

ISSN 1563-0218
Индекс 75866; 25866

ӘЛ-ФАРАБИ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

ХАБАРШЫ

Биология сериясы

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АЛЬ-ФАРАБИ

ВЕСТНИК

Серия биологическая

AL-FARABI KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY

EXPERIMENTAL BIOLOGY

№2 (71)

Алматы
«Қазақ университеті»
2017



ХАБАРШЫ

БИОЛОГИЯ СЕРИЯСЫ №2 (71)

ISSN 1563-0218
Индекс 75866; 25866



25.11.1999 ж. Қазақстан Республикасының Мәдениет, ақпарат және қоғамдық келісім министрлігінде тіркелген

Күәлік №956-Ж.

Журнал жылына 4 рет жарыққа шығады

ЖАУАПТЫ ХАТШЫ

Оразова С.Б. – б. ғ. к. (Қазақстан)

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

Бисенбаев А.К., б.ғ.д., ҚР ҰҒА корреспондент мүшесі – ғылыми редактор (Қазақстан)

Бекманов Б.О., б.ғ.к., доцент – ғылыми редактордың орынбасары (Қазақстан)

Түлеуханов С.Т., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Айташева З.Г., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Кистаубаева А.С., б.ғ.к. (Қазақстан)

Иващенко А.Т., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Мұхитдинов Н.М., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Нургазин С.Т., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Шүлембаева К.К., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Турусбеков Е.К., б.ғ.к., ассоциацияланған профессор (Қазақстан)

Омаров Р.Т., б.ғ.к., доцент (Қазақстан)

Искаков Б.К., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Галиакпаров Н.Н., PhD докторы (Қазақстан)

Сарбасов Д., PhD докторы, профессор (АҚШ)

Абжанов А., PhD докторы, профессор (АҚШ)

Рацакуэ М., PhD докторы, профессор (АҚШ)

Орынбаева З.С., PhD докторы (АҚШ)

Поляк Б., PhD докторы (АҚШ)

Фридман Г., PhD докторы (АҚШ)

Курмашева Р.Т., PhD докторы (АҚШ)

Сапарбаев М., PhD докторы, профессор (Франция)

Ищенко А., PhD докторы (Франция)

Партон С., PhD докторы, профессор (Ұлыбритания)

Даниленко М.П., PhD докторы (Израиль)

Текинай Т., PhD докторы (Түркия)

Лось Д., б.ғ.д., профессор (Ресей)



Ғылыми басылымдар бөлімінің басшысы

Гульмира Шаккозова

Телефон: +77017242911

E-mail: Gulmira.Shakkozova@kaznu.kz

Компьютерде беттеген:

Айгүл Алдашева

Жазылу мен таратуды үйлестіруші

Мөлдір Өміртайқызы

Телефон: +7(727)377-34-11

E-mail: Moldir.Omirtaikyzy@kaznu.kz

ИБ № 11511

Басуға 09.06.2017 жылы қол қойылды.

Пішімі 60x84 1/8. Көлемі 10,5 б.т. Офсетті қағаз. Сандық басылыс.

Тапсырыс № 6469. Таралымы 500 дана. Бағасы келісімді.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің

«Қазақ университеті» баспа үйі.

050040, Алматы қаласы, әл-Фараби даңғылы, 71.

«Қазақ университеті» баспа үйінің баспаханасында басылды.

© Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, 2017

1-бөлім
БОТАНИКА

Раздел 1
БОТАНИКА

Section 1
BOTANY

**Мемешов С.К.^{1*}, Дурмекбаева Ш.Н.¹, Курманбаева М.С.²,
Хамитова Г.Ж.¹, Жумабаева А.А.¹**

¹Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау мемлекеттік университеті, Қазақстан, Көкшетау қ.

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

*e-mail: memeshov@mail.ru

**АҚМОЛА ОБЛЫСЫ ЗЕРЕНДІ АУДАНЫ ФЛОРАСЫНДАҒЫ
АРАМШӨПТЕРДІҢ ТҮРЛІК ҚҰРАМЫ**

Мақалада Ақмола облысы, Зеренді ауданының флорасындағы арамшөптерге систематикалық талдау жүргізілген. Зерттелген аймақтың флорасында арамшөптердің 29 тұқымдас, 70 туысқа жататын 84 түрі анықталған. Жалпы түр саны бойынша бірінші орынды Asteraceae Dumort. (18 түр немесе 21,4 %), екінші орынды Poaceae Barnhart. (8 түр немесе 9,5 %), үшінші орынды Fabaceae Lindl. (7 түр немесе 8,3 %) тұқымдасы алады. Scrophulariaceae Juss. тұқымдасынан – 5 түр, Boraginaceae Juss., Rosaceae Juss. тұқымдастарынан – 4 түр, ал қалған тұқымдастардан 3-1 түрден кездесті. Арамшөптерге экологиялық талдау жасау барысында мезофиттер 37 түрді, ксеромезофиттер 21 түрді, ксерофиттер 10 түрді, гигрофиттер 6 түрді, мезоксерофиттер 5 түрді, гигромезофиттер 4 түрді, мезогигрофиттер 1 түрді құрайды.

Зерттелген өсімдіктер арамшөптердің қоректенуіне байланысты паразиттік емес арамшөптерге жатады. Аз жылдық арамшөптердің ішінде вегетациялық мезгіліне байланысты жаздық арамшөптердің 12 түрі (14,29 %), қыстап қалатын арамшөптердің 5 түрі (5,95 %), екіжылдық арамшөптердің – 8 түрі (9,52 %) кездесті. Көпжылдық арамшөптердің ішінде кіндік тамырлы – 24 түрі (28,57 %), тамырсабақты – 26 түр (30,95 %), атпатамырлы – 7 түр (8,33 %), шашақ тамырлы – 2 түрі (2,38 %) кездесті.

Түйін сөздер: флора, систематикалық талдау, арамшөптер, экологиялық топ, өсімдіктердің түрлік құрамы.

Memeshov S.K.^{1*}, Durmekbaeva Sh.N.¹, Kurmanbaeva M.S.²,
Hamitova G.Zh.¹, Zhumabaeva A.A.¹

¹Sh. Ualikhanov Kokshetau State University, Kazakhstan, Kokshetau

²Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty,

*e-mail: memeshov@mail.ru

**The specific composition of the Weed Plants of the
Zerendinsky District of the Akmola Region**

In this work is submitted the systematic analysis of weed plants of flora of the Zerendinsky District of the Akmola region. In flora of the explored area have been revealed 84 species of the weed plants relating to 70 species and 29 families. By quantity of species the Asteraceae family is in the first place (18 species or 21,4%); on the second Poaceae (8 species or 9,5%), on the third Fabaceae (7 species or 8,3%). Further the Scrophulariaceae Juss families have been settled down – 5 species. Boraginaceae Juss and Rosaceae Juss. – 4 species. Brassicaceae Burnett., Caryophyllaceae Juss., Geraniaceae Juss., Polygonaceae Juss. – 3 species. Apiaceae Lindl., Chenopodiaceae Vent., Lamiaceae Lindl., Plantaginaceae Juss., Ranunculaceae Juss., Urticaceae Juss. – 2 species and other families have 1 species. By the results of the carried-out ecological analysis in relation to humidity of the soil weed plants were subdivided as follows: mesophytes – 37 species, kseromesophytes – 21 species, kserophytes – 10 species, gigrophytes – 6 species, mezokserophytes – 5 species, gigromesophytes – 4 species and mesogigrophytes – 1 specie.

There are 37 species of the weed plants belong to mesophyta. They belong to the 14 families. The Asteraceae Dumort families (12 species) prevail among them by the quantity of species. Poaceae

Barnhart (5 species), Fabaceae Lindl (4 species), then Geraniaceae Juss follow (3 species), Brassicaceae Burnett., Polygonaceae Juss., Scrophulariaceae Juss. (2 species), and Apiaceae Lindl., Rosaceae Juss., Urticaceae Juss., Plantaginaceae Juss. And Boraginaceae have 1 species.

There are 21 species of the weed plants in kserofita. They belong to the 15 families. There are 10 species of the weed plants in kserofita.

There are 6 species in gignofita. They belong to the 6 families.

There are 5 species in mezokserofita which belong to the 4 families. There are 4 species in gignomezofita which belong to the 4 families.

On the system of classification of K. Raunkier (1905) weed plants have arranged as follows: gemirh-bgnjfit (56 species or 66,67%), terofita (16 species or 19,5%), kriptofita (7 species or 8,33%) and khamefita (5 species or 5,95%).

Weed plants of the explored area on character of nutrition belong to not parasitic plants. Among juvenile weed plants on the vegetative period were divided into spring – 12 species (14,29%), wintering – 5 species (5,95%) and biennials – 8 species (9,52%). There are 24 species (28,57%) of rod root plants, 26 species (30,95%) of rootstock weeds, 7 species (8,33%) of stem sucker, 2 species (2,38%) of fibril among perennial weed plants.

Key words: flora, systematic analysis, weed plants, ecological group, species.

Мемешов С.К.^{1*}, Дурмекбаева Ш.Н.¹, Курманбаева М.С.²,
Хамитова Г.Ж.¹, Жумабаева А.А.¹

¹Кокшетауский государственный университет им. Ш. Уалиханова, Казахстан, г. Кокшетау

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

*e-mail: memeshov@mail.ru

Видовой состав сорных растений Зерендинского района Акмолинской области

В статье представлен систематический анализ сорных растений флоры Зерендинского района Акмолинской области. Во флоре исследуемого района было выявлено 84 вида, относящихся к 70 родам и 29 семействам.

По количеству видов на первом месте находится семейство Asteraceae Dumort. (18 видов или 21,4%); на втором Poaceae Barnhart (8 видов, 9,5%), на третьем Fabaceae Lindl. (7 видов, 8,3%). Далее расположились семейства Scrophulariaceae Juss – 5 видов, Boraginaceae Juss. и Rosaceae Juss. по 4 вида, а остальные семейства по 3-1 виду. По результатам экологического анализа: мезофиты – 37 вида, ксеромезофиты – 21 вид, ксерофиты – 10 видов, гигрофиты – 6 видов, мезоксерофиты – 5 видов, гигромезофиты – 4 вида и мезогигрофиты – 1 вид.

Сорные растения исследуемого района по характеру питания принадлежат к непаразитным растениям. Среди малолетних сорных растений по вегетационному периоду разделились: яровые – 12 видов (14,29%), зимующие – 5 видов (5,95%), двулетники – 8 видов (9,52%). Среди многолетних стержнекорневые – 24 вида (28,57%), корневищные – 26 видов (30,95%), корнеотпрысковые – 7 видов (8,33%), мочковатые – 2 вида (2,38%).

Ключевые слова: флора, систематический анализ, сорные растения, экологическая группа, видовой состав растений.

Кіріспе

Бүгінгі күнге дейін зерттеушілер «арамшөптер» деген түсінікке әртүрлі анықтама беріп келген. В.Р. Вильямс (1948) бұл түсініктің мазмұнын былай ашқан: «... диқаншының көзқарасы бойынша, арамшөптерге мәдени дақылға жатпайтын кез-келген шөпті жатқызған» (Вильямс В.Р., 1948: 255). Э. Корсмо (Корсмо Э., 1933: 9) бойынша «арамшөптер деп пайдалы өсімдіктер арасында өздігінен өсіп, ауылшаруашылық дақылдарына көптеген зиянын келтіретін өсімдіктерді атаған».

А.И. Мальцев бойынша (1932, 11 б.), «арамшөптерге егістікте өздігінен өсетін, егістік

жағдайларына (экологиялық және биологиялық) және мәдени өсімдіктермен бірлесе өсуге бейімделген жабайы немесе жартылай мәдени өсімдіктерді жатқызған» (Мальцев А.И., 1932: 301).

Арамшөптер деп мәдени өсімдіктердің егістіктерінде өсетін, олардың өнімінің мөлшерін төмендетіп, сапасын нашарлататын өсімдіктерді атайды.

Арамшөптер жиі егіс зиянкестері мен ауру қоздырғыштардың мекені әрі оларды тарататын ортасы болып табылады. Қаулап өскен арамшөптердің арасында ұсақ кемірушілер тіршілік етеді. Кейбір арамшөптер өте улы болып, жануарлар мен құстар үшін қауіп төндіреді. Арамшөптер топырақтан қажетті қоректік зат-

тар мен ылғалды бойына сіңіреді, жер өңдеу мен егін жинауды қиындатады, дақылдың өнімі мен сапасын төмендетеді. Аса зиянды адвентивті арамшөптерге карантиндік деген статус берілген (Фисюнов А.В., 1984: 118).

Арамшөптердің егістіктерге тигізетін зияны, әсіресе, ылғалдылық жетіспейтін аймақтарда өте ерекше байқалады. Мәдени дақылдарға қарағанда арамшөптердің тамыр жүйесі өте жақсы дамыған, сондықтан олар топырақтағы суды барынша мол сіңіреді. Арамшөптер топырақтан сумен бірге мәдени дақылдарға қажетті пайдалы қоректік заттарды да (азот, фосфор қышқылы, калий және т.б.) пайдаланады. Кейбір арамшөптердің мәдени өсімдіктердің тамырларына, сабақтарына жабысып, олардан қоректік шырындарды тартып, паразиттік тіршілік ететін түрлері де кездеседі. Арамшөптер тек жыртылған жерлерде ғана емес, сонымен қатар, жайылымдар мен шабындықтарда да кездеседі (Фисюнов А.В., 1984: 135).

Арамшөптердің биологиялық ерекшеліктеріне олардың өте жоғары өсімталдығы, арамшөптердің тұқымдарының бірден қаулап өнбеуі және піспеуі, тұқымдарының сол аймақта таралуға мүмкіндік туғызатын құрылымдарының (тіккөктері) болуы, тұқымдарының тіршілік ету ұзақтығының жоғары болуы, ауа райының қолайсыз жағдайына төзімді келуі және т.б. жатады.

Осыған байланысты зерттеу жұмысымыздың мақсаты Ақмола облысы, Зеренді ауданы флорасында кездесетін арамшөптер түрлеріне талдау жасау.

Зерттеу материалдары және әдістері

Зерттеу жұмысы Ақмола облысы, Зеренді ауданы аймағының жайылымдарында кең таралған арамшөптердің түрлеріне жүргізілді.

Негізгі әдіс ретінде маршруттық-аймақтық және А.И. Толмачевтың (1986) әдісі алынды (Толмачев А.И., 1986: 58). Жиналған өсімдіктердің түрлерін анықтауда «Флора Қазақстана» (1956-1966), М.С. Байтеновтың «Флора Қазақстана» (1-2 том) еңбектері пайдаланылды (Байтенов М.С., 1999). Флораның конспектісін жасауда және флористикалық спектрдегі түрлердің орналасуы мен түрүсті категорияларын анықтауда А.Л. Тахтаджянның (1987) филогенетикалық жүйесі бойынша жүргізілді (Тахтаджян А.Л., 1987: 387). Тіршілік формаларына байланысты түрлердің жіктелуі И.Г. Серебряковтың (Серебряков И.Г., 1962: 298) еңбегі бойынша жүргізілді. Арамшөптердің түрлерін талдауда А.В. Фисюновтың (1984: 258) «Сорные растения» еңбегі қолданылды. Зерттелген өсімдіктердің түрлері мен туыстарының латынша атаулары С.К. Черепановтың (1995: 505) еңбегіне сәйкес берілді. Өсімдіктердің орысша және қазақша атауларын жазуда С.А. Арыстанғалиев және Е.Р. Рамазановтың (1977: 244) еңбегі пайдаланылды.

Зерттеу нәтижелері және оларды талдау

Зерттеу жұмысымыздың нәтижелері бойынша Ақмола облысы, Зеренді ауданы аймағының флорасы арамшөптердің 29 тұқымдас, 70 туыс, 84 түрден тұратыны анықталды (кесте 1).

1-кесте – Ақмола облысы, Зеренді ауданы флорасында кездескен арамшөптер түрлері

№	Тұқымдас атауы	Түр атауы
1.	<i>Alismataceae Vent.</i>	<i>Alisma plantago-aquatica L.</i>
2.	<i>Liliaceae Juss.</i>	<i>Asparagus officinalis L.</i>
3.	<i>Poaceae Barnhart.</i>	<i>Agropyron repens (L.)</i>
		<i>Beckmannia eruciformis (L.) Host.</i>
		<i>Bromus inermis Leyss. Fl. Hal.</i>
		<i>Calamagrostis epigeios (L.) Roth.</i>
		<i>Echinochloa crusgalli (L.)</i>
		<i>Festuca pratensis Huds.</i>
		<i>Poa pratensis L. Sp. Pl.</i>
4.	<i>Amaranthaceae Juss.</i>	<i>Setaria viridis (L.) Beauv.</i>
		<i>Amaranthus retroflexus L.</i>

№	Тұқымдас атауы	Түр атауы
5.	<i>Apiaceae Lindl.</i>	<i>Eryngium planum L.</i>
		<i>Silaus besseri DC.</i>
6	<i>Asteraceae Dumort.</i>	<i>Arctium tomentosum Mill.</i>
		<i>Artemisia absinthium L. Sp. Pl.</i>
		<i>Artemisia austriaca Jacq.</i>
		<i>Artemisia dracunculus L.</i>
		<i>Artemisia glauca Pall. ex Willd.</i>
		<i>Artemisia vulgaris L.</i>
		<i>Bidens tripartita L. Sp. Pl.</i>
		<i>Carduus crispus L.</i>
		<i>Centaureascabiosa L.</i>
		<i>Erigeron acris L.</i>
		<i>Hieracium umbellatum L.</i>
		<i>Inula Britannica L.</i>
		<i>Lactuca tatarica (L.) Mey.</i>
		<i>Matricaria recutita</i>
		<i>Senecio Jacobaea L.</i>
<i>Tanacetum vulgare</i>		
<i>Taraxacum officinale Wigg.</i>		
7.	<i>Boraginaceae Juss.</i>	<i>Echium vulgare L.</i>
		<i>Nonea pulla DC.</i>
		<i>Onosma simplicissima L.</i>
		<i>Lappula squarrosa</i>
8.	<i>Brassicaceae Burnett</i>	<i>Berteroa incana (L.) DC.</i>
		<i>Capsella bursa-pastoris (L.) Medik.</i>
		<i>Lepidium ruderale L.</i>
9.	<i>Cannabaceae Endl.</i>	<i>Cannabis ruderalis Janisch.</i>
10.	<i>Caryophyllaceae Juss</i>	<i>Cerastium arvense L.</i>
		<i>Gypsophila paniculata L.</i>
		<i>Stellaria graminea L.</i>
11.	<i>Chenopodiaceae Vent.</i>	<i>Chenopodium album L.</i>
		<i>Chenopodium glaucum L.</i>
12.	<i>Convolvulaceae Juss.</i>	<i>Convolvulus arvensis L.</i>
13.	<i>Crassulaceae DC.</i>	<i>Sedum Telephium L.</i>
14.	<i>Dipsacaceae Juss.</i>	<i>Scabiosa Ochroleuca L.</i>
15.	<i>Euphorbiaceae Juss.</i>	<i>Euphorbia virgata Waldst. ex Kit.</i>
16.	<i>Fabaceae Lindl</i>	<i>Lathyrus tuberosus L.</i>
		<i>Medicago falcata L.</i>
		<i>Melilotus officinalis (L.) Pall.</i>
		<i>Oxytropis pilosa (L.) DC.</i>
		<i>Trifolium lupinaster pentaphyllum (Trifolium lupinaster)</i>
		<i>Trifolium repens L.</i>
		<i>Vicia cracca L.</i>

№	Тұқымдас атауы	Түр атауы
17.	<i>Geraniaceae Juss.</i>	<i>Erodium cicutarium (L.)</i>
		<i>Geranium dissectum</i>
		<i>Geranium pratense L.</i>
18.	<i>Lamiaceae Lindl.</i>	<i>Salvia stepposa Shost.</i>
		<i>Thymus serpyllum L.</i>
19.	<i>Onagraceae Juss</i>	<i>Chamaenerium angustifolium L.</i>
20.	<i>Plantaginaceae Juss.</i>	<i>Plantago major L.</i>
		<i>Plantago media L.</i>
21.	<i>Plumbaginaceae Juss.</i>	<i>Limonium Gmelinii</i>
22.	<i>Polygalaceae R. Br.</i>	<i>Polygala comosa</i>
23.	<i>Polygonaceae Juss.</i>	<i>Polygonum aviculare L.</i>
		<i>Rumex acetosa L.</i>
		<i>Rumex confertus Willd.</i>
24.	<i>Primulaceae Vent.</i>	<i>Androsace septentrionalis L.</i>
		<i>Lysimachia vulgaris L.</i>
25.	<i>Ranunculaceae Juss.</i>	<i>Ranunculus acris</i>
		<i>Ranunculus sceleratus</i>
26.	<i>Rosaceae Juss.</i>	<i>Filipendula ulmaria (L.) Maxim.</i>
		<i>Potentilla anserina L.</i>
		<i>Potentilla argentea L.</i>
		<i>Sanguisorba officinalis L.</i>
27.	<i>Rubiaceae Juss.</i>	<i>Galium verum L.</i>
28.	<i>Scrophulariaceae Juss.</i>	<i>Linaria vulgaris L.</i>
		<i>Verbascum phoeniceum L.</i>
		<i>Veronica incana L.</i>
		<i>Veronica longifolia L.</i>
29.	<i>Urticaceae Juss.</i>	<i>Urtica dioica L.</i>
		<i>Urtica urens L.</i>

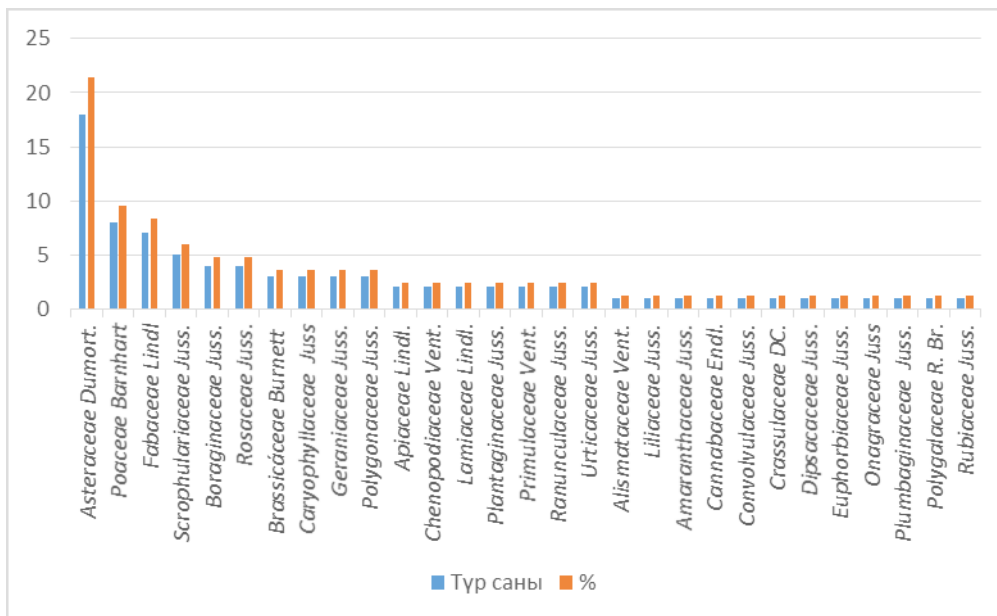
Жалпы түр саны бойынша бірінші орынды *Asteraceae* (18 түр немесе 21,4%); екінші орынды *Poaceae* (8 түр немесе 9,5%), үшінші орынды *Fabaceae* (7 түр немесе 8,3%) тұқымдасы алады. *Scrophulariaceae Juss.* тұқымдасынан – 5 түр, *Boraginaceae Juss.*, *Rosaceae Juss.* тұқымдастарынан – 4 түр, *Brassicaceae Burnett.*, *Caryophyllaceae Juss.*, *Geraniaceae Juss.*, *Polygonaceae Juss.* тұқымдастарынан – 3 түрден, *Apiaceae Lindl.*, *Chenopodiaceae Vent.*, *Lamiaceae Lindl.*, *Plantaginaceae Juss.*, *Primulaceae Vent.*, *Ranunculaceae Juss.*, *Urticaceae Juss.* тұқымдастарынан – 2 түрден, ал қалған тұқымдастардан 1 түрден кездесті (1-сурет).

Арамшөптерге экологиялық сараптама негізінде топырақтың ылғалдылығына байланысты

өсімдіктер мынадай қатар бойынша орналасқан: мезофиттер (37 түр), ксеромезофиттер (21 түр), ксерофиттер (10 түр), гигрофиттер (6 түр), мезоксерофиттер (5 түр), гигромезофиттер (4 түр), мезогигрофиттер (1 түр). Ал гидрофиттер мүлдем кездеспеді.

Ылғалға байланысты арамшөптер түрлерінің таралуы 2-кестеде берілген. Жалпы алғанда зерттелген аймақта мезофиттер басым, бұл топқа ылғалдылығы жеткілікті болатын субстратқа бейімделген өсімдіктер түрлері жатады. Мезофиттерге барлық арамшөптердің 37 түрден тұратын 14 тұқымдасы кіреді. Олардың ішінде *Asteraceae Dumort.* (12 түр), *Poaceae Barnhart* (5 түр), *Fabaceae Lindl.* (4 түр), *Geraniaceae Juss.* (3 түр), *Brassicaceae Burnett.*,

Polygonaceae Juss. және *Scrophulariaceae* Juss. (2 түрден), ал *Apiaceae* Lindl., *Rosaceae* Juss., *Urticaceae* Juss., *Polygalaceae* R. Br., *Plantaginaceae* Juss., *Cannabaceae* Endl. және *Boraginaceae* Juss. тұқымдастары 1 түрден кездеседі.



1-сурет – Ақмола облысы Зеренді ауданы аймағындағы арамшөптердің жалпы түрлер саны (%)

2-кесте – Ақмола облысы Зеренді ауданы аймағындағы арамшөптердің экологиялық топтары бойынша кездесуі

№	Экологиялық топтар	Түрлер саны	Түрдің жалпы сандарының %
1	Гидрофиттер	-	-
2	Гигрофиттер	6	7,14
3	Гигромезофиттер	4	4,76
4	Мезогигрофиттер	1	1,19
5	Мезофиттер	37	44,05
6	Мезоксерофиттер	5	5,95
7	Ксеромезофиттер	21	25
8	Ксерофиттер	10	11,91
	Барлығы: 8 топ	84	100

Ксеромезофиттерге жеткілікті ылғалдылықтан төмен субстратқа бейімделген 15 тұқымдасқа жататын 21 түр кіреді (*Asteraceae* Dumort. (3 түр), *Caryophyllaceae* Juss., *Fabaceae* Lindl., *Chenopodiaceae* Vent. және *Scrophulariaceae* Juss. тұқымдастары (2 түр), *Liliaceae* Juss., *Poaceae* Barnhart., *Amaranthaceae* Juss., *Convolvulaceae* Juss., *Euphorbiaceae* Juss., *Onagraceae* Juss., *Plantaginaceae* Juss., *Primulaceae* Vent., *Rubiaceae* Juss. және *Rosaceae* Juss. (1 түр) келеді.

Ылғал үнемі жетіспейтін субстратқа бейімделген ксерофиттерге 7 тұқымдасқа жататын 10 түр кіреді. Оларға *Boraginaceae* Juss. (3 түр), *Asteraceae* Dumort. (2 түр), *Poaceae* Barnhart., *Caryophyllaceae* Juss., *Crassulaceae* DC. (1 түрден) жатады.

Гигрофиттерге мөлшерден тыс ылғалданған субстратқа бейімделген түрлер жатады. Гигрофиттер 6 тұқымдасқа жататын 6 түр кіреді

(*Alismataceae Vent.*, *Poaceae Barnhart*, *Asteraceae Dumort.*, *Primulaceae Vent.*, *Ranunculaceae Juss.*, *Rosaceae Juss.* (барлығы 1 түрден).

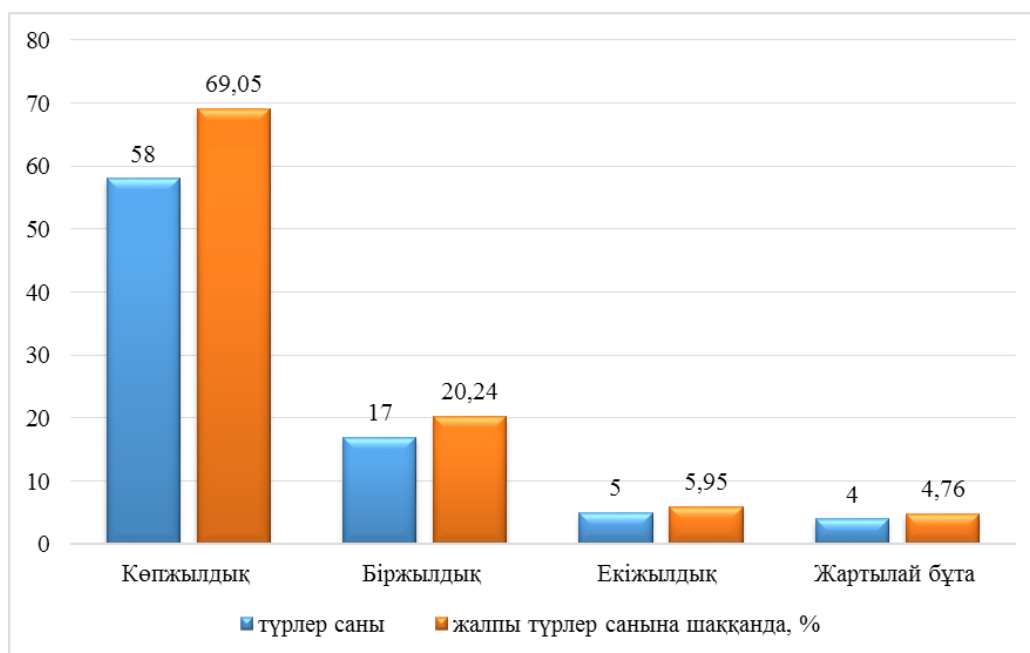
Мезоксерофиттерге мезофиттерге қарағанда біршама құрғақтау, ал ксерофиттерге қарағанда біршама ылғалды субстратқа бейімделген түрлер жатады (4 тұқымдас, 5 түр, *Apiaceae Lindl.*, *Dipsacaceae Juss.*, *Scrophulariaceae Juss.*, *Lamiaceae Lindl.*

Гигромезофиттерге *Polygonaceae Juss.*, *Ranunculaceae Juss.*, *Rosaceae Juss.*, *Urticaceae Juss.* тұқымдасының түрлері кіреді.

Limonium Gmelinii (Plumbaginaceae Juss.) өсімдігі мезогигрофит болып табылады.

Өсімдіктердің тіршілік формалары жергілікті жағдайларға ұзақ бейімделу нәтижесінде болған өсімдіктер формасы. Экологиялық факторлардың әсері нәтижесінде өсімдіктің сырт көрінісі, оның тіршілік формасы қалыптасады.

Зерттелген аймақтағы арамшөптердің түрлері тіршілік формаларына байланысты жартылай бұталар – 4 түр, шөптесін өсімдіктер – 80 түрді біріктіретіні анықталды (2-сурет).



2-сурет – Ақмола облысы Зеренді ауданы аймағындағы арамшөптердің тіршілік формаларына байланысты кездесуі

Жартылай бұталарға *Onosma simplicissima L.*, *Thymus serpyllum L.*, *Artemisia absinthium L.*, *Artemisia dracuncululus L.* жатады. Біржылдықтарға *Setaria viridis (L.) Beauv.*, *Echinochloa crusgalli (L.) Beauv.*, *Lappula squarrosa*, *Chenopodium album L.*, *Chenopodium glaucum L.*, *Amaranthus retroflexus L.* және т.б. түрлер жатады. Екіжылдық өсімдіктердің ішінде *Echium vulgare L.*, *Melilotus officinalis (L.) Pall.*, *Berteroa incana (L.) DC.*, *Carduus crispus*, *Arctium tomentosum Mill.* түрлері кездесті.

Көпжылдық шөптесін өсімдіктердің ішінде *Alisma plantago-aquatica L.*, *Agropyron repens (L.)*, *Beckmannia eruciformis (L.) Host.*, *Calamagrostis epigeios (L.) Roth.*, *Bromus inermis Leyss. Fl. Hal.*, *Vicia cracca L.*, *Medicago falcata L.*, *Lathyrus*

tuberosus L., *Tanacetum vulgare*, *Centaurea scabiosa L.*, *Sanguisorba officinalis L.*, *Potentilla anserina L.*, *Galium verum L.* және т.б. түрлер кең таралған.

XX ғасырдың басында К.Раункиер ұсынған өсімдіктердің тіршілік формаларының жүйесі өсімдіктердің жылдың қолайсыз мезгілінде жаңарту бүршіктерінің орналасу және қорғану тәсілдеріне негізделген. Осы принципке сәйкес барлық өсімдіктер 5 типке бөлінген (Raunkiaer Ch., 1905: 348).

К.Раункиер (1905) жүйесі бойынша гемикриптофиттер (56 түр немесе 66,67%), терофиттер (16 түр немесе 19,05%), криптофиттер (7 түр немесе 8,33%) және хамефиттер (5 түрден немесе 5,95%) кездеседі.

Арамшөптердің қоректенуіне байланысты зерттелген өсімдіктер паразиттік емес арамшөптерге жатады. Паразиттік емес арамшөптер вегетациясының ұзақтығына қарай азжылдық арамшөптер және көпжылдық арамшөптер болып екі топқа бөлінеді. Азжылдық арамшөптердің ішінде вегетациялық мезгіліне байланысты

жаздық арамшөптердің 12 түрі (14,29%), қыстап қалатын арамшөптердің 5 түрі (5,95 %), екі жылдық арамшөптердің 8 түрі (9,52 %), кездесті.

Көпжылдық арамшөптердің ішінде кіндік тамырлы – 24 түрі (28,57 %), тамырсабақты- 26 түр (30,95 %), атпатамырлы- 7 түр (8,33 %), шашак тамырлы- 2 түрі (2,38 %) кездесті (3-кесте).

3-кесте – Ақмола облысы Зеренді ауданы аймағындағы арамшөптердің негізгі топтары

Арамшөптердің топтары	Түрлер саны	%
Жаздық біржылдықтар	12	14,29
Қыстайтын біржылдықтар	5	5,95
Екі жылдықтар	8	9,52
Кіндіктамырлы көпжылдықтар	24	28,57
Тамырсабақты көпжылдықтар	26	30,95
Тамыр атпалы көпжылдықтар	7	8,33
Шашак тамырлы көпжылдықтар	2	2,38

Сонымен Ақмола облысы Зеренді ауданы аймағының флорасында арамшөптердің 29 тұқымдасқа, 70 туысқа жататын 84 түрі анықталған.

Арамшөптерге экологиялық сараптама нәтижелері бойынша мезофиттер 37 түрді, ксеро-мезофиттер 21 түрді, ксерофиттер 10 түрді, гигрофиттер 6 түрді, мезоксерофиттер 5 түрді, гигромезофиттер 4 түрді, мезогигрофиттер 1 түрді құрайды.

Арамшөптердің тіршілік формаларына байланысты жартылай бұталар – 4 түр, шөптесін өсімдіктер – 80 түрді біріктіретіні анықталды.

Арамшөптердің қоректенуіне байланысты зерттелген өсімдіктер паразиттік емес арамшөптерге жатады. Азжылдық арамшөптердің ішінде жаздық арамшөптердің 12 түрі (14,29%), қыстап қалатын арамшөптердің 5 түрі (5,95 %), екі жылдық арамшөптердің 8 түрі (9,52 %), кездесті.

Көпжылдық арамшөптердің ішінде кіндік тамырлы – 24 түрі (28,57 %), тамырсабақты – 26 түр (30,95 %), атпатамырлы – 7 түр (8,33 %), шашак тамырлы – 2 түрі (2,38 %) кездесті.

Әдебиеттер

- 1 Вильямс В.Р. Борьба с сорной растительностью. – М.: Собр. соч., 1948. – Т. 3. – 406 с.
- 2 Корсмо Э. Сорные растения современного земледелия. – М.: Сельхозгиз, 1933. – 416 с.
- 3 Мальцев А.И. Сорная растительность СССР. – М.: Сельхозгиз, 1932. – 260 с.
- 4 Фисюнов А.В. Сорные растения. – М.: Колос, 1984. – 320 с.; илл.
- 5 Толмачев А.И. Методы сравнительной флористики и проблемы флорогенеза. – Новосибирск: Наука, 1986. – 192 с.
- 6 Флора Казахстана. – Алма-Ата: Изд-во Академии Наук Казахской ССР, 1956 – 1966. – Т. 1–9.
- 7 Байтенов М.С. Флора Казахстана. – Алматы: Ғылым, 1999. – Т. 1–2.
- 8 Тахтаджян А.Л. Система магнолиофитов. – Л.: Наука, 1987. – 439 с.
- 9 Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений. – М.: Высшая школа, 1962. – 378 с.
- 10 Czerepanov S.K. Vascular plants of Russia and adjacent states (the former USSR), 1995. – 516 с.
- 11 Арыстанғалиев С.А., Рамазанов Е.Р. Қазақстан өсімдіктері. – Алма-Ата: Ғылым, 1977. – 288 б.
- 12 Raunkiaer Ch. Types biologiques pour la géographie botanique // Forhandl. Kgl. Dansk. Vidensk. Selskab, 1905. – Т. 5. – P. 347 – 437.

Referenses

- 1 Vil'iams VR (1948) Fight against weed vegetation [Bor'ba s sornoi rastitel'nost'iu]. Sobr. soch., Moscow, 3: 460
- 2 Korsmo E (1933) Weed plants of modern agriculture [Sornye rasteniia sovremennogo zemledeliia]. Sel'khozgiz, Moscow, Russia.
- 3 Mal'tsev AI (1932) Weed vegetation of the USSR [Sornaia rastitel'nost' SSSR]. Sel'khozgiz, Moscow, Russia.
- 4 Fisiunov AV (1984) Weed plants [Sornye rasteniia]. Kolos, Moscow, Russia.
- 5 Tolmachev AI (1986) Methods of comparative floristics and problem of a florogenez [Metody sravnitel'noj floristiki i problem florogeneza]. Science, Novosibirsk, Russia.
- 6 Flora of Kazakhstan [Flora Kazakhstana] (1956–1966) Vol. I–IX. Akademii Nauk Kazakhskoi SSR, Alma-Ata, Kazakhstan.
- 7 Baitenov MS (1999) Flora of Kazakhstan [Flora Kazakhstana]. Vol. I–II. Almaty, Kazakhstan. (In Russian). ISBN: 5-628-02318-3 (V.I); ISBN: 9965-07-036-9 (V.II).
- 8 Takhtadzhian AL (1987) Magnoliofitov system [Sistema magnoliofitov]. Science, Leningrad, Russia
- 9 Serebrjakov IG (1962) Ecological morphology of plants [Jekologicheskaja morfologija rastenij]. Higher School, Moscow, Russia.
- 10 Cherepanov SK (1995) Vascular plants of Russia and adjacent states (the former USSR). Cambridge University Press, USA. ISBN: 0-521-45006-3 (hc).
- 11 Ary'stanghali'ev SA, Ramazanov ER (1977) Plants of Kazakhstan [Qazaqstan o'simdikteri]. Science, Alma-Ata, Kazakhstan.
- 12 Raunkiær Ch (1905) Types biologiques pour la géographie botanique. Forhandl. Kgl. Dansk. Vidensk. Selskab. 5:347–437.

Салмуханбетова Ж.К.^{1*}, Димеева Л.А.², Султанова Б.М.²

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

²Институт ботаники и фитоинтродукции МОН РК, Казахстан, г. Алматы

*e-mail: zhuldyz.kanatkyzy@mail.ru

ФИТОЦЕНОТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СООБЩЕСТВ ПОЛЫНИ АРАЛЬСКОЙ (*ARTEMISIA ARALENSIS* KRASH.) В СЕВЕРНОМ ПРИАРАЛЬЕ

В статье представлены результаты исследований сообществ полыни аральской (*Artemisia aralensis* Krasch.), проведенных в 2015–2016 гг. на ботаническом стационаре «Терескент» и прилегающей территории в Северном Приаралье (Шалкарский район Актюбинской области). Полынь аральская (*Artemisia aralensis* Krasch.) является эндемичным видом Казахстана. Впервые описана И. Крашенинниковым по сборам Л. Бубыря в Северном Приаралье в 1908 году, вблизи железнодорожной станции Кара-Чокат. Эксикат вида хранится в Гербарии Института ботаники и фитоинтродукции МОН РК (АА). Полынь аральская является пастбищным растением, состав эфирных масел имеет важное практическое значение в медицине.

В результате проведенных исследований были описаны шесть сообществ с доминантной ролью полыни аральской. Исследования сообществ подтвердили приуроченность вида к сухим руслам временных водотоков и эрозионным формам рельефа. Было выявлено, что в составе изученных сообществ произрастают 57 видов сосудистых растений, среди которых преобладают травянистые многолетники и однолетники. Характерным видом в аральскополынных сообществах является мятлик луковичный (*Poa bulbosa*). Впервые приводятся описания аральскополынных, сделано предположение, что ареал доминирования вида ограничен Северным Приаральем.

Ключевые слова: *Artemisia aralensis*, видовой состав, эндем, Северное Приаралье, сообщества.

Salmukhanbetova Z.K.^{1*}, Dimeyeva L.A.², Sultanova B.M.²

¹Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

²CS MES RK RSE "Institute of Botany and Phytointroduction", Kazakhstan, Almaty

*e-mail: zhuldyz.kanatkyzy@mail.ru

Phytocenological characteristic of *Artemisia aralensis* Krasch. communities in the North Aral Sea region

The article presents the results of study of *Artemisia aralensis* Krasch. plant communities in the territory of the botanical station "Tereskent" and the adjacent area in the Northern Aral Sea region (Shalkar district of Aktobe region) in 2015–2016.

Artemisia aralensis Krasch. is an endemic species of Kazakhstan. It was first described by I. Krasheninnikov on collections of L. Bubyri in 1908, in gravelly-clayey hills near the railway station Kara-Chokat (Aktobe region, Shalkar district). Exicat (a herbarium specimen) of *Artemisia aralensis* is stored in the Herbarium of the Institute of Botany and Phytointroduction of the MES RK (AA). The plant has a clear lemon scent. The life form is a semi-shrub of 30–50 cm high. Its stems are strongly and highly arboreal, covered with reddish-brown bark, they form a small turf. Root is woody, thick. It grows in a desert zone on clayey and sandy loam solonchic soils, in dry riverbeds of temporary watercourses and on the variegated outcrops. This species is one of the natural forage resources of the pastures of the Northern Aral Sea, and the composition of its essential oils has great practical importance in medicine.

As a result of the studies, six communities with the dominant role of *Artemisia aralensis* were described. It was determined that there are 57 species of vascular plants in composition of investigated plant communities: herbaceous perennial and annual species prevail. *Poa bulbosa* is a typical species in

Artemisia aralensis communities. The study of the aral-sagebrush communities confirmed that the species is confined to the dry beds of temporary watercourses and erosion forms of relief. The assumption is made that the area of dominance of the species is confined to the Northern Aral region.

Key words: *Artemisia aralensis*, species composition, endemic, the North Aral Sea region, plant community.

Салмуханбетова Ж.Қ.^{1*}, Димеева Л.А.², Сұлтанова Б.М.²

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

²ҚР БҒМ «Ботаника және фитоинтродукция институты» РМК, Қазақстан, Алматы қ.

*e-mail: zhuldyz.kanatkyzy@mail.ru

Солтүстік Арал маңындағы арал жусаны (*Artemisia aralensis* Krash.) қауымдастықтарының фитоценоздық сипаттамасы

Мақалада Солтүстік Арал маңындағы (Ақтөбе облысының Шалқар ауданы) «Теріскент» ботаникалық стационары және оған іргелес аумақтағы 2015–2016 жж. жүргізілген арал жусаны (*Artemisia aralensis* Krasch.) қауымдастығын зерттеу жұмыстарының нәтижелері келтірілген. Арал жусаны (*Artemisia aralensis* Krasch.) Қазақстанның эндемді түрі болып табылады. Оны алғаш рет Солтүстік Арал маңындағы, Қара Шоқат темір жол бекетіне жақын аумақтағы Л. Бубырь жинақтаулары бойынша 1908 жылы И. Крашенинников сипаттаған болатын. Түрдің эксикаты ҚР БҒМ Ботаника және фитоинтродукция институтының Гербарийінде (АА) сақталған. Арал жусаны жайылымдық өсімдік түрі болып табылады, сонымен қатар оның эфир майларының құрамының медицинада тәжірибелік маңызы жоғары.

Зерттеу жұмыстарының нәтижесінде арал жусаны доминантты рөл атқаратын алты қауымдастық сипатталды. Арал жусаны қауымдастығын зерттеу жұмыстары бұл түрдің уақытша ағын сулардың құрғақ арналарына және жер бедерінің эрозиялық формаларына бейім екендігін дәлелдеді. Зерттелген қауымдастықтардың құрамында көпжылдық және біржылдық шөптесіндері басым түтікті өсімдіктердің 57 түрі өсетіні анықталды. Арал жусанының қауымдастықтарына баданалы қоңырбас (*Poa bulbosa*) түрі тән. Мақалада алғаш рет арал жусаны қауымдастықтарының сипаттамасы келтірілген, түрдің доминанттылық ареалы Солтүстік Арал маңымен шектелген деген болжам жасалды.

Түйін сөздер: *Artemisia aralensis*, түрлік құрам, эндем, Солтүстік Арал маңы, қауымдастықтар.

Введение

Полыни играют исключительно важную роль в пустынной и степной зонах в качестве естественного кормового ресурса на осенних и зимних пастбищах (Соболев Л.Н., 1986: 155; Курочкина Л.Я., 1986: 174). В Казахстане к кормовым растениям относится почти полностью подрод *Seriphidium*. И одним из важных эндемичных видов подрода *Seriphidium* является полынь аральская (*Artemisia aralensis* Krasch.). Растение с явным лимонным запахом. Жизненная форма – полукустарник, 30–50 см высотой. Стебли его сильно и высоко древеснеющие, покрытые красновато-бурой корой, выходят с большим количеством бесплодных побегов, они образуют небольшую дерновину. Корень деревянистый, толстый. Листья бесплодных побегов и нижние стеблевые короткочерешковые, в очертании продолговато-ланцетные, 2–3 см длины и до 1,2 см ширины, в начале серовато-зеленые от густых паутинистых волосков, впоследствии почти голые, зеленые, густо-железистые, дважды перисто рассеченные. Конечные листовые

дольки линейные, 4–5 мм длины и 1 мм ширины, расставленные, мясистые, коротко заостренные. Верхние прицветные простые, линейные не выдающиеся из метелки. Корзинки яйцевидно-продолговатые, 2–3 мм длины, сидячие или на ножках, отставленные или часто поникающие, одиночные или группами по 2–3, собранные в рыхлую, продолговато-пирамидальную метелку, с боковыми веточками, косо вверх направленными, но не прижатыми к стеблю. Листочки обертки зеленые, негусто опушенные паутинистыми волосками и густо-железистые, наружные округлые, мелкие, намного короче внутренних, внутренние яйцевидно-продолговатые или ланцетные, по краю пленчато-окаймленные. Цветки обоеполые, в числе 3–4, венчик трубчатый, желтый. Период цветения – август-сентябрь. Произрастает в пустынной зоне на глинистых и супесчаных солонцеватых почвах, в сухих руслах временных водотоков, на пестроцветных обнажениях (Филатова Н.С., 1966: 111).

В Гербарии Института ботаники и фитоинтродукции МОН РК (АА) находятся образцы полыни аральской, собранные в Сев. Приаралье

(14 флористический район), Зап. мелкосопочнике (10), Тургайском флористическом районе (9) и Мугоджарах (7а). Эксикат вида, хранящийся в Гербарии, датируется 26.09.1908 г. (Сев. Приаралье, вблизи ж/д станции Кара-Чокат, коллектор Л. Бубырь) (рисунок 1).

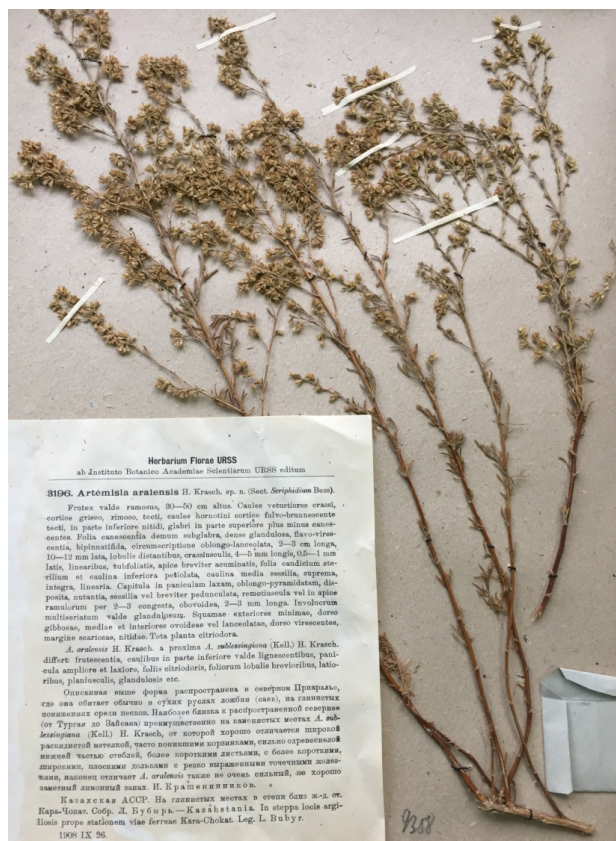


Рисунок 1 – Эксикат полыни аральской (*Artemisia aralensis* Krasch.) хранящийся в Гербарии Института ботаники и фитоинтродукции (AA)

И. Крашенинников при описании *Artemisia aralensis* указывал на то, что этот вид наиболее близок к полыни лессинговидной (*A. sublessingiana* Krasch. ex Poljakov), от которой отличается широкой раскидистой метелкой, поникшими корзинками, сильно одревесневшей нижней частью стеблей. По литературным сведениям полынь аральская встречается в пустыне Бетпакдала (Кубанская З.В., 1956: 211), заповеднике Барсакельмес (Кузнецов Л.А., 1995: 108), на северо-западном побережье Аральского моря (Димеева Л.А., 2004: 25).

Известно, что растения рода полыни содержат в своем составе группы биологически активных соединений, обладающие широким спек-

тром фармакологической активности, а именно они богаты эфирными маслами. М.И. Горяев (1952: 31) в описании полыни аральской в своей книге «Эфирные масла флоры СССР» отмечает, что состав эфирных масел этого вида не исследован. Впервые методом газовой хромато-масс-спектрометрии был определен химический состав эфирных масел *Artemisia aralensis* сотрудниками международного научно-производственного холдинга «Фитохимия» (Геринг А.В., 2016: 16). Исследование проводилось для поиска потенциальных источников моно- и сесквитерпеноидов. Для получения эфирных масел были использованы надземные части (цветочные корзинки, бутоны, листья) растений, собранные в естественных местах произрастания в фазе бутонизации (по дороге Шалкар-Арал, Актюбинской области Республики Казахстан, июнь 2014 года). Выход эфирного масла составил 0,03%. Было определено, что двумя основными компонентами химического состава эфирного масла полыни аральской являются транс-гераниол (20,84%) и δ³-карен (19,02%). В результате скрининга эфирных масел полыни аральской на антимикробную активность установлено, что данный образец представляет умеренно-выраженную антибактериальную активность в отношении грамположительных тест-штаммов. В связи с вышесказанным исследование распространения и биологических особенностей полыней имеет важное практическое значение.

На стационаре «Терекент» аральскополынные получили отражение на крупномасштабной карте растительности (М 1:2000) части третичного останца (чинка) Алтын-Чокусу (в настоящее время Алтын-Шокусу), составленной Б.А. Винтерголлером по результатам комплексных стационарных исследований в 1964-1966 гг. (Быков Б.А., 1968: 102).

На фрагменте геоботанической карты юго-западного склона Алтын-Чокусу Б.А. Винтерголлер указал 5 проценозов аральскополынных:

1 – кокпеково-аральскополынные проценозы (*A. aralensis*, *Atriplex cana*);

2 – ломкоколосниково-кокпеково-аральскополынные проценозы (*A. aralensis*, *Atriplex cana*, *Psathyrostachys lanuginosa*);

3 – курчавково-ломкоколосниково-аральскополынные проценозы (*A. aralensis*, *Psathyrostachys lanuginosa*, *Atraphaxis spinosa*);

4 – волоснецово-кокпеково-аральскополынные проценозы (*A. aralensis*, *Atriplex cana*, *Psathyrostachys lanuginosa*, *Leymus angustus*);

5 – ломкоколосниково-аральскопопынные проценозы (*A. aralensis*, *Psathyrostachys lanuginosa*).

Термин проценоз был использован для показа несформированности растительных группировок, нестабильности фитоценотической среды и флористического состава (Быков Б.А., 1978:254).

Было также отмечено, что полынь аральская (*Artemisia aralensis*) участвует в сложении сообществ, которые формируются на склонах и равнинной подсопочной части останца Алтын-Шокысу.

Цель работы – изучение фитоценотического разнообразия и современного состояния аральскопопынных сообществ Северного Приаралья.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились на Приаральском стационаре «Терескент» Института ботаники и фитоинтродукции МОН РК в Шалкарском районе Актюбинской области, недалеко от ж/д станции Шокысу. Объектами исследования были сообщества с доминированием полыни аральской (*Artemisia aralensis*), произрастающие на стационаре и прилегающей территории. Исследования проводились в конце третьей декады мая и в начале июня 2015-2016 гг.

Применялись общепринятые геоботанические методы (Быков Б.А., 1978: 120; Берлянт А.М., 1997: 41). На пробных площадках размером 100 м² проводились детальные геоботанические описания растительных сообществ. GPS-навигатором («Garmin Etrex Touch 30», Тайвань) определялись координаты, абсолютная высота. Описание растительности производилось на специальных геоботанических бланках, в которые были занесены основные данные о растительных сообществах (географическое положение, координаты, рельеф, почвы, флористический состав, для каждого вида обилие по шкале Друде и др.). Шкала Друде имеет следующие градации: soc (socialis – «обильно»), растения смыкаются своими надземными частями, образуя чистую заросль); sor₃ (soriosus) – «очень много» – растения очень обильны, они являются фоновыми; sor₂ – «много» – растения попадаются часто, их много, они разбросаны; sor₁ – «довольно много», растения встречаются обильно, изредка, рассеянно; sp (sparsus) – «мало», растения встречаются весьма редко, в небольших количествах; sol (solitarus) – «единично», растений очень мало, всего несколько экземпляров на пробную площадь; un (unicum)

– «единственный экземпляр». Сбор гербария проводился при описании растительных сообществ. Определение незнакомых видов растений осуществлялось при камеральной обработке собранного материала с использованием «Иллюстрированного определителя растений Казахстана» в 2 томах (1969) и «Флоры Казахстана» в 9 томах (под редакцией Павлов Н.В.).

Результаты исследования и их обсуждение

Исследования распространения полыни аральской, проведенные в 2015-2016 гг. на территории стационара «Терескент» и прилегающей территории, подтвердили приуроченность вида к сухим руслам временных водотоков и эрозионным формам рельефа (рисунок 2).



Рисунок 2 – Сообщество полыни аральской (*Artemisia aralensis*) у подножья чинка Алтын-Шокысу (описание №4)

Были описаны шесть сообществ с доминантной ролью полыни аральской (рисунок 3, таблица 1).

Описание №1 – межувалистая ложбина, изгибистое русло водотока, глубина русла 55-56 см. Координаты: N 47°17'16.8», E 61°00'37.4», высота 184 м над ур. м. (2016 г.).

Описание №2 – широкая межувалистая ложбина. Координаты: N 47°17'16.3», E 61°00'38.9», 186 м над ур. м. (2016 г.).

Описание №3 – эродированный склон, сухое русло водотока. Координаты: N 47°16.851', E 61°00.821', высота 189 м над ур. м. (2016 г.).

Описание №4 – подножье чинка Алтын-Шокысу, широкая ложбина. Координаты: N 47°17.100', E 61°00.293', высота 177 м над ур. м. (2015 г.).

Описание №5 – у берега временного водоема в урочище Алайгак. Координаты: N 47°22'02.5», E 60°55'51.0», высота 195 м над ур. м. (2016 г.).

Описание №6 – слабоволнистая предчинковая равнина. Координаты: N 47°14'35.4», E 61°04'22.8», высота 112 м над ур. м. (2016 г.).

Анализ таблицы 1 показал, что видовое разнообразие аральскополынных сообществ слагают 57 видов сосудистых растений, один из них – пустынный мох тортула. В составе жизненных форм преобладают травянистые многолетники (29 видов, среди которых 14 – эфемероиды) и однолетники (17 видов, 11 из них – эфемеры). Кустарники представлены 3 видами, полукустарники и полукустарнички – 8 видами.

На пробных площадках в разных местообитаниях зарегистрировано от 9 до 30 видов растений. Наиболее флористически насыщены широкие ложбины у подножья чинка Алтын-Шокысу. Здесь создаются наиболее благоприятные условия в весенний период для произрастания растений эфемерного цикла: 11 эфемероидов (*Prangos odontalgica*, *Carex pachystylis*, *Ranunculus platyspermus*, *Rheum tataricum*, *Rhinopetalum karelinii*, *Eremurus inderiensis*, *Gagea reticulata*, *Poa bulbosa*, *Tulipa buhseana*, *Geranium transversale*), 7 эфемеров (*Alyssum turkestanicum*, *Filago arvensis*, *Lappula semiglabra*, *Lepidium perfoliatum*, *L. ruderalis*, *Spergularia diandra*, *Diarrhron vesiculosum*) и пустынного мха (*Tortula desertorum*).

Характерным видом в аральскополынных сообществах является мятлик луковичный (*Poa bulbosa*), который отмечен в 5 из 6 описаний. Пижма тысячелистниковая (*Tanacetum*

achilleifolium) представлена в более, чем 60% описаний, с меньшим постоянством (в 50% описаний) встречается биюргун (*Anabasis salsa*), волоснец (*Leymus angustus*), тюльпан Бузе (*Tulipa buhseana*).



Рисунок 3 – Местонахождение сообществ полыни аральской (*Artemisia aralensis*) на стационаре «Терескент» и прилегающей территории

Таблица 1 – Видовой состав аральскополынных сообществ (*Artemisieta aralensis*) (2015-2016 гг.)

№ и год описания	1	2	3	4	5	6
	2016 г.			2015 г.	2016 г.	
Виды	Обилие по Друде					
	Кустарники					
<i>Atraphaxis spinosa</i>	sol	-	sol	-	-	-
<i>Spiraea hypericifolia</i>		sol	-	-	-	-
<i>Caragana balchaschensis</i>	-	-	sol-sp	-	-	-
	Полукустарники и полукустарнички					
<i>Krascheninnikovia ceratoides</i>	-	sol	-	-	-	-
<i>Anabasis aphylla</i>	-	-	-	sol	-	-
<i>Anabasis salsa</i>	-	-	-	sol	sol	sol
<i>Artemisia aralensis</i>	sp-cop ₁	cop ₂₋₃	cop ₁	cop ₁	sp-cop ₁	cop ₂

Продолжение таблицы 1

№ и год описания	1	2	3	4	5	6
	2016 г.			2015 г.	2016 г.	
Виды	Обилие по Друде					
<i>Artemisia terrae-albae</i>	-	-	-	sol	-	sol
<i>Artemisia schrenkiana</i>	-	-	-	sol	-	-
<i>Kochia prostrata</i>	-	-	-	sol	-	-
<i>Limonium suffruticosum</i>	-	-	-	-	-	un-sol
Длительно вегетирующие многолетние травы						
<i>Artemisa austriaca</i>	-	sp-cop ₁	-	-	-	-
<i>Turaniphytum eranthemum</i>	-	sol	-	-	-	-
<i>Aeluropus littoralis</i>	-	-	-	-	sol	-
<i>Agropyron desertorum</i>	-	sol	-	sol	-	-
<i>Stipa lessingiana</i>	-	-	-	sol-sp	-	-
<i>Stipa sareptana</i>	-	-	-	sol-sp	-	-
<i>Tanacetum achilleifolium</i>	-	sol	sp	sol	-	sol
<i>Glaux maritima</i>	-	-	-	-	sol	-
<i>Leymus angustus</i>	sp	sp	sp-cop ₂	-	-	-
<i>Leontice incerta</i>	-	-	-	sp	-	-
<i>Psathyrostachys lanuginosa</i>	sol	-	sol-sp	-	-	-
<i>Gypsophila perfoliata</i>	-	-	sol	-	-	sol
<i>Galium ruthenicum</i>	-	sp	-	-	-	-
<i>Glycyrrhiza aspera</i>	-	sol	-	-	-	-
Коротко вегетирующие многолетние травы (эфемероиды)						
<i>Prangos odontalgica</i>	-	-	-	sol	-	-
<i>Carex pachystylis</i>	-	-	-	sol-sp	-	-
<i>Catabrosella humilis</i>	-	-	-	sol	-	sol
<i>Ranunculus platyspermus</i>	-	-	-	sol	-	-
<i>Rheum tataricum</i>	-	sol	-	sol	-	-
<i>Rhinopetalum karelinii</i>	-	-	-	sol	-	-
<i>Allium inderiense</i>	sol	-	sol	-	-	-
<i>Asparagus breslerianus</i>	-	-	sp	-	-	-
<i>Eremurus inderiensis</i>	-	-	-	sol	-	-
<i>Gagea reticulata</i>	-	-	-	sol	-	-
<i>Poa bulbosa</i>	-	cop ₁	sp	cop ₁	sp-cop ₁	sol
<i>Tulipa buhseana</i>	sol	sol	-	sp	-	-
<i>Geranium transversale</i>	-	-	-	sol	-	-
<i>Centaurea arenaria</i>	sp	sol	-	-	-	-
Длительно вегетирующие однолетники						
<i>Bassia sedoides</i>	-	-	-	-	sol	-
<i>Londesia eriantha</i>	-	-	-	-	-	un-sol
<i>Rumex marschallianus</i>	-	-	-	-	sp	-
<i>Filago pyramidata</i>	-	-	-	-	sp-cop ₁	-
<i>Glaux maritima</i>	-	-	-	-	sol	-

№ и год описания	1	2	3	4	5	6
	2016 г.			2015 г.	2016 г.	
Виды	Обилие по Друде					
<i>Polygonum acetosum</i>	-	-	-	sp	sol	-
Коротко вегетирующие однолетники (эфемеры)						
<i>Alyssum turkestanicum</i>	-	-	-	sp	-	-
<i>Eremopyrum orientale</i>	sol	-	-	-	-	-
<i>Filago arvensis</i>	-	-	-	sp (cop ₁)	-	-
<i>Heterocaryum rigidum</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Lappula semiglabra</i>	Sp	-	-	sp	-	-
<i>Lepidium perfoliatum</i>	-	-	-	sol	-	un-sol
<i>Lepidium ruderalis</i>	-	-	sol	sol	-	-
<i>Spergularia diandra</i>	-	-	-	sp-cop ₁	-	-
<i>Tauscheria lasiocarpa</i>	sol	-	-	-	-	-
<i>Descurainia sophia</i>	-	sol-sp	-	-	-	-
<i>Diarthron vesiculosum</i>	-	-	-	sol	-	-
Мхи						
<i>Tortula desertorum</i>	-	-	-	sp (cop ₁)	-	-
Общее проективное покрытие (%)	60-70	90-100	60	60	80	40-50
Число видов: 57	10	16	11	30	9	10

В пределах изученной территории полын аральская с невысоким обилием входит в состав спирейников (*Spiraea hypericifolia*) по пологим балкам; отмечена в житняково-гультемиевых (*Hulthemia persica*, *Agropyron desertorum*) сообществах в верхней части чинка Алтын-Шокысу и в однолетнесолянковых (*Petrosimonia brachiatata*, *Climacoptera aralensis*) сообществах по водотокам на солончаках остаточных в нижней части чинка. На предчинковой равнине аральскополынные образуют комплексы с биоргунниками (описание №6), где располагаются по микропонижениям, а также входят в состав мятликово-кермековых (*Limonium otolepis*, *Poa bulbosa*) микроценозов в биоргуновых сообществах.

Заключение

Исследования распространения полыни аральской в пределах ботанического стационара «Терескент» и прилегающей территории показали, что местообитания этого эндемичного вида приурочены к склонам чинка Алтын-Шокысу, сообщества формируются по руслам

временных водотоков, широким межувалистым ложбинам. Описания аральскополынных приводятся впервые, по всей видимости, ареал доминирования вида ограничен Северным Приаральем. В других флористических районах полын аральская, вероятнее всего, сообществ не образует. В составе изученных сообществ произрастают 57 видов сосудистых растений, среди которых преобладают травянистые многолетники и однолетники. Характерным видом в аральскополынных сообществах является мятлик луковичный (*Poa bulbosa*). Дальнейшие исследования необходимы не только для уточнения фитоценотической характеристики и распространения этого интересного редкого эндемичного вида, но и выявления особенностей накопления эфирных масел для использования в медицине.

Настоящая работа выполнялась в рамках проекта грантового финансирования МОН РК: «Устойчивое функционирование и возможности реабилитации зональных экосистем Северного Приаралья в условиях современного землепользования» (2015–2017 гг.).

Литература

- 1 Соболев Л.Н. Кормовые ресурсы Казахстана. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 280 с.
- 2 Курочкина Л.Я., Османова Л.Т., Карибаева К.Н. Кормовые растения пустынь Казахстана. – Алма-Ата: Кайнар, 1986. – 208 с.
- 3 Филатова Н.С. *Artemisia aralensis* Krasch. – Полынь аральская // Флора Казахстана. – Алма-Ата: Изд-во «Наука» Казахской ССР, 1966. – Том 9. – С. 125.
- 4 Кубанская З.В. Растительность и кормовые ресурсы пустыни Бетпак-Дала. – Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1956. – 265 с.
- 5 Кузнецов Л.А. Флора острова Барсакельмес // Биологические и природоведческие проблемы Аральского моря и Приаралья. Тр. ЗИН. – Санкт-Петербург, 1995. – С. 106-128.
- 6 Димеева Л.А. Экологические особенности растительности северо-западного побережья Аральского моря // Проблемы освоения пустынь. – 2004. – № 4. – С. 23-28.
- 7 Горяев М.И. Эфирные масла флоры СССР. – Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1952. – С. 31.
- 8 Геринг А.В., Сарсенбаева Л.А., Мукашева Ф.Т., Атажанова Г.А., Адеkenов С.М. Изучение химического состава эфирных масел *Artemisia Kellerei* Krasch., *Artemisia aralensis* Krasch., *Artemisia heptapotamica* Poljakov // Разработка, исследование, маркетинговой фармацевтической продукции: сборник научных трудов. – Ижевск: ООО «Принт-2», 2016. – С. 15-18.
- 9 Биоэкологические основы использования и улучшения пастбищ Северного Приаралья / Под редакцией Б.А. Быкова. – Алма-Ата: Наука, 1968. – 135 с.
- 10 Быков Б.А. Геоботанический словарь. – Алма-Ата: Изд-во «Наука», 1973. – 215 с.
- 11 Полевая геоботаника. – М.; Л.: Наука, 1959–1976. – В 5 томах. – Т. 1. – 498 с., т. 2. – 500 с., т. 3. – 530 с., т. 4. – 336 с., т. 5. – 320 с.
- 12 Быков Б.А. Геоботаника. – Алма-Ата: Наука, 1978. – 288 с.
- 13 Берлянт А.М. Геоинформационное картографирование. – М.: Астрей, 1997. – 60 с.
- 14 Иллюстрированный определитель растений Казахстана / Под ред. В. П. Голоскокова. – Алма-Ата: Изд-во «Наука» Казахской ССР, 1969. – Т. 1. – 644 с.; –1972. – Т. 2. – 572 с.
- 15 Флора Казахстана / Под ред. Н. В. Павлова. – Алма-Ата: Изд-во АН Казахской ССР, 1956. – Т. 1. – 354 с.; 1958. – Т. 2. – 292 с.; 1960. – Т. 3. – 460 с.; 1961. – Т. 4. – 548 с.; 1961. – Т. 5. – 515 с.; 1963. – Т. 6. – 465 с.; 1964. – Т. 7. – 497 с.; 1965. – Т. 8. – 447 с.; 1966. – Т. 9. – 640 с.

References

- 1 Sobolev L.N. (1960) Feed resources of Kazakhstan [Kormovye resursy Kazakhstana]. Moscow, Publishing House of the USSR Academy of Sciences, pp. 280.
- 2 Kurochkina L.Ya., Osmanova L.T., Karibaeva K.N. (1986) Feed plants of the deserts of Kazakhstan [Kormovye rasteniia pustyn' Kazakhstana]. Alma-Ata, Kainar, pp. 208.
- 3 Filatova N.S. (1966) *Artemisia aralensis* Krasch – Aral wormwood. Flora of Kazakhstan [Artemisia aralensis Krasch. – Polyn' aral'skaia. Flora Kazakhstana]. Alma-Ata, Publishing house "Science" of the Kazakh SSR, 2: 125.
- 4 Kubanskaya Z.V. (1956) Vegetation and feed resources of the Betpak-Dala desert [Rastitel'nost' i kormovye resursy pustyni Betpak-Dala]. Alma-Ata, Publishing House of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR, pp. 265.
- 5 Kuznetsov L.A. (1995) Flora of the Barsakelmes island, Biological and natural history problems of the Aral Sea and the Aral Sea region, Tr. ZIN, St. Petersburg, [Flora ostrova Barsakel'mes. Biologicheskie i prirodovedcheskie problemy Aral'skogo moria i Priaral'ia. Tr. ZIN]. pp. 106-128.
- 6 Dimeeva LA (2004) Ecological features of vegetation of the north-west coast of the Aral Sea, Problems of Desert Development [Ekologicheskie osobennosti rastitel'nosti severo-zapadnogo poberezh'ia Aral'skogo moria. Problemy osvoeniia pustyn']. 4: 23-28.
- 7 Gorjaev MI (1952) Essential oils of the flora of the USSR [Efirnye masla flory SSSR]. Alma-Ata, Publishing House of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR, pp. 31.
- 8 Gering AV, Sarsenbaeva LA, Mukasheva FT, Atazhanova GA, Adekenov SM (2016) Study of the chemical composition of essential oils *Artemisia Kellerei* Krasch., *Artemisia aralensis* Krasch., *Artemisia heptapotamica* Poljakov, Development, research, marketing of new pharmaceutical products: a collection of scientific papers [Izuchenie khimicheskogo sostava efirnykh masel Artemisia Kellerei Krasch., Artemisia aralensis Krasch., Artemisia heptapotamica Poljakov. Razrabotka, issledovanie, marketingovoi farmatsevticheskoi produktsii: sbornik nauchnykh trudov]. Izhevsk, ООО "Print-2", pp. 15-18.
- 9 Bioecological Foundations of Use and Improvement of pastures of the Northern Aral Sea Area. Edited by B.A. Bykov (1968) [Bioekologicheskie osnovy ispol'zovaniia i uluchsheniia pastbishch Severnogo Priaral'ia. Pod redaktsiei B.A. Bykova]. Alma-Ata, Science, pp. 135.
- 10 Bykov B.A. (1973) Geobotanical dictionary [Geobotanicheskii slovar']. Alma-Ata, Publishing house "Nauka", pp. 215.
- 11 . Field geobotany (1959-1976) [Polevaia geobotanika]. M., L. Science. In 5 volumes: 1: 498, 2: 500, 3: 530, 4: 336, 5: 320.
- 12 Bykov B.A. (1978) Geobotany [Geobotanika]. Alma-Ata, Science, pp. 288.
- 13 Berlyant A.M. (1997) Geoinformation mapping [Geoinformatsionnoe kartografirovanie]. Moscow, Astrea, pp. 60.
- 14 Illustrated determinant of plants of Kazakhstan. Ed. V.P. Goloskokov (1969, 1972) [Illustrirovannyi opredelitel' rastenii Kazakhstana]. Alma-Ata, "Nauka" Publishing House of the Kazakh SSR. 1:644; 2: 572.
- 15 Flora of Kazakhstan. Ed. NV Pavlova (1956, 1958, 1960, 1961, 1964, 1965, 1966) [Flora Kazakhstana]. Alma-Ata, Publishing House of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR. 1:354; 2: 292; 3: 460; 4: 548; 5: 515; 6: 465; 7: 497; 8:447; 9: 640.

2-бөлім
ЗООЛОГИЯ

Раздел 2
ЗООЛОГИЯ

Section 2
ZOOLOGY

Dautbayeva K.A., Shalgimbayeva S.M.* , Omarova Z.S., Jumakhanov G.B.

Kazakh national University named after al-Farabi, Kazakhstan, Almaty

*e-mail: s.saule777@gmail.com

THE FEEDING HABITS OF BREAM (*ABRAMIS BRAMA* L.) AND ROACH (*RUTILUS RUTILUS CASPICUS* OAK.) IN THE NORTHERN PART OF THE CASPIAN SEA

The research is devoted to definition of degree of feeding provision of the different-sized bream and roach groups, and to identification of their trophic relations in the Northern part of the Caspian Sea. The material for food research of 2 fish species has been collected during Caspian survey, in autumn, 2016. In total 32 digestive tracts of fish are analyzed for studying of food structure. It is established that feeding of bream and roach consists of the main and numerous small organisms of a microbenthos a foraminifer (Foraminifera) and the ostracods (Ostracoda). It has been established that character of feeding of bream and roach depended on structure and availability of fodder organisms on the particular site of the sea. So in a square 21 breams ate generally chironomid larva which left 88,29 % of mass of all food, and the index of nourishness was equal – 93,01 ‰ that is rather high rate. In other areas the main food of bream is presented by worms (Vermes), cancrioid (Crustacea) and mollusks. It has been established that food of roach was characterized only on one square by primary consumption of mollusks (Mollusca), and generally qualitative structure of food of roach of other areas was made by worms (Vermes) and cancrioid (Crustacea). Comparison of indicators of the general index of filling of intestines at fish only from the 72nd square, has shown that roach has made 72,05 ‰, and bream only 40,13 ‰. Estimating degree of food similarity it is possible to tell that a variety of a food supply and a diet of fish, in the explored site of the sea, smoothes tension of the food relations.

Key words: North Caspian, bream, roach, food, food relations, food organisms.

Дәуітбаева К.Ә., Шалғымбаева С.М.* , Омарова Ж.С., Джумаханова Г.Б.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

*e-mail:s.saule777@gmail.com

Каспий теңізінің Солтүстік бөлігіндегі тыран (*Abramis brama* L.) мен тарта (*Rutilus rutilus caspicus* Oak.) балықтарының қоректену ерекшеліктері

Жұмыс тыран және тарта балықтарының түрлі өлшемдегі топтарының қорекпен қамтамасыз етілу дәрежесі мен Каспий теңізінің солтүстік бөлігіндегі трофикалық арақатынасты анықтауға бағытталған. Аталмыш екі түрдің қоректенуін зерттеуге арналған материалдар 2016 жылдың күз мезгілінде Бүкілкаспийлік аулау кезінде алынған. Қорек құрамын анықтау мақсатында барлығы 32 балықтың асқорыту жолына талдау жүргізілді. Тыран мен тарта қорегі микробентоста кең таралған ұсақ жәндіктерден: фораминифералар (Foraminifera) мен бақалшақты шаяндардан (Ostracoda) тұратындығы анықталды. Тыран мен тортаның қоректену сипаты теңіздің белгілі бір участогында жемдік организмдердің қол жетімділігі мен олардың құрамына байланысты болатындығы анықталды. Мысалы, 21 квадратта тыран хирономидтердің (Chironomidae) дернәсілдерімен қоректенген, дене салмағының 88,29 %-ды құрайды, ал ішектің толу индексі – 93,01 ‰, бұл өте үлкен көрсеткіш боп есептеледі. Басқа аудандағы тыранның негізгі қорегі құрттар (Vermes) мен шаянтәрізділерден (Crustacea), моллюскалардан (Mollusca) тұрады. Тортаның қоректенуінде бір квадратта ғана моллюскалар (Mollusca) басым болды, ал қалғандарында құрттар (Vermes) мен шаяндар (Crustacea). Ішектің толуының жалпы индексінің салыстырмасы тек 72 квадратта ғана тартада 72,05 ‰, ал тыранда жалпы 40,13 ‰ көрсетті. Тағамдық ұқсастықтарының деңгейін салыстырып айтуға болады, зерттелген теңіз аймағындағы балықтардың рационы мен жем базасының түрлілігі тағамдық қарым-қатынаста қарбалас туғызады.

Түйін сөздер: Солтүстік Каспий, тыран, тарта, қоректену, қоректік байланыс, жемдік организмдер.

Даутбаева К.А., Шалгимбаева С.М.* , Омарова Ж.С., Джумаханова Г.Б.

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

*e-mail: s.saule777@gmail.com

Особенности питания леща (*Abramis brama* L.) и воблы (*Rutilus rutilus caspicus* Oak.) в Северной части Каспийского моря

Работа посвящена определению степени обеспеченности пищей разновозрастных групп леща и воблы, и выявлению их трофических отношений в северной части Каспийского моря. Материал для исследования питания 2 видов рыб был собран во время всекаспийской съемки, осенью 2016 года. Всего проанализировано 32 пищеварительного тракта рыб, для изучения состава пищи. Установлено, что пища леща и воблы состоит из основных и многочисленных мелких организмов микробентоса фораминифер (Foraminifera) и ракушковых рачков (Ostracoda). Было установлено, что характер питания леща и воблы зависит от состава и доступности кормовых организмов на конкретном участке моря. Так, в квадрате 21 лещ питался в основном личинками хирономид, которые оставили 88,29 % массы всей пищи, а индекс накормленности был равен – 93,01 ‰, что является достаточно высоким показателем. В других районах основная пища леща представлена червями (Vermes), ракообразными (Crustacea) и моллюсками. Было установлено, что питание воблы характеризовалось лишь на одном квадрате преимущественным потреблением моллюсков (Mollusca), а в основном качественный состав пищи воблы из остальных районов составили черви (Vermes) и ракообразные (Crustacea). Сравнение показателей общего индекса наполнения кишечника у рыб только из 72 квадрата, показало, что у воблы он составил 72,05 ‰, а у леща всего 40,13 ‰. Оценивая степень пищевого сходства можно сказать, что разнообразие кормовой базы и рацион рыб, в исследуемом участке моря, сглаживает напряженность пищевых отношений.

Ключевые слова: Северный Каспий, лещ, вобла, питание, пищевые отношения, кормовые организмы.

The Caspian Sea is known for the fact that there is a small amount of types in comparison with the regions having an exit to the open ocean – only 76 types and subspecies relating to 17 families lives.

As it is known, a northern part of the Caspian Sea is allocated with the high efficiency. One of the major factors causing such efficiency – intensive impact on the mode and waters of the Northern Caspian Sea of the Volga drain delivering a large amount of various mineral and organic nutrients. These substances come to the Caspian Sea in dissolved and suspension conditions. Used by organisms they join in cycles of the trophic relations characteristic of the Northern Caspian Sea, and provide creation of a food supply, favorable for development of many food fish. Between the western and eastern parts of the Northern Caspian Sea, on the border there is shallow water traced in the direction of the islands Novinsky – the archipelago of Seal islands. The largest depths within this shallow water don't exceed 3,6-3,8 m. The western and eastern parts of the Northern Caspian Sea on the area are almost equal, however the main volume of waters is concentrated in more deep-water western part (63 %), mainly within a zone with depths of 0-5 m (59 %) and 5-10 m (25,4 %). In eastern part the largest volumes of waters fall on areas with depths of 0-5 m (more than 88 % of volume of waters of this part of the sea).

In a quantitative sense the most part of population is presented by Karpov (33 %), bull-calves (28 %) and the North Caspian shads (14 %) (Ivanov V.P., 2008: 140). The majority of types are autochthonic, including representatives of the Mediterranean community (Ivanov V.P., 2000: 55). *Cyprinidae* by quantity of types take the first place as a part of the Caspian fish fauna. Fresh-water by origin, these fish have found in the saltish Caspian Sea favorable conditions for the development, and their area covers, besides river reservoirs, considerable sea spaces. The main stock of the most valuable food fish – roach, bream, and carp – is concentrated in the Northern Caspian Sea. Carps breed mainly in deltas, estuarial zones, channels and inundated reservoirs of the Volga Rivers and the Urals. Carp juveniles of a fall onto on growing to desalinated sea shallow water where finds favorable fodder conditions in desalinated highly productive zones (Malysheva G.K., 2003: 88). From total number of the Caspian fish only 40 types and subspecies have trade value (Sokolskij A.F., 2002: 128).

Bream - bottom-dwelling fish. Found at depths up to 9 m. the Greatest number of juvenile and adult bream kept at depths up to 6 m (Krupa E.G., 2001:121). Bream – vitofil, batched when the temperature reaches 12 – 15 C. In the Kazakh sector of the Caspian sea bream is portioned spawning. The maximum age of bream is considered to be 20 years

with a body length of 45 cm and weight 3 kg (1990). In most waters it does not exceed the age of 12-15 years (Malkin E.M., 1990: 111). Bream is a typical benthic feeder, but along with the can consume benthic plants and plankton (Krupa E.G., 2001: 125). The onset of puberty does not take place simultaneously and for each generation stretched to 4-5 years (Abakumov V.A., 1983: 201), the average for the Eastern part of the Northern Caspian sea in 3-5 years (Sokolsky A.F., 2001: 131). Bream is a valuable trade object. Found in the North-Eastern part of the sea much more often than most other species and are second only roach (Sokolsky A.F., 2001: 129). Is one of the most numerous fishes.

Roach is widespread. It forms several subspecies (Malkin E.M., 1990: 104). In the water area of the Kazakhstan part of the Caspian sea roach can be found almost everywhere to ezogelin 10-12 ‰ (Malkin E.M., 1990: 111). Breeds in rivers near the mouth. The onset of puberty stretched for several years and occurs in ages 2 to 5 years (Malkin E.M., 1990: 111; Sokolsky A.F., 2001: 129), the average for the Eastern part of the Northern Caspian sea in 3-4 years (2007). Some authors have noted that the age limit of roach 11-12 years and age migratory 2-11 years (2008; 2011). Other authors argue that currently in the natural habitat of fish older than 9 years are not found, and spawning migration do individuals aged 2-7 years with a predominance of the 3-5 year-old fish (Malkin E.M., 1990: 111). Roach are omnivorous fish. In her diet find more than 40 components (Malkin E.M., 1990: 111). In the areas of research in the water area of the Kazakhstan part of the Caspian sea roach can be found almost everywhere. This fish is a valuable commercial object. Its frequency of occurrence in the North-Eastern part of the sea is much higher than other species (Sokolsky A.F., 2001: 129).

Fodder resources in the Northern Caspian Sea, the main region of juveniles on growing and adult sturgeon, and also other fish semi-through passage, will be underused because of small number of fish herds (Zheltchenkova M.V., 2001: 125). Low biomass of a benthos is characteristic of a considerable part of the water area of the Northern Caspian Sea. With increase in depth biomass of animals increases in the Northern Caspian Sea and reaches a maximum (to 100 g/m²) in the deep-water area at a depth over 6 meters (Polyaninova A.A., 2000: 205; Malyshева G.K., 2003: 17). Value of separate types of ground fauna in formation of the general efficiency of a bottom of the Caspian Sea is not equivalent, therefore, studying of security with food of fish, can show not only nourishness of hydrobionts but also fodder potential of sea pastures (Stepanova T.G., 2000: 111; Ustarbekov A.K., 2002: 99; Sokolsky A.F., 2010: 198). The purpose of this work was the qualitative and quantitative research of food of bream and roach from the Northern part of the Caspian Sea, in autumn, 2016.

Materials and methods of a research

The water area of the Caspian Sea is broken into trade squares which have expansion on latitude of 10 miles and on the longitude of 7 miles (figure 1). One nautical mile is equal to 1852 m. Each square is characterized by constant geographical coordinates and for convenience of use has constant number. When specifying the place of sampling in the operation used above the stated numbering of squares of the Caspian Sea. It begins in northern part of the sea and in the direction to the south numbers of squares increase. In the figure 1 the region of the research with specifying of numbers of squares is provided.



Figure 1 – The schematic map Caspian sea

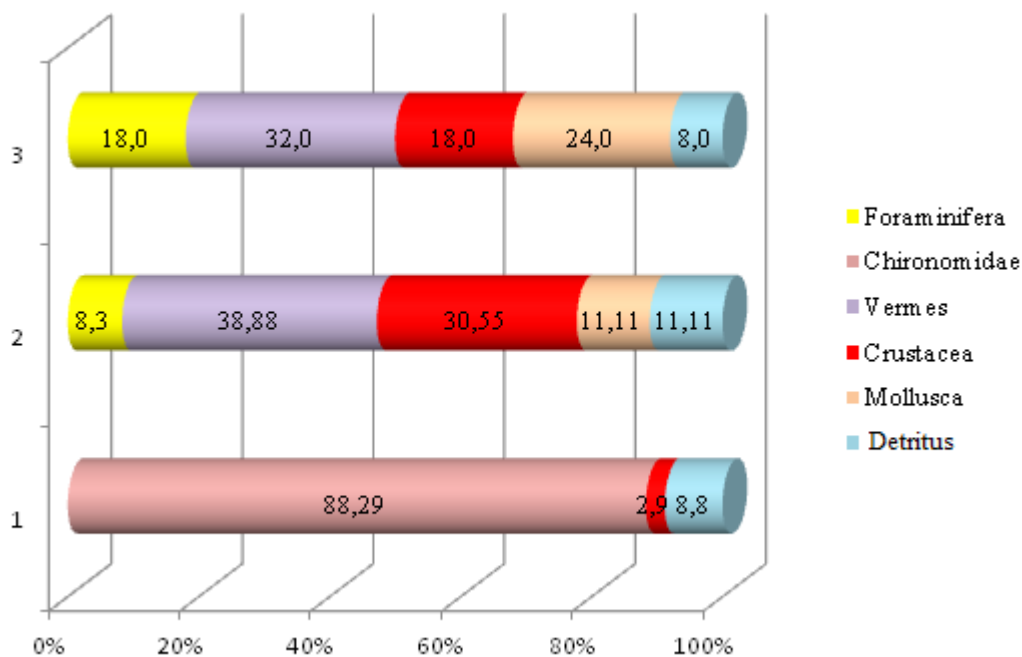
In November, 2016, during the expedition, by use of a trawl, selection of intestinal paths at 12 samples of bream with an absolute length of 235-345 mm was made, and weighing from 107 g. to 392 g, and 20 samples of roach with an absolute length of 175-250 mm., and weighing from 76 g, to 236 g. The morphometric analysis was carried out by the technique offered for carp fish by Ustarbekov (Ustarbekov A.K., 2006: 51). The food relations between fish and provision with their food were evaluated by method offered by A.A. Shorygin (Shorygin A.A., 1952: 188) and used an exponent of likeness of composition of food of fish (SP - coefficient) and standard quantitative and weight techniques (Ustarbekov A.K., 2006: 51). Systematic accessory of the organisms found in food then organisms miscalculated, dehydrated on filter paper was defined and were weighed on torsion weights. All probed fish had the significant amount of soil. The relative value of separate groups of fodder organisms in a range of a supply was estimated on occurrence frequency (at % of number of the eating fish in test) and on a share of separate components in the general contents of a food bolus (in weight %). Calculated the general indexes of filling of stomachs (OIN, ‰) and a share of fish (%) with empty stomachs.

Research results and discussion

The study of the digestive tract 12 copies of bream (*Abramis brama* L.) (figure 2) it was found that in 2 samples of breams from 21 squares had average length equaling 374 mm, with an average weight 320 g, *Chironimidae* larvae (88,29 %) were the main component of a food bolus, and as a minor forage served detrit (8,8 %) and *Crustacea* (2,9 %). The general index of intestine filling equaled 93,01 ‰ that is an indicator of existence of a good food supply of fish.



Figure 2 – Bream



Type codes: 1 – 21 square, 2 – 72 square, 3-150 square

Figure 3 – Percentage ratio of components in a food bolus of bream from different stations

Also found that 5 breams from the 72nd square had average length equaling 212,4 mm., average weight has made 282,2 g. At the same time one intestine contained detrit and one intestine was empty. The food bolus of 3 copies of breams contained *Vermes* – 38,88 of %, *Crustacea* – 30,55 of %, *Mollusca* – 11,1 of %, *Foraminifera* of 8,3 % and 11,1 % has made detrit. The general index of

filling of intestines, has made 40,13 ‰. Study of fish with from the 150th square intestines at 4 breams, with average length of 279 mm have been selected, and average weight 311 g. The food bolus had *Vermes* occupying 32,65 %, *Mollusca* – 24,5 %, *Crustacea* -18,4 of %, *Foraminifera* – 18,36 % and detrit is presented to 8,1 %. The general index of filling of the bream's stomach made 39,44 ‰.

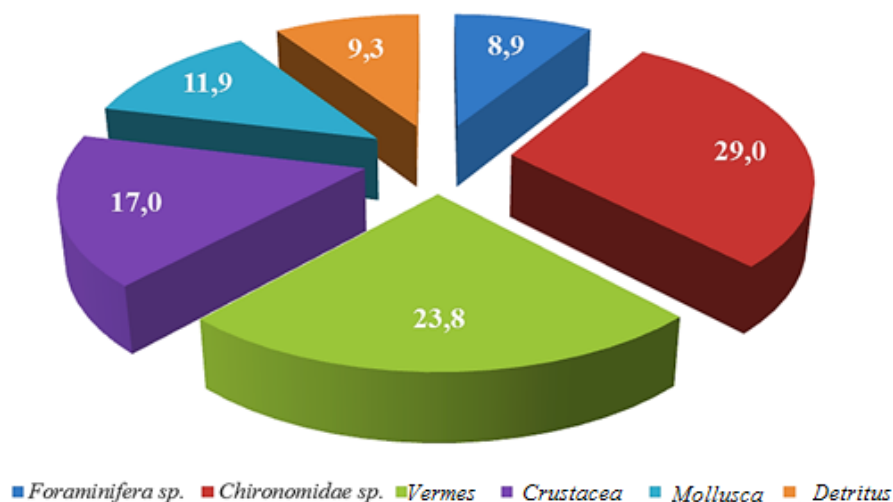


Figure 4 – Average percentage value of qualitative structure of food of a bream in autumn, 2016

The analysis the general index of intestine filling of research breams fluctuated from 39,44 to 93,01 ‰, average has made 57,52 ‰, which is a good indicator of availability of components of a benthos as well as presence of a fatty layer on intestines at one and all the studied fish (figure 3).

It has been established that the qualitative structure of food of a bream from different squares changed considerably that affected their sizes, for example fish from the 21 square, a basis of its diet contained chironomids (figure 4).

The study of the digestive tract 20 copies of roach – (*Rutilus rutilus caspicus* Oak.) (figure 5). The studied fish from the square 47 had average length equaling 110 mm with an average weight of 196 g. In a food bolus *Vermes* dominated – 53,33 %, *Crustacea* had 30 % of food, *Mollusca* – 10 % and detritus 6,66 % The index of filling was equal to 57,10 ‰.

The roach from the square 72 had average length equaling 116 mm with an average weight 228 g, in a food bolus *Vermes* dominated – 35 %, *Crustacea* made 25 %, *Mollusca* – 17,5 %, *Foramenifera* – 10 % and detritus – 12,5%. The index of filling has made 72,05 ‰.

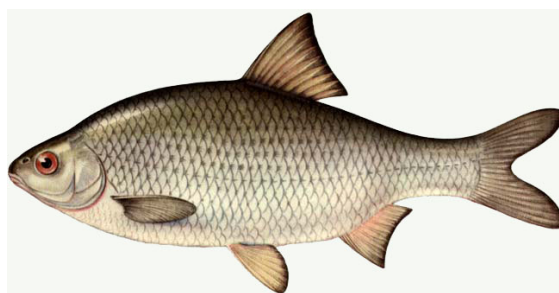


Figure 5 – Roach (*Rutilus rutilus caspicus* Oak.)

The roach from the square 101 had average length of 161 mm with an average weight 234 g, in a food bolus *Vermes* had 32,25 % of all weight, *Crustacea* made 29,03 %, *Mollusca* – 19,4 %, detritus – 16,12 %, *Foramenifera* (3,2%). The index of filling has made 44,97 ‰.

The roach from the square 263 had average length equaling 100 mm., with an average weight 216 g, also in food bolus of fish *mollusca* dominated (53,84 %), *Crustacea* (30,76 %), *Vermes* (6.15 %) and detritus (9,2 %). The index of filling has made 57,10 ‰.

The qualitative food composition of roach from different squares set the heterogeneity of food organisms in the benthos feeding fish based food made up of *Vermes*, *Crustacea*, *Mollusca* *Foraminifera* and detritus (figure 6). It is established that the general

index of nourishment fluctuated from 44,97 ‰ to 174,54 ‰, the average value of nourishment index – 93,48 ‰ that reflects existence and availability of fodder objects in the particular site of a bottom at the time of sampling (figure 7).

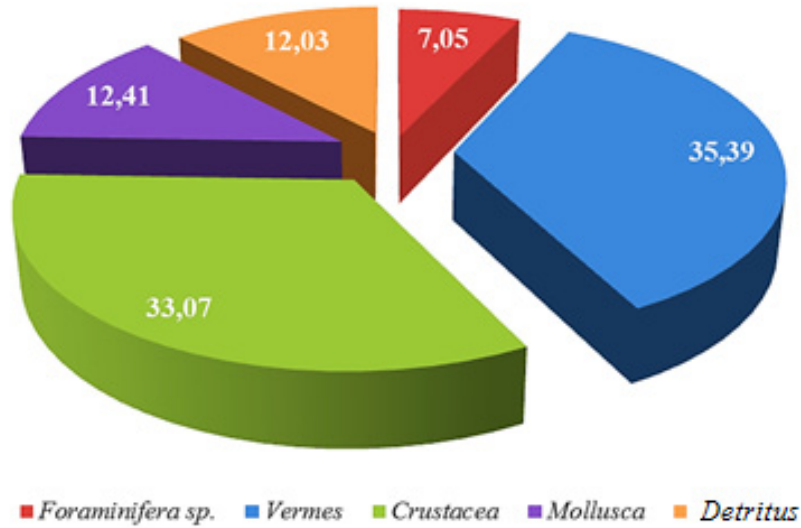
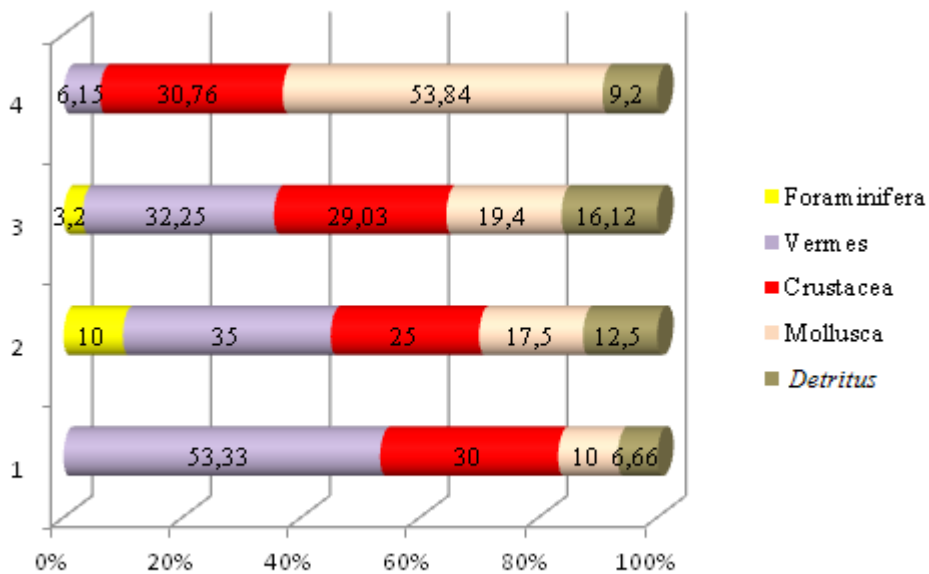


Figure 6 – Average percentage value of qualitative structure of roach feeding in autumn, 2016



Type codes: 1 – 1 station, 2 – 2 station, 3 – 3 station, 4 – 4 station.

Figure 7 – Percent ratio of components in a food bolus of a roach from different stations

Considering that during autumn shooting the bream and roach had the same food supply, especially, it was possible to assume that they can be potential food competitors, but estimating degree of food similarity it is possible to tell that a variety of a food supply and a diet of fish, in the explored site of the sea, smoothies tension of the

food relations. Comparison of indicators of the general index of filling of fish intestines has shown that a roach has it higher in comparison with a bream around the 72nd square that can be tracked on indexes of filling of intestines where roach has made 72,05 ‰, and bream of all 40,13 ‰ (figure 7).

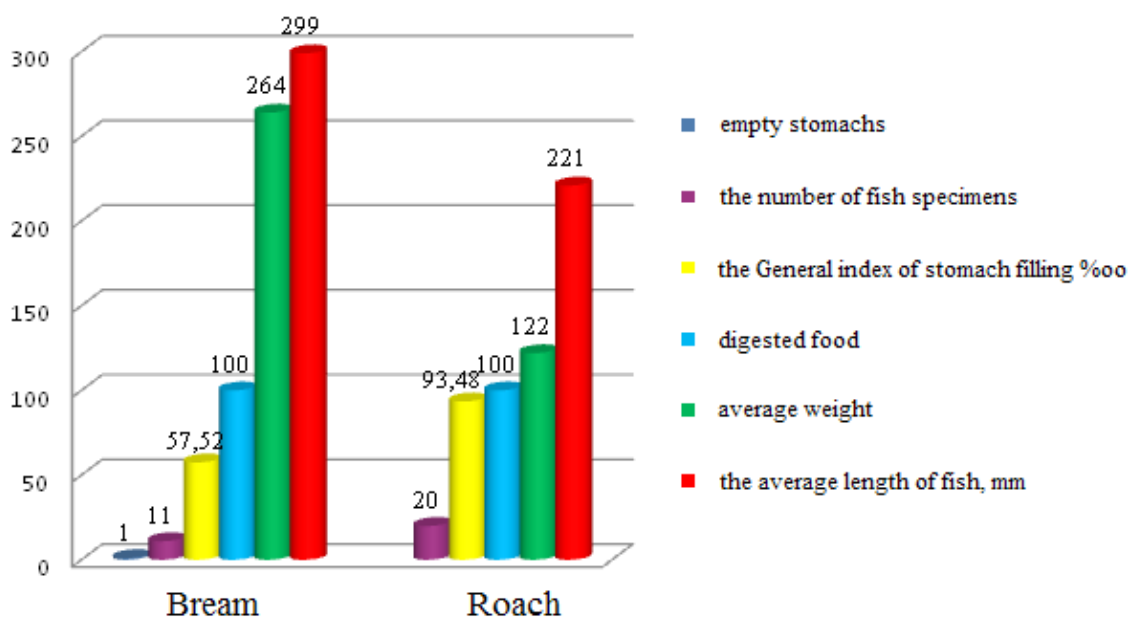


Figure 8 – Bream and roach filling indexes in autumn, 2016.

As research on fish feeding has shown from 7 areas, trophic conditions for a bream and a roach in the autumn of 2016 were favorable and the factors limiting the number of these types were absent. It has been established that a bream and a roach in the competitive food relations were only in the one 72nd square, in other areas it was absent. For each species of fish of a forage was enough on quality and by quantity. Food of a roach was characterized by primary consumption of mollusks, worms and

Crustacea, in food of a bream *chironomid* larvae dominated and worms, mollusks occupied an insignificant share. Fish had the highest rates of weight from the 21st square intensity of food of a bream was higher, than at other stations as fish used *chironomid* larvae which were the type dominating on biomass. A variety of forms of ground fauna, and high plasticity in food of a bream and roach provides a trophic optimum for existence of these species of fish in Northern the Caspian Sea.

Литература

- 1 Иванов В.П., Комарова Г.В. Рыбы Каспийского моря. – Астрахань: АГТУ, 2008. – 190 с.
- 2 Иванов В.П. Биологические ресурсы Каспийского моря. – Астрахань: КаспНИИРХ, 2000. – 100 с.
- 3 Мутьшева Г.К., Стыгар В.М. Использование кормовой базы бентосоядными рыбами на уральском приустьевом взморье в период ската в море молоди осетровых // Матер. докладов междунар. конф. Современные проблемы биологических ресурсов Каспийского моря. – Баку. – 2003. – С. 17-18.
- 4 Сокольский А.Ф., Полянинова А.А., Ардабьева А.Г. и т.д. Состояние кормовой продуктивности Каспийского моря // Рыбохозяйственные исследования на Каспии. Результаты НИР за 2001 г. – Астрахань. – 2002. – С. 124-136.
- 5 Крупа Е.Г., Орлова И.В. Структура зоопланктона Казахстанского сектора Северного и Среднего Каспия // Некоторые аспекты гидроэкологических проблем Казахстана. – Алматы. – 2011. – С.120-126.

- 6 Методические рекомендации по использованию кадастровой информации для разработки прогноза уловов рыбы во внутренних водоемах. Ч. 1: Основные алгоритмы и примеры расчетов. – М.: ВНИРО, 1990. – 56 с.
- 7 Малкин Е.М. Репродуктивная и численная изменчивость промысловых популяции рыб. – Москва. – 1990. – 146 с.
- 8 Абакумов В.А. и т.д. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 240с.
- 9 Сокольский А.Ф., Полянинова А.А., Ардабьева А.Г. и т. д. Состояние кормовой продуктивности Каспийского моря // Рыбохозяйственные исследования на Каспии. Результаты НИР за 2001 г. – Астрахань. – 2002. – С. 124-136
- 10 Отчет «Региональная программа по изучению распределения, оценке численности, запасов, кормовой базы и определения ОДУ осетровых рыб Каспийского моря». – Атырау. – 2007. – С. 110-115.
- 11 Отчет «Региональная программа по изучению распределения, оценке численности, запасов, кормовой базы и определения ОДУ осетровых рыб Каспийского моря». – Атырау. – 2008. – С.120-121.
- 12 Отчет «Региональная программа по изучению распределения, оценке численности, запасов, кормовой базы и определения ОДУ осетровых рыб Каспийского моря». – Атырау. – 2011. – С. 140-143.
- 13 Желтенкова М.В. Питание и использование кормовой базы бентосоядными рыбами Каспийского моря. – Астрахань: Труды ЦНИОРХ, 2001. – Т. 1. – С. 122-131.
- 14 Полянинова А.А., Ардабьева А.Г., Белова Л.Н., Елизаренко М.М., Кашенцева Л.Н., Малиновская Л.В., Молодцова А.И., Смирнова Л.В. Особенности формирования кормовой продуктивности и питания рыб в Каспийском море // Первый конгресс ихтиологов России. – М.: ВНИРО. – 2000. – 449 с.
- 15 Мутышева Г.К., Стыгар В.М. Использование кормовой базы бентосоядными рыбами на уральском приустьевом взморье в период ската в море молоди осетровых // Матер. докладов междунар. конф. Современные проблемы биологических ресурсов Каспийского моря. – Баку. – 2003. – С. 17-18.
- 16 Степанова Т.Г. Современное состояние запасов бычков в Северном Каспии. – М.: ВНИРО, 2000. – 461 с.
- 17 Устарбеков А.К., Гусейнов А.Д. Современная типовая методика биологических исследований водных экосистем: учебно-методическое пособие. – Махачкала. – 2002. – 137 с.
- 18 Сокольский А.Ф., Понамарев С.В. Экология организмов планктона, бентоса и рыб Каспийского моря: учебное пособие. – Астрахань: АГТУ, 2010. – 268 с.
- 19 Устарбеков А.К., Гусейнов А.Д. Типовая методика морфометрического анализа карповых рыб в ареале: учебно-методическое пособие. – Махачкала. – 2006. – С. 51-52.
- 20 Шорыгин А.А. Питание и пищевые взаимоотношения рыб Каспийского моря. – М.: Пищепромиздат, 1952. – 268 с.
- 21 Устарбеков А.К., Гусейнов А.Д. Методика изучения питания и пищевых взаимоотношений рыб: методическое пособие. – Махачкала. – 2006. – 51 с.

Referenses

- 1 Ivanov VP, Komarova GV (2008) Fish of the Caspian Sea [Ryby Kaspijskogo morya]. AGTU, Astrakhan, pp. 190.
- 2 Ivanov VP (2000) Biological resources of the Caspian Sea. [Biologicheskie resursy Kaspijskogo morja] Caspian research Institute of fisheries, Astrakhan; pp 100.
- 3 Malysheva GK, Stygar VM (2003) Use bentonites forage fishes near the mouth at the Ural coast in the period of migration in the sea sturgeon fingerlings, Mater. reports Intern. Conf. Modern problems of biological resources of the Caspian sea, Baku [Ispol'zovanie kormovoj bazy bentosojadnymi rybami na ural'skom priust'evom vzmor'e v period skata v more molodi osetrovyh // Mater. dokladov mezhdunar. konf. Sovremennyye problemy biologicheskikh resursov Kaspijskogo morja, Baku]. pp. 120.
- 4 Sokol'skij AF, Poljaninova AA, Ardab'eva AG. etc (2002) As fodder productivity of the Caspian sea // Fisheries researches in the Caspian. The results of researches in 2001 [Sostojanie kormovoj produktivnosti Kaspijskogo morja // Rybohozajstvennyye issledovaniya na Kaspii. Rezul'taty NIR za 2001 g.] Astrakhan, pp. 124-136.
- 5 Krupa EG, Orlov IV (2001) The structure of the zooplankton of the Kazakhstan sector of the Northern and Middle Caspian sea // Some aspects of hydro-ecological problems of Kazakhstan [Struktura zooplanktona Kazahstanskogo sektora Severnogo i Srednego Kaspija // Nekotorye aspekty gidroekologicheskikh problem Kazahstana] Almaty, 2011. pp. 120-126.
- 6 (1990) Methodological recommendations on the use of cadastral information for the development of the forecast of fish catch in inland waters. Part 1: Basic algorithms and examples of calculations. – М.: Publishing house All-Russian scientific Institute of fisheries and Oceanography, [Metodicheskie rekomendacii po ispol'zovaniju kadaastrovoj informacii dlja razrabotki prognoza ulovov ryby vo vnutrennih vodoemah. Ch. 1: Osnovnye algoritmy i primery raschetov.] pp. 56.
- 7 Malkin EM (1990) Reproductive and numerical variability of commercial fish populations. [Reproduktivnaja i chislennaja izmenchivost' promyslovyh populjacji ryb] Moscow Russian, pp 146.
- 8 Abakumov VA etc (1983) Manual on methods of hydrobiological analysis of surface waters and bottom sediments. [Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverhnostnyh vod i donnyh otlozhenij] – L. : Gidrometeoizdat, 1983. pp 240.
- 9 Sokolsky AF, Polyaninova AA, Ardabieu AG etc (2002) As fodder productivity of the Caspian sea // Fisheries researches in the Caspian. The results of researches in 2001 [Sostojanie kormovoj produktivnosti Kaspijskogo morja // Rybohozajstvennyye issledovaniya na Kaspii. Rezul'taty NIR za 2001 g.] Astrakhan, 2002:124-136.
- 10 The report "Regional study of distribution, abundance estimates, stocks of fodder and determination of TAC sturgeon species in the Caspian sea" [транслитерация]. Atyrau, Kazakhstan, 2007:110-115.
- 11 The report "Regional study of distribution, abundance estimates, stocks of fodder and determination of TAC sturgeon species in the Caspian sea." Atyrau, Kazakhstan, 2008:120-121

12 The report "Regional study of distribution, abundance estimates, stocks of fodder and determination of TAC sturgeon species in the Caspian sea." – Atyrau, Kazakhstan, 2011:140-143.

13 Zheltenkova MV (2001) Nutrition and the use of fodder bentonite fish of the Caspian sea. – [Pitanie i ispol'zovanie kormovoj bazy bentosojadnymi rybami Kaspijskogo morja]. proceedings of the Central research sturgeon fisheries, Astrakhan, Russia, 1:122-131.

14 Polyaninova AA, Ardabieu AG, Belova LN, Olizarenko M, Kashintseva LN, Malinovskaya LV, Molodtsova AI, Smirnova LV (2000) Features of formation of productivity of forage and food fish in the Caspian sea // the First Congress of ichthyologists of Russia [Osobennosti formirovaniya kormovoj produktivnosti i pitaniya ryb v Kaspijskom more // Pervyj kongress ihtnologov Rossii]. VNIRO, Moscow, Russia, pp. 449.

15 Malysheva GK, Stygar VM (2003) Use bentonite forage fishes near the mouth at the Ural coast in the period of migration in the sea sturgeon fingerlings // Materials of reports international. Conf. Modern problems of biological resources of the Caspian sea [Ispol'zovanie kormovoj bazy bentosojadnymi rybami na ural'skom priust'evom vzmor'e v period skata v more molodi osetrovyh // Mater, dokladov mezhdunar. konf. Sovremennye problemy biologicheskikh resursov Kaspijskogo morja]. Baku, Azerbaijan, pp. 17-18.

16 Stepanova TG (2000) Modern state of the stocks gobies in the Northern Caspian // the First Congress of ichthyologists of Russia [Sovremennoe sostojanie zapasov bychkov v Severnom Kaspii // Pervyj kongress ihtnologov Rossii]. VNIRO, Moscow, Russia, pp. 461.

17 Ustarbekov AK, Guseynov AD (2002) Modern methods of biological research of aquatic ecosystems: a teaching manual [Sovremennaja tipovaja metodika biologicheskikh issledovanij vodnyh jekosistem: uchebno-metodicheskoe posobie]. Makhachkala, Republic of Dagestan, Russia, pp. 137.

18 Sokolsky AF, Ponomarev SV (2010) Ecology of the organisms of the plankton, benthos and fishes of the Caspian sea: a training manual [Jekologija organizmov planktona, bentosa i ryb Kaspijskogo morja: uchebnoe posobie. – Astrahan']. ASTU, Astrakhan, Russia, pp. 268. (In Russian)

19 Ustarbekov AK, Guseynov AD (2006) Standard methods of the morphometric analysis of cyprinid fish in the area: educational-methodical manual [Tipovaja metodika morfometricheskogo analiza karpovyh ryb v areale: uchebno-metodicheskoe posobie]. Makhachkala, Republic of Dagestan, Russia, pp. 51-52.

20 Shorygin AA (1952) Nutrition and food relationships of fishes of the Caspian sea [Pitanie i pishhevye vzaimootnosheniya ryb Kaspijskogo morja]. Pereprodajut, Moscow, Russia, pp. 268.

21 Ustarbekov AK, Guseynov AD (2006) Methodology for the study of food and food relationship of fishes: a methodological guide [Metodika izuchenija pitaniya i pishhevyyh vzaimootnoshenij ryb: metodicheskoe posobie]. Makhachkala, Republic of Dagestan, Russia, pp. 51.

3-бөлім
ГИСТОЛОГИЯ

Раздел 3
ГИСТОЛОГИЯ

Section 3
HISTOLOGY

**Sarmoldayeva G.R.^{1,2*}, Shalgimbayeva S.M.², Omarova Zh.S.²,
Jumakhanova G.B.², Kairat B.K.², Dautbayeva K.A.²**

¹Kazakh scientific research institute of fishery, Kazakhstan, Almaty

²al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty,

*e-mail: gafiza_94@mail.ru

THE HISTOMORPHOLOGIC RESEARCH ON REPRODUCTIVE SYSTEM OF CARP (*CYPRINUS CARPIO* L.) FEMALES IN LAKE BALKHASH

Lake Balkhash is an internal reservoir which has a great number of fishes in comparison with other reservoirs in Kazakhstan, and it contains 20 % of yearlong fishing rate at all in our country. Last years, the water in the lake has declined until 40,0 cm. Thus led to the reduction in the flow of the river, the atmospheric distortion in the pool and the depletion of glaciers at the mountains. Due to the aggravation of ecological factors there might be noticed different changes in the sex cells. Thus the comparative ecological – morph physiological study of industrial important fishes is actual problem today. The carp belongs to the species of *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758). The cyprinids are widely spread in inner water reservoirs and most of them are perfect objects for fish farming. On the other hand, the cyprinids always attract the scientists attention by their broad range of morphological and ecological changes, and by broad adaptability at the area edge. As a result of histomorphologic research there was defined the resorption of oocyte`s yolks on the vitellogenesis phase, the released follicles, bunch of connecting tissue and atresia, also the continuous process of a vacuolation, the bunch of yolks in egg cell, and the developing of zona radiate and chorion layers in the outside of oocyte. According to the results of histological research on high-important industrial carp females, one might say that today`s ecological condition of Lake Balkhash is permanent.

Key words: lake Balkhash, *Cyprinus carpio* L., the reproductive system of females, histomorphologic research.

Сармолдаева Ф.Р.^{1,2*}, Шалгимбаева С.М.², Омарова Ж.С.²,
Джумаханова Г.Б.², Қайрат Б.Қ.², Дәуітбаева К.Ә.²

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

²Қазақ балық шаруашылығы ғылыми зерттеу институты, Қазақстан, Алматы қ.

*e-mail: gafiza_94@mail.ru

Балқаш көліндегі аналық сазан (*Cyprinus carpio* L.) балықтарының репродуктивті жүйесіне жүргізілген гистоморфологиялық зерттеулер

Балқаш көлі Қазақстандағы ішкі су қоймалары арасында ең көп балық қорына ие, жалпы ауланымы еліміздегі жылдық балық ауланымының шамамен 20 %-ын құрайды. Соңғы жылдары көлдің су деңгейі шамамен 40,0 см-ге төмендеді. Бұл өзен ағындарының қысқаруына, бассейндегі атмосфералық шөгінділердің азаюына және биік таулы мұздар қорының сарқылуына алып келді. Экологиялық факторлардың ұшығуына байланысты жыныс клеткаларының дамуында түрлі деңгейдегі өзгерістер байқалуы мүмкін. Сондықтан да кәсіптік маңызы бар балық түрлерінің көбеюін салыстырмалы эколого-морфологиялық тұрғыдан жан-жақты зерттеу қазіргі таңда өзекті мәселелердің бірі болып саналады. Сазан *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) тұқы тұқымдасына жататын балық. Тұқылар – еліміздің ішкі суқоймаларында кең таралған және олардың көпшілігі тоған шаруашылықтары үшін қолайлы объект болып саналады. Екінші жағынан, сүйекті балықтардың арасында тұқылар өздерінің кең диапазонды морфологиялық және экологиялық өзгергіштігімен және кең ареал шегінде жоғары бейімдеушілік мүмкіндіктерімен

үнемі зерттеушілер назарын аударып жатады. Гистоморфологиялық зерттеулер нәтижесінде вителлогенез фазасындағы ооциттер саруызының резорбциясы, босаған фолликулдар, дәнекер ұлпалы түйіндердің шоғыры және атрезия, сонымен қатар қалыпты вакуолизация процесі, жұмыртқа клеткасында саруыз түйіршіктерінің жиналуы және ооциттің сыртқы қабықтарының zona radiata және хорион қабаттарының қалыптасуы анықталды. Жоғары кәсіптік маңызы бар сазан аналықтарының көбею жүйесін гистологиялық зерттеудің нәтижелеріне сүйене отырып Балқаш көлінің қазіргі экологиялық жағдайы қалыпты деп айтуға болады.

Түйін сөздер: Балқаш көлі, *Syrpinus carpio* L., аналық репродуктивті жүйе, гистоморфологиялық зерттеу.

Сармолдаева Г.Р.^{1,2*}, Шалгимбаева С.М.², Омарова Ж.С.²,
Джумаханова Г.Б.², Кайрат Б.К.², Даутбаева К.А.²

¹Казахский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, Казахстан, г. Алматы

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

*e-mail: gafiza_94@mail.ru

Гистоморфологическое исследование репродуктивной системы самок сазана (*Syrpinus carpio* L.) озера Балхаш

Озеро Балхаш – внутренний водоем, в котором водится большое количество рыб по сравнению с другими водоемами Казахстана: 20 % всей рыбы, вылавливаемой в нашей стране. В последние годы уровень воды в озере снизился до 40,0 см, что привело к замедлению течения озера, искажению атмосферы в бассейне и истощению ледников в горах. Обострение экологических факторов отражается на морфологии половых клеток местной рыбы. Сравнительное эколого-физиологическое изучение строения важных промышленных рыб является актуальным направлением на сегодняшний день. Карповые получили широкое распространение во внутренних водоемах, и большинство из них является идеальным объектом для рыбного хозяйства. С другой стороны, карповые всегда привлекают внимание ученых из-за широкого спектра морфологических и экологических изменений и высокую адаптивность к внешним условиям. В результате гистоморфологического исследования были определены: резорбция ооцитов в желтке на фазе вителлогенеза, освобожденные фолликулы, пучок соединительной ткани и атрезия, а также непрерывный процесс вакуолизации, скопление желтка в яйцеклетке, развитие слоев zona radiata и хориона снаружи яйцеклетки. Анализ параметров самки караса показал устойчивое экологическое состояние озера Балхаш.

Ключевые слова: озеро Балхаш, *Syrpinus carpio* L., репродуктивная система самок, гистоморфологическое исследование.

Introduction

Lake Balkhash is located in the drought area of Asia, and in the south – east of Kazakhstan. It takes the third place by its area after the Caspian and Aral seas. The water minerality in the west and east parts of the lake are different, and the parts are connected by thin passage. The water is stale in the west part and salty in the east. Lake Balkhash covers the regions of Almaty, Karagandy, Zhambyl and East Kazakhstan. There are 20 species of fish in the lake, and 6 of them are the local fishes (Ili, Balhash ottoman, Balkhash perch, etc.), and other species came from aside (carp, ide, ship, pike perch, Aral barbell) are irreplaceable objects in fish farming. The carps consist 70% of our country's catching (Kudekova T.K., 2002: 301).

The pollution of inner reservoirs by industrial flow waters does harm to many country's fish farming. The industrial poisonous things fall into the reservoir and harm the fish environment in all cycle:

from nucleus caviar till the adult. Those toxics destroy the fields and spawning places, complicate the fish's migration, decrease the regularity, cause injuries and spoil the trade quality (Lukyanenko V.I., 1967: 202; Arukwe A., 2000: 160).

In recent years household actions of the people influence the environment and it grows every day, and leads to various negative changes existing in the nature. Consequences of such changes are great, and give long-term effect, in most cases to irreversibility. Changes in the habitat of fish are intimately bound to action of a person. Therefore, some fishes living under the influence of anthropogenic factors of Lake Balkhash demand the deep professionally significant research. Changes of fishes in manifold-ing of generation influence on their steady associations and a kinetics. Expansion of system of generation Mani folding fishes on the basis of development process which are the gametogenesis (oo- and spermatogenesis) and a uterus of sexual cycles (Shikhshabekov M.M., 2003: 72).

It indicates connection between a surrounding medium and an organism, and plays a crucial role in efficiency of fish, and as migration influences to the structure of oscillation. In most cases of fish migration in natural reservoirs, features and conditions of efficiency, a condition of dwelling of juveniles are estimated only by its usage, there was not attached importance on function of reproductive system and character. The gametogenesis, including an oogenesis, is an important milestone in development of an individual organism of fish. The nutrients defining accumulation and formation of fund after morphogenetic information develop in this period of an organism (Sharova Y.N., 2003:72; Chmilevskiy D.A., 2003: 377).

Toxins which are the wide range of the pollutants arriving on reservoirs promote process a gametogenesis in living organisms, and also lead to decrease in reproductive potential of individuals and violation of activity and appearance inability of generation. Idiosyncrasy of this type of pathology is not the gonad, according to numerous researches; it meets in various systematic groups of fishes (Lukyanenko V.I., 1990: 26; Wyanski D.M., 2010: 205; Shikhshabekov M.M., 2004: 105; Barkhalov R.M., 2005: 202).

Specifics of process of sexual manifolding a gametogenesis and annual cycles are considered more important link in the course of close connection of separate types. Due to the aggravation of ecological factors some changes in development of sex cells at various levels are observed: nonuniform development of cages, frustration can be observed in dynamics of annual phases development. Therefore ecomorphophysiological comprehensive investigations of professionally significant species of fish is one of actual problems now. A research objective is a gistomorfology research on reproductive system of carp females in Lake Balkhash, with evaluating its current state.

Materials and methods of research

The materials for histological research were gathered in summer of 2015 during the expedition of Kazakh Scientific Research Institute of Fishery (KazSRIF). There were taken 30 female carps for this experiment from stations in the West part of Lake Balkhash, which is named Ulken (Almaty region, Zhambyl district) and in the East, which is Karzhaubai (Almaty region, Karatal district) (table 1).

Table 1 – The main morphological indexes of examined carp females

Station	Q, g	q, g	l, mm	Age
Ulken	675±1440	580±1005	403±315	4-6
Karzhaubai	200±1000	100±820	285±400	3-5

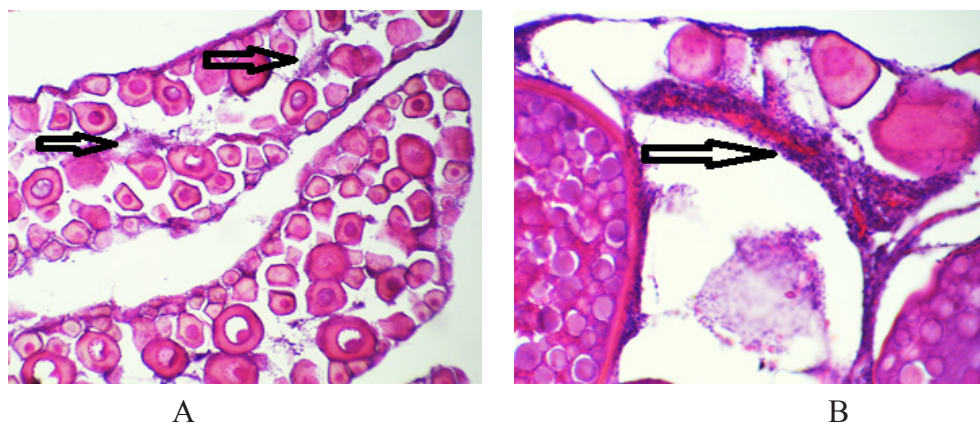
The morphobiological analysis of examined fishes processed by standard methods (Pravdin I.F., 1966: 105). The statistical analysis was carried out with use of the Microsoft Office Excel 2013 program. Organs of reproductive fishes in 4% formalin solution were fixed. Histomorphologic researches were conducted in Ikhtiopatologiya laboratory of KazSRIF. In preparation of tissue specimens the techniques presented by specialists of the All-Russian Research Institute of fishery and oceanology were followed (Mikodina E.V., 2009: 96). The microscope Leica DFC320 (Germany) was used for receiving micrographs from medicines.

Results and discussion

The Ulken station. Age and sex composition of the studied carp females were near at the age of 4-5 year. Parent gonads have the period of ripeness at the VI-VI and III-II stages. As a result of histomorphological research there was defined the resorption of oocyte's yolks on the vitellogenesis phase, the released follicles, bunch of connecting tissue and atresia, also the continuous process of a vacuolation, the bunch of yolks in egg cell (figure 1).

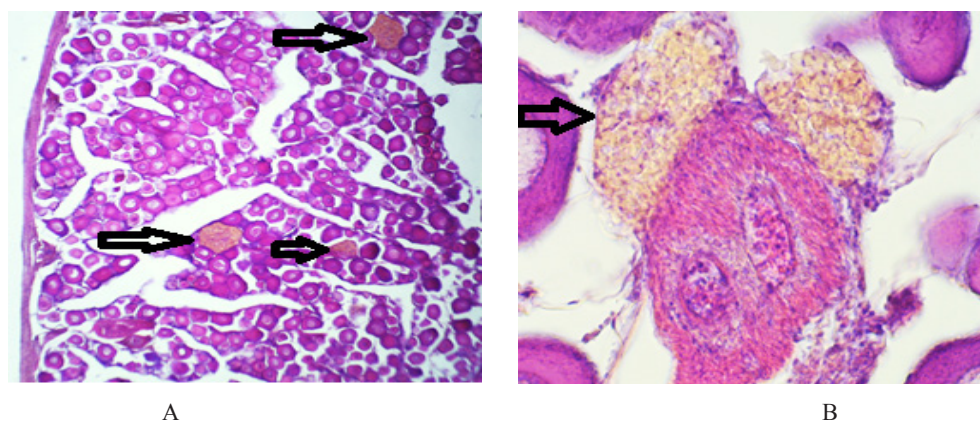
Atresial bodies in the VI-II stage were often found in the 5th age female. in a figure 2 A it is accurately shown that among oocytes of follicles at a one-stage there are atresial bodies. it is possible to tell that it is last year's yolks of an oocyte, in connection with preservation of Atresial bodies in a gonad for 1-1,5. These atresial bodies will eventually collapse and be destroyed (figure 2).

The Resorption of separate oocytes at a stage 2 (D_2) – 3 (D_3) vitellogenesis was found after histological research on female carp organs in the western part of Lake Balkhash. Trophoblastic growth resorption of an oocyte was formed from division of vitelline envelope and from decomposition of nutrients in an oocyte, and the splitting of process cortical alveolar resorption of oocytes in a phase of histologic D_2 and D_3 phases are given below (figure 3).



A B
The released follicles of connecting tissue. A – 100× enlarge, B – 200× enlarge.
The Hematoxylin-eosine dye.

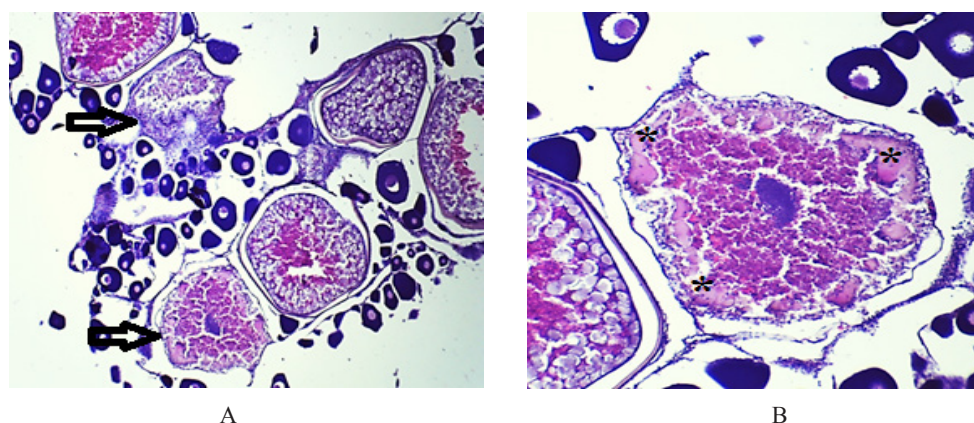
Figure 1 – The carp (*Cyprinus carpio* L.) oocyte section



A B
The atresial bodies. A – 40× enlarge, B – 400× enlarge.the Hematoxylin eosine dye.

Figure 2 – The carp (*Cyprinus carpio* L.) oocyte section.

The VI-II phase of maturing of genitals of females. One-stage follicle phase.



A B
The resorption of oocytes. (*) – the splitting of cortical alveolar.
A – 40× enlarge, B – 100× enlarge. The Hematoxylin-eosine dye.

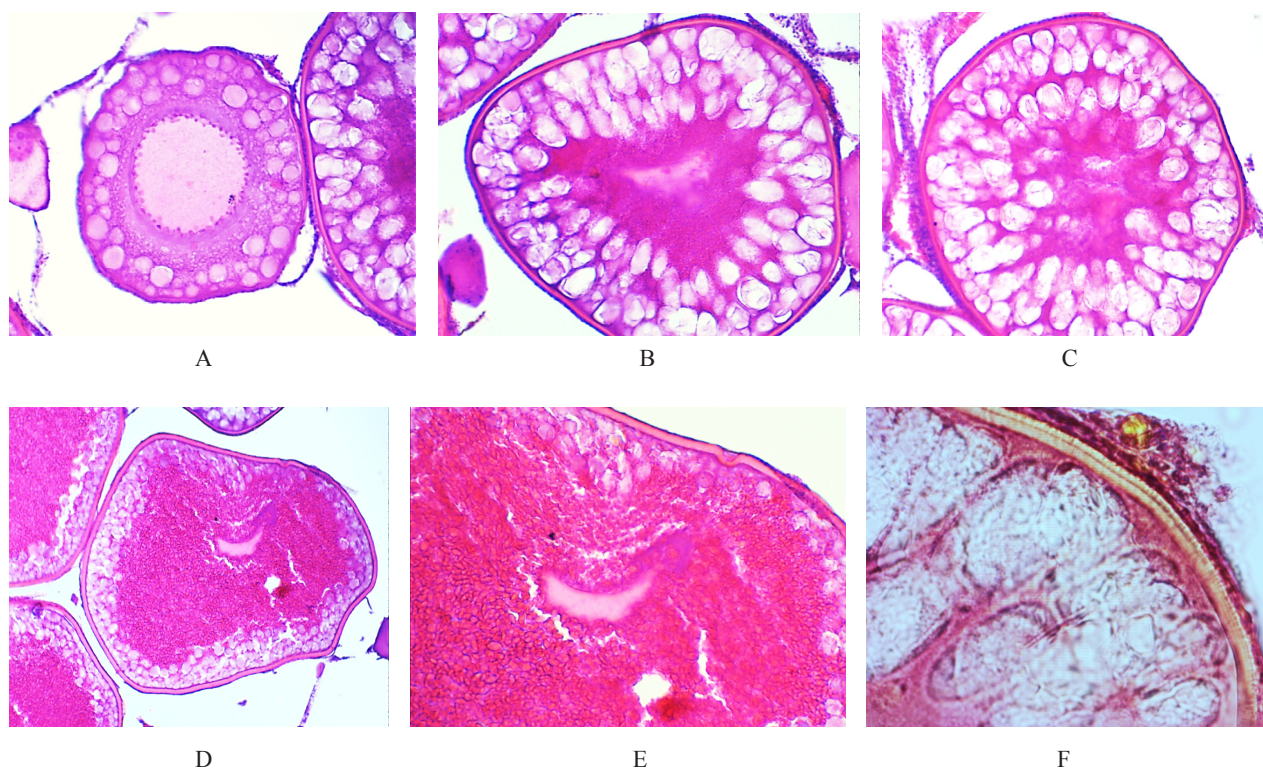
Figure 3 – The histological section of carp's (*Cyprinus carpio* L.) oocyte.
Trophoblastic growth resorption of an oocyte.

Besides, as a result of a research it is revealed oocytes in the period of a vitellogenesis. The sexual products of fishes collected in the station Ulken during Trophoblastic growth it was characterized as follows. On early phases of "D₁" of the oocytes located in a zone of the periphery form serial vacuoles. Core volume round, quantity of yadroid 7-8, it is obvious. on the phase "D₂" a part of an oocyte is filled with 2-3 rows of a vacuole, with a diameter of sex cells at 110-200 microns. Besides, increase in quantity of vacuoles, their diameter of 8-13 microns is registered (an average value on 12,7 microns). the vitelline envelope reached 2-4 microns thick (figure 4, A).

After that vacuoles appear in the inner part of cytoplasm and own completely a zone to its part until the core. It is the "D₃" phase. Vacuoles can reach diameter of 6-16 microns. Vacuoles are located evenly in cytoplasm. Diameter of oocytes is 170-280 microns. The quantity of vacuoles in a circle

of edge of an oocyte is about 40 (figure 4, B). At the phase "E₁" an envelope of a yolk is gradually condensed. Between internal and external vacuole the yolk begins to develop. A diameter of external vacuole remains without changes (figure 4, C). The yolk fills the interior of an oocyte, and also vacuoles outside of an oocyte fill empty interspace. It is the phase "E₂". Diameter of oocytes reaches 450-490 microns.

On the phase "E₃" the yolk fills all parts of an oocyte. The diameter of an oocyte reaches 740-760 microns. With the end of process of collecting a yolk, cage of eggs reach definite criteria (figure 4, E). On the anomaly part of an oocyte the micro Pyle appears. When the oocyte reaches a definite form, it is possible to see legibly external bark of an oocyte. In our histologic figures you can clearly notice layers of Zona radiate of an oocyte and a layer chorion. And also the parts of externa and interna found in a beam part (figure 4, F) are well visible.



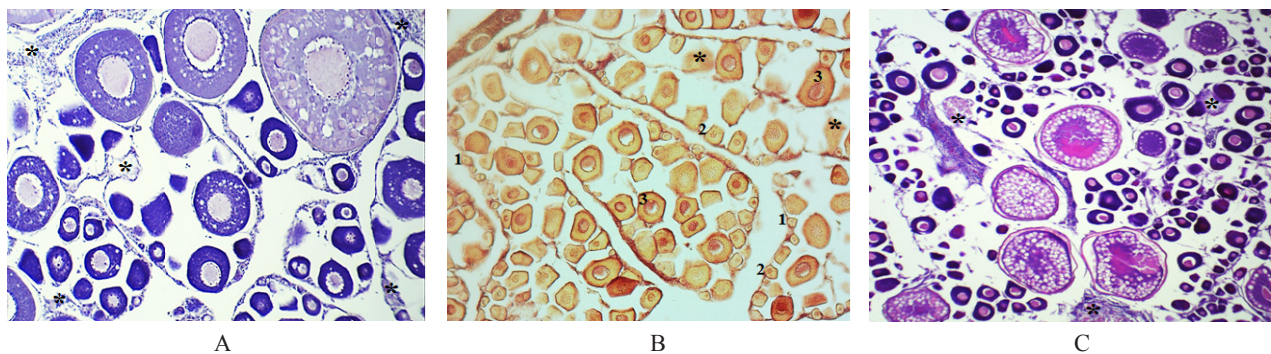
A – The phase «D₂». The two- three lined vacuoles along the periphery. Enlarge 200×. The Hematoxylin-eosine dye.
 B – The phase «D₃». The outer parts of oocytes filled with yolks. Enlarge 200×. The Hematoxylin-eosine dye.
 C – The phase «E₂». The yolks between the middle and extreme vacuoles. Enlarge 200×. The Hematoxylin-eosine dye.
 D – the phase «E₃». The yolk fills all zones, except the alveolus which are cortically located in 3-4 layers. Enlarge 100×. The Hematoxylin-eosine dye.
 E – The definite volume of oocyte. The replacement of core to the anomaly poles. The formation of funnel shaped Micro Pyle. Enlarge 200×. The Hematoxylin eosine dye.
 F – the oocyte crust. Enlarge 400×. The Masson dye.

Figure 4 – The construction of *Cyprinus carpio* L. during the different phases of trophoblastic growth

The Karzhaubai station. The age list of carp females that were investigated in the east part of Lake Balkhash was 3-5 years. As a result of histologic research, there were found the clusters of connecting tissues, a resorption during protoplasmatic body growth, Trophoblastic growth and Vitellogenesis resorption of oocytes. After the analysis at the VI-III stage of maturing, the released follicles resorption which related only for sex cells was found. (figure 5, A) The released follicles resorption met in all fishes at this stage. It is normal physiological process. Over time happens a degeneration to these follicles. the degradation of released follicles is carried out as follows: the calves clenches after an ovulation and its interior is filled with follicular cages of an

epithelium, connecting tissue is deformed and closed by system of capillaries.

During the histologic research of females oosids there was revealed the oogoniya during protoplasmic body growth and oocytes at the phase of a one-stage follicle (figure 5, B). The period of protoplasmic body growth of maturing egg cells is characteristic to this individual and to the II stage of maturing. During the histologic research of oosids it is registered a resorption of the Pre-vitilic oocytes, and also a resorption of oocytes in the period of a vitellogenesis (figure 5, C). A resorption of oocytes is characteristic to the phases D_1 - D_3 of Trophoblastic growth. The VI-III stages of maturing are characteristic to such females.



A – the VI-III phase of maturing : (*) – the released follicles. Enlarge 200×.
 B – protoplasmic body growth: (*) – resorption of the Pre-vitilic oocytes. 1 – oogoniums; 2 – oocytes of juvenal phase;
 3 oocytes at the one-stage follicle phase ; enlarge 40×. C – oocytes at the one-stage follicle phase:
 (*) – the resorption of the Vitellogenin oocytes. Enlarge 100×. The Hematoxylin-eosine dye.

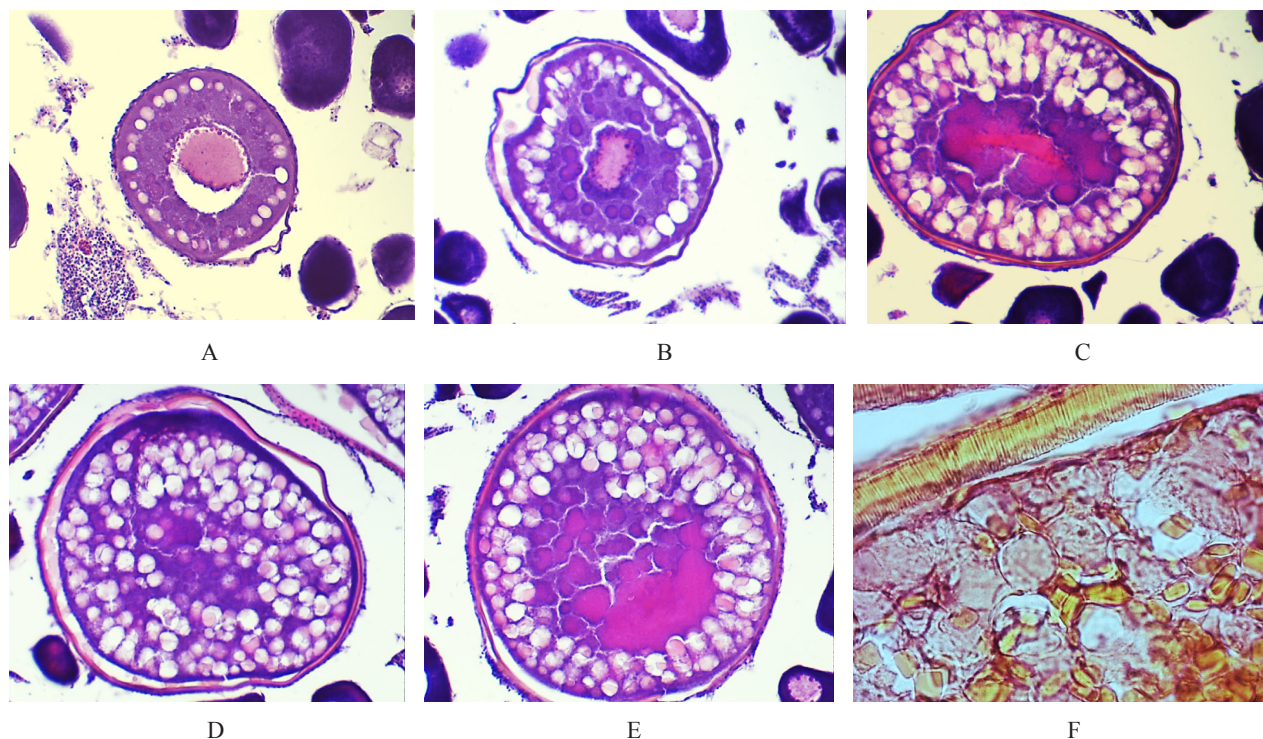
Figure 5 – Histologic figure of *Cyprinus carpio* L oocytes.

Cells of parental egg of carp females in Trophoblastic growth in Karzhaubay station is described as following. the first vacuoles in an oocyte of a carp were formed in the periphery, their quantity reached from 26 to 32. The diameter of the Vacuole of an oocyte, located in one number (their diameter of 3-10 microns) of 75-110 microns and it is the “ D_1 ” phase. Vacuoles are located sequentially. an envelope of oocytes made 3,4 microns (figure 6, A). on the phase “ D_2 ” the vacuole of an oocyte made 2-3 rows. An increase in diameter of vacuoles (4-15 microns) is revealed several times. The diameter of an oocyte was made by 100-130 microns, the envelope of oocytes is 4 microns (figure 6, A).

After the vacuole oocytes fill all cytoplasm, it passes to the phase “ D_3 ”, and the diameter reaches 130-150 microns. The vacuole reaches the diameter from 6 to 17 microns . Shallow vacuoles developed

separately from large vacuoles, that evolved around the oocyte core. And in Average and extreme zones the yolks begin to develop (figure 6, C).

In the phase « E_1 » of a yolk becomes much. diameter of the Oocyte increased a little, these are 130-160 microns (figure 6, D). On the phase “ E_2 ” the yolk fills a half of an oocyte and a vacuole came nearer in cortical zone and their diameter decreases, (on average by 9 microns). The diameter of oocytes is 150-170 microns (figure 6, E). “ E_3 ” phase starts when the oocyte is completely filled with a yolk, and diameter of cortical vacuoles in 2-3 rows remains invariable. the diameter reaches the maximal size and oocytes will be ready for an ovulation. On the phase “ E_1 ” the cover of a yolk oocyte and shell connecting tissue are completely formed. On our micrographs received from histologic specimens it is possible to see legibly beam bark of an oocyte (figure 6, F) .



A – The «D₁» phase. 26-32 vacuoles in one row periphery. Enlarge 200×. The Hematoxylin-eosine dye. B – The «D₂» phase. 4-5 vacuoles fill the peripheral part of the oocyte. Enlarge 200×. The Hematoxylin-eosine dye. C – The «D₃» phase. The peripheral part of the oocyte is filled with vacuoles and it takes the area until the nucleus. Enlarge 200×. The Hematoxylin-eosine dye. D – The «E₁» phase. The yolk fills the vacuoles which are in the middle and peripheral parts of the oocyte. Enlarge 200×. The Hematoxylin-eosine dye. E – The «E₂» phase. The yolk is gathered between the middle and peripheral vacuoles. Enlarge 200×. The Hematoxylin-eosine dye. F – The «E₃» phase. The yolk fills all the part, except the cortical crust where the 3-4 row alveolars are located the oocyte crust. Enlarge 1000×. The Masson dye.

Figure 6 – The parent eggs cells structure of *Cyprinus carpio* L during the different stages of Trophoblastic growth

Conclusion

The result of the histomorphologic research on reproductive system of Carp females (*Cyprinus carpio* L.) in Lake Balkhash is as following:

There were not revealed dangerous Anomalies in a reproductive system of carp females in the station Ulken. As a result of histomorphological research there was defined the resorption of oocyte's yolks on the vitellogenesis phase, the released follicles, bunch of connecting tissue and atresia, also the continuous process of a vacuolation, the bunch of yolks in egg cell.

There was not revealed dangerous pathologies in a reproductive system of carp females in the station Karzhaubai. The stages of D₁, D₂, D₃, E₁, E₂, E₃ and maturing with yolk granules were normal.

However, the resorption of oocytes in the period of a vitellogenesis, the infringement of outer chorion layers, and atresia were defined.

It can be given a good mark on today's state of reproductive system of Carp females in Lake Balkhash. We can make the concept that the microstructural changes are the Normal adaptive physiological state.

Histologic researches of gonads of fishes of Lake Balkhash at the tissue level in the modern ecological conditions proved that the periods and stages of development of an oocyte are developing constantly.

This scientific research was made in the context of "Kazakh Research Institute of Fishery" LLP's scientific project.

Литература

- 1 Современное экологическое состояние бассейна озера Балхаш // Под редакцией Т.К. Кудекова. – Алматы. – 2002. – 388 с.
- 2 Отчет о НИР. КазНИИРХ. Определение рыбопродуктивности рыбохозяйственных водоемов и/или их участков, разработка биологических обоснований ОДУ и ООПТ, режиму и регулированию рыболовства на водоемах международного, республиканского и местного значений Балкаш-Алакольского бассейна. – Алматы, 2016. – 165 с.
- 3 Лукьяненко В.И. Токсикология рыб. – М: Наука, – 1967. – 216 с.
- 4 Arukwe A., Calms T., Walther B., Goksour A. Effect of xenoestrogen treatment on zona radiata protein and vitellogenin expression in Atlantic salmon (*Salmo salar*) // Aquatic Toxicology. – 2000. – V. 49, No 3. – P. 159-170.
- 5 Шихшабеков М.М., Стальмакова В. П., Бархалов Р.М. Влияние условий среды обитания на репродуктивные процессы у различных видов карповых рыб. // Материалы республиканской XVII научно-практ. конф. по охране природы Дагестана. – Махачкала, 2003. – С.72-73.
- 6 Шарова Ю.Н., Кауфман З.С., Лукин А.А. Оогенез рыб Европейского Севера России при техногенном загрязнении. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2003. – 129 с.
- 7 Чмилевский Д.А. К вопросу о периодизации оогенеза костистых рыб (обзор). // Вопр. Ихтиологии. – 2003. – Т.43, №3. – с. 375-387.
- 8 Лукьяненко В.И. Влияние многофакторного антропогенного пресса на условия обитания, воспроизводство, численность и уловы осетровых рыб. – Рыбинск. – 1990. – С. 27.
- 9 Wyanski D.M., Brown-Peterson N.J. (Eds). Proceedings of the 4th Workshop on Gonadal Histology of Fishes. El Pluerto de Santa Maria, Spain. – 2010. – 278 pp.
- 10 Шихшабеков М.М., Бархалов Р.М. Гаметогенез, половые циклы и экология нереста рыб (на примере семейства *Cyprinidae*) в водоемах Терской системы. – Махачкала. – 2004. – 162 с.
- 11 Бархалов Р.М. Особенности развития и функционирования репродуктивной системы рыб (на примере семейства *Cyprinidae*) в изменившихся экологических условиях водоемов Северо-Западного Каспия. – Дис. ... канд. биол. наук. – Махачкала, 2005. – 241 с.
- 12 Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.
- 13 Микодина Е.В. и др. Гистология для ихтиологов. Опыт и советы. – М.: Изд-во ВНИРО, 2009. – 112 с.

References

- 1 Kudekova TK (2002) Current ecological state of the basin of Lake Balkhash [Sovremennoye ekologicheskoye sostoyaniye basseyna ozera Balkhash]. Almaty. Qazaqstan, 388.
- 2 Report on SRW. (2016) Determination of fish productivity of fishery reservoirs and / or their plots, development of biological justifications for TACs and PAs, regimes and regulation of fisheries in reservoirs of international, national and local values of the Balkash-Alakol Basin [Opredeleniye rybobroduktivnosti rybokhozyaystvennykh vodoyemov i/ili ikh uchastkov, razrabotka biologicheskikh obosnovaniy ODU i OOPT, rezhimu i regulirovaniyu rybolovstva na vodoyemakh mezhdunarodnogo, respublikanskogo i mestnogo znacheniy Balkash-Alakol'skogo basseyna]. KazSRIF, Almaty, Qazaqstan, 165.
- 3 Lukyanenko VI (1967) Toxicology of fish [Toxicology of fish]. Nauka, Moscow, USSR, 216.
- 4 Arukwe A, Calms T, Walther B, Goksour A (2000) Effect of xenoestrogen treatment on zona radiata protein and vitellogenin expression in Atlantic salmon (*Salmo salar*), Aquatic Toxicology, 49(3):159-170.
- 5 Shikhshabekov MM, Stalmakova VP, Barkhalov PM (2003) The influence of habitat conditions on reproductive processes in various species of carp fish [Vliyaniye usloviy srede obitaniya na reproduktivnyye protsessy u razlichnykh vidov karpovykh ryb]. Materials of the republican XVII scientific-practical conf. on nature protection of Dagestan, Makhachkala, 72-73.
- 6 Sharova YN, Kaufman ZS, Lukin AA (2003) Oogenesis of fish of the European North of Russia with technogenic pollution [Oogenez ryb Yevropeyskogo Severa Rossii pri tekhnogennom zagryaznenii]. KarRC RAS, Petrozavodsk, Russia, 129.
- 7 Chmylevskiy DA (2003) On the question of periodization of oogenesis of teleost fishes (review) [K voprosu o periodizatsii oogeneza kostistyykh ryb (obzor)]. Questions of Ichthyology, 43(3):375-387.
- 8 Lukyanenko VI (1990) Influence of multifactor anthropogenic press on habitat conditions, reproduction, abundance and catches of sturgeon fishes [Vliyaniye mnogofaktornogo antropogennogo pressa na usloviya obitaniya, vosproizvodstvo, chislennost' i ulovy osetrovykh ryb]. Rybinsk, Russia, 27.
- 9 Wyanski DM, Brown-Peterson NJ and etc (2010) Proceedings of the 4th Workshop on Gonadal Histology of Fishes, El Pluerto de Santa Maria, Spain, 278.
- 10 Shikhshabekov MM, Barkhalov PM (2004) Gametogenesis, sexual cycles and the ecology of spawning of fish (on the example of the Cyprinidae family) in reservoirs of the Tersk system [Gametogenez, polovyye tsikly i ekologiya neresta ryb (na primere semeystva Cyprinidae) v vodoyemakh Terskoy sistemy]. Makhachkala, Republic of Dagestan, Russia, 162.
- 11 Barkhalov RM (2005) Features of the development and functioning of the reproductive system of fish (on the example of the Cyprinidae family) in the changed ecological conditions of the reservoirs of the North-Western Caspian [Osobennosti razvitiya i funktsionirovaniya reproduktivnoy sistemy ryb (na primere semeystva Cyprinidae) v izmenivshikhsya ekologicheskikh usloviyakh vodoyemov Severo-Zapadnogo Kaspiya]. Abstract of PhD Tesis of biol. sciences. Makhachkala, Dagestan, Russia, 241.
- 12 Pravdin IF (1966) Guide to studying the fish [Pukovodstvo po izucheniyu ryb]. Food Industry, Moscow, USSR, 376.
- 13 Mikodina EV and etc. (2009) Histology for Ichthyology. Experiences and advises [Gistologiya dlya ikhtiologov. Opyt i soveti]. VNIPO, Moscow, Russia, 112.

4-бөлім
**ӨСІМДІКТЕР ФИЗИОЛОГИЯСЫ
ЖӘНЕ БИОХИМИЯСЫ**

Раздел 4
**ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ
РАСТЕНИЙ**

Section 4
**PLANTS PHYSIOLOGY
AND BIOCHEMISTRY**

Yernazarova G.Y.^{1*}, Turasheva S.K.^{1, 2}, Omarova G.K.²

¹Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

²Kazakh State Woman Pedagogical University, Kazakhstan, Almaty

*e-mail: gulzi.madina@mail.ru

EFFECT OF CHROMIUM AND OTHER HEAVY METALS ON MICROALGAE

This article is devoted to the identification of physiological and biochemical features of the influence of chromium and heavy metals (HM) on microalgae. The chromium-accumulating ability of some microalgae and influence of HM on the physiological-biochemical parameters of microalgae in mono-culture and mixed cultures are shown. The allelopathic relationships of microalgae and their influence on the processes of chromium and HM absorption are considered. Microalgae *A. flos-aquae*, *A. arnoldii*, *N. linckia*, *C. paryethina* actively absorb chromium from the culture medium are shown. The greatest absorption of chromium and HM occurs in microalgae cultures with positive allelopathic interference: *A. flos-aquae*, *A. arnoldii*, *A. flos-aquae*, *N. linckia*. In this article discusses the results of experiments with test-objects of different trophic levels. The unicellular algae is the most sensitive group of organisms to potassium dichromate that is shown. Particularly emphasized is the chromium accumulating capacity of certain plant objects, including microalgae. In studies on the effects of harmful substances on aquatic organisms, potassium dichromate is used as a reference toxicant. Their brief characteristics, pathways and migration, including intracellular and extracellular detoxification of HM ions, are given. The results of investigations are that physiological and biochemical processes of microalgae in conditions of environmental contamination with chromium ions have a general biological significance and can be used for the study of phytoremediation, ecological physiology and biotechnology. The data obtained in the research can be used to develop methods for biological treatment of wastewater and closed water systems contaminated with chromium.

Key words: Heavy metals, phytoplankton, microalgae, *Phaeodactylum tricornutum*, *Mytilus galloprovincialis* L.

Ерназарова Г.И.^{1*}, Тұрашева С.Қ.¹, Омарова Г.Қ.²

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

²Қазақ мемлекеттік қыздар педагогикалық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

*e-mail: gulzi.madina@mail.ru

Хром және ауыр металдардың микробалдырларға әсері

Мақалада микробалдырлардың физиологиялық және биохимиялық ерекшеліктеріне хром – мен ауыр металдардың әсері қарастырылған. Хромның микробалдырларды жеке және аралас өсіру барысындағы физиология-биохимиялық көрсеткіштеріне әсері туралы зерттеулер көрсетілген. Микробалдырлардың аллелопатикалық қарым-қатынасы және олардың хром мен ауыр металдардың сіңіру жүйесіне ықпалы анықталған. Микробалдырлар *A. flos-aquae*, *A. arnoldii*, *N. linckia*, *C. paryethina* тіршілік ету ортасынан қарқынды түрде хромды сіңіреді. Микробалдырдың аллелопатикалық қарым-қатынасы оң ортада хром мен ауыр металдарды сіңіруі белсенді жүзеге асады: *A. flos-aquae*, *A. arnoldii*, *A. flos-aquae*, *N. linckia*. Мақалада зерттелген түрлі трофикалық деңгейдегі сынақ – объектілерінің салыстырмалы-токсикологиялық ақпараттары қарастырылған. Біржасушалы балдырлар бихромат калий әсеріне өте сезімтал болып келеді. Зиянды заттардың су ағзаларына әсерін зерттеу кезінде, бихромат калий токсиканты ретінде анықталды. Сондықтан, оларға қысқаша сипаттама, көшіп-қону жолдарына, жасушаішілік және жасушадан тыс детоксикациясына анықтама берілді. Қоршаған ортаның хром иондарымен ластану жағдайында микробалдырлардың физико-биохимиялық үдерістерін зерттеу нәтижелерінің жалпы

биологиялық маңыздылығы жоғары, сондықтан фиторемедиация, экологиялық физиология және биотехнология курстарына қолдануға ұсынылады. Алынған мәліметтер сарқынды суды, хроммен ластанған және жабық су қоймаларын тазарту үшін биологиялық тәсіл ретінде пайдалануға болады.

Түйін сөздер: Ауыр металдар, фитопланктон, микробалдырлар, *Phaeodactylum tricornutu*, *Mytilus galloprovincialis* L.

Ерназарова Г.И.^{1*}, Турашева С.К.¹, Омарова Г.К.²

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

²Казахский государственный женский педагогический университет, Казахстан, г. Алматы

*e-mail: gulzi.madina@mail.ru

Влияние хрома и других тяжелых металлов на микроводоросли

Статья посвящена выявлению физиологических и биохимических особенностей действия хрома и тяжелых металлов на микроводоросли. Показана хром-аккумулирующая способность некоторых микроводорослей и влияние ТМ (тяжелые металлы) на физиолого-биохимические показатели микроводорослей в моно- и смешанных культурах. Рассматриваются аллопатические взаимоотношения микроводорослей и их влияние на процессы сорбции хрома и других ТМ. Наибольшее поглощение хрома и ТМ происходит в культурах микроводорослей с положительным аллопатическим взаимовлиянием: *A. flos-aquae*, *A. arnoldii*, *A. flos-aquae*, *N.linckia*. В статье обсуждаются результаты сравнительно-токсикологического эксперимента тест-объектов различного трофического уровня. Одноклеточные водоросли в целом – наиболее чувствительная к бихромату калия группа организмов. В исследованиях по влиянию вредных веществ на водные организмы бихромат калия используется в качестве эталонного токсиканта. Приводится их краткая характеристика, пути миграции, в том числе внутриклеточная и внеклеточная детоксикация ионов ТМ. Результаты исследований физиолого-биохимических процессов в клетке микроводорослей в условиях загрязнения среды ионами хрома имеют общебиологическое значение и могут быть использованы при разработке методов биологической очистки сточных вод и замкнутых водоемов, загрязненных хромом.

Ключевые слова: тяжелые металлы, фитопланктон, микроводоросли, *Phaeodactylum tricornutu*, *Mytilus galloprovincialis* L.

Algae are an exceptionally convenient model object for studying the general patterns of the influence of toxicants simultaneously at the cellular and population levels (Seregin I.V., 2011:600; Nalimova A.A., 2005: 259; Allagulova C.R., 1999: 24; Yernazarova G.I., 2006: 146).

Among the test objects of different trophic levels (*Phaeodactylum tricornutum* AS algae, *Euplotes patella lemani* Dragesco, the early naupliar stage and the coryza of *Artemia salina* L., and the fertilized eggs of the bivalves *Mytilus galloprovincialis* L.) in the comparatively toxicological experiment, the unicellular algae are the group of organisms that is most sensitive to potassium dichromate (Verma S.K., 1995: 614). In this regard, algae, as one of the main test objects, are included in methodological documents for estimating the toxicity of contaminated aquatic environments. In studies on the effects of harmful substances on aquatic organisms, potassium dichromate is used as a reference toxicant (Michra B.B., 1997: 392; Singh Y., 1994: 149).

In accordance with the degree of toxicity for the life of microalgae HM (heavy metals) can be arranged in the following order [10]:

Sb > Ag > Cu > Hg > Co > Ni > Pb >
> Cr > V > Cd > Zn > Fe (Mn, U).

It should be noted that some light metals, such as aluminum, also exhibit toxicity. Phytoplankton organisms, to some extent, have the ability to withstand the toxic effect of HM.

In the review of A.V. Lebedeva, etc. (1998: 42) the concepts that characterize the varying degree of resistance of algae to the action of heavy metals are clearly defined. Here are explanations of some terms which will be used often in subsequent discussion.

The growth and development of microalgae in a certain range of HM concentrations, due to genetic characteristics, can be characterized as tolerant. The ability of microalgae populations to resist HM concentrations outside the tolerant zone is characterized as resistance. The concept of resistance is closely related to adaptation - the ability to experience unfavorable conditions that caused the death of a given organism and survive.

It has been established that laboratory cultures of green microalgae (*Scenedesmus sp.*, *Chlorella sp.*) are more resistant to chromium than diatomaceous algae cultures (*Fragillaria crotonensis*). In

natural populations of phytoplankton at elevated Chromium (Cr) concentrations, dominance of algae flora in some water systems changed from diatoms and blue-green to green algae (Purchase D., 1997: 85; Wakatsuki T.: 1996: 170). At the same time, the exceptional resistance of blue-green algae, which have gel-like mucous membranes on the cell surface, also performed the function of chelation with many elements (Popova V.V., 2000: 150).

The level of manifestation of the toxic effect of metals depends on their concentrations in the cell and the duration of action, as well as on abiotic factors (the composition of the medium, and the presence of other toxicants), and biotic factors (interaction with bacteria, algae and other hydrobionts, as well as the physiological state of the microalgae culture). The influence of external conditions on the resistance of cells to HM is, as a rule, mediated: changes that reduce the mobility of HM ions also reduce their accumulation (Stom S.J., 1995: 321). The presence other cations can also have the toxic effect of chromium. Thus, in the presence of Ni (Nickel), the sensitivity threshold of algae to chromium is significantly reduced. The resistance to Cr^{6+} of the culture of diatoms *Fragillaria crotonensis* changes practically at any variation in ambient conditions: changes in illumination, pH, composition of the medium, its chelating properties, etc. In natural phytoplankton populations, the maximum inhibition of growth is observed when Cr concentrations increase to 10 mg / L, and water temperature and illumination decrease. For most species at the beginning of the lag phase of the growth curve of culture, the sensitivity to the effect of HM is maximal, and at the end - minimal. In the stationary phase, the increase of cell resistance is associated with a general increase of the suspension density and the accumulation in the culture medium of exometabolites capable to bind metals [10]. The sensitivity of algae to the HM action depends on the seasonal influence, because their genetic mechanisms of control the activity of metabolic processes are closely associated with them. When studying the dynamics of changes in the individual and population characteristics of the culture green *Protococcal alga Scenedesmus quadricauda* in different seasons of the year, depending on the concentration of potassium dichromate in water, it was found that the highest level of plant resistance to toxicosis occurs in autumn (September-October). In winter (February) the culture shows minimal stability, and in summer (July) the level of stability is intermediate between the two above (Rai L.C., 1998: 321). The influence of biotic factors on the stability of microalgae to the chromium action

is due to the influence of the accompanying bacteria, as well as the interspecific interactions of various representatives of the algophlora. If the influence of concomitant bacteria in the metal absorption processes has been studied to some extent, and the influence of inter-species interrelations of microalgae on adaptation processes and toxic resistance has not been considered. In heterogeneous natural populations, the resistance to HM is largely determined by the groups of microorganisms that formed the population. It is believed that the intensive development of microalgae in the presence of sublethal concentrations of HM can be associated with a better supply of the population with organic and mineral resources by suppressing the development of concomitant bacterial flora. Bacterioplankton are less resistant to HM than phytoplankton. The effect of HM on the stability of microalgae and bacteria can be mediated - through the effect on chemical characteristics, oxidation-reduction potential, pH of the medium.

In laboratory and natural communities consisting of microalgae and bacteria, the autotrophic component releases organic substrates that support bacterial growth and promote the accumulation of ions and metal suspensions in the immediate environment of cells. Bacteria, in turn, provide oxidation, reduction and precipitation of bound HM in mud and "microbial films" (Visviki I., 1994: 155). Such communities can survive at high concentrations of dissolved metals and metalloids - Pb, Cd, Zn, Co, Cr, Mn, Se and As (Rijstenbiel J.W., 1994: 321). It is shown, for example, that the stability of the cyanobacterium *Nostoc muscorum* to Cd^{2+} up to 10^{-4} M (growth inhibition of the cyanobacteria under investigation is observed at 10^{-7} - 10^{-6} M) is ensured by the presence of accompanying bacteria in their casings effectively binding Cd^{2+} ions to CdS. The formation of CdS occurs as a result of the interaction of Cd with the released H_2S -satellite (Mangala G., 1995: 972).

Adaptation of algae to high concentrations, which can even cause cell death, is primarily due to functional changes. With a sharp increase in the concentration of toxicant in the environment, algae cells become stressed.

Strictly speaking, stress is not an absolutely steady state. If the effect of the factor is long, then the cell can either perish, or adapt to life under new conditions - go into homeostasis. Adaptive changes in the latter case are associated with the launch of gene-regulatory mechanisms, the inclusion or deactivation of the corresponding hereditary programs. The inclusion of repair mechanisms takes some

time, so stress, as a condition characterized by increased resistance, provides a temporary experience of the cell with an adverse moment (Sargent J.R., 1993: 460). It is believed that the rate of return of the biosystem to its original state can characterize its reliability (Sakamoto T., 1997: 100; Kaplan D., 1995: 129; Kosakowska A., 1996: 50).

On the example of the effect of potassium dichromate on green algae - *Scenedesmus* - the universal character of the dynamics of the toxic effect is shown (Suginta K., 1997: 69). A study was made of the development of toxic stress when a given toxicant was included in the medium in a wide range of concentrations, which included homeostasis (small doses), stress (medium doses), and pre-condition (large doses). In the early stages of the manifestation of the toxic effect for the development of culture, significant fluctuations in the total number of cells were characteristic, which in the physiological and toxicological literature are usually described as phases of oppression and stimulation (Monks T., 1994: 143). The fluctuations in the characteristics of the cultures in these experiments were due to a change in the rate of division and lysis of the cells. The authors consider the dynamics of the toxic effect as a result of the interaction of two simultaneously occurring processes - destruction (damage) and compensation-adaptation, or impulse and response. The first process is predominantly passive, the second is active. The beginning of the formation of the toxic effect is associated with a great variety of physiological and biochemical reactions taking place at this time, caused by the process of destruction of biological structures and functions. At this stage, the system of homeostasis of the organism, the violation of the permeability of cell membranes, the development of free radical reactions, etc., are unbalanced (Ahner B.A., 1995: 649; Agrawal S.W., 1993: 223). Along with the processes of deformation and destruction, after a certain time after reaching a certain threshold of damage, the mechanisms of repair, restoration of disturbed structures and functions are included. Thus, the dynamics of the toxic effect on the population of microalgae is the alternation of the phases of disturbance and restoration of the observed functions. Thus, in cultures of the stages of chromosomes under the influence of chromium, changes in cell size were noted. With the development of algae in a medium with dichromate concentrations of 1-3 mg / l, a positive correlation of the total number of cells and their absolute sizes was noted. At high concentrations of toxicants in the medium (6-10 mg / l), the number of cells decreases. Particularly significant reduction of the proportion

of living cells. With the appearance of a toxic effect, the relative dimensions of the strom cells increase, and the width changes more significantly. As a result, there was an increase in the surviving cells to a larger size than in normal, which precedes their division. Similar changes in cell size with inhibition of cell division under the action of heavy metals were observed earlier (Mamta A., 2004: 242). On the 33rd day of cultivation at a concentration of 10 mg / l dichromate, the total number of cells was only a tenth of the control, and the proportion of living cells did not exceed 3% of the control population. The decrease in the number of cells in the culture can be both the result of slowing down their growth and division, and the acceleration of death (Berry J.P., 1966: 401). Elimination of the weakly stable part of the population and the selection of ready-made resistant forms contribute to the adaptation to the action of toxic concentrations of HM. The subsequent resistance of the culture is determined by the appearance of progeny of resistant cells. Such a mechanism is characterized as a genotypic adaptation of a population based on changes in its gene pool. As one of the variants of genotypic adaptation, gametogenesis observed in *Scenedesmus* can be considered. Acutus with prolonged action of potassium dichromate (3 mg / l) and after its termination, because the sexual process leads to the exchange of genes between cells, which increases the probability of the formation of resistant forms. Such adaptation forms lines not only tolerant to the initial level of pollution, but also capable of transferring increasing concentrations of the toxicant. Acquired properties persist for a long time: resistance to Cr populations of *Sc. Quadricauda* and *Sc. Asutus*, exposed to potassium dichromate (1 mg / L) for 30 days, was preserved after several months of cultivation on a clean medium (Sausser K.R., 1993: 60).

Resistance to the influence of HM is determined by a complex of simultaneously acting and complementary mechanisms: a decrease in the accumulation of HM, a decrease in the permeability of cell membranes for metals; Removal of metals from cells and detoxification of metals in the medium, on the surface and inside cells. For each species, there is a certain limit, after which the HM entered into the body inhibit the life activity of microalgae, violate physiological processes, including mechanisms that regulate the metal content in cells. Further unregulated entry of HM can lead to cell death (Gusev M.V., 1997: 14). The mechanisms of the stability of algal cells can be conditionally divided into two groups: extracellular, associated with the prevention of metal penetration into the cell, and intracellular

ones, based on changes in the metabolism of cells into which metal ions penetrated and leading to its immobilization and detoxification. "Extracellular" mechanisms of stability are determined by high cationic capacity of cell walls, glue mucus, microalgae and cyanobacterial covers: toxic ions are immobilized before they enter the cell membrane (Surosz V., 2000: 224). The resistance to HM, correlated with the thickness of the cell wall, is observed in the mutant forms of *Chlorella sp.* Strains with an underdeveloped cell wall are much more sensitive to Zn, Cu, Pb and Cd than the wild type (Idris M., 1998: 80). The barrier function of the cell membrane, i.e. Of all surface layers located on the outside of the cytoplasmic membrane is associated with its significant volume (in the blue-green alga *Anabaena cylindrica* - up to 20-30% of the dry mass, including mucous surface layers similar in composition to the polysaccharide released by the cells into the medium, or more Complex multilayered fibrillar structures) and is due, on the one hand, to the ability of glycosaminoglycan to gel formation, on the other hand, to the degree of "cross-linking" of tetrapeptides. The outer layer can be enriched with calcium and silicon, which further increases the protective capabilities. The surface structures of the cells of the "old" cultures are more developed than the young ones (Karavayko G.I., 1997: 531). The total binding of *Chlorella sp* and *Spirulina maxima* cells to Co, Ni, Zn and Se ions is estimated at 20-35%. The leading role in binding is played by the polysaccharide component. Zn is bound by proteins from the outer layer of the *Synechocystis aquatilis* cell capsules (Lemenovskiy D.A., 1997: 52; Reunova Y.A., 2004: 116). Absorbed Cu, Fe, Ag, Au form aggregates in the cell wall of *Chlorella vulgaris* (Avery S.V., 1993: 812).

The ion-exchange properties of the cell wall polysaccharides determine not only the mitigation of the toxic effect of HM ions, but also the slower restoration of disturbed physiological processes. Cadmium ions on the surface of *Nostoc muscorum* cells are involved in the biosynthesis of CdS crystallites. The source of sulfur for this biosynthesis is the components of the mucosa (Sadhukhan P.C., 1997: 72). From bound particles less toxic than Cd²⁺, CdO and CdS, *N. muscorum* cyanobacteria are released by accelerated synthesis of mucous membranes. Reduction of the toxic effect of HM in the late stages of the development of the culture depends on their chelation by accumulating extracellular metabolites of algae. Cyanobacteria *N. muscorum* secrete up to 1 g of polysaccharide per 1 g of dry biomass; Total excretion of extracellular organic matter by phyto-

plankton is estimated at 7-50% of total fixed carbon, its origin is associated with cell multiplication, re-assimilation and autolysis processes (Li Y., 2004: 696). Exopolysaccharides protect cells from ions Cu, Pb, Cr.

The increased isolation of exometabolites is presumably induced by metal ions, which, penetrating the cell, affect its metabolism. Thus, when incubated with Cd, the content of *N. muscorum* exopolysaccharides increases, their kinetics and concentration depend on the Cd content in the medium, and the composition of monosaccharides changes. An increase in the synthesis of organic substances in the presence of HM is observed in many species of blue-green algae. The biofloculants they release are polyanionic compounds with a molecular weight of more than 200 kDa, including up to 2.2% galacturonic and up to 1.86% glucuronic acids (Rijstebiel J.W., 1994: 323). The composition of the extracellular flocculent *Anabaena sp.* (Strains No. 144 and PC-1) include neutral sugars, uric acids and proteins. The exometabolites of the cyanobacterium *Synechococcus sp.*, Released under the influence of toxic concentrations of Cu, reduce its concentration to sublethal.

In the cells of microalgae, the processes of the entry of metals from the solution and their elimination occur simultaneously. Adaptation of microalgae to the action of HM is associated with the establishment of a dynamic equilibrium between these processes. Resistance to HM often correlates with resistance to low pH, which is explained by the participation of general mechanisms: the development of hyperactivity of ATPase, changes in the overall membrane potential and membrane permeability.

Endogenous resistance to HM is provided by intracellular rearrangements and metabolic changes aimed at isolation or binding of the metal with subsequent excretion from the cell or localization in it (Allagulova CH.R., 1999: 24). This also includes mechanisms that ensure the neutralization of toxic effects of metals: DNA repair, proteolysis of damaged proteins, metabolism of products of lipid peroxidation and the destruction of damaged lipids from membranes.

Maintaining homeostasis and increasing metabolic processes in cells to accelerate the elimination of toxic substances are accompanied by an increase in the costs of ATP and depletion of the energy resources of the cell. In the first hours of exposure to Cu, Fe, Ag, and Au on *C. vulgaris*, *N. muscorum* and *Dunaliella salina* cells, activation of photosynthetic and respiratory intensity associated with detoxification processes was observed (Avery S.V.,

1993: 815). Toxic effect of HM decreases with the presence of intracellular reserves (energy reserves of lipids, carbohydrates), with round-the-clock illumination of microalgae or in the presence of an energy substrate. Least resistant to HM culture of physiologically young cells, depleted in minimal media. As one of the mechanisms of physiological adaptation is the hyperaccumulation of HM ions and their recovery within cells. Hyperaccumulation in cells of a number of heavy metals is carried out with the participation of biopolymers (ligands) or metal oxidoreductases (hydrogenases). Internal structures of *Chlamydomonas reinhardtii* and *Sc. Aqutus* bind up to 50% of absorbed Hg^{2+} , Cu, Cd, U, Pb, Zn and Ni (Surosz V., 2000: 198). Up to 40% of the absorbed Se form intracellular complexes with proteins and lipids in the cells of the green microalga *Chlorella sp.* And cyanobacteria *Spirulina subsalsa*, *S. maxima* and *S. platensis*, with proteins accounting for 14.6% of the absorbed Se, and lipids - 16.05% (of which 2/3 - polar) (Lemenovskiy D.A., 1997: 49; Reunova Y.A., 2004: 116). Under the influence of Hg in the cells of *Nostoc*, *Aphanothece*, *Cylindrospermum* and *Gloeotrichia*, the content of free amino acids, nucleic acids and proteins decreases. Co²⁺ resistant strain *Spirulina platensis* is characterized by more efficient binding of the toxic ion by intracellular structures than sensitive. The protective role of low-molecular metabolite cells can be in this case associated with the formation of safe complexes with HM ions or with an impediment to the binding of HM to biomolecules. In the cells of *Chlamydomonas reinhardtii*, *Dunaliella salina* and *Chl. Bullosa* treaH-Ment of Co, Cu or Cd leads to the accumulation of starch [32]. Intracellular polysaccharides are associated with such HMs as Cu, Fe, Mg, Zn, Pb, Hg, Cd and others [33]. With intracellular reduction of HM ions, the soluble toxic compound becomes inaccessible. In the recovery of HM ions, electron transfer systems contained in the cytoplasmic membrane (in eukaryotic cells - and mitochondrial systems) participate. In *S. platensis* cells, a part of the absorbed selenite is reduced to elemental Se. In blue-green alga *A. variabilis*, resistant to low concentrations of Cr^{6+} , the ability to restore it to Cr^{3+} is widespread among facultatively anaerobic bacteria. According to the mechanism of toxic effect, HM ions can be divided into two groups: the first (Fe, V, Cu, Cr, etc.) in the cells undergo redox cyclization, and the second (Cd, Hg, Ni and Pb, etc.) The exhaustion of the reduced form of glutathione and protein SH-groups, which leads to the accumulation of peroxide ions, hydroxyl radicals and H_2O_2 . In both cases, inhibition of the activity of certain enzymes and an increase in per-

oxidase activity and lipid peroxidation are observed. The formation of peroxides, in turn, leads to DNA ruptures and the release of K^+ , Ca^{2+} and Mg^{2+} ions from the cells as a result of damages to the plasma and vacuolar membranes. These disorders help inhibit the biosynthesis of chlorophyll, photosynthetic and respiratory activity, cause destruction of chloroplasts and mitochondria (Gusev M.V., 1997: 14).

In addition to homeostasis and reactive metabolite O_2 in the inactivation of HM from the first group (Cu, Co, Cr), antioxidants also participate. Reduction of resistance to Cu and Co *Anabaena doliolum* and *Chlorella vulgaris*, observed under the influence of ultraviolet radiation, is associated with increased oxidation of membrane lipids and a change in the conformation of enzymes. Diatom alga *Ditylum brighfwellii* under the influence of Cu (3-126 nM) increases the activity of peroxide dismutase. In *C. vulgaris* cells, the activity of superoxide dismutase and catalase increases by 40-500%, the content of tocopherol and β -carotene by 60-180% (Rijstebiel J.W., 1994: 389). Among the low molecular weight antioxidants involved in protecting against oxidative stress include some lipids of diatoms, dinoflagellate, *Prymnesiophyta*, coccolithophoride, vitamins B₂, E and C, phenolic components, carotenoids (most known antioxidants), glutathione and some other exo- and endogenous thiols. Membrane-bound tocopherol (vitamin E) converts free radicals into a stable form and promotes their removal from the membranes. With a low level of cellular tocopherol, the protective effect of exogenous thiols also decreases (Sargent J.R., 1993: 460).

Resistance to the toxic effect of HM belonging to the second group is determined by their interaction with SH-groups and the ability of cells to produce thiol compounds. Thiol compounds: cysteine, thioglycolic acid and glutathione - contribute to reducing the effects of Cd on *Chlorella sp.* and Co on *Sc. Armatus* and *Synechocystis aquatilis*. It is shown that the main low molecular weight thiol in protecting a plant cell from stress is glutathione: it participates in the reactions of antioxidant enzymes, cells with a high content of glutathione are more resistant to oxidative stress. The accumulation of glutathione in cyanobacterial cells is promoted by cysteine and some other sulfur compounds contained in the medium. Depending on whether the synthesis of compounds that bind HM is inducible or whether they are formed in the cell independently, one can speak of specific or nonspecific binding. Conjugates formed during nonspecific binding of HM glutathione and other low-molecular metabolites are often more toxic than the initial ions, and the reversibil-

ity of binding of glutathione conjugates leads to the fact that they serve as a transport form for reactive metabolites that are released in the “target organs”. The toxic effect of the conjugates can be direct-via covalent binding-or indirectly-through oxidation of bases, inhibition of enzymes in which glutathione is a cofactor. The non-specific binding or oxidation of glutathione with HM ions leads to a separation of the processes of biosynthesis and cell division and an increase in their size. An increase in cell size was observed, in particular, in *Scenedesmus quadricauda* and *Sc. Acutus* under the action of Cr ions. The compounds providing the specific stability of microalgae and cyanobacteria to HM include metallothioneins (MT), their plant analogs of phytohelatina (PC) and low-molecular (g-glu-Cys) peptides (Maywald F., 1997: 121). Glutathione is their predecessor. Thus, the synthesis of metal-binding peptides by HgCl_2 in the cells of the green alga *Cosmarium conspersum* correlates with an increase in the total content of glutathione, while the amount of its reduced form (GSH) decreases and increases with the oxidized (GS-SG). This group of proteins is characterized by a molecular weight of up to 10 kD and a high content of thiol groups. Adjacent cysteine residues in the molecule allow HM to bind up to 7 divalent (or up to 12 monovalent) HM ions. It is shown that when the intracellular content of Cu and Cd is increased, the growth of cultures of green microalgae *Scenedesmus sp.*, *Chlorella sp.*, *Diatom alga Phaeodactylum tricornutum* is accompanied by active synthesis of PX, and the use of inhibitors of PX synthesis causes a decrease in cell resistance to HM. MT, PC and the HM ions (Cu, Cd, Fe, Mn, Zn) associated with them are usually localized in the cytoplasm and vacuoles. In the cells of *Chlamydomonas reinhardtii* and a number of other unicellular green algae, there is a strong vacuolization of the cytoplasm and the appearance of dense inclusions in vacuoles. In the cytoplasm or lysosomes, the associated Ni, Cu, and Ag ions accumulate in the form of sulfur-containing compounds, and Al and Cr are predominantly in the form of insoluble phosphorus-containing compounds. In the cytoplasm and carboxysomes of the green alga *Plectonema boryanum* Zn, Pb, Mn and Al are concentrated in granules of polyphosphate. The removal of bound HM ions can occur both by exchange for free ions in the cytoplasm and with the liberation of the metal complex with degradation products of MT, as shown for diatoms and blue-green algae (Rijstenbiel J.W., 1994: 391). Metal chelating, storage and transport proteins also participate in the chelation of HM in cells (Maywald F., 1997: 111). In cells *Phormidium*

sp. In the presence of Cu, an increase in the amount of cyanophilic granules is observed. In proteins of the blue-green algae *Spirulina subsalva*, *S. maxima* and *S. platensis*, 14.6% of the absorbed Se bind, of which 59% are associated with the proteins of the chlorophyll-protein complex (Lemenovskiy D.A., 1997: 51). When Cd (0.5-1 $\mu\text{g} / \text{ml}$) was incubated in *Anabaena flos-aquae* cells, a Cd-binding protein with a molecular mass of 25-26 kDa was observed, Sn (5-10 $\mu\text{g} / \text{ml}$) formed Sn-binding A protein with a molecular weight of up to 70 kDa, bound to soluble pigments. It is known that the stability of *Pseudomonas sp.* To the cations of Hg, Cd, Cu, As and Cr anions is encoded in the chromosome and plasmids. Apparently, like bacteria, the resistance of cyanoprokaryotes to HM can be encoded at the level of chromosomes, plasmids or transposons with the participation of one or more genes. Thus, Cd directly affects the transcription of DNA, affecting the synthesis of HM and stress proteins. At the biochemical level, there are up to six main mechanisms of resistance to HM. The main mechanism of resistance to Hg is the redox transformation, encoded by the wer operon. Resistance to single metals is often independent of resistance to others. For example, the Cr-tolerant strain *Scenedesmus acutus* is much more resistant to the wild to the action of Cu, while the resistance to Zn is independent of the resistance to Cr (Wakatsuki T., 1996: 173).

It is believed that the mechanisms of resistance to metals necessary for a cell must be inducible, since constitutive expression can deprive cells of the necessary metals at low levels in the medium.

The effect of chromium is reflected in the level of viability of all crops, causing a significant decrease in it. Thus, in monocultures at a concentration of 0.2 mg / ml only 7-10% of cells remain alive. In mixed cultures with negative allelopathy, there is a significant decrease in the viability of cells of the suppressed species until complete disappearance. Thus, at a chromium concentration of 0.2 mg / ml in a mixed culture of *A. flos-aquae* x *C. parietina*, no living cells of the calotriks were detected, while the anabene is more viable (by 8%). In mixed cultures with positive allelopathy the damaging effect of chromium is less noticeable than in monocultures and mixtures with negative allelopathy. In variants with a concentration of 0.2 mg / ml of chromium, the viability level of cells of both species is several times higher than in monocultures (Dzhokebaeva S.A., 2012: 11).

To sum up the phytoplankton organisms, being the primary producers, are those components of water systems on which the toxic effect of HM primar-

ily affects. Their own stability can adversely affect the general state of the ecosystem in connection with the possibility of accumulating HM and transferring them through food chains. As a rule, metals associated with organic compounds, including microalgae exometabolites, are less mobile and, in most cases, less toxic and less accumulated by cells of living organisms and easier to sediment, accumulating in mud and microbial films. The organic forms of mercury (methyl- and dimethyl-mercury) or tin are much more toxic than the initial ions, but they are

more assimilated than the mineral blue-green *Synechocystis* PCC-6803, *Plectonema boryanum* and the green alga *Chlorella*. As the molecular weight of the compound increases, so does the activity of accumulation (Lebedeva A.F., 1998: 46). The HM ions bound by organic compounds of cells are not permanently derived from the cycle of biogenic elements. Organometallic compounds, in turn, undergo microbial degradation, in which free metals are released into the medium. Both these processes play an important role in the cycle of metals in nature.

References

- 1 Seregin I.V., Ivanov V.B. (2011) Physiologicheskiye aspekty toksicheskogo deystviya kadmia na vysshye rasteniya [Physiological aspects of the toxic effect of cadmium on higher plants]. *Physiologiya rasteniya* 48, p. 606-630.
- 2 Nalimova A.A., Popova V.V., Tsoglin L.N., Pronina N.A. (2005) Vliyaniye medi i synca na rost *Spirulina platensis* i akumulatsiya cletcamy tyazhelykh metallov [Effect of copper and zinc on the growth of *Spirulina platensis* and the accumulation of heavy metals by cells]. *Physiologiya rasteniya* 52, p. 259-265.
- 3 Allagulova C.R. (1999) Izmeneniye belcovogo syntesa cletoc sine-zelenykh vodorsley i vysshykh rasteny pod deystviyem ionov tyazhelykh metallov [Change in the protein synthesis of cells of blue-green algae and higher plants under the influence of heavy metal ions]. *Avtoref. kand. boil. nauk*, 03.00.04, UFA. BashGU, p. 24.
- 4 Yernazarova G.I., Dzhokebaeva S.A., Ivashchenko A.T. (2006) Sposob biologicheskoi ochysky vod, zagryaznenykh cremov [A method for biological purification of waters contaminated with chromium]. *Avt. svid. vo.*, no 53146.
- 5 Verma S.K., Singh S.P. «Multiple metal resistance in the cyanobacterium *Nostoc muscorum*», *Bul.Env.Contam.Toxico* 54 (1995): 614-619.
- 6 Nies D.H., Silver S. «Ion efflux systems involved in bacterial metal resistances», *J. Ind. Microbiol* 14 (1995): 186-199.
- 7 Maywald F., Weigel H.J. «Zur Biochimie und Molecularbiologie der Schwermetallaufnahme und speicherung bei hoheren Pflanzen», *Laundbauforsch Volkenrode* 47 (1997): 103-126.
- 8 Michra B.B., Nande D.R. «Reclamation with cyanobacteria: effect of mercury contaminated waste disposal», *Can. J. Microbiol.* 42 (1997): 392-400.
- 9 Singh Y., Kumar H.D. «Adaptation of a strain of *Spirulina platensis* to grow in iodine-enriched media», *J.Appl.Bacter.* 76 (1994): 149-154.
- 10 Visviki I., Rachlin J.W. «Acute and chronic exposure of *Dunaliella salina* and *Chlamydomonas bullosa* to copper and cadmium», *Effect on. Arch. Env. Contam.Toxicol.* 26 (1994): 154-162.
- 11 Purchase D., Miles R.J., Young T.W.K. «Cadmium uptake and nitrogen fixing ability in metal-resistant laboratory and field strains of *Rhizobium leguminosum* biovar», *FEMS Microbiol.Ecol.* 22 (1997): 85-93.
- 12 Wakatsuki T. «Metal oxidoreduction by microbial cells», *J. Ind. Microbiol.* 14 (1996): 169-177.
- 13 Popova V.V., Kovshova Y.I., Pronina N.A. (2000) Nacopleniye selena v cletcah *Spirulina platensis* pry kultivirovani na selenit-soderzhashykh sredah [Accumulation of selenium in *Spirulina platensis* cells during cultivation on selenite-containing media]. *Tez. docl. Mezhd. conf. «Avtotroftnye mikroorganizmy» posvyashennue 75-lenyu so dnyu rozh. akad. Y.N. Condratyev*, p. 150-151.
- 14 Stom S.J., Badchi D. «Oxidative mechanisms in the toxicity of metal ions», *Free Rad.Biol.Med.* 18 (1995): 321-336.
- 15 Rai L.C., Tyagi B., Rai P.K. Mailick N. «Interactive effects of UV-B and heavy metals on nitrogen and phosphorus metabolism of a N₂-fixing cyanobacterium *Anabaena doliolum*», *Env. and Exp.Bot.* 39 (1998): 321-323.
- 16 Rijstenbiel J.W., Sandee A., Vandree J., Wijnhoff J.A. «Interaction of toxic metal and mechanisms of detoxification in the planctonic diatoms *D. bringhtwellii* and *T. pseudonana*», *FEMS Microbiol.Rev.* (1994): 387-396.
- 17 Mangala G., Puntarulo S. «Oxidative stress and antioxidation content in *Chlorella vulgaris* after exposure to ultraviolet radiation», *Physiol. Plant.* 94 (1995): 672-679.
- 18 Sargent J.R., Bell M.V., Henderson R.J. «Protists as resources of essential n-3 polyunsaturated fatty acids for predator development», *Eur. J. Protistol.* 31 (1993): 460-461.
- 19 Sakamoto T., Bryant D.A. «A laboratory model for the rapid disappearance of cyanobacteria in blooms», *Plant and Cell Physiol.* 38 (1997): 100.
- 20 Kaplan D., Haimer Y.M., Abeliovich A., Gollasbrough P.B. «Cadmium toxicity and resistance in *Chlorella* sp», *Plant and Cell Physiol.* 109 (1995): 129-137.
- 21 Kosakowska A. «The effect of amino and polycarboxylic acids on the toxicity of cobalt to phytoplankton cells», *Oceanol. Stud. Mar. Biol., Pol. Acad. Sci.* 25 (1996): 47-54.
- 22 Suginta K., Takamoto A., Sawa Y., Shibata H. «Over-accumulation of dlutathione in cyanobacteria: Response to oxidative stress», *Plant and Cell Physiol.* 38 (1997): 69.

- 23 Monks T. «Bioactivation via glutathione conjugation», 10th Int. Symp. Microsom. and Drug. Oxidat Toronto, July 18-21. Abstr. (1994): 143-145.
- 24 Ahner B.A., Morel F.M.M. «Phytochelatin production in marine algae. 1. An interspecies comparison. 2. Induction by various metals», *Limnol. and Oceanogr.* 40 (1995): 649-665.
- 25 Agrawal S.W., Chauhary B.R. «Mercury-induced changes in glutathione content of a green alga *Cosmarium conspersum*», *Microbiology* 76 (1993): 223-229.
- 26 Mamta Avasti, Debangshu Narayan Das (2004) Tocsycheskye deistviye tiazhelye metallov na nytrareductaznuy aktivnost svobodnyh i immobilizatsionnyh cletoc vodorosley [The toxic effect of heavy metals on the nitrate reductase activity of free and immobilized algal cells], *Obzor, Algology* 14, p. 240-245, 375.
- 27 Lebedeva A.F., Savinina Ya.V., Barsky E.L., Gusev M.V. (1998) Ustoychivost syanobakteriy i microvodorosley k deystviyu metallov: rol metall svyazyvaushih bellcov [Stability of cyanobacteria and microalgae against the action of metals: the role of metal binding proteins]. *Obzor, Vest. MGU. Ser. Biol.* 6, p. 42-48.
- 28 Berry J.P. «The role of lysosomes in the selective concentration of mineral elements», *Cell and Mol. Biol.* 42 (1966): 395-411.
- 29 Sauser K.R., Woong T.Y. «Peroxydase response to heavy metal in the green alga *S. capricornutum*», *Env. and Mol. Mutagens* 21 (1993) : 60.
- 30 Gusev M.V., Lebedeva A.F., Savinina Y.V., Barsky E.L. (1997) Ustoychivos culture sianobakteriy *Anacystis nidulans* i microvodorosley *Dunaliella maritima* c tocsychescomu deystviyu vanadea: vliyane fosfata, zheleza i sisteyna [Stability of cultures of cyanobacterium *Anacystis nidulans* and microalga *Dunaliella maritima* to the toxic effect of vanadium: the effect of phosphate, iron and cysteine]. *Obzor, Vest. MGU. Ser. Biol.* 1, p. 12-17.
- 31 Surosz V., Palinska K. «The effect of salinity on toxic influence of selected heavy metals toward cyanobacterium *Phormidium* sp.», Program and abstr. 10th international Symposium on Phototrophic Prokaryotes. Barselona (2000): 224.
- 32 Idris M., Peterson P.I. «Cadmium and tin binding to soluble fraction of *Anabaena flos-aquae*», *Microbs.* 93 (1998): 75-83.
- 33 Karavayko G.I., Kondratyeva T.F., Pivovarova T.A., Muntyan L.N. (1997) Physiologicheskyye i geneticheskyye charakteristicy necotoryh shammov *Thiobacillus ferrooxidans*, ispolzuemih v biogidrometallurgyye [Physiological and genetic characteristics of some strains of *Thiobacillus ferrooxidans* used in biohydrometallurgy]. *Prikl.biohim.i microbiol.* 33, p. 532-538.
- 34 Lemenovskiy D.A. (1997) Soedyneniye metallov v zhyvoy prirode [Metal compounds in the wild]. *Soros. Obrazov. zhurn.* 9, p. 48-53.
- 35 Reunova Y.A., Aizdaycher N.A. (2004) Vliyane selena na rost morskyh microvodoroskey *Dunaliella salina* i *Phaeodactylum tricornutum* [Effect of selenium on the growth of marine microalgae *Dunaliella salina* and *Phaeodactylum tricornutum*]. *Sovremennyye problemy physiology i biohimy vodnyh organismov: Material. Mezhd. conf. Petrozavodsk*, p.116-117.
- 36 Avery S.V., Codd G.A., Gadd G.M. «Biosorption of tributyltin and other organotin compounds by Cyanobacteria and Microalgae», *Appl. Microbios. Biotechnol.* 39 (1993): 812-817.
- 37 Sadhukhan P.C., Ghos S., Chaudhury J., Ghos D.K., Mandal A. «Mercury and organometal resistance in bacteria isolated from fresh-water fish of wetland fisheries around Calcutta», *Env. Pollut.* 97 (1997): 71-78.
- 38 Li Ying-min, Yang Hai-bo, Lü Fu-rong, Zhang Xin-hua (2004) Sorbsiya Pb²⁺ u *Chlorella vulgaris* i mehanizm biosorbsiy [Sorption of Pb²⁺ in *Chlorella vulgaris* and the mechanism of biosorption]. *Nongye huanjing kexue xuebao J.Agro-Environ Sci.* 23, p. 696-699.
- 39 Allagulova CH.R. (1999) Izmeneniye belkovogo synteza cletoc cine-zelennyh vodorosley i vysshyyh rasteny pod deystviyem ionov tyazhelyh metallov [Change in the protein synthesis of cells of blue-green algae and higher plants under the influence of heavy metal ions]. *Obzor, Avtoref. cond. boil. nauk: 03.00.04, UFA.: BashGU*, p. 24.
- 40 Maywald F., Weigel H.J. «Zur Biochimie und Molecularbiologie der Schwermetallaufnahme und speicherung bei hiheren Pflanzen», *Laundbauforsch Volkenrode* 47 (1997): 103-126.
- 41 Rijstenbier J.W., Sandee A., Vandree J., Wijnhoff J.A. «Interaction of toxic metal and mechanisms of detoxification in the planctonic diatoms *D. brightwellii* and *T. pseudonana*», *FEMS Microbiol.Rev.* 14 (1994): 387-396.
- 42 Sargent J.R., Bell M.V., Henderson R.J. «Protists as resources of essential n-3 polyunsaturated fatty acids for predator development», *Eur. J. Protistol.* 31 (1993): 460-461.
- 43 Dzhokebaeva S.A., Orazova S.B., Karpenyuk T.A., Goncharova A.V., Tsurkan Y.S., Kalbaeva A.M., Beisembaeva R.U. «The use of microalgae and higher aquatic plants in the accumulation of chromium», "5th International Symposium on Biosorption and Bioremediation", Prague (2012): 9-13.

Литература

- 1 Серегин И.В., Иванов В.Б. Физиологические аспекты токсического действия кадмия на высшие растения // *Физиология растений*. – 2011. – Т. 48, № 4. – С. 606-630.
- 2 Налимова А.А., Попова В.В., Цоглин Л.Н., Пронина Н.А. Влияние меди и цинка на рост *Spirulina platensis* и аккумуляция клетками тяжелых металлов // *Физиология растений*. – 2005. – Т. 52, № 2. – С. 259-265.
- 3 Аллагулова Ч.Р. Изменение белкового синтеза клеток сине-зеленых водорослей и высших растений под действием ионов тяжелых металлов // *Автoref. канд. биол. наук*. – 1999. 03.00.04, Уфа. БашГУ. -С. 24.
- 4 Ерназарова Г.И., Джиобебаева С.А., Иващенко А.Т. Способ биологической очистки вод, загрязненных хромом // *Авт. свид. во.* – 2006. № 53146.
- 5 Verma S.K., Singh S.P. Multiple metal resistance in the cyanobacterium *Nostoc muscorum* // *Bul.Env.Contam.Toxicol.* – 1995. – Vol. 54, № 5. – P. 614-619.

- 6 Nies D.H., Silver S. Ion efflux systems involved in bacterial metal resistances // *J. Ind. Microbiol.* – 1995. – Vol. 14, № 2. – P. 186-199.
- 7 Maywald F., Weigel H.J. Zur Biochimie und Molecularbiologie der Schwermetallaufnahme und speicherung bei hiheren Pflanzen // *Volkenrode.* – 1997. – Vol. 47, № 3. – P. 103-126.
- 8 Michra B.B., Nande D.R. Reclamation with cyanobacteria: effect of mercury contaminated waste disposal // *Can. J. Microbiol.* – 1997. – Vol. 42, № 4. – P. 392-400.
- 9 Singh Y., Kumar H.D. Adaptation of a strain of *Spirulina platensis* to grow in iodine-enriched media // *J. Appl. Bacter.* – 1994. – Vol. 76, № 1. – P. 149-154.
- 10 Visviki I., Rachlin J.W. Acute and chronic exposure of *Dunaliella salina* and *Chlamydomonas bullosa* to copper and cadmium // *Effect on ultrastructure. Arch. Env. Contam. Toxicol.* – 1994. – Vol. 26, № 2. – P. 154-162.
- 11 Purchase D., Miles R.J., Young T.W.K. Cadmium uptake and nitrogen fixing ability in metal-resistant laboratory and field strains of *Rhizobium leguminosum* biovar *trifolii* // *FEMS Microbiol. Ecol.* – 1997. – Vol. 22, № 1. – P. 85-93.
- 12 Wakatsuki T. Metal oxidoreduction by microbial cells // *J. Ind. Microbiol.* – 1996. – Vol. 14, № 2. – P. 169-177.
- 13 Попова В.В., Ковшова Ю.И., Пронина Н.А. Накопление селена в клетках *Spirulina platensis* при культивировании на селенит-содержащих средах // *Тез. докл. Межд. конф. «Автотрофные микроорганизмы» посвященной 75-летию со дня рожд. акад. Е.Н. Кондратьевой.* – 2000. – С. 150-151.
- 14 Stom S.J., Badchi D. Oxidative mechanisms in the toxicity of metal // *Free Rad. Biol. Med.* – 1995. – Vol. 18, № 2. – P. 321-336.
- 15 Rai L.C., Tyagi B., Rai P.K., Mailick N. Interactive effects of UV-B and heavy metals on nitrogen and phosphorus metabolism of a N₂-fixing cyanobacterium *Anabaena doliolum* // *Env. and Exp. Bot.* – 1998. – Vol. 39, № 2. – P. 321-323.
- 16 Rijstenbiel J.W., Sandee A., Vandree J., Wijnhoff J.A. Interaction of toxic metal and mechanisms of detoxification in the planctonic diatoms *D. bringhtwellii* and *T. pseudonana* // *FEMS Microbiol. Rev.* – 1994. – Vol. 14, № 4. – P. 387-396.
- 17 Mangala G., Puntarulo S. Oxidative stress and antioxidation content in *Chlorella vulgaris* after exposure to ultraviolet radiation // *Physiol. Plant.* – 1995. – Vol. 94, № 4. – P. 672-679.
- 18 Sargent J.R., Bell M.V., Henderson R.J. Protists as resources of essential n-30 polyunsaturated fatty acids for predator development // *Eur. J. Protistol.* – 1993. – Vol. 31, № 4. – P. 460-461.
- 19 Sakamoto T., Bryant D.A. A laboratory model for the rapid disappearance of cyanobacteria in blooms // *Plant and Cell Physiol.* – 1997. – Vol. 38, № 2. – P. 100.
- 20 Kaplan D., Haimer Y.M., Abeliovich A., Gollasbrough P.B. Cadmium toxicity and resistance in *Chlorella* sp. // *Plant and Cell Physiol.* – 1995. – Vol. 109, № 2. – P. 129-137.
- 21 Kosakowska A. The effect of amino and polycarboxylic acids on the toxicity of cobalt to phytoplankton cells // *Oceanol. Stud. Mar. Biol., Pol. Acad. Sci.* – 1996. – Vol. 25, № 4. – P. 47-54.
- 22 Suginta K., Takamoto A., Sawa Y., Shibata H. Over-accumulation of dlutathione in cyanobacteria: Response to oxidative stress // *Plant and Cell Physiol.* – 1997. – Vol. 38, № 1. – P. 69.
- 23 Monks T. Bioactivation via glutathione conjugation // *10th Int. Symp. Microsom. and Drug. Oxidat.* – Toronto. – 1994. July 18-21. Abstr. – P. 143-145.
- 24 Ahner B.A., Morel F.M.M. Phytochelatin production in marine algae. 1. An interspecies comparison. 2. Induction by various metals // *Limnol. and Oceanogr.* – 1995. – Vol. 40, № 4. – P. 649-665.
- 25 Agrawal S.W., Chauhary B.R. Mercury-induced changes in glutathione content of a green algae *Cosmarium conspersum* // *Microbiology.* – 1993. – Vol. 76, № 309. – P. 223-229.
- 26 Мамта Авасти, Дебангшу Нараян Дас. Токсическое действие тяжелых металлов на нитратредуктазную активность свободных и иммобилизованных клеток водорослей // *Альгология.* – 2004. – Т. 14, № 3. – С. 240-245.
- 27 Лебедева А.Ф., Саванина Я.В., Барский Е.Л., Гусев М.В. Устойчивость цианобактерий и микроводорослей к действию металлов: роль металл связывающих белков // *Вестн. МГУ. Сер. Биол.* – 1998. – Т. 6, № 2. – С. 42-48.
- 28 Berry J.P. The role of lysosomes in the selective concentration of mineral element // *Cell and Mol. Biol.* – 1996. – Vol. 42, №3. – P. 395-411.
- 29 Sauser K.R., Woong T.Y. Peroxydase response to heavy metal in the green alga *S. capricornutum* // *Env. and Mol. Mutagens.* – 1993. – Vol. 21, № 22. – P. 60.
- 30 Гусев М.В., Лебедева А.Ф., Саванина Я.В., Барский Е.Л. Устойчивость культур цианобактерии *Anacystis nidulans* и микроводоросли *Dunaliella maritime* к токсическому действию ванадия: влияние фосфата, железа и цистеина // *Вестн. МГУ. Сер. Биол.* – 1997. – Т. 1, № 3. – P. 12-17.
- 31 Surosz V., Palinska K. The effect of salinity on toxic influence of selected heavy metals toward cyanobacterium *Phormidium* sp. // *Program and abstr. 10th international Symposium on Phototrophic Procaroyotes. Barselona.* – 2000. – P. 224.
- 32 Idris M., Peterson P.I. Cadmium and tin binding to soluble fraction of *Anabaena flos-aquae* // *Microbs.* – 1998. – Vol. 93, №315. – P. 75-83.
- 33 Каравайко Г.И., Кондратьева Т.Ф., Пивоварова Т.А., Мунтян Л.Н. Физиологические и генетические характеристики некоторых штаммов *Thiobacillus ferrooxidans*, используемых в биогидрометаллургии // *Прикл. биох. и микробиол.* – 1997. – Vol. 33, № 5. – С. 532-538.
- 34 Леменовский Д.А. Соединения металлов в живой природе // *Сорос. Образоват. журн.* – 1997. № 9. – С. 48-53.
- 35 Реунова Ю.А., Айздайчер Н.А. Влияние селена на рост морских микроводорослей *Dunaliella salina* и *Phaeodactylum tricorutum* // *Современные проблемы физиологии и биохимии водных организмов: Материалы. Межд. конф. – Петрозаводск.* – 2004. – С. 116-117.

- 36 Avery S.V., Codd G.A., Gadd G.M. Biosorption of tributyltin and other organotin compounds by Cyanobacteria and Microalgae // *Appl. Microbios. Biotechnol.* – 1993. – Vol. 39. № 7. – P. 812-817.
- 37 Sadhukhan P.C., Ghos S., Chaudhury J., Ghos D.K., Mandal A. Mercury and organometal resistance in bacteria isolated from fresh-water fish of wetland fisheries around Calcutta // *Env. Pollut.* – 1997. – Vol. 97. № 1-2. – P. 71-78.
- 38 Li Ying-min, Yang Hai-bo, Lü Fu-rong, Zhang Xin-hua. Сорбция Pb²⁺ у *Chlorella vulgaris* и механизм биосорбции // *Nongye huanjing kexue xuebao J. Agro-Environ Sci.* – 2004. – Vol. 23. № 4. – P. 696-699.
- 39 Аллагулова Ч.Р. Изменение белкового синтеза клеток сине-зеленых водорослей и высших растений под действием ионов тяжелых металлов // Автореф. ... канд. биол. Наук. – 1999. 03.00.04, Уфа: БашГУ. – С. 24.
- 40 Maywald F., Weigel H.J. Zur Biochimie und Molecularbiologie der Schwermetallaufnahme und speicherung bei hiheren Pflanzen // *Laundbauforsch Volkenrode.* – 1997. – Vol. 47. № 3. – P. 103-126.
- 41 Rijstenbiel J.W., Sandee A., Vandree J., Wijnholl J.A. Interaction of toxic metal and mechanisms of detoxification in the planctonic diatoms *D. bringhtwellii* and *T. pseudonana* // *FEMS Microbiol.Rev.* – 1994. – Vol. 14. № 4. – P. 387-396.
- 42 Sargent J.R., Bell M.V., Henderson R.J. Protists as resources of essential n-30 polyunsaturated fatty acids for predator development Eur // *J. Protistol.* – 1993. – Vol. 31. – P. 460-461.
- 43 Dzhokebaeva S.A., Orazova S.B., Karpenyuk T.A., Goncharova A.V., Tsurkan Y.S., Kalbaeva A.M., Beisembaeva R.U. The use of microalgae and higher aquatic plants in the accumulation of chromium // "5th International Symposium on Biosorption and Bioremediation". -Prague. – 2012. – P. 9-13.

МРНТИ 34.31.15; 34.31.37.

Бимурзина Г.* , Сиротина Т.

Жезказганский ботанический сад – филиал Института ботаники и фитоинтродукции,
Казахстан, г. Жезказган, *e-mail: g__315@mail.ru

УСТОЙЧИВОСТЬ СОРТОВ СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ К НЕБЛАГОПРИЯТНЫМ АБИОТИЧЕСКИМ ФАКТОРАМ ЛЕТНЕГО ПЕРИОДА АРИДНОЙ ЗОНЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА

В статье представлены результаты исследований по изучению устойчивости 11 интродуцированных сортов смородины черной к таким абиотическим факторам летних периодов, как высокие температуры и сухость воздуха, и близкое залегание к поверхности почвы известкового слоя в условиях Центрального Казахстана (Жезказганский ботанический сад). Засухоустойчивость сортов смородины черной определяли в 2015–2016 гг. по таким показателям водного обмена, как содержание воды и водоудерживающая способность листьев. В результате исследования выявлено, что высокая водоудерживающая способность отмечена у сортов Рита, Канахама, Черный жемчуг и Наташа, высокое содержание воды – у сортов Сокровище и Галинка. По степени засухоустойчивости сорта разделили на три группы: высокоустойчивые (Агата, Алтайская поздняя, Галинка и Гларิโอза), устойчивые (Канахама, Лентяй, Наташа и Рита) и среднеустойчивые (Сокровище, Черный жемчуг и Ядреная). Результаты исследования показали, что степень поражения хлорозом сортов смородины черной составила от 0 до 3 баллов. Изучаемые сорта смородины разделили на три группы по степени устойчивости к хлорозу: высокоустойчивые (Черный жемчуг, Галинка, Лентяй и Алтайская поздняя), устойчивые (Агата, Гларิโอза, Рита и Ядреная) и среднеустойчивые (Канахама, Наташа и Сокровище).

Ключевые слова: смородина черная, абиотический фактор, засухоустойчивость, известковый хлороз, Центральный Казахстан.

Bimurzina G.¹, Sirotina T.²

Zhezkazgan botanical garden – branch of the institute of botany and phytointroduction,
Kazakhstan, Zhezkazgan, *e-mail: g__315@mail.ru

Resistance of cultivars of black currant to adverse abiotic factors of the summer period of arid zone of central Kazakhstan

The article presents the results of research of the resistance of 11 black currant cultivars to such abiotic factors of summer period as aridity and close location to the soil surface of limestone in the arid zone of Central Kazakhstan (Zhezkazgan Botanical Garden). Water content and water-holding capacity of leaves as a sign of drought-resistance of black currant cultivars were studied during 2015–2016. Least significance differences (LSD) between cultivars was established using Fisher's tests. Differences between the means were ascertained with a multiple Duncan's Test. There was not significant difference between the annual mean values of water content. According to the degree of drought resistance cultivars were divided into three groups. Agata, Altayskaya Pozdnyaya, Galinka and Glarioza are highly resistant. Kanakhama, Lentay, Natasha and Rita are resistant. Sokrovishche, Chernyy Zhemchug and Yadrenaya are moderately resistant. The results of the have shown that almost all black currant cultivars are affected by chlorosis. The degree of damage ranged from 0 to 3 scores. Two-factor analysis of variance during three years showed that cultivars differed in degree of chlorosis (LSD = 0.96, $p \leq 0.5$). There was no significant difference between the annual mean values of damages. Black currant cultivars were divided into three groups according to degree of damage with chlorosis. Chernyy Zhemchug, Galinka, Lentay and Altayskaya Pozdnyaya are highly resistant to chlorosis. Agata, Glarioza, Rita and Yadrenaya

are resistant. Kanakhama, Natasha and Sokrovishche are moderately resistant. The biological effectiveness of 0.5 % solution of Fe_2SO_4 after two treatments was high (from 66.7 % to 100 %).

Key words: blackcurrant, abiotic factor, drought tolerance, lime chlorosis, Central Kazakhstan.

Бимурзина Г.¹, Сиротина Т.²

Жезқазған ботаникалық бағы – ботаника және фитоинтродукция Институтының филиалы,
Қазақстан, Жезқазған қ., *e-mail: g_315@mail.ru

Қара қарақат сұрыптарының жаз мезгіліндегі Орталық Қазақстанның аридті аймағының қолайсыз абиотикалық факторларға төзімділігі

Мақалада жерсіндірілген 11 қара қарақат сұрыптарының Орталық Қазақстан (Жезқазған ботаникалық бағы) аймақ жағдайындағы жоғары температура мен ауа құрғақтығы, және де әктік қабатқа жақын орналасуы сияқты жаз мезгілінің абиотикалық факторларына зерттеу нәтижелері көрсетілген. Қара қарақат сұрыптарының құрғаққа төзімділігін 2015-2016 жж. жапырақтағы су мөлшері мен сұустағыш қабілеті сияқты су алмасу көрсеткіштері арқылы анықтады. Зерттеулер нәтижесінде жоғары сұустағыш қабілеті Рита, Канахама, Черный жемчуг және Наташа сұрыптарында, жоғарғы су мөлшері Сокровище және Галинка сұрыптарында анықталды. Құрғаққа төзімділік дәрежесі бойынша қара қарақат сұрыптары үш топқа бөлінді: жоғары төзімді сұрыптар (Агата, Алтайская поздняя, Галинка және Глариоза), төзімді сұрыптар (Канахама, Лентяй, Наташа және Рита) және орташа төзімді сұрыптар (Сокровище, Черный жемчуг және Ядреная). Қара қарақат сұрыптарының хлорозбен зақымдану дәрежесін зерттеулер нәтижелері 0 ден 3 баллға дейін көрсетті. Зерттелген қара қарақат сұрыптары үш топқа бөлінді: жоғары төзімді сұрыптар (Черный жемчуг, Галинка, Лентяй және Алтайская поздняя), төзімді сұрыптар (Агата, Глариоза, Рита және Ядреная) және орташа төзімді сұрыптар (Канахама, Наташа және Сокровище).

Түйін сөздер: қара қарақат, абиотикалық фактор, құрғаққа төзімділік, әкті хлороз, Орталық Қазақстан.

Введение

Современные исследования климата показали, что увеличение продолжительности летних засух весьма вероятно в будущем (Schlyter P., 2006: 75). Недостаток воды является одним из важнейших экологических факторов, влияющих на физиологию растений, развитие и урожайность (Kikas A., 2011: 551). Засуха оказывает влияние на процессы развития растений на всех ключевых этапах вегетации. Например, у растений черной смородины было обнаружено преждевременное осыпание цветков и плодов, в значительной степени зависящее от генотипа и погодных условий, включая температуру и осадки (Hsiao T.C., 1973: 519). Поэтому, в связи с наступающими изменениями климата, важно выявить устойчивые к засухе генотипы черной смородины (Успанов У.У., 1943: 125).

Город Жезказган находится в северо-западной части равнинной Центрально-Северотуранской подпровинции в подзоне северных пустынь, в крайне суровых для плодово-ягодных культур условиях юго-западной части Центрально-Казахстанского мелкосопочника и относится к зоне рискованного земледелия. В природном отношении регион характеризуется чрезвы-

чайной сухостью климата, постоянными ветрами и ограниченными водными источниками (Баянова Л.В., 1995: 314).

Представляя собой ценный продукт питания, ягоды смородины черной нашли применение для потребления в свежем виде и получения разнообразных продуктов переработки. Они богаты витаминами (особенно С и Р), кумаринами, дубильными веществами, эфирными маслами и микроэлементами. Высокое содержание биологически активных веществ обуславливает лечебно-профилактические свойства смородины черной и широкое использование в народной медицине (Огольцова Т.П., 1995: 314).

Особую актуальность представляет выделение и отбор сортов смородины черной, обладающих устойчивостью к воздействию неблагоприятных абиотических факторов среды обитания.

Цель данного исследования заключалась в отборе сортов смородины черной, устойчивых к абиотическим факторам летнего периода аридной зоны Центрального Казахстана: 1) высокой температуры и сухости воздуха; 2) близкому залеганию к поверхности почвы известкового слоя, а также в выявлении эффективности железного купороса при борьбе с хлорозом.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились в Жезказганском ботаническом саду (ЖБС). Объектами исследования являлись сорта смородины черной Агата, Алтайская поздняя, Галинка, Рита, Ядреная, Канахама, Наташа и Сокровище (*Ribes nigrum* L. × *R. dikuscha* Fisch. ex Turcz.), селекции Научно-исследовательского института садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко, интродуцированные из г. Барнаула, Глариоза (*R. nigrum* × *R. dikuscha*) – сорт селекции Новосибирской зональной плодово-ягодной опытной станции, завезенный из г. Новосибирска, Лентяй (*R. nigrum*) – сорт селекции Всероссийского научно-исследовательского института селекции плодовых культур, интродуцированный из г. Новосибирска, Черный жемчуг (*R. nigrum*) – сорт селекции Всероссийского научно-исследовательского института садоводства им. И.В. Мичурина, завезен из г. Новосибирска.

Сумма осадков в 2015 г. в мае составила 20 мм (105 % от нормы), в июне – 28 мм (165 % от нормы), в июле – 9 мм (50 % от нормы). Максимальная температура воздуха 37,5°C была отмечена 12 июля. В 2016 г. сумма осадков в мае составила 51 мм (268 % от нормы), в июне – 44 мм (253 % от нормы), в июле – 6 мм (33 % от нормы). Максимальная температура воздуха 39,5°C была отмечена 13 июля.

Засухоустойчивость 11 сортов смородины черной определяли в 2015-2016 гг. по таким показателям водного обмена как содержание воды и водоудерживающая способность листьев, и выявляли по методу Еремина и Гасанова (Еремин Г.В., 1999: 80). Ранжирование по степени засухоустойчивости по показателям содержания воды и водоудерживающей способности проводили по методу Гончаровой (2005: 112).

Для оценки степени поражения листьев хлорозом 11 сортов по цветной шкале и эффективности применения Fe_2SO_4 для борьбы с хлорозом использовали методику Островской (1965: 187).

При изучении водного обмена учитывали разнокачественность куста смородины по степени влагообеспеченности. Пробы отбирали в утренние часы в полиэтиленовые пакеты в середине ростовых побегов по периметру кроны куста, затем в лаборатории проводили взвешивание листьев, помещали их в термостат с температурой 23°C и через 4 часа взвешивали повторно.

Наименьшую среднюю разность (НСР) между сортами определяли методом дисперсионно-

го анализа с применением множественного критерия Дункана при $p \leq 0,5$.

Результаты исследования и их обсуждение

При изучении водного обмена сортов смородины черной в условиях ЖБС получены следующие данные: в 2015 г. в мае содержание воды (СВ) составило от 68,8 до 74,8 %, а водоудерживающая способность (ВС) листьев через 4 часа завядания – от 83,5 до 90,2 %. В июне СВ составило от 69,7 до 75,9 %, ВС – от 65,2 до 87,2 %. В июле СВ было от 63,0 до 76,0 %, ВС – от 55,8 до 85,1 % (таблица 1).

Двухфакторный дисперсионный анализ показал, что сорта не отличались по среднему СВ за май (71,5 %) и июнь (72,5 %), но СВ в июле (69,0 %) было достоверно выше, чем в мае и июне (НСР = 2,1; $p \leq 0,5$). По среднему показателю ВС за май (87,4 %), июнь (80,5 %) и июль (74,9 %) сорта различались между собой (НСР = 5,1; $p \leq 0,5$).

Высокое СВ в среднем за 3 месяца было отмечено у сортов Галинка (75,6 %), Агат (73,2 %) и Сокровище (72,5 %).

Сорта смородины черной в среднем за 3 месяца в 2015 г. незначительно отличались между собой по ВС. Высокая ВС в среднем выше и около 80 % отмечена у сортов Наташа (86,2 %), Канахама (86,2 %), Рита (85,8 %), Черный жемчуг (85,7 %) и Лентяй (84,8 %).

В 2016 г. в мае СВ сортов смородины черной (от 71,4 до 79,8 %) и ВС (от 81,6 до 93,2 %) соответственно были высокими. В июне СВ составило от 59,5 до 86,8 %, ВС – от 51,2 до 89,9 %. В июле СВ было от 60,7 до 70,8 %, ВС – от 46,9 до 89,0 % (таблица 2).

Двухфакторный дисперсионный анализ показал, что сорта не отличались по среднему СВ в июне (68,2 %) и июле (66,6 %), но в мае (75,2 %) СВ было достоверно выше, чем в июне и июле (НСР = 4,1; $p \leq 0,5$). По среднему показателю ВС за май (88,0 %), июнь (76,2 %) и июль (64,5 %) сорта различались между собой (НСР = 12,2; $p \leq 0,5$).

Высокое СВ в среднем за 3 месяца в 2016 г. было отмечено у сортов Сокровище (78,8 %), Наташи (71,7 %), Канахамы (71,4 %), Риты (71,4 %), Галинки (70,5 %) и Ядреной (70,4 %).

Средняя ВС за 3 месяца 2016 г. была высокой (около 80 % или выше 80 %) у сортов Рита (89,2 %), Черный жемчуг (80,1 %), Канахама (79,8 %) и Наташа (79,3 %) (рисунок 1).

Таблица 1 – Содержание воды в листьях смородины за 3 месяца 2015 г. (в %)

Сорт	Май				Июнь				Июль			
	среднее	С	Р	D	среднее	С	Р	D	среднее	С	Р	D
Агата	72,8±0,4	5,1	1,1	абв	75,4±0,4	1,8	0,6	а	71,3±0,9	3,9	1,2	абв
Алтайская поздняя	72,0±0,7	8,3	1,9	абвг	74,1±1,0	4,2	1,3	б	69,2±0,9	3,9	1,2	абвг
Галинка	74,8±0,5	6,3	1,4	а	75,9±0,8	3,5	1,1	а	76,0±0,5	2,1	0,7	а
Глариоза	69,0±0,3	3,3	0,7	вг	69,7±0,5	2,3	0,7	е	65,5±0,3	1,7	0,5	вг
Канахама	72,0±0,3	4,2	0,9	абвг	73,3±0,6	2,5	0,8	в	68,3±0,6	2,7	0,8	абвг
Лентяй	70,2±0,3	4,4	1,0	бвг	70,5±0,6	2,5	0,8	д	66,4±0,4	1,8	0,6	бвг
Наташа	71,6±0,4	5,5	1,2	абвг	71,6±0,4	1,6	0,5	г	70,4±0,6	2,5	0,8	абвг
Рита	69,7±0,3	3,6	0,8	бвг	70,4±0,3	1,4	0,4	д	67,6±1,4	6,4	2,0	бвг
Сокровище	73,1±0,4	4,5	1,0	аб	73,1±0,8	3,4	1,1	в	71,4±0,5	2,3	0,7	аб
Черный жемчуг	72,3±0,2	2,8	0,6	абвг	71,9±0,3	1,1	0,4	г	70,1±0,5	2,1	0,7	абвг
Ядреная	68,8±0,3	4,2	0,9	г	71,9±0,7	3,0	1,0	г	63,0±0,5	2,3	0,7	г

Примечание – Значения, отмеченные разными буквами, достоверно отличаются в соответствии с тестом Дункана.

Таблица 2 – Содержание воды в листьях сортов смородины за 3 месяца 2016 г. (в %)

Сорт	Май				Июнь				Июль			
	среднее	С	Р	D	среднее	С	Р	D	среднее	С	Р	D
Агата	75,5±1,1	4,8	1,5	бвгд	64,7±0,8	3,3	1,0	д	66,3±2,2	9,2	2,9	абв
Алтайская поздняя	74,0±0,8	3,5	1,1	где	64,7±1,0	4,3	1,3	д	70,8±1,5	6,2	2,0	а
Галинка	78,3±0,5	1,9	0,6	абв	67,9±0,7	2,8	0,9	вг	65,2±1,1	4,3	1,3	бвг
Глариоза	71,4±0,8	3,5	1,1	де	64,5±0,4	1,8	0,6	д	60,7±1,3	5,6	1,8	г
Канахама	76,8±2,2	8,9	2,8	абвг	71,7±1,8	7,4	2,3	б	65,8±1,8	7,4	2,3	абвг
Лентяй	72,1±0,6	2,8	0,9	де	59,5±1,3	5,8	1,8	е	62,9±1,1	4,7	1,5	вг
Наташа	79,3±1,2	4,6	1,5	аб	66,6±0,7	2,7	0,9	г	69,2±2,6	10,2	3,2	аб
Рита	73,9±0,9	4,0	1,3	где	70,3±0,6	2,4	0,8	бв	69,9±0,8	3,2	1,0	аб
Сокровище	79,8±1,3	5,0	1,6	а	86,8±2,0	8,1	2,5	а	69,8±0,9	3,4	1,1	аб
Черный жемчуг	71,6±0,6	2,8	0,9	де	66,0±0,7	3,2	1,0	г	63,1±0,7	3,2	1,0	вг
Ядреная	74,4±0,7	3,0	1,0	вгде	68,0±0,5	2,3	0,7	вг	68,8±0,6	2,5	0,8	аб

Примечание – Значения, отмеченные разными буквами, достоверно отличаются в соответствии с тестом Дункана.

По результатам двухлетнего исследования высокое среднее СВ отмечено у сортов Сокровище (75,7 %) и Галинка (73,0 %) (таблица 3). Двухфакторный дисперсионный анализ показал, что сорта различаются между собой по средним показателям за 2015-2016 гг. (НСР = 2,1; $p \leq 0,5$). По фактору год не было выявлено существенных различий между средними значениями.

По показателям ВС за два года высокая вододерживающая способность была у сортов Рита (87,5 %), Канахама (83 %), Черный жемчуг (82,9 %) и Наташа (82,8 %) (рисунок 2). Двухфакторный дисперсионный анализ показал, что сорта по средней ВС не различались между собой. По фактору год показатели ВС были выше в 2015 г. (80,9 %), чем за 2016 г. (76,2 %) (НСР = 3,2; $p \leq 0,5$).

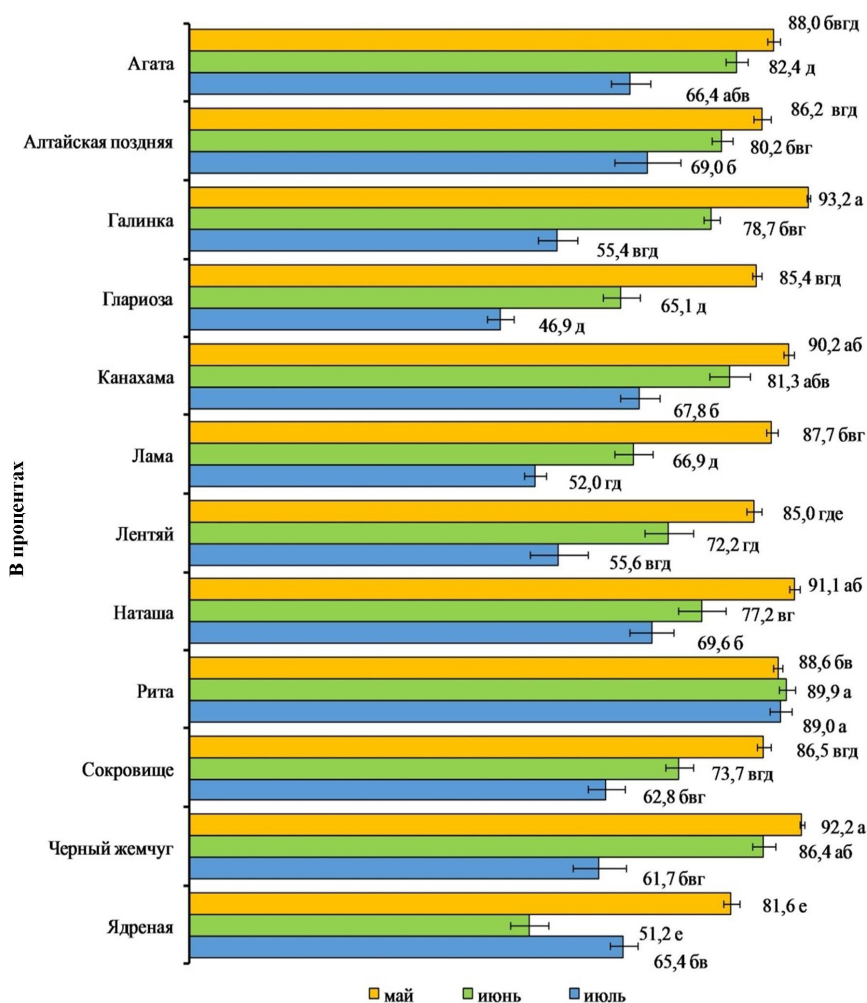


Рисунок 1 – Водоудерживающая способность сортов смородины черной за 3 месяца (2016 г.). Планки погрешностей означают ошибку опыта. Значения, отмеченные разными буквами, достоверно отличаются в соответствии с тестом Дункана.

Таблица 3 – Содержание воды в листьях смородины в 2015-2016 гг. (в %)

Сорта	2015 г.	2016 г.	Среднее
Агата	73,2 абв	68,8 бвг	71,0 вг
Алтайская поздняя	71,8 абвг	69,8 бв	70,8 вг
Галинка	75,6 а	70,5 б	73,0 б
Глариоза	68,1 вг	65,5 гд	66,8 д
Канахама	71,2 абвг	71,4 б	71,3 бв
Лентяй	69,0 бвг	64,8 д	66,9 д
Наташа	71,2 абвг	71,7 б	71,5 бв
Рита	69,2 бвг	71,4 б	70,3 вг
Сокровище	72,5 аб	78,8 а	75,7 а
Черный жемчуг	71,4 абвг	66,9 вгд	69,2 г
Ядреная	67,9 г	70,4 б	69,2 г

Примечание – Значения, отмеченные разными буквами, достоверно отличаются в соответствии с тестом Дункана.

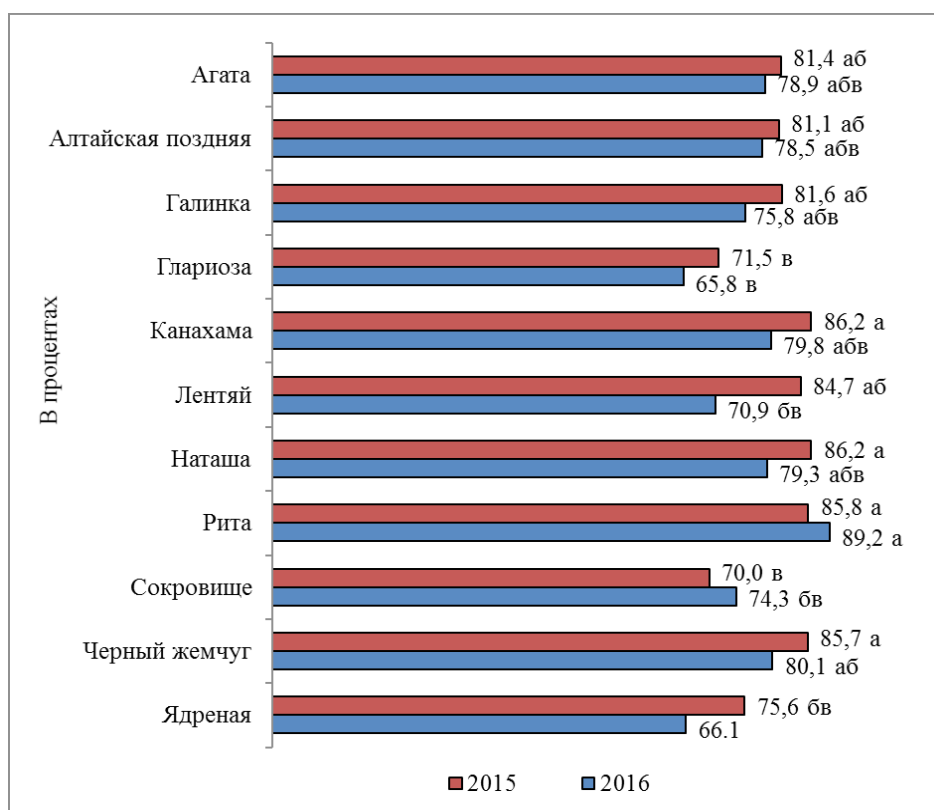


Рисунок 2 – Водоудерживающая способность сортов смородины черной за 2015-2016 гг. (в %)

В результате исследования степени засухоустойчивости в условиях ЖБС сорта смородины черной в соответствии со шкалой засухоустойчивости растений ВИР (Гончарова Э.А.: 2005: 112) разделили на три группы: высокоустойчивые, устойчивые и среднеустойчивые (таблица 4).

Результаты исследования в ЖБС подтверждают данные Chartzoulakis К. и др., Косаревой О.Н., которые считают, что реакцией растений на водный стресс является уменьшение содержания воды в тканях (Chartzoulakis К., 2002: 39; Косарева О.Н., 1984: 20).

Одним из важнейших показателей устойчивости сортов смородины черной к неблагоприятным абиотическим факторам летнего периода аридной зоны Центрального Казахстана является устойчивость к известковому хлорозу.

Северная пустыня Жезказгана представлена, главным образом, северными солонцеватыми сероземами. Избыток вредных солей в почве, ее высокая карбонатность и близкое залегание к поверхности почвы гипса приводят к хлорозу, который является самым распространенным и губительным заболеванием для плодово-ягодных растений в Жезказганском регионе. Известковый хлороз, заболевание физиологического характе-

ра, вызывается недостатком железа в организме растения и проявляется в изменении зеленой окраски листьев на желтую, а затем, при сильном поражении листья высыхают, рост побегов замедляется, куст приобретает угнетенный вид и в итоге погибает (Габбасов А.М.: 1963: 195; Островская Л.К., 1965: 5).

На территории ЖБС гипсовый горизонт находится на глубине от 0,5 до 1 м от уровня почвы и является неблагоприятным фактором для произрастания сортов смородины черной.

Определение степени поражения растений хлорозом проводилось в 2015-2017 гг.

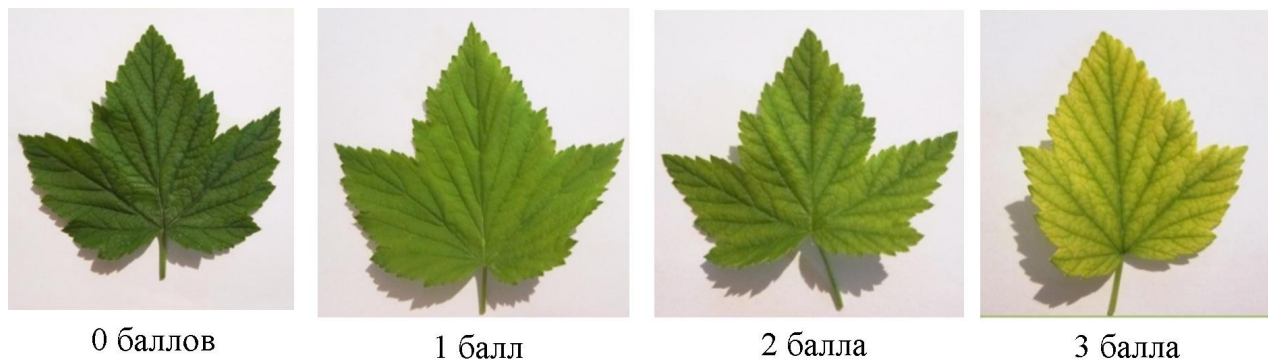
Результаты исследования показали, что в условиях экспериментального участка ягодных культур ЖБС степень поражения хлорозом в насаждениях смородины черной была от 0 до 3 баллов (рисунок 3, 4).

В 2015 г. у сортов Канахама, Наташа и Сокровище было отмечено поражение хлорозом, соответствующее 2 баллам. Слабое поражение растений (1 балл) наблюдалось у сортов Ядреная и Агата. У Глариозы было зафиксировано очень слабое поражение хлорозом (0,5 баллов). Отсутствовал хлороз (0 баллов) у Лентяя, Черного жемчуга, Риты, Галинки и Алтайской поздней.

Таблица 4 – Засухоустойчивость сортов смородины черной за 2015-2016 гг. (в %)

Сорт	2015 г.		2016 г.		Устойчивость сорта
	Содержание воды	Водоудерживающая способность	Содержание воды	Водоудерживающая способность	
Агата	73,2 абв	81,4 аб	68,8 бвг	78,9 абв	Высокоустойчивый
Алтайская поздняя	71,8 абвг	81,1 аб	69,8 бв	78,5 абв	
Галинка	75,6 а	81,6 аб	70,5 б	75,8 абв	
Глариоза	68,1 вг	71,5 в	65,5 гд	65,8 в	
Канахама	71,2 абвг	86,2 а	71,4 б	79,8 абв	Устойчивый
Лентяй	69,0 бвг	84,7 аб	64,8 д	70,9 бв	
Наташа	71,2 абвг	86,2 а	71,7 б	79,3 абв	
Рита	69,2 бвг	85,8 а	71,4 б	89,2 а	
Сокровище	72,5 аб	70,0 в	78,8 а	74,3 бв	Среднеустойчивый
Черный жемчуг	71,4 абвг	85,7 а	66,9 вгд	80,1 аб	
Ядреная	67,9 г	75,6 бв	70,4 б	66,1 в	

Примечание – Значения, отмеченные разными буквами, достоверно отличаются в соответствии с тестом Дункана.

**Рисунок 3** – Степень поражения смородины черной хлорозом, в баллах

В 2016 г. максимальная степень хлороза была отмечена у сортов Канахама и Наташа (3 балла). У сортов Сокровище и Ядреная наблюдался хлороз, соответствующий 2 баллам. У сортов Агата, Галинка, Глариоза и Рита был отмечен слабо выраженный хлороз (1 балл). Отсутствовал хлороз (0 баллов) у сортов Алтайская поздняя, Лентяй и Черный жемчуг.

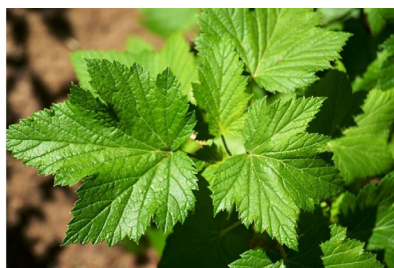
В 2017 г. высокая степень поражения хлорозом (2,5 балла) была отмечена у сорта Канахама. Отсутствовал хлороз у сортов Галинка и Черный жемчуг.

Двухфакторный дисперсионный анализ за 3 года показал, что сорта различаются между собой по средней степени поражения хлорозом

(НСР = 1,0; $p \leq 0,5$). По фактору год не было выявлено существенных различий между средними значениями.

По результатам исследования за 3 года сорта смородины черной разделили на три группы: со степенью хлороза от 0 до 0,5 баллов (высокоустойчивые сорта); от 0,6 до 1,5 балла (устойчивые сорта); от 1,6 до 2,5 баллов (среднеустойчивые сорта).

Сорта Черный жемчуг, Галинка, Лентяй и Алтайская поздняя оказались высокоустойчивыми к хлорозу в условиях аридной зоны Центрального Казахстана, сорта Канахама, Наташа и Сокровище – среднеустойчивыми, остальные сорта смородины черной – устойчивыми (таблица 5).



Ксюша (0,5 баллов)



Канахама (2,5 балла)



Наташа (2 балла)

Рисунок 4 – Степень поражения хлорозом некоторых сортов смородины черной (в баллах)

Таблица 5 – Степень устойчивости сортов смородины черной к хлорозу (в баллах)

Сорт	Степень поражения				Устойчивость сорта к хлорозу
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Средняя	
Черный жемчуг	0 в	0 г	0 д	0,0 ж	высокоустойчивый
Галинка	0 в	1 в	0 д	0,3 еж	
Лентяй	0 в	0 г	1 в	0,3 еж	
Алтайская поздняя	0 в	0 г	1 в	0,3 еж	
Агата	1 б	1 в	1 в	1,0 гд	устойчивый
Глариоза	1 б	1 в	1 в	1,0 гд	
Рита	0 в	1 в	2 б	1,0 гд	
Ядреная	1 б	2 б	1 в	1,3 вг	
Канахама	2 а	3 а	2 б	2,3 аб	среднеустойчивый
Наташа	2 а	3 а	2,5 а	2,5 а	
Сокровище	2 а	2 б	1 в	1,7 бв	

Примечание – Значения, отмеченные разными буквами, достоверно отличаются в соответствии с тестом Дункана.

Российский селекционер М.М. Ульянищев считает, что бороться с развивающимся хлорозом очень трудно, так как вносимые в почву соли железа немедленно переводятся щелочной средой в нерастворимую и неусвояемую форму (Ульянищев М.М., 1968: 317). С целью изучения эффективности действия Fe_2SO_4 при борьбе с

хлорозом в 2015-2017 гг. были проведены обработки кустов смородины черной 0,5 % раствором железного купороса с периодичностью в 2 недели (1-я обработка 25 мая, 2-я обработка 8 июня). Обработки значительно улучшили состояние растений, эффективность препарата была высокой (рисунок 5, таблица 6).

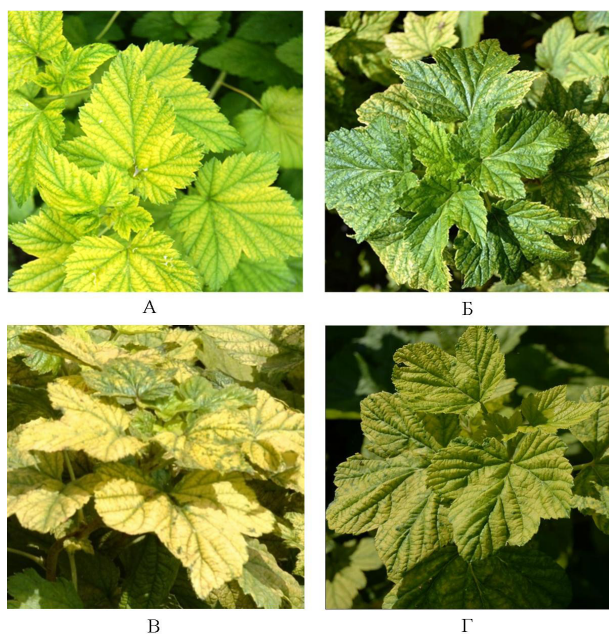


Рисунок 5 – Уменьшение степени повреждения хлорозом сортов Канахама и Наташа с 3 до 1 балла (2016 г.) после двукратной обработки железным купоросом, А и В – до обработки, Б и Г – после двукратной обработки

Установлено, что в условиях ЖБС, практически все сорта смородины черной поражаются хлорозом. Самыми устойчивыми к известковому хлорозу являются сорта Черный жемчуг, Лентяй, Галинка и Алтайская поздняя. Двукратные обработки 0,5 % раствором железного купороса значительно снижают степень заболевания.

Заключение

Таким образом, по результатам исследования в условиях ЖБС сорта смородины черной Агата, Алтайская поздняя, Галинка и Глариоза являются высокозасухоустойчивыми. Практически все сорта смородины черной поражаются

Таблица 6 – Эффективность использования железного купороса при борьбе с хлорозом (2015-2017 гг.)

Сорт	Степень поражения хлором (балл)			Биологическая эффективность, в %
	До обработки	После 1-й обработки	После 2-й обработки	
Агата	1	0	0	100
Алтайская поздняя	1	0	0	100
Галинка	1	0	0	100
Глариоза	1	0	0	100
Канахама	3	2	1	66,7
Лентяй	1	0	0	100
Наташа	3	2	1	66,7
Рита	1	0	0	100
Сокровище	2	1	0	100
Черный жемчуг	0	0	0	-
Ядреная	2	1	0	100

хлорозом. Самыми устойчивыми к известковому хлорозу являются сорта Черный жемчуг, Лентяй, Галинка и Алтайская поздняя. Двукратные обработки 0,5 % раствором железного купороса значительно снижают степень заболевания.

Сорта смородины черной Алтайская поздняя и Галинка являются высокоустойчивыми к двум неблагоприятным абиотическим факторам аридной зоны Центрального Казахстана – засухе и хлорозу.

Статья публикуется в рамках проекта 0013/ГФ-4 (2015-2017) «Экологическая оценка современных иммунных сортов смородины черной в Центральном Казахстане».

Литература

- Schlyter P., Stjernquist I., Barring L., Jonsson A.M., Nilsson C. Assessments of the impacts of climate change and weather extremes on boreal forests in northern Europe // Focusing on Norway spruce. – 2006. – No 31. – P. 75-84.
- Kikas A., Kaldmäe H., Libek A. Genotype and climate conditions influence the drop off of flowers and premature berries of blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) // Acta Agric. Scand. B: Soil Plant Sci. – 2011. – No 61. – P. 551-558.
- Hsiao T.C. Plant responses to water stress. Annu. Rev. Plant Physiol. – 1973. – No 24. – P. 519-570.
- Cerekovica M., Pagter H.L., Kristensen H.L., Pedersen R., Brennan K.K. Effects of drought stress during flowering of two pot-grown blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) cultivars. Scientia Horticulturae. – 2013. – Vol. 162. – P. 365-373.
- Успанов У.У. Освоение пустынь Центрального Казахстана // Тр. юбилейной научной сессии Казахского филиала АН СССР, Алма-Ата. – 1943. – С. 125-126.
- Баянова Л.В., Ильина В.С. Селекция красной смородины // Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Орел: ВНИИСПК, 1995. – С. 341-350.

- 7 Огольцова Т.П., Куминов Е.П. Селекция черной смородины // Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Орел: ВНИИСПК, 1995. – С. 314-340.
8. Еремин Г.В., Гасанов Т.А. Изучение жаростойкости и засухоустойчивости сортов // Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Орел: ВНИИСПК, 1999. – С. 80-85.
- 9 Гончарова Э.А. Водный статус культурных растений и его диагностика. СПб., ВИР, 2005. – 112 с.
- 10 Островская Л.К. Инструкция для определения степени поражения плодовых насаждений известковым хлорозом и эффективности действия железных препаратов // Комплексоны как средство против известкового хлороза растений. – Киев: Науковадумка, 1965. – С. 187-192.
- 11 Chartzoulakis K., Patakas A., Kofidis G., Bosabalidis A., Nastou A. Waterstress affects leaf anatomy, gas exchange, water relations and growth of two avocado cultivars. *Sci. Hortic.* – 2002. – No 95. – P. 39-50.
- 12 Косарева О.Н. Интродукция яблонь на полуостров Мангышлак: автореф. ... канд. биол. наук: 03.00.05. – Алма-Ата: Главный ботанический сад АН Каз ССР. – 1984. – 20 с.
- 13 Габбасов А.М. Экспериментальные данные по сельскохозяйственному освоению пустыни Центрального Казахстана. – Алма-ата: АН Каз ССР, 1963. – 195 с.
- 14 Островская Л.К. Физиологические причины возникновения известкового хлороза и принципиальные пути его излечения // Комплексоны как средство против известкового хлороза растений. – Киев: Науковадумка, 1965. – С. 5-25.
- 15 Ульянищев М.М. Яблоня. – М.: Колос, 1968. – 317 с.

References

- 1 Schlyter P, Stjernquist I, Barring L, Jonsson AM, Nilsson C (2006) Assessments of the impacts of climate change and weather extremes on boreal forests innorthern Europe. Focusing on Norway spruce, 31:75-84.
- 2 Kikas A, Kaldmae H, Libek A (2011) Genotype and climate conditions influence the drop off of flowers and premature berries of blackcurrant (*Ribes nigrum* L.). *Acta Agric Scand B: Soil Plant Sci*, 61:551-558.
- 3 Hsiao TC (1973) Plant responses to water stress. *Annu Rev Plant Physiol*, 24:519-570.
- 4 Cerekovica M, Pagter HL, Kristensen HL, Pedersen R, Brennan KK (2013) Effects of drought stress during flowering of two pot-grown blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) cultivars. *Scientia Horticulturae*, 162:365-373.
- 5 Usmanov UU (1943) The development of deserts in Central Kazakhstan [Osvoyenie pustyn Tsentralnogo Kazakhstana. Tr. ubileinoi nauchnoi sessii Kazakhskogo filiala AN SSSR] Alma-Ata, pp. 125-126.
- 6 Bayanova LB, Ilyina VS (1995) Selection of red currant. Program and methods of breeding of fruit, berry and nut crops [Seleksiya krasnoi smorodiny. Programa I metodika selektsii plodovyh, yagodnyh I opehoplodnyh kultur] Orel VNIISPK, pp. 341-350.
- 7 Ogoltsova TP, Kuminov EP (1995) Selection of blackcurrant. Program and methods of breeding of fruit, berry and nut crops Program and methods of breeding of fruit, berry and nut crops [Seleksiya cherno smorodiny. Programa I metodika selektsii plodovyh, yagodnyh I opehoplodnyh kultur] Orel VNIISPK, pp. 314-340.
- 8 Eremin GV, Gasanov TA (1999) The study of heat resistance and drought resistance varieties. Program and methods of breeding of fruit, berry and nut crops Program and methods of breeding of fruit, berry and nut crops [Izuchenie zharostoikosti I zasuhoustoichivosti sortiv. Programa I metodika selektsii plodovyh, yagodnyh I opehoplodnyh kultur] Orel VNIISPK, pp. 80-85.
- 9 Goncharova EA (2005) Water status of cultivated plants and its diagnosis [Vodny status kulturnykh rasyenij i ego diagnostika] SPB VIR, p. 102.
- 10 Ostrovskaya LK (1965) Instruction for determining the degree of damage to fruit plants with calcareous chlorosis and the effectiveness of the action of iron preparations. Complexes as a remedy against calcareous chlorosis of plants [Instruksiya dlya opredeleniya stepeni porazheniya plodovykh nasazhdeniya izvestkovym khlorozom I effektivnost' deystviya zheleznykh preparatov. Kompleksy kak sredstvo protiv izvestkovogo khloroza rastenij], *Naukovadumka*, Kiev, pp. 187-192.
- 11 Chartzoulakis K, Patakas A, Kofidis G, Bosabalidis A, Nastou A (2002) Waterstress affects leaf anatomy, gas exchange, water relations and growth of two avocado cultivars. *Sci Hortic*, 95:39-50.
- 12 Kosareva ON (1984) The introduction of apple trees on the peninsula Mangyshlak. Abstract. ... candidate of biological sciences 03.00.05. Main Botanical garden Kaz SSR [Introduktsiya yablon' na poluostrove Mangyshlak. avtoreferat ... kandidat biologicheskikh nauk 03.00.05. Glavn Alma-Ata, p. 20.
- 13 Gabbasov AM (1963) Extreme data on the agricultural development of the desert of Central Kazakhstan [Ekstremalnyye dannyye po selskokhozyaystvennomu osvoyeniyu pustyni Tsentralnogo Kazakhstana] Alma-ata AN Khaz SSR, p. 195.
- 14 Ostrovskaya LK (1965) Physiological causes of the emergence of calcareous chlorosis and the principal ways of its treatment [Fiziologicheskiye prichiny vozniknoveniya izvestkovogo khloroza I printsipialnyye puti yego lecheniya. Kompleksy kak sredstvo protiv izveskovogo khloroza rastenij] *Naukovadumka*, Kiev, pp. 5-25.
- 15 Ulyanishchev MM (1968) Apple tree [Yablonya] Kolos, Moscow, p. 317.

**Платаева А.К. *, Заворотная М.В., Кустова Т.С.,
Карпенюк Т.А., Гончарова А.В.**

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

*e-mail: plataeva.aydana@mail.ru

ИЗУЧЕНИЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНОЙ И АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ СУММАРНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ ЭКСТРАКТОВ И СОСТАВЛЕННЫХ ИЗ НИХ КОМПЛЕКСОВ

Актуальной проблемой современной медицины и фармакологии является дополнение перечня химически синтезированных лекарств натуральными растительными препаратами, полученными как на основе суммарных растительных экстрактов, так и с использованием выделенных из них индивидуальных соединений. Особый интерес вызывает подбор растительных комплексов для создания препаратов, в которых за счет синергизма действия компонентов повышается существующая или появляются новые биологические активности, что позволяет достичь наибольшей эффективности и расширения спектра действия препарата.

Выявлены экстракты с высоким содержанием флавоноидов; витамина С; терапевтически значимым антиоксидантным потенциалом; антибактериальной и антифунгицидной активностями, сопоставимыми с активностью антибиотиков ципрофлоксацин и амфотерицин В; подобраны комплексы экстрактов, обладающие синергическим действием по изученным биологическим активностям. Выявлены комплексы суммарных экстрактов – *Paeonia intermedia* (корни, этанол) + *Paeonia intermedia* (надземная часть, этанол), *Platycladus orientalis* (надземная часть, этанол) + *Veronica incana* (корни, этанол), *Paeonia intermedia* (корни, этанол) + *Platycladus orientalis* (надземная часть, этанол), *Paeonia intermedia* (надземная часть, этанол) + *Astragal sieversianus* (корни, этанол), характеризующиеся высоким синергетическим действием компонентов в отношении двух (антимикробной и антиоксидантной) активностей, перспективные для практического применения.

Ключевые слова: растительные экстракты, биологические активные соединения, антимикробная активность, антиоксидантная активность, синергетическое действие.

Platayeva A.K. *, Zavorotnaya M.V., Kustova T.S.,
Karpenyuk T.A., Goncharova A.V.

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: plataeva.aydana@mail.ru

Studying antibacterial and antioxidant activity of total plant extracts and complexes composed by them

Actual problem of the modern medicine and pharmacology is replenishment of the list of chemically synthesized drugs by natural herbal medicines, which are derives on the basis of cooperative plant extracts or with use of the individual components isolated from them. Particular interest is attracted by selection of herbal complexes for creation of medicines due to the synergistic action of components improving the current activity. Also they appears a new biological activities that allows to reach the greatest effectiveness and expansion of a range medicine's effect.

The extracts with the high content of flavonoids and vitamine C, which has therapeutically significant antioxidant potential, and the antibacterial and antifungal activities comparable with Ciprofloxacin and Amphotericin B antibiotics activity were revealed. Complexes of extracts with synergetic action were selected. Complexes of total extracts *Paeonia intermedia* (roots, ethanol) + *Paeonia intermedia* (aerial part, ethanol), *Platycladus orientalis* (aerial part, ethanol) + *Veronica incana* (roots, ethanol), *Paeonia intermedia* (roots, ethanol) + *Platycladus orientalis* (aerial part, ethanol), *Paeonia intermedia* (aerial

part, ethanol) + *Astragal sieversianus* (roots, ethanol) are characterized by high synergistic action of the components with respect to two (antimicrobial and antioxidant) activities, promising for practical use.

Key words: plant extracts, biological active compounds, antimicrobial activity, antioxidant activity, synergistic action.

Платаева А.К.*, Заворотная М.В., Кустова Т.С.,
Карпенюк Т.А., Гончарова А.В.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.
*e-mail: plataeva.aydana@mail.ru

Жиынтық өсімдік экстракттардың және олардан жасалған кешендерінің антимикробтық және антиоксиданттық белсенділігін зерттеу

Жиынтық өсімдік экстракттар негізінен алынған, сонымен қатар олардың ішінен бөлінген жеке топтар қосылыстарын қолдана отырып, табиғи өсімдік препараттарымен химиялық синтезделген дәрі-дәрмек тізімін толықтыру қазіргі заманғы медицина және фармакологияның өзекті мәселесі болып табылады. Өсімдік кешендердің ішіндегі компоненттер әрекеттердің синергизм есебінен бар немесе жаңа биологиялық белсенділіктер пайда болып, препараттың ең үлкен тиімділігін және әсер спектрін кеңейтетін мүмкіндік беретін препараттарды жасау үшін өсімдік кешендерін іріктеуі ерекше қызығушылық туғызады.

Флавоноид және С дәруменінің жоғары мазмұны, терапевті маңызды антиоксидантты әлеуетті, ципрофлоксацин және амфотерицин В антибиотиктердің белсенділігімен салыстырмалы, антимикробтық және антифунгициялық белсенділігі бар экстракттар анықталған, зерттелген биологиялық белсенділігі бар синергетикалық әсер ететін кешенді экстракттар таңдалған. Экстракттар компоненттерінің екі белсенділікке қарсы (антимикробтық және антиоксиданттық) жоғары синергетикалық әсерімен сипатталатын, сонымен бірге практикада қолданылатын перспективі бар, жиынтық экстракттардың кешенділері анықталған *Paeonia intermedia* (тамыр, этанол) + *Paeonia intermedia* (жер үсті бөлігі, этанол), *Platycladus orientalis* (жер үсті бөлігі, этанол) + *Veronica incana* (тамыр, этанол), *Paeonia intermedia* (тамыр, этанол) + *Platycladus orientalis* (жер үсті бөлігі, этанол), *Paeonia intermedia* (жер үсті бөлігі, этанол) + *Astragal sieversianus* (тамыр, этанол).

Түйін сөздер: өсімдік экстракттар, биологиялық белсенді қосылыстар, антимикробтық белсенділік, антиоксиданттық белсенділік, синергетикалық әсері.

Введение

В последние десятилетия неизмеримо возросла актуальность использования лекарственных растений. Это обусловлено тем, что все чаще мы являемся свидетелями терапевтических неудач и ятрогенных осложнений. Современная медицина активно использует лекарственные растения для лечения широкого спектра заболеваний. По производственным подсчётам 40 % лекарств сейчас имеет растительное происхождение, т. е. готовится непосредственно из растительного сырья. Как показала практика – то что «сделала» природа меньше приносит вреда организму (в виде побочных эффектов) нежели синтетические препараты. В мире насчитывается около 12 000 растений, которые имеют лечебные свойства, их активно применяют как в традиционной, так и в народной медицине. Их терапевтическая ценность доказана тысячелетней историей применения и научно обоснована результатами доклинических и клинических исследований. Биологически активные

компоненты, входящие в состав препаратов растительного происхождения, относятся к самым разнообразным химическим соединениям, которые по химической структуре подобны или даже идентичны физиологически активным веществам организма человека. Поэтому препараты растительного происхождения более физиологично включаются в биохимические процессы человеческого организма, чем синтетические лекарства. Несомненным достоинством лекарственного растительного сырья, является так же разнообразие биологически активных веществ, которые способны обеспечить поливалентность фармакологических эффектов. Мягкость действия растительных препаратов, отсутствие токсических проявлений при их применении, позволяет предполагать их существенную значимость в лечении и профилактике различных заболеваний (Grover J.K., 2000:461; Ажунова Т.А., 2011:104; Abo-Elmatty D.M.,2012:65).

Многие лекарственные растения широко применяются в фармации для получения препаратов, действие которых направленно на борьбу

с возбудителями инфекционных заболеваний, защиту организма от воздействия свободных радикалов. Иногда использование одного растительного экстракта не дает желаемого или эффективного ингибирующего эффекта. Чтобы преодолеть эту проблему, часто используется несколько растительных препаратов, синергетический эффект от сочетания которых превосходит их индивидуальную активность. Синергетическая терапия может быть использована для расширения спектра противомикробной и антиоксидантной активностей, предотвращения появления устойчивых мутантов, свести к минимуму токсичность и т.д. Для разработки эффективных фармакологических препаратов, необходимо подобрать лекарственное растительное сырьё, содержащее биологически активные компоненты с широким спектром действия. К таким биологически активным компонентам могут быть отнесены флавоноиды и витамин С, которые представляют собой идеальную комбинацию, которая обладает многими видами фармакологической активности, в том числе капилляроукрепляющей, противовоспалительной, противоаллергической, антибактериальной, антиоксидантной.

Таким образом, поиск растительных продуцентов биологически активных соединений и разработка на их основе новых высокоэффективных препаратов с различными активностями, в том числе и для лечения заболеваний, в патогенезе которых ведущее место занимают инфекционно-воспалительные процессы, является актуальной проблемой современной клинической медицины и фармакологии.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являлись дикорастущие растения флоры Казахстана: *Salvia deserta* (Lamiaceae), *Vexibia alopecuroides*, *Astragalus lanuginosus*, *Astragal sieversianus*, *Vicia subvillosa* (Fabaceae), *Platycladus orientalis* (Cupressaceae), *Paeonia intermedia* (Paeoniaceae), *Veronica incana* (Plantaginaceae), *Linum pallescens* (Linaceae), *Conium maculatum* (Apiaceae), *Artemisia absinthium* (Asteraceae).

Образцы были собраны в фазу цветения (2015, 2016 гг.) в Алматинской (3 км от шоссе Алматы Чемолган) и Восточно-Казахстанских областях (Катон-Карагайский район, на северном макросклоне хр. Алтайский Тарбагатай). Идентификация растений проводилась на основе материалов камеральной обработки собран-

ных растений и таксономического определения видов по определителям (Павлов Н.В., 1966: 335; Голосков В.Р., 1969: 198).

В работе применялись стандартные методы заготовки, фиксации и подготовки к дальнейшим исследованиям образцов растений (Музыкакина Р.А., 2010: 255; Sarker S. D., 2005: 486).

Весь растительный материал был высушен методом теневой проветриваемой сушки и хранился в пластиковых вакуумных контейнерах при температуре 20-22 °С в вентилируемом помещении, закрытом от солнечных лучей. Базовая схема выделения биологически активных соединений (БАС) состояла из следующих этапов: высушенное и предварительно измельченное сырье взвешивали и помещали в стеклянные емкости для экстракции при периодическом помешивании (метод мацерации). Затем экстракт сливали, сырье подсушивали под тягой, заливали новым растворителем большей ионной силы и повторяли процедуру экстракции. Полученные экстракты концентрировали в роторном испарителе фирмы Cole-Parmer и дополнительно упаривали. Для определения биологических активностей и содержания флавоноидов и витамина С сухие экстракты растворяли в этаноле.

Антимикробную активность суммарных экстрактов определяли методом серийных разведений в бульоне (Wayne P., 2002: 11; Methods for dilution, 2006: 3) с использованием следующих штаммов патогенных и условно патогенных микроорганизмов: бактерии *Staphylococcus aureus* ATCC 29213, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Escherichia coli* ATCC 8739, дрожжеподобный гриб *Candida albicans* ATCC 90028. Препаратами сравнения были антибиотики «Ципрофлоксацин» и «Амфотерицин В». Для инокуляции использовали стандартную микробную взвесь (эквивалентную 0,5 по стандарту Мак-Фарланда), разведенную в 100 раз питательным бульоном до конечной концентрации клеток микроорганизмов 10⁶ КОЕ/мл. В пробирки, содержащие по 0,5 мл разведенного экстракта, вносили по 0,5 мл инокулята (конечная концентрация микроорганизмов – 5x10⁵ КОЕ/мл.). Отрицательным контролем были пробирки с 0,5 мл питательного бульона. Все исследуемые пробирки инкубировали при температуре 35° С в течение 24 ч. Пробирки с отрицательным контролем помещали в холодильник при 4°С, где они хранились до окончания опыта. После завершения инкубации пробирки с образцами просматривали в проходящем свете при 630 нм на приборе Lamda 35 (фирмы Perkin Elmer). Концентрацию полу-

максимального ингибирования (IC_{50}) рассчитывали графически.

Определение антиоксидантного потенциала суммарных экстрактов проводили фотометрически с использованием радикал-катионов ABTS⁺ по методу Re (Re R., 1999: 1231). Принцип метода заключается в совместном инкубировании ABTS (2,2'-азино-бис-(этилбензтиазолино-6-сульфонат)) с персульфатом аммония, что приводит к образованию катион-радикала ABTS⁺. Антиоксиданты, содержащиеся в тестируемой пробе, уменьшают оптическую плотность пропорционально их концентрации в образце.

Измерения проводили при длине волны 734 нм, используя спектрофотометр BioMate 3S, фирмы Thermo Scientific. Антиоксидантный потенциал определяли в процентах изменения поглощения исходного раствора ABTS⁺. Процентное ингибирование ABTS⁺ (доля, на которую снижается концентрация свободных радикалов в системе под действием экстракта, обладающего антиоксидантной активностью) вычисляли по формуле:

Ингибирование (%) = $[(A_k - A_o) : A_k] \times 100$, где A_k – абсорбция контрольного образца; A_o – адсорбция опытного образца.

Общее количество флавоноидов определяли колориметрическим методом с использованием хлорида алюминия. Были использованы водные и спиртовые разведения сухих экстрактов. Концентрация была скорректирована под диапазон концентрации флавоноидов до 400 мкг/мл и стандартный раствор кверцетина (10-100 мкг/мл). В мерную колбу, объемом 10 миллилитров, вносили по 1 мл образца и добавляли по 4 мл дистиллированной воды. К данной взвеси добавляли по 0,3 мл 5% NaNO₂ и инкубировали в течении 5 минут. После чего вносили по 0,3 мл 10% раствора AlCl₃ и инкубировали еще в течении 1 минуты. Далее для остановки реакции вносили по 2 мл 1 М раствора NaOH и доводили общий объем до 10 мл, после чего перемешивали и проводили измерения при длине волны 510 нм. Общее содержание флавоноидов в экстрактах выражено в миллиграммах на 1 г сухой массы образца (Avani P., 2010: 66).

Общее количество витамина С в растительном материале определяли фотометрическим методом с использованием хлорного железа и феррицианида калия. К 1 мл раствора полученного экстракта добавляли 1 мл 1мМ раствора хлорного железа и 1 мл 3мМ раствора феррици-

анида калия, перемешивали, затем переносили в кювету спектрофотометра. Проводили измерения при длине волны 693 нм. По калибровочному графику рассчитывали содержание аскорбиновой кислоты в анализируемом образце (Бородин Е.А., 2013: 1).

Результаты исследования и их обсуждение

В экспедиционных выездах нами осуществлен сбор дикорастущих растений, которые согласно литературным данным (Dugoua J.J., 2000: 837; Дренин А.А., 2008: 109; Biswas N.N., 2014: 792; Губаненко Г. А., 2014: 165) потенциально могут стать перспективными источниками фитопрепаратов с антимикробной и антиоксидантной активностями.

Данные лекарственные растения, наряду с другими БАС содержат фенольные соединения, которые в силу широкого распространения в растениях и большого структурного разнообразия в настоящее время находятся в центре внимания исследователей в области фармакогнозии, фармации и медицины. Наиболее многочисленный класс природных фенольных соединений – флавоноиды, для которых характерно структурное многообразие, высокая и разносторонняя активность и малая токсичность. Широкая амплитуда биологической активности флавоноидов связана с многообразием их химических структур и вытекающих из этого различных физико-химических свойств. Флавоноиды, будучи эволюционно адекватными организму человека, обуславливают антиоксидантные, ангиопротекторные, гепатопротекторные, желчегонные, диуретические, нейротропные и другие важнейшие фармакологические свойства. Выявлено отрицательное влияние кверцетина на грамположительные бактерии, флавонов и халконов – на стафилококк; установлена противовирусная активность полифенолов груши в отношении гриппа штамма PR-8 (Дренин А.А., 2008: 111; Артемкина Н.А., 2010: 153; Немерешина О.Н., 2012: 55).

Из различных частей собранных нами растений методом последовательной мацерации разнополярными растворителями (дихлорметаном и этанолом) получены сухие экстракты, которые проверены на содержание флавоноидов и витамина С (таблица 2), являющихся одними из основополагающих соединений для проявления антимикробной и антиоксидантной активностей.

Таблица 1 – Выход сухого экстракта, флавоноидов и витамина С при извлечении БАС из различных частей растений, $P < 0,001$

Исследуемый экстракт	Количество полученного экстракта (сухой вес, г/100г)	Количество флавоноидов мг/100 г сухого сырья	Количество витамина С мг/100 г сухого сырья
<i>Salvia deserta</i> (корни, дихлорметан)	5,0	178,0±16,9	142,5±13,7
<i>Salvia deserta</i> (корни, этанол)	4,3	95,0±7,6	123,8±10,4
<i>Vexibia alopecuroides</i> (корни, дихлорметан)	2,2	168,1±18,4	63,1±5,3
<i>Vexibia alopecuroides</i> (корни, этанол)	8,7	425,4±21,3	31,3±2,6
<i>Astragalus lanuginosus</i> (корни, дихлорметан)	5,7	111,2±8,9	51,3±3,5
<i>Astragal sieversianus</i> (корни, этанол)	9,7	45,6±2,7	21,3±1,7
<i>Platycladus orientalis</i> (надземная часть, дихлорметан)	4,8	125,8±10,7	64,3±4,8
<i>Platycladus orientalis</i> (надземная часть, этанол)	4,3	54,2±3,3	129,0±12,5
<i>Paeonia intermedia</i> (корни, дихлорметан)	3,3	46,5±3,4	85,8±6,5
<i>Paeonia intermedia</i> (корни, этанол)	5,3	39,2±3,1	226,8±15,6
<i>Veronica incana</i> (корни, дихлорметан)	6,9	0	76,6±6,4
<i>Veronica incana</i> (корни, этанол)	4,9	0	114,7±9,7
<i>Paeonia intermedia</i> (надземная часть, дихлорметан)	5,3	159,5±15,1	198,2±16,8
<i>Paeonia intermedia</i> (надземная часть, этанол)	4,3	29,7±2,5	181,5±14,3
<i>Linum pallescens</i> (надземная часть, дихлорметан)	4,5	71,1±4,9	47,3±5,2
<i>Conium maculatum</i> (корни, дихлорметан)	3,4	63,6±4,2	11,6±0,9
<i>Artemisia absinthium</i> (надземная часть, дихлорметан)	3,5	30,5±2,4	22,8±1,6
<i>Vicia subvillosa</i> (надземная часть, этанол)	3,9	23,0±2,1	3,1±0,2

в таблице представлено среднее значение ± стандартное отклонение (n=3)

Установлено, что высоким содержанием флавоноидов характеризуются экстракты из *Astragalus lanuginosus* (корни, дихлорметан), *Linum pallescens* (надземная часть, дихлорметан), *Platycladus orientalis* (надземная часть, дихлорметан), *Paeonia intermedia* (надземная часть, дихлорметан), *Conium Maculatum* (корни, дихлорметан). А для экстрактов *Paeonia intermedia* (корни, этанол), *Platycladus orientalis* (надземная часть, этанол), *Paeonia intermedia* (корни, дихлорметан), *Paeonia intermedia* (надземная часть, дихлорметан), *Paeonia intermedia* (надземная часть, этанол), *Veronica incana* (корни, этанол) характерно высокое содержание витамина С.

Максимальное содержание флавоноидов при извлечении БАС дихлорметановым растворителем из различных частей растений было выявлено у *Vexibia alopecuroides* (корни) = 168,1 мг, *Salvia deserta* (корни) = 178,0 мг, *Paeonia intermedia* (надземная часть) = 125,8 мг. У

остальных дихлорметановых экстрактов количество флавоноидов варьировало от 125,8 до 30,5 мг в 100 г сухого сырья. В экстракте, полученном из корней *Veronica incana* флавоноиды отсутствовали.

При доизвлечении БАС этиловым спиртом максимальное содержание флавоноидов было характерно для экстракта *Vexibia alopecuroides* (корни) = 425,4 мг. В остальных спиртовых экстрактах содержание флавоноидов варьировало в пределах 95,0 – 45,6 мг в 100 г сухого сырья. В спиртовом экстракте *Veronica incana* (корни) флавоноидов не выявлено.

Максимальным содержанием витамина С характеризовались сухие экстракты, полученные из *Paeonia intermedia* (корни, этанол) 226,8 мг, *Paeonia intermedia* (надземная часть, этанол) 181,5 мг, *Paeonia intermedia* (надземная часть, дихлорметан) 198,2 мг, *Platycladus orientalis* (надземная часть, этанол) 129,0 мг в 100 г сухого сырья.

Данные по антиоксидантной активности полученных экстрактов приведены в таблице 2. В качестве стандарта вещества-антиоксиданта использован раствор аскорбиновой кислоты (100 мкг/мл). Из 10 проверенных экстрактов полученных при извлечении БАС дихлорметаном, 2 обладали относительно высокой АОА (в

концентрации 100 мкг/мл), составляющей 93% (*Paeonia intermedia* (корни)) и 75% (*Paeonia intermedia* (надземная часть)) активности аскорбиновой кислоты такой же концентрации. Активность остальных экстрактов была значительно ниже и варьировала в интервале от 49 % до 14% активности аскорбиновой кислоты.

Таблица 2 – Антиоксидантная активность (АОА) экстрактов и концентрация полумаксимального ингибирования свободного радикала ABTS⁺ (IC₅₀), P<0,001

Экстракт	Антиоксидантная активность (%) экстрактов при концентрации 100 мкг/мл	IC ₅₀ (мкг/мл)
<i>Salvia deserta</i> (корни, дихлорметан)	49,1±4,7	NA
<i>Salvia deserta</i> (корни, этанол)	47,5±4,5	NA
<i>Vexibia alopecuroides</i> (корни, дихлорметан)	27,0±2,4	NA
<i>Vexibia alopecuroides</i> (корни, этанол)	3,0±0,03	NA
<i>Astragalus Lanuginosus</i> (корни, дихлорметан)	16,9±1,5	NA
<i>Astragal sieversianus</i> (корни, этанол)	18,5±0,6	NA
<i>Platyclusus orientalis</i> (надземная часть, дихлорметан)	14,4±1,4	NA
<i>Platyclusus orientalis</i> (надземная часть, этанол)	74,8±7,2	17,9±1,5
<i>Paeonia intermedia</i> (корни, дихлорметан)	92,7±8,9	19,3±1,6
<i>Paeonia intermedia</i> (корни, этанол)	98,7±8,8	15,9±0,9
<i>Veronica incana</i> (корни, дихлорметан)	41,0±3,7	NA
<i>Veronica incana</i> (корни, этанол)	97,8±8,8	31,3±2,4
<i>Paeonia intermedia</i> (надземная часть, дихлорметан)	74,3±6,6	32,7±2,8
<i>Paeonia intermedia</i> (надземная часть, этанол)	95,6±8,6	19,5±1,5
<i>Linum pallescens</i> (надземная часть, дихлорметан)	26,1±2,3	NA
<i>Conium Maculatum</i> (корни, дихлорметан)	26,1±2,3	NA
<i>Artemisia absinthium</i> (надземная часть, дихлорметан)	35,0±3,1	NA
<i>Vicia subvillosa</i> (надземная часть, этанол)	34,6±3,4	NA
Витамин С	99,2±9,8	2,9±0,3

Примечание – NA – означает, что образец обладает средней или низкой АОА и для него IC₅₀ не рассчитан в таблице представлено среднее значение ± стандартное отклонение (n=3)

Экстракты полученных при извлечении БАС этанолом также обладали АОА. 4 из 8 таких экстрактов, обладали относительно высокой АОА, составляющей при концентрации экстракта 100 мкг/мл от 99% до 75% активности аскорбиновой кислоты. АОА экстрактов уменьшалась в ряду: *Paeonia intermedia* (корни), *Veronica incana* (корни), *Paeonia intermedia* (надземная часть), *Platyclusus orientalis* (надземная часть). Активность остальных экстрактов была ниже и варьировала в интервале от 48% до 3% активности аскорбиновой кислоты.

Объективным критерием АОА индивидуальных соединений и их смесей считается параметр IC₅₀, т.е. концентрация антиоксиданта, которая вызывает восстановление 50% катион – радикала ABTS. Концентрацией полумаксимального ингибирования свободного радикала ABTS⁺ (IC₅₀), сопоставимой с IC₅₀ витамина С не обладал ни один из полученных экстрактов. Для шести экстрактов значение IC₅₀, отражающие в условиях наших экспериментов суммарное содержание высокоактивных компонентов, варьировало в интервале от 18 до 33 мкг/мл, что

свидетельствует о наличии у них терапевтически значимой антиоксидантной активности, поскольку в соответствии величинами IC_{50} такие концентрации действующих веществ легко достижимы в организме при употреблении препарата в разумных дозах. Остальные экстракты по АОА были отнесены к малоактивным.

Антибактериальная активность была изучена как для экстрактов, полученных при извлечении БАС дихлорметаном, так и для экстрактов полученных при извлечении БАС этиловым спиртом (таблица 3). Высокая антибактериальная активность в отношении рода *E. coli* характерна для экстрактов, выделенных из надземных частей растений *Linum pallescens* и *Artemisia absinthium*, IC_{50} которых составило 1,8 мг/мл и 3,4 мг/мл. Для 2 экстрактов: *Artemisia absinthium* (надземная часть, дихлорметан), *Paeonia intermedia* (надземная часть, дихлорметан) была характерна высокая активность в отношении *St. aureus* (IC_{50} 2,4 мг/мл и 3,7 мг/мл). Так же проявили антибактериальную активность в отношении *St. aureus* экстракты: *Paeonia intermedia*

(корни, этанол), *Paeonia intermedia* (надземная часть, этанол), IC_{50} 2,9 мг/мл, 3,7 мг/мл, соответственно. *Linum pallescens* (надземная часть, дихлорметан) показал высокую активность против тест-объекта *P. aeruginosa* (IC_{50} 2,3 мг/мл). Хорошую антимикробную активность проявил экстракт *Conium maculatum* против *P. aeruginosa* IC_{50} составила 3,9 мг/мл. Остальные экстракты на рост тест-объектов влияния не оказывали или оно было слабо выраженным.

Также для данных экстрактов была оценена антифунгицидная активность в отношении тест-объекта *C. albicans*. Полученные данные показали, что только некоторые экстракты обладают искомой активностью (таблица 3). Высокая антифунгицидная активность была характерна для 3 экстрактов: *Platycladus orientalis* (надземная часть, дихлорметан), *Veronica incana* (корни, дихлорметан), *Paeonia intermedia* (надземная часть, этанол). IC_{50} составили 0,08 мг/мл, 0,09 мг/мл, 0,09 мг/мл, соответственно. Остальные экстракты на рост тест-объекта влияния не оказывали.

Таблица 3 – Антимикробная активность суммарных экстрактов, оцененная по величине IC_{50} , $P < 0,001$

Экстракт	Антимикробная активность IC_{50} мг/мл			
	<i>E.coli</i>	<i>St.aureus</i>	<i>P. aerugi- nosa</i>	<i>Candida albicans</i>
<i>Salvia deserta</i> (корни, дихлорметан)	>10	0,0057±0,0004	>10	>10
<i>Salvia deserta</i> (корни, этанол)	>10	>10	>10	>10
<i>Vexibia alopecurooides</i> (корни, дихлорметан)	>10	0,0031±0,0002	>10	>10
<i>Vexibia alopecurooides</i> (корни, этанол)	>10	>10	>10	>10
<i>Astragalus Lanuginosus</i> (корни, дихлорметан)	>10	>10	>10	>10
<i>Astragal sieversianus</i> (корни, этанол)	4,9±0,4	>10	6,3±0,5	>10
<i>Platycladus orientalis</i> (надземная часть, дихлорметан)	>10	>10	>10	0,08±0,007
<i>Platycladus orientalis</i> (надземная часть, этанол)	>10	>10	>10	>10
<i>Paeonia intermedia</i> (корни, дихлорметан)	>10	>10	>10	>10
<i>Paeonia intermedia</i> (корни, этанол)	>10	2,9±0,3	>10	>10
<i>Veronica incana</i> (корни, дихлорметан)	5,5±0,5	5,5±0,5	5,0±0,5	0,09±0,008
<i>Veronica incana</i> (корни, этанол)	>10	>10	>10	>10
<i>Paeonia intermedia</i> (надземная часть, дихлорметан)	>10	3,7±0,4	5,9±0,5	>10
<i>Paeonia intermedia</i> (надземная часть, этанол)	5,9±0,5	3,7±0,4	>10	0,09±0,008
<i>Linum pallescens</i> (надземная часть, дихлорметан)	1,8±0,2	4,5±0,3	2,3±0,2	>10
<i>Conium Maculatum</i> (корни, дихлорметан)	6,8±0,6	4,3±0,4	3,9±0,3	>10

Экстракт	Антимикробная активность IC ₅₀ мг/мл			
	<i>E.coli</i>	<i>St.aureus</i>	<i>P. aerugi- nosa</i>	<i>Candida albicans</i>
<i>Artemisia absinthium</i> (надземная часть, дихлорметан)	3,4±0,3	2,4±0,2	4,1±0,4	>10
<i>Vicia subvillosa</i> (надземная часть, этанол)	4,3±0,4	>10	5,3±0,5	>10
Ципрофлоксацин	0,0001±0,00001	0,0001±0,00001	0,0001±0,00001	н/о
Амфотерицин В	н/о	н/о	н/о	0,00028±0,00002

Примечание – >10 – означает, что образец не активен в таблице представлено среднее значение ± стандартное отклонение (n=3)
н/о – не определяли

Был проведен эксперимент по оценке эффективности и целесообразности составления комплексов из полученных суммарных экстрактов отдельных видов растений (соотношение смешиваемых между собой сухих экстрактов 1:1). При совмещении в комплексы были использованы как показавшие высокое содержание флавоноидов и витамина С экстракты, так и экстракты с более низким содержанием данных веществ. Подобный выбор вариаций для создания комплексов, обуславливается поиском комбинаций, проявляющих наиболее высокие показатели синергетического взаимодействия.

В таблице 4 приведены характеристики комплексов, полученных путем объединения двух экстрактов (их антибактериальная и антиоксидантная активности, оцененные по IC₅₀ – концентрации комплекса экстрактов при которой

происходит 50%-ное ингибирование свободного радикала ABTS⁺ и 50% подавление роста тест-объектов.

Из 11 испытанных комплексов, антиоксидантная активность была характерна для 7 комплексов: *Paeonia intermedia* (корни, дихлорметан) + *Paeonia intermedia* (надземная часть, дихлорметан), *Paeonia intermedia* (надземная часть, этанол)+ *Astragal sieversianus* (корни, этанол), *Platycladus orientalis* (надземная часть, этанол) + *Veronica incana* (корни, этанол), *Paeonia intermedia* (корни, этанол)+ *Platycladus orientalis* (надземная часть, этанол), *Astragal sieversianus* (корни, этанол) + *Veronica incana* (корни, этанол), *Paeonia intermedia* (корни, этанол)+ *Vicia subvillosa* (надземная часть, этанол), *Paeonia intermedia* (корни, этанол)+ *Paeonia intermedia* (надземная часть, этанол).

Таблица 4 – Антимикробная и антиоксидантная активности комплексов, P<0,001

Комплекс	Антимикробная активность IC ₅₀ мг/мл				Антиоксидантная активность IC ₅₀ мкг/мл IC 50 мкг/мл IC 50 мкг/мл
	<i>E.coli</i>	<i>St. aureus</i>	<i>P. aerugi- nosa</i>	<i>Candida albicans</i>	
<i>Astragalus Lanuginosus</i> (корни, дихлорметан) + <i>Linum pallescens</i> (надземная часть, дихлорметан)	>10	4,4±0,4	3,9±0,3	>10	NA
<i>Platycladus orientalis</i> (надземная часть, этанол) + <i>Veronica incana</i> (корни, этанол)	>10	>10	5,5±0,4	>10	20,7±1,8
<i>Platycladus orientalis</i> (надземная часть, дихлорметан) + <i>Veronica incana</i> (корни, дихлорметан)	1,1±0,08	3,8±0,2	7,1±0,8	4,9±0,4	NA

<i>Paeonia intermedia</i> (корни, этанол) + <i>Platycladus orientalis</i> (надземная часть, этанол)	>10	8,2±0,8	1,4±0,1	>10	17,0±1,5
<i>Paeonia intermedia</i> (корни, дихлорметан) + <i>Platycladus orientalis</i> (надземная часть, дихлорметан)	2,0±0,18	3,3±0,3	0,9±0,07	4,8±0,4	NA
<i>Paeonia intermedia</i> (корни, дихлорметан) + <i>Paeonia intermedia</i> (надземная часть, дихлорметан)	6,6±0,5	6,3±0,5	3,0±0,2	6,2±0,7	47,8±4,3
<i>Paeonia intermedia</i> (корни, этанол) + <i>Paeonia intermedia</i> (надземная часть, этанол)	2,1±0,2	0,08±0,007	5,5±0,5	>10	2,8±0,2
<i>Paeonia intermedia</i> (корни, этанол) + <i>Vicia subvillosa</i> (надземная часть, этанол)	7,7±0,6	>10	>10	6,4±0,5	5,5±0,4
<i>Astragal sieversianus</i> (корни, этанол) + <i>Veronica incana</i> (корни, этанол)	2,3±0,2	>10	>10	>10	9,3±0,8
<i>Paeonia intermedia</i> (надземная часть, этанол) + <i>Astragal sieversianus</i> (корни, этанол)	6,9±0,6	>10	3,0±0,2	1,5±0,1	23,0±1,8
<i>Artemisia absinthium</i> (надземная часть, дихлорметан) + <i>Conium maculatum</i> (корни, дихлорметан)	4,9±0,3	3,5±0,3	2,1±0,2	0,9±0,08	NA
Примечание – >10 – означает, что образец не активен IC ₅₀ – концентрация полумаксимального ингибирования NA – означает, что образец обладает средней или низкой АОА и для него IC ₅₀ не рассчитан в таблице представлено среднее значение ± стандартное отклонение (n=3)					

Для 3 комплексов характерно проявление синергетического действия входящих в их состав компонентов, значительно увеличивающих их антиоксидантную активность, снижая при этом концентрацию полумаксимального ингибирования катион-радикала ABTS^{•+}. Наиболее выраженный синергизм характерен для комплекса экстрактов *Paeonia intermedia* (корни, этанол) + *Paeonia intermedia* (надземная часть, этанол), IC₅₀ которого составила 2,8 мкг/мл, в то время как относительная IC₅₀ для экстрактов, входящих в состав данного комплекса была значительно выше – 15,9 и 19,5 мкг/мл соответственно. Также снижение IC₅₀ характерно для комплекса экстрактов *Paeonia intermedia* (корни, этанол) + *Vicia subvillosa* (надземная часть, этанол) и *Astragal sieversianus* (корни, этанол) + *Veronica incana* (корни, этанол) – 5,5 мкг/мл и 9,3 мкг/мл соответственно, не смотря на то, что экстракты *Vicia subvillosa* (надземная часть, этанол) и *Astragal sieversianus* (корни, этанол) искомой активностью не обладали. Для комплекса *Paeonia intermedia* (корни, дихлорметан) + *Paeonia in-*

termedia (надземная часть, дихлорметан) характерно проявление суммированного синергизма, представляющего такое взаимодействие БАС, когда общий эффект равен сумме эффектов двух компонентов.

Высокие показатели синергического действия в отношении трех испытанных бактериальных тест-объектов – *E.coli*, *S.aureus*, *P.aeruginosa* выявлены для комплексов экстрактов *Paeonia intermedia* (корни, дихлорметан) + *Platycladus orientalis* (надземная часть, дихлорметан), *Paeonia intermedia* (корни, этанол) + *Paeonia intermedia* (надземная часть, этанол). Для комплекса *Paeonia intermedia* (корни, дихлорметан) + *Platycladus orientalis* (надземная часть, дихлорметан) IC₅₀ составило 2,0 мг/мл, 3,3 мг/мл, 0,9 мг/мл соответственно. А для комплекса экстрактов *Paeonia intermedia* (корни, этанол) + *Paeonia intermedia* (надземная часть, этанол) IC₅₀ составило 2,1 мг/мл, 0,08 мг/мл, 5,5 мг/мл соответственно. Для комплексов экстрактов *Platycladus orientalis* (надземная часть, дихлорметан) + *Veronica incana* (корни, дихлорметан), *Astragal*

sieversianus (корни, этанол) + *Veronica incana* (корни, этанол), *Paeonia intermedia* (корни, дихлорметан) + *Paeonia intermedia* (надземная часть, дихлорметан) было выявлено высокое синергическое действие в отношении лишь одного тест объекта *E.coli*, IC_{50} комплексов составило 1,1 мг/мл, 2,3 мг/мл и 6,6 мг/мл соответственно. Для комплексов экстрактов *Platycladus orientalis* (надземная часть, дихлорметан) + *Veronica incana* (корни, дихлорметан) и *Astragalus Lanuginosus* (корни, дихлорметан) + *Linum pallescens* (надземная часть, дихлорметан) было выявлено высокое синергическое действие в отношении одного тест объекта *S.aureus*, IC_{50} составило 3,8 мг/мл и 4,4 мг/мл соответственно. Синергическое действие в отношении рода *P. aeruginosa* было характерно для *Paeonia intermedia* (корни, этанол) + *Platycladus orientalis* (надземная часть, этанол), *Artemisia absinthium* (надземная часть, дихлорметан) + *Conium maculatum* (корни, дихлорметан), *Paeonia intermedia* (корни, дихлорметан) + *Paeonia intermedia* (надземная часть, дихлорметан), *Paeonia intermedia* (надземная часть, этанол) + *Astragal sieversianus* (корни, этанол), *Platycladus orientalis* (надземная часть, этанол) + *Veronica incana* (корни, этанол) IC_{50} комплексов составило 1,4 мг/мл, 2,1 мг/мл, 3,0 мг/мл, 3,0 мг/мл, 5,5 мг/мл соответственно. Остальные комплексы экстрактов продемонстрировали незначительное синергическое действие по отношению к бактериальным тест-объектам.

Для комплексов экстрактов *Artemisia absinthium* (надземная часть, дихлорметан) + *Coni-*

um maculatum (корни, дихлорметан), *Paeonia intermedia* (надземная часть, этанол) + *Astragal sieversianus* (корни, этанол), *Paeonia intermedia* (корни, дихлорметан) + *Platycladus orientalis* (надземная часть, дихлорметан), *Paeonia intermedia* (корни, дихлорметан) + *Paeonia intermedia* (надземная часть, дихлорметан), *Paeonia intermedia* (надземная часть, этанол) + *Vicia subvillosa* (надземная часть, этанол), было выявлено высокое синергическое действие в отношении тест объекта *C.albicans*, IC_{50} для которых 0,9 мг/мл, 1,5 мг/мл, 4,8 мг/мл, 6,2 мг/мл и 6,4 мг/мл соответственно, тогда как экстракты, входящие в состав комплексов, за исключением экстрактов *Paeonia intermedia* (надземная часть, этанол), *Platycladus orientalis* (надземная часть, дихлорметан) искомой активностью не обладали. Для комплекса экстрактов *Platycladus orientalis* (надземная часть, дихлорметан) + *Veronica incana* (корни, дихлорметан), было характерно увеличение значения IC_{50} , хотя экстракты входящие в состав комплекса, обладали высокой искомой активностью. Вероятно, в данном случае проявляется антогонистическое действие смешиваемых БАС. У остальных подобранных комплексов ингибирования тест-объекта *C.albicans* не наблюдалось.

Таким образом, полученные данные по антимикробной и антиоксидантной активностям подобранных комплексов представляют интерес для дальнейших исследований по созданию поликомпонентных препаратов растительного происхождения.

Литература

- 1 Grover J.K., Vats V., Rathi S.S. Medicinal plants of India with anti-diabetic potential // Journal of Ethnopharmacology. – 2000. – №73. – P. 461-470.
- 2 Ажунова Т.А., Лемза С.В., Линхоева Е.Г. Фармакотерапевтическая эффективность комплексного растительного средства при экспериментальном диабете / под ред. Т.А. Ажунова, С.В. Лемза, Е.Г. Линхоева // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2011. – №1. – С. 104-108.
- 3 Abo-Elmatty D.M., Essawy S.S., Badr J.M., Sterner O. Antioxidant and anti-inflammatory effects of Urticopilulifera extracts in type2 diabetic rats // Journal of Ethnopharmacology. – 2012. – № 142(1). – P. 65-71.
- 4 Pandikumar P., Babu N.P., Ignacimuthu S. Hypoglycemic and antihyperglycemic effect of Begonia malabarica Lam.in normal and streptozotocin induced diabetic rats // Journal of Ethnopharmacology. – 2009. – Vol. 124. – P. 111-115.
- 5 Genta S.B., Cabrera W.M., Mercado M.I., Grau A., Catalan C.A., Sanchez S.S. Hypoglycemic activity of leaf organic extracts from Smallanthussonchifolius: Constituents of the most active fractions // Chemico- Biological Interactions. – 2010. – Vol. 185. – P. 143-152.
- 6 Baskaran K., AhamathK.B., ShanmugasundaramR.K., Shanmugasundaram E.R. Antidiabetic effect of a leaf extract from Gymnemasylvestre in non-insulin-dependent diabetesmellitus patients // Journal of Ethnopharmacology. – 1990. – Vol. 30. – P. 295–300.
- 7 Blevins S.M., Leyva M.J., Brown J., Wright J., Scofield R.H, Aston C.E. Effect of cinnamon on glucose and lipid levels in non insulin-dependent type 2 diabetes // Diabetes Care. – 2007. – Vol. 30. – P. 2236–2237.
- 8 Павлов Н.В. Флора Казахстана: в 9 т. / под ред. Павлов Н. В. – Алма-Ата: Академия наук Казахской ССР, 1956 – 1966. – Т. 9. – 654 с.

- 9 Голосков В.Р. Иллюстрированный определитель растений Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1969. – Т. 1. – 243 с.
- 10 Музычкина Р.А., Корулькин Д.Ю., Абилов Ж.А. Основы химии природных соединений. Алматы: Қазақ университеті, 2010. – 564 с.
- 11 Sarker S. D., Latif Z., Gray A. I. Natural Products Isolation. - New York City: Human Press, – 2005. – 515 p.
- 12 National Committee for Clinical Laboratory Standards (NCCLS) (Wayne, Pa.): Reference method for broth dilution antifungal susceptibility testing of yeasts; Approved Standard – Second Edition. Document M27-A2, 2002. – 22 p.
- 13 NCCLS: Methods for dilution antimicrobial susceptibility test for bacteria that grow aerobically, approved Standard – Seventh edition; Document M7-A7, 2006. – 26 p.
- 14 Re R., Pellegrini N., Proteggente A. et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation depolarization assay // Free Radical Biology and Medicine. – 1999. – Vol. 26. – № 9/10.- P. 1231-1237.
- 15 Avani P. et al. Estimation of Flavonoid, Polyphenolic Content and In-vitro Antioxidant Capacity of leaves of *Tephrosia purpurea* Linn. (Leguminosae) // International Journal of Pharma Sciences and Research. -2010. – Vol.1. – N 1. -P. 66-77.
- 16 Пат. 2490628 Российская Федерация МПК G01N 33/15, Способ определения содержания аскорбиновой кислоты / Бородин Е.А., заявитель и патентообладатель Амурская государственная медицинская академия. – №2011144137/15, заявл., 31.10.2011; опубл. 20.08.2013, Бюл. №23.
- 17 Dugoua J.J., Seely D., Perri D., Cooley K., Forelli T., Mills E., Koren G. From type 2 diabetes to antioxidant activity: A systematic review of the safety and efficacy of common and cassia cinnamon bark // Canadian Journal of Physiology and Pharmacology. -2000.- Vol.85. -P. 837-847.
- 18 Дренин А.А. Флавоноиды и изофлавоноиды трех видов растений родов *Trifolium* L. и *Vicia* L.- Сургут. – 2008.- 109 с.
- 19 Biswas N.N., Saha S., Ali M. Kh. Antioxidant, antimicrobial, cytotoxic and analgesic activities of ethanolic extract of *Mentha arvensis* L. Asian Pacific // Journal of Tropical Biomedicine.- 2014. – Vol 4.-№ 10. -P. 792-797
- 20 Губаненко Г. А., Морозова Е.В., Рубчевская Л.П. Влияние природно-климатических факторов на содержание флавоноидов в биомассе пиона уклоняющегося *Raemonia Anomala* L // Химия растительного сырья. – 2014. – №1. – С. 165-170.
- 21 Артемкина Н.А. Содержание фенольных соединений в *V. Vitis-idaea* L. Сосновых лесов Кольского полуострова // Химия растительного сырья. – 2010. – №3. – С. 153-160.
- 22 Немерешина О.Н., Гусев Н.Ф., Филиппова А.В., Сычева М.В. Антимикробные свойства сухих экстрактов из сырья видов рода *Veronica* L. // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 8. – С. 54-58

References

- 1 Grover J.K., Vats V., Rathi S.S. (2000) Medicinal plants of India with anti-diabetic potential. Journal of Ethnopharmacology, №73:461-470
- 2 Azhunova T.A., Lemza S.V., Linkhoeva E.G (2011). Farmakoterapevticheskaia effektivnost' kompleksnogo rastitel'nogo sredstva pri eksperimental'nom diabete (pod red. T.A. Azhunova, S.V. Lemza, E.G. Linkhoeva Biulleten' VSNTs SO RAMN) №1:104-108.
- 3 Abo-Elmatty D.M., Essawy S.S., Badr J.M., Sterner O. (2012) Antioxidant and anti-inflammatory effects of *Urtica pilulifera* extracts in type2 diabetic rats. Journal of Ethnopharmacology, 142(1): 65-71
- 4 Pandikumar P., Babu N.P., Ignacimuthu S. (2009) Hypoglycemic and antihyperglycemic effect of *Begonia malabarica* Lam. in normal and streptozotocin induced diabetic rats. Journal of Ethnopharmacology, 124: 111-115
- 5 Genta S.B., Cabrera W.M., Mercado M.I., Grau A., Catalan C.A., Sanchez S.S. (2010) Hypoglycemic activity of leaf organic extracts from *Smallanthus sonchifolius*: Constituents of the most active fractions. Chemo- Biological Interactions, 185: 143-152
- 6 Baskaran K., Ahamath K.B., Shanmugasundaram R.K., Shanmugasundaram E.R. (1990) Antidiabetic effect of a leaf extract from *Gymnema sylvestre* in non-insulin-dependent diabetes mellitus patients. Journal of Ethnopharmacology, 30:295–300
- 7 Blevins S.M., Leyva M.J., Brown J., Wright J., Scofield R.H., Aston C.E. (2007) Effect of cinnamon on glucose and lipid levels in non insulin-dependent type 2 diabetes. Diabetes Care, 30: 2236–2237.
- 8 Pavlov N.V. (1956 – 1966) Flora Kazakhstana v 9 t. (pod red. Pavlov N. V.), Akademiia nauk Kazakhskoi SSR Alma-Ata, 9:654 s (In Russian)
- 9 Goloskov V.R. (1969) Illiustrirovannyi opredelitel' rastenii Kazakhstana, Nauka, Alma-Ata, 1:243 s. (In Russian)
- 10 Muzychkina R.A., Korul'kin D.Iu., Abilov Zh.A. (2010) Osnovy khimii prirodnykh soedinenii, Kazak universiteti, Almaty, s. 564 (In Russian)
- 11 Sarker S. D., Latif Z., Gray A. I. (2005) Natural Products Isolation, Human Press New York City, 515 p.
- 12 National Committee for Clinical Laboratory Standards (NCCLS) (Wayne, Pa.) (2002) [Reference method for broth dilution antifungal susceptibility testing of yeasts; Approved Standard – Second Edition. Document M27-A2], p.22
- 13 NCCLS (2006) [Methods for dilution antimicrobial susceptibility test for bacteria that grow aerobically, approved Standard – Seventh edition Document M7-A7] p.26
- 14 Re R., Pellegrini N., Proteggente A. et al. (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation depolarization assay. Free Radical Biology and Medicine, 26 (9/10):1231-1237
- 15 Avani Patel et al. (2010) Estimation of Flavonoid, Polyphenolic Content and In-vitro Antioxidant Capacity of leaves of *Tephrosia purpurea* Linn. (Leguminosae). International Journal of Pharma Sciences and Research, 1(1):66-77

- 16 Pat. 2490628 Rossiiskaia Federatsiia MPK G01N 33/15, Sposob opredeleniia sodержaniia askorbinovoi kisloty [Borodin E.A., zaiavitel' i patentoobladatel' Amurskaia gosudarstvennaia meditsinskaia akademiia. – №2011144137/15, zaiavl., 31.10.2011; opubl. 20.08.2013, Biul. №23] (In Russian)
- 17 Dugoua J.J., Seely D., Perri D., Cooley K., Forelli T., Mills E., Koren G. (2000) From type 2 diabetes to antioxidant activity: A systematic review of the safety and efficacy of common and cassia cinnamon bark. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 85:837–847
- 18 Drenin A.A. (2008) Flavonoidy i izoflavonoidy trekh vidov rastenii rodov *Trifolium* L. i *Vicia* L, Surgut, 109 s.
- 19 Biswas N.N., Saha S., Ali M. Kh. (2014) Antioxidant, antimicrobial, cytotoxic and analgesic activities of ethanolic extract of *Mentha arvensis* L. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4(10):792-797
- 20 Gubanenko G. A., Morozova E.V., Rubchevskaia L.P. (2014) Vliianie prirodno-klimaticheskikh faktorov na sodержanie flavonoidov v biomasse pionia uklonaiushchegosia *Paeonia Anomala* L. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 1:165-170.
- 21 Artemkina N.A. (2010) Soderzhanie fenol'nykh soedinenii v V. *Vitis-idaea* L. Sosnovykh lesov Kol'skogo poluostrova. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, №3:153-160.
- 22 Nemereshina O.N., Gusev N.F., Filippova A.V., Sycheva M.V. (2012) Antimikrobnnye svoistva sukhikh ekstraktov iz syr'ia vidov roda *Veronica* L. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniia*, 8:54-58.

Булатова К.* , Мазкират Ш., Кудайбергенов М., Байтаракова К.

Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства,
Казахстан, Алматинская обл., п. Алмалыбак

*e-mail: bulatova_k@rambler.ru

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ПРОРОСТКАХ НУТА В ПЕРИОД АККЛИМАТИЗАЦИИ К НИЗКИМ ТЕМПЕРАТУРАМ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

В статье приведены результаты физиолого-биохимических изменений в проростках 4-х образцов нута на этапах 2-х вариантного закаливания при низких положительных температурах в лабораторных условиях. Установлено, что содержание осмопротекторов: свободного пролина и сахарозы повышалось в зависимости от длительности и силы стрессового фактора у всех генотипов, за исключением сорта Мальхотра. Информативность биохимических показателей, сопряженных с перезимовкой, проявлялась в период понижения температуры от +13°C до +2°C. Так, между уровнем сахарозы и перезимовкой нута выявлена высокая положительная корреляция ($r = +0,88$). На этой же стадии закаливания между концентрацией фотосинтетических пигментов, каротиноидов (хлорофилл а, b, ксантофиллы + каротиноиды) и перезимовкой нута в полевых условиях также выявлена высокая положительная корреляция ($r = 0,98; 0,98; 0,91$, соответственно). Указанные показатели могут служить физиологическими маркерами в отборе холодо-морозостойких форм нута.

Общая активность антиоксидантных ферментов (пероксидазы, супероксиддисмутазы) на всех этапах 2-го варианта закаливания положительно коррелировала с уровнем сахарозы и свободного пролина в растениях. При усилении стрессового воздействия на растения прослеживалась взаимосвязь пероксидазной активности с числом перезимовавших растений.

Ключевые слова: нут, холодостойкость, акклиматизация, пролин, сахароза, фотосинтетические пигменты, супероксиддисмутаза, пероксидаза.

Bulatova K.* , Mazkirat Sh., Kudaibergenov M., Baitarakova K.

Kazakh scientific research institute of agriculture and plant growing,
Kazakhstan, Almaty region, Almalybak v. *e-mail: bulatova_k@rambler.ru

Physiological and biochemical changes in chickpea seedlings during acclimatization to low temperatures in the laboratory conditions

In this article represented the results of physiological and biochemical changes in 4 samples of chickpea seedlings at the stages of two variants' cold acclimation under laboratory conditions. It was found that osmoprotectants: The free proline and sucrose increased as the lengthening and intensifying of the stress factors in all genotypes except for Malhotra variety. The informativeness of the biochemical parameters associated with overwintering was manifested during the period of temperature decrease from +13 to +2 °C. Thus, there were high positive correlations between accumulation of sucrose and the concentration of photosynthetic pigments, carotenoids (chlorophyll a, b, xanthophyll + carotenoids) in seedlings and overwintering level of chickpea in the field conditions ($r = 0.98, 0.98, 0.91$, respectively).

At all stages of the 2nd variant in cold acclimation, the general activity of antioxidant enzymes (peroxidase, superoxide dismutase) was positively correlated with the level of sucrose and free proline in plants. When stress treatment was strengthened in plants, the relationship between peroxidase activity and the number of overwintered plants was revealed.

Key words: chickpea, cold resistance, acclimatization, proline, sucrose, photosynthetic pigments, superoxide dismutase, peroxidase.

Болатова К.*, Мазқират Ш., Құдайбергенов М., Байтарақова Қ.

Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми зерттеу институты,
Қазақстан, Алматы облысы, Алмалыбақ ауылы *e-mail: bulatova_k@rambler.ru

Зертханалық жағдайда төмен температураға жерсіндіру кезеңінде ноқат өскіндеріндегі физиологиялық және биохимиялық өзгерістер

Мақалада зертханалық жағдайда төмен температураға шынығудың 2 нұсқадағы кезеңдерінде ноқат өскіндерінің 4 үлгілеріндегі физиологиялық және биохимиялық өзгерістердің нәтижелері келтірілген. Осмопротектор заттарының (бос аминқышқылы пролин және сахароза) мөлшерінің деңгейі стресті фактордың ұзақтығы мен күшейтілу шамасына қарай Мальхотра сортынан басқа барлық генотиптерде артатындығы тұрақтандырылды. Қыстап шығу мен биохимиялық параметрлер: сахароза мөлшері арасындағы оң корреляциялық байланыс температура +13 °С-дан +2 °С-қа дейін төмендеген кезеңде байқалды ($r = +0,88$). Шынығудың осы кезеңінде фотосинтетикалық пигменттер концентрациясы мен каротиноидтар (хлорофил а, b, ксантофилдер + каротиноидтар) сондай-ақ егістік жағдайында қыстап шыққан ноқат арасында жоғары оң корреляция анықталды ($r = 0,98; 0,98; 0,91$, сәйкесінше). Көрсетілген мәліметтерді ноқаттың суыққа және қыстап шығуына төзімді формаларын талдап алуға физиологиялық маркер ретінде қолдануға мүмкіндік береді. Шынығудың 2-ші нұсқасының барлық сатыларында антиоксидантты ферменттердің (пероксидаза, супероксиддисмутаза) жалпы белсенділігі мен өсімдіктегі сахароза және бос пролин деңгейі арасында оң байланысты көрсетті. Өсімдіктерге стрестік әсерді күшейткен кезде пероксидаза белсенділігі мен қыстап шыққан өсімдіктер саны арасында өзара байланыс болатындығы байқалады.

Түйін сөздер: ноқат, суыққа төзімділік, жерсіндіру, пролин, сахароза, фотосинтетикалық пигменттер, супероксиддисмутаза, пероксидаза.

Введение

Нут (*Cicer arietinum*), относится к семейству Бобовых (Fabaceae), для растений которого характерно высокое содержание полноценного белка в семенах. Содержание незаменимых аминокислот в белке бобовых в 1,5-2 раза выше, чем в белке зерна злаковых. Белок, создаваемый бобовыми культурами обходится производству гораздо дешевле белка злаковых, поскольку растения включают в биологический круговорот азот воздуха за счет симбиоза с клубеньковыми бактериями рода *Rhizobium*. Органические остатки бобовых обогащают почву азотом в большей степени, нежели пожнивные остатки других культур, поэтому они являются хорошими предшественниками в севооборотах.

В мировом земледелии нут занимает по площади возделывания 3-е место среди зернобобовых культур. Нут является продуктом питания, широко распространенным в странах Азии, Африки, Средиземноморья.

В Казахстане интерес к нуту увеличивается в последние годы, поскольку его возделывание выгодно в экономическом отношении: цена за 1 т. зерна нута на мировом рынке в 5 раз превышает стоимость тонны зерна пшеницы. В рамках диверсификации и доходности посевов, улучшения состояния почв возделывание нута в Казахстане имеет большие перспективы.

Нут относится к холодостойким культурам и может переносить в фазе всходов заморозки до -8°C. Эта культура является и одной из самых засухоустойчивых однолетних бобовых культур.

Традиционно эта культура высевается весной, что зачастую приводит к подпаданию растений в генеративную фазу под высокую температуру и дефицит влаги, что существенно снижает урожайность нута. Преимуществом посева нута под зиму является то, что растения избегают стрессовый период и, за счет удлинения сроков развития, эффективного использования водных ресурсов повышают урожайность семян до 70% (Singh, 1997a: 418), (Croser, 2003b: 186). Большая часть сельскохозяйственных угодий нашей страны находится в регионах с недостаточным увлажнением, в связи с чем наряду с созданием засухоустойчивых форм, актуальной проблемой является создание сортов нута, пригодных для осеннего сева, преимущественно на Юге и Юго-Востоке Казахстана. Создание холодо- и морозостойких форм нута будет способствовать продвижению культуры в более холодные и высокогорные регионы.

При растущем к культуре интересе со стороны товаропроизводителей, необходимы новые подходы к селекции сортов нута, пригодных для осеннего сева, включающие современные достижения молекулярной биологии, физиологии, биохимии, позволяющие вести отбор желаемых

форм вне зависимости от сезона на базе маркерных показателей, сопряженных с хозяйственно-ценными признаками.

На устойчивость нута к низким температурам влияют морфологические, физиологические, биохимические и генетические факторы. Уязвимость растений при неблагоприятных низкотемпературных стрессовых факторах в значительной мере зависит от стадии развития. Croser и др. (Croser et al., 2003б: 185) неблагоприятными для роста и развития нута считают температурный режим от -1,5 до 15°C (холодовой стресс). Замерзание внутри- и межклеточного содержимого в тканях растений в период перезимовки представляет большую проблему для регионов, где нут высевает под зиму: страны средиземноморья, Европы, Центральной Азии и Закавказья, Западной и Северной Африки (Singh 1993: 121).

Устойчивость растений к промерзанию связана с механизмами противостояния на клеточном уровне, происходящими в период холодной акклиматизации. В это время в растениях происходят метаболические и физиологические изменения, снижающие повреждающий температурный уровень. Процесс холодной акклиматизации или закалки связан с возрастанием в клетках сахаров, растворимых белков, свободных аминокислот, активности антиоксидантных веществ ферментной и неферментной природы, появления новых изоформ ферментов (Hughes, 1990а: 161), (Dunn, 1996б: 291), (Chohan, 2011в: 189), (Tatar, 2013г: 260). Более интенсивное накопление антоцианина, флавоноидов, свободного пролина, повышение активности антиоксидантной активности энзимов наблюдается у более холодостойких форм нута (Tatar, 2013а: 260), (Tugan, 2014б: 499). Растворимые углеводы, выполняя функции осморегуляторов, влияют на оводненность растительных клеток, способствуют стабильности клеточных мембран, длительному сохранению фотосинтетической активности при неблагоприятных условиях (Maller 2002: 1), в связи с чем у более устойчивых форм накопление углеводов в период акклиматизации проходит более интенсивно (Saghfi 2014: 591). Экзогенное воздействие криопротекторами (глицин-бетаином) вызывает повышение морозостойкости растений, что приводит к повышению урожайности числа семян и др. (Nauуар 2005: 381).

Поскольку устойчивость к тем или иным стрессовым факторам абиотического характера является сложным признаком и контролируется множеством генов, для растения не может

существовать один какой-либо показатель, характеризующий устойчивость/чувствительность к стрессу, только по комплексу признаков возможна дифференциация генотипов по устойчивости к определенному неблагоприятному фактору среды (Kaup 2012: 569).

Перезимовка нута зависит от многих факторов, в т.ч. от таких как: сроки посева, применение удобрений, контроля вредителей и болезней, способов обработки почвы и др. В связи с тем, что все эти факторы влияют на результаты полевой оценки, скрининг генотипов нута на морозостойкость необходимо вести и в контролируемых условиях, при которых элементы сложного показателя могут быть дифференцированы и оценены по отдельности (Croser 2003: 185). Лабораторные методы скрининга на морозостойкость по физиолого-биохимическим, белковым и молекулярным маркерам, методы оценки, связанные с получением объектов исследований в контролируемых условиях (климокамерах, термостатах) имеют преимущества для изучения ответных реакций растений на стресс, поскольку идентичность условий для всех испытуемых генотипов, возможность повторять эксперименты и моделировать совокупность элементов стресса повышают точность результатов исследований.

Целью наших исследований являлось изучение физиологических и биохимических изменений в проростках нута при разных вариантах лабораторного закалывания, идентичных по продолжительности, но различающихся по интенсивности воздействия холодого стресса на последних двух неделях акклиматизации и выявление эффективных маркеров для отбора устойчивых к перезимовке форм.

Материалы и методы исследований

В качестве объектов исследований использовались 2 сорта: Мальхотра, Луч (Казахстан) и 2 линии нута 7Б (Россия), Erbsen Sponishe (Германия), из рабочей коллекции отдела зернобобовых культур КазНИИЗиР. Образцы характеризовались разным уровнем устойчивости к перезимовке по результатам полевой оценки на стационаре отдела. В 2015-2016 годах количество перезимовавших растений составило у образцов: Луч – 82%, Мальхотра – 62%, Erbsen Sponishe – 60%, линия 7Б – 18%.

Для постановки экспериментов в лабораторных условиях семена испытуемых образцов нута стерилизовали 2 % перекисью водорода и проращивали в чашках Петри в термостате при

температуре 23-25°C, после чего жизнеспособные проросшие семена высаживали в равной численности в емкости с почвой, полностью обеспеченной минеральными удобрениями: 128,7 мг/кг фосфора, 123 мг/кг калия и 39,15 мг/кг фосфора, содержание гумуса – 5,0 %. 14 дней проростки продолжали развитие в климокамере при дневной/ночной температуре 18/16°C, 11 часовом освещении в 20000 люксов (имитация благоприятного периода в начале осени для роста и развития), затем температура снижалась до +13°C и растения находились в этих условиях еще 1 неделю (имитация начала периода акклиматизации). Растения этого этапа являлись контрольными для обоих вариантов осенней заделки. В ходе 2-ух вариантов лабораторного холодого закаливания, велись отборы проб для анализа физиолого-биохимических изменений в растениях. Образцы хранились до проведения анализов при температуре -80°C, затем листья и корневые шейки измельчались и растирались в жидком азоте. Хлорофилл и каротиноиды экстрагировали 80% ацетоном, концентрацию хлорофилла *a* и *b*, а также каротиноидов определяли на *uv/vis* спектрофотометре (6715 JENWAY, Англия) при длинах волн 646,8, 663,2 и 470 нм по формулам Wellburn (Wellburn 1994: 307). Определение свободного пролина вели методом Bates L.D. (Bates 1972: 2005), содержание сахара – методом Dubois M и др. (Dubois 1956: 350). Экстракцию антиоксидантных ферментов проводили фосфатным буфером 50 mM, pH 7,0 содержащим 0,25 mM EDTA, PVP25 (2%, w/v), 1 mM аскорбиновую кислоту, глицерин (10%, w/v) по прописи Mohammad R. A. (Mohammad 2013: 291). Экстракт использовали для определения активности супероксиддисмутазы (SOD) и пероксидазы (POD). Активность SOD определяли на основе ее способности ингибировать фотохимическое восстановление нитросинего тетразолия (NBT) по методам Beauchamp (Beauchamp 1971: 276). За единицу активности фермента принимали его количество способное ингибировать 50% восстановление NBT, выражали активность в ед./г сырой массы навески (unit/g FW). Активность POD определяли по скорости реакции окисления бензидина по Бояркину А.Н (Бояркин 1951: 352), интенсивность образования продукта окисления измеряли при длине волны 460 нм, за единицу активности принимали изменение оптической плотности на 0,1 значения, активность выражали в ед. · мин⁻¹ · г сырой массы навески⁻¹ (unit min⁻¹ g FW⁻¹). Все измерения проводились в трехкратной повторности, стати-

стическую обработку первичных данных, в том числе и корреляционный анализ проводили с помощью программы STATISTICA 7.

Результаты исследований и их обсуждение

Моделирование вариантов осенней акклиматизации нута в контролируемых условиях климокамер было проведено на основе анализа многолетних данных метеорологических показателей метеостанции института. Низкие положительные температуры начинаются во второй декаде октября, тогда как отрицательный температурный фон начинается со 2-ой декады ноября. При весеннем возобновлении роста и развития растений в марте месяце могут возникать ночные заморозки вплоть до первой декады апреля, что чревато для состояния растений.

С учетом полученных данных нами моделировано 2 варианта акклиматизации проростков нута в климокамерах: 2-ух недельные проростки нута, вегетировавшие при благоприятных условиях, далее находились при температуре +13°C в течение 3-ей недели (контрольный вариант), затем растения разделены на 2 группы, одна из которых продолжала вегетировать 4-ую и 5-ую недели при температуре +13°C, что имитировало акклиматизацию при теплой осени (I вариант). 2-ая группа растений подвергалась воздействию более низких температур, при которой происходило постепенное снижение температуры до +2°C. (II вариант, рисунок 1).

Во время холодого стресса в тканях растений образуются активные формы кислорода (ROS), которые могут вызвать повреждения макромолекул, изменить метаболическую активность в растениях. Антиоксидантные защитные механизмы стимулируются эндогенными антиоксидантами, к числу которых относятся сахара, свободные аминокислоты, фенольные соединения, пластиды, ферменты и пр. (Janska 2010: 395, Parida 2007:37, Pechanova 2013: 637).

Изучение характера внутриклеточных физиолого-биохимических изменений у растений нута при различных вариантах акклиматизации в контролируемых условиях велось нами по содержанию свободного пролина и сахарозы, фотосинтетических пигментов, каротиноидов и ксантофиллов, активности антиоксидантных ферментов.

Пролин известен как осмотик, накапливающийся в растениях во время стрессовых условий. Это многофункциональная аминокислота, выполняющая роль осморегулятора, стабили-

затора белков и клеточных мембран, индуктора генов, связанных со стресс устойчивостью, антиоксиданта (Szabados 2010: 90). Пролин действует и как сигнальная молекула, запускающая экспрессию защитных генов (Janmohammadi 2012: 1). Содержание свободного пролина в проростках испытываемых образцов нута (за исключением сорта Мальхотра) повышается как к концу акклиматизации при температуре +13°C, так и к концу 2-ого варианта акклиматизации (таблица

1). Сорт Мальхотра характеризовался быстрым ростом концентрации свободной аминокислоты как в 1-ую неделю акклиматизации при температуре +13°C, так и в период ее снижения до +7°C.

Этот сорт относится к дези типу нута, который считают более устойчивым к стрессовым факторам (Yadav 2006: 198).

Пик накопления свободного пролина в начальные недели закаливания отмечен также и Pitsu (Pitsu 2000: 37).

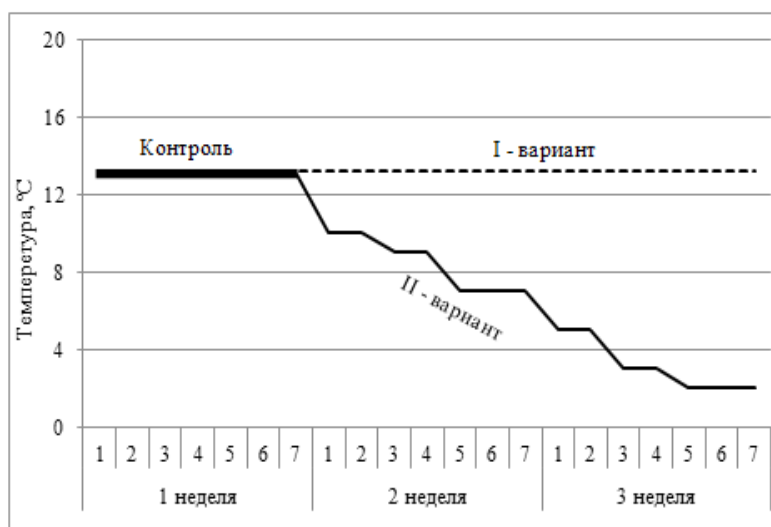


Рисунок 1 – Схема акклиматизации 2-ух недельных образцов нута к холодному стрессу осеннего периода развития в лабораторных условиях

Ряд авторов полагает, что кратковременное влияние холодного стресса в 10°C вызывает запуск механизмов акклиматизации более эффективно у устойчивых форм нута, нежели у чувствительных образцов (Nazari 2012: 183).

Аналогичные результаты по влиянию кратковременного холодного стресса на рост пролина в листьях как закаленных, так и не прошедших акклиматизацию растений получены (Turan 2014: 499).

Таблица 1 – Накопление свободного пролина (мг%) в листьях проростках нута в период акклиматизации в лабораторных условиях

Наименование образца	Акклиматизация				
	Контроль	I вариант		II вариант	
	1-ая неделя (+13°C)	2-ая неделя (+13°C)	3-я неделя (+13°C)	2-ая неделя (+13+7°C)	3-я неделя (+7+2°C)
Мальхотра	384,7±3,53	234,1±3,53	192,9±4,71	437,7±9,41	315,3±14,12
Луч	154,1±8,24	102,4±3,53	402,4±2,35	140,0±1,18	284,7±21,18
Линия 7Б	171,8±4,71	92,9±1,18	435,3±11,7	284,7±2,35	292,9±5,88
Erbsen.Sp.	140,0±5,88	163,5±1,18	217,7±5,88	143,5±2,35	378,8±9,41

Корреляционный анализ не выявил значимых взаимосвязей между уровнем перезимовки растений и накоплением свободного пролина при обоих вариантах акклиматизации. Отсутствие взаимосвязи между накоплением свободного пролина в период акклиматизации и морозостойкостью обнаружено у рапса (Janska, 2010a: 35), (Klima, 2012b: 157). По всей видимости, пролин играет в большей степени роль сигнальной молекулы, от скорости проявления триггерного эффекта которой зависит устойчивость генотипа к низкотемпературным стрессовым факторам, перезимовке. Так, в первую же неделю акклиматизации (+13°C) нами отмечена положительная корреляция между уровнем

свободного пролина и содержанием сахарозы ($r=0,81$), а также с активностью пероксидазы ($r=0,71$).

Растворимые сахара, в том числе и сахароза, играют важную роль в акклиматизации растений к холоду. Они функционируют и как осмопротекторы, и как источники углерода и энергии для роста. Кроме того, сахара служат и как сигнальные молекулы, способствующие организации ответных защитных механизмов при стрессовых ситуациях (Rolland, 2006a: 675), (Ruan, 2014b: 33).

Содержание сахарозы в листьях нута линейно возрастало на всех этапах двух вариантов закаливания (таблица 2).

Таблица 2 – Содержание сахарозы (%) в проростках нута в период акклиматизации в лабораторных условиях

Наименование	Акклиматизация					
	Контроль	I вариант			II вариант	
	1-ая неделя (+13°C)	2-ая неделя (+13°C)	3-я неделя (+13°C)	2-ая неделя (+13+7°C)	3-я неделя (+7+2°C)	
Мальхотра	3,09±0,03	3,27±0,11	4,90±0,41	3,65±0,52	7,13±0,26	
Луч	2,75±0,27	4,01±0,27	4,54±0,14	3,54±0,01	5,48±0,60	
Линия 7Б	2,93±0,25	4,31±0,15	4,37±0,52	3,02±0,17	4,99±0,59	
Erbsen.Sp.	2,92±0,13	3,79±0,42	3,59±0,05	3,39±0,15	5,02±0,84	

Положительная взаимосвязь ($r=0,88$) выявлена между накоплением сахарозы в проростках нута при усилении воздействия стресса (снижение температуры с +13 до +7°C) и уровнем перезимовки в полевых условиях.

Интенсивное и линейное накопление свободного пролина и растворимых углеводов при понижении температуры в листьях более устойчивого образца нута установлено (Saghfi 2014: 591), ими же выявлено, что у чувствительного образца с увеличением продолжительности воздействия стресса рост в накоплении углеводов замедляется.

Это может быть связано со снижением фотосинтетической активности у чувствительных к холоду растений и использованию ими углеводов в качестве источника энергии (Yuanyan 2009: 145).

Холодовой стресс оказывает значительное влияние на фотосинтетическую активность листьев, содержание соответствующих пигментов, каротиноидов и их окисленных форм. Содержание хлорофилла *a* и *b* положительно

коррелирует с устойчивостью к низким температурам у пшеницы и ржи (Janmohammadi 2010: 236). На содержание хлорофилла *a* в листьях нута в период акклиматизации к низким положительным температурам влияли как длительность воздействия стрессового фактора, так и его интенсивность (таблица 3). Стабильную фотосинтетическую активность на всех этапах закаливания сохранял сортообразец Мальхотра. Концентрация хлорофилла *b* в листьях данного сорта была стабильной как при усилении интенсивности холодового стресса, так и при увеличении его продолжительности (таблица 2).

Значительная положительная корреляция ($r=0,98$) выявлена между содержанием хлорофилла *a* на 2-ой стадии акклиматизации при пребывании растений в понижающемся температурном режиме от +13°C до +7°C и уровнем перезимовки сортообразцов.

Аналогично, высокая корреляция установлена и между содержанием хлорофилла *b*, ксантофилла и каротиноидов в проростках нута на этой же стадии акклиматизации и высоким

процентом перезимовки ($r=0,98, 0,91$, соответственно).

Полученные результаты указывают на то, что содержание фотосинтетических пигментов и каротиноидов может служить физиологическим маркером в отборе холодо- и морозостойких форм нута в лабораторных условиях.

Абиотические стрессы нарушают баланс между реактивными формами кислорода

(ROS) и их утилизацией в клетке, что вызывает повреждение макромолекул (Ishikawa, 2010a: 9), (Huseynova, 2012b: 1516.). Антиоксидантные ферменты: пероксидаза, супероксиддисмутаза, (полифенолоксидаза (PPO) и каталаза (CAT) **инактивируют активные формы кислорода**, обеспечивая жизнеспособность растения в период воздействия неблагоприятных факторов среды.

Таблица 3 – Содержание хлорофилла a, b, ксантофиллов и каротиноидов в проростках при двух вариантов акклиматизации в лабораторных условиях

Наименование	Акклиматизация				
	Контроль	I вариант		II вариант	
	1-ая неделя (+13°C)	2-ая неделя (+13°C)	3-я неделя (+13°C)	2-ая неделя (+13+7°C)	3-я неделя (+7+2°C)
Хлорофилл a, мг/г					
Мальхотра	1,56±0,008	1,94±0,008	2,12±0,035	1,76±0,010	1,73±0,003
Луч	1,66±0,006	1,75±0,004	1,35±0,007	2,14±0,009	1,28±0,004
Линия 7Б	1,58±0,008	2,15±0,004	1,20±0,003	1,35±0,003	1,12±0,005
Erbesen.Sp.	1,94±0,007	2,3±0,002	1,26±0,003	1,82±0,001	1,33±0,004
Хлорофилл b, мг/г					
Мальхотра	0,40±0,002	0,48±0,002	0,56±0,012	0,41±0,001	0,41±0,003
Луч	0,40±0,000	0,41±0,000	0,31±0,001	0,52±0,001	0,28±0,005
Линия 7Б	0,36±0,004	0,55±0,004	0,30±0,000	0,30±0,000	0,25±0,001
Erbesen.Sp.	0,47±0,002	0,49±0,002	0,30±0,006	0,43±0,002	0,30±0,003
C_{x+c} , мг/г					
Мальхотра	0,46±0,004	0,57±0,004	0,67±0,033	0,51±0,001	0,53±0,002
Луч	0,29±0,008	0,47±0,003	0,39±0,005	0,58±0,023	0,48±0,003
Линия 7Б	0,48±0,002	0,54±0,003	0,41±0,002	0,44±0,014	0,46±0,001
Erbesen.Sp.	0,50±0,004	0,58±0,004	0,37±0,004	0,48±0,011	0,50±0,005

Изучение характера изменения активности антиоксидантных ферментов изучалось нами на растениях нута, прошедших **II-ой вариант закаливания**, поскольку наиболее информативные изменения в растениях нута по содержанию сахарозы, фотосинтетических пигментов, сопряженных со стрессовым влиянием наблюдались при нем.

Результаты исследований показали, что активность супероксиддисмутазы заметно возросла у сортообразца Мальхотра при 1 недельном снижении температуры от +13 до +7°C), тогда как у остальных генотипов, в том числе у имеющих высокий уровень перезимовки (Луч,

E.Sponishe) возрастание активности фермента отмечено при более низком температурном режиме закаливания (1 неделя при +7 +2°C, рисунок 2). Выше нами отмечено, что сортообразец Мальхотра характеризуется быстрой ответной реакцией на снижение температурного режима по накоплению в тканях свободного пролина на этом же этапе закаливания. Полученные результаты подтверждают заключения (Mantri 2007: 303) о том, что ответные реакции на воздействие стрессовых факторов существенно различаются как между устойчивыми и неустойчивыми формами, так и в пределах каждой группы, что сви-

детельствует о множественности генетического контроля ответных антистрессовых механизмов генотипов.

Возрастание активности SOD в ходе акклиматизации при 10°C у более холодостойкой линии нута установлено (Туған 2014: 499). Более высокая активность антиоксидантных ферментов у стресс устойчивых генотипов нута в сравнении с чувствительными формами показана Каур 2012: 569).

Пероксидазная активность на этапе недельного закаливания при температурах от +13 до +7°C незначительно повышалась или не изменялась у всех устойчивых к перезимовке гено-

типов, тогда как у линии 7Б она в значительной мере подавлялась (рисунок 3).

При более низких положительных температурах закаливания (+7-+2°C) ее активность повышается у всех изученных генотипов. Между активностью пероксидазы проростков нута на этапах понедельного закаливания от+13 до +7°C и от +7 до +2°C и уровнем перезимовки выявлена значительная положительная взаимосвязь ($r=0,83$ и $0,78$, соответственно). Высокая корреляция выявлена между пероксидазной активностью нута на этапе закаливания при +13 – +7°C и содержанием в них сахарозы ($r= 0,99$).

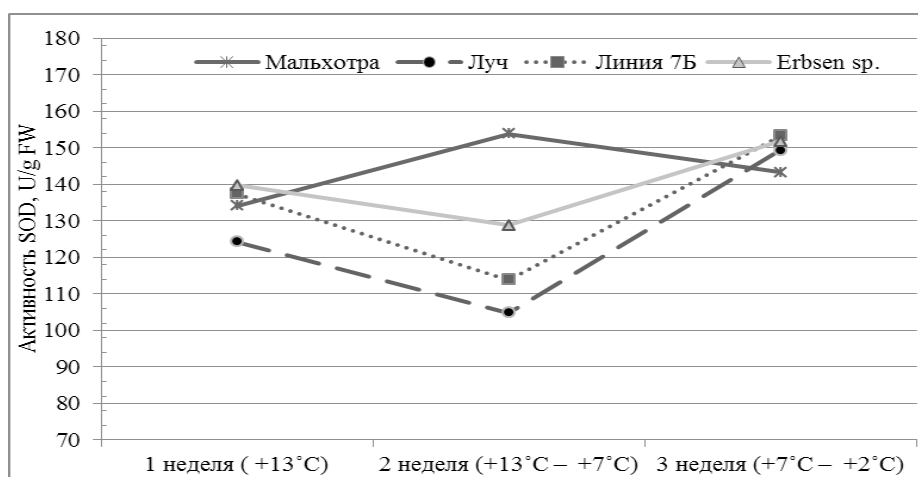


Рисунок 2 – Изменение активности супероксиддисмутазы при II варианте акклиматизации в лабораторных условиях

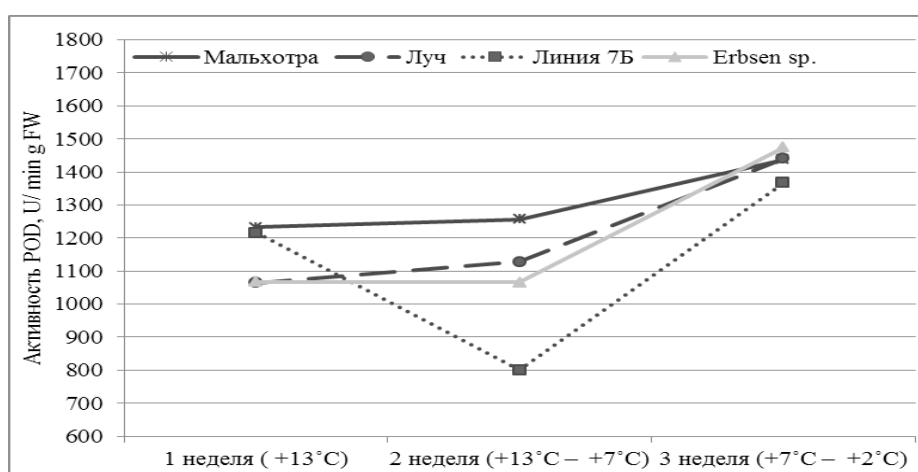


Рисунок 3 – Изменение активности пероксидазы при II варианте акклиматизации в лабораторных условиях

Исходя из характера изменения уровня активностей SOD и POD у морозостойких соотобразцов нута, можно заключить, что сбалансированное изменение активности супероксиддисмутазы и пероксидазы является одним из механизмов защиты от активных форм кислорода и способствует успешной перезимовке растений.

Заключение

В результате моделирования 2-ух вариантов акклиматизации растений к холодовому стрессу в лабораторных условиях проведена оценка физиолого-биохимических изменений в проростках 4-ех образцов нута. Наиболее информативные изменения выявлены в растениях нута при втором варианте закаливания при постепенном снижении температурного режима от +13

до +2 °С. на этапе 1-недельного снижения температуры от +13 до +7°С. Между уровнем сахарозы и перезимовкой нута выявлена высокая положительная корреляция ($r=+0,88$). На этой же стадии закаливания между концентрацией фотосинтетических пигментов, каротиноидов (хлорофилл *a*, *b*, ксантофиллы+каротиноиды) и перезимовкой нута в полевых условиях также выявлена высокая положительная корреляция ($r=0,98; 0,98; 0,91$, соответственно). Общая активность пероксидазы на всех этапах 2-ого варианта закаливания положительно коррелировала с уровнем сахарозы и свободного пролина в растениях, а также с числом перезимовавших растений.

Работа выполнена в рамках проекта МОН РК 0783/ГФ4, ГР №0115РК00697

Литература

- 1 Singh K.B., Ocamp O.B., Exploitation of wild Cicer species for yield improvement in chickpea // Theoretical and Applied Genetics. – 1997. – V. 95. – P. 418-423.
- 2 Croser J.S., Clarke H.J., Siddique K.H.M., Khan T.N. Low Temperature Stress: Implications for Chickpea (Cicer arietinum L.) Improvement // Critical Reviews in Plant Sciences. – 2003. – V. 22. – P. 185–219.
- 3 Singh K.B., Malhotra R.S., Saxena M.C. Relationship between cold severity and yield loss in chickpea. (Cicer arietinum L.) // Journal of Agronomy. – 1993. – V. 170. – P. 121-127.
- 4 Hughes M.A., Dunn M.A. The effect of temperature on plant growth and development // Biotech. Genet. – 1990. – V. 8. – P. 161–188.
- 5 Hughes M.A., Dunn M.A. The molecular biology of plant acclimation to low temperature // J. Exp. Bot. – 1996. – V. 47. – P. 291–305.
- 6 Chohan A., Raina S.K. Comparative studies on morphological and biochemical characters of chickpea genotypes under chilling stress // J. Environ. Biol. – 2011. – V. 32. – P. 189-194.
- 7 Tatar O., Ozalkan C., Atasoy G.D. Partitioning of dry matter, proline accumulation, chlorophyll content and antioxidant activity of chickpea (Cicer arietinum L.) plants under chilling stress // Journal of Agricultural Science. – 2013. – V. 19. – P. 260-265.
- 8 Turan Ö., Ekmekci Y. Chilling tolerance of Cicer arietinum lines evaluated by photosystem II and antioxidant activities // Turkish Journal of Botany. – 2014. – V. 38. – P. 499-510.
- 9 Maller P.R., McKay K.N., Jenks B.A. Growing chickpea in the northern great plains // Montana State University Press. – 2002. – V. 47. P. 1-8.
- 10 Saghi S., Eivazi A.R. Effect of cold stress on proline and soluble carbohydrates accumulation in two chickpea cultivars // J. Curr. Microbiol. Appl. Sci. – 2014. – V. 32. – P. 591-595.
- 11 Nayyar H., Chander K., Kumar S., Bains T. Glycine betaine mitigates cold stress damage in Chickpea Agron. Sustain. Dev. – 2005. – V. 25. – P. 381–388.
- 12 Kaur S., Arora M., Gupta A.K., Kaur N. Exploration of biochemical and molecular diversity in chickpea seeds to categorize cold stress-tolerant and susceptible genotypes // Acta Physiol Plant. – 2012. – V. 34. – P. 569–580.
- 13 Wellburn A.R. The spectral determination of chlorophylls *a* and *b*, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution // J. of Plant Physiology. – 1994. – V. 144. – P. 307–313.
- 14 Bates L.D., Waldren R.P., Teare I.D. Rapid determination of free proline for water – stress studies // Plant and Soil. – 1973. – V. 39. – P. 2005-2007.
- 15 Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P.A., Smoth F. Colorimetric Method for determination of Sugars and related Substances // Analytical Chemistry. – 1956. – V. 28. – P. 350-356.
- 16 Mohammad R.A., Majid M. Antioxidative and biochemical responses of wheat to drought stress // Journal of Agricultural and Biological Science. – 2013. – V. 8. – P. 291-301.
- 17 Beauchamp C., Fridovich I. Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels // Anal Biochem. – 1971. – V. 44. – P. 276-287.
- 18 Бояркин, А.Н. Быстрый метод определения активности пероксидазы // Биохимия. – 1951. – Т. 16, вып. 4. – С. 352-355.
- 19 Szabados L., Savoure A. Proline: a multifunctional amino acid // Trends Plant Sciences. – 2010. – V. 15. – P. 89-97.

- 20 Janmohammadi M. Metabolic analysis of low temperature responses in plants // *Current Opinion in Agriculture*. – 2006. – V. 1. – P. 1-6.
- 21 Petcu E, Perbea M., Dupa Z., Ionescu D. Study on the relationship between frost resistance and free proline content in some winter wheat and barley genotypes // *Romanian agricultural science*. – 2010. – V. 13-14. – P. 37-41.
- 22 Nazari M.R., Maali M.R., Mehraban F.H., Khaneghah H.Z. Change in Antioxidant Responses against Oxidative Damage in Black Chickpea Following Cold Acclimation // *Russian Journal of Plant Physiology*. – 2012. – V. 59. – P. 183-189.
- 23 Janska A., Zelenkova S., Klima M., Vyvadilova M., Prasil I.T. Freezing tolerance and proline content of in vitro selected hydroxiprolin resistant winter oilseed rape // *Czech J.genet.plant Breed*. – 2010. – V. 46. – P. 35-40.
- 24 Klima M., Vitamvas P., Zelenkova S., Vyvadilova M., Prasil I.T. Dehydrin and proline content in Brassica napus and B.carinata under cold stress at two irradiances // *Biologia Plantarum*. – 2012. – V. 56. – P. 157-161.
- 25 Rolland F., Baena-Gonzalez E., Sheen J. Sugar sensing and signaling in plants: conserved and novel mechanisms // *Annu Rev Plant Biol*. – 2006. – V. 57. – P. 675-709.
- 26 Ruan Y.L. Sucrose metabolism: gateway to diverse carbon use and sugar signaling // *Annu Rev Plant Biol*. – 2014. – V. 65. – P. 33-67.
- 27 Yuanyuan M., Yali Z., Jiang L., Hongbo S. Roles of plant soluble sugars and their responses to plant cold stress // *African journal of Biotechnology*. – 2009. – V. 8. – P. 145-153.
- 28 Janmohammadi M. Study of interrelationship between vegetative/reproductive transition stage and cold induced proteins expression using proteomics analysis in wheat grown under field conditions (Ph.D. Thesis). – University of Tehran. – 2010, 236 pp.
- 29 Ishikawa T., Takahara K., Hirabayashi T., Matsumura H., Fujisawa S., Terauchi R. Metabolome analysis of response to oxidative stress in rice suspension cells overexpressing cell death suppressor Bax inhibitor-1 // *Plant Cell Physiol*. – 2010. – V. 51(1). – P. 9-20.
- 30 Huseynova I.M. Photosynthetic characteristics and enzymatic antioxidant capacity of leaves from wheat cultivars exposed to drought // *Biochim Biophys Acta*. – 2012. – V. 8. – P. 1516-1523.
- 31 Mantri N.L., Ford R., Coram T.E., Pang E.C. Transcriptional profiling of chickpea genes differentially regulated in response to high-salinity, cold and drought // *BMC Genomics*. – 2007. – V. 8. – P. 303-316.
- 32 Yadav S.S., Kumar J., Yadav S.K., Singh S., Yadav V.S., Turner N.C., Redden R. Evaluation of Helicoverpa and drought resistance in desi and kabuli chickpea // *Plant. Genet. Res*. – 2006. – V. 4. – P. 198-203.

References

- 1 Singh K.B., Ocamp O.B. "Exploitation of wild Cicer species for yield improvement in chickpea" *Theoretical and Applied Genetics* 95 (1997): 418-423. DOI: <https://doi.org/10.1007/s001220050>
- 2 Croser J.S., Clarke H.J., Siddique K.H.M., Khan T.N. "Low Temperature Stress: Implications for Chickpea (Cicer arietinum L.) Improvement" *Critical Reviews in Plant Sciences* 22 (2003): 185-219. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/713610855>
- 3 Singh K.B., Malhotra R.S., Saxena M.C. "Relationship between cold severity and yield loss in chickpea. (Cicer arietinum L.)" *Journal of Agronomy* 170 (1993): 121-127. DOI: 10.1111/j.1439-037X.1993.tb01065.x
- 4 Hughes M.A., Dunn M.A. "The effect of temperature on plant growth and development" *Biotech. Genet* 8 (1990): 161-188.
- 5 Hughes M.A., Dunn M.A. "The molecular biology of plant acclimation to low temperature" *J. Exp. Bot* 47 (1996): 291-305. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/02648725.1990.10647868>
- 6 Chohan A., Raina S.K. "Comparative studies on morphological and biochemical characters of chickpea genotypes under chilling stress" *J. Environ. Biol* 32 (2011): 189-194. ISSN: 0254-8704
- 7 Tatar O., Ozalkan C., Atasoy G.D. "Partitioning of dry matter, proline accumulation, chlorophyll content and antioxidant activity of chickpea (Cicer arietinum L.) plants under chilling stress" *Journal of Agricultural Science* 19 (2013): 260-265.
- 8 Turan Ö., Ekmekci Y. "Chilling tolerance of Cicer arietinum lines evaluated by photosystem II and antioxidant activities" *Turkish Journal of Botany* 38 (2014): 499-510. DOI:10.3906/bot-1309-7
- 9 Maller P.R., McKay K.N., Jenks B.A. "Growing chickpea in the northern great plains" *Montana State University Press*. 47 (2002): 1.
- 10 Saghi S., Eivazi A.R. "Effect of cold stress on proline and soluble carbohydrates accumulation in two chickpea cultivars" *J.Curr. Microbiol. Appl. Sci* 32 (2014): 591-595. ISSN: 2319-7706
- 11 Nayyar H., Chander K., Kumar S., Bains T. "Glycine betaine mitigates cold stress damage in Chickpea" *Agron. Sustain. Dev* 25 (2005): 381-388. DOI: 10.1051/agro:2005033
- 12 Kaur S., Arora M., Gupta A.K., Kaur N. "Exploration of biochemical and molecular diversity in chickpea seeds to categorize cold stress-tolerant and susceptible genotypes" *Acta Physiol Plant* 34 (2012): 569-580. DOI 10.1007/s11738-011-0856-z
- 13 Wellburn A.R. "The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution" *J. of Plant Physiology* 144 (1994): 307-313. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(11\)81192-2](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(11)81192-2)
- 14 Bates L.D., Waldren R.P., Teare I.D. "Rapid determination of free proline for water – stress studies" *Plant and Soil* 39 (1973): 2005-2007. DOI: 10.1007/BF00018060
- 15 Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P.A., Smoth F. "Colorimetric Method for determination of Sugars and related Substances" *Analytical Chemistry* 28 (1956): 350-356. DOI: 10.1021/ac60111a017
- 16 Mohammad R.A., Majid M. "Antioxidative and biochemical responses of wheat to drought stress" *Journal of Agricultural and Biological Science* 8 (2013): 291-301. ISSN: 1990-6145

- 17 Beauchamp C., Fridovich I. "Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels" *Anal Biochem* 44 (1971): 276-287. DOI: [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(71\)90370-8](https://doi.org/10.1016/0003-2697(71)90370-8)
- 18 Boiarkin, A.N. "Bystryi metod opredeleniia aktivnosti peroksidazy" *Biokhimiia*. 16 (1951): 352-355. (In Russian).
- 19 Szabados L., Savoure A. "Proline: a multifunctional amino acid" *Trends Plant Sciences*. 15 (2010): 89-97. DOI: 10.1016/j.tplants.2009.11.009
- 20 Janmohammadi M. "Metabolic analysis of low temperature responses in plants" *Current Opinion in Agriculture*. 1 (2012): 1-6.
- 21 Petcu E, Perbea M., Dupa Z., Ionescu D. "Study on the relationship between frost resistance and free proline content in some winter wheat and barley genotypes" *Romanian agricultural science* 13-14 (2010): 37-41.
- 22 Nazari M.R., Maali Amiri M.R., Mehraban F.H., Khaneghah H.Z. "Change in Antioxidant Responses against Oxidative Damage in Black Chickpea Following Cold Acclimation" *Russian Journal of Plant Physiology* 59 (2012): 183-189. ISSN: 1021_4437
- 23 Janska A., Zelenkova S., Klima M., Vyvadilova M., Prasil I.T. "Freezing tolerance and proline content of in vitro selected hydroxiproline resistant winter oilseed rape" *Czech J.genet.plant Breed.* 46 (2010): 35-40. ISSN : 1212-1975
- 24 Klima M., Vitamvas P., Zelenkova S., Vyvadilova M., Prasil I.T. "Dehydrin and proline content in *Brassica napus* and *B.carinata* under cold stress at two irradiances" *Biologia Plantarum*. 56 (2012): 157-161. ISSN : 0006-3134
- 25 Rolland F., Baena-Gonzalez E., Sheen J. "Sugar sensing and signaling in plants: conserved and novel mechanisms" *Annu Rev Plant Biol* 57 (2006): 675-709. DOI: 10.1146/annurev.arplant.57.032905.105441
- 26 Ruan Y.L. "Sucrose metabolism: gateway to diverse carbon use and sugar signaling" *Annu Rev Plant Biol.* 65 (2014): 33-67. DOI: 10.1146/annurev-arplant-050213-040251
- 27 Yuanyuan M., Yali Z., Jiang L., Hongbo S. "Roles of plant soluble sugars and their responses to plant cold stress" *African journal of Biotechnology*. 8 (2009): 145-153. ISSN: 1684-5315
- 28 Janmohammadi M. "Study of interrelationship between vegetative/reproductive transition stage and cold induced proteins expression using proteomics analysis in wheat grown under field conditions" (Ph.D. Thesis., University of Tehran, 2010).
- 29 Ishikawa T., Takahara K., Hirabayashi T., Matsumura H., Fujisawa S., Terauchi R. "Metabolome analysis of response to oxidative stress in rice suspension cells overexpressing cell death suppressor Bax inhibitor-1" *Plant Cell Physiol.* 51(1) (2010): 9-20. DOI: 10.1093/pcp/pcp162
- 30 Huseynova I.M. "Photosynthetic characteristics and enzymatic antioxidant capacity of leaves from wheat cultivars exposed to drought" *Biochim Biophys Acta.* 8 (2012): 1516-1523. DOI: 10.1016/j.bbabi.2012.02.037
- 31 Mantri N.L., Ford R., Coram T.E., Pang E.C. Transcriptional profiling of chickpea genes differentially regulated in response to high-salinity, cold and drought // *BMC Genomics* 8 (2007): 303-316. DOI:10.1186/1471-2164-8-303
- 32 Yadav S.S., Kumar J., Yadav S.K., Singh S., Yadav V.S., Turner N.C., Redden R. "Evaluation of *Helicoverpa* and drought resistance in desi and kabuli chickpea" *Plant. Genet. Res* 4 (2006): 198-203. DOI: <https://doi.org/10.1079/PGR2006123>

5-бөлім
**АДАМ ЖӘНЕ ЖАНУАРЛАР
ФИЗИОЛОГИЯСЫ МЕН БИОХИМИЯСЫ**

Раздел 5
**ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ
ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ**

Section 5
**HUMAN AND ANIMAL
PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY**

**Кайрат Б.К.¹, Оразова С.Б.², Шалгимбаева С.М.³,
Койшибаева С.К.⁵, Ернарарова Г.И.⁴**

¹магистр биологии, e-mail: Bakytzhan.Kairat@kaznu.kz

²кандидат биологических наук, e-mail: Saltanat.Orazova@kaznu.kz

³кандидат биологических наук, e-mail: Saule.Shalgymbaeva@kaznu.kz

⁴кандидат биологических наук, доцент e-mail: Gulzira.Yernazarova@kaznu.kz

Казахского национального университета им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы,

⁵заведующий лабораторией аквакультуры Казахского научно-исследовательского института рыбного хозяйства, Казахстан, г. Алматы, e-mail: koishybayeva@kazniirh.kz

**ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПРОДУКЦИОННЫХ КОРМОВ И
УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ НА НЕКОТОРЫЕ БИОХИМИЧЕСКИЕ
ПОКАЗАТЕЛИ ПЕЧЕНИ И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА
МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ МОЛОДИ ТИЛЯПИИ**

Индустриальное развитие рыбоводных хозяйств в Казахстане считается приоритетным направлением в развитии агропромышленного комплекса. Выращивание рыбы в аквакультуре позволяет получать экологически чистую продукцию при экономном расходовании земельных и водных ресурсов. Основной проблемой в разведении рыб в аквакультуре является повышение экономической эффективности выращивания рыбы. Значительные капитальные вложения, высокие эксплуатационные расходы, дорогостоящие специальные комбикорма в настоящее время делают низкорентабельным, а часто и убыточным выращивание традиционного объекта рыбоводства – карпа. К факторам, определяющим рентабельность производства рыбы, относится эффективность использования кормов, на долю которых в промышленном рыбоводстве приходится более 50% в структуре себестоимости продукции. Одним из реальных направлений повышения экономической эффективности аквакультуры является выращивание ценных видов рыб. Успешная разработка технологий выращивания таких объектов, как различные виды осетровых и их гибриды, форелей, канальный и клариевый сомы, тилапии, позволит повысить эффективность работы рыбоводных хозяйств. Среди перечисленных объектов значительный интерес представляют тилапии. Рыбы семейства Cichlidae – тилапии, обладают ценными биологическими и хозяйственными качествами. Быстрый рост, высокая толерантность к неблагоприятным факторам среды, резистентность ко многим заболеваниям делают этих рыб одним из перспективных объектов промышленного рыбоводства.

Ключевые слова: молодь, тилапия, микросомальная фракция печени, малоновый диальдегид, аланинаминотрансфераза, аспартатаминотрансфераза, биохимический состав спинных мышц.

Kajrat B.K.¹, Orazova S.B.², Shalgimbaeva S.M.³, Kojshibaeva S.K.⁵, Ernazarova G.I.⁴

¹master of biology, e-mail: Bakytzhan.Kairat@kaznu.kz

²candidate of biological Sciences, e-mail: Saltanat.Orazova@kaznu.kz

³candidate of biological Sciences, e-mail: Saule.Shalgymbaeva@kaznu.kz

⁴candidate of biological Sciences, e-mail: Gulzira.Yernazarova@kaznu.kz

al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty,

⁵Head of laboratory of aquaculture of the Kazakh Research Institute of Fisheries,
Kazakhstan, Almaty, e-mail: koishybayeva@kazniirh.kz

The effect of different production of forage and growing conditions on some biochemical parameters of liver and chemical composition of muscle tissue of juvenile tilapia

The industrial development of fish farms in Kazakhstan is a priority direction in development of agriculture. Growing fish in aquaculture allows to obtain environmentally friendly products at economical expenditure of land and water resources. The main problem in razvedenii fish in aquaculture is the im-

provement of economic efficiency of fish farming. Significant capital investments, high operating costs, expensive special feed currently doing marginally profitable, and often unprofitable the cultivation of traditional object of fishery – carp. The factors that determine the profitability of fish production is the efficiency of feed use, the share of which in industrial fish farming accounts for more than 50% in the cost structure of products. One of the real directions of increase of economic efficiency of aquaculture is the cultivation of valuable fish species. The successful development of technologies of cultivation of objects such as different kinds of sturgeons and their hybrids, trout, and clarify channel catfish, tilapia will improve the efficiency of fish farms. Among these objects are of considerable interest to tilapia. Fish of the family Cichlidae – tilapia possess valuable biological and economic qualities. Rapid growth, high tolerance to adverse environmental factors, resistance to many diseases make these fish one of the perspective objects of industrial fish farming.

Key words: fry, tilapia, liver microsomal fraction, malonic, alanine aminotransferase, aspartate aminotransferase, the biochemical composition of the spinal muscles.

Кайрат Б.К.¹, Оразова С.Б.², Шалгимбаева С.М.³, Койшибаева С.К.⁵, Ерназарова Г.И.⁴

¹биология магистрі, e-mail: Bakytzhan.Kairat@kaznu.kz

²биология ғылымдарының кандидаты, e-mail: Saltanat.Orazova@kaznu.kz

³биология ғылымдарының кандидаты, e-mail: Saule.Shalgymbaeva@kaznu.kz

⁴биология ғылымдарының кандидаты, e-mail: Gulzira.Yernazarova@kaznu.kz

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.,

⁵Қазақ балық шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты аквакультура зертханасының меңгерушісі, Қазақстан, Алматы қ., e-mail: koishybayeva@kazniirh.kz

Тияпия шабақтарының бауыры мен бұлшық еттерінің биохимиялық параметрлеріне әртүрлі жемдер және өсіру жағдайларының әсері

Қазақстандағы балық шаруашылығының индустриалды дамуы агроөнеркәсіп кешенінің басым бағыттарының бірі. Аквакультура жағдайында балықтарды өсіру жер және су ресурстарын үнемдей отырып экологиялық таза өнімді алуға мүмкіндік береді. Аквакультура жағдайында балықтарды өсірудегі басты мәселе – балық шаруашылығының экономикалық тиімділігін жоғарылату. Аквакультураның экономикалық тиімділігін арттыратын бағыттарының бірі құнды балық түрлерін өсіру саналады. Бекіре және олардың гибридтері, бахта, каналдық және африкандық сом, тияпия сияқты объектілерді өсірудің технологияларын табысты әзірлеу индустриалды балық шаруашылығы жұмысының тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Жоғарыда аталған объектілердің ішінде тияпия балықтарына деген қызығушылық зор. Cichlidae тұқымдасына жататын тияпия балықтарына бірқатар құнды биологиялық және шаруашылық сипаттамаларға ие. Жылдам өсуі, ортаның қолайсыз жағдайларына жоғары тұрақтылығы мен көптеген ауруларға төзімділігі аталмыш балықтарды өнеркәсіптік балық шаруашылығының келешегі зор объектілерінің біріне айналдырды.

Түйін сөздер: шабақ, тияпия, бауырдың микросомалық фракциясы, малон диальдегиді, аланинаминотрансфераза, аспартатаминотрансфераза, арқа бұлшық еттерінің биохимиялық құрамы.

Введение

Тияпия – второй по значению объект пресноводного рыбоводства в мире после карпа. Ее выращивают в Африке, Азии, Европе и Америке, в пресной и морской воде. Наибольшую ценность для рыбоводства имеют виды, относящиеся к роду *Oreochromis* – *O. mossambicus*, *O. niloticus*, *O. aureus* и *O. rossa*. Эти рыбы отличаются высокой адаптационной устойчивостью к значительным изменениям условий содержания, легко размножаются, обладают хорошей скоростью роста, имеют превосходные вкусовые качества. По данным ФАО, по темпу прироста продукции тияпия занимает первое место в мировой аквакультуре. Тияпий выращивают бо-

лее чем в 120 странах мира. Наиболее крупными производителями тияпий являются Китай – 51% (897,3 тыс. т), страны Юго-Восточной Азии (Филиппины, Индонезия, Таиланд), Мексика, а также Египет. В Европе тияпий культивируют в Германии, Франции, Бельгии, Чехии, Болгарии и некоторых других странах.

В течение последних десятилетий аквакультура стала одним из быстро развивающихся направлений производства пищевой продукции и играет большую роль в экономическом развитии многих стран. По темпу прироста продукции одно из первых мест занимают тияпии (Привезенцев Ю.А., 2008:55). Столь быстрое распространение тияпии в мировой аквакультуре и значительный рост ее производства объясняет-

ся рядом ценных биологических особенностей и хозяйственно-полезных качеств, которые свойственны этим рыбам. Обладая ценными рыбоводными качествами – легкостью воспроизводства, быстрым ростом, высокой жизнеспособностью, широкой экологической пластичностью, отличными пищевыми качествами тилапии представляют безусловный интерес и для аквакультуры Казахстана (Жигин А.В., 2002:19).

Следует отметить, что тилапии являются не только перспективным объектом аквакультуры, но и в силу ряда особенностей биологии служат прекрасным модельным объектом для экспериментальных исследований. Тилапии относятся к рыбам с непрерывным типом размножения, и при наличии оптимальных условий содержания нерест у них проходит регулярно с интервалом 45-60 суток. Раннее половое созревание (3-7 мес.), а также возможность круглогодичного получения потомства при культивировании в условиях рециркуляционных систем, сделали тилапию незаменимой при изучении влияния различных экстремальных воздействий на гаметогенез, рост, развитие и выживаемость рыбы (Лаврентьева Н.М., 2002:53).

Природно-климатические условия нашей страны исключают возможность культивирования тилапии в естественных водоемах. Возможной производственной базой могут служить водоемы-охладители при промышленных предприятиях и электростанциях, пруды, снабжаемые геотермальной водой, и рыбоводные установки с замкнутым циклом водоиспользования. Выращивание рыбы с внедрением новых промышленных технологий позволяет получать экологически чистую продукцию при экономном расходовании земельных и водных ресурсов.

Успешная разработка интенсивных технологий выращивания отдельных видов тилапий связана с необходимостью всестороннего изучения их биологических особенностей и адаптационных возможностей в зависимости от различных биотических и абиотических факторов (Жигин А.В., 2002:34; Лаврентьева Н.М., 2002:61).

Эффективность товарного рыбоводства во многом зависит от состояния и качества получаемой молоди. При современных методах рыборазведения складываются условия, отличающиеся от естественных и влияющие на физиологическое состояние и некоторые биологические особенности рыбы. Это, в свою очередь, требует постоянного контроля за процессом выращивания, оценки физиологического состояния и, при необходимости, его корректировки.

До недавнего времени оценивались, в основном, морфофизиологические, гистологические и гематологические показатели, однако исследования биохимических показателей являются одними из основных индикаторов физиологического состояния рыб (Adams S.M., 2005:649).

Цель данной работы заключалась в изучении влияния состава различных продукционных кормов и условий выращивания на биохимические показатели печени и состав мышечной ткани молоди тилапии.

Материалы и методы исследования

Объектом исследований являлась молодь нильской тилапии (*Oreochromis niloticus*), выращенной с использованием разных кормов и технологий на базе РГКП «Капшагайское нерестово-выростное хозяйство» (Алматинская обл., Казахстан). Отбор аналитического материала проводили каждые 15 суток, в течение 30 суток культивирования. В качестве контроля использовали пробы, взятые в начале эксперимента. Повторность пятикратная.

Каждую особь после вылова измеряли, взвешивали, затем препарировали. Образцы печени и спинных мышц замораживали в жидком азоте при -196°C и хранили в сосуде Дюара для дальнейшей транспортировки.

Сухое вещество определяли гравиметрическим методом (Антипова Л.В., 2001:181). Определение массовой доли белка проводили биуретовым методом без минерализации проб (Шатуновский М.И., 1980:55). Содержание гликогена определяли с антроном (Северин С.Е., 1989:286). Массовую долю жира определяли ускоренным экстракционно-весовым методом института питания АМН СССР (ГОСТ 7686-35, 1985). Активности АсАТ и АлАТ в микросомальной фракции печени (Строев Е.А., 2012:222) проводили динитрофенилгидрозоновым методом Рейтмана-Френкеля. Содержание малонового диальдегида определяли по реакции с 2-тиобарбитуровой кислотой (Кондрахин И.П., 2004:401).

Результаты исследования и их обсуждение

Биохимический анализ печени молоди тилапии при различных условиях выращивания

Для оценки биохимического состояния печени была получена микросомальная фракция, в которой определено содержание общего белка, активность таких ферментов как аспартатамино-

трансфераза и аланинаминотрансфераза, а также количество общих липидов, гликогена, уровень перекисного окисления липидов в печеночной ткани.

Из данных таблицы 1 видно, что с увеличением срока культивирования содержание гликогена в печени молоди тилапии при бассейновой технологии повышается, к примеру, при использовании корма, разработанного сотрудниками КазНИИ ППП, с $5,54 \pm 0,6$ до $25,05 \pm 2,1$ мг/г сырой массы, а в установках замкнутого водоснабжения до $19,70 \pm 1,21$ мг/г сырой массы. Использование в рационе импортных кормов фирмы «Aller aqua» приводило к повышению концентрации гликогена до $29,27 \pm 1,2$ мг/г сырой массы при замкнутом водоснабжении уже к 15 суткам выращивания. На содержание гликогена в печени молоди тилапии вид применяемого корма не оказал достоверного влияния.

Липиды в организме рыб являются важнейшим источником энергии, обеспечивающим различные ответственные моменты их жизнедеятельности (Шатуновский М.И., 1980:114). Содержание и состав липидов в органах и тканях рыб зависят как от физиологического состояния их организма (Сидоров В.С., 1983:84), так и от различных факторов водной среды (Лукьяненко В.И., 1983:87).

Из трех использованных кормов накоплению липидов в печени способствовало применение карагандинского корма, к примеру, при прямоочной технологии масса липидов составила $267,8 \pm 1,2$ мг/г сырой массы к 30 суткам эксперимента, что в 1,4 раза больше, чем при кормлении кормом, разработанного КазНИИ ППП и в 1,9 раза больше значения при корме фирмы «Aller aqua».

Среди многочисленных показателей липидного обмена процессы перекисного окисления липидов играют важную роль не только в физиолого-биохимическом гомеостазе нормальной клетки, но и выступают как универсальное неспецифическое звено механизма развития различных патологических состояний организма (Сидоров В.С., 1983:98).

Наибольшее количество МДА обнаружено в печени тилапии при бассейновой технологии выращивания с применением карагандинского корма – $11,4 \pm 1,7$ мкмоль/г сырой массы, наименьшее на УЗВ с кормом «Aller aqua» – $2,3 \pm 0,5$ мкмоль/г сырой массы.

Повышение концентрации малонового диальдегида свидетельствует об активации про-

цессов перекисного окисления липидов или о снижении антиоксидантной защиты организма (Шатуновский М.И., 1980:105).

Аминотрансферазы играют ключевую роль в обмене веществ, объединяя в единое целое белковый, углеводный, жировой обмен и цикл трикарбоновых кислот. Учитывая исключительную роль аспаратаминотрансферазы (АсАТ) и аланинаминотрансферазы (АлАТ) в обмене основных метаболитов клетки, активность этих ферментов используют в качестве биохимического индикатора физиологического статуса и клинического индикатора стрессового состояния, вызванного заболеванием или интоксикацией у ряда организмов, в том числе и у рыб (Самсонова М.В., 2002:17).

В таблице 2 представлены результаты анализа содержания общего белка и аминотрансферазной активности в микросомальной фракции молоди рыб, выращенных при различных условиях.

Содержание белка в микросомальной фракции печени молоди тилапии снижалось на первых этапах эксперимента независимо от вида применяемого корма, при прямоочной бассейновой технологии с кормом, разработанным в КазНИИ ППП, количество общих белков снизилось с $4,87 \pm 1,8$ до $1,84 \pm 0,15$ мг/г сырой массы.

Установлено, что на активность АлАТ в микросомальной фракции печени тилапии оказал влияние тип культивирования, так, при использовании в рационе корма, разработанного в КазНИИ ППП, к 15 суткам выращивания активность фермента составила $1,58 \pm 0,03$ при прямоочной выращивании, а в условиях УЗВ $0,29 \pm 0,01$ мкмоль/с×мг белка, что 5,4 раза меньше. Аналогичная картина характерна и для АсАТ, где активность фермента оказалась выше в пробах из молоди, выращенной при замкнутом водоснабжении. К примеру, при кормлении карагандинскими кормами в прямоочных бассейнах к 30 суткам аквакультуры активность равнялась $0,26 \pm 0,01$, а в установках с замкнутым водоснабжением – $0,45 \pm 0,03$ мкмоль/с×мг белка.

Аминотрансферазы не обладают органной специфичностью, однако определение их активности в крови используется для диагностики болезней печени и сердца при которых происходит распад клеток. К примеру, при цитолизе гепатоцитов в несколько раз повышается активность не только аланинаминотрансферазы, но и аспаратаминотрансферазы (Самсонова М.В., 2002:18).

Таблица 1 – Содержание гликогена, общих липидов и малонового диальдегида в печени молоди тилапии при различных условиях выращивания

Условия выращивания	Вид корма	Отбор	Содержание гликогена, мг/г сырой массы	Содержание общих липидов, мг/г сырой массы	Содержание МДА, мкмоль/г сырой массы
	контроль		5,54±0,6	75,6±0,8	9,5±0,5
Бассейн	КазНИИ ППП	15 день	8,19±0,02	217,5±2,1	2,5±0,7
		30 день	25,05±2,1	195,2±1,1	10,7±1,3
	Карагандинский	15 день	3,17±1,1	219,4±3,8	6,2±0,1
		30 день	24,65±1,5	267,8±1,2	11,4±1,7
	Aller aqua	15 день	2,94±0,06	126,7±1,9	2,3±0,5
		30 день	27,52±1,4	138,9±1,3	3,8±0,3
УЗВ	КазНИИ ППП	15 день	3,07±0,1	169,7±1,8	4,9±0,3
		30 день	19,70±1,21	167,5±1,9	5,9±0,2
	Карагандинский	15 день	3,91±0,04	212,2±2,8	9,4±0,6
		30 день	22,02±1,6	225,1±2,2	7,7±0,2
	Aller aqua	15 день	29,27±1,2	235,6±2,3	2,4±0,1

Таблица 2 – Содержание общего белка и аминотрансферазная активность в микросомальной фракции печени молоди рыб при различных условиях выращивания

Условия выращивания	Вид корма	Отбор	Содержание белка, мг/г сырой массы	Активность АлАТ, мкмоль/с×мг белка	Активность АсАТ, мкмоль/с×мг белка
	контроль		4,87±1,8	1,95±0,06	0,64±0,06
Бассейн	КазНИИ ППП	15 день	1,84±0,15	1,58±0,03	0,44±0,01
		30 день	2,85±0,11	0,33±0,06	0,26±0,02
	Карагандинский	15 день	2,64±0,09	0,68±0,03	0,42±0,04
		30 день	4,17±0,21	0,56±0,03	0,26±0,01
	Aller aqua	15 день	1,68±0,16	0,54±0,01	0,54±0,05
		30 день	2,54±0,02	1,03±0,05	0,43±0,03
УЗВ	КазНИИ ППП	15 день	3,24±0,27	0,29±0,01	0,68±0,03
		30 день	2,37±0,18	0,33±0,01	0,48±0,02
	Карагандинский	15 день	1,74±0,11	1,55±0,02	0,6±0,07
		30 день	2,93±0,25	0,58±0,01	0,45±0,03
	Aller aqua	15 день	2,85±0,01	1,42±0,03	0,49±0,02

Влияние состава различных продукционных кормов и условий выращивания на химический состав мышечной ткани молоди тилапии

Был проведен анализ химического состава спинных мышц: содержание сухого вещества и золы (таблица 3), содержание общего белка (без минерализации), общих липидов и гликогена (таблица 4).

Определение массовой доли влаги и содержание органического вещества являются важными сравнительными биохимическими показателями.

Сравнительно высокое содержание органических веществ в мышцах тилапии отмечено при прямоточном выращивании, среднее значение равнялось 21,3 %, на УЗВ – 20,5 %.

Содержание общих белков в мышечных тканях молоди тилапии зависело от типа культивирования, так, при прямоточном выращивании с экспериментальными кормами КазНИИ ППП конечные значения составили 24,2±0,01, а в установках с замкнутым водоснабжением 22,7±0,04 г/100 г сырой массы.

Таблица 3 – Содержание сухих, зольных и органических веществ в спинных мышцах молоди тилапии при различных условиях выращивания

Условия выращивания	Вид корма	Отбор	Массовая доля сухих веществ, %	Массовая доля зольных веществ, %	Массовая доля органических веществ, %
	контроль		20,3	1,22	19,1
Бассейн	КазНИИ ППП	15 день	22,4	0,9	21,5
		30 день	21,3	1,12	20,2
	Карагандинский	15 день	22,7	0,90	21,8
		30 день	22,8	1,39	21,4
	Aller aqua	15 день	22,7	1,32	21,4
		30 день	22,6	1,26	21,3
УЗВ	КазНИИ ППП	15 день	22,9	1,12	21,8
		30 день	22,8	1,40	21,4
	Карагандинский	15 день	22,4	1,19	21,2
		30 день	19,1	1,37	17,7
	Aller aqua	15 день	21,8	1,33	20,5

Таблица 4 – Содержание общего белка, липидов, гликогена в спинных мышцах рыб при различных условиях выращивания

Место сбора	Вид корма	Отбор	Содержание белка, г/ 100 г сырой массы	Содержание липидов, г/ 100 г сырой массы	Содержание гликогена, г/ 100 г сырой массы
	контроль		12,4±0,01	1,8±0,04	1,54±0,06
Бассейн	КазНИИ ППП	15 день	14,9±0,02	2,6±0,02	1,13±0,1
		30 день	24,2±0,01	1,7±0,03	1,95±4,19
	Карагандинский	15 день	15,4±0,04	3,1±0,09	0,97±0,02
		30 день	24,6±0,01	2,6±0,01	0,96±0,05
	Aller aqua	15 день	10,6±0,02	2,9±0,02	0,76±0,07
		30 день	24,3±0,02	2,9±0,04	0,49±0,01
УЗВ	КазНИИ ППП	15 день	14,1±0,04	2,4±0,04	1,49±0,02
		30 день	22,7±0,04	2,4±0,07	1,19±0,09
	Карагандинский	15 день	10,1±0,03	1,8±0,03	1,75±0,07
		30 день	21,4±0,01	1,5±0,06	1,58±0,05
	Aller aqua	15 день	21,0±0,01	2,2±0,04	0,80±0,07

Влияние технологии выращивания заметно при использовании карагандинского корма для молоди тилапии, при бассейновой технологии содержание гликогена равнялось $0,97 \pm 0,02$ г/ 100 г сырой массы, а на установках замкнутого водоснабжения – $1,75 \pm 0,07$ г/ 100 г сырой массы, т.е. почти в 2 раз больше. Можно отметить влияние способа выращивания молоди тилапии на содержание общих липидов в спинных мышцах при применении карагандинского корма, при выращивании в бассейне количество жиров рав-

нялось $0,97 \pm 0,02$ г/ 100 г сырой массы, а на УЗВ $1,75 \pm 0,07$ г/ 100 г сырой массы.

Таким образом, сравнительный анализ биохимических показателей молоди тилапии в условиях бассейновой технологии и УЗВ позволил оценить степень изменений физиологического состояния последних при выращивании на кормах различных рецептур. Установлено, что на аминотрансферазную активность микросомальной фракции печени тилапии оказал влияние тип культивирования. С увеличением сроков

культивирования наблюдалось увеличение содержания МДА в печени тилапии при бассейновой технологии.

Вид использованных кормов не оказал достоверного влияния на содержание общих белков, липидов и гликогена в мышцах молоди.

В последние годы во всем мире товарное рыбоводство вызывает повышенный интерес. Сегодня наиболее перспективными считаются интенсивные технологии выращивания рыб, которые позволяют значительно повысить выход готовой продукции с единицы площади и дают возможность контроля и управления качеством среды и кормов, режимом кормления. Однако высокие плотности посадки, искус-

ственное кормление нередко оказывают негативное влияние на организм рыб, и, вследствие этого, ухудшается их физиологическое состояние. В связи с этим проведение регулярного контроля за физиологическим состоянием рыб должно быть необходимым элементом технологии их выращивания в индустриальных хозяйствах. В качестве информативных показателей, характеризующих физиологическое состояние рыбы, сможет выступить состав ее биологических жидкостей: крови и слизи. Известно, что гематологические параметры и биохимический состав крови отражают высокоспециализированные механизмы адаптации организма к условиям выращивания.

Литература

- 1 Adams S. M. Assessing cause and effect of multiple stressors on marine system. / S. M. Adams // Marine Pollution Bulletin. – 2005. – Vol. 51 (8–12). – P. 649–657.
- 2 Антипова Л.В., Глотова И.А., Рогов И.А. Методы исследования мяса и мясных продуктов. – Москва: Колос, 2001. – 376 с.
- 3 ГОСТ 7686-35 Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. – Москва, 1985
- 4 Жигин А.В. Пути и методы интенсификации выращивания объектов аквакультуры в установках с замкнутым водоиспользованием. Автореф. дис. д. с-х наук. МСХА., 2002. – 32 с.
- 5 Кондрахин И.П. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: справочник. – М.: КолосС, 2004. – 520 с.
- 6 Лаврентьева Н.М. Биологические особенности и хозяйственно-полезные качества голубой тилапии (*Oreochromis aureus*) при выращивании в системе с замкнутым циклом водоснабжения: Автореф. дис. канд. биол. наук. – М.: РГАЗУ, 2002. – 118 с.
- 7 Лукьяненко В. И. Общая ихтиотоксикология. – М.: Легкая и пищ. промышленность, 1983. – 320 с.
- 8 Практикум по биохимии /Под ред. С.Е. Северина, Г.А. Соловьевой. – 2 изд. – М.: Изд.МГУ, 1989. – 509 с.
- 9 Привезенцев Ю.А. Тилапии (систематика, биология, хозяйственное использование). – М.: МСХ РФ, 2008. – 355 с.
- 10 Самсонова М.В. Аланин- и аспаратаминотрансферазы как индикаторы физиологического состояния рыб // Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Москва, 2002. – 26 с.
- 11 Сидоров В. С. Экологическая биохимия рыб. Липиды. – Л.: Наука, 1983. – 240 с.
- 12 Строев Е.А., Макарова В.Г. Практикум по биологической химии. – Издательство: МИА, 2012. – 384 с.
- 13 Шатуновский М. И. Экологические закономерности обмена веществ морских рыб. – М.: Наука, 1980. – 283 с.

References

- 1 Adams S.M. (2005) Assessing cause and effect of multiple stressors on marine system. Marine Pollution Bulletin, vol. 51, No 8-12, pp. 649-657.
- 2 Antipova L.V., Glotovo I.A., Rogov I.A. (2001) Metody issledovaniya myasa i myasnykh produktov [Research methods of meat and meat products]. Moscow: KolosS, 376 p.
- 3 Kondrahin I.P. (2004) Metody veterinarnoy klinicheskoy laboratornoy diagnostiki [Methods of veterinary clinical laboratory diagnostics: Laboratory manual]. Moscow: KolosS, 520 p.
- 4 Lavrenteva N.M. (2002) Biologicheskiye osobennosti i khozyaystvenno-poleznyye kachestva goluboy tilyapii (*Oreochromis aureus*) pri vyrashchivani v sisteme s zamknutym tsiklom vodosnabzheniya [Biological characteristics and economically useful quality Blue tilapia (*Oreochromis aureus*) when grown in a closed loop water system]. (Abstract of PhD diss., Russian State Agrarian Correspondence University) Moscow, 118 p.
- 5 Lukyanenko V.I. (1983) Obshchaya ikhtiotoksikologiya [General ichthyotoxycology]. Moscow: Light and food industry, 320 p.
- 6 Privezentsev Y.A. (2008) Tilyapii (sistematika, biologiya, khozyaystvennoye ispol'zovaniye [Tilapia (systematics, biology, management)] Moscow: MA RF, 355 p.
- 7 Samsonova M.V. (2002) Alanin- i aspartataminotransferazy kak indikatory fiziologicheskogo sostoyaniya ryb [Alanine and aspartate aminotransferase as indicators of physiological status of fish]. (Abstract of PhD diss.), Moscow, 26 p.

- 8 Severin S.E., Solovieva G.A. (1989) Praktikum po biokhimii [Practicum in biochemistry]. Moscow: MSU, 509 p.
- 9 Shatunovskii M.I. (1980) Ekologicheskiye zakonomernosti obmena veshchestv morskikh ryb [Ecological regularities of the metabolism of marine fish]. Moscow: Nauka, 283 p.
- 10 Sidorov V.S. (1983) Ekologicheskaya biokhimiya ryb. Lipidy [Environmental biochemistry of fishes. Lipids]. Leningrad: Nauka, 240 p.
- 11 SS 61-2003. Ryba, morskkiye mlekoopitayushchiye, morskkiye bespozvonochnyye i produkty ikh pererabotki. Metody analiza [Fish, marine mammals, marine invertebrates and their by-products. Methods of analysis]. Moscow, 1989. 23 p.
- 12 Stroyev E.A., Makarov V.G. (2012) Praktikum po biologicheskoy khimii [Practicum in biological chemistry]. Moscow: MIA, 384 p.
- 13 Zhigin A.V. (2002) Puti i metody intensivifikatsii vyrashchivaniya ob"yektov akvakul'tury v ustanovkakh s zamknutym vodoispol'zovaniyem [Ways and means of intensifying the cultivation of aquaculture facilities in installations with closed water supply]. (Abstract of DSc thesis of agricultural sciences). Moscow, 32 p.

**Цой А.К.¹, Жусупова Г.Е.², Олжаев Ф.С.¹, Шалахметова Т.М.², Нуркенов Т.Т.²,
Шаяхметов Е.Г.¹, Абжанова Э.Р.¹, Тургамбаева А.М.¹, Аскарлова Ш.Н.^{1*}**

¹Лаборатория биоинженерии и регенеративной медицины, Национальная Лаборатория Астана,
Назарбаев Университет, Казахстан, г. Астана

²Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

*e-mail: shaskarova@nu.edu.kz

АНТИОКСИДАНТНЫЕ И НЕЙРОПРОТЕКТОРНЫЕ СВОЙСТВА ФИТОПРЕПАРАТА ИЗ КЕРМЕКА ГМЕЛИНА

Поиск веществ, подавляющих выработку активных форм кислорода (АФК) и провоспалительных цитокинов в условиях ишемического поражения головного мозга, имеет большое практическое значение для терапии постинсультных состояний. Целью настоящего исследования явилось изучение влияния экстракта из кермека Гмелина на развитие окислительного стресса в астроцитах и нейронах головного мозга человека в условиях воздействия провоспалительного цитокина TNF- α in vitro. В работе использованы методы выделения и культивирования фетальных клеток головного мозга человека, иммуногистохимические, флуоресцентные методы качественного и количественного определения супероксид аниона в выделенных нейронах и астроцитах. В ходе исследования было установлено, что экстракт из кермека Гмелина при дозировке 30 мкг/мл не обладает цитотоксическим эффектом, более того, он нивелирует токсичное действие TNF- α : блокирует образование АФК в нейронах и астроцитах, препятствует активации НАДФН оксидазы в астроцитах. Таким образом результаты проведенного исследования позволяют заключить, что экстракт из кермека Гмелина обладает антиоксидантными, астро- и нейропротекторными свойствами и может быть использован для терапии реперфузионного синдрома. Результаты исследования важны для нейробиологии и медицины.

Ключевые слова: инсульт, астроциты, нейроны, кермек Гмелина, активные формы кислорода.

Tsoj A.K.¹, Zhusupova G.E.², Olzhayev F.S.¹, Shalahmetova T.M.², Nurkenov T.T.²,
Shajahmetov E.G.¹, Abzhanova E.R.¹, Turgambayeva A.M.¹, Askarova Sh.N.^{1*}

¹Laboratory of bioengineering and regenerative medicine, National Laboratory
Astana, Nazarbayev University, Kazakhstan, Astana

²Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

*e-mail: shaskarova@nu.edu.kz

Antioxidant and neuroprotective properties of phytopreparate from limonium gmelinii

The search for substances that inhibit the production of active forms of oxygen (ROS) and pro-inflammatory cytokines in conditions of ischemic brain injury, is of great practical importance for the therapy of post-stroke states. The purpose of this study is to study the effect of extract from *Limonium gmelinii* on the development of oxidative stress in human astrocytes and neurons of the human brain under the influence of the proinflammatory cytokine TNF- α in vitro. Methods of isolation and cultivation of human fetal cells, immunohistochemical, fluorescent methods for the qualitative and quantitative determination of the anion superoxide in isolated neurons and astrocytes were used in the work. In the course of the study it was found that the extract from *Limonium gmelinii* at a dosage of 30 μg / ml does not have a cytotoxic effect, moreover, it neutralizes the toxic effect of TNF- α : blocks the formation of ROS in neurons and astrocytes, prevents the activation of NADPH oxidase in astrocytes. Thus, the results of the conducted study allow us to conclude that the extract from *Limonium gmelinii* possesses antioxidant, astro- and neuroprotective properties and can be used for therapy of reperfusion syndrome. The results of the study are important for neurobiology and medicine.

Key words: stroke, astrocytes, neurons, *Limonium gmelinii*, reactive oxygen species.

Цой А.К.¹, Жусупова Г.Е.², Олжаев Ф.С.¹, Шалахметова Т.М.², Нуркенов Т.Т.²,
Шаяхметов Е.Г.¹, Абжанова Э.Р.¹, Тургамбаева А.М.¹, Аскарлова Ш.Н.^{1*}

¹Биоинженерия және регенерациялық медицина зертханасы, Астана Ұлттық Лабораториясы,
Назарбаев Университеті, Қазақстан, Астана қ.

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

*e-mail: shaskarova@nu.edu.kz

Гмелин кермегінен алынған фитопрепараттардың антиоксидантты және нейропротекторлы қасиеті

Бас миының ишемиялық зақымдалуы кезінде цитокиндерді тудыратын әсерлер мен оттегінің белсенді түрін (АФК) басатын заттарды табу инсульттен кейінгі жағдайды емдеу кезінде практикалық маңызы өте үлкен. Бұл зерттеу жұмысының мақсаты *in vitro* жағдайында TNF- α цитокиндерін тудырушы әсерлерден адамның бас миының астроциттері мен нерв клеткаларында тотығу-тотықсыздану стрестерінің дамуына Гмелин кермегінің экстрактыларының әсерін зерттеу. Бұл жұмыста адамның бас миының фетальді клеткаларын жасанды ортада өсіру және алу әдістері қолданылды. Алынған нейрондар мен астроциттерде супероксид анионын сандық және сапалық флуоресцентті және иммуногистохимиялық әдістермен зерттелінді. Зерттеу жұмысы кезінде 30 мкг/мл мөлшердегі Гмелин кермегінің экстракты цитоцидті әсерге ие емес, одан басқа ол TNF- α улы әсерін жояды: нейрондар мен астроциттерде оттегінің белсенді түрінің түзілуіне тосқауыл қояды, астроциттерде НАДФН оксидазаның белсенділігіне кедергі болады. Сондықтан да зерттеу жұмысының нәтижелері арқылы мынадай қорытынды жасауға болады: Гмелин кермегінің экстракты антиоксидантты, астро- және нейропротекторлы қасиеттерге ие және реперфузионды синдром кезінде терапия үшін пайдалануға болады. Нейробиология мен медицинада зерттеу нәтижелерінің маңызы үлкен.

Түйін сөздер: инсульт, астроциттер, нейрондар, Гмелин кермегі, оттегінің белсенді түрі.

Введение

Инсульт головного мозга является третьей причиной смертности населения после болезней сердца и онкологических заболеваний и лидирующей причиной инвалидизации людей пожилого возраста в большинстве стран мира (Feigin VL, 2014: 245). Согласно статистическим данным, в Казахстане ежегодно регистрируется 2.5-3.7 случаев инсульта на 1000 человек, 1-1.8 из которых приводят к смертельному исходу (Erkebaeva SK, 2014: 175). 85% всех инсультов имеют ишемическую природу и вызываются острой тромботической окклюзией сосудов головного мозга, что приводит к нарушению кровотока, кислородному голоданию и гибели нервных клеток (Smith HK, 2012: 2241). Несмотря на то, что восстановление магистрального кровотока в поврежденном участке головного мозга имеет место, последующие за этими событиями приводят к развитию синдрома реперфузии, который вызывает дальнейшее повреждение нервных тканей (Sharma VK, 2013: 895, Matsuo Y, 1994: 344).

Во время развития реперфузионного синдрома, в артериальной крови содержится большое количество лейкоцитов, которые, в ответ на экспрессию молекул адгезии на поверхности эндотелиальных клеток церебральных капил-

ляров поврежденного региона трансмигрируют в паренхиму головного мозга и высвобождают активные формы кислорода (АФК) и медиаторы воспаления, такие как: фактор некроза опухолей альфа (TNF- α) интерферон-гамма и другие (Savman K, 2013: 228). Активация иммунной системы, изначально направленная на защиту от экзогенных патогенов, во время асептического иммунного ответа (такого, как инсульт), наоборот, приводит к разрушению нервных тканей. В свою очередь, высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот и относительно низкое содержание антиоксидантных ферментов в нейронах делает эти клетки крайне чувствительными к окислительному стрессу (Chen H, 2011: 1505). В связи с этим, поиск веществ, подавляющих выработку АФК и провоспалительных цитокинов в условиях ишемического поражения головного мозга, имеет большое практическое значение для терапии постинсультных состояний.

В настоящее время растущий интерес представляют растительные полифенолы, в силу их профилактического и терапевтического потенциала при таких заболеваниях как диабет, атеросклероз, нейродегенеративные, сердечно-сосудистые заболевания, и воспалительные процессы. Было показано, что полифенолы, содержащиеся в овощах, фруктах, зерновых, чае и

вине обладают выраженными антиоксидантными, противовоспалительными свойствами; их положительный эффект при ишемическом инсульте был показан в большом количестве исследований *in vitro* и *in vivo* (Simonyi A, 2005: 135, Chuang DY, 2013: 15, Liu X, 2013: 187, Panickar KS, 2013: 128). Для решения проблемы поиска эффективных терапевтических средств могут быть использованы растения, обладающие значительной протекторной активностью и произрастающие на территории Казахстана. Одним из таких растений является кермек Гмелина (*L. Gmelinii*) – представитель рода *Limonium* (кермек) семейства свинчатковых (Plumbagenaceae), которое произрастает на бросовых землях, не пригодных для земледелия и пастбищ, и имеет промышленный запас на территории нашей Республики. Экстракт полифенолов, выделенный из корней кермека Гмелина, содержит в себе флавоноиды окисленного типа (7-14 %), гидролизующие дубильные вещества, а также моно-, ди- и олигомерные формы флаван-3-олов (40-60 %). Основным мономерным флаваном является (-)-эпикатехингаллат. Флавоноиды окисленного типа представлены 3,5,7,3',4',6'-гексагидроксифлаваном, изорамнетинном, кверцетинном, мирицетинном, и их моно- и дигликозидами (мирицитрин, галактопиранозиды кверцетина и мирицетина, рамногликозид мирицетина, рутин и другие). Также в составе экстракта был идентифицирован новый гликозид гмелинозид I (Zhusupova G.E., 1997: 393). Танины представлены 2-о-β-D-галлоилом и 2,3-о-β-D-дигаллоилглюкозой. Экстракт в своем составе также имеет все 20 природных α-аминокислот, 34 микроэлемента, витамины (С, Е и β-каротин) и ксантофиллы. Таким образом, *Limonium gmelinii* является богатым источником полифенолов и представляется весьма целесообразным изучение его нейропротекторных свойств.

Исходя из всего вышесказанного целью настоящего исследования явилось изучение влияния экстракта из кермека Гмелина на развитие окислительного стресса в астроцитах и нейронах головного мозга человека в условиях воздействия провоспалительного цитокина TNF-α *in vitro*.

Материалы и методы исследования

Выделение и культивирование клеток головного мозга человека из фетальной ткани и условия влияния экстракта из кермека Гмелина на генерацию АФК в нейронах и астроцитах

Для проведения экспериментов из фетального головного мозга человека (возраст плода от 18 до 21 недели) выделяли нейроны и астроциты. Процедуру выделения клеток проводили методом механической и ферментативной дезагрегации тканей (Jana M, 2007: 2017). Для этого фетальный мозг ополаскивали в PBS (pH 7,4) при 4°C, мелко иссекали и инкубировали в 0,25% растворе трипсина в течение 20 мин при 37°C. Суспензию клеток пропускали через нейлоновый фильтр с диаметром пор 340 мкм и инкубировали в полноценной нейробазальной среде (NB), содержащей 2% питательной среды В27 и 1% пенициллин/стрептомицина в течение 10 мин. После чего, для выделения астроцитов суспензию клеток собирали и помещали в пробирку объемом 50 мл. Прикрепившиеся нейроны культивировали в течение 2-х недель в полноценной NB среде. Оставшуюся после посева нейронов суспензию глиальных клеток переносили на матрасы Т-75 в среде DMEM содержащей 10% фетальной бычьей сыворотки и 1% пенициллин/стрептомицина и культивировали в течение 9 дней. На 9-й день монослой астроцитов очищали от других типов глиальных клеток путем интенсивного встряхивания матрасов на орбитальном шейкере в течение 18 часов при 800 оборотах. Культуральную среду заменяли свежей порцией один раз в три дня. Монослой астроцитов культивировали до достижения 90% конfluence и пассажировали для проведения экспериментов, которые проводили на 3-м и 4-м пассажах (Sharif A, 2012: 137).

Чистоту культуры нейронов и астроцитов оценивали с помощью иммунофлуоресцентного анализа и подсчета клеток, положительно окрашенных по нейрон-специфичному маркеру MAP2 (Microtubule-associated protein 2) (Soltani MH, 2005: 1841) и специфическому астроглиальному маркеру GFAP (Glial fibrillary acidic protein) (Sharif A, 2012: 142).

Для изучения влияния экстракта из кермека Гмелина на генерацию АФК в нейронах и астроцитах и активацию НАДФН оксидазы в астроцитах клетки были разбиты на следующие группы: контроль (интактные клетки); клетки, которые инкубировали с перекисью водорода (0,5 мМ) в течение 60 минут или с TNF-α (0,1 нг/мл) в течение 60 минут; клетки, которые предварительно инкубировали с экстрактом кермека (30 мкг/мл) в течение 18 часов; клетки, которые инкубировали сначала с экстрактом кермека, а затем с перекисью водорода или TNF-α в тех же условиях, что и в предыдущих группах.

Определение содержания супероксид аниона в нейронах и астроцитах головного мозга

Количественную оценку супероксид аниона в нейронах проводили с помощью окрашивания клеток флуоресцентным красителем дигидроэтидиумом (DHE) (Zanetti M, 2005: 65). Нейроны контрольной группы инкубировали в культуральной среде с добавлением DHE (Sigma, США) в концентрации 5 мМ (Zanetti M, 2005: 66) в течение 1 часа. Клетки, которые подвергали воздействию перекиси водорода, инкубировали с DHE параллельно.

Анализ уровня генерации АФК в астроцитах проводили путем оценки общего содержания кислородных радикалов как внутриклеточно, так и в культуральной среде. Для этого использовали метод оценки супероксид аниона с помощью красителя 2',7'-дихлородигидрофлуоросцеин ацетата (DCF). Для анализа содержания АФК в астроцитах клетки инкубировали с DCF (Life Technologies, США) в концентрации 5 мкМ, в течение 1 часа (Corda S, 2001: 762). После инкубации с красителем интенсивность флуоресценции оценивали с помощью планшетного ридера Synergy H1.

Фиксация клеток и иммунофлуоресцентное окрашивание

Для проведения флуоресцентного анализа культуру клеток в контроле и опыте фиксировали в течение 30 минут в 3,74% формалине. После чего проводили пермеабиллизацию клеток в 0,1% растворе Тритона X-100 в PBS (рН 7,4) в течение 2-3 минут. Для предотвращения неспецифического связывания антител, покровные стекла с клетками инкубировали в 5% – м растворе сывороточного альбумина в фосфатном буфере (рН 7,4) в течение 1 часа (Askarova S, 2011: 375).

Для окрашивания специфических маркеров нейронов (MAP2) и астроцитов (GFAP), субъединиц НАДФН оксидазы (p47phox и gp91phox) в клетках использовали метод иммунофлуоресцентной окраски. Для этого клетки инкубировали с первичными антителами (SantaCruz Biotechnologies, США), в разведении 1:200, специфичных к исследуемым белкам, в течение 12 часов при температуре 4°C. После этого клетки инкубировали со вторичными антителами, конъюгированными с флуорофором Alexa 594 и Alexa 488 (Life Technologies, США) в разведении 1:1000 в течение 1 часа при комнатной температуре. Все антитела разводили в фосфатном буфере (рН 7,4), содержащем 1% сывороточного альбумина. Затем, для окраски ядер, клетки окрашивали красителем DAPI в течение 5 минут

(Tarnowski BI, 1991: 297). После окраски покровные стекла с клетками высушивали на воздухе и заключали в специальную жидкость ProLong Diamond Antifade Mountant (Life Technologies, США), монтировали на предметные стекла и микроскопировали (Askarova S, 2011: 375).

Методы конфокальной микроскопии и оценки колокализации белков

Флуоресцентные изображения субъединиц НАДФН оксидазы p47phox, gp91phox на плазматической мембране эндотелиоцитов и астроцитов получали с помощью лазерного сканирующего конфокального микроскопа Carl Zeiss LSM 700 (Li JM, 2002: 19952).

Флуорофор Alexa 488 (экстинкция 495 нм, эмиссия 519 нм) возбуждали с помощью аргонового лазера (488 нм) при диаметре конфокальной диафрагмы 1 условная единица, для возбуждения флуорофора Alexa 594 (экстинкция 591 нм, эмиссия 618 нм) использовали полупроводниковый диодный лазер (590) при диаметре конфокальной диафрагмы 1 условная единица.

Активность ферментного комплекса НАДФН оксидазы оценивали по количественной колокализации субъединиц gp91phox и p47phox на плазматической мембране клеток. На сериях флуоресцентных оптических срезов толщиной 1 мкм, в каждой клетке индивидуально, определяли пространственную колокализацию исследуемых объектов посредством наложения локально перекрывающейся флуоресценции двух маркеров: gp91phox (красный канал) и p47phox (зеленый канал). Таким образом, на участках колокализации двух флуорофоров при совмещении зеленого и красного спектров получали желтый цвет. В процессе анализа из полученных изображений исключали все цвета кроме желтого, для этого использовали программное обеспечение ImageJ версии 1.48P в модификации Fiji. Интенсивность флуоресценции зеленого, красного и желтого спектров оценивали с помощью программы MetaMorph 7.8. Колокализацию исследуемых белков рассчитывали исходя из отношения перекрывающейся флуоресценции (желтый канал) к общей флуоресценции исходных каналов (зеленый и красный) (Yang X, 2010: 859).

Количественная флуоресцентная микроскопия

Качественную визуальную и количественную оценку интенсивности свечения меченых маркеров производили с помощью моторизованного инвертированного флуоресцентного микроскопа Olympus IX83, снабженного ПЗС-фотокамерой Olympus XM10 и программой

CellSense и MetaMorph 7.8. Для получения флуоресцентных изображений ядер клеток окрашенных красителем DAPI использовали фильтр с экстинкцией 340/390 нм и эмиссией 420/460 нм. Для визуализации клеток окрашенных красителем DHE использовали фильтр экстинкцией 565/585 нм и эмиссией 600/690 нм. Для получения иммунофлуоресцентных снимков использовали одинаковые параметры экспозиции 400 миллисекунд. Количественную оценку производили путем определения интенсивности свечения меченых маркеров в условных единицах. Измерение производили в 500 клетках в каждой группе исследований (Askarova S, 2011: 375).

Статистическая обработка данных

Полученные данные представлены в виде средней \pm стандартная погрешность средней величины (Mean \pm SEM). Стандартные отклонения между экспериментальными группами оценивались с помощью *t*-критерия Стьюдента. Значения считались достоверно различными при $p \leq 0,05$. Анализ данных проводился с использованием программы для статистического анализа SigmaPlot 11.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты качественного флуоресцентного анализа маркера нейронов (MAP2) и астроцитов (GFAP) представлены на рисунке 1.

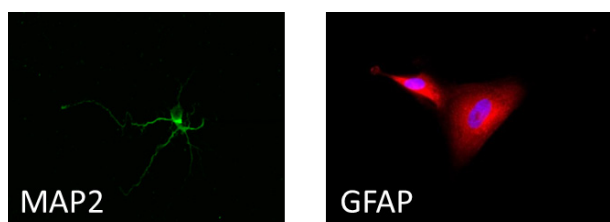


Рисунок 1 – Флуоресценция фетального нейрона и астроцитов головного мозга человека. Иммунофлуоресцентное окрашивание антителами к белкам MAP2 и GFAP, $\times 600$

Как видно из приведенного флуоресцентного снимка, в выделенных фетальных клетках наблюдали свечение меченого белка MAP2, специфичного для нейронов (рисунок 1). Количественный анализ показал, что более 90% клеток имели положительную окраску по данному белку. Из этого следует, что в исследуемом образце основной клеточной популяцией являлись нейроны.

Подсчет клеток, положительно окрашенных по астроглиальному маркеру GFAP, показал, что более 93% клеток являлись астроцитами.

Таким образом, результаты проведенного исследования показали, что метод выделения нейронов и астроцитов человека из фетальной ткани, используемый в настоящей работе, позволяет получить чистые линии нейронов и астроцитов из фетальной ткани человека.

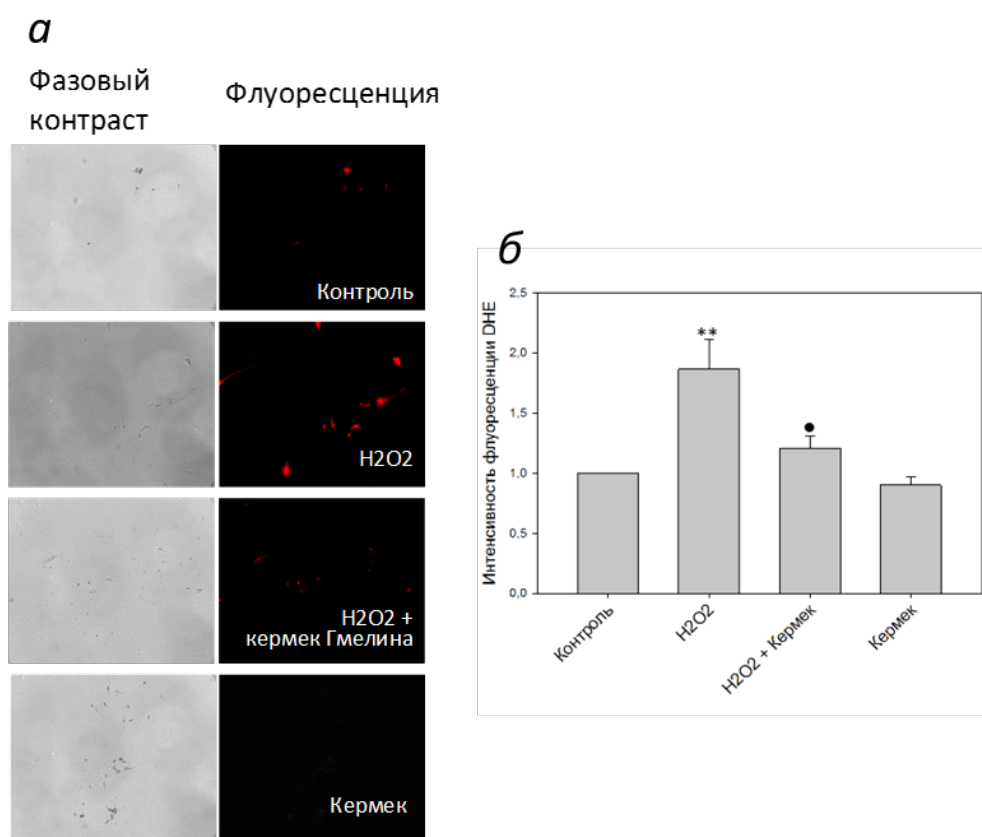
Результаты качественного и количественного флуоресцентного анализа уровня генерации АФК в нейронах представлены на рисунке 2. Видно, что в контроле свечение нейронов практически не наблюдалось. Интенсивность флуоресценции клеток резко возрастала при воздействии перекиси водорода. Однако предварительная обработка клеток растительным экстрактом из кермека Гмелина приводила к снижению интенсивности их свечения, практически до уровня контроля (рисунок 2а). Количественная оценка визуально наблюдаемого свечения клеток выявила значительное возрастание интенсивности флуоресцентного сигнала после воздействия перекиси водорода (рисунок 2б). Что свидетельствовало о значительном аккумуляровании АФК в нейронах. Напротив, предварительное инкубирование клеток с экстрактом из кермека Гмелина и последующее воздействие перекиси водорода, приводило к снижению интенсивности DHE-флуоресценции в нейронах, по сравнению с клетками, которые инкубировали только с перекисью водорода (рисунок 2б).

Результаты количественного флуоресцентного анализа уровня генерации АФК в астроцитах представлены на рисунке 3. Согласно полученным данным, обработка астроцитов TNF- α приводила к резкому увеличению выработки АФК. Предварительное инкубирование клеток с экстрактом из кермека Гмелина препятствовало накоплению АФК в астроцитах. По сравнению с клетками, которые подвергали воздействию только цитокина, данный показатель значительно снижался. В то же время, сам по себе экстракт из кермека Гмелина не оказывал влияния на генерацию АФК в астроцитах, так как в данном эксперименте интенсивность флуоресценции красителя не отличалась от контрольного уровня (рисунок 3).

Результаты исследования влияния экстракта из кермека Гмелина на генерацию активных форм кислорода, показали, что данный экстракт, обладает выраженными антиоксидантными свойствами. Кроме того, сам по себе, при дозировке 30 мкг/мл, данный экстракт не оказывал

влияние на содержание АФК в клетках. Антиоксидантное действие исследуемого экстракта, вероятно, связано с большим содержанием полифенолов, которые, как известно, являются ловушками для кислородных радикалов. Однако, как упоминалось выше, экстракт из кермека Гмелина имеет сложный многокомпонентный состав, таким образом, вполне возможно, что он может оказывать модулирующее действие, направленное на различные ферментные системы клетки. Учитывая свойства экстракта из кермека Гмелина снижать уровень генерации АФК в

клетках головного мозга, логично предположить, что он оказывает непосредственное влияние на энзиматические комплексы, продуцирующие кислородные радикалы. Как известно, одним из важнейших источников АФК в астроцитах является НАДФН оксидаза (Askarova S, 2011: 375, Cai H, 2003: 471, Park L, 2005: 1769). В связи с вышеизложенным, нами было проведено исследование влияния экстракта из кермека Гмелина на активацию НАДФН оксидазы в астроцитах и эндотелиоцитах головного мозга. Результаты этого исследования представлены на рисунке 4.

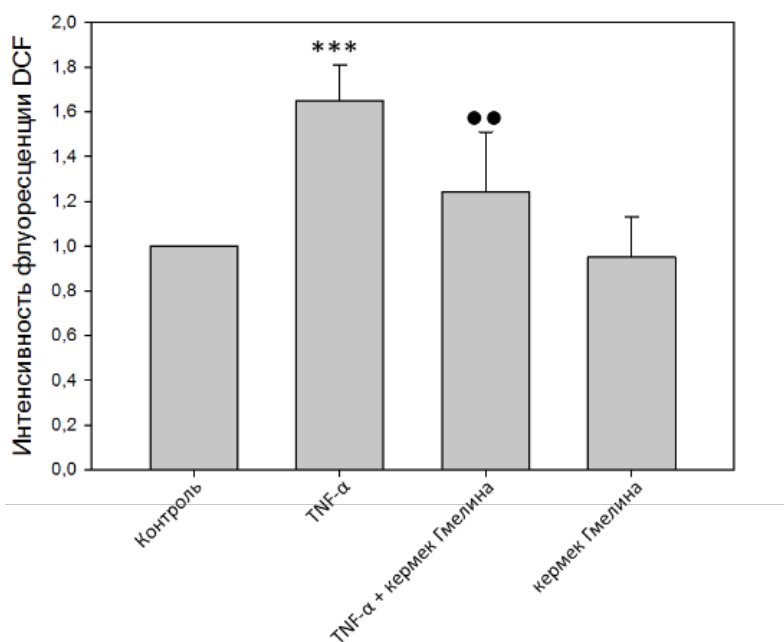


** - $p \leq 0,01$ по сравнению с контролем, • - $p \leq 0,05$, по сравнению с клетками, которые подвергали воздействию перекиси водорода (t-критерий Стьюдента)

Рисунок 2 – Флуоресцентные фотографии и анализ АФК в нейронах. Флуоресцентное окрашивание DHE, $\times 200$ (а); результаты количественного анализа уровня АФК в нейронах, подвергнутых раздельному и совместному воздействию H₂O₂ и экстракта из кермека Гмелина (б).

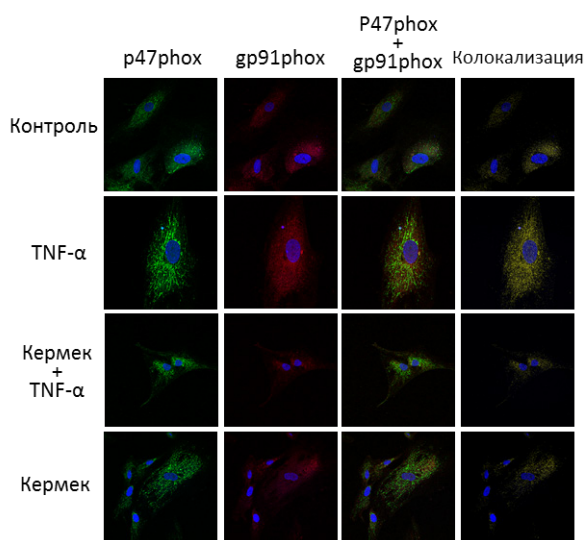
Анализ полученных результатов показал, что уровень колокализации субъединиц НАДФН оксидазы p47phox и gp91phox в астроцитах, которые подвергали воздействию TNF- α возрастал, что свидетельствует об активации данного ферментного комплекса (рисунок 4 а, б). В астроцитах, которые предварительно инкубировали с экстрак-

том из кермека Гмелина, а затем с TNF- α , уровень колокализации субъединиц p47phox и gp91phox значительно снижался по сравнению с клетками, которые подвергали воздействию только TNF- α и оставался на уровне контрольных величин. Сам по себе экстракт из кермека Гмелина на колокализацию субъединиц фермента влияние не оказывал.

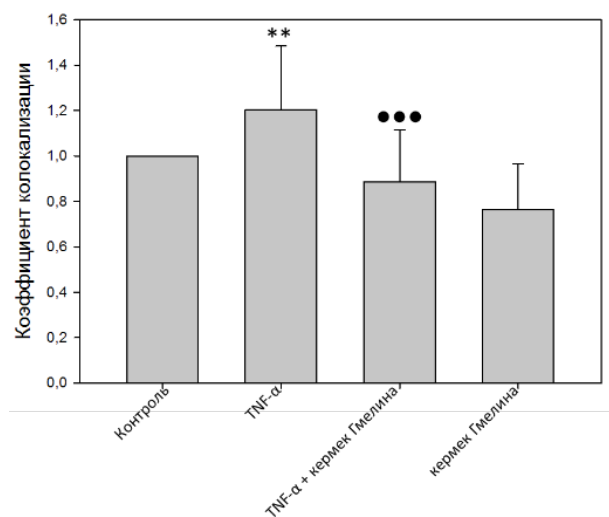


***- $p \leq 0,001$ по сравнению с контролем, ●●- $p \leq 0,01$, по сравнению с клетками, которые подвергали воздействию TNF- α (t-критерий Стьюдента)

Рисунок 3 – Интенсивность флуоресценции DCF в астроцитах головного мозга при воздействии TNF- α и кермека Гмелина, усл.ед.



А



Б

** - $p \leq 0,01$ по сравнению с контролем, ●●● - $p \leq 0,001$, по сравнению с клетками, которые подвергали воздействию TNF- α (t-критерий Стьюдента)

Рисунок 4 – Флуоресцентные фотографии астроцитов, окрашенных антителами, специфичными к субъединицам НАДФН оксидазы p47phox и gp91phox при воздействии TNF- α , x600 (а); количественный анализ колокализации субъединиц НАДФН оксидазы p47phox и gp91phox в астроцитах (б).

На основании полученных данных, можно заключить, что TNF- α индуцирует сборку цитоплазматических и мембранных субкомпартментов НАДФН оксидазы астроцитов головного мозга и активирует данный ферментный комплекс. Экстракт из кермека Гмелина, препятствует активации НАДФН оксидазы, и, вероятно, таким образом снижает уровень синтеза АФК в клетках. Эти результаты согласуются с результатами по оценке содержания АФК в астроцитах, описанных выше. Резюмируя вышеизложенное,

можно сделать вывод о том, что экстракт из кермека Гмелина оказывает комплексное протекторное действие на астроциты головного мозга. Также результаты проведенного исследования показали, что исследуемый растительный экстракт препятствует развитию окислительного стресса в нейронах. Для более полной оценки терапевтического потенциала данного экстракта в качестве нейропротектора требуется проведение исследований *in vivo*, что является следующим этапом наших исследований.

Литература

- 1 Askarova S, Yang X, Sheng W, Sun GY, Lee JC (2011) Role of Abeta-receptor for advanced glycation endproducts interaction in oxidative stress and cytosolic phospholipase A(2) activation in astrocytes and cerebral endothelial cells. *Neuroscience*, 199: 375-385.
- 2 Cai H, Griendling KK, Harrison DG (2003) The vascular NAD(P)H oxidases as therapeutic targets in cardiovascular diseases. *Trends in Pharmacological Sciences*, 24 (9): P. 471-478.
- 3 Chen H, Yoshioka H, Kim GS, Jung JE, Okami N, Sakata H, Maier CM, Narasimhan P, Goeders CE, Chan PH (2011) Oxidative stress in ischemic brain damage: mechanisms of cell death and potential molecular targets for neuroprotection. *Antioxid Redox Signal*, 14 (8): 1505-1517.
- 4 Chuang DY, Chan MH, Zong Y, Sheng W, He Y, Jiang JH, Simonyi A, Gu Z, Fritsche KL, Cui J, Lee JC, Folk WR, Lubahn DB, Sun AY, Sun GY (2013) Magnolia polyphenols attenuate oxidative and inflammatory responses in neurons and microglial cells. *J Neuroinflammation*, 10: 15.
- 5 Corda S, Laplace C, Vicaut E, Duranteau J (2001) Rapid reactive oxygen species production by mitochondria in endothelial cells exposed to tumor necrosis factor-alpha is mediated by ceramide. *Am J Respir Cell Mol Biol*, 24 (6): 762-768.
- 6 Erkebaeva SK, Nurguzhaev ES, Gafurov BG, Tuksanbaeva GU (2014) Prophylaxis of Stroke in Patients with Cerebral Ischemia with Depressive Syndrome. *Neuroscience and Behavioral Physiology*, 44 (2): 175-179.
- 7 Feigin VL, Forouzanfar MH, Krishnamurthi R, Mensah GA, Connor M, Bennett DA, Moran AE, Sacco RL, Anderson L, Truelsen T, O'Donnell M, Venketasubramanian N, Barker-Collo S, Lawes CM, Wang W, Shinohara Y, Witt E, Ezzati M, Naghavi M, Murray C (2014) Global and regional burden of stroke during 1990-2010: findings from the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet* 383 (9913): 245-254.
- 8 Jana M, Jana A, Pal U, Pahan K (2007) A simplified method for isolating highly purified neurons, oligodendrocytes, astrocytes, and microglia from the same human fetal brain tissue. *Neurochem Res*, 32 (12): 2015-2022.
- 9 Li JM, Shah AM (2002) Intracellular localization and preassembly of the NADPH oxidase complex in cultured endothelial cells. *J Biol Chem*, 277 (22): 19952-19960.
- 10 Liu X, Wang Z, Wang P, Yu B, Liu Y, Xue Y (2013) Green tea polyphenols alleviate early BBB damage during experimental focal cerebral ischemia through regulating tight junctions and PKC α signaling. *BMC Complement Altern Med*, 13 (1): 187.
- 11 Matsuo Y, Onodera H, Shiga Y, Shozuhara H, Ninomiya M, Kihara T, Tamatani T, Miyasaka M, Kogure K (1994) Role of cell adhesion molecules in brain injury after transient middle cerebral artery occlusion in the rat. *Brain Res*, 656 (2): 344-352.
- 12 Panickar KS, Jang S (2013) Dietary and plant polyphenols exert neuroprotective effects and improve cognitive function in cerebral ischemia. *Recent Pat Food Nutr Agric*, 5 (2): 128-143.
- 13 Park L, Anrather J, Zhou P, Frys K, Pitstick R, Younkin S, Carlson GA, Iadecola C (2005) NADPH Oxidase-Derived Reactive Oxygen Species Mediate the Cerebrovascular Dysfunction Induced by the Amyloid -beta- Peptide. *J. Neurosci*, 25 (7): 1769-1777.
- 14 Savman K, Heyes MP, Svedin P., Karlsson A (2013) Microglia/macrophage-derived inflammatory mediators galectin-3 and quinolinic acid are elevated in cerebrospinal fluid from newborn infants after birth asphyxia. *Transl Stroke Res*, 4 (2): 228-235.
- 15 Sharif A, Prevot V (2012) Isolation and culture of human astrocytes. *Methods Mol Biol*, 814: 137-151.
- 16 Sharma VK, Kawnayn G, Sarkar N (2013) Acute ischemic stroke: comparison of low-dose and standard-dose regimes of tissue plasminogen activator. *Expert Rev Neurother*, 13 (8): 895-902.
- 17 Simonyi A, Wang Q, Miller RL, Yusof M, Shelat PB, Sun AY, Sun GY (2005) Polyphenols in cerebral ischemia: novel targets for neuroprotection. *Mol Neurobiol*, 31 (1-3): 135-147.

- 18 Smith HK, Gavins FN (2012) The potential of stem cell therapy for stroke: is PISCES the sign? *FASEB J*, 26 (6): 2239-2252.
- 19 Soltani MH, Pichardo R, Song Z, Sangha N, Camacho F, Satyamoorthy K, Sanguenza OP, Setaluri V (2005) Microtubule-associated protein 2, a marker of neuronal differentiation, induces mitotic defects, inhibits growth of melanoma cells, and predicts metastatic potential of cutaneous melanoma. *Am J Pathol*, 166 (6): 1841-1850.
- 20 Tarnowski BI, Spinale FG, Nicholson JH (1991) DAPI as a useful stain for nuclear quantitation. *Biotech Histochem*, 66 (6): 297-302.
- 21 Yang X, Askarova S, Sheng W, Chen JK, Sun AY, Sun GY, Yao G, Lee JC (2010) Low energy laser light (632.8 nm) suppresses amyloid-beta peptide-induced oxidative and inflammatory responses in astrocytes. *Neuroscience*, 171 (3): 859-868.
- 22 Zanetti M, d'Uscio LV, Peterson TE, Katusic ZS, O'Brien T (2005) Analysis of superoxide anion production in tissue. *Methods in molecular medicine*, 108: 65-72.
- 23 Zhusupova G.E. (1997) Fitokhimicheskoe issledovanie kornei kermeka solonchakovogo (Gmelina) [Phytochemical study of the roots of the *Limonium gmelinii*]. *Tezisi IV mezhdunarodnoi konferencii po medicinskoj botanike*, P. 393.

6-бөлім
МИКРОБИОЛОГИЯ

Раздел 6
МИКРОБИОЛОГИЯ

Section 6
MICROBIOLOGY

**Акмуханова Н.Р.^{1*}, Бауенова М.О.¹, Садвакасова А.К.¹,
Заядан Б.К.¹, Кирбаева Д.К.¹, Қарабаева І.Ж.¹, Хабиби А.^{1,2}**

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

²Университет Баглана, Афганистан, г. Баглан

*e-mail: nurziya.akmuhanova@kaznu.kz

ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОВЛИЯНИЯ ВЫСШИХ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ И ФОТОТРОФНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ С ЦЕЛЬЮ СОЗДАНИЯ КОНСОРЦИУМА, ПЕРСПЕКТИВНОГО ДЛЯ БИОРЕМЕДИАЦИИ

Одним из направлений современных экологических исследований является разработка теоретических и практических аспектов биоремедиации водоемов, основанная на использовании природных механизмов самоочищения и самовосстановления водоемов, действие которых связано с деятельностью различных видов цианобактерий и микроводорослей. Известно, что для повышения эффективности биоремедиации используются не моно-, а смешанные культуры микроорганизмов, для получения которых необходимо учитывать особенности внутривидовых взаимоотношений цианобактерий, микроводорослей и взаимовлияние фото – и гетеротрофных микроорганизмов. Целью исследований являлось изучение взаимного влияния видов высших водных растений (ВВР), культур цианобактерий и микроводорослей, резистентных к тяжелым металлам для формирования из них ассоциаций в модельных опытах. Отобраны культуры для создания консорциума ВВР с фототрофными микроорганизмами, перспективных для биоремедиации. Было установлено, что из исследованных ВВР способность к совместному сосуществованию у *Pistia stratiotes* наблюдалось с культурами цианобактериями *Phormidium autumnale* I-5 и *Anabaena variabilis* RI-5. Определено, что из исследованных микроводорослей культуры *Ankistrodesmus* sp. BI-1 и *Scenedesmus quadricauda* B-1 могут быть консортами высшего водного растения *Pistia stratiotes*.

Ключевые слова: высшая водная растительность, цианобактерии, микроводоросли, консорциум.

**Akmukhanova N.R.^{1*}, Bauyenova M.O.¹, Sadvakasova A.K.¹,
Zayadan B.K.¹, Kirbaeva D.K.¹, Karabaeva I.Zh.¹, Habibi A.^{1,2}**

¹Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

²Baghlan University, Afghanistan, Baghlan

*e-mail: nurziya.akmuhanova@kaznu.kz

Studying the relationship of higher water plants and phototrophic microorganisms with the purpose of creating a consortium promising for bioremediation

One of the priority areas of modern environmental research is the development of theoretical and practical aspects of the bioremediation of water bodies, based on the use of natural mechanisms for self-purification and self-recovery of water bodies, the action of which is related to the activity of microorganisms belonging to different types of cyanobacteria and microalgae. It is known that in order to increase the efficiency of bioremediation, not mono-but mixed cultures of microorganisms are used to obtain which it is necessary to take into account the peculiarities of intraspecific relationships between cyanobacteria and microalgae and the interference of photo- and heterotrophic microorganisms. The aim of the research was to study the mutual influence of the species of higher aquatic plants (HAP), cultures of cyanobacteria and microalgae resistant to heavy metals to form associations of them in model experiments. By results of researches, cultures for creation of consortium HAP with phototrophic microorgan-

isms, perspective for bioremediation are selected. It was found that the ability to co-exist in the *Pistia stratiotes* was observed from cultures of cyanobacteria *Phormidium autumnale* I-5 and *Anabaena variabilis* RI-5 from the studied higher aquatic plants. It is determined that of the studied microalgae species of *Ankistrodesmus* sp. BI-1 and *Senedesmus quadricauda* B-1 can be consortia of the higher aquatic plant *Pistia stratiotes*.

Key words: higher aquatic plants, cyanobacteria, microalgae, consortium.

Акмуханова Н.Р.^{1*}, Бауенова М.О.¹, Садвакасова А.К.¹,
Заядан Б.К.¹, Кирбаева Д.К.¹, Қарабаева І.Ж.¹, Хабиби А.^{1,2}

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

²Бағлан Университеті, Ауғанстан, Бағлан қ.

*e-mail: nurziya.akmuhanova@kaznu.kz

Биоремедиация үшін перспективті консорциум құру мақсатында жоғары сатылы су өсімдігі мен фототрофты микроорганизмдердің өзара әсерін зерттеу

Экологиялық зерттеулердің басым бағыттарының бірі су қоймалары биоремедиациясының теориялық және практикалық аспектілерінің зерттелуі, олар цианобактериялар мен микробалдырлардың әр түрлеріне жататын микроорганизмдердің жұмысымен байланысты болатын, су қоймаларының өз-өзінен қалпына келуі және өзін-өзі тазалау табиғи механизмдерін пайдалануға негізделген. Биоремедиацияның эффективтілігін арттыру мақсатында микроорганизмдердің моно- емес, аралас дақылдары пайдаланылатыны белгілі, оларды алу үшін цианобактериялар мен микробалдырлардың және фото- және гетеротрофты микроорганизмдердің түрішілік өзара әсерінің ерекшеліктерін ескере отыру қажет. Зерттеудің мақсаты модельді зерттеулерде ауыр металдарға төзімді жоғары сатылы су өсімдіктері (ЖССӨ), цианобактерия дақылдары және микробалдырлардың өзара байланысын, олардан ассоциация құру мақсатында зерттеу. Зерттеу нәтижелері бойынша, биоремедиация үшін перспективті ЖССӨ мен фототрофты микроорганизмдердің консорциумын құру үшін дақылдар таңдалынып алынды. Зерттелген жоғары сатылы су өсімдіктерінен бірлесіп тіршілік етуге *Pistia stratiotes*-те *Phormidium autumnale* I-5 және *Anabaena variabilis* RI-5 цианобактерияларының дақылдарымен байқалатыны дәлелденді. Зерттелінген микробалдырлардың *Ankistrodesmus* sp. BI-1 және *Senedesmus quadricauda* B-1 дақылдары *Pistia stratiotes* жоғары сатылы су өсімдігімен консорт бола алатындығы анықталды.

Түйін сөздер: жоғары сатылы су өсімдігі, цианобактериялар, микробалдырлар, консорциум.

Введение

Одним из приоритетных направлений современных экологических исследований является разработка теоретических и практических аспектов биоремедиации водоемов, основанная на использовании природных механизмов самоочищения и самовосстановления водоемов, действие которых связано с деятельностью микроорганизмов, принадлежащих к различным видам цианобактерий и микроводорослей (Таубаев Т.Т., 2000: 113). Практическая значимость этих объектов для биоремедиации и доочистки водоемов определяется уникальностью их метаболических способностей (фотосинтез, дыхание, разнообразие источников углерода, способность усваивать атмосферный азот и т.д.), высокой кумулятивной и деструктивной способностью в отношении тяжелых металлов и в отношении таких органических загрязнителей, как нефть, нефтепродукты, фенолы и т.п. (Chong A.M., 2000: 251). Известно, что для повышения эффективности биоремедиации используются не моно-

а смешанные культуры микроорганизмов, для получения которых необходимо учитывать особенности внутривидовых взаимоотношений цианобактерий и микроводорослей и взаимовлияние фото- и гетеротрофных микроорганизмов. Консорция – минимальная структурная единица биоценоза, состоящая из разнородных организмов, которые в течение всей жизни или отдельных периодов находятся в тесных и полезных контактных отношениях друг с другом (Романенко В.Д., 2005:45).

Высшие водные растения составляют многочисленную группу гидробионтов, которая оказывает разностороннее влияние на жизнь водоемов и водотоков - от создания пастбищ, убежищ и нерестилищ для различных представителей водной фауны до усиления процессов самоочищения - самозагрязнения и формирования качества воды (Ковалевский А.Л., 1977: 165). Многочисленные данные свидетельствуют об активной средообразующей роли этих растений. Они снижают концентрацию и изменяют соотношение азота и фосфора, уменьшают содержание тяжелых ме-

таллов, ускоряют снижение концентрации в воде ряда органических токсикантов, все это позволяет рекомендовать их к использованию для биологической очистки загрязненных поверхностных вод (Syeda H.B., 2016: 25). Использование в искусственных системах очистки воды консорциума организмов различных таксономических групп, применение активных штаммов микроорганизмов-деструкторов, выделение и использование устойчивых к загрязненным водам микроводорослей, введение в очищающий консорциум высших водных растений, позволяет создать новую комплексную биотехнологию очистки и восстановления водоемов, загрязненных различными поллютантами (Chojnacka K., 2010: 299). В связи с вышеизложенным, представляло интерес изучение типа складывающихся взаимоотношений в консорциуме ВВР и фототрофных микроорганизмов, с целью создания на их основе ассоциации перспективной для очистки загрязненной воды

В настоящее время проблема загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами (ТМ) становится все более актуальной. Металлы представляют серьезную угрозу для биоты вследствие острой токсичности и постепенного накопления в окружающей среде до опасного значения (Agunakumara K.K., 2008: 60). В последние годы экологи наряду с оценкой уровня загрязнений и определения их источников всё больше обращают внимание на выявление «судьбы» попавших в природную среду веществ, их превращений и взаимодействий с живыми организмами (Dunbabin J.S., 1992: 56). Удобным объектом для таких исследований служат высшие водные растения, цианобактерии и микроводоросли, которые способны накапливать в высоких концентрациях многие элементы и переводить их в нетоксичную форму, что в настоящее время широко применяется в целях биоремедиации - для очистки водных стоков (Ahalya N., 2003: 71).

При совместном произрастании высших растений и водорослей наиболее часто встречающейся формой взаимодействия является конкуренция. В конкурентной борьбе более быстрорастущие организмы чисто механически вытесняют медленнорастущие. А в синузях представители одного вида воздействуют на представителей соседствующего вида с помощью выделения определенных химических веществ, тормозящих или полностью подавляющих рост последних. Например, при проращивании зооспор ламинариевых водорослей в искусственных условиях проростки из них не

развиваются, если в сосудах с зооспорами находятся части талломов аскофиллума. Однако известны факты и положительного взаимодействия водорослей, в частности с высшими растениями, а именно стимулирующее действие прижизненных выделений водорослей на корни высших растений в водных экосистемах – консорциях (Кирпенко Н.И., 2011: 73). Стимуляция роста микробного сообщества ризосферы происходит за счет продуктов жизнедеятельности корневой системы растения (корневых депозитов, ризодепозитов). Они состоят из корневых экссудатов (выделений), высокомолекулярных метаболитов и утраченных частей растения (слизающихся клеток, отмерших участков корня, корневого чехлика и т.д.) (Danquah M.K., 2010: 1037). Растение также способствует изменению физико-химических условий среды обитания микроорганизмов, оказывая механическое воздействие на экосистему. Развиваясь на корневых депозитах растения, ризосферные микроорганизмы в процессе метаболизма и после отмирания микробных клеток образуют питательные вещества в формах, доступных для использования растениями. Создание корневой системы растения благоприятной среды обитания для микроорганизмов путем повышения уровня питательных веществ приводит не только к увеличению численности микробной популяции, но иногда и к заметным изменениям в составе микробного сообщества (Sorokina G.A., 2013: 182). Биотехнологическое использование ризосферного симбиоза рассматривается в настоящее время не только для создания благоприятных условий развития сельскохозяйственных растений, но и в случае фиторемедиации загрязненных вод и почв (Aurangzeb N., 2014:881).

Целью исследований являлось изучение взаимного влияния видов высших водных растений (ВВР), культур цианобактерий и микроводорослей резистентных к тяжелым металлам для формирования из них ассоциаций в модельных опытах.

Материалы и методы исследования

Объекты исследования – высшие водные растения: *Lemna minor*, *Pistia stratiotes*, *Elodea canadensis*, природные и коллекционные штаммы фототрофных микроорганизмов: *Phormidium autumnale* I-5, *Anabaena variabilis* RI-5, *Oscillatoria tenuis* RI-4, *Synechococcus elongates* I-4, *Nostoc calcicola* RI-3, *Scenedesmus quadricauda* B-1, *Chlamydomonas reinhardtii* B-4 и *Chlorella vulgaris* BB-2, *Ankistrodesmus* sp. BI-1.

Опыты проводились с использованием среды Штейнберга в люминостате при температуре 24-27С° в условиях круглосуточного освещения (2000 Лк) (Adamu Y.U., 2015: 49). В каждом опыте изучались взаимоотношения между определенными культурами микроводорослей, цианобактерий и высших водных растений. Для этого в стерильные стаканы наливали по 250 мл стерильной питательной среды, затем туда вносили культуры цианобактерий с исходной плотностью (D) - 0,1, а культуры микроводорослей вносили с исходным количеством 106 клеток/мл и помещалось по пять растений. Через 7 суток проводился анализ морфологических изменений листьев и корней растений и интенсивности роста фототрофных микроорганизмов (Thomas S., 2002: 649). Одновременно с опытными вариантами (микроводоросли+ВВР и цианобактерий+ВВР) ставили контрольные варианты по выращиванию в тех же условиях фототрофных микроорганизмов и высших водных растений в монокультуре.

Результаты исследования и их обсуждение

Целью представленной работы было изучение типа складывающихся взаимоотношений

между ВВР и фототрофными микроорганизмами, для последующего создания консорциума перспективного для очистки загрязненной воды. Объекты исследования были отобраны по результатам наших предыдущих исследований, где они показали наиболее высокую деструктивную и сорбционную активность в отношении органических загрязнителей и ионов тяжелых металлов (Zayadan B.K., 2016: 42).

Изучено синергическое действие видов ВВР и цианобактериальных культур в модельных опытах. Для этого виды высших водных растений *Pistia stratiotes*, *Elodea canadensis*, *Lemna minor* и цианобактериальных культур *Phormidium autumnale* I-5, *Anabaena variabilis* RI-5, *Oscillatoria tenuis* RI-4, *Synechococcus elongates* I-4, *Nostoc calcicola* RI-3 выращивали совместно в лабораторных условиях (Заядан Б.К., 2016: 206).

Как показывают результаты экспериментов, в монокультурах рост цианобактерий характеризуется классическими закономерностями, у разных видов отличаясь лишь скоростью и длительностью фаз развития. При совместном культивировании цианобактерий с ВВР наблюдалось изменение интенсивности роста обеих объектов исследования (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние высших водных растений на рост цианобактерий

Культуры цианобактерий	Исходная плотность цианобактерий	Контроль, (D)	Рост цианобактерий с высшими водными растениями		
			<i>Pistia stratiotes</i>	<i>Elodea canadensis</i>	<i>Lemna minor</i>
<i>Phormidium autumnale</i> I-5	0,1±0,2	0,9±0,01	0,8±0,01	0,7±0,03	0,42±0,02
<i>Anabaena variabilis</i> RI-5	0,1±0,1	0,8 ±0,02	0,7±0,01	0,7±0,02	0,5±0,01
<i>Oscillatoria tenuis</i> RI-4	0,1±0,1	0,8±0,04	0,7±0,02	0,8±0,01	0,4±0,02
<i>Synechococcus elongates</i> I-4	0,1±0,2	0,8 ±0,02	0,3±0,01	0,7±0,02	0,4±0,01
<i>Nostoc calcicola</i> RI-3	0,1±0,2	0,7±0,01	0,5±0,01	0,6±0,02	0,5±0,01

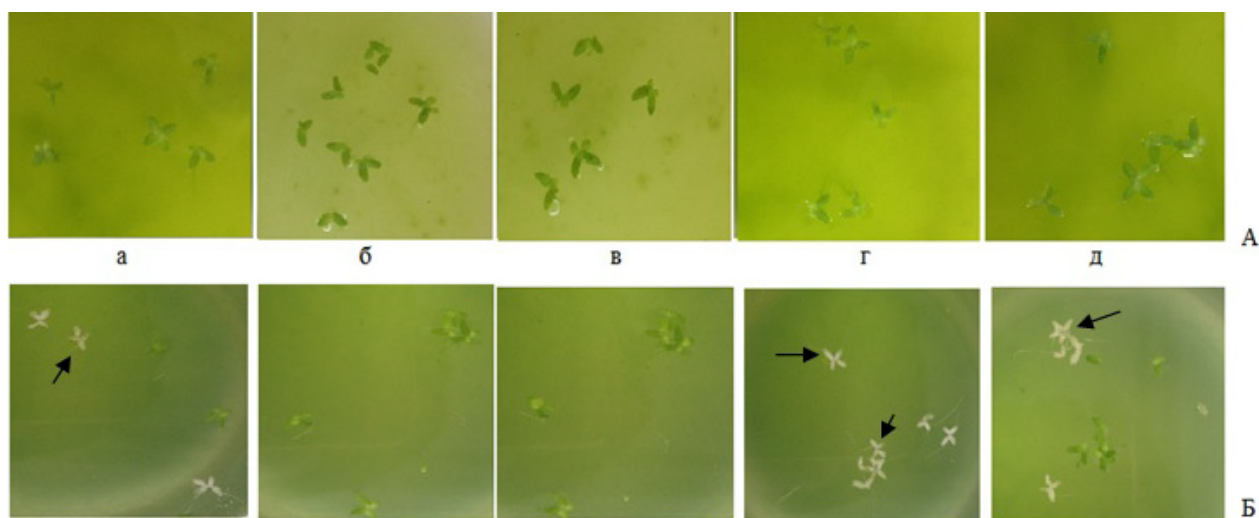
При совместном выращивании водных растений *Lemna minor* с различными цианобактериями наблюдалось значимое снижение скорости роста и времени удвоения листецов в варианте с цианобактерией *Synechococcus elongates* I- 4. При этом через 4 суток исследования листецы у рясок побелели, а затем приобрели светло-оранжевый цвет, а плотность клеток *Synechococcus elongates* I-4 снизилась на 50%. В вариантах с культурами цианобактерий *Phormidium autumnale* I-5 и *Oscillatoria tenuis* RI-4 на протяжении всего эксперимента существенного морфологического из-

менения растения не отмечено, но наблюдалось незначительное торможение роста в конце опыта. Плотность этих цианобактерий в совместном культивировании с *Lemna minor* снизилась на 53%. В вариантах опыта с культурами цианобактерий *Anabaena variabilis* RI-5 и *Nostoc calcicola* RI-3 листья растений *Lemna minor* имели зеленый цвет, отрицательных морфологических изменений не наблюдалось (рисунок 1). Таким образом установлено, что все изученные культуры цианобактерий оказывали различное влияние на рост и развитие растения *Lemna minor*.

Микроскопическое исследование растений *Lemna minor* показало, что цианобактерии растут свободно не приклепляются к корням растений.

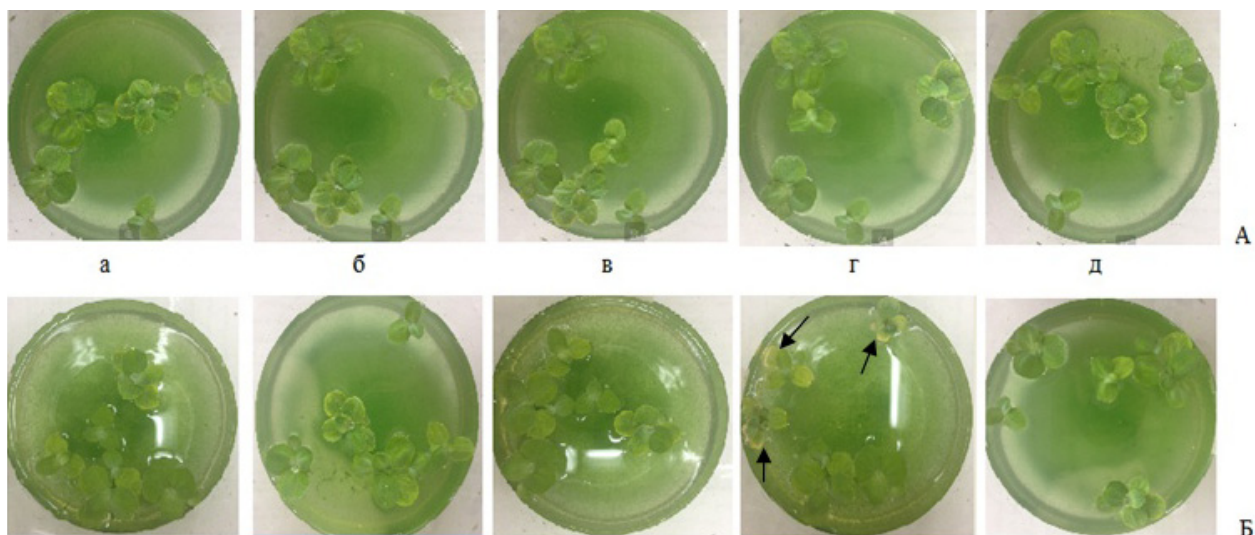
По сравнению с *Lemna minor* наилучший рост с цианобактериями наблюдался у водного растения *Pistia stratiotes*. Выявлено, что цианобактерии *Phormidium autumnale* I-5 и *Anabaena variabilis* RI-5 стимулировали рост *Pistia stratiotes*. Листья растений в этих опытных вариантах были более насыщенного цвета по сравнению с остальными

вариантами опыта. При совместном культивировании с культурой *Synechococcus elongates* I-4 на 7 сутки эксперимента отмечено появление признаков некрозов и хлорозов в листьях писти (рисунок 2). Между культурой *Synechococcus elongates* I-4 и *Pistia stratiotes* складывается форма антибиоза в отношении ВВР, при которой одна популяция отрицательно влияет на другую, но сама не испытывает ни отрицательного, ни положительного влияния (Сакевич А.И., 2005: 104)..



(А – начало культивирования, Б – через 7 суток культивирования)
а- *Phormidium autumnale* I-5, б-*Nostoc calcicola* RI-3, в-*Anabaena variabilis* RI-5,
г-*Synechococcus elongates* I- 4, д – *Oscillatoria tenuis* RI-4

Рисунок 1 – *Lemna minor* при совместном выращивании с цианобактериями



(А – начало культивирования, Б – через 7 суток культивирования) а- *Phormidium autumnale* I-5,
б-*Nostoc calcicola* RI-3, в-*Anabaena variabilis* RI-5, г-*Synechococcus elongates* I- 4, д – *Oscillatoria tenuis* RI-4.
Стрелками указано признаки некрозов и хлорозов в листьях писти

Рисунок 2 – *Pistia stratiotes* при совместном выращивании с цианобактериями

По результатам микроскопического исследования из изученных цианобактерий возможность к образованию консорциума с ВВП *Pistia stratiotes* наблюдалось у культур *Phormidium autumnale* I-5 и *Anabaena variabilis* RI-5. Клетки цианобактерий росли в основном прикрепляясь к корням растений (рисунок 3). При совместном культивировании с культурами *Oscillatoria tenuis* RI-4 и *Nostoc calcicola* RI-3 ярко выраженных изменений в морфологии *Pistia stratiotes* не выявлено. Установлено, что клетки данных культур цианобактерий и *Pistia stratiotes* не оказывают никакого воздействия друг на друга, что свидетельствует о нейтральном типе взаимоотношений между ними.

Elodea canadensis по сравнению с *Pistia stratiotes* и *Lemna minor* погружены целиком в воду и не могут держаться вне её. Установлено, что все исследованные цианобактерии оказывали отрицательное влияние на рост элодеи. При этом на начальном этапе эксперимента заметных морфологических изменений не наблюдалось, но в последующие дни во всех вариантах опыта развивался хлороз по краям листьев, затем и между жилок. В конце эксперимента хлороз распространялся на главные жилки (Усенко О.М., 2005:55).

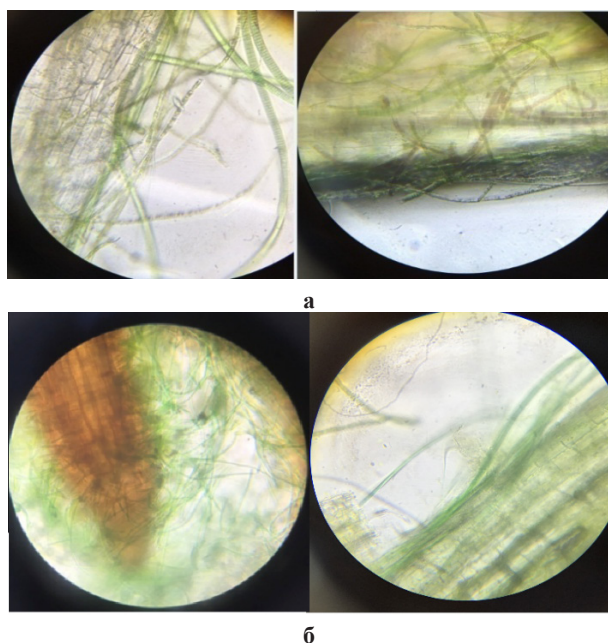


Рисунок 3 – *Phormidium autumnale* I-5 (а) и *Anabaena variabilis* RI-5 (б) прикрепленные к корням *Pistia stratiotes* x40

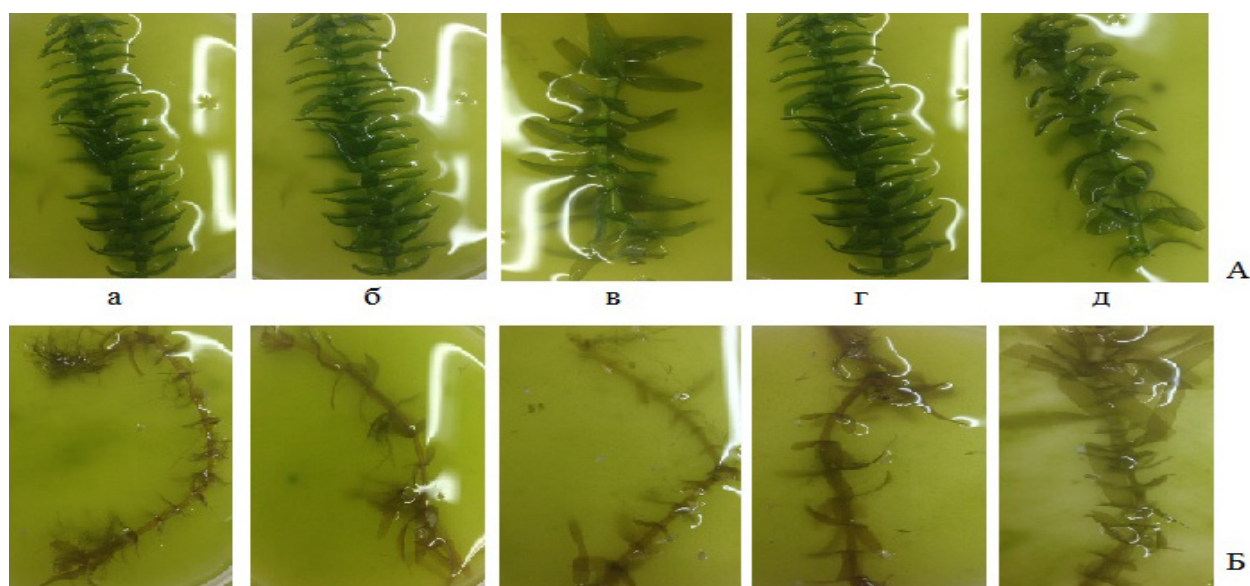
Таким образом, исследование взаимоотношений культур цианобактерии и *Elodea canadensis*

показало, что все культуры цианобактерий заметно ограничивают рост *Elodea canadensis*, тогда как растение не влияет на их рост (рисунок 4). Это означает, что взаимоотношения между этими организмами можно определить, как аменсальные, чему соответствуют количественные соотношения показателей максимального числа цианобактерий и отмирание растений. Имеющаяся в литературе информация свидетельствует о том, что токсические вещества, выделяемые цианобактериями могут негативно влиять на водные растения. Так, имеются сведения о том, что микроцистин выделяемый цианобактериями существенно угнетает фотосинтез в следствии уменьшения содержания хлорофилла *a* в отношении *Elodea canadensis* и *Ceratophyllum demersum* (Бауенова М.О., 2016: 117).

Таким образом, из изученных высших водных растений способность к совместному существованию с цианобактериями наблюдалось у *Pistia stratiotes* с культурами *Phormidium autumnale* I-5 и *Anabaena variabilis* RI-5. Культуры *Oscillatoria tenuis* RI-4 и *Nostoc calcicola* RI-3 не оказывали выраженного отрицательного действия на *Pistia stratiotes*. Культура *Synechococcus elongates* I-4 оказывала токсическое действие на все исследованные высшие водные растения. С культурой *Lemna minor* положительное сосуществование наблюдалось у цианобактерий *Anabaena variabilis* RI-5 и *Nostoc calcicola* RI-3. Остальные цианобактерии оказывали отрицательное влияние на рост *Lemna minor*.

Для определения синергического действия видов высших водных растений *Pistia stratiotes*, *Elodea canadensis*, *Lemna minor* и микроводорослевых культур *Scenedesmus quadricauda* В-1, *Chlamydomonas reinhardtii* В-4 и *Chlorella vulgaris* ВВ-2, *Ankistrodesmus* sp. В1-1 выращивали их совместно в лабораторных условиях. Как видно из таблицы 2, при совместном культивировании клеток микроводорослей и высших водных растений, наблюдалось увеличение числа клеток микроводорослей и высших водных растений.

Изменение интенсивности роста в смешанных культурах с высшими водными растениями зафиксированы для *Chlamydomonas reinhardtii* В-4. Численность *Chlamydomonas reinhardtii* В-4 в монокультуре за 7 суток выращивания увеличивалась в $7,9 \pm 0,02$ млн. кл/мл, а в совместном культивировании с растениями снизилась на 27%. В конце опыта наблюдалось осаждение на дно сосуда клеток микроводорослей *Chlamydomonas reinhardtii* В-4 в варианте с *Pistia stratiotes*.



(А – начало культивирования, Б – через 7 суток культивирования) а- *Phormidium autumnale* I-5, б-*Nostoc calcicola* RI-3, в-*Anabaena variabilis* RI-5, г-*Synechococcus elongates* I- 4, д – *Oscillatoria tenuis* RI-4

Рисунок 4 – *Elodea canadensis* при совместном выращивании с цианобактериями

Таблица 2 – Влияние высших водных растений на рост микроводорослей

Культуры микроводорослей	Исходное количество клеток, 10 ⁶ кл/мл	Контроль, 10 ⁶ кл/мл	Рост микроводорослей с высшими водными растениями, 10 ⁶ кл/мл		
			<i>Pistia stratiotes</i>	<i>Elodea canadensis</i>	<i>Lemna minor</i>
<i>Scenedesmus quadricauda</i> B-1	1,0 ±0,2	8,5±0,01	7,8±0,01	8,4±0,03	8,5±0,02
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i> B-4	1,0±0,1	7,9 ±0,02	6,0±0,01	5,8±0,02	6,7±0,01
<i>Chlorella vulgaris</i> BB-2	1,0±0,1	9,2±0,04	9,7±0,02	9,5±0,01	9,7±0,02
<i>Ankistrodesmus sp.</i> BI-1	1,0±0,2	9,1 ±0,02	8,4±0,01	8,6±0,02	8,5±0,01

У культуры *Scenedesmus quadricauda* B-1 при совместном выращивании с *Elodea canadensis* и *Lemna minor* торможение роста клеток не наблюдалось, но при культивировании с *Pistia stratiotes* рост клеток был ниже на 8%. Однако при микроскопическом исследовании было установлено, что клетки *Scenedesmus quadricauda* B-1 в основном прикреплены на корнях растений *Pistia stratiotes* (рисунок 5), с чем по видимому и связано уменьшение количество клеток водорослей в суспензии. При культивировании *Scenedesmus quadricauda* B-1 с *Elodea canadensis* и *Lemna minor* прикрепления клеток к корням или на стебли растения не наблюдалось.

При совместном выращивании микроводоросли *Chlorella vulgaris* BB-2 с высшими водными растениями наблюдалось стимуляция роста хлореллы. Установлено, что в среднем количество клеток хлореллы на 5% больше по сравнению с контрольным вариантом без высших водных растений. Не исключено что водоросли могут получать от сосудистых растений в качестве питательного субстрата органические соединения, чем возможно и объясняется незначительное увеличение количества клеток. Однако по результатам микроскопического исследования выявлено, что клетки хлореллы размножались свободно не прикрепляясь к растениям. И отрицательного влияния микроводоросли

хлореллы на высшие водные растения в свою очередь тоже не наблюдалось. Установлено, что между клетками *Chlorella vulgaris* ВВ-2 и всеми изученными высшими водными растениями сформировался нейтральный тип взаимоотношения.

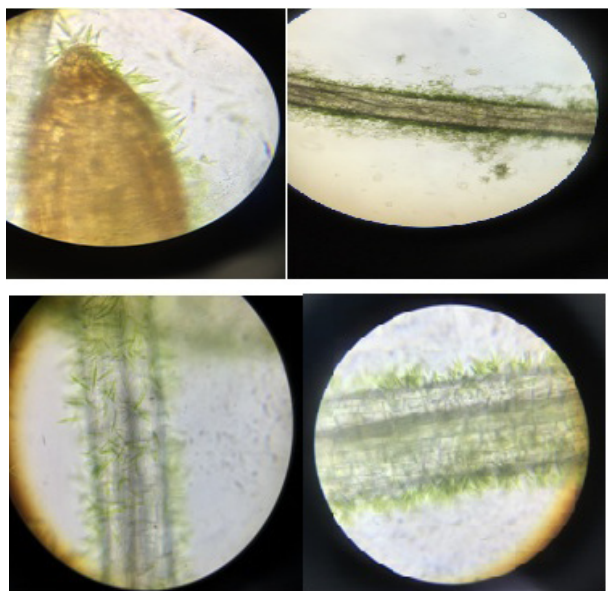
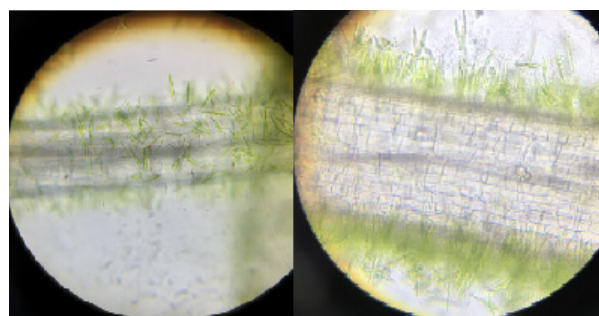


Рисунок 5 – Корни *Pistia stratiotes* с прикрепленными клетками *Scenedesmus quadricauda* В-1, x40

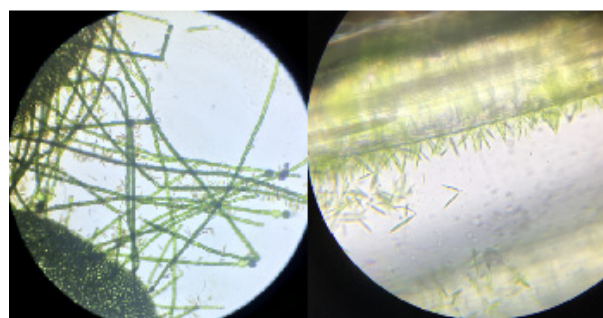
Аналогичная картина наблюдалась и между культурой *Ankistrodesmus sp.* В1-1 и высшими водными растениями. Установлен, симбиозный тип взаимоотношения между данными объектами исследований. Во всех изученных видах высших водных растений клетки *Ankistrodesmus sp.* В1-1 развивались активно, заметных уменьшений количества клеток по сравнению с контролем не установлено. Микроскопический анализ показал прикрепление к корням растений *Pistia stratiotes* и *Lemna minor* клеток *Ankistrodesmus sp.* В1-1 (рисунок 6).

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что взаимовлияния ВВР и фототрофных микроорганизмов нельзя рассматривать как однозначно негативное либо положительное. Как известно, взаимодействие видов – это обмен веществ и информации за счет выделения метаболитов, которые прямо или опосредованно могут влиять на рост и развитие других организмов. Взаимодействие ВВР и фототрофных микроорганизмов, обусловленное их экзометаболитами, может разнонаправ-

ленно регулировать интенсивность развития представителей альгофлоры. С одной стороны, растворенные в воде органические соединения могут способствовать развитию водорослей, позволяя им ими питаться, с другой стороны, именно метаболитное взаимодействие во многом определяет их взаимное неблагоприятное влияние.



a



б

Рисунок 6 – Корни *Pistia stratiotes* (а) и *Lemna minor* (б) с прикрепленными клетками *Ankistrodesmus sp.* В1-1, x40 и x90

По результатам наших исследований при совместном выращивании культуры микроводорослей с высшими водными растениями значимых отрицательных влияний между ними не наблюдалось. Определено, что из изученных высших водных растений способность к совместному существованию с цианобактериями наблюдалась у *Pistia stratiotes* с культурами *Phormidium autumnale* I-5 и *Anabaena variabilis* RI-5, а из изученных видов микроводорослей культуры *Ankistrodesmus sp.* В1-1 и *Scenedesmus quadricauda* В-1 могут быть консортами высшего водного растения *Pistia stratiotes* и позволяет нам рекомендовать его в процессах очистки вод различного назначения от ионов тяжелых металлов.

Литература

- 1 Таубаев Т.Т., Буриев С. Культивирование и применение микроводорослей в народном хозяйстве // Материалы Респ. конф. – Ташкент: Фан. – 2000. – С. 113–115.
- 2 Chong, A.M., Wong, Y.S., Tam, N.F. Performance of different microalgal species in removing nickel and zinc from industrial wastewater // *Chemosphere*. – 2000. № 41. – С. 251–257.
- 3 Романенко В.Д., Сакевич А.И., Усенко О.М. Метоболические механизмы взаимодействия высших водных растений и цианобактерий – возбудителей «цветения» воды // *Гидробиол. журн.* -2005. –Т.41, № 3 – С.45-57.
- 4 Ковалевский А.Л. О поглощении химических элементов растениями из твердой, жидкой и газообразной фаз внешней среды // *Физиология и продуктивность растений в Забайкалье*. – Улан-Уде: Бурят. кн. изд-во, – 1977. – С. 163-174.
- 5 Syeda H.B., Iftikhar A., Muhammad M.H., Ashid M. Phytoremediation potential of *Lemna minor* L. for heavy metals // *International Journal of Phytoremediation*. – 2016. – Vol. 18, № 1. – P. 25-32.
- 6 Chojnacka, K. Biosorption and bioaccumulation – the prospects for practical applications. // *Environ. Int.* 36. – 2010, – P. 299–307.
- 7 Arunakumara, K.K., Zhang, X. Heavy metal bioaccumulation and toxicity with special reference to microalgae. // *Ocean Univ. Chin.* – 2008, – Vol. 7. – P. 60–64
- 8 Dunbabin J. S., Bowner K. H. Potential use of constructed wetlands for treatment of industrial wastewaters containing metals // *Sci. Total. Environ.* – 1992. – Vol. 111, № 2/3. – P. 56–60.
- 9 Ahalya, N., Ramachandra, T.V., Kanamadi, R.D. Biosorption of heavy metals. // *Res. J. Chem. Environ.* – 2003, – Vol. 7, № 4. – P. 71–79.
- 10 Кирпенко Н.И. Физиолого-биохимические эффекты взаимодействия водорослей в смешанных культурах // *Гидробиол. журн.* – 2011. – Т. 47, №5. – С. 73-87.
- 11 Danquah M. K. Bioprocess engineering of microalgae to produce a variety of consumer products // *Renew. Sust. Energ. Rev.* – 2010. – V. 14, №. 3. – P. 1037–1047.
- 12 Sorokina G.A., Zlobina Ye.V., Bondareva L.G., Subbotin M.A. The use possibility assessment of water lettuce (*pistia stratiotes*) and small duckweed (*lemna minor*) for the aquatic environment phytoremediation // *Ecology*. – 2013. –Vol. 11. – P. 182-186.
- 13 Aurangzeb N, Nisa S, Bibi Y, Javed F, Hussain F. Phytoremediation potential of aquatic herbs from steel foundry effluent // *Brazilian J Chem Eng.* – 2014. – Vol. 31, №4, – P. 881_886.
- 14 Adamu Y.U., Tijjani S. I., Salisu M. T. The use of *pistia stratiotes* to remove some heavy metals from romi stream: a case study of kaduna refinery and petrochemical company polluted stream // *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT)*. – 2015. –Vol. 9(1).- P. 48-51.
- 15 Thomas S. Algae cultivation for food and feeds // *Energy conserv. and use renewable energ.* – Oxford, – 2002. – P. 649 – 658.
- 16 Zayadan B.K., Akmuhanova N.R., Sadvakasova A.K., Kirbaeva D.K., Bolatkhan K., Bauyenova M.O. Influence of heavy metals on fluorescence activity of perspective strains of microalgae and cyanobacteria // *International journal of biology and chemistry, Almaty, Kazakhstan*, – 2016, – Vol 9, № 1. – P. 42-45.
- 17 Заядан Б.К., Садвакасова А.К., Акмуханова Н.Р., Болатхан К., Бауенова М.О. Коллекция микроводорослей и цианобактерий КазНУ имени аль-Фараби и перспективы ее использования // *Вестник КазНУ, серия биологическая*, – 2016. –Vol 1, № 66, -P. 206-215.
- 18 Сакевич А.И., Кирпенко Н.И., Медведь В.А. Влияние полифиналов высших водных растений на функциональную активность планктонных водорослей // *Гидробиол. журн.* -2005. –Т.42, № 4 – С.104-116.
- 19 Усенко О.М., Сакевич А.И. Аллелопатическое влияние высших водных растений на функциональную активность планктонных водорослей // *Гидробиол. журн.* -2005. –Т.41, № 1 – С. 55-67.
- 20 Бауенова М.О., Акмуханова Н.Р., Садвакасова А.К., Заядан Б.К., Болатхан К., Кирбаева Д.К., Алим Н.А., Каныбек Г.К. Изучения действия тяжелых металлов (Zn, Cd, Pb, Cu) на рост и развитие *E. Canadensis* в модельных опытах // *Вестник КазНУ, серия экологическая*. -2016. – Т. 49, № 4. – С. 117-123.

References

- 1 Taubaev TT, Buriev S (2000) Cultivation and application of microalgae in the national economy, Materials of the Republican Conference. – Tashkent: Fan. [Kultivirovanie i primenenie mikrovodoroslei v narodnom hozystve, Materialy Respublikanskoi konferencii Tashkent: Fan.] 113-115. (In Russian)
- 2 Romanenko VD, Sakevich AI, Usenko OM Metabolic mechanisms of interaction of higher aquatic plants and cyanobacteria – causative agents of "flowering" of water, Hydrobiological journal [Metabolicheskie mehanizmy vzaimodeistvia vysshih vodnyh rastenii i cianobakterii – vobuditelei «cvetenie» vody, Gidrobiol. zhurn.] 3 (41): 45-57. (In Russian)
- 3 Chong AM, Wong YS, Tam NF (2000) Performance of different microalgal species in removing nickel and zinc from industrial wastewater, *Chemosphere*. 41:251–257.
- 4 Kovalevskii AL (1977) On the absorption of chemical elements by plants from the solid, liquid and gaseous phases of the external environment, Physiology and productivity of plants in Transbaikalia [O poglashenii himicheskikh elementovrasteniami iz tverdoi, zhidkoi i gazoobraznoi faz vneshnoi sredy, Fizizologia i produktivnost rastenii v zabaikale] 163-174. (In Russian)
- 5 Syeda H B, Iftikhar A, Muhammad M H, Ashiq M (2016) Phytoremediation potential of *Lemna minor* L. for heavy metals, *International Journal of Phytoremediation*, 18(1): 25-32, DOI: 10.1080/15226514.2015.1058331

- 6 Chojnacka K (2010) Biosorption and bioaccumulation – the prospects for practical applications, *Environ. Int.* 36:299–307.
- 7 Arunakumara, KK, Zhang X (2008) Heavy metal bioaccumulation and toxicity with special reference to microalgae, *Ocean Univ. Chin.* 7:60–64
- 8 Dunbabin J S, K H Bowner (1992) Potential use of constructed wetlands for treatment of industrial wastewaters containing metals, *Sci. Total. Environ.* 111(2/3):56–60.
- 9 Ahalya N, Ramachandra TV, Kanamadi RD (2003) Biosorption of heavy metals, *Res. J. Chem. Environ.* 7(4):71–79.
- 10 Kirpenko NI (2011) Physiological and Biochemical Effects of Algal Interaction in Mixed Crops, *Hydrobiological journal [Fiziologo – biokhemichekieskie effect vzaimovleniya vodoroslei v smeshannyh kulturah, Gidrobiol. zhurnal]* 5 (47):73-87. (In Russian)
- 11 Danquah MK (2010) Bioprocess engineering of microalgae to produce a variety of consumer products, *Renew. Sust. Energ. Rev.*, 14 (3):1037–1047.
- 12 Sorokina GA, Zlobina YeV, Bondareva LG, Subbotin MA (2013) The use possibility assessment of water lettuce (*Pistia stratiotes*) and small duckweed (*Lemna minor*) for the aquatic environment phytoremediation, *Ecology.* 11:182-186.
- 13 Aurangzeb N, Nisa S, Bibi Y, Javed F, Hussain F. (2014) Phytoremediation potential of aquatic herbs from steel foundry effluent, *Brazilian J Chem Eng.* 31 (4):881-886.
- 14 Adamu YU., Tijjani S I, Salisu MT (2015) The use of *Pistia stratiotes* to remove some heavy metals from Romi stream: a case study of Kaduna refinery and petrochemical company polluted stream, *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT).* 9(1):48-51.
- 15 Thomas S (2002) Algae cultivation for food and feeds, *Energy conserv. and use renewable energ.* – Oxford, 649 – 658.
- 16 Zayadan BK, Akmuhanova NR, Sadvakasova AK, Kirbaeva DK, Bolatkhan K, Bauyenova MO (2016) Influence of heavy metals on fluorescence activity of perspective strains of microalgae and cyanobacteria, *International journal of biology and chemistry, Almaty, Kazakhstan,* 9 (1):42-45.
- 17 Zayadan BK, Sadvakasova AK, Bolathhan K, Bauyenova MO (2016) Collection of microalgae and cyanobacteria of KazNU named after al-Farabi and prospects of its use, *Bulletin of KazNU, biological series [Kollekcia mikrovodoroslei i cianobakterii KazNU imeni al-Farabi I perspektivy ee ispolzovanie, Vestnik KazNU, seria biologicheskaya],* 1(66):206-215. (In Russian)
- 18 Sakevich AI, Kirpenko NI, Medved VA (2005) The influence of polyphenols of higher aquatic plants on the functional activity of plankton algae, *Hydrobiological journal [Vlianiya polifinalov vysshyyh vodnyh rastenii na funktsionalnyu aktivnost planktonnyh vodoroslei, Gidrobiol. zhurnal]* 4(42):104-116. (In Russian)
- 19 Usenko OM, Sakevich AI (2005) Allelopathic influence of higher aquatic plants on the functional activity of planktonic algae, *Gidrobiol. Journal. [Allelopatheskoe vlianie vysshyyh vodnyh rastenii na funktsionalnuiu aktivnost planktonnyh vodoroslei, Gidrobiol. zhurnal]* 1(41):55-57. (In Russian)
- 20 Bauyenova MO, Akmuhanova NR, Sadvakasova AK, Zayadan BK, Bolatkhan K, Kirbaeva DK, Alim NA, Kanybek GK (2016) Studies of the effect of heavy metals (Zn, Cd, Pb, Cu) on the growth and development of *E. Canadensis* in model experiments, *Bulletin of KazNU, ecological series [Izucheniya deistvia tyazhelyh metallov (Zn, Cd, Pb, Cu) na rost i razvitie E. Canadensis v modelnyh opytah, Vestnik KazNU, seriya ekologicheskaya].* 4(49):117-123. (In Russian)

Утегенова Г.А.^{1,2*}, Паллистер К.Б.³, Войич Ю.М.³,
Озек Г.⁴, Озек Т.⁴, Кирпотина Л.Н.³, Щепеткин И.А.^{3,5}, Кушнарченко С.В.¹

¹Институт биологии и биотехнологии растений, Казахстан, г. Алматы

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

³Университет Штата Монтана, Соединённые Штаты Америки, г. Бозмен

⁴Анатолийский университет, Турция, г. Эскишехир

⁵Центр RASA, Томский политехнический университет, Россия, г. Томск

*e-mail: gulzhakhan_utegen@mail.ru

АНТИБАКТЕРИАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ *ARTEMISIA* И *THYMUS* В ОТНОШЕНИИ МЕТИЦИЛЛИН-РЕЗИСТЕНТНОГО *STAPHYLOCOCCUS AUREUS*

Метициллин-резистентный *Staphylococcus aureus* (MRSA) является возбудителем многих заболеваний, в первую очередь, инфекций кожных и мягких тканей. Возникновение устойчивых к антибиотикам штаммов, таких как MRSA, требует поиска новых средств для борьбы с этим патогеном, в частности, среди природных соединений. Эфирные масла являются природными органическими соединениями, которые обладают широким спектром биологической активности: антимикробная, противовирусная, антиоксидантная, противовоспалительная и иммуномодулирующая. В настоящей работе впервые определена антибактериальная активность эфирных масел, выделенных из 5 видов растений Казахстана: *Artemisia kotuchovii* Kupr., *Artemisia scoparia* Waldst. et Kit., *Thymus crebrifolius* (Klokov), *Thymus marschallianus* Willd. и *Thymus rasilatus* (Klokov) в отношении MRSA USA300. Антибактериальную активность эфирных масел определяли с помощью измерения кинетики поглощения света бактериальной суспензией путем расчета ингибирующей концентрации (IC_{25}), при которой происходило ингибирование роста микроорганизмов на 25%. Наибольшим ингибирующим эффектом на рост MRSA обладали эфирные масла *A. scoparia*, *T. marschallianus* и *T. rasilatus* (IC_{25} = 24,5; 30,9 и 32,7 мкг/мл, соответственно); эфирное масло *T. crebrifolius* показало низкую активность (IC_{25} = 73,0 мкг/мл). Эфирное масло *A. kotuchovii* не проявило активности даже при самой высокой исследованной концентрации 100 мкг/мл.

Ключевые слова: эфирные масла, антибактериальная активность, метициллин-устойчивый *Staphylococcus aureus* (MRSA).

Utegenova G.A.^{1,2*}, Pallister K.B.³, Voyich J.M.³,
Ozek G.⁴, Ozek T.⁴, Kirpotina L.N.³, Schepetkin I.A.³, Kushnarenko S.V.¹

¹Institute of Plant Biology and Biotechnology, Kazakhstan, Almaty

²Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

³Department of Microbiology and Immunology, Montana State University, The United States of America, Bozeman

⁴Department of Pharmacognosy, Faculty of Pharmacy, Anadolu University, Turkey, Eskishehir

⁵RASA Center in Tomsk, Tomsk Polytechnic University, Russian, Tomsk

*e-mail: gulzhakhan_utegen@mail.ru

Antibacterial activity of essential oils from some *Artemisia* and *Thymus* species against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*

Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) is the causative agent of many diseases, firstly, of skin and soft tissues infections. The emergence of antibiotic-resistant strains, such as MRSA requires the search for new agents to withstand this pathogen, in particular among natural compounds. Essential

oils are natural organic compounds that have a wide spectrum of biological activity: antimicrobial, antiviral, antioxidant, anti-inflammatory and immunomodulatory. The present work for the first time has determined an antibacterial activity of essential oils isolated from 5 plants of Kazakhstan: *Artemisia kotuchovii* Kupr., *Artemisia scoparia* Waldst. et Kit., *Thymus crebrifolius* (Klokov), *Thymus marschallianus* Willd. and *Thymus rasilatus* (Klokov) in regard to MRSA USA300. Antibacterial activity of essential oils was defined by measuring the light absorption kinetics of bacterial suspension using calculation of the inhibitory concentration (IC_{25}) at which the growth of microorganisms was inhibited to 25%. *A. scoparia*, *T. marschallianus* and *T. rasilatus* essential oils ($IC_{25} = 24.5$; 30.9 and 32.7 $\mu\text{g/ml}$, respectively) possess the high inhibitory effect on increase of MRSA; *T. crebrifolius* essential oil showed low activity ($IC_{25} = 73.0 \mu\text{g/ml}$). *A. kotuchovii* essential oil did not show activity even at the highest tested concentration of 100 $\mu\text{g/ml}$.

Key words: essential oils, antibacterial activity, methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA).

Утегенова Г.А.^{1,2*}, Паллистер К.Б.³, Войич Ю.М.³,
Озек Г.⁴, Озек Т.⁴, Кирпотина Л.Н.³, Щепеткин И.А.^{3,5}, Кушнарченко С.В.¹

¹Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты, Қазақстан, Алматы қ.

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

³Микробиология және Иммунология бөлімі, Монтана Штаты университеті,
Америка Құрама Штаттары, Бозмен қ.

⁴Фармакогнозия бөлімі, фармацевтика факультеті, Анадолу университеті, Түркия, Эскишехир қ.

⁵Томсктағы RASA орталығы, Томск политехникалық университеті, Ресей, Томск қ.

*e-mail: gulzhakhan_utegen@mail.ru

Метициллин-тұрақты *Staphylococcus aureus* қатысты *Artemisia* және *Thymus* кейбір түрлерінің эфир майларының антибактериальды белсенділігі

Метициллин-резистентті *Staphylococcus aureus* (MRSA) көптеген инфекция түрлерінің себепкері, бірінші кезекте тері және жұмсақ ұлпалардың инфекцияларын туғызады. Антибиотиктерге тұрақты MRSA сияқты штамдардың пайда болуы осы патогенге қарсы күресу үшін табиғи қосылыстардың арасынан жаңа заттарды іздеуді қажет етеді. Эфир майлары кең спектрлі антимикробтық, антивирустық, антиоксиданттық, қабынуға қарсы және иммуномодульдеуші сияқты биологиялық белсенділіктерге ие табиғи органикалық қосылыстар. Берілген жұмыста Қазақстанның 5 өсімдігінен: *Artemisia kotuchovii* Kupr., *Artemisia scoparia* Waldst. et Kit., *Thymus crebrifolius* (Klokov), *Thymus marschallianus* Willd. және *Thymus rasilatus* (Klokov) эфир майларының MRSA USA300 қатысты антибактериальды белсенділігі анықталды. Эфир майларының антибактериальды белсенділігін бактериальды суспензиямен жарықтың жұтылуын өлшеп, микроорганизмдердің өсуінің 25% тежелуі жүзеге асқан тежеуші концентрациясын (IC_{25}) есептеу арқылы анықтадық. MRSA өсуіне ең жоғары тежеуші әсерді *A. scoparia*, *T. marschallianus* және *T. rasilatus* эфир майлары көрсетті ($IC_{25} = 24,5$; 30,9 және 32,7 мкг/мл, сәйкесінше); *T. crebrifolius* эфир майы төмен белсенділікке ие болды ($IC_{25} = 73,0$ мкг/мл). *A. kotuchovii* эфир майы тіпті зерттелген ең жоғары 100 мкг/мл концентрацияда да белсенділік көрсетпеді.

Түйін сөздер: эфир майлары, антибактериальды белсенділік, метициллин-резистентті *Staphylococcus aureus* (MRSA).

Введение

Эфирные масла представляют собой сложный комплекс различных летучих органических соединений (Baser K.H.C., Vuchbauer G., 2010: 991; Ткачев А.В., 2008: 969). Показано, что эфирные масла обладают антибактериальной (Burt S., 2004: 226), противогрибковой (Cavaleiro C., 2015: 249), противовирусной (Edris A.E., 2007: 315), инсектицидной (Panella N.A., 2005: 355), антиоксидантной (Yu L.L., 2005: 723), противоопухолевой (Sylvestre S., 2005: 299) и противовоспалительной (Azab A., 2016: 1321) активностями. Некоторые масла также используются для кон-

сервирования пищевых продуктов, в ароматерапии и парфюмерной промышленности. Эфирные масла действуют на биохимические процессы в клетках микроорганизмов путем инактивирования ферментов, влияния на текучесть клеточных мембран и увеличения их проницаемости (Santiesteban-López A., 2007: 486; Oussalah M., 2006: 1046). В ряде исследований приводятся экспериментальные данные, что эфирные масла оказывают антимикробное действие на устойчивые формы микроорганизмов, например, на стафилококки, резистентные к антибиотикам (Dryden M.S., 2004: 283; Caelli M., 2000: 236; Cha J.D., 2005: 186).

Метициллин-устойчивый *Staphylococcus aureus* (MRSA) является одним из основных возбудителей кожных инфекций и инфекций мягких тканей. MRSA устойчив ко всем классам β -лактамовых антибиотиков, а некоторые штаммы MRSA оказались также устойчивыми к клиндамицину и эритромицину (Deleo F.R., 2010: 1557). В США большинство инфекций кожных и мягких тканей вызваны MRSA штаммом USA300, который также может вызывать серьезные инвазивные болезни. Учитывая высокую степень трансмиссивности USA300, возможно, в будущем этот штамм *S. aureus* может стать проблемой во всем мире (Long D.R., 2013: 241; Li M., 2009: 5883; Kennedy A.D., 2008: 1327). Дальнейшее использование антибиотиков подвергается риску, так как они теряют активность против MRSA. Альтернативой использованию антибиотиков могут служить нетрадиционные методы лечения, которые включают растительные экстракты и другие природные компоненты, в том числе и эфирные масла (Caelli M., 2000: 236). В частности, сообщается что для уменьшения назальной колонизации MRSA эфирное масло чайного дерева было столь же эффективным, как и стандартная терапия на основе антибиотиков (Dryden M.S., 2004: 287). Многие эфирные масла растений рода *Artemisia* обладают антимикробной активностью. Например, было показано, что эфирное масло *A. scoraria* проявляет сильную противомикробную активность против облигатных анаэробных бактерий *Fusobacterium nucleum*, *Prevotella intermedia* и *Porphyromonas gingivalis* (Cha J.D., 2005: 189). Эфирные масла видов *Thymus* считаются наиболее активными из-за высокого содержания в их составе фенольных соединений, таких как тимол и карвакрол, которые обладают множеством биологических свойств: антимикробной активностью против широкого спектра микроорганизмов (Nostro A., 2007: 519; Lambert R.J., 2001: 453), противовоспалительной, антиоксидантной, гепатопротекторной и противоопухолевой (Braga P.C., 2006: 130; Aeschbach R., 1994: 31; Alam K., 1999: 159; Kang S.H., 2016: 2837). В настоящей работе была исследована антибактериальная активность эфирных масел видов *Artemisia* и *Thymus*, произрастающих на территории Казахстана, против MRSA.

Материалы и методы исследования

Объекты исследования

В качестве объектов исследования были использованы 5 видов растений Казахста-

на, относящиеся к 2 семействам, собранные в естественных местах произрастания: 2 вида семейства Asteraceae (сложноцветные): *Artemisia kotuchovii* Kupr. (полынь Котухова), и *Artemisia scoraria* Waldst. & Kit. (полынь веничная или полынь метельчатая); 3 вида семейства Lamiaceae (губоцветные): *Thymus crebrifolius* (Klokov) (тимьян частолистный), *Thymus marschallianus* Willd. (тимьян маршаллиевский) и *Thymus gasitatus* (Klokov) (тимьян бритый).

Сбор растительного материала и экстракция эфирных масел из растительного сырья

Сбор образцов растений проводили согласно методике рандомизированного отбора с указанием географических координат точки сбора (широта, долгота, высота над уровнем моря), определяемых с помощью GPS-навигатора eTREX@H («Garmin», Тайвань). Растения были собраны в 2015 г. в фазе цветения. На территории Алматинской области был собран растительный материал *A. scoraria*. В восточном Казахстане собран узлокальный эндем Казахстанского Алтая *A. kotuchovii* и *T. marschallianus*. В горах Бектау-Ата – эндемичный вид *T. gasitatus*; в горах Улытау – эндемик *T. crebrifolius*.

Получение эфирных масел из надземных частей растений проводили методом гидродистилляции с использованием аппарата Клевенджера («Идам», Турция) по методу, описанному в Европейской фармакопее [Европейский директрат по качеству лекарственных средств, Совет Европы, Страсбург, Франция, 2014], из воздушно сухой массы надземной части растения. Количественный выход эфирных масел вычисляли в объемно-весовых процентах в расчете на воздушно-сухую массу растительного материала.

Идентификация компонентов эфирных масел

В полученных образцах эфирных масел был определен компонентный состав методом газовой хроматографии с пламенно-ионизационным детектором (GC-FID) и масс-спектрометрией (GC/MS) с использованием системы Agilent 5975 GC-MSD («Agilent», США; SEM Ltd., Турция) (Özek G., 2010: 741). Компоненты эфирных масел идентифицированы путем сравнения их хроматографических пиков времени удерживания со стандартами, проанализированными в этих же условиях, а также путем сравнения индекса удерживания (индекс Ковача) с литературными данными.

Определение антимикробной активности эфирных масел

Антимикробная активность была определена в отношении метициллин-резистентного

штамма *Staphylococcus aureus* USA300 (LAC) из коллекции Отдела микробиологии и иммунологии Университета Штата Монтана, США с помощью измерения кинетики поглощения света бактериальной суспензией с использованием спектрофотометра SpectraMax 190 microplate reader («Molecular Devices», США). Антибиотик спектиномицин был использован в качестве позитивного контроля, а диметилсульфоксид (ДМСО) был протестирован как негативный контроль.

Культура бактерий. Культуру бактерий на трипсин-соевой среде (TSB) инкубировали при 37°C на шейкере в течение 12 ч. После инкубирования бактерии разводили в соотношении 1:200 в 20 мл трипсинового соевого бульоне с 0,5% глюкозой. MRSA культивировали до достижения середины экспоненциальной фазы роста, при этом оптическая плотность при длине волны 600 нм составляла 1,5 ед. Оптическую плотность регистрировали с помощью спектрофотометра NanoDrop 2000 («Thermo Fisher Scientific», США). Бактерии высевали на трипсин-соевую среду с агаром, и на следующий день определяли количество колониеобразующих единиц (КОЕ).

Концентрации эфирных масел. Растворы эфирных масел (10 мкг/мл) были приготовлены в ДМСО. Были протестированы пять различных концентраций эфирных масел: 6,25; 12,5; 25; 50 и 100 мкг/мл при конечной концентрации ДМСО 1%.

Измерение подавления роста бактерий эфирными маслами. Культуру бактерий (2,5x10⁷ КОЕ/мл) повторно суспендировали на среде TSB и инкубировали в течение 4 ч при температуре 37°C с пятью различными концентрациями эфирных масел в 96-луночных планшетах, предназначенных для культур тканей. Антибиотик спектиномицин был растворен в воде (50 мг/мл) при конечной концентрации 500 мкг/мл. Подавление роста бактерий контролировали по изменению оптической плотности при длине волны $\lambda = 600$ нм с использованием прибора SpectraMax 190 Microplate Reader («Molecular Devices», США). Оптическая плотность регистрировалась каждые 5 мин в течение 4 ч при 37°C. Ингибирующий эффект эфирных масел был определен путем расчета концентрации масел, при которой рост бактерий ингибировался на 25% (IC₂₅).

Эксперименты проводили в трех повторностях. Статистический анализ осуществляли по общепринятым методикам (Лакин Г.Ф., 1990: 289).

Результаты исследования и их обсуждение

Количественный выход эфирных масел, полученных методом гидродистилляции, варьировал в зависимости от вида: *A. scoparia* – 0,7%, *A. kotuchovii* – 0,8%, *T. marschallianus* – 1,4%, *T. rasitatus* – 0,7%, *T. crebrifolius* – 0,2%.

Исследование антимикробной активности эфирных масел в отношении MRSA показало, что проверенные образцы масел обладали различной степенью противомикробного эффекта. В таблице 1 представлены значения ингибирующей концентрации протестированных эфирных масел, при которых наблюдали подавление роста микроорганизмов на 25% (IC₂₅).

Таблица 1 – Антимикробная активность эфирных масел, выделенных из различных видов растений, в отношении метициллин-резистентного штамма *Staphylococcus aureus* USA300 (LAC)

Образцы эфирных масел	IC ₂₅ , мкг/мл (n = 3; M±m)
<i>A. scoparia</i>	24,5±1,6
<i>A. kotuchovii</i>	Н.А.
<i>T. marschallianus</i>	30,9±1,5
<i>T. rasitatus</i>	32,7±6,5
<i>T. crebrifolius</i>	73,0±5,4
Примечания: М – среднее значение; m – стандартное отклонение; Н.А. – активность не выявлена	

Наиболее высокой антимикробной активностью в отношении MRSA обладали эфирные масла *A. scoparia*, *T. marschallianus* и *T. rasitatus* при концентрации 100 мкг/мл. Эфирное масло *T. crebrifolius* показало только небольшую активность (подавление роста MRSA на 40% при концентрации 100 мкг/мл) (Рис. 1). Эфирное масло *A. kotuchovii* не проявило антибактериальной активности против MRSA даже при самой высокой исследованной концентрации 100 мкг/мл.

Изучение динамики действия эфирных масел *A. scoparia*, *T. marschallianus* и *T. rasitatus* на MRSA показало, что эфирные масла при самой высокой концентрации 100 мкг/мл практически полностью тормозят рост MRSA. В качестве примера на Рис. 2 представлены результаты ингибирования роста штамма MRSA USA300 (LAC) эфирным маслом *A. scoparia* при различных концентрациях. Аналогичная закономерность выявлена и для двух других образцов эфирных масел, выделенных из *T. marschallianus* и *T. rasitatus* (данные не показаны). С уменьше-

нием концентрации эфирных масел наблюдался значительный рост MRSA. Эфирные масла при концентрации 6,25 мкг/мл не ингибировали рост MRSA. Микроорганизм без обработки эфирных масел начинал активно размножаться после часа

от начала инкубации. Выявлено, что ДМСО в концентрации 1% не оказывает влияния на рост микроорганизма. Антибиотик спектиномицин в концентрации 500 мкг/мл полностью подавляет рост MRSA (Рис. 2).

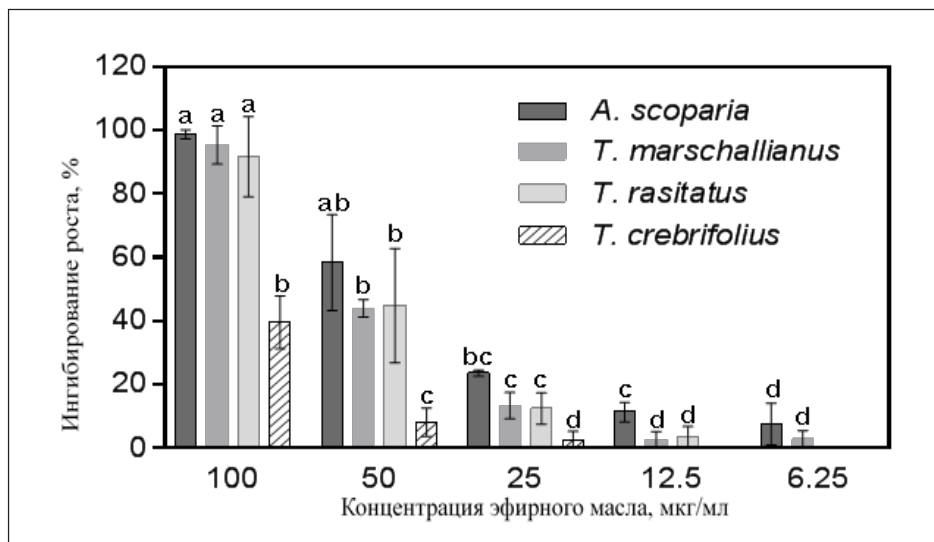


Рисунок 1 – Влияние различных концентраций эфирных масел на рост штамма MRSA USA300 (LAC). Данные, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой при $p \leq 0,05$

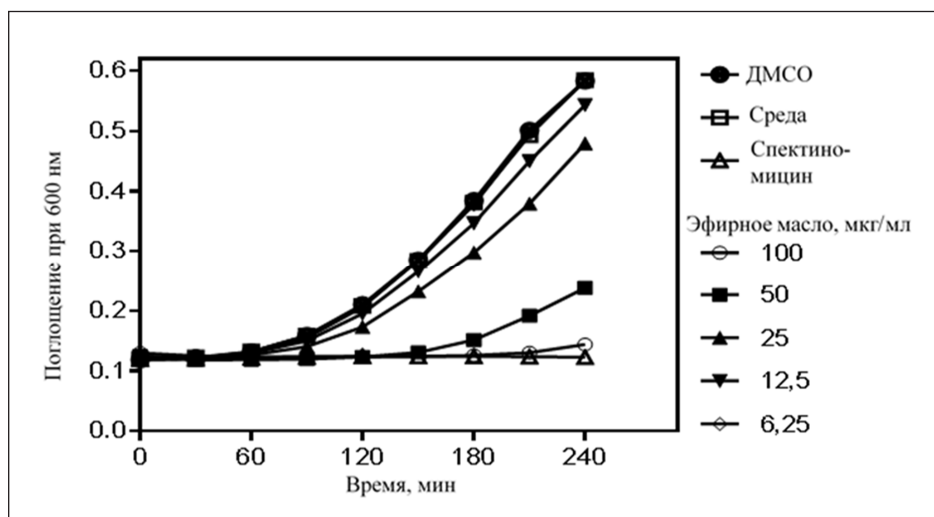


Рисунок 2 – Ингибирование роста штамма MRSA USA300 (LAC) эфирным маслом *Artemisia scoparia* при концентрациях 100; 50; 25; 12,5 и 6,25 мкг/мл и антибиотиком спектиномицин при концентрации 500 мкг/мл

В таблице 2 приведен качественный состав и количественное содержание основных компонентов исследованных эфирных масел. Выявлено, что основными составляющими эфирного

масла *A. scoparia*, которое проявило наибольшую активность, являются монотерпен β -пинен (26,8%) и фенилпропаноид метил эвгенол (24,1%).

Результаты исследования показали что в образцах, которые показали антибактериальную активность преобладают терпеновые соединения. Можно предположить, что за активность тестированных эфирных масел отвечают именно эти соединения, как показано в ряде работ (Bassole I.H., 2012: 2989; Rivas da Silva A.C., 2012: 6305). Основные компоненты эфирного масла *A. scoparia* монотерпены β -пинен и α -пинен являются наиболее активными соединениями, проявляющие антимикробную активность в отношении стафилококков (Leite A.M., 2007: 121).

Во многих работах было выявлено, что терпеноиды также отвечают за антимикробную

активность эфирных масел (Zengin H., 2014: 1773). Содержание тимола в активных образцах эфирных масел, таких как *T. marschallianus* и *T. rasilatus*, составило 45,9 и 13,5%, соответственно, а в эфирном масле, проявившем слабую активность, *T. crebrifolius* лишь 0,1%.

В неактивных образцах эфирных масел содержание терпенов выявлено в очень низких количествах. Антибактериальный эффект эфирных масел тимьянов может быть связан с высоким содержанием монотерпеноида тимола. Тимол является одним из основных компонентов эфирных масел тимьянов, который обладает антимикробной активностью против различных микроорганизмов (Delaquis P.J., 2002: 102).

Таблица 2 – Основные компоненты исследованных эфирных масел

Эфирные масла	Основные классы соединений и компоненты*
<i>A. scoparia</i>	Монотерпены: β -пинен – 26,8%, α -пинен – 6,9%, лимонен – 7,4%, мирцен – 5,0%, (<i>E</i>)- β -оцимен – 3,9%
	Алкины: 1-фенил-пента-2,4-диен – 8,3%
	Сесквитерпеноиды: спатуленол – 2,6%
	Фенилпропаноиды: метил эвгенол – 24,1%
<i>T. marschallianus</i>	Монотерпены: γ -терпинен – 16,2%, <i>p</i> -цимен – 16,1%
	Монотерпеноиды: тимол – 47,2%
<i>T. rasilatus</i>	Монотерпеноиды: α -терпинеол – 25,4%, тимол – 13,5%, линалоол – 9,3%, 1,8-цинеол – 3,0%
	Монотерпены: <i>p</i> -цимен – 14,8%, γ -терпинен – 6,3%, мирцен – 5,5%
	Сесквитерпены: β -кариофиллен – 2,6%
<i>T. crebrifolius</i>	Монотерпеноиды: линалоол – 60,3%, α -терпинеол – 6,8%, 1,8-цинеол – 4,7%, борнеол – 2,6%, гераниол – 2,2%
	Сесквитерпены: β -кариофиллен – 2,1%
<i>A. kotuchovii</i>	Фенилпропаноиды: метил хавикол (= эстрагол) – 75,9%, метил эвгенол – 4,5%
	Монотерпены: (<i>E</i>)- β -оцимен – 4,9%, (<i>Z</i>)- β -оцимен – 3,9%
Примечание: *в таблице указаны компоненты с содержанием >2%	

Работ по действию протестированных нами эфирных масел, выделенных из растений Казахстана, против штамма USA300 (LAC) не найдено, и данные по антибактериальной активности исследованных эфирных масел получены впервые. Эфирные масла *A. scoparia*, *T. marschallianus* и *T. rasilatus* и их компоненты могут быть потен-

циальными антибактериальными природными агентами против MRSA.

Работа выполнена в рамках гранта Министерства образования и науки Республики Казахстан №2117/GF4 «Фармакологические эффекты эфирных масел и их компонентов из растений Казахстана».

Литература

- 1 Baser K.H.C., Buchbauer G. Handbook of Essential Oils. Science, Technology and Applications. – USA: Abingdon: Francis & Taylor Group, CRC Press. – 2010. 991 p. ISBN: 13:978-1-4200-6316-5.
- 2 Ткачев А.В. Исследование летучих веществ растений. – Новосибирск: Офсет. – 2008. 969 с. ISBN: 978-5-85957-056-0.
- 3 Burt S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods – A review // Int. J. Food Microbiol., – 2004. – Vol. 94, No. 3. – P. 223-253. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022.
- 4 Cavaleiro C., Salgueiro L., Goncalves M.J., Hrimpleng K., Pinto J., Pinto E. Antifungal activity of the essential oil of *Angelica major* against *Candida*, *Cryptococcus*, *Aspergillus* and dermatophyte species // J. Nat. Med. – 2015. – Vol. 69, No. 2. – P. 241-248. DOI: 10.1007/s11418-014-0884-2. 69, 241 (2015).
- 5 Edris A.E. Pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oils and their individual volatile constituents: a review // Phytother. Res. – 2007. – Vol.21, No. 4. – P. 308–323. DOI: 10.1002/ptr.2072.
- 6 Panella N.A., Dolan M.C., Karchesy J.J., Xiong Y., Peralta-cruz J., Khasawneh M., Montenieri J.A., Maupin G.O. Use of novel compounds for pest control: insecticidal and acaricidal activity of essential oil components from heartwood of Alaska yellow cedar // J. Med. Entomol. – 2005. – Vol. 42, No. 3. – P. 352-358. DOI: 10.1603/0022-2585(2005)042[0352:UONCFP]2.0.CO;2.
- 7 Yu L.L., Zhou K.K., Parry J. Antioxidant properties of cold-pressed black caraway, carrot, cranberry and hemp seed oils // Food Chemistry. – 2005. – Vol. 91, No. 4. – P. 723–729. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.06.044.
- 8 Sylvestre S., Legault J., Dufour D., Pichette A. Chemical composition and anticancer activity of leaf essential oil of *Myrica gale* L. // Phytomedicine. – 2005. – Vol. 12, No. 4. – P. 299–304. DOI: 10.1016/j.phymed.2003.12.004.
- 9 Azab A., Nassar A., Azab A.N. Anti-Inflammatory activity of natural products // Molecules. – 2016. – Vol. 21, No. 10. – P. 1321. DOI: 10.3390/molecules21101321.
- 10 Santiesteban-López A., Palou E., López-Malo A. Susceptibility of food-borne bacteria to binary combinations of antimicrobials at selected a(w) and pH // J. Appl. Microbiol. – 2007. – Vol. 102, No. 2. – P. 486–497. DOI: 10.1111/j.1365-2672.2006.03092.x.
- 11 Oussalah M., Caillet S., Lacroix M. Mechanism of action of spanish oregano, Chinese cinnamon, and savory essential oils against cell membranes and walls of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* // J. Food. Prot. – 2006. – Vol. 69, No. 5. – P. 1046-1055. DOI: 10.4315/0362-028X-69.5.1046.
- 12 Dryden M.S., Dailly S., Crouch M. A randomized, controlled trial of tea tree topical preparations versus a standard topical regimen for the clearance of MRSA colonization // J. Hosp. Infect. – 2004. – Vol.56, No. 4. – P.283–286. DOI: 10.1016/j.jhin.2004.01.008.
- 13 Caelli M., Porteous J., Carson C.F., Heller R., Riley T.V. Tea tree oil as an alternative topical decolonization agent for methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* infection // J. Hosp. Infect. – 2000. – Vol. 46, No. 3. – P.236–237. DOI: 10.1053/jhin.2000.0830.
- 14 Cha J.D., Jeong M.R., Jeong S.I., Moon S.E., Kim J.Y., Kil B.S., Song Y.H. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils of *Artemisia scoparia* and *A. capillaris* // Planta Med. – 2005. – Vol. 71, No. 2. – P.186-190. DOI: 10.1055/s-2005-837790.
- 15 Deleo F.R., Otto M., Kreiswirth B.N., Chambers H.F. Community-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* // Lancet. – 2010. – Vol. 375, No. 9725. – P. 1557-1568. DOI: 10.1016/S0140-6736(09)61999-1.
- 16 Long D.R., Mead J., Hendricks J.M., Hardy M.E., Voyich J.M. 18β-Glycyrrhetic acid inhibits methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* survival and attenuates virulence gene expression. *Antimicrob. Agents Chemother.* – 2013. – Vol. 57, No. 1. – P. 241-247. DOI: 10.1128/AAC.01023-12.
- 17 Li M., Diep B.A., Villaruz A.E., Braughton K.R., Jiang X., DeLeo F.R., Chambers H.F., Lu Y., Otto M. Evolution of virulence in epidemic community-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 2009. – Vol. 106, No. 14. – P. 5883-5888. DOI: 10.1073/pnas.0900743106.
- 18 Kennedy A.D., Otto M., Braughton K.R., Whitney A.R., Chen L., Mathema B., Mediavilla J.R., Byrne K.A., Parkins L.D., Tenover F.C., Kreiswirth B.N., Musser J.M., DeLeo F.R., Epidemic community-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*: Recent clonal expansion and diversification // Proc Natl. Acad. Sci. USA. – 2008. – Vol. 105, No. 4. – P. 1327–1332. DOI: 10.1073/pnas.0710217105.
- 19 Nostro A., Roccaro A.S., Bisignano G., Marino A., Cannatelli M.A., Pizzimenti F.C., Cioni P.L., Procopio F., Blanco A.R. Effects of oregano, carvacrol and thymol on *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus epidermidis* biofilms // J. Med. Microbiol. – 2007. – Vol. 56. – P. 519–523. DOI: 10.1099/jmm.0.46804-0.
- 20 Lambert R.J., Skandamis P.N., Coote P.J., Nychas G.J. A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol // J. Appl. Microbiol. – 2001. – Vol. 91, No. 3. – P. 453–462. DOI: 10.1046/j.1365-2672.2001.01428.x.
- 21 Braga P.C., Dal Sasso M., Culici M., Bianchi T., Bordoni L., Marabini L. Anti-inflammatory activity of thymol: inhibitory effect on the release of human neutrophil elastase // Pharmacology. – 2006. – Vol. 77, No. 3. – P. 130-136. DOI: 10.1159/000093790.
- 22 Aeschbach R., Loliger J., Scott B.C., Murcia A., Butler J., Halliwell B., Aruoma O.I. Antioxidant actions of thymol, carvacrol, 6-gingerol, zingerone and hydroxytyrosol // Food Chem. Toxicol. – 1994. – Vol. 32, No. 1. – P. 31–36. DOI: 10.1016/0278-6915(94)90033-4.
- 23 Alam K., Nagi M.N., Badary O.A., Al-Shabanah O.A., Al-Rikabi A.C., Al-Bekairi A.M. The protective action of thymol against carbon tetrachloride hepatotoxicity in mice // Pharmacol. Res. – 1999. – Vol. 40. – P. 159–163. DOI: 10.1006/phrs.1999.0472.

- 24 Kang S.H., Kim Y.S., Kim E.K., Hwang J.W., Jeong J.H., Dong X., Lee J.W., Moon S.H., Jeon B.T., Park P.J. Anticancer effect of thymol on AGS human gastric carcinoma cells // *J. Microbiol. Biotechnol.* – 2016. – Vol. 26, No. 1. – P. 2837. DOI: 10.4014/jmb.1506.06073.
- 25 Özek G., Demirci F., Özek T., Tabanca N., Wedge D.E., Khan S.I., Baser K.H.C., Duran A., Hamzaoglu E. Gas chromatographic-mass spectrometric analysis of volatiles obtained by four different techniques from *Salvia rosifolia* Sm., and evaluation for biological activity // *J. Chromatogr. A.* – 2010. – Vol. 1217, No.5. – P. 741–748. DOI: 10.1016/j.chroma.2009.11.086.
- 26 Лакин Г.Ф. Биометрия. – Москва:Высшая школа. – 1990. 352 с. ISBN: 5-06-000471-6.
- 27 Bassole I.H., Juliani H.R. Essential oils in combination and their antimicrobial properties // *Molecules.* – 2012. – Vol. 17. – P. 3989–4006. DOI: 10.3390/molecules17043989.
- 28 Rivas da Silva A.C., Lopes P.M., Barros de Azevedo M.M., Costa D.C., Alviano C.S., Alviano D.S. Biological activities of α -pinene and β -pinene enantiomers // *Molecules.* – 2012. – Vol. 17, No. 6. – P. 6305–6316. DOI: 10.3390/molecules17066305.
- 29 Leite A.M., Lima E.O., Souza E.L., Diniz M.F.F.M., Trajano V.N., Medeiros I.A. Inhibitory effect of b-pinene, a-pinene and eugenol on the growth of potential infectious endocarditis causing Gram-positive bacteria // *Braz. J. Pharm. Sci.* – 2007. – Vol. 43, No. 1. – P. 121–126. DOI: 10.1590/S1516-93322007000100015.
- 30 Zengin H., Baysal A.H. Antibacterial and antioxidant activity of essential oil terpenes against pathogenic and spoilage-forming bacteria and cell structure-activity relationships evaluated by SEM microscopy // *Molecules.* – 2014. – Vol. 19, No. 11. – P. 17773–17798. DOI: 10.3390/molecules191117773.
- 31 Delaquis P.J., Stanich K., Girard B., Mazza G. Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils // *Int. J. Food Microbiol.* – 2002. – Vol. 74, No. 1-2. – P. 101–109. DOI: 10.1016/S0168-1605(01)00734-6.

References

- 1 Baser KHC, Buchbauer G (2010) Handbook of Essential Oils. Science, Technology and Applications, Abingdon: Francis & Taylor Group, CRC Press, USA. ISBN: 13:978-1-4200-6316-5.
- 2 Tkachev AV (2008) Research of volatile substances of plants [Issledovanie letuchih veshhestv rastenij]. Ofset, Novosibirsk. pp. 969. ISBN: 978-5-85957-056-0 (In Russian).
- 3 Burt S (2004) Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods – A review. *Int. J. Food Microbiol.*, 94:223–253. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022.
- 4 Cavaleiro C, Salgueiro L, Goncalves MJ, Hrimplpeng K, Pinto J, Pinto E (2015) Antifungal activity of the essential oil of *Angelica major* against *Candida*, *Cryptococcus*, *Aspergillus* and dermatophyte species. *J. Nat. Med.*, 69:241–248. DOI: 10.1007/s11418-014-0884-2. 69, 241 (2015).
- 5 Edris AE (2007) Pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oils and their individual volatile constituents: a review. *Phytother. Res.*, 21:308–323. DOI: 10.1002/ptr.2072.
- 6 Panella NA, Dolan MC, Karchesy JJ, Xiong Y, Peralta-cruz J, Khasawneh M, Monteneri JA, Maupin GO (2005) Use of novel compounds for pest control: insecticidal and acaricidal activity of essential oil components from heartwood of Alaska yellow cedar. *J. Med. Entomol.*, 42:352–358. DOI: 10.1603/0022-2585(2005)042[0352:UONCFP]2.0.CO;2.
- 7 Yu LL, Zhou KK, Parry J (2005) Antioxidant properties of cold-pressed black caraway, carrot, cranberry and hemp seed oils. *Food Chemistry*, 91:723–729. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.06.044.
- 8 Sylvestre S, Legault J, Dufour D, Pichette A (2005) Chemical composition and anticancer activity of leaf essential oil of *Myrica gale* L. *Phytomedicine*, 12:299–304. DOI: 10.1016/j.phymed.2003.12.004.
- 9 Azab A, Nassar A, Azab AN (2016) Anti-Inflammatory activity of natural products. *Molecules*, 21: 1321. DOI: 10.3390/molecules21101321.
- 10 Santiesteban-López A, Palou E, López-Malo A (2007) Susceptibility of food-borne bacteria to binary combinations of antimicrobials at selected a(w) and pH. *J. Appl. Microbiol.*, 102:486 – 497. DOI: 10.1111/j.1365-2672.2006.03092.x.
- 11 Oussalah M, Caillet S, Lacroix M (2006) Mechanism of action of spanish oregano, Chinese cinnamon, and savory essential oils against cell membranes and walls of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes*. *J. Food. Prot.*, 69:1046–1055. DOI: 10.4315/0362-028X-69.5.1046.
- 12 Dryden MS, Dailly S, Crouch M (2004) A randomized, controlled trial of tea tree topical preparations versus a standard topical regimen for the clearance of MRSA colonization. *J. Hosp. Infect.*, 56:283–286. DOI: 10.1016/j.jhin.2004.01.008.
- 13 Caelli M, Porteous J, Carson CF, Heller R, Riley TV (2000) Tea tree oil as an alternative topical decolonization agent for methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* infection. *J. Hosp. Infect.*, 46:236–237. DOI: 10.1053/jhin.2000.0830.
- 14 Cha JD, Jeong MR, Jeong SI, Moon SE, Kim JY, Kil BS, Song YH (2005) Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils of *Artemisia scoparia* and *A. capillaris*. *Planta Med.*, 71:186–190. DOI: 10.1055/s-2005-837790.
- 15 Deleo FR, Otto M, Kreiswirth BN, Chambers HF (2010) Community-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Lancet*, 375:1557–1568. DOI: 10.1016/S0140-6736(09)61999-1.
- 16 Long DR, Mead J, Hendricks JM, Hardy ME, Voyich JM (2013) 18 β -Glycyrrhetic acid inhibits methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* survival and attenuates virulence gene expression. *Antimicrob. Agents Chemother.*, 57:241–247. DOI: 10.1128/AAC.01023-12.
- 17 Li M, Diep BA, Villaruz AE, Braughton KR, Jiang X, DeLeo FR, Chambers HF, Lu Y, Otto M (2009) Evolution of virulence in epidemic community-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 106:5883–5888. DOI: 10.1073/pnas.0900743106.

- 18 Kennedy AD, Otto M, Braughton KR, Whitney AR, Chen L, Mathema B, Mediavilla JR, Byrne KA, Parkins LD, Tenover FC, Kreiswirth BN, Musser JM, DeLeo FR (2008) Epidemic community-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*: Recent clonal expansion and diversification. *Proc Natl. Acad. Sci. USA*, 105:1327–1332. DOI: 10.1073/pnas.0710217105.
- 19 Nostro A, Roccaro AS, Bisignano G, Marino A, Cannatelli MA, Pizzimenti FC, Cioni PL, Procopio F, Blanco AR (2007) Effects of oregano, carvacrol and thymol on *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus epidermidis* biofilms. *J. Med. Microbiol*, 56:519–523. DOI: 10.1099/jmm.0.46804-0.
- 20 Lambert RJ, Skandamis PN, Coote PJ, Nychas GJ (2001) A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. *J. Appl. Microbiol*, 91:453–462. DOI: 10.1046/j.1365-2672.2001.01428.x.
- 21 Braga PC, Dal Sasso M, Culici M, Bianchi T, Bordoni L, Marabini L (2006) Anti-inflammatory activity of thymol: inhibitory effect on the release of human neutrophil elastase. *Pharmacology*, 77:130-136. DOI: 10.1159/000093790.
- 22 Aeschbach R, Loliger J, Scott BC, Murcia A, Butler J, Halliwell B, Aruoma OI (1994) Antioxidant actions of thymol, carvacrol, 6-gingerol, zingerone and hydroxytyrosol. *Food Chem. Toxicol*, 32:31–36. DOI: 10.1016/0278-6915(84)90033-4.
- 23 Alam K, Nagi MN, Badary OA, Al-Shabanah OA, Al-Rikabi AC, Al-Bekairi AM (1999) The protective action of thymol against carbon tetrachloride hepatotoxicity in mice. *Pharmacol. Res*, 40:159–163. DOI: 10.1006/phrs.1999.0472.
- 24 Kang SH, Kim YS, Kim EK, Hwang JW, Jeong JH, Dong X, Lee JW, Moon SH, Jeon BT, Park PJ (2016) Anticancer effect of thymol on AGS human gastric carcinoma cells. *J. Microbiol. Biotechnol*, 26:2837. DOI: 10.4014/jmb.1506.06073.
- 25 Özek G, Demirci F, Özek T, Tabanca N, Wedge DE, Khan SI, Baser KHC, Duran A, Hamzaoglu E (2010) Gas chromatographic-mass spectrometric analysis of volatiles obtained by four different techniques from *Salvia rosifolia* Sm., and evaluation for biological activity. *J. Chromatogr. A*, 1217:741–748. DOI: 10.1016/j.chroma.2009.11.086.
- 26 Lakin GF (1990) *Biometrics [Biometrija]*. Vysshaja shkola, Moscow, pp. 352. ISBN: 5-06-000471-6 (In Russian).
- 27 Bassole IH, Juliani HR (2012) Essential oils in combination and their antimicrobial properties. *Molecules*, 17:3989-4006. DOI: 10.3390/molecules17043989.
- 28 Rivas da Silva AC, Lopes PM, Barros de Azevedo MM, Costa DC, Alviano CS, Alviano DS (2012) Biological activities of α -pinene and β -pinene enantiomers. *Molecules*, 17:6305-6316. DOI: 10.3390/molecules17066305.
- 29 Leite AM, Lima EO, Souza EL., Diniz MFFM, Trajano VN, Medeiros IA (2007) Inhibitory effect of β -pinene, α -pinene and eugenol on the growth of potential infectious endocarditis causing Gram-positive bacteria. *Braz. J. Pharm. Sci*, 43:121-126. DOI: 10.1590/S1516-93322007000100015.
- 30 Zengin H, Baysal AH (2014) Antibacterial and antioxidant activity of essential oil terpenes against pathogenic and spoilage-forming bacteria and cell structure-activity relationships evaluated by SEM microscopy. *Molecules*, 19:17773-17798. DOI: 10.3390/molecules191117773.
- 31 Delaquis PJ, Stanich K, Girard B, Mazza G. (2002) Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils. *Int. J. Food Microbiol*, 74:101-109. DOI: 10.1016/S0168-1605(01)00734-6.

МАЗМҰНЫ – СОДЕРЖАНИЕ

1-бөлім	Раздел 1
Ботаника	Ботаника
<i>Мемешов С.К., Дурмекбаева Ш.Н., Курманбаева М.С., Хамитова Г.Ж., Жумабаева А.А.</i>	
Ақмола облысы Зеренді ауданы флорасындағы арамшөптердің түрлік құрамы.....4	
<i>Салмуханбетова Ж.К., Димеева Л.А., Султанова Б.М.</i>	
Фитоценологическая характеристика сообществ полыни аральской (<i>Artemisia aralensis</i> Krash.) в Северном Приаралье13	
2-бөлім	Раздел 2
Зоология	Зоология
<i>Dautbayeva K.A., Shalgimbayeva S.M., Omarova Z.S., Jumakhanov G.B.</i>	
The feeding habits of bream (<i>Abramis brama</i> L.) and roach (<i>Rutilus rutilus caspicus</i> Oak.) in the Northern part of the Caspian Sea.....22	
3-бөлім	Раздел 3
Гистология	Гистология
<i>Sarmoldayeva G.R., Shalgimbayeva S.M., Omarova Zh.S., Jumakhanova G.B., Kairat B.K., Dautbayeva K. A.</i>	
The histomorphologic research on reproductive system of Carp (<i>Cyprinus carpio</i> L.) females in Lake Balkhash.....	
4-бөлім	Раздел 4
Өсімдіктер физиологиясы және биохимиясы	Физиология и биохимия растений
<i>Yernazarova G.Y., Turasheva S.K., Omarova G.K.</i>	
Effect of Chromium and Other Heavy Metals on Microalgae.....42	
<i>Бимурзина Г.С., Сиротина Т.О.</i>	
Устойчивость сортов смородины черной к неблагоприятным абиотическим факторам летнего периода аридной зоны Центрального Казахстана.....53	
<i>Платаева А.К., Заворотная М.В., Кустова Т.С., Карпенюк Т.А., Гончарова А.В.</i>	
Изучение антибактериальной и антиоксидантной активности суммарных растительных экстрактов и составленных из них комплексов.....63	
<i>Булатова К.М., Мазкират Ш., Кудайбергенов М., Байтаракова К.</i>	
Физиологические и биохимические изменения в проростках нута в период акклиматизации к низким температурам в лабораторных условиях.....75	
5-бөлім	Раздел 5
Адам және жануарлар физиологиясы мен биохимиясы	Физиология и биохимия человека и животных
<i>Кайрат Б.К., Оразова С.Б., Шалгимбаева С.М., Койшибаева С.К., Ернарарова Г.И.</i>	
Влияние различных продукционных кормов и условий выращивания на некоторые биохимические показатели печени и химического состава мышечной ткани молоди тиляпии.....88	
<i>Цой А. К., Жусупова Г. Е., Олжаев Ф. С., Шалахметова Т.М., Нуркенов Т. Т, Шаяхметов Е. Г., Абжанова Э. Р., Тургамбаева А.М., Аскарлова Ш. Н.</i>	
Антиоксидантные и нейропротекторные свойства фитопрепарата из кермека Гмелина.....96	
6-бөлім	Раздел 6
Микробиология	Микробиология
<i>Акмуханова Н.Р., Бауенова М.О., Садвакасова А.К., Заядан Б.К., Кирбаева Д.К., Қарабаева І.Ж., Хабиби А.</i>	
Изучение взаимовлияния высших водных растений и фототрофных микроорганизмов с целью создания консорциума, перспективного для биоремедиации106	
<i>Утегенова Г.А., Паллистер К.Б., Войич Ю.М., Озек Г., Озек Т., Кирпотина Л.Н., Щепеткин И.А., Қушнаренко С.В.</i>	
Антибактериальная активность эфирных масел некоторых видов <i>Artemisia</i> и <i>Thymus</i> в отношении метициллин-резистентного <i>Staphylococcus aureus</i>116	

CONTENTS

Section 1 Botany

- Memeshov S.K., Durmekbaeva Sh.N., Kurmanbaeva M.S., Hamitova G.Zh., Zhumabaeva A.A.*
The specific composition of the Weed Plants of the Zerendinsky District of the Akmola Region4
- Salmukhanbetova Z.K., Dimeyeva L.A., Sultanova B.M.*
Phytoecological characteristic of *Artemisia aralensis* Krash. communities in the North Aral Sea region13

Section 2 Zoology

- Dautbayeva K.A., Shalgimbayeva S.M., Omarova Z.S., Jumakhanov G.B.*
The feeding habits of bream (*Abramis brama* L.) and roach (*Rutilus rutilus caspicus* Oak.) in the Northern part of the Caspian Sea.....22

Section 3 Histology

- Sarmoldayeva G.R., Shalgimbayeva S.M., Omarova Zh.S., Jumakhanova G.B., Kairat B.K., Dautbayeva K. A.*
The histomorphologic research on reproductive system of Carp (*Cyprinus carpio* L.) females in Lake Balkhash.....32

Section 4 Plants Physiology And Biochemistry

- Yernazarova G.Y., Turasheva S.K., Omarova G.K.*
Effect of Chromium and Other Heavy Metals on Microalgae.....42
- Bimurzina G., Sirotina T.*
Resistance of cultivars of black currant to adverse abiotic factors of the summer period of arid zone of central Kazakhstan.....53
- Platayeva A.K., Zavorotnaya M.V., Kustova T.S., Karpenyuk T.A., Goncharova A.V.*
Studying antibacterial and antioxidant activity of total plant extracts and complexes composed by them.....63
- Bulatova K., Mazkirat Sh., Kudaibergenov M., Baitarakova K.*
Physiological and biochemical changes in chickpea seedlings during acclimatization to low temperatures in the laboratory conditions.....75

Section 5 Human and Animal Physiology and Biochemistry

- Kajrat B.K., Orazova S.B., Shalgimbaeva S.M., Kojshibaeva S.K., Ernazarova G.I.*
The effect of different production of forage and growing conditions on some biochemical parameters of liver and chemical composition of muscle tissue of juvenile tilapia.....88
- Tsoj A.K., Zhusupova G.E., Olzhayev F.S., Shalahmetova T.M., Nurkenov T.T., Shajahmetov E.G., Abzhanova E.R., Turgambayeva A.M., Askarova Sh.N.*
Antioxidant and neuroprotective properties of phytopreparate from limonium gmelinii.....96

Section 6 Microbiology

- Akmukhanova N.R., Bauyenova M.O., Sadvakasova A.K., Zayadan B.K., Kirbaeva D.K., Karabaeva I.Zh., Habibi A.*
Studying the relationship of higher water plants and phototrophic microorganisms with the purpose of creating a consortium promising for bioremediation106
- Utegenova G.A., Pallister K.B., Voyich J.M., Ozek G., Ozek T., Kirpotina L.N., Schepetkin I.A., Kushnarenko S.V.*
Antibacterial activity of essential oils from some *Artemisia* and *Thymus* species against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*.....116