3 түрлі соматотипке бөліп алып зерттедік ($n=60$).

Студент-қыздар ішінде ең көп таралған соматотип – нормастениктер (43,3%), олардан екі есе кем – астениктер болды, ал гиперстениктер барлық зерттелген студенттердің 1/3 бөлігін құрады (1-кесте).

Кесте 1

Студенттердің соматотип түрлерінің проценттік мөлшері

Дене бітімі	Студент-қыздар саны, $n=60$	Проценттік мөлшері
Астениктер	14	23,3%
Нормостениктер	26	43,3%
Гиперстениктер	20	33,3%

Студенттің университеттегі оқу әрекеті көбінесе стрестік жағдайлармен байланысты, сондықтан, студенттер жиі мазасыздықты, жүйке кернеуін сезінетінін атап өтуге болады.

Мазасыздық – бұл ықтимал қиындықтардан, күтпеген жерден, әдеттегі қоршаған орта мен іс-әрекеттің өзгеруінен, жағымды нәрселердің кешігуінен туындауы мүмкін психикалық күй және белгілі бір сипаттағы тәжірибелермен көрінеді (уайым, қорқыныш, тыныштықты бұзу және т.б.). Мазасыздық психикалық стрестің ең күшті механизмдерінің бірі екені белгілі. Мазасыздықтың жоғарылауы симпатикалық жүйке жүйесінің белсенденуіне, жүрек ырғағының өзгергіштігінің төмендеуіне ықпал етіп, гипоталамус-гипофиз жүйесін ынталандыруға, коронарлық спазмнан туындаған гипервентиляцияға, тотығу стресіне, қабыну медиаторларының жоғарылауына әсер етеді [7-10].

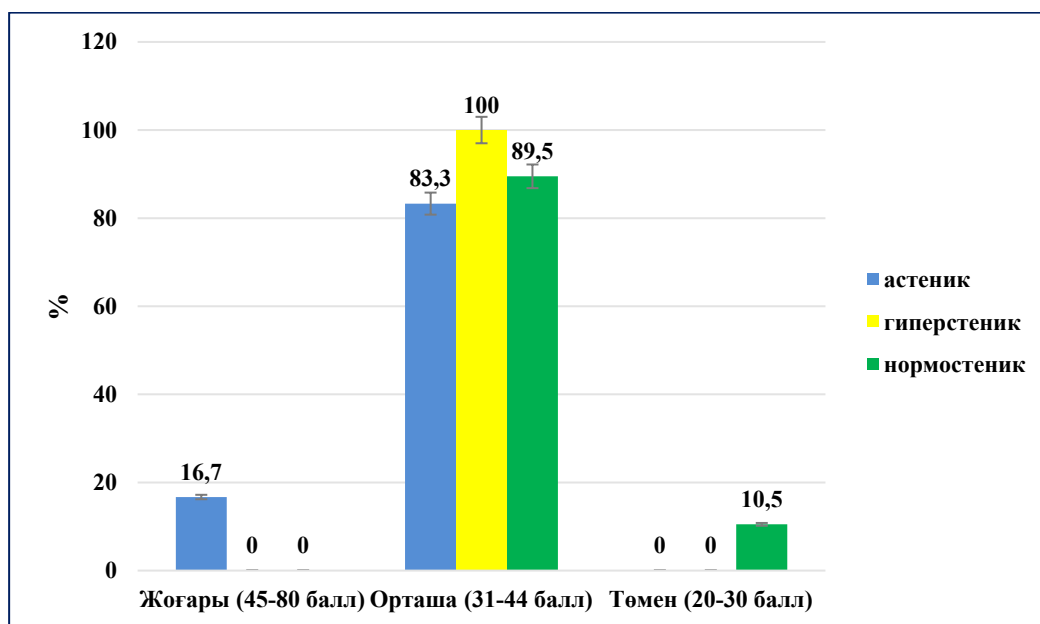
Ч. Спилбергер мазасыздықтың екі түрін ажыратады: *жеке мазасыздық және ситуативті мазасыздық*. Жеке мазасыздық объективті қауіпсіз жағдайлардың кең ауқымын қамтиды - жеке басының қасиеті ретінде алаңдаушылық. Ситуативті мазасыздық, әдетте, адамға объективті қауіп төндіретін белгілі бір жағдайға қысқа мерзімді реакция ретінде пайда болады.

Ч.Д. Спилбергердің, Ю.Л. Ханиннің ситуативті және жеке мазасыздық деңгейін бағалау шкаласы ситуативті және жеке мазасыздық деңгейін стреске сезімталдықтың жеке көрсеткіші ретінде және тақырыптың белгілі бір дәрежеде немесе басқа дәрежеде сезіну бейімділігімен сипатталатын жеке қасиет ретінде анықтауға мүмкіндік береді.

Спилбергер-Ханин тест сауалнамасының нәтижелерін талдау нәтижесінде дәстүрлі оқу барысында студенттерде мазасыздықтың жоғары, орташа және төмен деңгейлері бар екенін анықталды [11].

Бұл сауалнама арқылы қыз-студенттердің ситуативті және жеке мазасыздық деңгейлері анықталды. Студенттердің жеке және ситуациялық алаңдаушылығын зерттеу нәтижелері емтихан тапсырып болғаннан соң, стрестік жағдайда пайда болатынын көрсетті.

Студенттердің алаңдаушылық деңгейі емтиханға дейін зерттелген болатын және оның нәтижелері, нақтырақ айтсақ, студенттердің Спилбергер әдістемесі бойынша зерттеу нәтижелері 1-суретте көрсетілген.

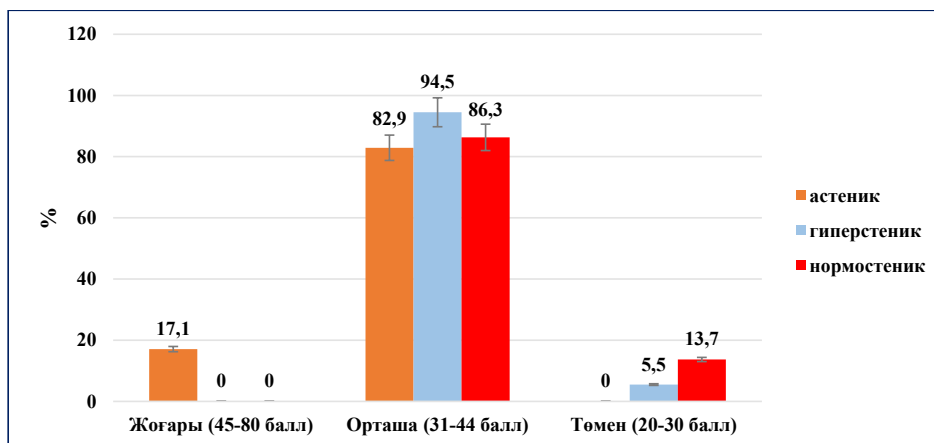


Сурет 1. Студенттердің емтиханға дейінгі ситуативті мазасыздығының көрсеткіштері

Зерттеу жұмысының нәтижесінде *емтиханға дейін ситуативті мазасыздық* жоғары деңгейіне студенттердің 16,7 %-ы ие және олардың орташа көрсеткіші $52,87 \pm 2,2$ – 20% тең болды. Ал студенттердің 65 %-ы мазасыздықтың орташа деңгейіне ие болып, орташа мәні гиперстениктер 100 көрсетті. Қалған студенттердің 15% ситуативті алаңдаушылықтың төмен деңгейіне ие. Оның орташасы 28 баллға тең. Жалпы осы топ бойынша нормостениктерде ситуативті мазасыздықтың орташа деңгейі $10,5 \pm 2,05$ -ды құрады.

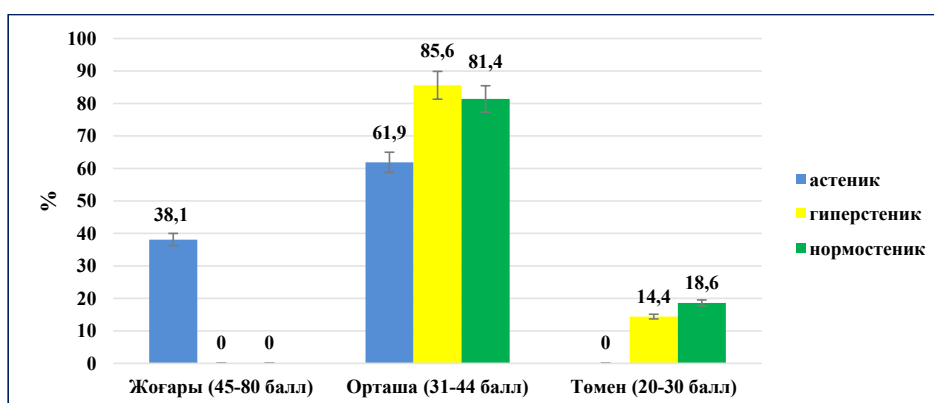
2-суретте көрсетілгендей студенттердің *емтиханға дейінгі кезеңінде жеке алаңдаушылық деңгейінің* нәтижелері мынадай болды: зерттеудегі мәліметтерге сүйенетік болсақ, студенттердің емтиханға дейінгі жеке мазасыздықтың жоғары деңгейі студенттердің 20%-да байқалды және орташа көрсеткіші 60% нәтижесін көрсетті. Жеке мазасыздық көрсеткіштері емтиханнан кейінгі көрсеткішпен салыстырғанда артқандығын байқауға болады. Қалған студенттердің 20%-ы жеке мазасыздығының төмен деңгейіне ие болды. Осы студенттердің орташа мәні нормостениктерде

13,7±0,7 % яғни гиперстениктермен салыстырғанда, 5,5±0,5 % жоғары болды. Жеке мазасыздықтың төмен деңгейі анықталған астениктер соматотиптерде кездеспейді (2-сурет). Студенттердің алаңдаушылық деңгейі емтиханнан кейін зерттелген болатын



Сурет 2. Студенттердің емтиханға дейінгі кезеңінде жеке мазасыздығының нәтижелері

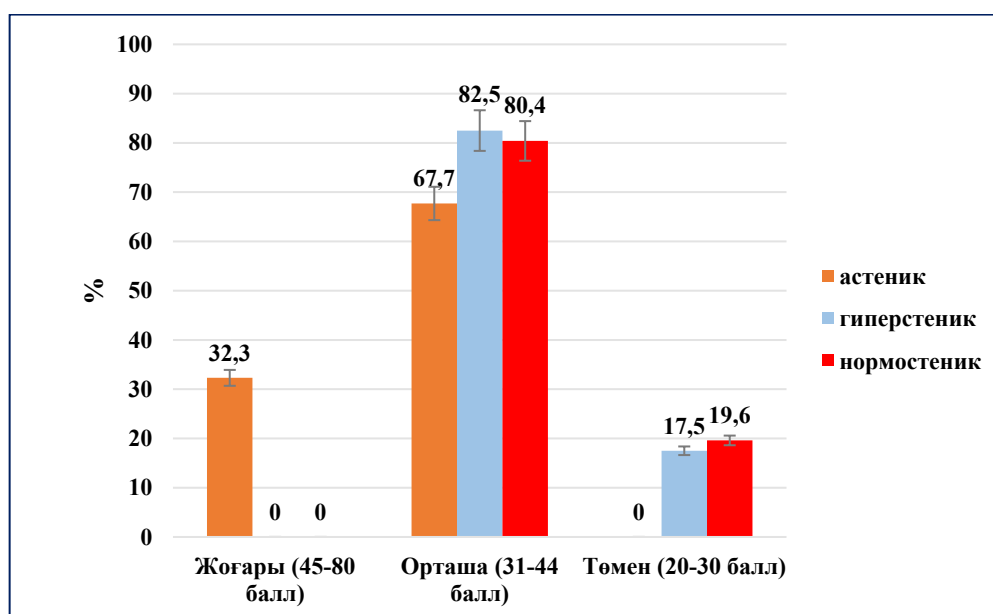
Зерттеу нәтижесінде, 3-суретке назар аударатын болсақ, емтиханнан кейінгі студенттердің 25 %-да ситуативті мазасыздықтың өте жоғары деңгейі (45-80 балл) бар екендігі анықталды. Олардың нәтижелері астениктерде 38,1±0,81 болса, ал гиперстеник пен нормостениктерде ешқандай пайыздық көрсетілмеді. Студенттердің 60%-ы мазасыздықтың орташа деңгейіне (31-44 балл) ие болып, астениктердің орташа мәні 61,9±0,98 құрады. Гиперстениктер қалған екі соматотип түрлерімен салыстырғанда ең жоғарғы пайыздық көрсеткіш 85,6±0,74 болса, ал 81,4-ы нормостениктерден тұрды. Емтиханнан кейін студенттердің қалған 15 %-ы ситуативті алаңдаушылықтың төмен және өте төмен деңгейін (20-30 балл) көрсетті. Олардың көрсеткіші астениктерде нөлді, ал гиперстениктер 14,4±0,8 яғни нормостениктерге 18,6±0,5 қарағанда төмен болды. Жалпы топ бойынша ситуативті мазасыздықтың орташа деңгейі 37,95±1,6 баллды құрады (3-сурет).



Сурет 3. Студенттердің емтиханнан кейінгі ситуативті мазасыздық деңгейінің нәтижелері

4-суретте көрсетілгендей емтиханнан кейін жеке мазасыздықтың жоғары деңгейі астениктерде, 32,3%-да анықталды.

Жалпы топ бойынша гиперстениктер мен нормостениктерде ешқандай көрсеткіш болмады. Ал студенттердің 82,5 %-ы жеке мазасыздықтың орташа деңгейіне ие гиперстениктер болды. Олар қалған екі соматотип түрлеріне қарағанда жоғары болды. Нормостениктердің орташа көрсеткіші $80,4 \pm 1,23$ және астениктер $67,7 \pm 1,64$ нәтижесін көрсетті. Жеке мазасыздықтың төмен деңгейіндегілері бар астениктер анықталған жоқ. Жалпы топ бойынша гиперстениктердің орташа көрсеткіші $17,5 \pm 1,67$, ал нормостениктерде $19,6 \pm 1,54$ пайызды құрады (4-Сурет).



Сурет 4. Студенттердің емтиханнан кейінгі жеке мазасыздық деңгейінің нәтижелері

Қорытындылай келе, мазасыздықтың жоғарылауы білім алушыларда болып жатқан жағдайға эмоционалды бейімделудің жеткіліксіздігін көрсетуі мүмкін және емтиханнан кейінгі стресске тікелей байланысты деп ойлаймыз.

Сонымен, студенттердің көбісінде мазасыздықтың жоғары және орташа деңгейі анықталды. Мазасыздықтың жоғары деңгейі адамның психикалық денсаулығына қауіп төндіреді, невротикалық жағдайлардың дамуына ықпал етеді. Бірқатар зерттеушілер үнемі мазасыздықтың жоғары деңгейін психосоматикалық патологияның дамуына әкелетін жағдай ретінде қарастырады [12-13].

Мазасыздықтың жоғары деңгейі көбінесе біздің жағдайда емтиханнан кейінгі стресс, оқудағы сәтсіздіктерге және олардың болашағына деген сенімсіздікке, яғни белгілі бір сәтсіздіктер мен қауіптерге байланысты [14].

Үнемі мазасыздық сезімі психологиялық жағдайына теріс әсер етеді: үнемі мазасыздық стресске айналады және өмірде және оқу іс-әрекетінде ерекше орын алады.

Стреске сезімталдық өзін-өзі бағалау факторымен байланысты. Өзін-өзі бағалауы төмен студенттер өздерін қабілетсіз деп санайды, қиындықтарды жеңе алмайды және қауіп-қатерге төтеп бере алмайды.

Жеке мазасыздықтың жоғары деңгейі көптеген жағдайларды субъектілер олардың беделіне, өзін-өзі бағалауына қауіп төндіреді дегенді білдіреді. Мұндай студенттерде жоғары эмоционалды сезімталдық осалдықтың, сезімталдықтың жоғарылауымен үйлеседі, бұл қарым-қатынасты қиындатады [15-16].

Анықталған мазасыздықтың жоғары деңгейі студенттің жеке дамуының қолайсыздығын көрсетуі мүмкін және сәйкесінше, университеттегі оқу іс-әрекетінің сәттілігіне теріс әсер етеді. Оқу барысында студенттер үнемі түрлі қиындықтарға кезігеді және зияткерлік, эмоционалды, ақпараттық жүктемелерге тап болады. Студенттің жаңа қызметті игеруде, қиын өмірлік жағдайларға дайындалуда мазасыздықтың рөлі жоғары. Ол студентті жұмылдыра алады, оған қандай да бір мәселелерді шешуге жауапкершілікпен қарауға немесе керісінше – шиеленісті, белгісіздікті, сәтсіздік сезімін қалыптастыруға әсер етеді [7-10].

Әртүрлі соматотиптегі студенттердің тыныс алу жүйесінің қызметіне емтихан стресінің әсері зерттелді. Спирография әдісі арқылы астеник, нормастеник және гиперстеник соматотипі бар студенттердің келесі тыныс алу көрсеткіштері емтиханға дейін, емтихан барысында және емтиханнан кейін зерттелді:

– тыныс алу жиілігі (ТАЖ) – адам қалыпты жағдайда 1 минутта дем алу жиілігі, санмен есептеледі, қалыпты жағдайда ересек адам тыныштықта 1 минутта 16-20 тыныс қозғалысын жасайды.;

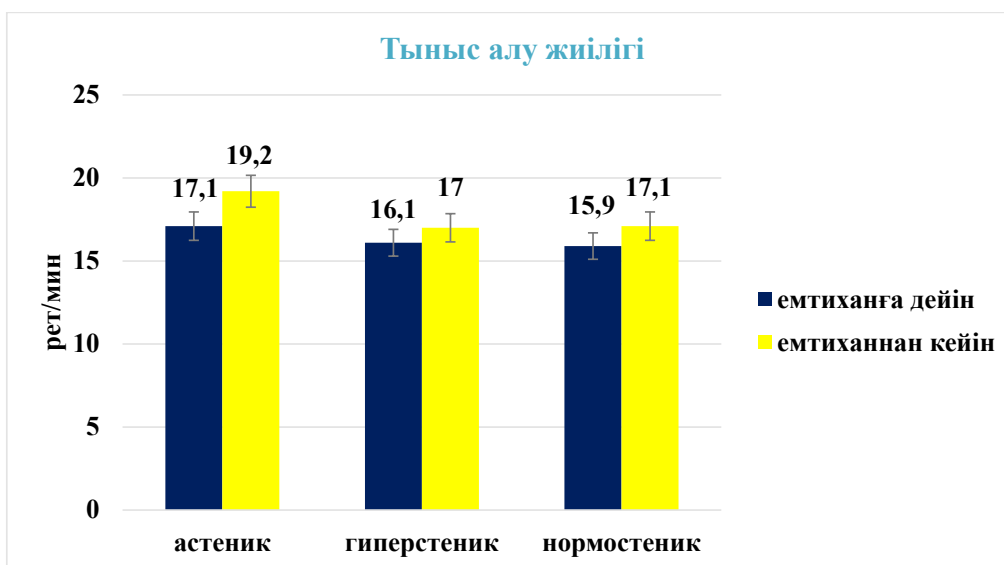
– тыныс алу көлемі (ТАК) – адам қалыпты дем алу кезінде ауаның белгілі бір көлемін жұтады және қайта шығарады, оның көлемі 300-900 мл. Бұл кезде көлем тыныс алу тереңдігінің өлшемі болып есептеледі;

– өкпенің тіршілік сыйымдылығы (ӨТС) – демді барынша жұтқаннан кейінгі максимальді түрде сыртқа шығарылған ауаның мөлшері. Ол 3300-4900 мл тең;

– демді сыртқа шығарудың резервтік көлемі (ДШРК) – қалыпты жағдайда демді сыртқа шығарғаннан кейін қосымша тағы да ауа көлемін шығаруға болады, оның көлемі 1000-1500 мл демді ішке алудың резервтік көлемі;

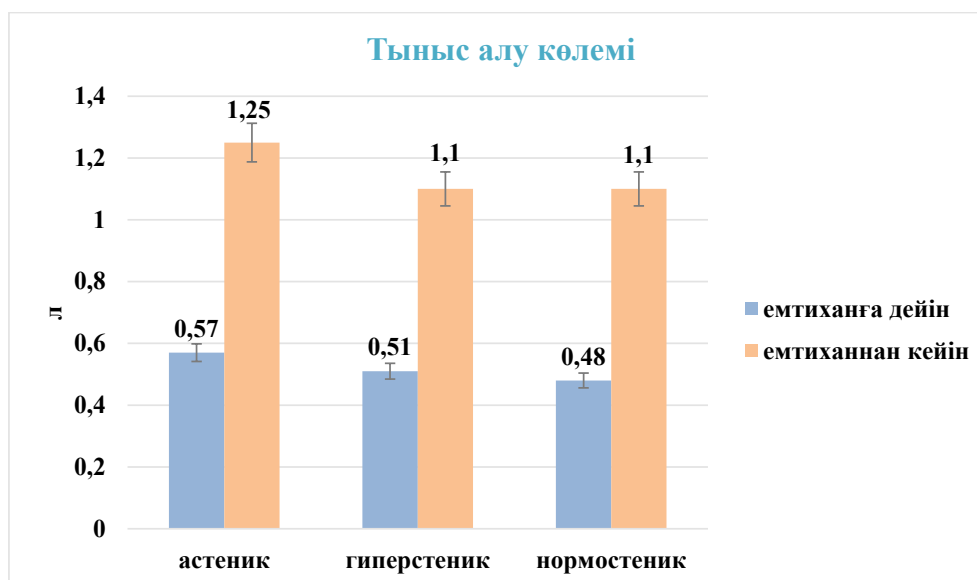
– демді алудың резервтік көлемі (ДАРК) – қалыпты жағдайда демді ішке тартқаннан кейін қосымша тағы да ауа көлемін жұтуға болады, оның мөлшері 2000-2500 мл тең. Бұл мөлшер өкпенің қосымша керілу қабілеттілігін анықтайды.

Зерттеу нәтижелері бойынша студенттерде емтиханға дейін тыныс алу жиілігінің (ТАЖ) көрсеткіштері астениктерде орташа есеппен 17,1 рет/мин болса, ал гиперстениктерде 16,1 рет/мин және нормостениктерде 15,9 рет/мин болды. Емтиханнан кейін нормостениктерде 17,1 рет/мин, гиперстениктерде 17 рет/мин, астениктерде 19,2 рет/мин болды. Барлық студенттерде емтиханнан кейінгі тыныс алу жиілігінің (ТАЖ) бастапқы көрсеткіштерімен салыстырғанда жоғарылағаны анықталды (5-сурет).



Сурет 5. Студенттердің емтиханға дейінгі және емтиханнан кейінгі тыныс алу жиілігінің (ТАЖ) көрсеткіштері (рет/мин)

Тыныс алу жиілігі (ТАЖ) көрсеткіштері емтиханнан кейін көтеріледі. Онымен қоса, физикалық жүктемелерге тыныс алу жиілігінің (ТАЖ) көрсеткіштері организмнің аса төзімді физиологиялық көрсеткіштерінің бірі екені белгілі. Бұлшық ет жұмысы өкпедегі ауа алмасуына әсер етеді.



Сурет 6. Студенттердің емтиханға дейінгі және емтиханнан кейінгі тыныс алу көлемінің (ТАК) көрсеткіштері

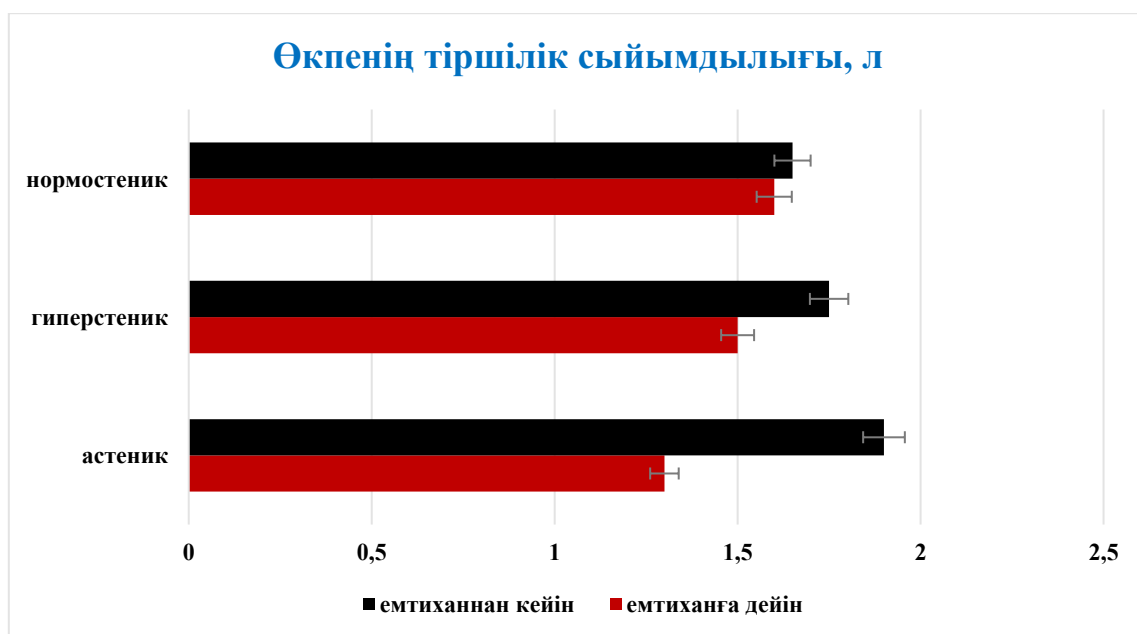
Бұлшық еттің жұмысына өкпедегі ауа алмасудың жоғарылауы бір жағынан – ағзадағы химиялық өзгерістерге, көмірқышқыл газының және алмасудың толық тотықпаған өнімдерінің жиналуы, ал екінші жағынан жағынан рефлекторлық әсер ықпал етеді [17]. Студенттердің емтиханға дейінгі және кейінгі тыныс алу көлемінің (ТАК) көрсеткіштері 6-суретте көрсетілген.

Тыныс алу көлемінің (ТАК) орташа мәні қалыпты жағдайда астениктерде $0,57 \pm 0,04$ л, ал емтиханнан кейін $1,25 \pm 0,10$ л болды, ал гиперстениктерде емтиханға дейін $0,51 \pm 0,4$ л, емтиханнан кейін $1,1 \pm 0,8$ л құрады. Нормостениктерде емтиханнан кейін $1,1$ л болса, емтиханға дейін $0,48$ л болғандығы анықталды. Емтихан барысында тыныс алу көлемінің (ТАК) көрсеткіштерінің өсу тенденциясын байқадық, бірақ бұл негізінен адамның антропометрикалық мәліметтеріне де байланысты болуы мүмкін (6-сурет).

Өкпенің тіршілік сыйымдылығы (ӨТС) – барынша терең дем алып, артынша барынша терең және созыңқы дем шығарғандағы ауа көлемі.

Студенттердің емтиханға дейінгі және емтиханнан кейінгі өкпенің тіршілік сыйымдылығының (ӨТС) көрсеткіштері 7-суретте көрсетілген.

ӨТС неғұрлым үлкен болса, соғұрлым тыныс көлемін тереңдету мүмкіншілігі жоғары болады. Бұл өкпенің жаттығу барысында ауа алмастыруын жеңілдетеді. Орнынан тұрып тұрған адамда отырған адамға қарағанда өкпенің тіршілік сыйымдылығы (ӨТС) жоғары. Неғұрлым өкпенің қанға толуы, өкпенің және көкіректің максималды кеңеюіне кедергілер күші жоғары болса, соғұрлым өкпенің тіршілік сыйымдылығы (ӨТС) төмендейді [18].



Сурет 7. Студенттердің емтиханға дейінгі және кейінгі өкпенің тіршілік сыйымдылығының (ӨТС) көрсеткіштерінің өзгерістері, л

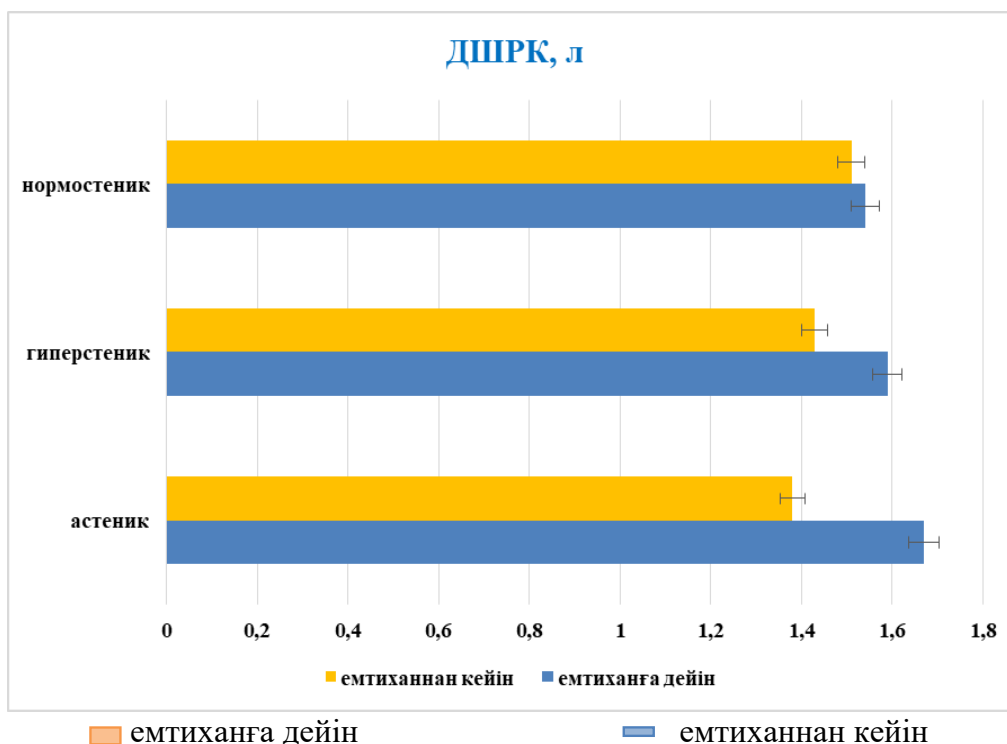
8-суретте көрсетілгендей ӨТС гиперстениктерде емтиханға дейін 1,5 л, емтиханнан кейін 1,75 л құраса, ал нормостениктерде емтиханнан дейін 1,6 л, емтиханнан кейін 1,67 л өзгерді. Астениктерде емтиханнан дейін 1,43 л, емтиханнан кейін 1,86 л өзгерді.

Бұл өкпенің тіршілік сыйымдылығы (ӨТС) мәліметтері оның организмнің физикалық жүктемелерге аса төзімді физиологиялық өлшемі екендігінің дәлелі болып табылады. Физикалық жұмыс барысында бұлшық еттерге оттегінің көп мөлшері жұмсалады.

Бұлшық ет жұмысы өкпедегі ауа алмасу тыныс алудың жиілеуінің нәтижесі болып табылады. Физикалық жүктемеден кейін тыныс алудың жиілігі де, тыныс тереңдігі де өседі. Бұл тыныс алу аппаратының жүктемеге бейімделуінің рационалды әдісі болып табылады. Жүйелі бұлшық ет жұмысында тыныс алудың рационалды жетілген типі пайда болады. Физикалық жаттығулар әсерімен тыныс алудың резервті мүмкіндіктері жоғарылайды. Спортшылардың жүйелі спорт жаттығулары кезінде бұлшық ет жұмысы барысында тыныс алудың нейро-гуморальдық реттелуі жақсарады, тыныс алу жүйесінің жұмысы физикалық жүктеме барысында организмнің басқа жүйелерімен үйлесімді қызмет етеді [19].

Емтиханға дейінгі және емтиханнан кейінгі дем алудың резервтік көлемі (ДАРК) мен дем шығарудың резервтік көлемі (ДШРК) анықталды.

Дем шығарудың резервтік көлемі (ДШРК) астениктерде емтиханға дейін $1,37 \pm 0,14$ л, ал емтиханнан кейін $1,69 \pm 0,20$ л болды. Нормостениктерде емтиханға дейін 1,50 л, емтиханнан кейін 1,57 л өзгерді. Гиперстениктерде емтиханға дейін 1,41 л, емтиханнан кейін 1,59 л өзгерді (8-сурет).

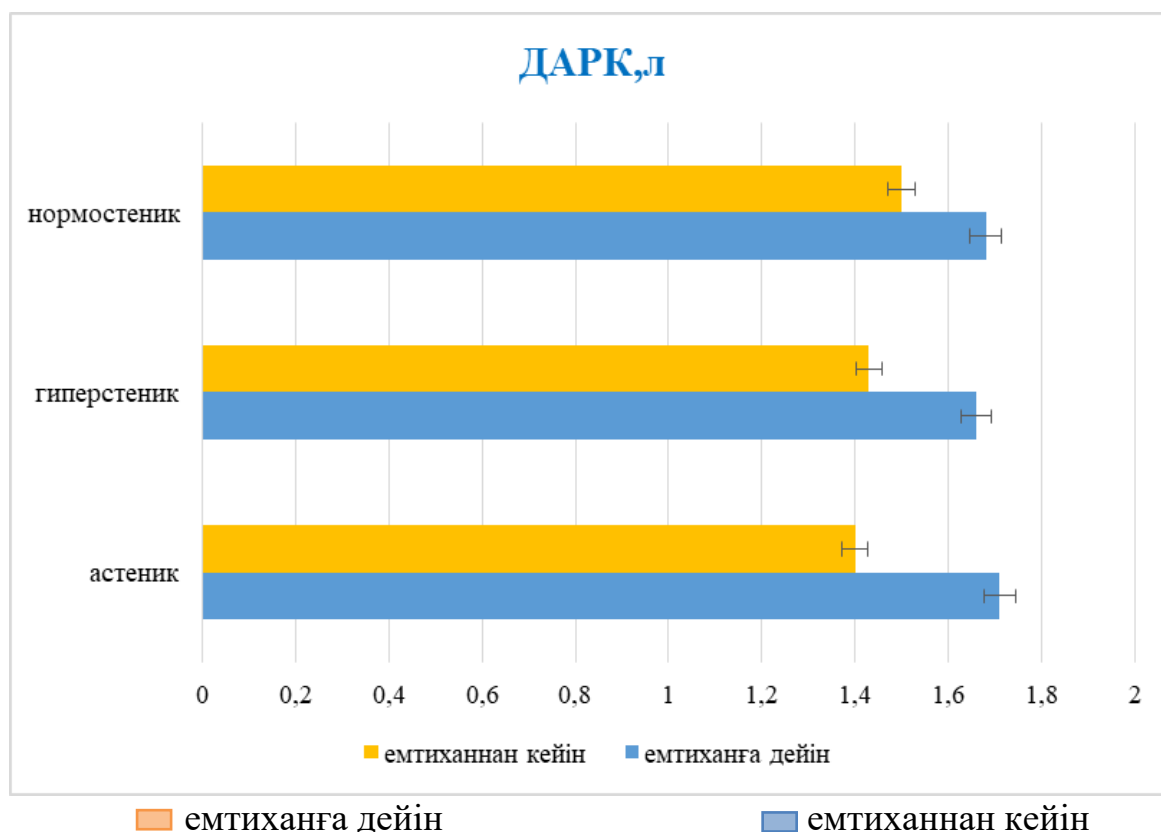


Сурет 8. Дем шығарудың резервтік көлемінің (ДШРК, л) көрсеткіштерінің өзгерістері

Демек бұл дегеніміз, барлық студенттерде емтиханнан кейін дем алудың резервтік көлемінің (ДАРК) де және дем шығарудың резервтік көлемінің (ДШРК) де айтарлықтай жоғарылағаны байқалады. Дем алудың резервтік көлемі (ДАРК) мен дем шығарудың резервтік көлемінің (ДШРК) емтиханнан кейінгі өзара айырмашылығы 8, 9-суреттерде көрсетілген.

Емтихан кезінде жаттықпаған адамдарда тыныс алудың тереңдігі емес, жиілігі өзгереді. Оларда тыныс алуы жиі беттік болады. Бұл өкпедегі ауа алмасудың тиімділігінің төмендеуіне алып келеді [18].

Дем алудың резервтік көлемі (ДАРК) мен дем шығарудың резервтік көлемі (ДШРК) барлық 60 адамда емтиханнан кейін өзгергенін аңғардық. Онымен қоса, астениктерде дем алуының резервтік көлемі (ДАРК) емтиханға дейін $1,40 \pm 0,06$ л, ал емтиханнан кейін $1,71 \pm 0,12$ л өзгереді. Нормостениктерде емтиханнан дейін 1,45 л, емтиханнан кейін 1,63 л өзгерді. Гиперстениктерде емтиханнан дейін 1,41 л, емтиханнан кейін 1,66 л өзгерді (9-сурет).



Сурет 9. Дем алудың резервтік көлемі (ДАРК, л) көрсеткіштерінің өзгерістері

Берілген мәліметтер бойынша тыныс алу көрсеткіштерінің деңгейі емтихандағы стресс әсерінен ағзада жүзеге асатын құрылымдық-функционалдық бейімделушілік құрылымдарын белгілейді.

Физикалық жүктемелер бұлшық еттің күшін ұлғайтады, ал ағзаны қоршаған ортаның жағдайларына бейімделуіне де әсер етеді. Бұлшық ет жүктемелерінің әсерінен жүрек соғысының жиілігі жоғарылайды, жүрек бұлшық еттері күштірек жиырылады, қан қысымы жоғарылайды. Бұлшық еттің жұмысы кезінде тыныс алу жиілігі жоғарылайды, дем алу тереңдейді, дем шығару күшейеді, өкпенің ауа алмасу қабілеті жақсарады. Бұл кардиореспираторлы жүйенің функционалды жақсаруына әкеледі [19].

Ал тыныс алу жүйесінің сыртқы тыныс алу көрсеткіштері астеник- студент қыздарында жоғары болып, астеник соматотипінің емтихан стресіне бейімделуінің төмен екені дәлелденді.

Емтиханнан кейінгі стресс жағдайы өкпедегі ауа алмасудың көлемін ұлғайтады. Көптеген зерттеушілер дәлелдеп өткендей, физикалық жүктеме және стресс кезіндегі организмде сыртқы тыныс алудың қарқындылығы көп деңгейде тыныс тереңдігіне және аз деңгейде тыныс алу жиілігінің артуына байланысты болады.

Қорытынды

Зерттеу нәтижесінде ең көп таралған *соматотип* – нормастениктер (43,3%), ал олардан екі есе кем – астениктер және гиперстениктер барлық зерттелген студент-қыздардың 33% құрағаны анықталды.

Астеник – студенттерде *ситуативті мазасыздықтың* жоғары деңгейі (45-80 балл) емтиханға дейін 16,7 % болса, емтиханнан кейін 2 есе өсіп, 38,1% құраған. Ал гипер- және нормастеник-студенттерде *ситуативті мазасыздықтың* орташа деңгейі (31-44 балл) емтихан стресі барысында – астениктерде 20%-ке төмендеп, ал нормастеник-студенттерде айтарлықтай өзгермеген, ал гиперстениктерде емтиханға дейін 100 %-ке жетіп, гиперстеник-студенттердің стресске бейімділігінің төмен деңгейін көрсетті. *Ситуативті мазасыздықтың* төмен деңгейі (20-30 балл) емтихан стресі барысында нормастениктерде 8,1 %-ке ғана артса, гиперстениктерде емтиханға дейін анықталмай, емтиханнан кейін 14,4 % құрағаны анықталды.

Ал *жеке мазасыздықтың көрсеткіштеріне* келсек жеке мазасыздықтың жоғары деңгейі (45-80 балл) тек астениктерде анықталып, емтиханға дейін 18,1% болса, емтиханнан кейін екі есе өсіп, 32,3% құраған. Гипер- және нормастеник-студенттерде жеке мазасыздықтың орташа деңгейі (31-44 балл) емтихан стресі барысында астениктерде 15%-ке төмендеп, нормастеник-студенттерде өзгермеген, ал гиперстениктерде емтиханнан дейін 100 %-ке жеткен. Жеке мазасыздықтың төмен деңгейі (20-30 балл) емтихан стресі барысында нормастениктерде 6%-ке ғана артса, гиперстениктерде емтиханға дейін 5,5% құрап, бұл стресске бейімделуінің төмен деңгейін көрсетті.

Үш соматотипте анықталған *ситуативті және жеке мазасыздықтың мәндері бойынша* гиперстеник-студенттерде стресске бейімделуінің төмен деңгейі анықталды.

Емтихан стресінің сыртқы тыныс алу көрсеткіштеріне әсеріне келетін болсақ: гипер- және нормастениктерде емтиханнан кейін сыртқы тыныс алу көрсеткіштерінде айтарлықтай өзгерістер анықталмады, ал *астеник-студенттерде* емтиханнан кейін тыныс алу жиілігі (ТАЖ)-19,2 рет/мин, тыныс алу көлемі (ТАК)-1,25 л, өкпенің тіршілік

сыйымдылығы (ӨТС)-1,8 л, дем алудың резервтік көлемі (ДАРК)-1,7 л, дем шығарудың резервтік көлемі (ДШРК)-1,7 л анықталды – бұл жоғарғы көрсеткіштер.

Сонымен, қорытындылай келе, 17-20 жас аралығындағы 2-3 курста оқитын әртүрлі соматотипке жататын 60 қыз-студенттер арасында өткізілген зерттеуге сәйкес, гиперстениктердің жеке және ситуативті мазасыздығының жоғарғы болатындығы анықталып, бұл соматотипке ие студенттердің стреске бейімделуінің төмен екендігі анықталса, ал тыныс алу жүйесінің сыртқы тыныс алу көрсеткіштері астеник-студент қыздарында жоғары болып, астеник соматотипінің емтихан стресіне бейімделуінің төмен екені дәлелденді.

Мүдделер қақтығысы

Барлық авторлар мақаланың мазмұнын оқып танысқан және мүдделер қақтығысы жоқ.

Авторлардың үлестері

Сүлейменова А.Е.: мәтінді жазу және оны сыни тұрғыдан қарау; жұмыс нәтижелерін жинау; талдау және түсіндіру; мақаланың соңғы нұсқасын жариялауға бекіту;

Татаева Р.Қ.: концептуализация, зерттеуді жүргізу үшін әдіс-тәсілдерді бекіту, мақала мазмұнын сыни тұрғыдан тексеру.

Исаева Н.Б.: концептуализация, зерттеу барысында материалдарды жинау және оларды талдау.

Нуржанқызы А.: әдеби шолу жасау, мәтінді жазу және жұмыс нәтижелерін жинау, жұмыстың концепциясын және дизайнын жасау.

Әдебиеттер тізімі

1. Баранов М.В., Холуева К.А. Стрессовые ситуации студентов в процессе обучения // Международный журнал экспериментального образования. – 2014. – Т. 1. – № 6. – С. 74-75.

2. Mirza A.A., Milaat W.A., Ramadan I.K., et al. Depression, anxiety and stress among medical and non-medical students in Saudi Arabia: an epidemiological comparative cross-sectional study // Neurosciences Riyadh. – 2021. – 26. – P.141-151.

3. McEwen B.S. Brain on stress: How the social environment gets under the skin // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2012. – 109 (Supplement 2). – P.17180-17185. DOI: 10.1073/pnas.11212541094.

4. Ткачук М.Г., Олейник Е.А., Дюсенова А.А. Спортивная морфология. – СПб.: Лань, 2023. – 236 с.

5. Карандашев В.Н., Лебедева М.С., Спилбергер Ч. Изучение оценочной тревожности. – Речь. – 2004. – 80 с.

6. Обновлённые методические рекомендации по проведению Спирометрии // [Электрон. ресурс] - URL:<https://viterramed.ru/medical-news/obnovlyennye-metodicheskie-rekomendatsii-po-provedeniyu-spirometrii/> (дата обращения 15.06.2024)

7. Постнова М.В. Соматотипирование как подход к индивидуализации здоровья сберегающего сопровождения человека на этапах образования и профессионального самоопределения // Вестник Волгоградского государственного университета. – 2015. – №5. – С. 40-47.

8. Пашков А.Н., Щетинкина Н.А., Парфенова Н.В. Некоторые особенности адаптивных реакций у студентов с различными типами телосложения // Медико-биологические и педагогические основы адаптации, спортивной деятельности и здорового образа жизни. VI Всероссийской заочной научно-практической конференции с международным участием. – Воронеж, Новый проект, 2017. – С. 64-66.

9. Moreira de Sousa J., Moreira C.A., Telles-Correia D. Acta Anxiety, depression and academic performance: a study amongst Portuguese medical students versus non-medical students // Med Port. – 2018. – Vol. 31. – P. 454-462.

10. Herman J.P., Cullinan W.E. Neurocircuitry of stress: Central control of the hypothalamo-pituitary-adrenocortical axis // Trends in Neurosciences. – 2017. – Vol. 41(9). – P. 609-621. DOI: 10.1016/j.tins.2017.06.008

11. Ханин Ю.П. Краткое руководство к применению шкалы реактивной и личностной тревожности Ч.Д. Спилбергера. – Ленинград, – 1976. – 18 с.

12. Beesdo K., Knappe S., Daniel S. Anxiety and Anxiety Disorders in Children and Adolescents: Developmental Issues and Implications for DSM-V // Journal Psychiatric Clinics of North America. – 2009. – Vol. 32. – P. 483-424.

13. Kaur R., Kaur S. Ruchika Garg. Impact of examination stress on cardiorespiratory parameters among medical students // National Journal of Physiology Pharmacy and Pharmacology. – 2024. – Vol. 14(2).

14. Noor Fathima J., Sridevi G., Preetha S. Evaluation on Lung Functions after Examination Stress in Student Population // Journal of Pharmaceutical Research International. – 2021. – Vol. 33 (48B). – P. 225-234. Article no. JPRI.74412/ISSN: 2456-9119.

15. Chrousos G.P. Stress and disorders of the stress system // Nature Reviews Endocrinology. – 2009. – Vol. 5(7). – P. 374-381. DOI: 10.1038/nrendo.2009.106

16. Kalia M. Neurobiology of stress // Journal of the American Heart Association. 2015. – Vol. 6(10). – e003299. DOI: 10.1161/JAHA.117.003299

17. Мельников В.И. Экзаменационный стресс студентов и основные методы его оптимизации // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2012. – №18. – С. 295-304.

18. Токаева Л.К., Павленкович С.С. Адаптивные реакции на учебный процесс студентов-спортсменов с разным уровнем тревожности // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 9 (часть 2) – С. 309-313.

19. Slavich G.M., Irwin M.R. From stress to inflammation and major depressive disorder: A social signal transduction theory of depression // Psychological Bulletin. – 2014. – Vol. 140(3). – P. 774-815. DOI: 10.1037/a0035302

А.Е. Сулейменова¹, Р.К.Татаева¹, Н.Б. Исаева², А. Нуржанқызы¹

¹Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

²Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, Алматы, Казахстан

Влияние экзаменационного стресса на уровень тревоги и показатели дыхания обучающихся с разным соматотипом

Аннотация. В статье изучен уровень ситуативной и личной тревожности студентов с разными соматотипами, также внешние показатели дыхания: частота дыхания (ЧД), дыхательный объем в покое (Доп), жизненная емкость легких (ЖЕЛ), резервный объем вдоха (РОВд), резервный объема выдоха (РОВыд) при экзаменационном стрессе.

В настоящее время здоровье студенческой молодежи требует большого внимания, ведь студенты являются одной из представительных групп населения нашей страны. Здоровье молодого поколения формируется под воздействием биологических и социальных факторов. Способность сохранять устойчивость своего организма к экзогенным факторам, адаптироваться к изменяющимся условиям окружающей среды зависит от состояния физического развития обучающихся, функционирования органов и систем. Адаптация к комплексу факторов, характерных для высшей школы в современной педагогической среде, представляет собой сложный и многоуровневый социально-психо-физиологический процесс, сопровождающийся значительным напряжением компенсаторных систем организма.

Тревожность – психическое состояние человека, связанное с повышенным эмоциональным или физическим напряжением, склонностью испытывать тревогу и страх в конкретных социальных ситуациях. Актуальность изучения факторов тревожности и эмоциональной устойчивости (толерантности) определяется, прежде всего, экстремальностью и динамикой текущей жизни субъекта, что приводит его к стрессу, к хроническому психоэмоциональному напряжению и к страху в пространстве и во времени.

Гомеостаз дыхательной системы является предпосылкой ее нормального функционирования и обеспечивается рядом физиологических механизмов, среди которых особенно важное место занимает кондиционирующая функция легких. Изменение температуры и влажности вдыхаемого воздуха к состоянию организма осуществляется благодаря сложным процессам тепломассообмена в дыхательных путях. Многие аспекты этого процесса в норме и особенно при патологии органов дыхания представляют собой спорные вопросы.

Наше исследование показало снижение адаптационных и физических способностей студентов-первокурсников с разным соматотипом к условиям обучения, изменение физиологических показателей после экзаменационного стресса.

В ходе исследования у студентов-первокурсников с астеническим соматотипом отмечалось очень высокие уровни личной и ситуативной тревожности, это повышение тревожности свидетельствует о недостаточной эмоциональной адаптации к экстремальной ситуации. Высокий уровень тревожности угрожает психическому здоровью человека, способствует развитию невротических состояний. Высокий уровень постоянной тревожности рассматривается как состояние, приводящее к развитию психосоматической патологии.

В статье исследованы показатели дыхательной системы у студентов-первокурсников во время экзамена: по сравнению со студентами-гиперстениками и студентами-астениками, у студентов-нормостеников показатели гемодинамики достоверно увеличились, что свидетельствует, о влиянии экзаменационного стресса на достоверное увеличение частоты дыхания, что в большой степени связано с объемом дыхания и в меньшей степени - с частотой дыхания исследуемых.

Ключевые слова: тревожность, жизненная емкость легких (ЖЕЛ), резервный объем вдоха (РОВд), резервный объема выдоха (РОВвд), стресс, соматотип.

A.E. Suleimenova¹, R.K. Tatayeva¹, N.B. Issayeva², A. Nurzhankyzy¹

¹L.N. Gumilev Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

Influence of exam stress on the level of anxiety and respiratory indicators of the body of students with different somatotypes

Abstract. The article studied the level of situational and personal anxiety of students with different somatotypes, as well as external indicators of breathing: respiratory rate (RR), tidal volume at rest (TVR), vital capacity (VC), inspiratory reserve volume (IRV), expiratory reserve volume (ERV) under exam stress.

Currently, the health of students requires a lot of attention, because students are one of the representative groups of the population of our country. The health of the younger generation is formed under the influence of biological and social factors. The ability to maintain the resistance of one's body to exogenous factors and to adapt to changing environmental conditions depends on the state of physical development of students, the functioning of organs and systems. Adaptation to a complex of factors characteristic of higher education in a modern pedagogical environment is a complex and multi-level socio-psycho-physiological process, accompanied by significant tension in the body's compensatory systems.

Anxiety is a mental state of a person associated with increased emotional or physical stress, a tendency to experience anxiety and fear in specific social situations. The relevance of studying the factors of anxiety and emotional stability (tolerance) is determined, first of all, by the extremity and dynamics of the subject's current life, which leads him to stress, chronic psycho-emotional tension and fear in space and time.

Homeostasis of the respiratory system is a prerequisite for its normal functioning and is ensured by a number of physiological mechanisms, among which the conditioning function of the lungs occupies a particularly important place. The change in temperature and humidity of inhaled air to the state of the body is carried out due to complex processes of heat and mass transfer in the respiratory tract. Many aspects of this process in normal conditions and especially in pathologies of the respiratory system are controversial issues.

Our study showed a decrease in the adaptive and physical abilities of first-year students with different somatotypes to learning conditions, and changes in physiological indicators after exam stress.

During the study, first-year students with an asthenic somatotype had very high levels of personal and situational anxiety; this increase in anxiety indicates insufficient emotional adaptation to an extreme situation. A high level of anxiety threatens a person's mental health and contributes to the development of neurotic conditions. A high level of constant anxiety is considered as a condition leading to the development of psychosomatic pathology.

The article examines the indicators of the respiratory system in first-year students during the exam: in comparison with hypersthenic students and asthenic students, normosthenic students have significantly increased hemodynamic indicators, which indicates the influence of exam stress on a significant increase in respiratory rate, which is a large factor. Degree is related to the volume of breathing and, to a lesser extent, to the breathing frequency of the subjects.

Key words: anxiety, vital capacity (VC), inspiratory reserve volume (IRV), expiratory reserve volume (ERV), stress, somatotype.

References

1. Baranov M.V., Kholueva K.A. Stressovye situatsii studentov v protsesse obucheniya, *Mezhdunarodnyi zhurnal ehksperimental'nogo obrazovaniya* [Stressful situations of students in the learning process // International Journal of Experimental Education], 1(6), 74-75 (2014). [in Russian]
2. Mirza A.A., Milaat W.A., Ramadan I.K., et al. Depression, anxiety and stress among medical and non-medical students in Saudi Arabia: an epidemiological comparative cross-sectional study [*Neurosciences (Riyadh)*], 26, 41-151(2021).
3. McEwen B. SBrain on stress: How the social environment gets under the skin [Proceedings of the National Academy of Sciences], 109(Supplement 2), 17180-17185 (2012). DOI: 10.1073/pnas.11212541094.
4. Tkachuk M.G., Oleinik E.A., Dyusenova A.A. Sportivnaya morfologiya [Sports morphology] (SPb.: Lan', 2023, 236 p.) [in Russian]
5. Karandashev V.N., Lebedeva M.S., Spilberger CH. Izuchenie otsenochnoi trevozhnosti [Study of evaluative anxiety] (Rech', 2004, 80 p.) [in Russian]
6. Obnovlennye metodicheskie rekomendatsii po provedeniyu Spirometrii [Electronic resource]- Available at: <https://viterramed.ru/medical-news/obnovlyennye-metodicheskie-rekomendatsii-po-provedeniyu-spirometrii> (Accessed: 15.06.2024)
7. Postnova M.V. Somatotipirovanie kak podkhod k individualizatsii zdorov'e sberegayushchego soprovozhdeniya cheloveka na ehtapakh obrazovaniya i professional'nogo samoopredeleniya, Newspaper «Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta» [Somatotyping as an approach to individualization of health-saving support for a person at the stages of education and professional self-determination, Bulletin of Volgograd State University] 5, 47 (2015). [in Russian]
8. Pashkov A.N., Shchetinkina N.A., Parfenova N.V. Nekotorye osobennosti adaptivnykh reaktsii u studentov s razlichnymi tipami teloslozheniya, Mediko-biologicheskie i pedagogicheskie osnovy adaptatsii, sportivnoi deyatel'nosti i zdorovogo obraza zhizni : materialy dokladov // VI Vserossiiskoi zaochnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, Voronezh: Novyi proekt [Some features of adaptive reactions in students with different body types, Medical-biological and pedagogical foundations of adaptation, sports activity and a healthy lifestyle: materials of reports of the VI All-Russian correspondence scientific and practical conference with international participation, Voronezh: New project], 64-66 (2017). [in Russian]
9. Moreira de Sousa J, Moreira CA, Telles-Correia D. Acta. Anxiety, depression and academic performance: a study amongst Portuguese medical students versus non-medical students [Med Port], 31, 454-462 (2018).
10. Herman J. P., Cullinan W. E. Neurocircuitry of stress: Central control of the hypothalamo-pituitary-adrenocortical axis [Trends in Neurosciences, 41(9), 609-621 (2017). DOI: 10.1016/j.tins.2017.06.008
11. Khanin Y.U.P. Kratkoe rukovodstvo k primeneniyu shkaly reaktivnoi i lichnostnoi trevozhnosti CH.D. Spilbergera [A brief guide to the use of the scale of reactive and personal anxiety by Ch.D. Spielberger] (Leningrad, 1976, 18 p.) [in Russian]
12. Beesdo K., Knappe S., Daniel S. Trevoga i trevozhnye rasstroistva u detei i podrostkov , problemy razvitiya i znachenie dlya DSM-V, Zhurnal psikiatricheskikh klinik Severnoi Ameriki [Anxiety and Anxiety Disorders in Children and Adolescents, Developmental Issues and Implications for DSM-V, Journal Psychiatric Clinics of North America], 32(1), P. 483-424. (2009).

13. Kaur R., Kaur S. Ruchika Garg. Impact of examination stress on cardiorespiratory parameters among medical students [National Journal of Physiology Pharmacy and Pharmacology], 14(2), (2024).
14. J. Noor F., Sridevi G., Preetha S. Evaluation on Lung Functions after Examination Stress in Student Population [Journal of Pharmaceutical Research International], 33(48B), 225-234 (2021). Article no.JPRI.74412/ISSN: 2456-9119
15. Chrousos G.P. Stress and disorders of the stress system [Nature Reviews Endocrinology], 5(7), 374-381(2009). DOI: 10.1038/nrendo.2009.106
16. Kalia M. Neurobiology of stress [Journal of the American Heart Association], 6(10), e003299(2015). DOI: 10.1161/JAHA.117.003299
17. Mel'nikov V.I. Ehkzamenatsionnyi stress studentov i osnovnye metody ego optimizatsii. Newspaper «Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta putei soobshcheniya» [Examination stress of students and the main methods of its optimization, Bulletin of the Siberian State University of Transport], 18, 295-304 (2012). [in Russian]
18. Tokaeva L.K., Pavlenkovich S.S. Adaptivnye reaktsii na uchebnyi protsess studentov-sportsmenov s raznym urovnem trevozhnosti [Fundamental'nye issledovaniya], № 9 (chast' 2), 309-313 (2011) [in Russian]
19. Slavich G.M., Irwin M.R. From stress to inflammation and major depressive disorder: A social signal transduction theory of depression [Psychological Bulletin], 140(3), 774-815 (2014). DOI: 10.1037/a0035302

Авторлар туралы мәлімет:

Сулейменова А.Е. – биология ғылымдарының кандидаты, жалпы биология және геномика кафедрасының доценті, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қажымұқан көш., 13, Астана, Қазақстан.

Татаева Р.К. – медицина ғылымының докторы, жалпы биология және геномика кафедрасының профессоры, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қажымұқан көш., 13, Астана, Қазақстан.

Исаева Н.Б. – магистр, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, әл-Фараби даңғылы, 71, Алматы, Қазақстан.

Нуржанқызы А. – 2 курс магистранты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қажымұқан көш., 13, Астана, Қазақстан.

Information about authors:

Suleimenova A.E. – Candidate of Biological Sciences, associate professor of the Department of General Biology and Genomics, L.N. Gumilyov Eurasian National University named, Kazhymukan street 13, Astana, Kazakhstan.

Tatayeva R.K. – Doctor of Medical Sciences, professor of the Department of General Biology and Genomics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Str. Kazhymukan, 13, Astana, Kazakhstan.

Issayeva N.B. – master of natural sciences, Al-Farabi Kazakh National University, Al-Farabi Ave. 71, Almaty, Kazakhstan.

Nurzhankyzy A. – 2nd year master's student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazhymukan street, 13, Astana, Kazakhstan.



IRSTI 34.15.23
Review article

<https://doi.org//10.32523/2616-7034-2024-148-3-145-165>

MitomiRs: The Role of Mitochondrial miRNAs in Regulating Radiation-Induced Cellular Senescence

M.A. Ibragimova^{id}, A.A. Kussainova^{id}, A.A. Aripova^{id}, R.I. Bersimbaev^{id}, O.V. Bulgakova*^{id}

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

*Corresponding author: ya.summer13@yandex.kz

Abstract. The problem of human exposure to ionizing radiation has attracted increasing attention in various scientific fields. Recently, a substantial amount of data has been collected on the age-related risks associated with radiation exposure, which has enabled researchers to uncover the relationship between ionizing radiation and cellular senescence. This has led to the search for cellular targets of radiation, with mitochondria being one of the identified targets. Ionizing radiation causes mitochondrial dysfunction and the emergence of a characteristic age-related phenotype in cells, including increased ROS production, SASP development, changes in the epigenetic profile, and genomic instability. Mitochondrial dysfunction is often underestimated as a crucial hallmark of cellular senescence, and its underlying mechanisms are extensive and complex. In particular, mitochondrial miRNAs (mitomiRs) that regulate mitochondrial gene expression, and consequently, the function and dynamics of the organelles themselves, are of particular interest. Considering that mitomiRs are highly sensitive to even minor disturbances arising from irradiation, resulting in significant changes in their expression, they may serve as promising biomarkers of radiation exposure. In this review, we examine the evidence supporting the key role of mitomiRs in radiation-induced cellular senescence and integrate the latest knowledge on the underlying molecular mechanisms of this interaction.

Keywords: cellular senescence, ionizing radiation, mitochondria, mitomiRs, mitochondrial dysfunction, SASP.

Introduction

Questions regarding the mechanisms of organism aging and the possibility of its slowing down have been of interest to the scientific community for several decades. Considering that the solution to complex processes often lies in details, the cellular theory of aging was proposed at the end of the 20th century [1]. The paradigm of the proposed theory is that, by studying the mechanisms of aging of individual cells, one can obtain an idea of the aging process of the organism as a whole. In the following years, the cellular theory of aging has been widely recognized and is now generally accepted [2–4]. In scientific literature, the term “cellular aging” or “senescence” is defined as an irreversible cell cycle arrest occurring in response to various stressors and acquiring a characteristic secretory phenotype [5].

The concept of the exposome, which encompasses the effects of the environment on an individual throughout its lifespan, is of great importance in senescence [6,7]. For the most part, it concerns the interaction between the (epi)genome and individual components of the exposome, such as ionizing radiation, UV irradiation, and toxins [7,8]. Recently, environmental radiation pollution has garnered considerable attention due to the extensive utilization of ionizing radiation across diverse aspects of life. People are exposed to radiation in various ways, ranging from natural sources of exposure [9] to industry [10], as well as a broad spectrum of medical procedures that involve the use of X-rays [11,12].

The effects of ionizing radiation on cells can vary depending on factors such as the dose, power, LET, and duration of irradiation. Sometimes, cellular response mechanisms can mitigate the negative consequences of radiation exposure. On other occasions, however, they may result in apoptosis or senescence [13]. Double-strand breaks (DSBs) in DNA are the most destructive effect of radiation. Ionizing radiation can cause DSBs directly or indirectly by generating reactive oxygen species (ROS) and causing mitochondrial dysfunction [14].

MiRNAs are significantly involved in the response to DNA damage, cell death, and tumor aggression [15–18]. The main role of these small non-coding RNA molecules in organisms is the regulation of target genes expression [19]. Although miRNAs are commonly thought of as repressors that “switch off” target genes, it is important to recognize that they can also function as activators, promoting their targets [20]. Multiple miRNAs can enhance or repress translation depending on the state of the cell cycle [20,21]. The regulatory network that determines the relationship between miRNAs and mRNAs is complex and multifaceted. On the one hand, a miRNA can influence the functionality of one or several mRNAs. Conversely, the expression of mRNA transcript can be modulated by many different miRNAs [22]. This flexibility of the interaction system makes it possible to regulate biological processes on a large scale.

As noted earlier, ionizing radiation poses a threat to genome integrity. Given the inherent role of miRNAs as regulators, it is reasonable to assume that they are also involved in cellular response to radiation. However, the involvement of specific miRNAs remains unclear. Much of the available data indicate differential expression of miRNAs under the influence of ionizing radiation [23]. By employing high-throughput technologies such as sequencing, PCR-RT, and others, certain miRNAs have been identified with altered expression levels following irradiation

[16,24]. Although the scientific community has a wealth of knowledge about miRNAs, there is still incomplete information regarding their radiosensitivity and radioresistance. Researchers are still working on identifying particular miRNAs that show significant changes due to radiation exposure, with the aim of utilizing them to monitor the consequences of ionizing radiation.

In this review, we discuss promising mitochondrial miRNAs associated with radiation-induced cellular senescence. We hope that our findings, along with future studies examining the mechanisms of radiation-induced changes in mitochondrial function and miRNAs, will significantly contribute to the development of senotherapy and therapeutic approaches for mitigating the harmful effects of radiation exposure.

1. The Mitochondrial Basis of Cellular Senescence

The history of studying the role of mitochondria in cellular senescence processes began with the Free Radical Theory of Aging (FRTA). According to FRTA, aging is mediated by the accumulation of cellular damage initiated by free radicals [25]. Therefore, scientists have focused their attention on mitochondria, the main source of ROS [26]. Currently, the significance of FRTA is being called into question, and various interpretations of ROS's function in the aging process are being developed. ROS serves as essential signaling molecules that relay information to cells about potential danger and enable them to respond to stress [27]. However, excessive accumulation of ROS leads to molecular damage and oxidative stress, which is characterized by an imbalance between excessive ROS production and the ability of the cell's antioxidant system to cope with it [8].

Thus, the idea of FRTA in its pristine form, although disputed, once served as a solid foundation for studying the relationship between mitochondria and senescence. Over the past few years, the concept of the negative role of ROS has been revised and presented based on the gradual response hypothesis [28]. ROS is thought to function as a stress signal in response to age-related damage, indicating elevated levels of free radicals as a result rather than a cause of aging. However, excess ROS can exceed the antioxidant capacity of the cell, provoking oxidative damage, and ultimately contributing to age-related genomic instability [27,28]. This duality of ROS is well demonstrated by the influence of exposome components [8]. In addition to intracellular sources, oxidants are actively formed because of external triggers, particularly radiation. The connection between the indirect negative effects of ionizing radiation and oxidative stress in irradiated cells is closely intertwined with the process of radiolysis of water, which promotes the increased formation of intracellular ROS [29].

In addition to the impaired antioxidant system and increased ROS levels, the mitochondria's involvement in cellular senescence is also attributed to their own genome [30,31]. Mitochondrial DNA (mtDNA) is a vulnerable target of both exogenous and endogenous factors. Accumulation of mtDNA mutations leads to changes in mitochondrial biogenesis and dysfunction, which in turn initiate premature cellular senescence and the manifestation of an age-related phenotype [32–35]. Changes in the number of mtDNA copies have been proposed as biomarkers of

mitochondrial dysfunction in response to ionizing radiation [36]. Senescent cells have increased levels of cytosolic mtDNA [37] and a high frequency of mtDNA mutations [38].

The release of mtDNA under conditions of metabolic stress leads to activation of the cGAS-STING pathway, mediating the development of the senescence-associated secretory phenotype (SASP) [39]. Senescent cells produce numerous signalling molecules in their microenvironment, including proinflammatory cytokines, chemokines, growth factors, and proteases, the most extensively considered of which are IL-1 α , IL-1 β , IL-6, IL-8, TNF- α , and MMP-1. The association of these molecules represents a major component of SASPs that contributes to the maintenance of cellular senescence [40]. Additionally, higher levels of ROS [31] and DNA damage can trigger the activation of the NF- κ B family of transcription factors, which play a significant role in responding to stress and regulating a vast array of genes [41]. NF- κ B, along with cGAS-STING, acts as one of the main inducers of SASP [42]. Interestingly, treatment of senescent cells with antioxidants decreases ROS levels and inhibits NF- κ B pathway activation; however, direct inactivation of NF- κ B has no effect on ROS production [43].

Furthermore, mitochondrial dysfunction triggers the onset of a specific type of cellular senescence known as mitochondrial dysfunction-associated senescence (MiDAS). The signs of MiDAS in senescent cells are typically related to a decrease in the NAD⁺/NADH coenzyme ratio, rather than mtDNA or ROS, which leads to the activation of AMP-activated protein kinase (AMPK) [44]. Similarly, AMPK activation, increased ROS, increased mitochondrial mass and mtDNA were demonstrated in a study on the manifestation of stress-induced cellular senescence [45]. Mitochondrial metabolism is highly dependent on the NAD⁺/NADH ratio [46,47]. Disruption of mitochondrial metabolism can have serious consequences, including interference with epigenetic regulation. The interaction of mitochondria with epigenetic markers can also be disturbed by environmental pollutants [46]. Interestingly, the aryl hydrocarbon receptor (AhR) was recently proposed as a model of the “exposome receptor”. AhR activation has been reported to occur in response to exposure to environmental pollutants, initiating a range of toxic events through mitochondrial dysfunction [46]. AhR is involved in many physiological processes, including pathological conditions, through epigenetic mechanisms involving miRNAs. AhR-dependent expression of miRNAs depends on cell type, ligand, and other aspects [48]. A protective function of AhR in the context of oxidative DNA damage through its agonist β -naphthoflavone (BNF) has been observed without affecting ROS levels in cells. Exposure to ionizing radiation leads to AhR activation [49], and the suppression of apoptosis and cell cycle arrest in a BNF-dependent manner [50].

These and other observations confirm the existence of a strong relationship between mitochondria and cellular senescence (Figure 1). This relationship was further confirmed by experiments in which mitochondria-depleted cells exposed to various senescence-inducing stressors (i - X-ray irradiation, ii - oxidative stress, iii - oncogene-induced senescence, and iv - replicative senescence) showed a decrease in the level of ROS, SASP factors, and other signs of senescence phenotype [51].

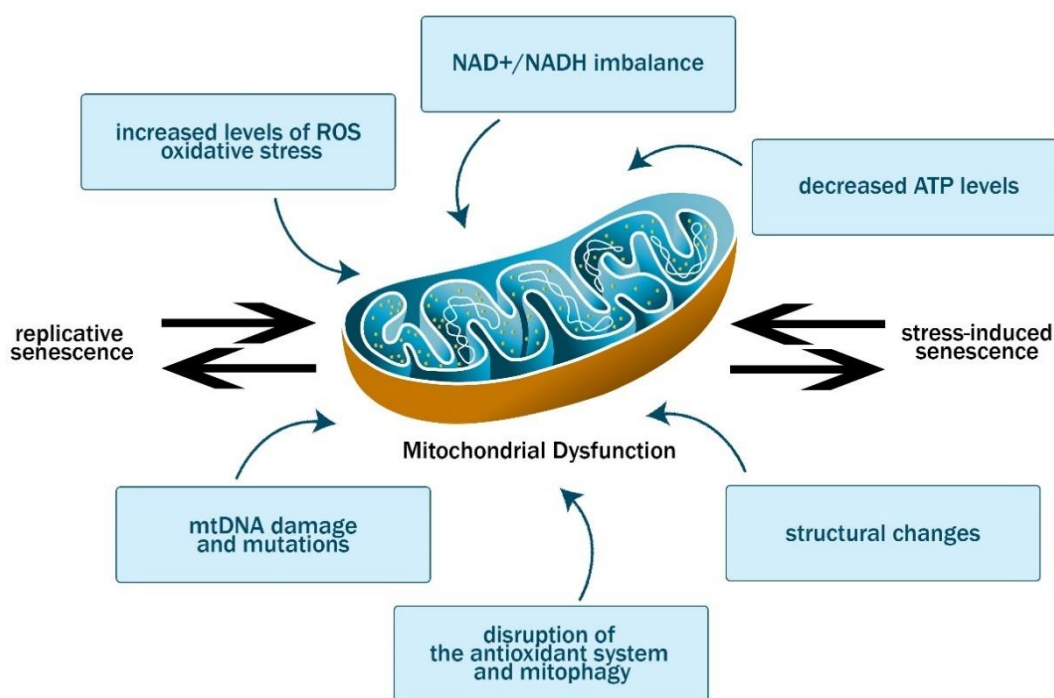


Figure 1. Relationship between mitochondrial dysfunction and cellular senescence

The mitochondria in senescent cells show several changes in terms of function, structure, and dynamics. Oxidative stress, damage and accumulation of mitochondrial DNA (mtDNA) mutations, impaired antioxidant systems, and mitophagy have been observed in senescent cells. Structural changes are mediated by the elongation of mitochondria and an increase in their total mass. Adenosine 5'-triphosphate (ATP) levels are reduced, there is an imbalance in the NAD⁺/NADH ratio, and excessive production of reactive oxygen species (ROS) is demonstrated.

2. Mitochondrial miRNAs in Cellular Senescence

The previously presented data indicate the extensive involvement of miRNAs in the regulation of multiple cellular processes, including the intriguing relationship of the “exposomal receptor” AhR with epigenetic mechanism [48], as well as the influence of redoximiRs on the expression of genes responsible for ROS generation and antioxidant defence [8,52,53]. Previous research, including ours, has demonstrated that exposure to ecotoxins triggers a variety of cytotoxic effects. Specifically, the effect of chrysotile on cells is dose-dependent, resulting in increased levels of ROS and the development of oxidative stress, as well as a significant increase in the level of free-circulating mtDNA and decreased cell viability. Notably, surviving cells exhibit altered miRNAs expression [54]. Therefore, changes in the miRNA profile are a manifestation of the cellular response to toxic factors. This suggests a key role for miRNAs in stress-induced cellular senescence. In particular, mitomiRs, miRNAs localized in mitochondria and controlling their function, occupy a separate area of interest [55]. The study of mitomiRs holds significant promise

in the diagnosis and treatment of various diseases. The regulation of mitochondria by mitomiRs plays a crucial role in the pathophysiology of numerous diseases that result from mitochondrial dysfunction. Our previous research highlighted the significant role of mitochondrial miRNAs in the development of radon-induced and asbestos-induced lung cancer [56–58].

Some mitomiRs, known as SA-mitomiRs, have been reported to promote cellular senescence by affecting various pathways, including regulating p53/p21/p16/pRb signalling proteins as well as promoting SASP (Figure 2) [59,60]. p53/p21 and p16/pRb represent two complementary pathways involved in the regulation of cellular senescence. Both pathways are implicated in the initiation and duration of senescence. Although the p53/p21 pathway allows the initiation of cellular senescence, p16/pRb is responsible for its maintenance [61]. It has been observed that acute DNA damage under conditions of replicative senescence leads to temporary arrest of the cell cycle due to p53/p21 activation. In contrast, persistent DNA damage initiates p16/pRb expression, which ultimately promotes cellular senescence [62]. Regarding SASP and inflammation, the close relationship between SASP and senescence is well-documented [63]. Using bioinformatics analysis, Rippo et al. [64] showed that some mitomiRs (let-7b, miR-146a, -133b, -106a, -19b, -20a, -34a, -181a, and miR-221) are involved in cellular senescence via inflammation. Previously, it was proposed to update FRTA by unifying oxidation, age-related changes in mitochondrial function, and immune system function into the concept of “oxi-inflamm-aging” [65].

2.1. miR-146a

miR-146a is one of the most extensively investigated mitomiRs that are associated with the regulation of SASPs. It is particularly intriguing to note the relationship between miR-146a and cellular senescence, as well as inflammation. The activation of NF- κ B initiates the transcription of mediators of SASP and miR-146a, which subsequently regulates TRAF6 and IRAK1 [66]. Through a negative feedback pathway, miR-146a acts as a negative regulator of inflammation by reducing the expression of proinflammatory cytokines [67–69]. However, the direct expression of miR-146a in senescent cells remains unclear. According to the study, there was an increase in the expression of miR-146a, as well as miR-181a and miR-34a, in the mitochondria of replicatively senescent human umbilical vein endothelial cells (sHUVeCs) when compared to younger cells (yHUVeCs) [70]. Similarly, miRNAs profiling in sHUVeCs showed high activation of miR-146a, miR-9, miR-204 and miR-367 and their association with inflammation through toll-like receptor (TLR) signaling pathways [71]. Another investigation was conducted on sHUVeCs, which demonstrated that miR-146a levels decreased as cells aged, and its overexpression led to fewer SA- β -gal-positive cells [72]. The targeting analysis showed that miR-146a targets NOX4 (NAPDH oxidase 4). Inhibition of NOX4 has been linked to reduced ROS generation, decreased oxidative stress and inflammation, and suppressed expression of VCAM-1 and ICAM-1 proteins [73].

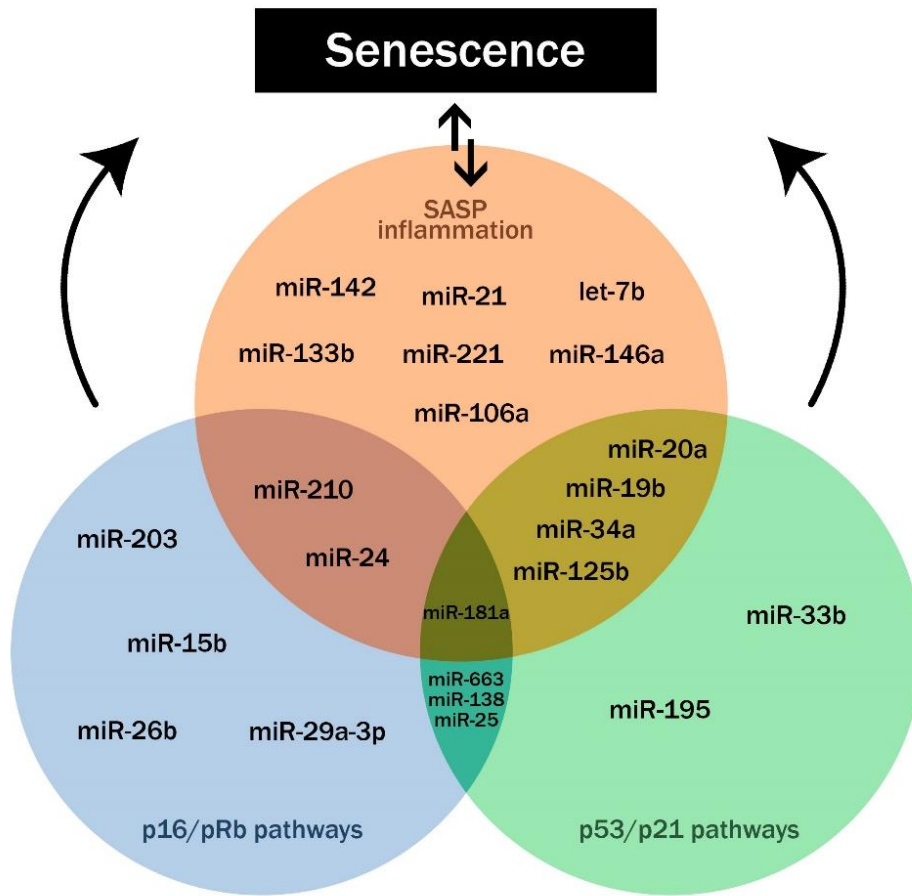


Figure 2. Venn diagram showing the mitomiRs involved in cellular senescence (SA-mitomiRs).

Schematic representation of the mitomiRs involved in cellular senescence through three major senescence mechanisms: the p53/p21 pathway (green circle), the p16/pRb pathway (blue circle), and SASP-induced inflammation (red circle). Common SA-mitomiRs for several mechanisms were presented at the intersection

2.2. miR-34a

The role of miR-34a as a significant inhibitory regulator of SIRT1 has been widely recognized and its involvement in the p53/p21 pathway is commonly referenced [60,74]. Sirtuins, more commonly known as SIRT1s, play an important role in regulating mitochondrial function and overseeing the quality control of mitochondria through the process of mitophagy [75]. During cellular senescence, SIRT1 is identified as an autophagy substrate and undergoes cytoplasmic autophagosomal-lysosomal degradation via the major autophagy marker LC3 [76]. As SIRT1 levels decline with age, it may be linked to its ability to negatively regulate the expression of SASP factors [77]. Thus, we propose SIRT1 as an antagonist of senescence. These findings are

supported by a study on stress-induced senescence of human retinal endothelial cells (HuRECs), which showed increased expression of miR-34a, p21, and p16, and decreased levels of SIRT1. Accompanying these changes were impaired mitochondrial function and decreased levels of mitochondrial biogenesis factors such as PGC-1 α , NRF1, and TFAM. However, the use of a miR-34a inhibitor prevented the observed mitochondrial dysfunction and stopped the overall increase in senescence markers [78].

2.3. miR-181a

Returning to the versatility of miRNAs in interacting with mRNAs, it is noteworthy that miR-34a is just one of several regulators of SIRT1. As reported by Munk et al. [60], miR-181a also targets SIRT1, allowing for the modulation of cellular senescence through p53 activation. Although miR-181a targeting SIRT1 may function as a senescence accelerator, some sources contradict this and suggest that it is the suppression of miR-181a-5p, along with the inhibition of miR-30a-3p and the overexpression of miR-30a-5p, that promotes cellular senescence [79]. his finding is inconsistent with the study by Huang et al. [80], which demonstrated that inhibition of miR-181a reduces stress-induced cellular senescence and oxidative stress.

2.4. miR-17-92 cluster: miR-19b and miR-20a

miR-17-92, one of the most well-studied clusters that includes miR-19b and miR-20a, has garnered significant interest since its discovery due to its oncogenic properties and link to aging [81]. A comprehensive study of multiple replicative senescence models demonstrated the suppression of miR-19b and miR-20a in six of them [82]. Apart from its role in tumorigenesis, the miR-17-92 cluster has also been shown to inhibit oncogene-induced cellular senescence by targeting p21 through miR-20a and miR-17, which slow down RAS-induced senescence in primary human fibroblasts BJ and WI38 [83]. Consequently, the miR-17-92 cluster highlights the interconnectedness of cellular senescence with the processes of carcinogenesis.

2.5. miR-29a-3p

miR-29 and miR-30 members of the family, which are regulated by pRb, exhibit heightened expression during both normal and premature senescence. These miRNAs have been implicated in the control of cellular senescence by suppressing the oncogene B-Myb [84]. Previous research has demonstrated that inhibition of B-Myb alone is sufficient to trigger senescence [85]. A comprehensive miRNA profiling analysis of human umbilical cord mesenchymal stem cells (UCMSCs) and cord blood mesenchymal stem cells (CBMSCs) identified 170 differentially expressed miRNAs, among which 83 miRNAs, including miR-29a-3p, were upregulated, while the remaining 87 miRNAs were downregulated [86].

2.6. miR-15b, miR-24 and miR-25

miR-15b, miR-24, and miR-25 have been found to act as inhibitors of cellular senescence, targeting MKK4 (mitogen-activated protein kinase kinase 4), which is significantly increased in senescent cells [87]. By inhibiting MKK4, these miRNAs suppress the p16/pRb pathway and delay the senescence of WI-38 fibroblasts. On the other hand, decreased expression of these

miRNAs promotes the senescent phenotype [88]. In addition, miR-25, in combination with miR-30d, negatively regulates the TP53 gene by reducing p53 protein levels and delaying the senescence process [89].

2.7. *let-7 family: let-7b*

let-7b is part of the largest and most conserved family of let-7 miRNAs. In their comprehensive study, Giuliani et al. [90] investigated the potential role of several senescence-associated mitomiRs, including let-7b, in the oxidative, inflammatory, and energy status of senescent cells, with a particular focus on let-7b, miR-1, and miR-146a-5p. By targeting mitochondrial proteins such as ATP6, ATP8, COX2, and ND5 [91], let-7b plays a critical role in mitochondrial function. Disruption of let-7b expression may lead to a loss of organelle integrity and function, initiating or exacerbating inflammatory responses and cellular senescence.

2.8. *miR-221*

The relationship between miR-221 and inflammation is fascinating. On one hand, it has been observed that miR-221 activates the NF-κB pathway in human endothelial cells [92]. On the other hand, there is a significant decrease in miR-221 expression in response to inflammatory stimuli [93]. The overexpression of miR-221-3p, miR-19b-3p, and miR-222-3p has been shown to increase intracellular ROS levels by targeting PGC-1α [94], which highlights the role of miR-221 in both inflammatory and antioxidant processes.

3. Differential Expression of MitomiRs in Radiation Responses

Comprehending the target genes involved in senescence and uncovering the pathways by which mitomiRs contribute to this process can shed light on the molecular basis of radiation-induced cellular senescence. By examining the differential expression of SA-mitomiRs after exposure to ionizing radiation, we can gain insights into the regulatory mechanisms underlying their interactions (Table 1). Targeting SA-mitomiRs may offer a new strategy for modulating radiation-induced cellular senescence and holds great potential for therapeutic intervention.

Table 1
The differential expression of SA-mitomiRs in response to exposure to ionizing radiation

SA-mitomiRs	Expression	Radiation	Effect	Ref.
miR-146a	↑	X-rays 1.7 Gy/min 4, 8, 12 and 24 h	Two induction peaks were observed after irradiation: one after 8 h and the other after 24 h	[95]
miR-34a	↑	¹³⁷ Cs 5 Gy 5 days after irradiation	Increased expression promotes radiation-induced cellular senescence by targeting Myc. High levels of p16 and p21 and decreased levels of pRb in irradiated NSCLCs cells have been demonstrated	[96]

miR-181a	↑	X-rays 1.7 Gy/min 4, 8, 12 and 24 h	Induction of expression after exposure to ionizing radiation was only detected after 8 h	[95]
miR-19b	↓	¹³⁷ Cs 5 Gy 1 h	Expression levels decreased exclusively during radiation-induced cellular senescence	[97]
miR-20a			Enhanced IR-induced cellular senescence in WI-38 fibroblasts and oxidative stress	
miR-29a-3p	↑	X-rays 7.5 Gy 14 days	A 4.17-fold increase in expression in senescent fibroblasts (HDFs), and overexpression of SASP factors, including IL1β, IL6, and IL8	[98]
miR-15b	↑	X-rays 1 Gy/min 24 h	Activation showed association with p53 and dose and time dependence of irradiation of HBECS cells. The maximum expression was reached 2 h after radiation exposure, after which the level gradually decreased	[99]
miR-24	↓	γ-radiation 5 Gy 24 h	The decline in miR-23a/27a/24-2 cluster activity induced by radiation in EA.hy926 and MCF10A cells is linked to the phosphorylation of AGO	[100]
miR-25	↑	¹³⁷ Cs 5 Gy 1 h	Knockdown markedly attenuated radiation-induced cellular senescence	[97]
let-7b	↓	⁶⁰ Co 150 and 180 cGy/min 1 h	Exposure to radiation results in decreased expression in HCT116 cells via a p53-dependent pathway, initiating the activation of ATM protein kinase	[101]
miR-221	↓	X-rays 0, 2, 4, 6 and 8 Gy 7 days	Both decreased expression levels and increased radiation dose induced G0/G1 cell cycle arrest	[102]
miR-142-3p	↑	X-rays 3 Gy 0, 4, 8, 12, and 24 h	Expression levels were upregulated in irradiated M059J and M059K glioblastoma cells	[103]
miR-142-5p				
miR-21	↑	⁶⁰ Co 7 Gy 24 h	High expression in tissue samples of radiation-induced mouse thymus lymphoma tissue and targeting the Big-h3 tumor suppressor gene	[104]
miR-106a	↓	¹³⁷ Cs 5 Gy 1 h	Decreased expression levels in radiation-induced and replicative cellular senescence	[97]

miR-206	↓	γ- radiation 20 Gy 12, 24 and 48 h	Reduced activity in response to exposure to ionizing radiation. However, the action of mimics resulted in the attenuation of radiation-induced neuroinflammation and reduced secretion of proinflammatory cytokines	[105]
miR-663	↓	X-rays 4 Gy 2 - 48 h	Suppression of activity in response to irradiation by binding TGFB1	[106]
miR-138	↑	2 Gy 1 h	Increased expression levels after irradiation of cancer cells initiate an immune response via the PD-L1/PD-1 axis	[107]
miR-210	↑	-	Overexpression of intestinal tissue samples from patients with radiation enteropathy	[108]

Note: NSCLCs – non-small-cell lung cancer cells; WI-38 cells – human embryonic lung diploid fibroblasts; HCT116 – human colorectal carcinoma cells; HDFs – human dermal fibroblasts; HBECs – human bronchial epithelial cells; EA.hy926 – human endothelial cell-line; MCF10A – mammary epithelial cell-line; M059J and M059K – human glioma cell lines; MCF-7 – human breast cancer cell line.

4. Bioinformatics Analysis of Enrichment of SA-mitomiRs Targets

Bioinformatic analysis of the target enrichment of miRNAs presented in this review using the MiRNA ENrichment TURned NETwork (MIENTURNET) [109] web tool revealed interactions between the PTPRD gene and 12 miRNAs (let-7b-5p, miR-106a-5p, -20a-5p, -133b, -142-5p, -195-5p, -19b-3p, -24-3p, -25-3p, -26b-5p, -29a-3p, and-34a-5p) (Figure 3).

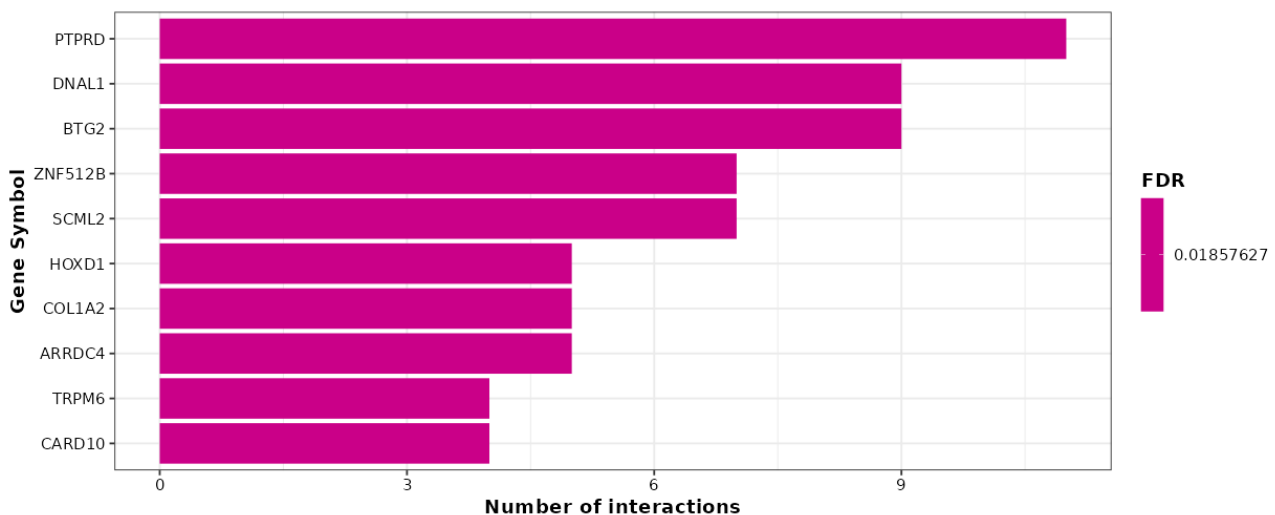


Figure 3. The bar graph of the results of the TargetScan-based enrichment analysis of mitomiRs targets

The color of the bars represents the adjusted p-values (FDR < 0.05)

PTPRD is a protein tyrosine phosphatase receptor type D encoding gene and is often inactivated as a tumor suppressor, along with Cdkn2a/p16 [110,111]. Overexpression of PTPRD has been shown to increase radiosensitivity by regulating cell death and promoting radiation-induced autophagy through direct targeting of STAT3 [112]. On the contrary, STAT3 activation cancels the effects of PTPRD overexpression [112], and loss of PTPRD leads to STAT3 hyperactivation [110].

STAT3 is a transcription factor that is involved in various cellular processes, such as carcinogenesis, inflammation, angiogenesis, and apoptosis. Additionally, the STAT3 pathway plays an important regulatory role in cellular senescence [113]. In a study by Pang et al. [114], STAT3 was defined as a biomarker of cellular senescence in liver fibrosis, with increased expression of STAT3 in senescent cells and a positive correlation with SASP factors (IL-6 and IL-1 β). It has been reported that radiation-induced breast cancer senescent cells secrete SASP factors, which promote migration, invasion, and angiogenesis of neighboring cells through the activation of IL-6/STAT3 and PDGF-BB/PDGFR signaling pathways. In general, exposure to ionizing radiation activates STAT3 in cells and leads to increased IL-6 expression. However, STAT3 knockdown reduces radiation-induced STAT3 phosphorylation and pro-inflammatory interleukin production [115]. Furthermore, human coronary artery endothelial cells (HCECest2) subjected to radiation-induced cellular senescence demonstrated a bystander effect through their secretome in recipient cells, showing a similar inflammatory response and activation of the STAT3 pathway [116].

While STAT3's role as a transcription factor has been extensively studied over the past few decades, recent studies have revealed the existence of a mitochondrial pool of STAT3, known as mitoSTAT3, which functions as a positive regulator of the mitochondrial electron transport chain (ETC) [117]. Cells with inactivated STAT3 have been shown to have decreased activity of ETC complex I and II [118]. This pool of STAT3 has been found to be associated with ATP production and the modulation of mitochondrial ROS production. [119]. Furthermore, oxidative stress and cytokines have been found to deplete the mitoSTAT3 pool, and the chaperone protein cyclophilin D (CypD) is required for its restoration. Restored STAT3 has been found to suppress stress-induced ROS formation in mitochondria [120].

Thus, the chain of interaction between mitomiRs, PTPRD, STAT3, and radiation-induced cellular senescence is quite intriguing, but the current state of research in this area is somewhat limited.

Conclusion

Given the numerous and intricate molecular mechanisms involved in radiation-induced cellular senescence, as well as the complex effects of ionizing radiation on humans, there is a need to search for new biomarkers to assess the extent of radiation damage. The search for the most suitable and highly sensitive biomarkers has led researchers to miRNAs. Considering the crucial role of mitochondria in cellular senescence, it is clear that it is worth studying mitochondrial miRNAs, or mitomiRs. To date, only a limited number of mitomiRs have been

thoroughly examined in relation to radiation-induced cellular senescence, and many remain unexplored.

In this review, we have focused on the most promising mitomiRs that play a role in radiation-induced cellular senescence. Nevertheless, additional research is required to comprehensively understand the function of mitomiRs in regulating ionizing radiation-induced cellular senescence.

Source of funding

This research was supported by a grant from the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan under award number AP14870508.

Author Contributions

Ibragimova M.A.: conceptualization, writing-original draft preparation, writing-review and editing and visualization.

Kussainova A.A.: conceptualization and writing-review and editing.

Aripova A.A.: writing-review and editing.

Bersimbaev R.I.: writing-review and editing.

Bulgakova O.V.: the corresponding author, conceptualization, writing-review and editing, supervision and funding acquisition.

All authors have made substantial contributions to the research, critically reviewed and approved the final version of the manuscript, and agreed to take responsibility for all aspects of the work, ensuring its accuracy and integrity.

References

1. Scoggin C.H. The cellular basis of aging // *West J Med.* – 1981. – Vol. 135 – № 6. – P. 521-525.
2. van Deursen J.M. The role of senescent cells in ageing // *Nature.* 2014. – Vol. 509, – № 7501. – P. 439-446.
3. Zhang L. et al. Cellular senescence: a key therapeutic target in aging and diseases // *Journal of Clinical Investigation.* – 2022. – Vol. 132, – № 15.
4. Di Micco R. et al. Cellular senescence in ageing: from mechanisms to therapeutic opportunities // *Nature Reviews Molecular Cell Biology.* – 2021. – Vol. 22, – № 2.
5. Regulski M.J. Cellular Senescence: What, Why, and How // *Wounds.* –2017. – Vol. 29, – № 6. – P. 168-174.
6. Wild C.P. Complementing the Genome with an “Exposome”: The Outstanding Challenge of Environmental Exposure Measurement in Molecular Epidemiology // *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention.* – 2005. – Vol. 14, – № 8. – P. 184-1850.
7. Shiels P.G. et al. Manipulating the exposome to enable better ageing // *Biochemical Journal.* – 2021. – Vol. 478, – № 14. – P. 2889-2898.
8. Sies H., Jones D.P. Reactive oxygen species (ROS) as pleiotropic physiological signalling agents // *Nat Rev Mol Cell Biol.* – 2020. – Vol. 21, – № 7. –P. 363-383.

9. McLean A.R. et al. A restatement of the natural science evidence base concerning the health effects of low-level ionizing radiation // *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. – 2017. – Vol. 284, – № 1862. – P. 20171070.
10. Visci G. et al. Relationship between exposure to ionizing radiation and mesothelioma risk: A systematic review of the scientific literature and meta-analysis // *Cancer Med*. – 2022. – Vol. 11, – № 3. – P. 778-789.
11. Ribeiro A. et al. Ionising radiation exposure from medical imaging – A review of Patient’s (un) awareness // *Radiography*. – 2020. – Vol. 26, – № 2. – P. e25–e30.
12. Jain S. Radiation in medical practice & health effects of radiation: Rationale, risks, and rewards // *J Family Med Prim Care*. – 2021. – Vol. 10, – № 4. – P. 1520.
13. Vasileiou P. et al. Mitochondrial Homeostasis and Cellular Senescence // *Cells*. – 2019. – Vol. 8, – № 7. – P. 686.
14. Zhao L. et al. The Determinant of DNA Repair Pathway Choices in Ionising Radiation-Induced DNA Double-Strand Breaks // *BioMed Research International*. – 2020. – Vol. 2020.
15. Czochor J.R., Glazer P.M. microRNAs in Cancer Cell Response to Ionizing Radiation // *Antioxid Redox Signal*. – 2014. – Vol. 21, – № 2. – P. 293-312.
16. Methetrairut C., Slack F.J. MicroRNAs in the ionizing radiation response and in radiotherapy // *Curr Opin Genet Dev*. – 2013. – Vol. 23, – № 1. – P. 12-19.
17. Wang Y., Taniguchi T. MicroRNAs and DNA damage response // *Cell Cycle*. – 2013. – Vol. 12, – № 1. – P. 32-42.
18. Salehi M. et al. Exosomal microRNAs in regulation of tumor cells resistance to apoptosis // *Biochem Biophys Rep*. – 2024. – Vol. 37. – P. 101644.
19. Friedman R.C. et al. Most mammalian mRNAs are conserved targets of microRNAs. // *Genome Res*. 2009. Vol. 19, № 1. P. 92–105.
20. Vasudevan S., Tong Y., Steitz J.A. Switching from Repression to Activation: MicroRNAs Can Up-Regulate Translation // *Science* (1979). – 2007. – Vol. 318, – № 5858. – P. 1931-1934.
21. Buchan J.R., Parker R. The Two Faces of miRNA // *Science* (1979). – 2007. – Vol. 318, – № 5858. – P. 1877-1878.
22. Sadakierska-Chudy A. MicroRNAs: Diverse Mechanisms of Action and Their Potential Applications as Cancer Epi-Therapeutics // *Biomolecules*. – 2020. – Vol. 10, – № 9. – P. 1285.
23. Chen Y. et al. MicroRNA: a novel implication for damage and protection against ionizing radiation // *Environmental Science and Pollution Research*. 2021. Vol. 28, № 13. P. 15584–15596.
24. Jia M., Wang Z. MicroRNAs as Biomarkers for Ionizing Radiation Injury // *Frontiers in Cell and Developmental Biology*. – 2022. – Vol. 10.
25. Harman D. Aging: A Theory Based on Free Radical and Radiation Chemistry // *J Gerontol*. – 1956. – Vol. 11, – № 3. – P. 298-300.
26. Cadenas E., Davies K.J.A. Mitochondrial free radical generation, oxidative stress, and aging11This article is dedicated to the memory of our dear friend, colleague, and mentor Lars Ernster (1920–1998), in gratitude for all he gave to us. // *Free Radic Biol Med*. 2000. Vol. 29, № 3–4. P. 222-230.
27. Lagouge M., Larsson N.G. The role of mitochondrial <sc>DNA</sc> mutations and free radicals in disease and ageing // *J Intern Med*. – 2013. – Vol. 273, – № 6. – P. 529-543.
28. Hekimi S., Lapointe J., Wen Y. Taking a “good” look at free radicals in the aging process // *Trends Cell Biol*. – 2011. – Vol. 21, – № 10. – P. 569-576.

29. Nuskiewicz J., Woźniak A., Szewczyk-Golec K. Ionizing Radiation as a Source of Oxidative Stress – The Protective Role of Melatonin and Vitamin D // *Int J Mol Sci.* – 2020. – Vol. 21, – № 16. – P. 5804.
30. Maldonado E. et al. Aging Hallmarks and the Role of Oxidative Stress // *Antioxidants.* – 2023. – Vol. 12, – № 3.
31. Martini H., Passos J.F. Cellular senescence: all roads lead to mitochondria // *FEBS J.* – 2023. – Vol. 290, – № 5. – P. 1186-1202.
32. Ziada A.S. et al. Mitochondrial DNA somatic mutation burden and heteroplasmy are associated with chronological age, smoking, and HIV infection // *Aging Cell.* – 2019. – Vol. 18, – № 6.
33. Zhang R. et al. Independent impacts of aging on mitochondrial DNA quantity and quality in humans // *BMC Genomics.* – 2017. – Vol. 18, – № 1.
34. Yang L. et al. Mitochondrial DNA mutation exacerbates female reproductive aging via impairment of the NADH/NAD⁺ redox // *Aging Cell.* – 2020. – Vol. 19, – № 9.
35. Sun N., Youle R.J., Finkel T. The Mitochondrial Basis of Aging // *Mol Cell.* – 2016. – Vol. 61, – № 5. – P. 654-666.
36. Maremonti E. et al. Ionizing radiation, genotoxic stress, and mitochondrial DNA copy-number variation in *Caenorhabditis elegans*: droplet digital PCR analysis // *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis.* – 2020. – Vol. 858-860. – P. 503277.
37. Victorelli S. et al. Apoptotic stress causes mtDNA release during senescence and drives the SASP // *Nature.* – 2023. – Vol. 622, – № 7983. P. 627-636.
38. Miwa S. et al. Mitochondrial dysfunction in cell senescence and aging // *Journal of Clinical Investigation.* – 2022. – Vol. 132, – № 13.
39. Ghosh-Choudhary S.K., Liu J., Finkel T. The role of mitochondria in cellular senescence // *The FASEB Journal.* – 2021. – Vol. 35, – № 12.
40. Coppé J.P. et al. The senescence-associated secretory phenotype: The dark side of tumor suppression // *Annual Review of Pathology: Mechanisms of Disease.* – 2010. – Vol. 5.
41. Zinatizadeh M.R. et al. The Nuclear Factor Kappa B (NF-κB) signaling in cancer development and immune diseases // *Genes and Diseases.* – 2021. – Vol. 8, – № 3.
42. Ibragimova M. et al. The Molecular Mechanisms in Senescent Cells Induced by Natural Aging and Ionizing Radiation // *Cells.* – 2024. – Vol. 13, – № 6. – P. 550.
43. Nelson G. et al. The senescent bystander effect is caused by ROS-activated NF-κB signalling // *Mech Ageing Dev.* – 2018. – Vol. 170.
44. Wiley C.D. et al. Mitochondrial dysfunction induces senescence with a distinct secretory phenotype // *Cell Metab.* – 2016. – Vol. 23, – № 2.
45. Moiseeva O. et al. Mitochondrial Dysfunction Contributes to Oncogene-Induced Senescence // *Mol Cell Biol.* – 2009. – Vol. 29, – № 16. – P. 4495-4507.
46. Duarte-Hospital C. et al. Mitochondrial Dysfunction as a Hallmark of Environmental Injury // *Cells.* – 2021. – Vol. 11, – № 1. – P. 110.
47. Clement J. et al. The Plasma NAD⁺ Metabolome Is Dysregulated in “normal” Aging // *Rejuvenation Res.* – 2019. – Vol. 22, – № 2.
48. Disner G.R., Lopes-Ferreira M., Lima C. Where the Aryl Hydrocarbon Receptor Meets the microRNAs: Literature Review of the Last 10 Years // *Front Mol Biosci.* – 2021. – Vol. 8.
49. Dittmann K.H. et al. The nuclear aryl hydrocarbon receptor is involved in regulation of DNA repair and cell survival following treatment with ionizing radiation // *Toxicol Lett.* – 2016. – Vol. 240, – № 1. – P. 122-129.

50. Zhou X. et al. β -Naphthoflavone Activation of the Ah Receptor Alleviates Irradiation-Induced Intestinal Injury in Mice // *Antioxidants*. – 2020. – Vol. 9, – № 12. – P. 1264.
51. Correia-Melo C. et al. Mitochondria are required for pro-ageing features of the senescent phenotype // *EMBO J*. – 2016. – Vol. 35, – № 7.
52. Lin Y.-H. MicroRNA Networks Modulate Oxidative Stress in Cancer // *Int J Mol Sci*. – 2019. – Vol. 20, – № 18. – P. 4497.
53. Fierro-Fernández M., Miguel V., Lamas S. Role of redoximiRs in fibrogenesis // *Redox Biol*. – 2016. – Vol. 7. – P. 58-67.
54. Kussainova A. et al. Molecular and Cellular Mechanism of Action of Chrysotile Asbestos in MRC5 Cell Line // *J Pers Med*. – 2023. – Vol. 13, – № 11. – P. 1599.
55. Rencelj A., Gvozdenovic N., Cemazar M. MitomiRs: their roles in mitochondria and importance in cancer cell metabolism // *Radiol Oncol*. – 2021. – Vol. 55, – № 4. – P. 379-392.
56. Kussainova A. et al. The Role of Mitochondrial miRNAs in the Development of Radon-Induced Lung Cancer // *Biomedicines*. – 2022. – Vol. 10, – № 2.
57. Bersimbaev R. et al. Radon Biomonitoring and microRNA in Lung Cancer // *Int J Mol Sci*. – 2020. – Vol. 21, – № 6. – P. 2154.
58. Bersimbaev R. et al. Role of microRNAs in Lung Carcinogenesis Induced by Asbestos // *J Pers Med*. – 2021. – Vol. 11, – № 2. – P. 97.
59. Farokhimanesh S. et al. Inflammation-miRs, Mito-miRs, and SA-miRs: Are They at the Crossroads of Inflammation? // *Journal of Skin and Stem Cell*. – 2018. – Vol. In Press.
60. Munk R. et al. Senescence-Associated MicroRNAs // *International Review of Cell and Molecular Biology*. – 2018. – Vol. 334.
61. Ouvrier B., Ismael S., Bix G.J. Senescence and SASP Are Potential Therapeutic Targets for Ischemic Stroke // *Pharmaceuticals*. – 2024. – Vol. 17, – № 3. – P. 312.
62. Kulaberoglu Y., Gundogdu R., Hergovich A. The Role of p53/p21/p16 in DNA-Damage Signaling and DNA Repair // *Genome Stability: From Virus to Human Application*. – 2016.
63. Sławińska N., Krupa R. Molecular aspects of senescence and organismal ageing – dna damage response, telomeres, inflammation and chromatin // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2021. – Vol. 22, – № 2.
64. Rippo M.R. et al. MitomiRs in human inflamm-aging: A hypothesis involving miR-181a, miR-34a and miR-146a // *Exp Gerontol*. – 2014. – Vol. 56.
65. Fuente M., Miquel J. An Update of the Oxidation-Inflammation Theory of Aging: The Involvement of the Immune System in Oxi-Inflamm-Aging // *Curr Pharm Des*. – 2009. – Vol. 15, – № 26. – P. 3003-3026.
66. Taganov K.D. et al. NF- κ B-dependent induction of microRNA miR-146, an inhibitor targeted to signaling proteins of innate immune responses // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. – 2006. – Vol. 103, – № 33. – P. 12481-12486.
67. Zhou C. et al. MicroRNA 146a inhibits NF κ B activation and pro inflammatory cytokine production by regulating IRAK1 expression in THP 1 cells // *Exp Ther Med*. – 2019.
68. Han R. et al. MicroRNA-146a negatively regulates inflammation via the IRAK1/TRAF6/NF- κ B signaling pathway in dry eye // *Sci Rep*. – 2023. – Vol. 13, – № 1. – P. 11192.
69. Bhaumik D. et al. MicroRNAs miR-146a/b negatively modulate the senescence-associated inflammatory mediators IL-6 and IL-8. // *Aging*. – 2009. – Vol. 1, – № 4.

70. Giuliani A. et al. The mitomiR/Bcl-2 axis affects mitochondrial function and autophagic vacuole formation in senescent endothelial cells // *Aging*. – 2018. – Vol. 10, – № 10.
71. Olivieri F. et al. MiR-146a as marker of senescence-associated pro-inflammatory status in cells involved in vascular remodelling // *Age (Omaha)*. – 2013. – Vol. 35, – № 4. – P. 1157-1172.
72. Vasa-Nicotera M. et al. MiR-146a is modulated in human endothelial cell with aging // *Atherosclerosis*. – 2011. – Vol. 217, – № 2.
73. Wan R.J., Li Y.H. MicroRNA 146a/NAPDH oxidase4 decreases reactive oxygen species generation and inflammation in a diabetic nephropathy model // *Mol Med Rep*. – 2018.
74. Yamakuchi M., Ferlito M., Lowenstein C.J. miR-34a repression of SIRT1 regulates apoptosis // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. – 2008. – Vol. 105, – № 36. – P. 13421-13426.
75. Wan W. et al. Regulation of Mitophagy by Sirtuin Family Proteins: A Vital Role in Aging and Age-Related Diseases // *Frontiers in Aging Neuroscience*. – 2022. – Vol. 14.
76. Xu C. et al. SIRT1 is downregulated by autophagy in senescence and ageing // *Nat Cell Biol*. – 2020. – Vol. 22, – № 10. – P. 1170-1179.
77. Hayakawa T. et al. SIRT1 Suppresses the Senescence-Associated Secretory Phenotype through Epigenetic Gene Regulation // *PLoS One*. – 2015. – Vol. 10, – № 1. – P. e0116480.
78. Thounaojam M.C. et al. MicroRNA-34a (miR-34a) Mediates Retinal Endothelial Cell Premature Senescence through Mitochondrial Dysfunction and Loss of Antioxidant Activities // *Antioxidants*. – 2019. – Vol. 8, – № 9. – P. 328.
79. Toyama K. et al. Role of MicroRNAs in acceleration of vascular endothelial senescence // *Biochem Biophys Rep*. – 2022. – Vol. 30. – P. 101281.
80. Huang Y. et al. Downregulated miR-181a alleviates H₂O₂-induced oxidative stress and cellular senescence by targeting PDIA6 in human foreskin fibroblasts // *An Bras Dermatol*. – 2023. – Vol. 98, – № 1. – P. 17-25.
81. Grillari J., Hackl M., Grillari-Voglauer R. miR-17-92 cluster: ups and downs in cancer and aging // *Biogerontology*. – 2010. – Vol. 11, – № 4. – P. 501-506.
82. Hackl M. et al. miR-17, miR-19b, miR-20a, and miR-106a are down-regulated in human aging // *Aging Cell*. – 2010. – Vol. 9, – № 2.
83. Hong L. et al. The miR-17-92 cluster of microRNAs confers tumorigenicity by inhibiting oncogene-induced senescence // *Cancer Res*. – 2010. – Vol. 70, – № 21.
84. Martinez I. et al. miR-29 and miR-30 regulate B-Myb expression during cellular senescence // *Proc Natl Acad Sci U S A*. – 2011. – Vol. 108, – № 2.
85. Johung K., Goodwin E.C., DiMaio D. Human Papillomavirus E7 Repression in Cervical Carcinoma Cells Initiates a Transcriptional Cascade Driven by the Retinoblastoma Family, Resulting in Senescence // *J Virol*. – 2007. – Vol. 81, – № 5. – P. 2102-2116.
86. Meng X. et al. MicroRNA profiling analysis revealed different cellular senescence mechanisms in human mesenchymal stem cells derived from different origin // *Genomics*. – 2017. – Vol. 109, – № 3-4.
87. Abdelmohsen K., Gorospe M. Noncoding *scp*RNA control of cellular senescence // *WIREs RNA*. – 2015. – Vol. 6, – № 6. – P. 615-629.
88. Marasa B.S. et al. Increased MKK4 Abundance with Replicative Senescence Is Linked to the Joint Reduction of Multiple MicroRNAs // *Sci Signal*. – 2009. – Vol. 2, – № 94.
89. Kumar M. et al. Negative regulation of the tumor suppressor p53 gene by microRNAs // *Oncogene*. – 2011. – Vol. 30, – № 7. – P. 843-853.

90. Giuliani A. et al. Mitochondrial (Dys) Function in Inflammaging: Do MitomiRs Influence the Energetic, Oxidative, and Inflammatory Status of Senescent Cells? // *Mediators of Inflammation*. – 2017.
91. Barrey E. et al. Pre-microRNA and Mature microRNA in Human Mitochondria // *PLoS One*. – 2011. – Vol. 6, – № 5. – P. e20220.
92. Chen C.-F. et al. MicroRNA-221 regulates endothelial nitric oxide production and inflammatory response by targeting adiponectin receptor 1 // *Gene*. – 2015. – Vol. 565, – № 2. – P. 246-251.
93. Nikolajevic J. et al. The Role of MicroRNAs in Endothelial Cell Senescence // *Cells*. – 2022. – Vol. 11, – № 7.
94. Xue Y. et al. MicroRNA-19b/221/222 induces endothelial cell dysfunction via suppression of PGC-1 α in the progression of atherosclerosis // *Atherosclerosis*. 2015. Vol. 241, № 2. P. 671–681.
95. Chaudhry M.A. et al. Identification of radiation-Induced MicroRNA transcriptome by next-Generation massively parallel sequencing // *J Radiat Res*. – 2013. – Vol. 54, – № 5.
96. He X. et al. MiR-34a modulates ionizing radiation-induced senescence in lung cancer cells // *Oncotarget*. – 2017. – Vol. 8, – № 41.
97. Wang Y. et al. MicroRNA regulation of ionizing radiation-induced premature senescence // *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. – 2011. – Vol. 81, – № 3.
98. Bogdanowicz P. et al. Reduction of senescence-associated secretory phenotype and exosome-shuttled miRNAs by Haritaki fruit extract in senescent dermal fibroblasts // *Int J Cosmet Sci*. – 2023. – Vol. 45, – № 4.
99. Rahman M. et al. miR-15b/16-2 Regulates Factors That Promote p53 Phosphorylation and Augments the DNA Damage Response following Radiation in the Lung // *Journal of Biological Chemistry*. – 2014. – Vol. 289, – № 38. – P. 26406-26416.
100. Heider T. et al. Radiation induced transcriptional and post-transcriptional regulation of the hsa-miR-23a ~ 27a ~ 24-2 cluster suppresses apoptosis by stabilizing XIAP // *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Gene Regulatory Mechanisms*. – 2017. – Vol. 1860, – № 11. – P. 1127-1137.
101. Saleh A.D. et al. Cellular Stress Induced Alterations in MicroRNA let-7a and let-7b Expression Are Dependent on p53 // *PLoS One*. – 2011. – Vol. 6, – № 10. – P. e24429.
102. Zhang Q. et al. MicroRNA-221/222 Inhibits the Radiation-Induced Invasiveness and Promotes the Radiosensitivity of Malignant Meningioma Cells // *Front Oncol*. – 2020. – Vol. 10.
103. Chaudhry M.A., Sachdeva H., Omaruddin R.A. Radiation-Induced Micro-RNA Modulation in Glioblastoma Cells Differing in DNA-Repair Pathways // *DNA Cell Biol*. – 2010. – Vol. 29, – № 9. – P. 553-561.
104. Liu C. et al. MiR-21 plays an important role in radiation induced carcinogenesis in BALB/c mice by directly targeting the tumor suppressor gene Big-h3 // *Int J Biol Sci*. – 2011. – Vol. 7, – № 3.
105. Zeng W., Fu L., Xu H. MicroRNA 206 relieves irradiation induced neuroinflammation by regulating connexin 43 // *Exp Ther Med*. – 2021. – Vol. 22, – № 4. – P. 1186.
106. Hu W. et al. MiR-663 inhibits radiation-induced bystander effects by targeting TGF β 1 in a feedback mode // *RNA Biol*. – 2014. – Vol. 11, – № 9. – P. 1189-1198.
107. Yuan Y. et al. MicroRNA-138 Regulation of PD-L1 Expression Immediately after Radiation is Altered by the rs4742098 Variant // *International Journal of Radiation Oncology*Biophysics*. – 2018. – Vol. 102, – № 3. – P. S156.
108. Hamama S. et al. MiR-210: A potential therapeutic target against radiation-induced enteropathy // *Radiotherapy and Oncology*. – 2014. – Vol. 111, – № 2. – P. 219-221.

109. Licursi V. et al. MIENTURNET: an interactive web tool for microRNA-target enrichment and network-based analysis [Electronic resource] // BMC Bioinformatics. – 2019. – P. 545.
110. Ortiz B. et al. Loss of the tyrosine phosphatase PTPRD leads to aberrant STAT3 activation and promotes gliomagenesis // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2014. – Vol. 111, – № 22. – P. 8149-8154.
111. Ortiz B. et al. Deletion of Ptprd and Cdkn2a cooperate to accelerate tumorigenesis // Oncotarget. – 2014. – Vol. 5, – № 16. – P. 6976-6982.
112. Lin Y. et al. Protein tyrosine phosphatase receptor type D gene promotes radiosensitivity via STAT3 dephosphorylation in nasopharyngeal carcinoma // Oncogene. – 2021. – Vol. 40, – № 17. – P. 3101-3117.
113. Mikyskova R. et al. STAT3 inhibitor Stattic and its analogues inhibit STAT3 phosphorylation and modulate cytokine secretion in senescent tumour cells // Mol Med Rep. – 2023. – Vol. 27, – № 4. – P. 81.
114. Pang X. et al. Identification of STAT3 as a biomarker for cellular senescence in liver fibrosis: A bioinformatics and experimental validation study // Genomics. – 2024. – Vol. 116, – № 2. – P. 110800.
115. Yu Y.-C. et al. Radiation-induced senescence in securin-deficient cancer cells promotes cell invasion involving the IL-6/STAT3 and PDGF-BB/PDGFR pathways // Sci Rep. – 2013. – Vol. 3, – № 1. – P. 1675.
116. Philipp J. et al. Radiation-Induced Endothelial Inflammation Is Transferred via the Secretome to Recipient Cells in a STAT-Mediated Process // J Proteome Res. – 2017. Vol. – 16, – № 10. – P. 3903-3916.
117. Yang R., Rincon M. Mitochondrial Stat3, the Need for Design Thinking // Int J Biol Sci. – 2016. – Vol. 12, – № 5. – P. 532-544.
118. Wegrzyn J. et al. Function of Mitochondrial Stat3 in Cellular Respiration // Science (1979). – 2009. – Vol. 323, – № 5915. – P. 793-797.
119. Meier J.A., Larner A.C. Toward a new STAtE: The role of STATs in mitochondrial function // Semin Immunol. – 2014. – Vol. 26, – № 1. – P. 20-28.
120. Meier J.A. et al. Stress-induced dynamic regulation of mitochondrial STAT3 and its association with cyclophilin D reduce mitochondrial ROS production // Sci Signal. – 2017. – Vol. 10, – № 472.

М.А. Ибрагимова, А.А. Кусаинова, А.А. Арипова, Р.І. Берсімбај, О.В. Булгакова

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

МитомиРлер: радиациядан туындаған жасушалық қартаюды реттеудегі митохондриялық микроРНҚ-ның рөлі

Аңдатпа. Иондаушы сәулеленудің адамға әсер ету мәселелері ғылымның әртүрлі салаларында көбірек назар аударады. Жақында радиацияның жасқа байланысты қаупі туралы көптеген мәліметтер жиналды, бұл иондаушы сәулелену мен жасушалық қартаю арасындағы байланысты анықтады. Бұл радиацияның жасушалық нысандарының бірі ретінде митохондрияларды іздеуге түрткі болды. Иондаушы сәулелену митохондриялардың бұзылуына және жасушаларға тән жасаралық фенотипінің пайда болуына әкеледі: ROS өнімдерінің жоғарылауы, SASP дамуы, эпигенетикалық профильдің өзгеруі және геномдық тұрақсыздық. Митохондриялық

дисфункция, көбінесе, жасушалық қартаюдың маңызды белгісі ретінде бағаланбайды, себебі, оның механизмдері өте кең және күрделі болып келеді. Атап айтқанда, митохондриялық гендердің экспрессиясын, демек, органеллалардың қызметі мен динамикасын реттейтін митохондриялық микроРНК (МитомиР) ерекше қызығушылық тудырады. МитомиР сәулелену кезінде пайда болатын маңызды емес бұзылуларға да ерекше сезімтал екенін ескере отырып, олардың экспрессиясында айтарлықтай өзгерістерге әкеледі, олар радиациялық әсердің перспективалы биомаркерлері ретінде қызмет ете алады. Бұл шолуда біз радиациядан туындаған жасушалық қартаюдағы мономерлердің негізгі рөлін растайтын дәлелдерді қарастырамыз және осы өзара әрекеттесудің негізгі молекулалық механизмдері туралы соңғы зерттеулерді біріктіреміз.

Түйін сөздер: жасушалық қартаю, иондаушы сәулелену, митохондриялар, митомиР, митохондриялық дисфункция, SASP.

М.А. Ибрагимова, А.А. Кусаинова, А.А. Арипова, Р.И. Берсимбаев, О.В. Булгакова
Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

МитомиРы: Роль митохондриальных микроРНК в регуляции радиационно-индуцированного клеточного старения

Аннотация. Проблема воздействия ионизирующего излучения на человека привлекает все больше внимания в различных областях науки. В последнее время было собрано множество данных о возрастном риске радиационного облучения, что позволило выявить взаимосвязь между ионизирующим излучением и клеточным старением. Это послужило толчком к поиску клеточных мишеней радиации, в качестве одной из которых были определены митохондрии. Ионизирующее излучение приводит к нарушению работы митохондрий и проявлению характерного возрастного фенотипа клеток: повышенной продукции АФК, развитию SASP, изменению эпигенетического профиля и геномной нестабильности. Митохондриальная дисфункция часто недооценивается как важный признак клеточного старения, при этом механизмы, лежащие в ее основе, весьма обширны и запутанны. В частности, особый интерес представляют митохондриальные микроРНК (митомиРы), регулирующие экспрессию митохондриальных генов, и, следовательно, функцию и динамику самих органелл. Учитывая, что митомиРы особенно чувствительны даже к незначительным нарушениям, возникающим при облучении, что приводит к заметным изменениям в их экспрессии, они могут служить перспективными биомаркерами радиационного воздействия. В этом обзоре мы рассматриваем доказательства, подтверждающие ключевую роль митомиРов в радиационно-индуцированном клеточном старении, и объединяем самые последние знания об основных молекулярных механизмах, лежащих в основе этого взаимодействия.

Ключевые слова: клеточное старение, ионизирующее излучение, митохондрии, митомиРы, митохондриальная дисфункция, SASP.

Information about the authors:

Ibragimova M.A. – the 2nd year master’s degree student of the Department of General Biology and genomics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev str. 2, Astana, Kazakhstan.

Kussainova A.A. – PhD, senior researcher in the Research Institute of Cell Biology and Biotechnology, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev str. 2, Astana, Kazakhstan.

Aripova A.A. – PhD, senior lecturer of the Department of General Biology and Genomics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

R.I. Bersimbaev – Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Director of the Research Institute of Cell Biology and Biotechnology, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev str. 2, Astana, Kazakhstan.

Bulgakova O.V. – PhD, Acting Professor of the Department of General Biology and Genomics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev str. 2, Astana, Kazakhstan.

Авторалар туралы жалпы мәлімет

Ибрагимова М.А. – жалпы биология және геномика кафедрасының 2 курс магистранты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш. 2, Астана, Қазақстан.

Қусаинова А.А. – PhD, жасуша биологиясы және биотехнология ғылыми-зерттеу институтының аға ғылыми қызметкері, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш. 2, Астана, Қазақстан.

Арипова А.А. – PhD, жалпы биология және геномика кафедрасының аға оқытушысы, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш. 2, Астана, Қазақстан.

Берсімбай Р.І. – ҚР ҰҒА академигі, клеткалық биология және биотехнология ғылыми-зерттеу институтының директоры, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш. 2, Астана, Қазақстан.

Булгакова О.В. – PhD, жалпы биология және геномика кафедрасының профессор м.а., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш. 2, Астана, Қазақстан.



IRSTI 34.29.01, 34.31.27
Scientific article

<https://doi.org//10.32523/2616-7034-2024-148-3-166-176>

Comparative anatomy of the vegetative organs from two species of the genus *Ruscus* L.

C. Timuc, I. N. Gostin*^{ORCID}

"Alexandru Ioan Cuza" University of Iași, Iași, Romania

*Corresponding author: irinagostin@yahoo.com

Abstract. In this paper, the anatomy of normal and metamorphosed stems from two species of the *Ruscus* genus (*R. hypoglossum* L. and *R. aculeatus* L.) were analyzed using light microscopy. The structural characteristics of the two species were presented, with emphasis on the adaptations they present to environmental conditions. The normal strain from the species *R. hypoglossum* shows a greater amount of sclerenchyma fibers in the central cylinder compared to *R. aculeatus*; vascular bundles are more numerous in *R. aculeatus*, but smaller, with few elements of sclerenchyma, especially near the phloem. The metamorphosed stem (phyllocladia) shows a similar structural plan to the two species, with assimilating tissue under the epidermis and colorless tissue in the central part. The number of vascular bundles differs, they being more numerous, arranged in a circle, in *R. hypoglossum*. The anatomical peculiarities of the investigated species help us to understand their adaptation to the living environment, and also can help to identify the species when we only have fragments of the plant's body.

Key words: *R. hypoglossum*, *R. aculeatus*, stem, phyllocladia, anatomy.

Received: 1.09.2023. Accepted: 15.09.2024. Available online: 27.09.2024

Introduction

The genus *Ruscus* L. includes 6 currently accepted species, two of which (*R. hypoglossum* L. and *R. aculeatus* L.) are found in the flora of Romania (POWO, 2024) [1]. The representatives of the genus *Ruscus* attracted the attention of researchers due to their botanical, medicinal and ornamental characteristics. Studies by various research teams, starting with plant anatomy and histology and continuing with investigations into medicinal properties, have revealed interesting details about this genus.

The anatomical studies carried out by Bălică and collaborators [2] in 2005 highlighted the complex structure of the vegetative organs of *R. aculeatus*, compared with those obtained from in vitro cultures. Root analysis demonstrated the presence of a thick, compact cortical parenchyma and a central cylinder with numerous simple vascular bundles of phloem and xylem. The normal stem shows chlorenchyma in the external area; in phyllocladia (modified leaf-like stems), the researchers observed a homogeneous assimilative parenchyma and leptocentric concentric vascular bundles.

Guvenc et al., in 2011 [3], performed comparative studies on the phyllocladia of five different species of *Ruscus* and found a consistent structure among them. Collateral-type vascular bundles vary in number between species, with *R. hypoglossum* and *R. colchicus* having more bundles than *Ruscus aculeatus* species.

Phenological studies on the species *R. aculeatus* have shown that this plant has a low rate of sexual reproduction. Martinez-Palle and Aronne [4] investigated these issues, suggesting that the lack of pollinators is the main cause of the decline in fruit set. However, research has shown that plants can form viable fruit when artificially pollinated, eliminating the possibility of internal physiological deficiencies.

The genus *Ruscus* is known for its bioactive compounds, especially steroidal saponins, such as ruscogenin and neoruscogenin, which are used in the treatment of venous insufficiency, varicose veins, and hemorrhoids. Chemical and pharmacological studies by Mascullo et al (2016) [5] have deepened the knowledge of these compounds and their therapeutic applicability.

R. aculeatus has also been investigated for its anti-inflammatory potential. Bălică et al. (2013) [6] demonstrated the beneficial effect of steroid saponins in acute inflammation models in rats, by inhibiting the activity of prostaglandins.

Another direction of research is related to the conservation of the *R. aculeatus* species through in vitro propagation techniques. The studies carried out by Banciu and Aiftimie-Păunescu (2012) [6] showed that plants can be effectively regenerated in controlled environments, contributing to the repopulation of affected natural habitats and the conservation of genetic material.

The genus *Ruscus* is a model of interest to botanists and pharmaceutical and ecological researchers due to its unique characteristics and wide medical applicability.

In this paper we have carried out a comparative study of the aerial vegetative organs from two species of the genus *Ruscus*, with the aim of highlighting the particular features related to

the adaptations of the species to the living environment, with emphasis on the phyllocladia, particular structures present in the species of this genus.

Material and Methods

For the histo-anatomical analyses, the plant material, represented by fragments of stems and phyllocladia of *Ruscus aculeatus* L. and *R. hypoglossum* L. were preserved in 70% ethyl alcohol. Cross sections were performed using a manual microtome and a razor blade. The sections were stained either with ruthenium red (0.05%) and iodine green [7-8]. Microphotographs were taken using an Olympus C 330 digital camera (Olympus Corporation, Tokyo, Japan), after observations with an Olympus BX41 (Olympus Corporation, Tokyo, Japan) research microscope.

Results and discussions

The structure of the normal stem of *Ruscus hypoglossum* shows quantitative variations between its base, middle and top, reflecting adaptations of the stem according to position and function.

At the base of the stem (Figure 1a -d), the cross-section has a rounded, irregular shape. The epidermis is single-layered, consisting of square, isodiametric cells, with straight side walls and slightly thickened on the outside. From place to place, the epidermis is interrupted by stomata, consisting of two guard cells and two subsidiary cells, without suprastomatal chambers, indicating that the plant developed in a high-humidity environment. Beneath the epidermis, the cortex is made up of parenchyma cells. The endodermis, the last layer of the cortex, contains simple cells, with uniformly thin walls. Inside the central cylinder is the pericycle, consisting of 6-8 layers of sclerenchyma cells. The vascular bundles are closed, by collateral type, with phloem oriented outward and xylem inward, the phloem being surrounded by a sheath of sclerenchyma cells. Some smaller vascular bundles are completely embedded in the pericycle.

In the middle of the stem (Figure 1 e-h), the section is circular, slightly elongated, with a single-layered epidermis, consisting of small, square cells, covered by a thick cuticle. Stomata are rare, with the guard cells at the same level as epidermal cells. The cortex is thinner than at the base of the stem, contains parenchyma cells (with a role in photosynthesis), those near the epidermis being smaller, and those near the endodermis being larger and thinner-walled. The central cylinder contains fewer layers of sclerenchyma than at the base, and the vascular bundles of closed collateral type are protected by a thick layer of sclerenchyma, which surrounds the phloem.

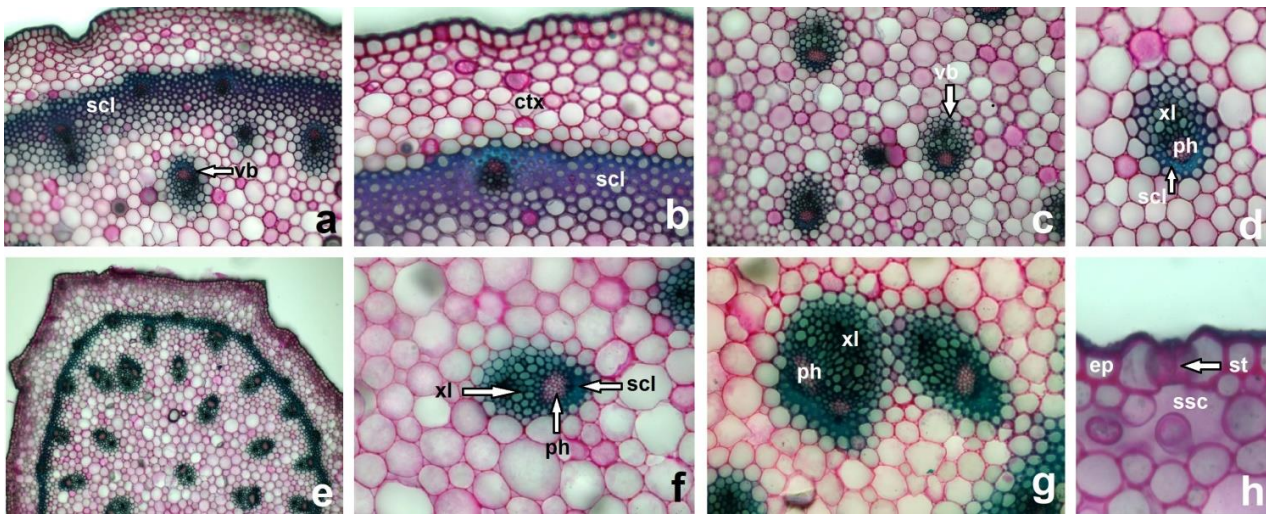


Figure 1 - Cross sections through the mature normal stem of *Ruscus hypoglossum* - the order of magnification is mentioned in round brackets: a - d: base of the stem (a -x100, b, d - x400, c - x200), e - h: middle of the stem (e - x100, f,g - x400, h - x1000), : ctx- cortical parenchyma, ep - epidermis, ph - phloem, scl - sclerenchyma, st - stomata, ssc - substomatic chamber, vb - vascular bundle, xl - xylem

At the top of the stem, the cross-section is circular and elongated, with an extension to one side. The epidermis is single-layered and covered by a thick cuticle, the epidermal cells being square shaped. Stomata are rarer than in the lower sections. The cortex consists of rounded cells, with small air spaces between them; next to the ribs, larger parenchymal cells with thin walls can be observed. The endoderm marks the boundary of the cortex and the central cylinder, consists of 2-4 sclerenchyma cells layers. Vascular bundles are similar in structure to those described at the other levels of the stem; they have an important role in supporting the stem.

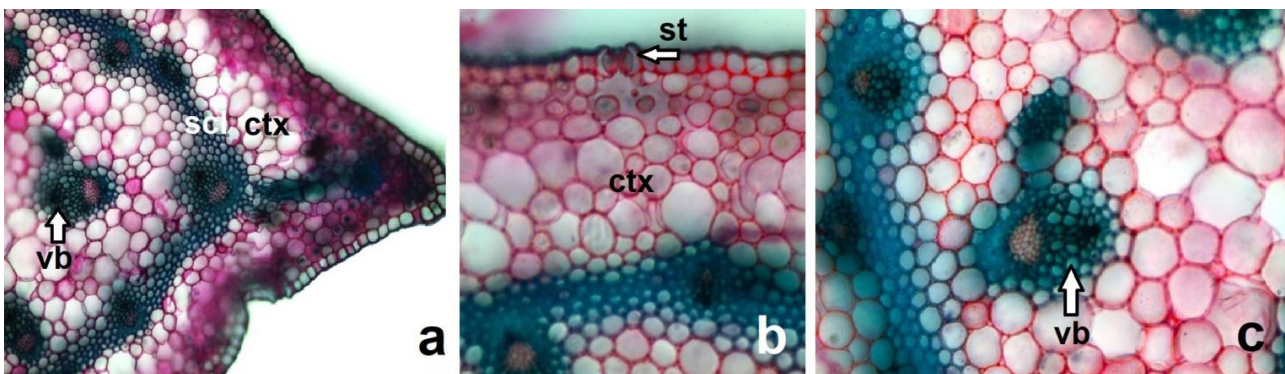


Figure 2 - Cross sections through the mature normal stem of *Ruscus hypoglossum* - the order of magnification is mentioned in round brackets: a - c: top of the stem of the stem (a -x200, b, c- x400), : ctx- cortical parenchyma, scl - sclerenchyma , st - stomata, vb - vascular bundle

The structure of the metamorphosed stem in *Ruscus hypoglossum* shows several distinct features that differentiate it from ordinary stems (Figure 3). The shape of the cross section is similar to that of a normal leaf, corresponding to the morphological appearance of the phyllocladia. The epidermis consists of small square cells with straight side walls and slightly thickened upper ones, covered with a thin cuticle. Both the upper and lower epidermis has a similar structure, and the stomata are few and are located at the same level as the epidermal cells.

Beneath the epidermis an assimilatory tissue can be observed; it consists of cells small and circular towards the center of the section and rectangular or elongated tangentially towards the edges and veins. Between the upper and lower assimilatory tissues is the lacunar parenchyma, consisting of colorless large cells arranged in 2-3 layers, interrupted by veins.

The central cylinder consists of 3-4 layers of sclerenchyma cells and fundamental parenchyma in its center. The sclerenchyma cells are small, thick-walled and circular, while those in the underlying parenchyma are larger, thin-walled. The central cylinder contains 3-4 large and 2-3 small vascular bundles, of the collateral type, with phloem facing the center of the central cylinder.

In the mesophyll, vascular bundles are found that form the parallel veins, each surrounded by a parenchymatous sheath. This sheath is made up of small cells, lacking chloroplasts, and has a role similar to the endoderm. The conducting fascicles inside the sheath are of the collateral type.

This structure reflects the morphological and functional adaptations of the metamorphosed stem, contributing to the conduction of sap, as well as to the process of photosynthesis.

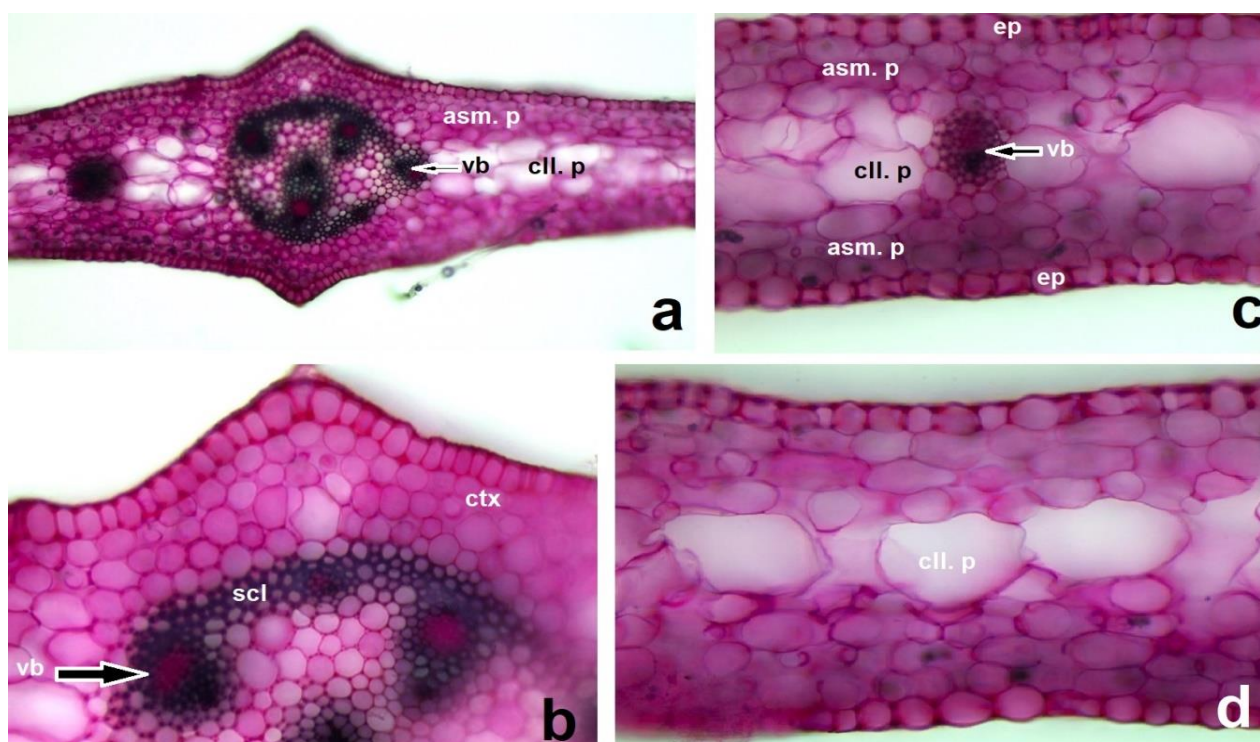


Figure 3 - Cross sections through the metamorphosed stem of *Ruscus hypoglossum* - the order of magnification is mentioned in round brackets: a - overall image (x100), b - detail from the central area with vascular tissues (x200), c, d - details from the area lateral (x400): asm. p - assimilatory parenchyma, cll. p - colorless parenchyma, ctx- cortical parenchyma, scl - sclerenchyma, vb - vascular bundle.

In the normal stem of *Ruscus aculeatus*, observations were made in three distinct sections: base, middle and tip, emphasizing the anatomical differences of each area.

At the base of the stem (Figure 4 a-d), the section is circular, with irregular ridges on the outline. The epidermis is unilayered (consisting of a single layer of square cells), tightly joined together, with thin side walls and thickened upper/lower ones. This epidermis is covered by a thick cuticle. The cortex, immediately below the epidermis, consists of 3-4 layers of assimilatory tissue. Below it is the cortical parenchyma, consisting of large, thin-walled cells. The fundamental parenchyma from central cylinder, in which vascular bundles are dispersed, consists of large, round cells, with slightly thickened and lignified walls, especially in the external area, with spaces between them (meats). Compared to *Ruscus hypoglossum*, in *Ruscus aculeatus* there are more vascular bundles, but also more sclerenchyma. The xylem vessels are smaller in size, similar to those of the phloem.

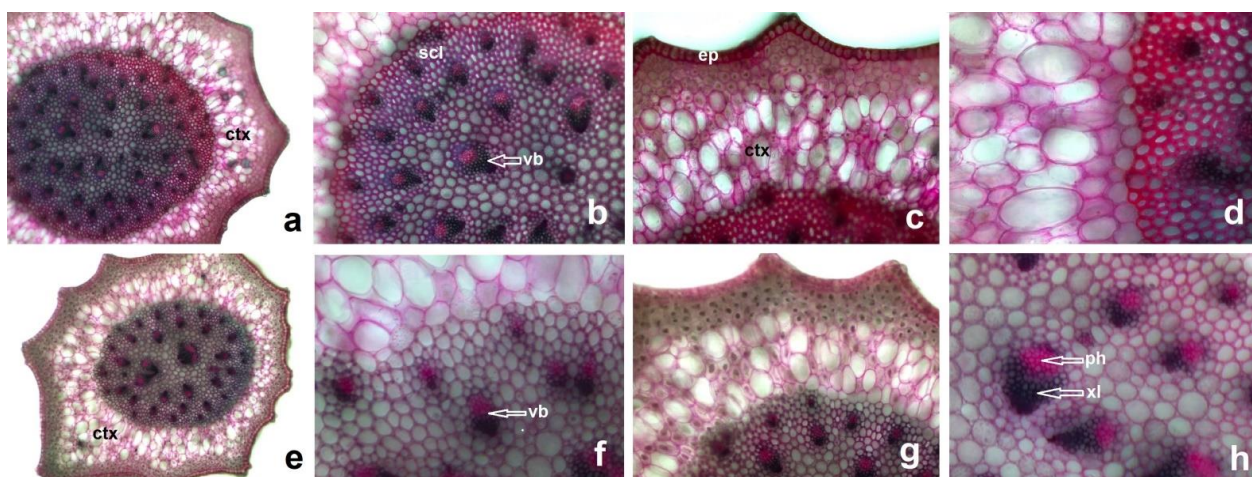


Figure 4 - Cross sections through the mature normal stem of *Ruscus aculeatus* - the order of magnification is mentioned in round brackets: a - d: base of the stem (a -x100, b, c - x200, d - x400), e - h: middle of the stem (e - x100, f-h - x400), : ctx- cortical parenchyma, ep - epidermis, ph - phloem, scl - sclerenchyma, vb - vascular bundle, xl - xylem.

In the middle of the stem (Figure 4 e-h), the epidermis is still unilayered, with small and square cells, covered by a thick cuticle. Under the epidermis, there are 2-3 layers of assimilatory tissue, with cells containing chloroplasts. The rest of the cortex is made up of large, thin-walled cortical parenchyma cells. Fundamental parenchyma has large cells, between which are observed closed collateral conducting bundles, formed by xylem and phloem. The parenchyma cells are slightly sclerified in the external area. The more developed vascular bundles, located deep in the central cylinder, have phloem protected by few sclerenchyma fibers.

At the top of the stem (Figure 5), the epidermis is similar, being thin, single-layered, with small, equal cells, covered by a thick cuticle. The cortex consists of external parenchyma, with smaller, rounded cells near the epidermis, but the rest of the cells are large, thin-walled. In the central cylinder there are numerous closed collateral vascular bundles. The fundamental parenchyma has large, thin-walled cells. In the thickness of the pericycle, conductive bundles are observed in formation, in which the phloem is more developed than the xylem.

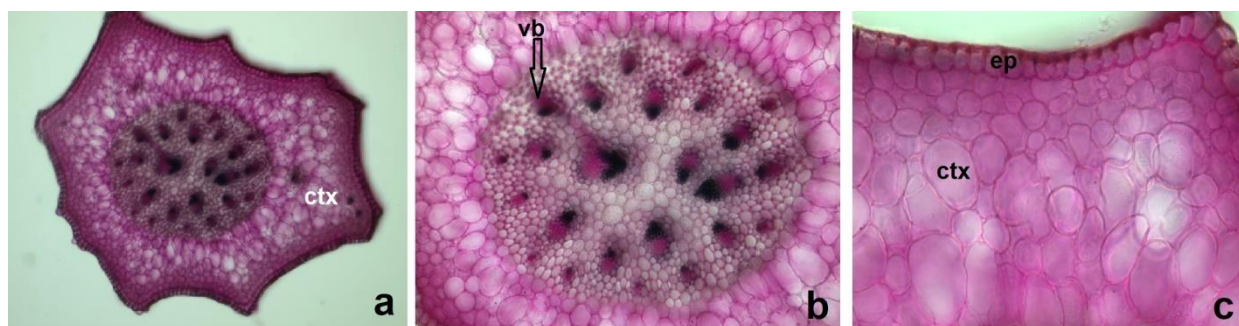


Figure 5 - Cross sections through the mature normal stem of *Ruscus aculeatus* - the order of magnification is mentioned in round brackets: a - c: top of the stem of the stem (a -x200, b, c- x400): ctx- cortical parenchyma, ep – epidermis, vb - vascular bundle.

The structure of the metamorphosed stem in *R. aculeatus* (Figure 6): the epidermis is single-layered, the epidermal cells are square shaped, approximately equal in size, with thin side walls and the upper ones covered with a thick layer of cuticle. A few stomata can be observed on both the upper and lower epidermis which cannot be differentiated.

The mesophyll is made up of 4 – 5 layers of assimilating parenchyma cells, with an irregular shape, predominantly circular, slightly larger in size compared to the epidermal cells and with meats between them. Layers of similar cells can be observed under both epidermises, constituting another factor that does not allow their differentiation.

Between the assimilatory tissues, there is the lacunar parenchyma made up of similarly sized and thin-walled, colorless cells.

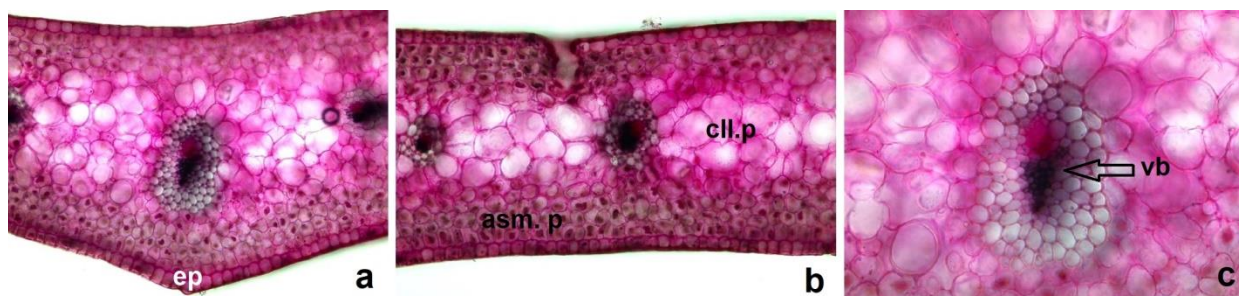


Figure 6 - Cross sections through the metamorphosed stem of *Ruscus aculeatus* - the order of magnification is mentioned in round brackets: a - overall image of the central area (x200), b - overall image of the lateral area (x200), c - details from the lateral area (x400): asm. p - assimilatory parenchyma, cll. p - colorless parenchyma, ep – epidermis, vb - vascular bundle.

Veins are represented by conducting bundles of closed collateral type, surrounded by a relatively fascicular sheath, consisting of 3-4 layers of parenchymal cells closely united with each other, with the role of support and protection. At the level of the vascular bundles, both the phloem vessels arranged towards the lower epidermis and the xylem vessels, directed towards the upper one, are well developed. Our observations differ from those of Bălică et al., 2005 [2], who described vascular bundles of leptocentric type at this level.

Being found in areas with limited nutritional and water resources (at least part of the growing season), species of the genus *Ruscus* exhibit several anatomical adaptations in their stems that help them thrive in their specific environments. One of the most notable adaptations in *Ruscus* species is the presence of cladodes. Cladodes are flattened, leaf-like structures that are actually modified stems. In *Ruscus* species, the leaves on the stem are reduced to small, scalelike, and membranous structures due to the transformation of the stem into photosynthetic cladodes [3]. Since they have reduced or absent true leaves, the cladodes take over the function of photosynthesis [9-10]. This adaptation reduces water loss and makes the plant more efficient in arid environments. The flat structure also maximizes the surface area for light absorption while minimizing water loss, which is crucial in dry and shaded habitats [11-12].

The normal and metamorphosed stems (cladodes) of *Ruscus* species are covered with a thick cuticle, an important adaptation to prevent water loss. A cuticle is a waxy layer that acts as a barrier against desiccation, helping the plant conserve moisture in environments where water is scarce [13-14].

Stomata are often reduced in density or absent on the stem surfaces of *Ruscus* species. This reduction is another way the plant conserves water, as fewer stomata mean less opportunity for water vapor to escape, a vital adaptation for surviving in dry conditions [9-14].

The sclerenchyma presents in the stems of analyzed *Ruscus* species, particularly around the vascular bundles (xylem and phloem), provide mechanical support and protect the vascular tissues. This adaptation ensures structural stability and enhances the plant's ability to transport water and nutrients efficiently, even under conditions of water stress (Raven et al., 2005).

At the same time, the vascular bundles in *Ruscus* species are adapted to efficiently transport water and nutrients in environments with irregular water availability. The presence of well-differentiated xylem (water-conducting tissue) and phloem (nutrient-conducting tissue) ensures that the plant can survive periods of drought and recover when water becomes available [15].

Many *Ruscus* species have a compact and bushy growth habit. This minimizes the surface area exposed to the sun and wind, further reducing water loss through evaporation [13]. The dense arrangement of stems and cladodes also helps the plant capture and retain moisture, essential in drier environments.

Conclusions

This study examines the anatomy of normal and metamorphosed stems (phyllocladia) in *Ruscus hypoglossum* and *Ruscus aculeatus* using light microscopy, focusing on structural adaptations to environmental conditions. In *R. hypoglossum*, the central cylinder contains more sclerenchyma fibers compared to *R. aculeatus*, which has more, but smaller, vascular bundles with fewer sclerenchyma elements. The metamorphosed stems of both species share a similar structure, with assimilating tissue beneath the epidermis and colorless tissue in the central part. However, *R. hypoglossum* has fewer, larger cells in the central tissue, while *R. aculeatus* has more, but smaller, cells. *R. hypoglossum* also has more vascular bundles (3-4 large and 2-3 small), arranged in a circle and surrounded by a common sclerenchyma sheath.

In both species, the true leaves are reduced to small, scalelike structures, while the photosynthetic function is taken over by cladodes. These adaptations minimize water loss and maximize light absorption, making *Ruscus* species highly efficient in dry, shaded habitats. The

anatomical features discussed provide insight into their environmental adaptations and could help in species identification from plant fragments.

Authors' contribution:

Gostin Irina Neta: Principal author of the manuscript. She participated in collecting the material, performing laboratory investigations and writing the manuscript.

Timuc Casiana: made microscopic slides for analysis, participated in writing the manuscript. The results from the manuscript are included in her Bachelor Thesis presented at the Faculty of Biology, Alexandru Ioan Cuza" University of Iași, in 2024.

References

1. POWO-Plants of the World Online. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. – [Electron. resource] - Available online: URL: <https://powo.science.kew.org/> (accessed on 26 September 2024).
2. Balica G., Tămaș M., Deliu C. Contribution to the anatomy of *Ruscus aculeatus* L. (Liliaceae) // *Contribuții Botanice*.-2005.-№40.-P.221-225.
3. Güvenç A., Coskun M., Arihan O. Anatomical structure of cladodes of *Ruscus* L. taxa (Liliaceae) in Turkey // *FABAD J. Pharm. Sci.*-2011.-№36.-P.119-128.
4. Martinez-Palle E., Aronne G. Pollination failure in Mediterranean *Ruscus aculeatus* L. // *Botanical Journal of the Linnean Society*.-2000.-№134.-P.443-452, DOI: <https://doi.org/10.1006/bojl.2000.0342>.
5. Mascullo M., Pizza C., Piacente S. *Ruscus* Genus: A Rich Source of Bioactive Steroidal Saponins // *Planta Medica*.-2016.-№82.-P.1513–1524, DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0042-119728>.
6. Banciu C., Aiftimie-Păunescu A. In vitro propagation of rare species *Ruscus aculeatus* L. and histological peculiarities of the regenerants // *Universitatea din Oradea – Fascicula Biologie*.-2012.-№19.-P.67-73.
7. Jensen W.A. *Botanical Histochemistry: Principles and Practice*. – San Francisco: W. H. Freeman and Co, 1962.
8. Șerbănescu-Jitariu G., Andrei M., Mitroiu-Rădulescu N., Petria E. *Practicum de Biologie Vegetală*. – Bucharest: CERES, 1983.
9. Fahn A. *Plant Anatomy* (4th ed.). – Oxford: Pergamon Press, 1990.
10. Metcalfe C.R., Chalk L. *Anatomy of the Dicotyledons: Leaves, Stem, and Wood in Relation to Taxonomy*. – Oxford: Clarendon Press, 1950.
11. Esau K. *Anatomy of Seed Plants* (2nd ed.). – New York: Wiley, 1977.
12. Vítková M., Müllerová J., Sádlo J., Pergl J., Pyšek P. Black list and watch list of alien species in the Czech Republic based on environmental impacts // *Preslia*.-2017.-№89.-P.103–121.
13. Larcher W. *Physiological Plant Ecology: Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups*. – Berlin: Springer, 2003.
14. Carlquist S. *Ecological Strategies of Xylem Evolution*. – Berkeley: University of California Press, 1975.
15. Raven P.H., Evert R.F., Eichhorn S.E. *Biology of Plants* (7th ed.). – New York: W.H. Freeman and Company, 2005.

С. Тимук, Н. Гостин*

А.И. Куза атындағы Ясса университеті, Яссы, Румыния

***Ruscus* L екі тұқымдасының вегетативті мүшелердің салыстырмалы анатомиясы**

Аңдатпа. Бұл жұмыста *Ruscus* тұқымдасының екі түрінің (*R. hypoglossum* L. және *R. aculeatus* L.) қалыпты және метаморфозға ұшыраған сабақтарының анатомиясы жарық микроскопиясының көмегімен талданды. Екі түрдің құрылымдық сипаттамалары, олардың қоршаған орта жағдайларына бейімделуіне баса назар аударылды. *R. hypoglossum* түрінен қалыпты штамм *R. aculeatus*-пен салыстырғанда орталық цилиндрдегі склеренхима талшықтарының көп мөлшерін көрсетеді; тамыр шоғырлары *R. aculeatus*-да көп, бірақ кішірек, склеренхима элементтері әсіресе флоэма жанында аз. Метаморфозға ұшыраған өзек (филлокладия) екі түрге ұқсас құрылымдық жоспарды көрсетеді, эпидермис астында ассимиляциялық ұлпа және орталық бөлігінде түссіз ұлпа бар. Қан тамырларының шоғырларының саны әртүрлі, олар көп, шеңбер түрінде орналасқан, *R. hypoglossum*. Зерттелетін түрлердің анатомиялық ерекшеліктері олардың тіршілік ету ортасына бейімделуін түсінуге көмектеседі, сонымен қатар бізде тек өсімдік денесінің фрагменттері болған кезде түрді анықтауға көмектеседі.

Түйінді сөздер: *R. hypoglossum*, *R. aculeatus*, өзек, филлокладия, анатомия.

К. Тимук, И.Н. Гостин

Ясский университет имени А. И. Куза, Яссы, Румыния

Сравнительная анатомия вегетативных органов двух видов растения рода *Ruscus* L.

Аннотация. В данной работе методами световой микроскопии проанализирована анатомия нормальных и метаморфизированных стеблей двух видов растения рода *Ruscus* (*R. hypoglossum* L. и *R. aculeatus* L.). Представлены их структурные характеристики с учетом их адаптации к условиям окружающей среды. Показано, что растения *R. hypoglossum* имеют большее количество волокон склеренхимы в центральном цилиндре по сравнению с *R. Aculeatus*. Однако сосудистые пучки у растения *R. aculeatus* более многочисленные и более мелкие, с небольшим количеством элементов склеренхимы, особенно вблизи флоэмы. Метаморфизованный стебель (филлокладия) имеет у обоих видов растения схож и характеризуется ассимилирующей тканью под эпидермисом и бесцветной тканью в центральной части. Число сосудистых пучков различается, у *R. hypoglossum* они более многочисленные и расположены по кругу. Таким образом, анатомические особенности исследованных видов помогают нам понять механизмы их адаптацию к среде обитания, а также могут помочь в идентификации вида по отдельным фрагментам растения.

Ключевые слова: *R. hypoglossum*, *R. aculeatus*, стебель, филлокладия, анатомия.

References

1. POWO-Plants of the World Online, [Facilitated by the Royal Botanic Gardens Kew]. Available at: <https://powo.science.kew.org/> (accessed on 26 September 2024).
2. Balica G., Tămaş M., Deliu C. Contribution to the anatomy of *Ruscus aculeatus* L. (Liliaceae) // *Contribuții Botanice*, 40, 221-225 (2005).

3. Güvenç A., Coskun M., Arihan O. Anatomical structure of cladodes of *Ruscus L. taxa* (Liliaceae) in Turkey // *FABAD J. Pharm. Sci.*, 36, 119-128 (2011)
4. Martinez-Palle E., Aronne G. Pollination failure in Mediterranean *Ruscus aculeatus L.* // *Botanical Journal of the Linnean Society*, 134, 443-452 (2000), <https://doi.org/10.1006/bojl.2000.0342>.
5. Mascullo M., Pizza C., Piacente S. *Ruscus* Genus: A Rich Source of Bioactive Steroidal Saponins // *Planta Medica*, 82, 1513–1524 (2016), <https://doi.org/10.1055/s-0042-119728>.
6. Banciu C., Aiftimie-Păunescu A. In vitro propagation of rare species *Ruscus aculeatus L.* and histological peculiarities of the regenerants // *Universitatea din Oradea – Fascicula Biologie*, 19, 67-73 (2012).
7. Jensen W.A. *Botanical Histochemistry: Principles and Practice.* – San Francisco: W. H. Freeman and Co, 1962.
8. Șerbănescu-Jitariu G., Andrei M., Mitroiu-Rădulescu N., Petria E. *Practicum de Biologie Vegetală.* – Bucharest: CERES, 1983.
9. Fahn A. *Plant Anatomy* (4th ed.). – Oxford: Pergamon Press, 1990.
10. Mascullo M., Pizza C., Piacente S. *Ruscus* Genus: A Rich Source of Bioactive Steroidal Saponins // *Planta Medica*, 82, 1513–1524 (2016), <https://doi.org/10.1055/s-0042-119728>.
11. Esau K. *Anatomy of Seed Plants* (2nd ed.). – New York: Wiley, 1977.
12. Vítková M., Müllerová J., Sádlo J., Pergl J., Pyšek P. Black list and watch list of alien species in the Czech Republic based on environmental impacts // *Preslia*, 89, 103–121 (2017).
13. Larcher W. *Physiological Plant Ecology: Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups.* – Berlin: Springer, 2003.
14. Carlquist S. *Ecological Strategies of Xylem Evolution.* – Berkeley: University of California Press, 1975.
15. Raven P.H., Evert R.F., Eichhorn S.E. *Biology of Plants* (7th ed.). – New York: W.H. Freeman and Company, 2005.

Information about authors:

Gostin I. N – She is Associate Professor PhD in Plant Science, "Alexandru Ioan Cuza" University of Iași, Faculty of Biology, Bdul Carol I, no. 11, 700506 Iasi, Romania

Timuc C. – She is master's student, in Medical Laboratory, first year, "Alexandru Ioan Cuza" University of Iași, Faculty of Biology, Bdul Carol I, no. 11, 700506 Iasi, Romania

Сведения об авторах:

Гостин И.Н. – А.И. Куза атындағы Ясса университетінің биология факультетінің доценті өсімдіктану ғылымдары бойынша PhD, Бдул Кэрол I, №. 11, 700506 Яссы, Румыния

Тимук К. – А.И. Куза атындағы Ясса университетінің медициналық зертханасының, бірінші курс магистранты, Бдул Кэрол I, №. 11, 700506 Яссы, Румыния

Редакторы: Р.І. Берсімбай

Авторларға арналған нұсқаулықтар,
жарияланым этикасы журнал сайтында енгізілген: <http://bulbio.enu.kz/>

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Хабаршысы.

Биологиялық ғылымдар сериясы.

– 3(148)/2024 – Астана: ЕҰУ. – 177 б.

Шартты б.т. 22,1 . Таралымы – сұраныс бойынша

Басуға қол қойылды: 27.09.2024

Ашық қолданыстағы электронды нұсқа: <http://bulbio.enu.kz>

Мазмұнына типография жауап бермейді

Редакция мекен-жайы: 010008, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Сәтбаев көшесі, 2.

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің баспасында басылды