

*Журнал Научное обозрение.
Биологические науки
зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство ПИ № ФС77-57454*

ISSN 2500-3399

*Учредитель, издательство и редакция:
НИИЦ «Академия Естествознания»,
почтовый адрес:
105037, г. Москва, а/я 47*

**Founder, publisher and edition:
SPC Academy of Natural History,
post address:
105037, Moscow, p.o. box 47**

*Подписано в печать 12.03.2019
Дата выхода номера 12.04.2019
Формат 60×90 1/8*

*Типография
НИИЦ «Академия Естествознания»,
410035, г. Саратов,
ул. Мамонтовой, д. 5*

**Signed in print 12.03.2019
Release date 12.04.2019
Format 60×90 8.1**

**Typography
SPC «Academy Of Natural History»
410035, Russia, Saratov,
5 Mamontovoi str.**

*Технический редактор Байгузова Л.М.
Корректор Галенкина Е.С.*

*Тираж 1000 экз.
Распространение по свободной цене
Заказ НО 2019/1*

Журнал «НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ» выходил с 1894 по 1903 год в издательстве П.П. Сойкина. Главным редактором журнала был Михаил Михайлович Филиппов. В журнале публиковались работы Ленина, Плеханова, Циолковского, Менделеева, Бехтерева, Лесгафта и др.

Journal «Scientific Review» published from 1894 to 1903. P.P. Soykin was the publisher. Mikhail Filippov was the Editor in Chief. The journal published works of Lenin, Plekhanov, Tsiolkovsky, Mendeleev, Bekhterev, Lesgaft etc.



М.М. Филиппов (M.M. Philippov)

С 2014 года издание журнала возобновлено
Академией Естествознания

**From 2014 edition of the journal resumed
by Academy of Natural History**

Главный редактор: М.Ю. Ледванов
Editor in Chief: M.Yu. Ledvanov

Редакционная коллегия (**Editorial Board**)

А.Н. Курзанов (**A.N. Kurzanov**)

Н.Ю. Стукова (**N.Yu. Stukova**)

М.Н. Бизенкова (**M.N. Bizenkova**)

Н.Е. Старчикова (**N.E. Starchikova**)

Т.В. Шнуровозова (**T.V. Shnurovozova**)

НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ • БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

SCIENTIFIC REVIEW • BIOLOGICAL SCIENCES

www.science-education.ru

2019 г.



***В журнале представлены научные обзоры,
литературные обзоры диссертаций,
статьи проблемного и научно-практического
характера***

The issue contains scientific reviews, literary dissertation reviews,
problem and practical scientific articles

СОДЕРЖАНИЕ

Биологические науки (03.01.00, 03.02.00, 03.03.00)

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ДУРМАНА ИНДЕЙСКОГО С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО ПРОДУКТА <i>Алимджанов И.И., Абзалов А.А., Пирахунова Ф.Н., Иногамов С.Я.</i>	5
К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АКВАКУЛЬТУРЕ КАРОТИНСОДЕРЖАЩИХ ПРЕПАРАТОВ В СОСТАВЕ ИСКУССТВЕННЫХ КОМБИКОРМОВ ДЛЯ ОСЕТРОВЫХ ВИДОВ РЫБ <i>Денисенко О.С.</i>	12
ЭКОЛОГО-ТРОФИЧЕСКИЙ СОСТАВ БАКТЕРИОЦЕНОЗА РОДНИКА АРАПОВ КЛЮЧ КАК ИНДИКАТОР НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ <i>Егорова Д.О.</i>	18
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ ДОПУСТИМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ АКТИВНОСТИ ГЕМОСТАЗА У ПОРОСЯТ, ИСПЫТАВШИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НЕБЛАГОПРИЯТНОГО СРЕДОВОГО ФАКТОРА <i>Зайцев В.В.</i>	24
СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЯХ <i>Каманина И.З., Каплина С.П., Салихова Ф.С.</i>	29
ГАЛОФИТНЫЙ ПРИБРЕЖНО-МОРСКОЙ ФЛОРИСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ ПРИМОРСКОГО КРАЯ (ЯПОНСКОЕ МОРЕ) <i>Киселёва А.Г.</i>	35
ОЦЕНКА АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ ЛИСТОВОГО ОПАДА НА НАЧАЛЬНЫЕ ЭТАПЫ ОНТОГЕНЕЗА ЧАСТУХИ ПОДОРОЖНИКОВОЙ (<i>ALISMA PLANTAGO-AQUATICA</i> L.) <i>Крылова Е.Г., Гарин Э.В.</i>	41
ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБРАБОТКИ ДРОЖЖЕВОГО МОЛОКА КОЛЛОИДНЫМИ ИОНАМИ СЕРЕБРА ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЭТАПА БРОЖЕНИЯ ТЕСТА <i>Петрова А.С.</i>	46
ПОСТОЯННАЯ ХАТЧИНСОНА И КОНКУРЕНЦИЯ В СОСНОВОМ ДРЕВОСТОЕ <i>Рогозин М.В.</i>	51
ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ГЕМОСТАЗА У ТЕЛЯТ И ПОРОСЯТ МОЛОЧНО-РАСТИТЕЛЬНОГО ПИТАНИЯ, ПЕРЕНЕСШИХ НЕБЛАГОПРИЯТНОЕ СРЕДОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ <i>Соловьева Л.П., Калыш Т.В., Замуравкин В.И.</i>	56
О КОСВЕННЫХ СВИДЕТЕЛЬСТВАХ СИМПАТРИЧЕСКОГО ВИДООБРАЗОВАНИЯ И МЕЖВИДОВЫХ КОНТАКТАХ В ЭВОЛЮЦИИ РОДА <i>МAMMUTHUS</i> В ПЛЕЙСТОЦЕНЕ ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ <i>Чубур А.А.</i>	62
ФИЛОГЕНЕЗ СОСУДИСТЫХ СПЛЕТЕНИЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПОЗВОНОЧНЫХ <i>Шерышева Ю.В., Журавлева Г.Ф., Морозов В.Д.</i>	67

CONTENTS

Biological sciences (03.01.00, 03.02.00, 03.03.00)

THE INFLUENCE OF VARIOUS FORMS OF NITROGEN FERTILIZERS ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF INDIAN DURMAN WITH THE PURPOSE OF OBTAINING ENVIRONMENTAL CLEAN PRODUCT <i>Alimdzhonov I.I., Abzalov A.A., Pirakhunova F.N., Inogamov S.Ya.</i>	5
ON THE ISSUE OF THE POSSIBILITY OF USING CAROTENE-CONTAINING PREPARATIONS IN THE AQUACULTURE COMPLEX AS PART OF ARTIFICIAL FEED FOR STURGEON FISH SPECIES <i>Denisenko O.S.</i>	12
ECOLOGICAL AND TROPHIC COMPOSITION OF BACTERIOCENOSIS OF THE ARRAPOV KLUCH SPRING AS AN INDICATOR OF OIL POLLUTION <i>Egorova D.O.</i>	18
PHYSIOLOGICALLY ADMISSIBLE CHANGES IN THE ACTIVITY OF HEMOSTASIS IN POROSIETS TESTED BY THE IMPACT OF ADVERSE MEDIUM FACTOR <i>Zaytsev V.V.</i>	24
THE CONTENT OF HEAVY METALS IN MEDICINAL PLANTS <i>Kamanina I.Z., Kaplina S.P., Salikhova F.S.</i>	29
HALOPHYTIC COASTAL-MARINE FLORISTIC COMPLEX OF VASCULAR PLANTS OF PRIMORSKII KRAI (SEA OF JAPAN) <i>Kiseleva A.G.</i>	35
EVALUATION OF THE ALLELOPATHIC EFFECT OF LEAF LITTER ON THE INITIAL STAGES OF ONTOGENESIS OF WATER PLANTAIN (<i>ALISMA PLANTAGO-AQUATICA</i> L.) <i>Krylova E.G., Garin E.V.</i>	41
THE POSSIBILITY OF USING MILK YEAST TREATMENT COLLOIDAL SILVER IONS FOR REDUCTION OF THE PRODUCTION PHASE OF FERMENTATION OF THE DOUGH <i>Petrova A.S.</i>	46
CONSTANT OF HUTCHINSON AND THE COMPETITION IN THE PINE FOREST STAND <i>Rogozin M.V.</i>	51
RESTORATION OF THE FUNCTIONAL ACTIVITY OF HEMOSTASIS IN THE CALVES AND POROUSSES OF MILK AND VEGETABLE NUTRITION, TRANSFERRED ADVERSE MEDIUM EFFECTS <i>Soloveva L.P., Kalysh T.V., Zamuravkin V.I.</i>	56
ABOUT INDIRECT EVIDENCE OF SYMPATRIC SPECIATION AND INTERSPECIFIC CONTACTS IN THE EVOLUTION OF THE GENUS <i>MAMMUTHUS</i> IN THE PLEISTOCENE OF EASTERN EUROPE <i>Chubur A.A.</i>	62
THE PHYLOGENY OF THE VASCULAR PLEXUSES OF THE BRAIN VERTEBRATES <i>Sherysheva Yu.V., Zhuravleva G.F., Morozov V.D.</i>	67

УДК 581:633.51:631.8

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ДУРМАНА ИНДЕЙСКОГО С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО ПРОДУКТА

Алимджанов И.И., Абзалов А.А., Пирахунова Ф.Н., Иногамов С.Я.

Ташкентский фармацевтический институт, Ташкент, e-mail: Akmal.38@yandex.ru

Авторами установлено, что наиболее эффективной формой азотного удобрения с целью усиления роста и развития дурмана индийского является аммиачная селитра, а более интенсивный синтез и накопление алкалоидов в плодовых органах изучаемого нами данного растения наблюдается при питании его азотным удобрением в форме сульфата аммония. Усиление интенсивности биосинтеза и большего накопления алкалоидов в плодовых органах дурмана индийского происходит при питании его азотным удобрением сульфата аммония по сравнению с другими формами азотсодержащих в своем составе источника данного элемента. Авторами установлено значение серы как необходимого элемента питания дурмана индийского. Авторами выявлен значение серы как важнейшего элемента питания дурмана индийского путем непосредственного участия в азотном обмене и улучшения баланса азота в системе почва – растение – удобрение. С участием серы ускоряется включение неорганического азота удобрений в состав аминокислот белков и другие, повышая коэффициент использования азота. Эти процессы наиболее активны и более требовательны к сере дурмана индийского на луговой почве по сравнению типичным серозёмом. При повышении нормы вносимого в почву серы или увеличением соотношения N:S количество общего и белкового азота в органах изучаемого нами данного растения происходит заметное уменьшение содержания нитратов в тканях растения, которое является очень ценным результатом в получении экологически чистого продукта и в конечном счете изготовления лекарственных препаратов высокого качества.

Ключевые слова: лекарственный препарат, экологически чистая продукция, азот, сера, питание, нитраты, удобрения, типичный серозем, луговая почва, дурман индийский

THE INFLUENCE OF VARIOUS FORMS OF NITROGEN FERTILIZERS ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF INDIAN DURMAN WITH THE PURPOSE OF OBTAINING ENVIRONMENTAL CLEAN PRODUCT

Alimdzhанov I.I., Abzalov A.A., Pirakhunova F.N., Inogamov S.Ya.

Tashkent Pharmaceutical Institute, Tashkent, e-mail: Akmal.38@yandex.ru

The authors found that the most effective form of nitrogen fertilizer to enhance the growth and development of Indian dope is ammonium nitrate, and more intensive synthesis and accumulation of alkaloids in the fruit organs of the plant we are studying is observed when it is fed with nitrogen fertilizer in the form of ammonium sulfate. The increased intensity of biosynthesis and the greater accumulation of alkaloids in the fruit organs of the Indian dope occurs when it is fed with nitrogen fertilizer ammonium sulfate compared with other forms of nitrogen-containing sources of this element. The authors established the value of sulfur as an essential nutrient of Indian dope. The authors have identified the importance of sulfur as an essential nutrient of the Indian dope by directly participating in nitrogen metabolism and improving the nitrogen balance in the soil-plant-fertilizer system. With the participation of sulfur, the incorporation of inorganic nitrogen fertilizers into amino acid proteins and others is accelerated, increasing the utilization rate of nitrogen. These processes are most active and more demanding on Indian soil in the meadow soil compared to typical gray earths. With an increase in the rate of sulfur introduced into the soil or an increase in the N: S ratio, the amount of total and protein nitrogen in the organs of this plant under study noticeably decreases the nitrate content in the plant tissues, which is a very valuable result in obtaining an ecologically pure product and ultimately the manufacture of drugs High Quality.

Keywords: drug, organic products, nitrogen, sulfur, nutrition, nitrates, fertilizers, typical sierozem, meadow soil, Indian Indian dope

Известно, что в настоящее время количество официально зарегистрированных в Узбекистане предприятий, осуществляющих выпуск различных лекарственных средств, превышает 150.

Республика Узбекистан имеет большой ассортимент лекарственных растений (более 500 наименований). Примерно половине из них составляют алкалоидоносные растения, хотя флора Узбекистана богата лекарственными, в том числе алкалоидоносными растениями, однако не все они способны синтезировать алкалоиды в больших количествах,

что не удовлетворяет специалистов, занимающихся их возделыванием.

Следует отметить, что азот – важнейший элемент питания растений. Он входит в состав всех аминокислот, из которых построена сложная молекула белка. Таким образом, следует отметить, что исходными веществами для образования алкалоидов являются аминокислоты или продукты их превращений и что синтез и превращения алкалоидов тесно связаны с обменом других азотистых соединений в растениях.

Исследователи [1] считают: «Без азота не могут образоваться белковые вещества, без белковых веществ не может быть протоплазмы, а следовательно, и жизни». Азот входит также в состав нуклеиновых и аминокислот, хлорофилла, фосфатидов, гликозидов, алкалоидов и других органических веществ, играющих важную роль в жизнедеятельности растений. Так как азот является составной частью алкалоидов, сроки, дозы и формы применения азотных удобрений оказывают существенное влияние на их синтез. В связи с этим при лучших условиях азотного питания в растении накапливается большое количество алкалоидов. Отсюда следует, что вопрос изучения влияния различных форм азотных удобрений на биосинтез алкалоидов актуален в тканях дурмана индийского.

На основании вышеизложенных сообщений можно считать, что при оптимальных условиях азотного питания в тканях растений накапливается большое количество алкалоидов. Отсюда следует, что вопрос изучения влияния различных форм азотных удобрений на биосинтез алкалоидов в тканях лекарственных растений имеет как теоретическую, так и практическую значимость.

Аммиак под воздействием ферментов связывается органическими кислотами, образуя последовательно большой набор аминокислот, которые необходимы для синтеза белков. Основные положения об азотном обмене и значении форм азота в питании растений, выдвинутые многими исследователями [2], получили дальнейшее развитие в трудах их учеников.

Классическими исследованиями [1, 2] установлено, что при любой форме (аммиачной или нитратной) первым этапом поглощения растением азота из внешней среды является восстановление нитратов до аммиака.

При этом аммиачный и амидный азот в корневой системе зерновых и других культур используется для синтеза аминокислот, амидов, белка и хлорофилла более интенсивно, чем нитратная и аммиачно-нитратная его формы.

Исследования отечественных и зарубежных ученых, применяющих в своих исследованиях ^{15}N , установили, что растения используют азот из вносимых удобрений не 70–80 % как считалось ранее, а 50–60 % в вегетационных и 30–40 % в полевых условиях.

Известно, что в силу резкого снижения дозы применения удобрений, особенно азотных, начал остро проявляться дефицит зерна ценных и сильных сортов пшеницы,

имеющих большое значение в хлебопекарной промышленности [3–5].

Источниками такого качественного зерна может стать яровая и озимая пшеница, так как в последнее время селекционерами созданы сорта, характеризующиеся не только заложенным в них высоким потенциалом урожайности, но и способные в определенных условиях формировать зерно, соответствующие требованиям хлебопекарной промышленности [6].

Применение азотных удобрений наиболее эффективно в хорошо обеспеченных влагой районах [7, 8].

Разработка рациональной системы минерального, в том числе азотного, питания растений в течение вегетации является огромной важной задачей при создании условий, в более полной мере раскрывающих заложенный в них генетический потенциал продуктивности и способствующей получению урожая соответствующего требованиям [9–11].

В настоящее время в Узбекистане лекарственные, в том числе алкалоидоносные растения возделываются в лесных, фермерских и других хозяйствах различных форм собственности. К сожалению, сырье некоторых алкалоидоносных растений, ценное для медицинской практики, зачастую ввозится в Республику Узбекистан извне. Хотя эти растения можно было бы выращивать в различных почвенно-климатических условиях Узбекистана. Вместе с тем технологии возделывания этих лекарственных растений, особенно с целью повышения интенсивности биосинтеза алкалоидов в них до сих пор полностью не разработаны. Среди комплекса агротехнических мероприятий, направленных на повышение урожайности как сельскохозяйственных, так и лекарственных растений, одно из ведущих мест принадлежит применению минеральных удобрений и поливу.

Материалы и методы исследования

Опыты с дурманом индийским проводились в вегетационных сосудах, лизиметрах и в полевых условиях. Перед посевом семян для выращивания рассады определяли их всхожесть и энергию прорастания. Однако в чашках Петри семена дурмана индийского не проросли. Для определения всхожести и энергии прорастания семена дурмана индийского были высажены в грунт.

Результаты исследования и их обсуждение

В наших исследованиях энергия прорастания их была равна 41,7 %, всхожесть 72,25 %. В таблице приведены данные по

изучению роста и развития растений дурмана индийского. Из приведенных в рис. 1 данных мы видим, что под влиянием различных форм удобрений увеличивается количество листьев у растений (в большей степени у растений, получивших азотные удобрения в виде сульфата аммония и аммиачной селитры, у этих же растений раньше начинается образование бутонов, таким образом мы видим, что под влиянием аммиачной селитры и сульфата аммония ускоряются ростовые процессы).

Параллельно нами были заложены опыты с дурманом индийским в открытом грунте. При высадке в грунт 11,07 рассада имела следующие размеры: высота 13,7 см, листьев – 52 шт, длина корня – 3,4 см.

В таблице приведены данные по определению роста развития дурмана индийского в зависимости от форм применяемых удобрений. Из приведённых в таблице данных мы видим, что в полевых условиях, начиная с первых фаз вегетации наиболее интенсивный рост и развитие растений отмечается при внесении аммиачной селитры (высота 17,8 см, листьев – 12,8 шт., на фоне внесения сульфата аммония эти показатели были равны 15 см и 9,6 шт., мочевины – 15,4 и 8,6 шт., на фоне внесения фосфора и калия 11,5 и 9,7 шт.

Аналогичная закономерность наблюдается и при последующих наблюдениях: так, 2,09 – высота растений дурмана индийского при внесении аммиачной селитры была равна 68 см, листьев было 26 штук, корневая система имела длину 23 см, при внесении сульфата аммония эти показатели были

равны соответственно 54 см, 16 шт., 16 шт. и 15 см, мочевины – 49 см, 16 шт. и 18 см.

Таким образом, в полевых условиях четко прослеживается преимущество аммиачной селитры перед другими видами азотных удобрений, отмечено также большее накопление сухой массы всех органов растений, причем в очень больших количествах.

Так, если сырой вес листьев при выращивании на фоне аммиачной селитры был равен 63,2 г, а сухой вес – 7,25 г, то при выращивании на фоне сульфата аммония эти показатели были равны соответственно 36,2 и 4,0, мочевины – 33,4–3,9 г, на фоне фосфора и калия 11,47 и 1,62, на фоне без удобрений – 130 и 1,91. Аналогичная закономерность наблюдалась и по другим органам растений.

Таким образом, на основании проведенных исследований установлено, что лучшей формой азотного удобрения для дурмана индийского являются аммиачная селитра и сульфат аммония.

Растения дурмана индийского так же были посажены в вегетационные сосуды и лизиметры 25.04.07. При посадке высота рассады колебалась в пределах 7,75–12 см, растения имели 4,5–5 настоящих листьев, корень имел длину от 1,9 до 2,7 см. После внесения азотных удобрений наибольшая высота растений отмечалась при внесении удобрений в форме мочевины и аммиачной селитры, у этих же растений отмечалось наибольшее количество листьев. Наибольшее количество цветков было у растений, получивших азотные удобрения в форме аммиачной селитры (таблица).

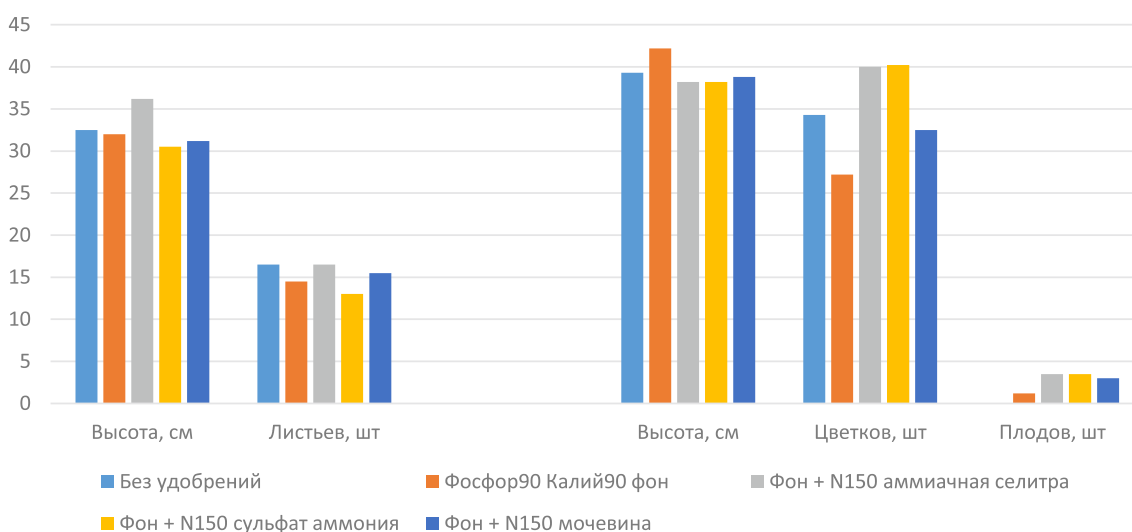


Рис. 1. Рост и развитие растений дурмана индийского в вегетационных сосудах

Рост и развитие растений дурмана индейского в полевых условиях

Вариант	Характеристика рассады перед высадкой			12.08.2007			2.09.2007			Вес листьев, г		Вес стебля, г		Вес корня, г	
	Высота, см	К-во листьев, шт	Длина корня, см	Высота, см	К-во листьев, шт	Длина корня, см	Высота, см	К-во листьев, шт	Длина корня, см	Сырой вес	Сухой вес	Сырой вес	Сухой вес	Сырой вес	Сухой вес
Без удобрений	13,7	5,2	3,4	9,7	8	12	41	16	12	13,0	1,94	6,8	0,85	4,47	0,64
P ₉₀ K ₉₀ (фон)	13,7	5,2	3,4	11,7	9,7	18	48	15	18	11,47	1,62	5,8	0,65	4,73	0,49
Фон + N ₁₅₀ а.с.	13,7	5,2	3,4	17,8	12,8	223	68	26	223	63,2	7,25	42,4	4,68	22,8	3,98
Фон + N ₁₅₀ с.а.	137	5,2	3,4	15	9,6	8,15	54	16	8,15	36,2	4,0	19,42	1,35	8,2	0,86
Фон + N ₁₅₀ м.	13,7	5,2	3,4	15,4	8,6	418	49	16	418	33,4	3,9	14,45	0,91	14,5	1,36

Примечание. Условные обозначения: а.с. = аммиачная селитра; с.а. = сульфат аммония; м. = мочевины.

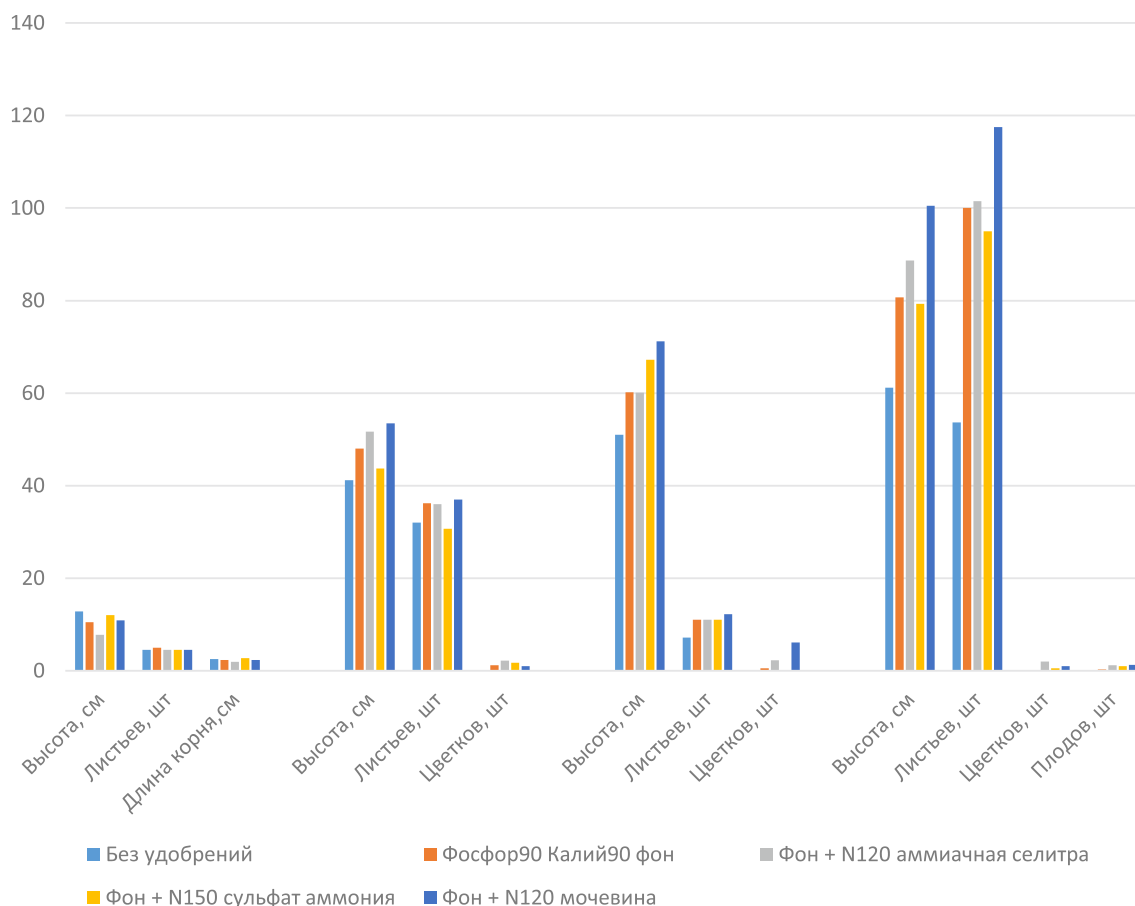


Рис. 2. Рост и развитие растений дурмана индийского в зависимости от азотных удобрений (лизиметрические опыты)

При проведении последующих наблюдений наибольший рост растений был отмечен при применении азотных удобрений в виде мочевины. Высота была равна 71,2 см, количество цветков было равно соответственно 6,1 шт. При применении азотного удобрения в форме сульфата аммония высота была равна 67,2 см, цветы отсутствовали. При применении аммиачной селитры высота растений была равна 60,1 см, количество цветков 2,25 шт.

Затем в следующих наблюдениях, которые были проведены 31.07.07, было установлено, что наибольшая высота растений была при внесении мочевины 100,5 см. Однако наибольшее количество цветков и плодов у растений дурмана было отмечено при внесении аммиачной селитры.

В рис. 2 приведены данные по росту и развитию растений дурмана индийского в вегетационных сосудах. Из приведенных на рис. 3 данных мы видим, что наибольший рост растений дурмана индийского был отмечен при применении

азотного удобрения в форме мочевины – 17,1 см, при применении сульфата аммония – 13,7 см, аммиачной селитры – 14,2 см при последующих наблюдениях высота растений дурмана индийского колеблется в пределах 30–34 см, независимо от форм вносимых азотных удобрений. Наибольшее количество цветков было у растений, получивших азотные удобрения в виде сульфата аммония и мочевины. Наиболее интенсивно ростовые процессы идут у дурмана индийского, выращиваемого в полевых условиях (рис. 4). Из приведенных данных мы видим, что более интенсивные рост и развитие растений дурмана индийского были отмечены при внесении азотного удобрения в форме мочевины. У растений, получивших азотное удобрение в этой форме, отмечена наибольшая высота растений, большее количество цветков и плодов.

Таким образом, на основании исследований лучшей формой азотного удобрения для дурмана индийского является мочевина.

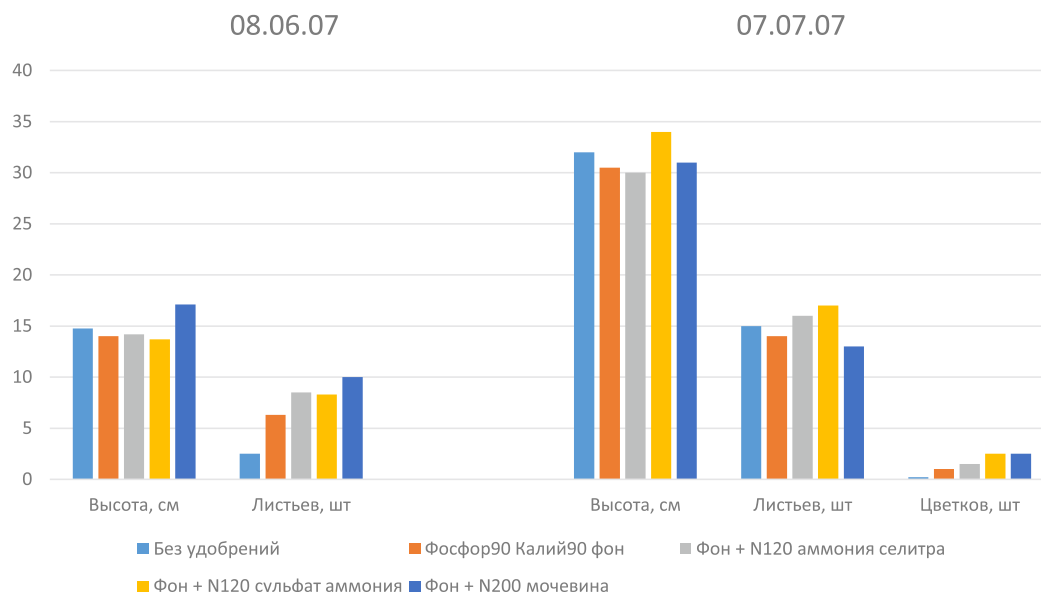


Рис. 3. Рост и развитие растений дурмана индейского (вегетационные опыты)

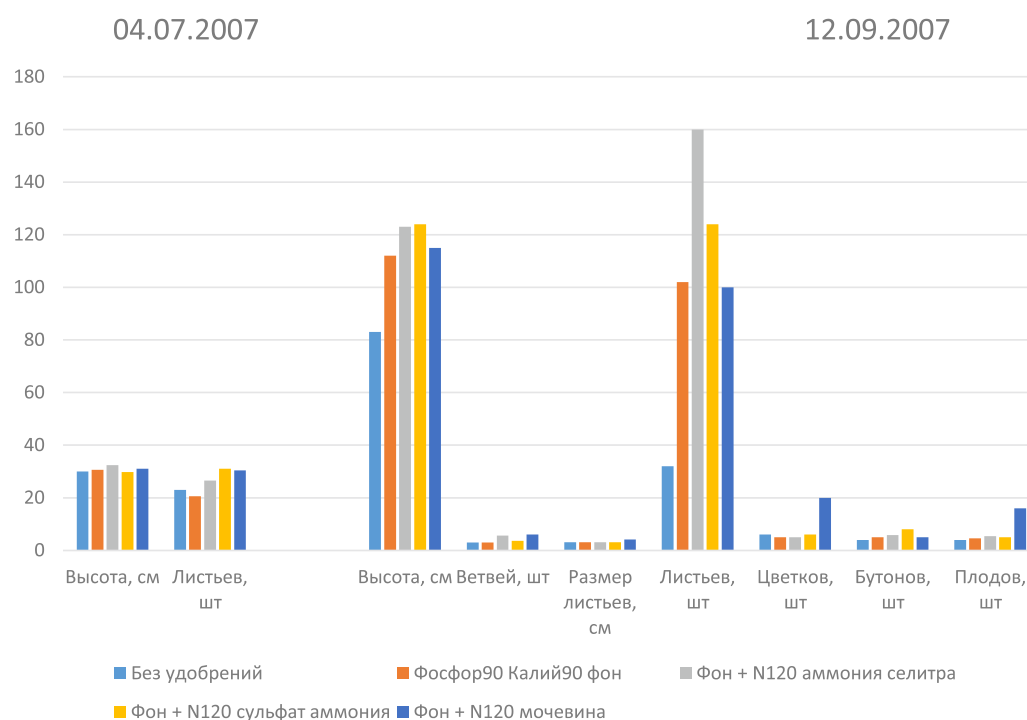


Рис. 4. Рост и развитие растений дурмана индейского (полевой опыт, среднее на одно растение)

Заключение

Лучшей формой азотного удобрения для роста и развития дурмана индейского являются мочевины и аммиачная селитра. Под их влиянием отмечено более интенсивное накопление биомассы. На синтез алкалоидов изучаемого нами растения дурмана

индейского оказывает влияние азотное удобрение в форме сульфата аммония.

Определено значение серы как важнейшего элемента питания дурмана индейского путем непосредственного участия в азотном обмене и улучшении баланса азота в системе почва – растение – удобрение. С участием серы ускоряется включение

неорганического азота удобрений в состав аминокислот, белков и др., повышая коэффициент использования азота. Эти процессы наиболее активны и более требовательны к сере у дурмана индейского на луговой почве по сравнению с типичным сероземом. Оптимальным соотношением N:S (при годовой дозе азота 70 кг/га) является 1,0:0,20 на типичном сероземе и 1,0:0,25 на луговой почве. С повышением дозы серы, вносимой в почву, т.е. увеличением соотношения азота к сере содержание как общего, так и белкового азота в тканях дурмана индейского возрастает, одновременно происходит снижение нитратов в органах растений, что является особенно важным в получении экологически чистого продукта.

Список литературы

1. Абзалов А.А. Возделывание растений с целью повышения содержания в них алколоидов: монография. Латвия. Рига. Изд. «LAMBERT» Akademik Publishing, 2018. 138 с.
2. Абзалов. А.А. Минеральное питание софоры японской и пути его улучшения: монография. Латвия. Рига. Изд. «Palmarium» Akademik Publishing, 2018. 212 с.
3. Ленточкин А.М. Биологические потребности – основа технологии выращивания яровой пшеницы. Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2011. 436 с.
4. Пасынков А.В. Изменение агрохимических показателей дерново-подзолистой почвы и продуктивности севооборота при длительном применении минеральных удобрений. Результаты длительных исследований в системе Географической сети опытов с удобрениями Российской Федерации. М.: ВНИИА, 2012. Вып. 2. С. 267–288.
5. Василевский В.Д. Зависимость урожая различных сортов яровой твердой пшеницы при разных сроках посева от основных параметров зернообразования // Вестник Алтайского ГАУ. 2010. № 1 (63). С. 5–9.
6. Зверева Н.А. Сравнительная характеристика технологических, биохимических качеств зерна яровой пшеницы Дальневосточной селекции // Вестник Орел ГАУ. 2012. № 3 (12). С. 23–25.
7. Торков В.Е. Урожайность, качество зерна озимой пшеницы в зависимости от условий выращивания и норм внесения минеральных удобрений // Проблемы агрохимии и экологии. 2011. № 2. С. 50–53.
8. Кариев А. Поглощение и потребление хлопчатником и некоторыми лекарственными растениями азота из мочевины и карбамидноформальдегидных удобрений (КФУ) в различных почвенных условиях: материалы V съезда общества почвоведов и агрохимиков Узбекистана (16–17.09.2010). Ташкент, 2010. С. 160–163.
9. Малкандуев Х.А. Влияние нормы высева на урожайность и качество зерна новых сортов озимой пшеницы в условиях вертикальной зональности Кабардино-Балкарии // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 8. С. 44–46.
10. Журавлева Е.В. Новые сорта озимой пшеницы для Нечерноземья. Сб. Агро XXI век. 2012. С. 8–10.
11. Воробьев А.В. Влияние даты посева на продолжительность вегетационного периода и его межфазных периодов у яровой пшеницы Иргина // Достижения сельскохозяйственной науки Урала – агропромышленному комплексу. Екатеринбург: Тр. Уральского НИИСХ, 2006. С. 35–39.

УДК 639.3.043.13

К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АКВАКУЛЬТУРЕ КАРОТИНСОДЕРЖАЩИХ ПРЕПАРАТОВ В СОСТАВЕ ИСКУССТВЕННЫХ КОМБИКОРМОВ ДЛЯ ОСЕТРОВЫХ ВИДОВ РЫБ

Денисенко О.С.

ООО «Азово-Черноморский научный центр рыбохозяйственных исследований», Краснодар,
e-mail: rosfishcenter@mail.ru

В статье приведены результаты исследований по определению возможности комплексного использования бета-каротинсодержащего препарата «Витатон» в составе искусственных комбикормов для осетровых видов рыб. Детально описан состав препарата «Витатон», представленный бета-каротином, токоферолом, витаминами группы В, витамином РР, биотином, пантеноловой кислотой, комплексом липидов, аминокислот, макро- и микроэлементов. Проведена оценка введения в состав искусственных комбикормов для осетровых видов рыб (русского осетра, бестера, ленского осетра и белуги) при их аквакультурном выращивании различных дозировок препарата «Витатон» в качестве источника природного бета-каротина, комплекса питательных и биологически активных веществ. Детально изучены антиоксидантные свойства испытуемого препарата и динамика содержания каротиноидных пигментов в процессе длительного хранения испытуемых комбикормов. Выявлено позитивное влияние препарата «Витатон» на сохранность липидных компонентов искусственных комбикормов, а также на резистентность младших возрастных групп осетровых видов рыб к распространенному инфекционному заболеванию – миксобактериозу. Определены оптимальные дозировки препарата «Витатон» для включения в состав комбикормов. Подтверждена эффективность препарата «Витатон» в качестве антиоксиданта, детоксиканта и источника биологически активных веществ в составе искусственных комбикормов.

Ключевые слова: каротиноидные пигменты, бета-каротин, осетровые виды рыб, комбикорма, окислительные процессы, миксобактериоз

ON THE ISSUE OF THE POSSIBILITY OF USING CAROTENE-CONTAINING PREPARATIONS IN THE AQUACULTURE COMPLEX AS PART OF ARTIFICIAL FEED FOR STURGEON FISH SPECIES

Denisenko O.S.

Limited liability company «Azov-Black Sea Scientific Center for Fisheries Research», Krasnodar,
e-mail: rosfishcenter@mail.ru

The article presents the results of studies to determine the possibility of the integrated use of beta-carotene-containing drug «Vitaton» as part of artificial feed for sturgeon fish species. The composition of the «Vitaton» preparation, represented by beta-carotene, tocopherol, B vitamins, vitamin PP, biotin, pantoic acid, a complex of lipids, amino acids, macro- and microelements, is described in detail. An assessment of the introduction of artificial animal feed for sturgeon fish species (Russian sturgeon, Bester, Lena sturgeon and Beluga) in their aquaculture rearing of various dosages of the «Vitaton» preparation as a source of natural beta-carotene, a complex of nutrient and biologically active substances was carried out. The antioxidant properties of the test preparation and the dynamics of the content of carotenoid pigments during the long-term storage of the tested feeds have been studied in detail. The positive effect of the drug «Vitaton» on the safety of the lipid components of artificial feed, as well as on the resistance of younger age groups of sturgeon fish to a common infectious disease – myxobacteriosis, was revealed. The optimal dosage of the drug «Vitaton» for inclusion in the composition of feed has been determined. The effectiveness of the drug «Vitaton» as an antioxidant, detoxicant and source of biologically active substances in the composition of artificial feeds has been confirmed.

Keywords: carotenoid pigments, beta-carotene, sturgeon fish species, compound feed, oxidative processes, myxobacteriosis

Отличительным признаком аквакультуры является выращивание рыб в контролируемых условиях с использованием искусственных комбикормов при недостатке или полном отсутствии в пищевых рационах живых кормовых организмов. При разработке современных рецептур искусственных комбикормов, помимо их обязательной сбалансированности по основным питательным веществам, необходимо также уделять внимание наличию в них эссенциальных биологически активных веществ. К их числу наряду с витаминами и мине-

ральными веществами относятся каротиноиды – природные пигменты, содержащиеся в естественной пище рыб [1–3].

Каротиноидные пигменты являются природными веществами, биосинтез которых осуществляется исключительно растениями и некоторыми микроорганизмами. Животные, в том числе и рыбы, не способны их синтезировать и должны регулярно получать с пищей, так как каротиноиды выполняют в организме целый ряд жизненно важных функций [4–6]. Многочисленными исследованиями доказано, что

они принимают участие во всех основных биохимических процессах роста, развития и размножения, являются предшественниками ретинола, способствуют усвоению органических и минеральных веществ через клеточные мембраны, на молекулярном и клеточном уровне предотвращают трансформации, индуцированные окислителями, рентгеновским и ультрафиолетовым излучением, поддерживают стабильность генома и резистентность организма к мутагенезу и канцерогенезу [7–9].

Известно более 700 каротиноидных пигментов, среди которых одним из наиболее распространенных и изученных является бета-каротин. В органах и тканях рыб обнаружено около 40 каротиноидных пигментов и около 20 каротиноидов

Опыт широкого использования бета-каротина в различных отраслях животноводства [10–12] заставил более пристально исследовать возможности его применения и в аквакультуре [13–15].

Использование каротиноидных пигментов в составе специализированных рыбных комбикормов долгое время сдерживалось ограниченностью их источников. Традиционно используемые в нашей стране в 1970–1980-е гг. при производстве комбикормов продукты переработки ракообразных, несмотря на весьма впечатляющие результаты от их применения, не заняли прочного места в составе отечественных кормов, а когда их производство сократилось до критического минимума, им не нашлось замены. Пришедшие на смену естественным источникам каротиноидов синтетические препараты неплохо зарекомендовали себя. Однако из-за ежегодно возрастающей цены, а также сложившейся в последнее время неоднозначности мнений об их физиологическом действии и влиянии на здоровье очевидной является необходимость поиска альтернативных вариантов, направленного в сторону препаратов естественного происхождения.

В настоящее время на рынке кормовых добавок имеется продукт с высокой концентрацией бета-каротина, выпускаемый под торговой маркой «Витатон». Препарат «Витатон», в отличие от традиционно применяемых каротиноидов химического происхождения (астаксантина и кантоксантина), натуральный, с высоким уровнем содержания натурального β-каротина. Данный продукт является биологически активным препаратом биотехнологической переработки кукурузы грибом *Blakeslea trispora* с концентрацией бета-каротина около 8%, насыщенным комплексом липидов (в том числе ненасыщенных жирных кислот), свободных

и связанных аминокислот, микро- и макроэлементов, а также ряда витаминов [16–18].

Цель исследования: оценка введения в состав искусственных комбикормов для осетровых видов рыб при их аквакультурном выращивании различных дозировок препарата «Витатон» в качестве источника природного бета-каротина, комплекса питательных и биологически активных веществ, а также изучение антиоксидантных свойств испытуемого препарата и динамики содержания каротиноидных пигментов в процессе длительного хранения комбикормов.

Результаты исследования и их обсуждение

Препарат «Витатон» в сухом виде содержит 25–30% протеина, 55–60% липидов и 8–9% зольных элементов.

В составе белка препарата присутствует 19 свободных аминокислот (суммарное содержание в 100 мг препарата – 1,3 мг) и 17 связанных (их суммарное содержание в 100 мг препарата – 9,1 мг). Лимитирующими аминокислотами препарата являются лизин, валин, лейцин, глутаминовая и аспарагиновая кислоты, аргинин, фенилаланин.

Фракционный состав общих липидов представлен шестью основными фракциями, среди которых преобладают фосфолипиды (18,47% от суммы), диглицериды (15,60%), триглицериды (19,76%), эфиры стерина (17,57%). Кроме того, в состав общих липидов входят стерин (14,18%) и свободные жирные кислоты (14,42%).

Компонентный состав свободных жирных кислот характеризуется высоким содержанием непредельных жирных кислот олеинового, линолевого и линоленового ряда, а также присутствием ряда непредельных кислот с 20 атомами углерода – пальмитолеиновой, арахидиновой и арахидоновой. Отмечено также высокое содержание стеариновой (3,64%) и пальмитиновой (10,16%) кислот. Остальные жирные кислоты (с числом атомов углерода от 16 до 24) присутствуют в препарате, хотя и содержатся в меньших количествах.

Особое значение имеет наличие в препарате полного набора эссенциальных элементов (кобальт, медь, хром, железо, йод, марганец, молибден, селен, цинк).

В результате анализа выявлено следующее количество витаминов в 100 г препарата: витамин Е – $27,6 \pm 1,8$ мг; витамин В1 – $0,195 \pm 0,003$ мг; витамин В2 – $0,167 \pm 0,011$ мг; витамин В6 – $0,89 \pm 0,02$ мг; витамин РР – $1,33 \pm 0,01$ мг; пантотеновая кислота – $3,5 \pm 0,1$ мг; витамин В12 – $0,0014$ мг; биотин – $0,09 \pm 0,004$ мг.

В процессе хранения химический состав и качественные свойства комбикормов изменяются под воздействием температуры, влажности воздуха, освещенности и других факторов. Наиболее значительно изменяются липидные компоненты кормов, гидролитическое расщепление и окисление которых приводит к образованию свободных жирных кислот, перекисей и накоплению особенно токсичных продуктов вторичного окисления, например альдегидов, кетонов, оксикислот. В конечном итоге комбикорм становится непригодным, а его дальнейшее использование ведет к ухудшению физиологического состояния рыбы и резкому снижению рыбоводных результатов.

Комплекс проведенных нами ранее рыбободно-биологических экспериментов на разновозрастных группах осетровых рыб (русский осетр, бестер, ленский осетр, белуга) показал, что ожидаемый эффект от применения препарата «Витатон» в силу его свойств оказался более значимым, чем ожидалось. Введение препарата в комбикорма способствовало значительному повышению интенсивности роста и выживаемости подопытных рыб, существенному снижению кормовых затрат, улучшению физиологического статуса культивируемых гидробионтов, значительной активации биосинтетических процессов [19–21].

Принимая во внимание антиокислительные свойства входящих в состав препарата «Витатон» бета-каротина и токоферола, можно было предположить сочетание в нем свойства ростостимулирующей добавки и ингибитора окислительных процессов, что и определило наш интерес к его

апробации в опытах по увеличению сроков хранения комбикормов.

В качестве объектов исследований использовали личинок, годовиков и двухгодовиков следующих видов и гибридов осетровых рыб: русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*), ленского осетра (*Acipenser baerii*), бестера (гибрид белуги *Huso huso* и стерляди *Acipenser ruthenus*) и белуги (*Huso huso*) в аквариальных и производственных условиях.

Результаты наших исследований показали, что при хранении комбикормов с включением в их состав препарата «Витатон» в концентрациях 400, 800 и 1250 мг/кг рациона в течение девяти месяцев наблюдались относительно более медленные отрицательные процессы окисления находящихся в корме липидов по сравнению с контролем (рис. 1–2).

Кислотное число за период хранения в опытных вариантах повысилось соответственно с 20,0 до 54,2–62,2 мг КОН/г жира, в контроле с 20,0 до 70,4 мг КОН/г жира. Таким образом, по мере хранения комбикорма окисленность жира возрастала, однако присутствие бета-каротина в комбикорме сдерживало процесс окисления жира, причем степень влияния определялась дозировкой препарата «Витатон».

Максимальные результаты были получены при введении в состав комбикормов 800 мг препарата/кг рациона, кислотное число при этом в конце опыта было на 1,1–14,8% ниже, чем при введении 1250 и 400 мг препарата «Витатон». Перекисное число за первые шесть месяцев эксперимента возросло в опытных вариантах с 0,18 до 0,29–0,34% йода, в контроле – с 0,18 до 0,44% йода.

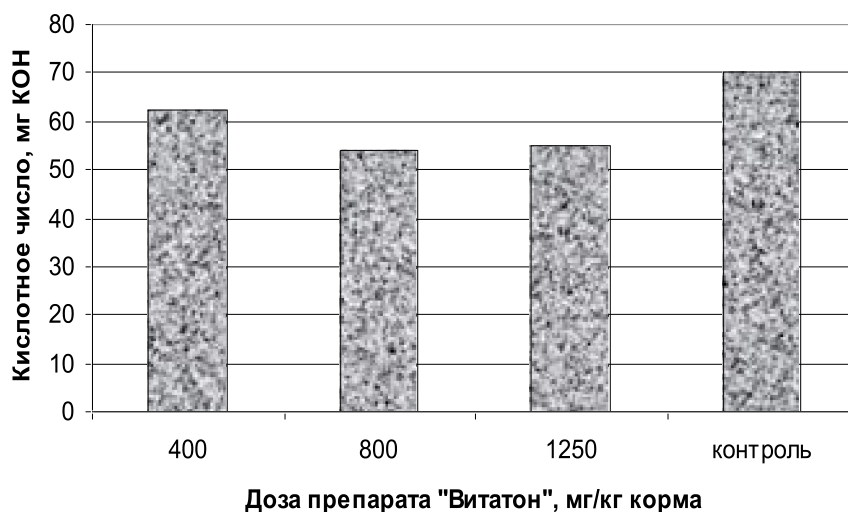


Рис. 1. Кислотное число экспериментальных комбикормов с введением препарата «Витатон» и базовой рецептуры комбикорма после девяти месяцев хранения

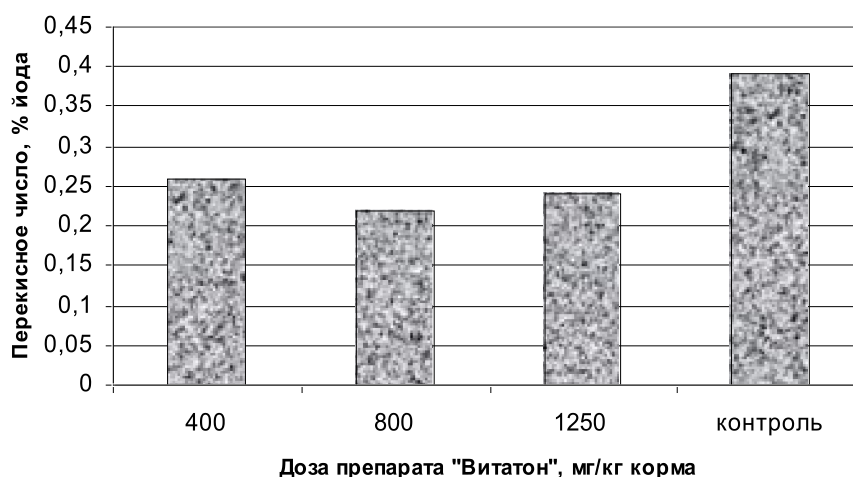


Рис. 2. Перекисное число экспериментальных комбикормов с введением препарата «Витатон» и базовой рецептуры комбикорма после девяти месяцев хранения

В конце опыта проявилась устойчивая тенденция снижения перекисного числа как в опытных комбикормах, так и в контрольных. Так, уровень продуктов окисления в кормах по истечении девяти месяцев эксперимента в опытных вариантах составил 0,22–0,26% йода, в контроле – 0,39% йода.

Нами также были проведены опыты по изучению влияния препарата «Витатон» на степень обогащения комбикормов каротиноидными пигментами и изменение их концентраций в процессе длительного хранения.

Введение препарата «Витатон» в состав кормов способствовало значительному увеличению в них по сравнению с базовой рецептурой уровня каротиноидов, концентрации которых зависела от дозировки препарата.

При введении в комбикорма препарата «Витатон» в количестве, адекватном 32; 64 и 100 мг бета-каротина, фактическая концентрация каротиноидных пигментов оказалась несколько ниже расчетных данных (в среднем на 11,6–22,6%), составив соответственно 27,4; 52,2 и 89,6 мг/кг корма. Следовательно, при нормированном обогащении комбикормов бета-каротином необходимо увеличивать количество вводимого препарата на вышеуказанную величину.

Степень расходования каротиноидных пигментов в процессе хранения зависит от их концентрации в комбикормах (рис. 3).

Так, при фактической концентрации каротиноидов в 27,4 мг/кг кормосмеси их полное расходование и разрушение наблюдается через шесть месяцев хранения, при концен-

трации 52,2 и 89,6 мг – через восемь. Содержание каротиноидов в базовой рецептуре проанализированных образцов отечественных комбикормов находится на очень низком уровне (0,4 мг/кг корма), и через месяц пигменты полностью расходуются.

Важнейший фактор повышения эффективности аквакультуры – обеспечение эпизоотического благополучия рыбоводных хозяйств.

В ходе эксперимента в опытных и контрольных бассейнах произошла спонтанная вспышка миксобактериоза, что предоставило нам возможность исследовать эффективность препарата «Витатон» к качеству детоксиканта в течение 42 дней эксперимента на годовиках русского осетра.

При обнаружении признаков болезни в контрольных бассейнах было проведено лечебное кормление рыб окситетрациклином, в то время как в опытных емкостях такой обработки не проводилось. Применение антибиотика позволило снизить повышенную гибель рыб в контрольных бассейнах. Однако по истечении опыта у осетров, потреблявших комбикорма, обогащенные препаратом «Витатон», кумулятивная смертность была на 41,7% меньше, чем у рыб из контроля. Выживаемость осетра в контроле по окончании опыта составила 74,5%, тогда как у рыб, потреблявших комбикорма с добавлением препарата «Витатон», где не проводили лечение миксобактериоза – 82%. Следовательно, введение препарата «Витатон» в состав комбикормов положительно влияет на устойчивость осетровых рыб к заболеванию миксобактериозом (рис. 4).

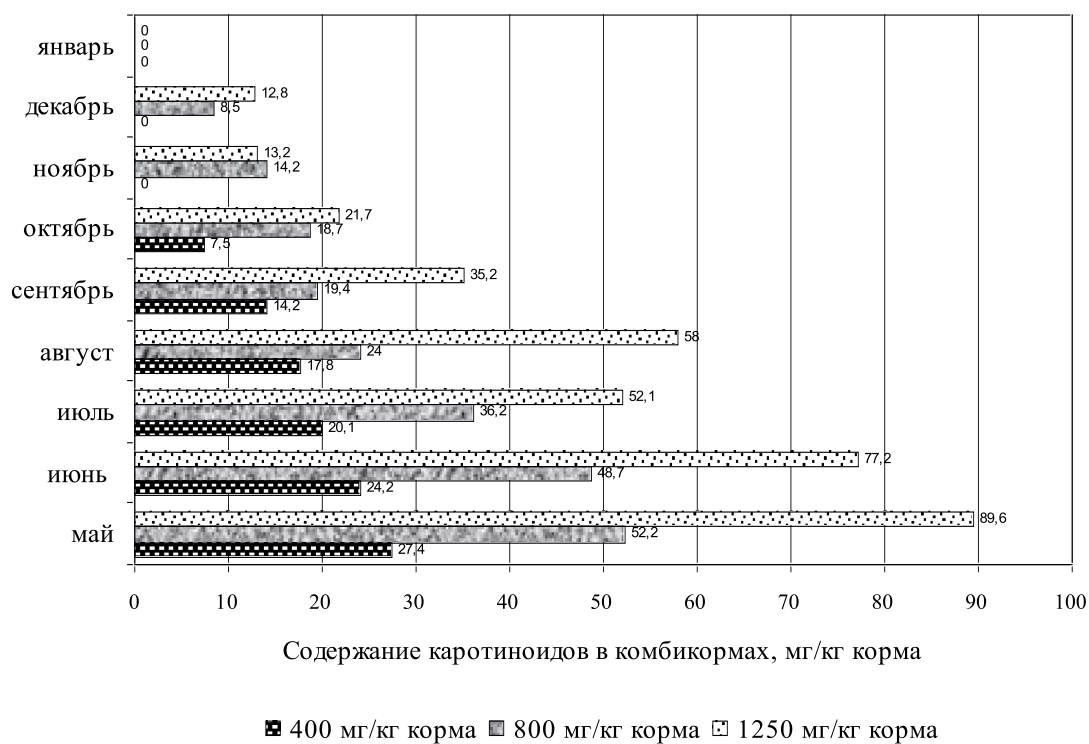


Рис. 3. Динамика расходования каротиноидных пигментов в процессе длительного хранения комбикормов с введением в их состав различных доз препарата «Витатон»

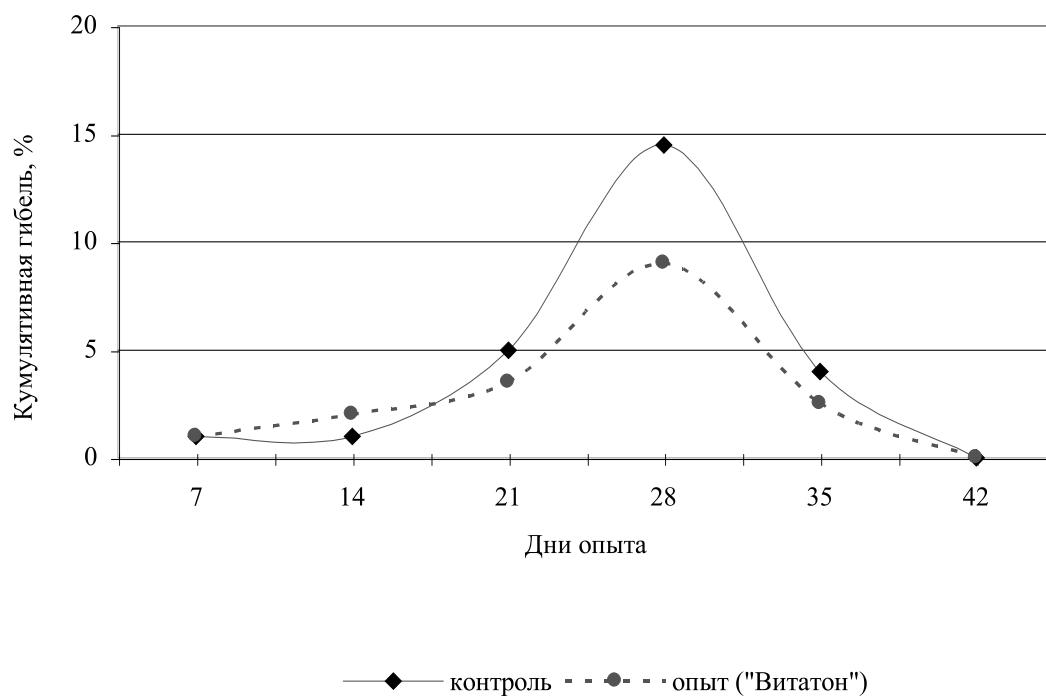


Рис. 4. Кумулятивная гибель молоди русского осетра в опыте с препаратом «Витатон»

Таким образом, насыщенность препарата «Витатон» бета-каротином, токоферолом, витаминами группы В, витамином РР, биотином, пантеноловой кислотой, комплексом липидов, аминокислот, макро- и микроэлементов позволяет рекомендовать его не только как ростостимулирующую добавку, но также в качестве источника каротиноидных пигментов, эффективного антиоксиданта, способствующего значительно более медленным процессам окисления липидов искусственных кормов, а также детоксиканта, положительно влияющего на устойчивость осетровых рыб к заболеванию миксобактериозом.

Список литературы

1. Пономарев С.В. Каротиноиды в питании осетровых рыб // Вестник Южного научного центра РАН. 2007. Т. 3. № 2. С. 79–85.
2. Крымов В.Г., Юрина Н.А., Максим Е.А. Производство отечественных комбикормов как стратегия повышения эффективности отрасли рыбоводства // Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации в свете импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны: материалы II Национальной научно-практической конференции (г. Санкт-Петербург, 13–15 сентября 2017 г.). СПб.: Издательство ООО «ЦеСАин», 2017. С. 68–75.
3. Крымов В.Г., Кононенко С.И., Юрина Н.А., Максим Е.А., Данилова А.А. Альтернатива зарубежным кормам в аквакультуре // Пища. Экология. Качество: труды XIV Международной научно-практической конференции (г. Новосибирск, 08–10 ноября 2017 г.). Новосибирск: издательский центр «Золотой колос» Новосибирского государственного аграрного университета, 2017. С. 315–318.
4. Карнаухов В.Н. Биологические функции каротиноидов. М.: Наука, 1988. 240 с.
5. Микулин А.Е. Функциональное значение пигментов и пигментации в онтогенезе рыб. Москва, 2000. 231 с.
6. Кудинова С.П., Белая А. Биологические функции бета-каротина // Вестник ИМСИТ. 2014. № 1–2 (57–58). С. 46–49.
7. Печинский С.В., Курегян А.Г. Структура и биологические функции каротиноидов (обзор) // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2013. № 9. С. 004–014.
8. Артюхова С.И., Бондарева Г.И. Биотехнология новых форм каротиноидных препаратов на основе микробного синтеза // Россия молодая: передовые технологии – в промышленность. 2013. № 3. С. 4–6.
9. Серба Е.М., Соколова Е.Н., Фурсова Н.А., Волкова Г.С., Борщева Ю.А., Курбатова Е.И., Куксова Е.В. Получение биологически активных добавок на основе обогащенной дрожжевой биомассы // Хранение и переработка сельхозсырья. 2018. № 2. С. 74–79.
10. Любина Е.Н. Влияние различных комбинаций каротиноидов, витамина А и биофлавоноидов на антиоксидантный статус, минеральный обмен и продуктивность свиней: автореф. дис. ... докт. биол. наук. Боровск, 2012. 46 с.
11. Мосолова Н.И., Злобина Е.Ю., Короткова А.А., Бочков А.А. Использование новых препаратов и кормовых добавок на основе бета-каротина – инновационный подход к интенсификации производства молока // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 4 (32). С. 152–156.
12. Кузьминова Е.В., Семененко М.П., Кошаев А.Г., Трошин А.Н. Биологические функции каротиноидов при воспроизводстве крупного рогатого скота // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) № 05 (129) [Электронный ресурс]. URL: <http://ej.kubagro.ru/2017/05/pdf/80.pdf> (дата обращения: 09.01.2019).
13. Митрофанова М.А. Биологическая оценка использования разных каротиноидных препаратов в составе новых комбикормов при искусственном воспроизводстве осетровых рыб: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Астрахань, 2005. 23 с.
14. Кошак Ж., Долгая Д., Пономарева А., Рукшан Л. Каротиноидные пигменты для окрашивания мышц радужной форели // Комбикорма. 2018. № 6. С. 60–62.
15. Бондаренко О.А., Щербина М.А. Интенсивность питания, переваримость и эффективность использования питательных веществ комбикормов различного состава у молоди карпа при введении β-каротина с препаратом «Витатон» // Рыбное хозяйство. 2010. № 2. С. 67–71.
16. Кудинова С.П. Стандартизация препаратов бета-каротина // Вестник ИМСИТ. 2013. № 1–2 (53–54). С. 30–32.
17. Гарбуз С.А. Получение бета-каротина с помощью *Blakeslea trispora* // Наука, техника и образование. 2015. № 12 (18). С. 27–29.
18. Кудинова С.П., Турченко А.Н. Опыт применения микробиологического β-каротина // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 45. С. 177–179.
19. Гамыгин Е.А., Тюренков В.А., Тюренков А.А., Черных Е.Н., Чикова В.В., Денисенко О.С. Каротиноидный препарат в кормлении рыб // Комбикорма. 2004. № 3. С. 12.
20. Денисенко О.С. Эффективность использования бета-каротина в составе комбикормов для осетровых рыб: дис. ... канд. биол. наук. Москва, 2005. 198 с.
21. Денисенко О.С. Влияние введения в состав комбикормов различных форм каротинсодержащего препарата «Витатон» на рост, физиологическое состояние, аккумуляцию каротиноидных пигментов и интенсивность окраски японского декоративного карпа кои // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. 2014. № 5. С. 197–200.

УДК 504.72

ЭКОЛОГО-ТРОФИЧЕСКИЙ СОСТАВ БАКТЕРИОЦЕНОЗА РОДНИКА АРАПОВ КЛЮЧ КАК ИНДИКАТОР НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Егорова Д.О.

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь,
e-mail: daryao@rambler.ru*

Состав и структура биоценоза являются одними из маркеров экологического благополучия. Анализ эколого-трофических групп каждого компонента биоценоза (зооценоза, фитоценоза, микробиоценоза) используется в мониторинге при оценке воздействия поллютантов на биотический компонент ценоза. Подземные воды являются уникальными геолого-биологическими системами. При этом микробиоценозы подземных вод являются чувствительными к любым видам загрязнения, в том числе к нефтяным углеводородам. В настоящем исследовании методами классической микробиологии установлено соотношение основных эколого-трофических групп аэробных бактерий в составе микробиоценоза подземных вод родника «Арапов ключ». Отбор образцов воды родника производили в весеннее половодье и летнюю межень полевых сезонов 2016–2017 гг. Анализировали количественные показатели трех эколого-трофических групп бактерий: гетеротрофных, нефтеокисляющих и галофильных. Установлено, что группа галофильных бактерий присутствовала в водах родника только в 2017 г., тогда как остальные группы были обнаружены в образцах всего периода исследования. На основании полученных результатов можно делать предположение о наличии негативного влияния нефтяного загрязнения на бактериоценоз родника. При этом уровень влияния позволяет микробиоценозу за счет флуктуационных изменений поддерживать целостность и стабильность системы биоценоза подземных вод родника Арапов ключ.

Ключевые слова: микробиоценоз, родник, нефтяное загрязнение, эколого-трофические группы

ECOLOGICAL AND TROPHIC COMPOSITION OF BACTERIOCENOSIS OF THE ARAPOV KLUCH SPRING AS AN INDICATOR OF OIL POLLUTION

Egorova D.O.

Perm State University, Perm, e-mail: daryao@rambler.ru

The composition and structure of the biocenosis are among the markers of ecological well-being. The analysis of the ecological-trophic groups of each component of the biocenosis (zoocenosis, phytocenosis, microbiocenosis) is used in monitoring when assessing the effect of pollutants on the biotic component of cenosis. Groundwater is a unique geological and biological systems. At the same time, microbiocenoses of groundwater are sensitive to any types of pollution, including petroleum hydrocarbons. In the present study, the ratio of the main ecological-trophic groups of aerobic bacteria as a part of the groundwater microbiocenosis of the spring «Arapov Klyuch» was determined by the methods of classical microbiology. Sampling of spring water was carried out in the spring tide and summer low water period of the field seasons 2016–2017. Analyzed the quantitative indicators of the three ecological and trophic groups of bacteria: heterotrophic, oil-oxidizing and halophilic. It was established that a group of halophilic bacteria was present in the spring waters only in 2017, while the other groups were found in samples from the entire study period. On the basis of the obtained results, it is possible to make an assumption about the presence of a negative effect of oil pollution on the bacteriocenosis of the spring. At the same time, the level of influence allows microbocenosis to maintain the integrity and stability of the groundwater biocenosis system of the Arap spring key due to fluctuation changes.

Keywords: microbiocenosis, spring, oil pollution

Биологический мониторинг – система наблюдения, прогноза и оценки любых изменений в биотических компонентах, вызванных антропогенным воздействием [1, 2]. Неотъемлемой частью биологического мониторинга является микробиологическая оценка состояния природных сред. Микроорганизмы – общепризнанные индикаторы состояния почв, донных осадков, поверхностных и подземных вод.

Отражением антропогенного воздействия служат морфологические изменения микробных популяций, кинетика их роста и развития, структурные преобразования микробных сообществ, биохимическая активность. Микробные реакции на воздействие антропогенного фактора проявляются

быстро, достаточно отчетливо, что позволяет в короткие сроки выявить наиболее ранние экологические зоны, прогнозировать их состояние при сохранении или устранении антропогенного воздействия.

В природных водоемах бактерии выступают в качестве агентов, осуществляющих разложение органических соединений природного и антропогенного происхождения. В случае загрязнения водного объекта нефтью и/или нефтепродуктами преимущественное развитие получают специфические эколого-трофические группы микроорганизмов, использующие в процессе жизнедеятельности углеводороды нефти. На этом явлении основаны приемы микробиологической индикации нефтяного загрязнения водной среды [3].

Микробное сообщество – сложная система, которая в рамках мониторинга может рассматриваться с точки зрения функциональной, морфологической, таксономической и экологической структуры. При мониторинге с целью выявления нефтяного загрязнения наиболее актуальным является рассмотрение основных эколого-трофических групп микроорганизмов, представленных в потенциально загрязняемом объекте.

Известно, что нефтяное загрязнение оказывает комплексное воздействие на окружающую среду и вызывает ее быструю отрицательную реакцию [4, 5]. Хронические разливы нефти, нефтепродуктов, соленых пластовых вод, выносимых эксплуатационными скважинами вместе с нефтью и газом, приводят к уменьшению продуктивности земель и деградации ландшафтов. Однако низкие концентрации нефти и ее компонентов могут оказывать стимулирующее действие на биоту, являясь энергетическим и пластическим субстратом. Длительное воздействие нефти на бактериоценоз приводит к изменениям в структуре и свойствах микробного и, в частности, бактериального, сообщества. Начинают доминировать специализированные формы микроорганизмов, способные окислять твердые парафины, газообразные углеводороды, ароматические углеводороды.

Изменения, происходящие при различном уровне нефтяного загрязнения:

1. Низкому уровню загрязнения соответствуют флуктуационные изменения микробной системы, затрагивающие интенсивность микробиологических процессов.

2. Средний уровень загрязнения приводит к возникновению сукцессионных изменений, которые выражаются в перераспределении степени доминирования микробных видов. Этот уровень загрязнения сопровождается устойчивыми нарушениями нормального функционирования микробиоты.

3. Высокий уровень загрязнения характеризуется нарастанием сукцессионных изменений в микробной системе, полной сменой состава микроорганизмов. Доминирующее положение занимают микроорганизмы, резистентные к данному загрязняющему веществу.

4. Очень высокому уровню загрязнения соответствует практически полное подавление активности микроорганизмов.

Подземные воды являются уникальными биоценозами. При их исследовании удается обнаружить новые виды бактерий, причем как анаэробных, так и аэробных [6]. Микробиоценозы подземных вод участвуют в обеспечении экологических сервисов.

Они участвуют в круговороте химических элементов, извлекая их из одного вида органической форма и вовлекая в другую форму, тем самым обеспечивая чистоту подземных вод. В ряде случаев чистые подземные воды могут использоваться напрямую в качестве питьевой воды без дополнительной очистки, что также становится возможным благодаря деятельности бактериального компонента микробиоценоза подземных вод [7]. Выход подземных вод на поверхность в виде родников дает возможность изучать их биоценоз без дополнительных экономических затрат на обеспечение доступа к подземным пластам.

Загрязнение окружающей среды нефтяными углеводородами, как известно, может происходить при добыче нефти и ее транспортировке. При этом нефть и нефтепродукты попадают в почву и воду не только в аварийных ситуациях, и не только в результате разливов по поверхности. Известно, что в карстовых районах возможна миграция нефти при ее добыче внутри горных слоев. При этом на поверхности почвы уровень загрязнения нефтяными углеводородами не будет превышать установленных норм ПДК. В связи с этим представляет актуальность мониторинг состояния подземных вод в районах нефтедобычи, расположенных в районах карстовых массивов.

Цель настоящего исследования – изучить состав основных эколого-трофических групп аэробных бактерий в водах родника Арапов ключ, расположенного на территории потенциального нефтяного загрязнения.

Материалы и методы исследования

Период отбора образцов воды

Отбор образцов воды родника Арапов ключ производили в весеннее половодье и летнюю межень в 2016–2017 гг.

Характеристика района отбора образцов

Родник Арапов ключ располагается в Ординском районе Пермского края. Область питания водотоков в районе родника Арапов ключ располагается в пределах карстовых массивов на территории горного отвода месторождения нефти. Месторождение открыто в 1961 г. и активно разрабатывается с 1965 г. Степень выработки запасов нефти составляет 44 %.

Количественный учет аэробных бактерий

Определение количества клеток производили высевом на плотные питательные среды. В основе метода лежит принцип Коха, согласно которому каждая колония является потомством одной клетки. Разведение образцов воды готовят в стерильной

минеральной среде K1, с коэффициентом разведения 10. Стерильную среду разливают по 9 мл в стерильные пробирки. Затем в первую пробирку вносят 1 мл исследуемого образца воды. Полученное разведение тщательно перемешивают и далее последовательно переносят по 1 мл. Всего готовили 10 разведений.

Суспензию (0,1 мл) высевали поверхностным способом на агаризованную среду, соответствующую исследуемой экологотрофической группе. Высев производили из всех разведений в трехкратной повторности. После посева чашки помещали в термостат при +22°C.

Подсчет колоний производили через 14 суток инкубации, не открывая чашки Петри. Количество клеток в 1 мл исследуемого образца воды вычисляли по формуле

$$M = a \times 10^n / V,$$

где M – количество клеток в 1 мл, а среднее число колоний, выросших после посева из данного разведения, V – объем суспензии, взятый для посева, мл, 10^n – коэффициент разведения.

Среды, для учета отдельных экологотрофических групп микроорганизмов

Для выделения и роста нефтеокисляющих бактерий использовали минеральную среду K1 следующего состава (г/л): $K_2HPO_4 \times 3H_2O$ – 4,0; $NaH_2PO_4 \times 2H_2O$ – 0,4; $(NH_4)_2SO_4$ – 0,5; $MgSO_4 \times 7H_2O$ – 0,15; $Ca(NO_3)_2 \times 4H_2O$ – 0,01; $NaMoO_4 \times 2H_2O$ – 0,18; $FeSO_4 \times 7H_2O$ – 1,98, дополненную 1 мл/л раствора микроэлементов, содержащего (г/л): ЭДТА – 2,50; $ZnSO_4 \times 2H_2O$ – 10,95; $FeSO_4 \times 7H_2O$ – 5,0; $MnSO_4 \times 2H_2O$ – 1,54; $CuSO_4 \times 5H_2O$ – 0,39; $Co(NO_3)_2 \times 6H_2O$ – 0,24; $Na_2B_4O_7 \times 10H_2O$ – 0,17; pH среды 7,3 [8]. Для получения агаризованной среды добавляли агар до конечной концентрации 1,5%. В качестве ростового субстрата добавляли каплю нефти на крышку перевернутой чашки Петри.

Для выделения и роста гетеротрофных бактерий использовали агаризованную среду LB (Лурия-Бертани), содержащую (г/л): триптон – 10, дрожжевой экстракт – 5, NaCl – 10, агар – 15 [9].

Для выделения и роста галофильных микроорганизмов использовали агаризованную среду Раймонда, содержащую (г/л): NH_4NO_3 – 2; $MgSO_4 \times 7H_2O$ – 0,2; KH_2PO_4 – 2; Na_2HPO_4 – 3; Na_2CO_3 – 0,1; $CaCl_2 \times 6H_2O$ – 0,01; NaCl – 100 [10].

Индекс нефтеструктуров

Расчет индекса нефтеструктуров производили как отношение количества

колониеобразующих единиц бактерий-нефтеструктуров в 1 мл образца воды к количеству колониеобразующих единиц гетеротрофных бактерий в 1 мл образца воды.

Статистическая обработка результатов

Все эксперименты проводили в трехкратной повторности. Полученные данные обрабатывали с использованием пакетов компьютерных программ Microsoft Excel 2013 и StatSoft STATISTICA 6.0. Все результаты представлены в виде средних значений с указанием доверительного интервала. Достоверность полученных результатов оценивалась с учетом критерия Стьюдента ($p < 0,05$). Графический материал выполнен в программе Microsoft Excel 2013.

Результаты исследования и их обсуждение

В биологическом мониторинге самостоятельный интерес представляет анализ состояния микробного и, в частности, бактериального, ценоза, обитающих в различных биотопах. В настоящем исследовании в качестве объекта выбраны подземные воды, выходящие на поверхность в виде родника под названием Арапов ключ.

Наличие нефтедобычи и карстовых пород в районе расположения исследуемого родника позволило рассматривать его как возможный модельный объект для изучения основных мониторинговых экологотрофических групп бактериоценоза.

В процессе исследования учитывали три экологотрофические группы микроорганизмов: гетеротрофы, галофилы и нефтеструктуры.

Выбор групп обусловлен следующими причинами:

1. Наличие гетеротрофных микроорганизмов свидетельствует о поступлении в воду органического вещества.

2. Галофильные микроорганизмы характерны для засоленных вод. Изменение солености воды может происходить вследствие попадания рассолов с нефтью.

3. Нефтеструктуры (нефтеокисляющие микроорганизмы) – указывают на стабильное присутствие в воде углеводов нефти.

Установлено, что в 2016 г. в водах родника Арапов ключ представлены две из исследуемых экологотрофических групп: гетеротрофные микроорганизмы и нефтеокисляющие микроорганизмы (рис. 1).

Из рисунка видно, что гетеротрофные микроорганизмы по численности значительно превышают нефтеокисляющие бактерии.

В обеих экологотрофических группах отмечена тенденция к увеличению численности в течение вегетативного сезона.

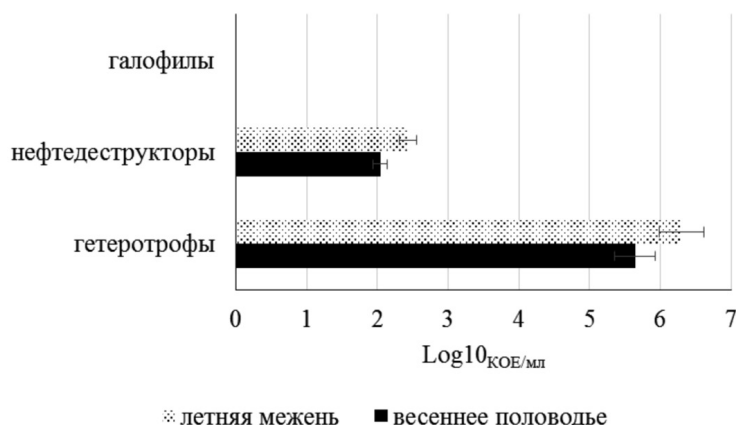


Рис. 1. Соотношение основных эколого-трофических групп в водах родника Арапов ключ в 2016 г.

Индекс нефтедеструкторов в весеннее половодье составил $2,5 \times 10^{-4}$, а в летнюю межень – $1,4 \times 10^{-4}$. Данное значение индекса свидетельствует о незначительной доле нефтеокисляющих бактерий в составе микробоценоза подземных вод родника Арапов ключ. При этом прослеживается тенденция к снижению доли нефтеокисляющих микроорганизмов в составе бактериоценоза в течение весенне-летнего периода. Данное явление может быть обусловлено двумя факторами: поступление легкодоступной органики в воды родника в летний период увеличивается, либо концентрация нефтяных углеводородов за тот же отрезок времени снижается, что делает затруднительным развитие группы нефтеокисляющих бактерий.

Однако, полученные результаты свидетельствуют о том, что нефтяные углеводороды проникают в воды исследуемого родника в незначительном количестве, но на протяжении всего исследованного периода 2016 г.

Галофильные микроорганизмы выявлены не были, что косвенно также подтверждает невысокий уровень загрязнения вод родника Арапов ключ нефтью и сопутствующими ее добыче веществами.

Анализ вод родника Арапов ключ, отобранных в летний период 2017 г., показал, что соотношение основных эколого-трофических групп микроорганизмов отличается от предыдущего года исследования.

Установлено, что в образцах воды 2017 г. присутствуют не только гетеротрофные и нефтеокисляющие микроорганизмы, но и галофильные (рис. 2).

Данные изменения в составе микробоценоза могут свидетельствовать о повы-

шении отрицательной нагрузки, вызванной не только непосредственно углеводородами нефти, но и сопровождающими их солеными пластовыми водами.

Анализ динамики численности каждой из эколого-трофических групп микроорганизмов в течение сезона выявил закономерность аналогичную предыдущему году исследования, а именно – увеличение численности каждой группы за время вегетативного периода.

Индекс нефтедеструкторов превышал показатели 2016 г. на два порядка и составлял в весеннее половодье – $3,9 \times 10^{-2}$, а в летнюю межень – $1,1 \times 10^{-2}$. При этом так же отмечено снижение показателя индекса нефтедеструкторов в течение исследованного сезона.

Анализ средних показателей численности эколого-трофических групп в 2016 и 2017 гг. показал разнонаправленную динамику (рис. 3).

Численность гетеротрофных микроорганизмов была достоверно выше в 2016 г., тогда как численность нефтедеструкторов в 2017 г. более чем на порядок превышала аналогичный показатель 2016 г. Галофильная группа, как уже было сказано выше, отмечена только в водах 2017 г.

Помимо численности эколого-трофических групп был проведен учет морфотипов бактерий, выявленных в каждой из исследованных групп. Анализ динамики количества морфотипов в каждой эколого-трофической группе в течение двух лет показал, что увеличение морфологического разнообразия имеет прямую линейную зависимость с увеличением общей численности внутри каждой группы. При этом коэффициент корреляции составляет 0,96–0,98.

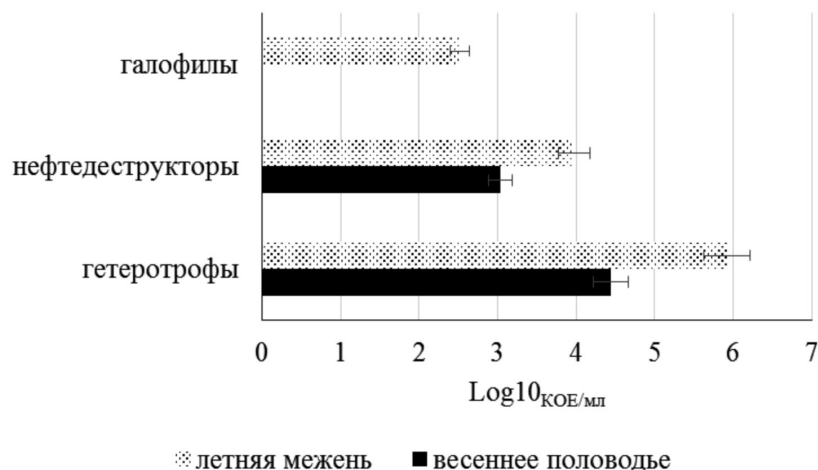


Рис. 2. Соотношение основных эколого-трофических групп в водах родника Арапов ключ в 2017 г.

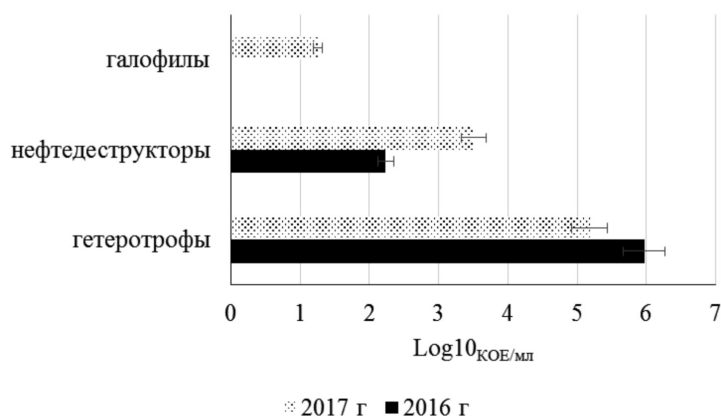


Рис. 3. Соотношение эколого-трофических групп бактерий в бактериоценозе вод родника Арапов ключ в период 2016–2017 гг.

С позиций мониторинговых исследований выявленная динамика в численности учитываемых эколого-трофических групп свидетельствует о повышении негативной нагрузки на биоценоз подземных вод родника Арапов ключ вследствие увеличения поступления нефтяных углеводородов. За время исследуемого периода никаких аварийных ситуаций, связанных с разливами нефти, в данном районе отмечено не было. Таким образом, поступление соленых вод и нефти в подземные воды происходит в результате перемещения по карстовым слоям без выхода на поверхность.

Проведенные исследования выявили флуктуационные изменения микробной системы, затрагивающие интенсивность микробиологических процессов, а не сукцессионные изменения. Полученные дан-

ные свидетельствуют о невысоком уровне загрязнения исследуемых подземных вод.

Заключение

В результате проведенных мониторинговых исследований бактериоценоза подземных вод, выходящих на поверхность в виде родника Арапов ключ, установлено соотношение основных эколого-трофических групп аэробных бактерий в течение двух вегетативных сезонов (2016–2017 гг.). Выявлено присутствие нефтедеструкторов и галофилов, что свидетельствует о поступлении в исследуемые воды нефтяных углеводородов и соленых вод. Так как на поверхности разливов нефти в исследуемом периоде не отмечено, можно предположить, что поступление поллютантов происходит по карстовым породам и носит с точки зре-

ния экологического мониторинга скрытый характер. Таким образом, биоценоз подземных вод испытывает отрицательное влияние вследствие загрязнения нефтью и сопутствующими соединениями, однако уровень влияния не критический и позволяет компонентам биоценоза находиться во флуктуационных изменениях, поддерживая равновесие ценоза в целом.

Список литературы

1. El-Sheshtawy H.S., Khalil N.M., Ahmed W., Abdallah R.I. Monitoring of oil pollution at Gamsa Bay and bioremediation capacity of bacterial isolates with biosurfactants and nanoparticles. *Marine Pollution Bulletin*. 2014. V. 87. P. 191–200.
2. Бузмаков С.А. Антропогенная трансформация природной среды // Географический вестник. 2012. № 4 (23). С. 46–50.
3. Costeira R., Doherty R., Allen C.C.R., Larkin M.J., Kulakov L.A. Analysis of viral and bacterial communities in groundwater associated with contaminated land. *Science of the Total Environment*. 2019. V. 656. P. 1413–1426.
4. Andreoni V., Gianfreda L. Bioremediation and monitoring of aromatic polluted habitats. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2007. V. 76. P. 287–308.
5. Jernelöv A. Environmental Effects of Terrestrial Oil Spills. *Encyclopedia of the Anthropocene*. 2018. V. 1. P. 323 – 335.
6. Gibert J.U., Culver D.C. Assessing and conserving groundwater biodiversity: an introduction. *Freshwater Biology*. 2009. V. 54. P. 639–648.
7. Jacobsen C.S., Hjelmsø M.H. Agricultural soils, pesticides and microbial diversity. *Current Opin. Biotechnol.* 2014. V. 27. P. 15–20.
8. Егорова Д.О., Демаков В.А., Плотникова Е.Г. Разложение смеси (три-гекса)хлорированных бифенилов штаммами рода *Rhodococcus* // Прикладная биохимия и микробиология. 2011. Т. 47. № 6. С. 655–662.
9. Bertani G. Studies on lysogenesis. I. The mode of phage liberation by lysogenic *Escherichia coli*. *J. Bacteriol.* 1951. V. 62. P. 293–300.
10. Raymond R.L. Microbial oxidation of n-paraffinic hydrocarbons. *Develop. Ind. Microbiol.* 1961. V. 2. № 1. P. 23–32.

УДК 57.042:599.731.1

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ ДОПУСТИМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ АКТИВНОСТИ ГЕМОСТАЗА У ПОРОСЯТ, ИСПЫТАВШИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НЕБЛАГОПРИЯТНОГО СРЕДОВОГО ФАКТОРА**Зайцев В.В.***ФГБОУ ВО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия», Усть-Кинельский, e-mail: ilmedv1@yandex.ru*

Современное свиноводство испытывает острую потребность в дальнейшем получении знаний по физиологии поросят. До сих пор весьма актуально подробное изучение возрастных аспектов функционирования систем у поросят, порой с учетом любых средовых факторов, оказывающих свое влияние на животных. Неблагоприятные средовые воздействия способны негативно влиять на активность гемостаза. Однако не во всех случаях известна степень ее динамики. Цель работы: оценить изменения активности системы гемостаза у поросят, перенесших переохлаждение. Обследовано 48 поросят в возрасте 2,5 месяцев породы крупная белая, которые в результате поломки системы отопления испытали переохлаждение в течение 2 ч. Группа контроля представлена 32 полностью здоровыми поросятами, содержащимися в стандартных условиях свиноводства. У перенесших переохлаждение отмечено усиление спонтанной и стимулированной агрегации тромбоцитов. У этих поросят было выявлено усиление активности плазменного гемостаза и ослабление фибринолиза, что нарушало микроциркуляцию в их тканях. Это неизбежно ухудшало у них гемореологические показатели крови и ослабляло обмен веществ в их тканях. Становится ясно, что у поросят после переохлаждения развивается активация гемостаза, что препятствует процессам микроциркуляции и может являться одним из факторов, тормозящих приросты. Данная ситуация диктует необходимость поиска подходов к коррекции у перенесших переохлаждение поросят активности плазменного гемостаза и гемостатических свойств тромбоцитов, что должно положительно влиять на микроциркуляцию в их тканях.

Ключевые слова: поросята, переохлаждение, гемостаз, гемокоагуляция, тромбоциты**PHYSIOLOGICALLY ADMISSIBLE CHANGES IN THE ACTIVITY OF HEMOSTASIS IN POROSIETS TESTED BY THE IMPACT OF ADVERSE MEDIUM FACTOR****Zaytsev V.V.***Samara State Agricultural Academy, Ust-Kinelsky, e-mail: ilmedv1@yandex.ru*

Modern pig farming is in dire need of further knowledge on the physiology of piglets. Until now, a thorough study of the age aspects of the functioning of the systems in piglets is sometimes very important, taking into account the influence on the organism of any environmental factors exerting its influence on animals. Adverse environmental effects can adversely affect the activity of hemostasis. However, the degree of its dynamics is not known in all cases. Objective: to evaluate changes in the activity of the hemostatic system in piglets who have undergone hypothermia. A total of 48 piglets at the age of 2.5 months, a large white breed, which as a result of a breakdown of the heating system, experienced hypothermia for 2 hours, were examined. The control group is represented by 32 completely healthy piglets contained in the standard conditions of the pigsty. Those undergoing hypothermia showed increased spontaneous and stimulated platelet aggregation. These piglets showed an increase in plasma hemostasis and a weakening of fibrinolysis, which disrupted microcirculation in their tissues. This inevitably worsened their hemoreological blood parameters and weakened the metabolism in their tissues. It becomes clear that after hypothermia in piglets, hemostasis activation develops, which interferes with microcirculation processes and may be one of the factors inhibiting growth. This situation dictates the need to search for approaches to the correction of plasma hemostasis and hemostatic properties of platelets that have suffered from hypothermia, which should positively affect the microcirculation in their tissues.

Keywords: piglets, hypothermia, hemostasis, hemocoagulation, platelets

В настоящее время свиноводство – это одна из весьма значимых отраслей сельского хозяйства, обеспечивающая население многих стран мира полноценными продуктами питания [1].

Современное свиноводство испытывает острую потребность в дальнейшем получении знаний по физиологии поросят. До сих пор весьма актуально подробное изучение возрастных аспектов функционирования систем у поросят порой с учетом влияния на организм любых средовых факторов,

оказывающих свое влияние на животных. Получение подробной информации об особенностях жизнедеятельности их органов и систем требуется для создания эффективных способов воздействия на них для повышения их уровня продуктивности, быстрого воспроизводства, сохранения и возвращения здоровья. В случае грамотного практического использования физиологических знаний о поросятах возможно создать научную базу для действенной коррекции их функционального состояния, что поможет

добиваться наращивания их мясной продуктивности при минимальных материальных затратах [2].

Серьезной проблемой сейчас является интенсификация свиноводства путем ускоренного выращивания молодняка и максимально возможного его сохранения за счёт применения передовых технологий его кормления и содержания. Постепенно наука приходит к пониманию большой значимости в обеспечении жизнеспособности и продуктивности свиней в любом возрасте, состояния одной из его интегрирующих систем – крови. Признано, что кровь – самый лабильный индикатор функционального состояния организма, быстро реагирующий на различные воздействия. Чем больше под их воздействием меняется обмен веществ в организме, тем более выраженными будут изменения в крови. Кроме того, кровь, способна, меняя свой состав и гемостатические свойства, и сама влиять на функциональное состояние всего организма [3].

Ясно, что для сохранения гомеостаза у поросят весьма важна оптимальная гемокрециркуляция, сильно зависящая от функционального состояния всех компонентов системы гемостаза и их взаимодействия. Есть четкое понимание, что жизнеспособность тканей и уровень развития функциональных их свойств очень в большой мере определяются активностью гемореологических процессов крови [4]. Ее гемостатические свойства во многом определяют степень перфузии тканей, а следовательно, уровень анаболизма в организме животного и его продуктивные характеристики в любом возрасте [5]. Ввиду большой физиологической значимости и уязвимости гемостаза он начинает все более активно исследоваться в нормальных и неблагоприятных условиях [6].

Давно замечено, что в случае негативного влияния на организм происходит часто усиление гемостатических процессов, ухудшая гемокрециркуляцию в сосудах любого калибра в организме. У свиней с различными дисфункциями на любых этапах их онтогенеза до сих пор не изучены развивающиеся изменения особенностей функционирования гемостаза. Нельзя считать выясненными причины и механизмы появления гемостатических дисфункций в случае развития ряда отклонений от нормального состояния среды.

Ясно, что организм свиней и особенно поросят чутко реагирует изменением интенсивности метаболических процессов и, как следствие, изменением фенотипического проявления генетически обусловленных основ жизнедеятельности. В их число входят различные биологически значимые воздействия и биологически активные вещества,

изменение физической активности и состава питания [7]. При этом последствия для гемостаза негативных температурных влияний на организм поросят остаются невыясненными.

Цель работы: оценить изменение активности системы гемостаза у поросят, испытывавших воздействие неблагоприятного температурного фона среды.

Материалы и методы исследования

В исследование были включены 48 здоровых поросят в возрасте 2,5 месяца породы крупная белая, содержащихся в свиноводческих хозяйствах Самарской области России. Поросята были взяты под наблюдение в день случайно возникшего вследствие незапланированного аварийного отключения отопления в свинарнике с понижением температуры в нем до 10 °С на 2 ч. Эти поросята составили опытную группу. Группа контроля состояла из 32 поросят полностью здоровых и не подвергшихся отрицательным воздействиям внешней среды. Рацион всех взятых в исследование поросят был стандартным.

У всех поросят исследовали содержание в крови фибриногена по модифицированному методу Клауса. Оценка уровня плазминогена определялась у них кинетическим методом на приборе ФП-901 («LabSystems», Финляндия) с хромогенными субстратами («Dade Behring», Германия). Концентрацию растворимых фибрин-мономерных комплексов определяли визуальным методом с помощью реагентов фирмы Технология-стандарт (Россия). Активированное частичное тромбопластиновое время исследовали на коагулометре «HumaClot» («HUMAN GmbH», Германия) с набором реагентов HemoStat aPTT-EL. Определение международного нормализованного отношения осуществляли по методу Квика. Агрегационную способность тромбоцитов изучали на двухканальном лазерном анализаторе агрегации тромбоцитов («Биола», Россия) турбодиметрическим методом. В качестве индуктора агрегации применен 0,5 мкМ раствор аденозиндифосфата (АДФ) [8].

Статистическая обработка полученных результатов велась с помощью t-критерия Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение

Оценка состояния гемостаза у всех поросят, испытывавших переохладение, показала его активацию и не выявила достоверных различий величин определяемых показателей активности тромбоцитов, свертывающей и фибринолитической систем (таблица). Их функциональная активность

у этих животных достоверно отличалась от значений в группе контроля.

В опытной группе поросят отмечено достоверное ускорение активированного частичного тромбопластинового времени (на 24,1%), снижение показателя международного нормализованного отношения (7,0%) и тенденции к уменьшению уровня плазминогена (4,9%), повышение концентраций фибриногена (28,0%) и растворимых фибрин-мономерных комплексов (19,2%). Это сопровождалось ускорением у испытывавших переохлаждение поросят спонтанной (на 15,8%) и индуцированной (на 15,5%) агрегации тромбоцитов.

В настоящее время свиноводство испытывает острую потребность в дальнейшем наращивании багажа знаний по физиологии поросят [9]. Как и прежде, огромную актуальность имеет подробное изучение возрастных аспектов функционирования всех систем у поросят, проводящееся с учетом влияния на организм любых средовых факторов, оказывающих свое влияние на животных. Плановые исследования по различным аспектам особенностей жизнедеятельности их органов и систем требуются современной практике для создания эффективных способов воздействия на поросят и свиней для повышения их уровня продуктивности, быстрого воспроизводства, сохранения и возвращения здоровья [10].

К сожалению, длительно ведущиеся исследования по физиологии свиней не позволили собрать исчерпывающие научные сведения по основным моментам физиологии крови поросят. В этой связи имеется до сих пор потребность оценки процессов жизнеобеспечения, в том числе системы крови в контексте функционирования целого организма поросят в разных условиях среды и в разном возрасте [11].

Ясно, что в полной мере основанный на генетических механизмах ранний онтогенез

свиней подвержен различным колебаниям за счет воздействия внешних факторов, часто негативно меняющих ход работы систем организма поросят, что меняет параметры крови и состояние гемодинамики в тканях. Огромную значимость в этой связи имеют процессы, реализуемые в капиллярах. Их биологическая значимость весьма велика ввиду обеспечения с их помощью обмена газами и всего метаболизма. Это определяет течение большинства физиологических процессов в организме в аспекте онтогенетических изменений механизмов, влияющих на агрегатные свойства крови и протеинов плазмы. В настоящее время их принято считать серьезным элементом сохранения всего гомеостаза у животных [12].

Известно, что онтогенез животных связан с регуляцией механизмов адаптации к факторам внешней среды за счет включения большого количества механизмов, в число которых всегда входит гемостаз. Это адекватно стимулирует процессы жизнедеятельности, поддерживая здоровье животного [13].

Видимо, являясь строго генетически запрограммированными, гематологические показатели живого организма могут менять степень своей фенотипической проявленности в зависимости от внешних влияний. В этой связи сохраняется высокая актуальность продолжения углубленного изучения различных аспектов физиологии живых организмов в негативных условиях среды с обязательным учетом различных последствий их влияния. Дополнительное проведение исследований по физиологии поросят способно обеспечить прочную базу для дальнейшего совершенствования технологий их содержания и кормления. В результате суммации получаемых в ходе этих исследований знаний и последующего их практического применения возможна общая интенсификация свиноводства [3].

Показатели гемостаза у наблюдаемых поросят

Показатели	Опытная группа, n = 48	Контрольная группа, n = 32
Международное нормализованное отношение	1,14 ± 0,11*	1,22 ± 0,09
Активированное частичное тромбопластиновое время, сек	29,9 ± 0,97**	37,1 ± 0,69
Фибриноген, г/л	3,2 ± 0,25**	2,5 ± 0,23
Растворимый фибрин-мономерный комплекс, мг/дл	3,1 ± 0,29*	2,6 ± 0,82
Плазминоген, %	89,6 ± 0,74	94,0 ± 0,57
Спонтанная агрегация тромбоцитов, Ед.	1,17 ± 0,13*	1,01 ± 0,10
Агрегация тромбоцитов 0,5 мкМ АДФ, ед.	2,31 ± 0,17*	2,00 ± 0,21

Примечание. Условные обозначения: достоверность отличия показателей от уровня контроля * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$.

В предшествующих исследованиях было показано на различных биологических объектах, что гомеостаз весьма чутко реагирует на различные средовые воздействия, особенно на неблагоприятные факторы в виде формирования различных дисфункций и выраженной патологии. Также известно, что изменение активности перекисного окисления липидов способно оказывать на живой организм разностороннее влияние. Было замечено, что на этом фоне развивается динамика активности многих компонентов системы гомеостаза и изменение реологических параметров крови [1]. Именно с этими изменениями гематологических показателей связывают течение процессов микроциркуляции и обменных процессов на фоне различных вариантов воздействия на организм, имеющих в своей основе антиоксидантное воздействие [7].

Несмотря на серьезную значимость гомеостатических механизмов, их изменения у поросят, попавших в неблагоприятные условия, остаются изучены недостаточно. При этом ясно, что при развитии негативных отклонений в параметрах среды у продуктивных животных очень часто могут появляться различные нарушения в показателях крови [14].

В результате переохлаждения у поросят было отмечено усиление активности гомеостаза. Полученные результаты позволяют считать, что это связано у них с усилением процесса гемокоагуляции по обоим путям его реализации. Видимо, это вызвано усилением у этих животных функциональных свойств большинства факторов свертывания в нем участвующих. Очевидно, в крови этих животных развивается избыточная генерация тромбопластина и ослабление контактной активации XII фактора. Данная ситуация также может быть связана с нарастанием в их крови фибриногена и растворимых фибрин-мономерных комплексов. Эти изменения указывали на ускорение процесса его полимеризации, который слабо сдерживался ослабленной системой фибринолиза [11].

Учитывая данные литературы, можно считать, что ослабление антиоксидантной защиты организма [2] всегда усиливает способность тромбоцитов к спонтанной и к стимулированной агрегации [3]. Есть основания считать, что в основе этого лежит у животных снижение уровня циклического аденозинмонофосфата в тромбоцитах и увеличение образования тромбосана A_2 [12]. Складывающаяся ситуация стимулирует образование тромбоцитарных агрегатов в просвете сосудистого русла [6].

В настоящее время постепенно формируется мнение о тесной связи соматического статуса и уровня продуктивных свойств животных с состоянием их гематологических показателей [4]. В проведенном исследовании был прослежен лишь фрагмент раннего онтогенеза и поэтому несколько преждевременно делать заключение о влиянии кратковременного переохлаждения на все последующее развитие поросят с попыткой объяснения полученных результатов с позиций динамики активности гомеостаза [15]. Вместе с тем найденные нарушения состояния гомеостаза, вызванные неблагоприятным средовым воздействием комплекса могут послужить импульсом для более детального и глубокого последующего изучения аспектов данного вопроса с учетом продуктивности поросят. Важность данных исследований связана с наличием четкой связи между активностью гомеостаза и состоянием продуктивности поросят и свиней [1].

Заключение

До сих пор свиноводство испытывает острую потребность в продолжении получения новых знаний по физиологии поросят. Это обеспечивает высокую актуальность детального изучения возрастных аспектов функционирования систем у поросят с учетом влияния на организм любых средовых факторов, непрерывно оказывающих свое влияние на животных. Современная наука приходит к пониманию большой значимости в обеспечении жизнеспособности и продуктивности организма свиней в любом возрасте состояния одной из его интегрирующих систем – крови. Ранний онтогенез свиней подвержен различным колебаниям за счет воздействия внешних факторов, часто негативно меняющих ход работы систем организма и ухудшающих гемоциркуляцию в тканях. Огромную значимость в этой связи имеют процессы, происходящие в крови в просвете капилляров. Их биологическая значимость весьма велика ввиду обеспечения с их помощью газообмена и всего метаболизма. По этой причине различные онтогенетические изменения механизмов, влияющих на агрегатные свойства крови и протеинов плазмы, принято считать серьезным элементом поддержания оптимума гомеостаза у животных. В проведенном исследовании было выяснено, что в результате переохлаждения у поросят развивается активация гомеостаза. Это способно весьма отрицательно сказываться у них на гемоциркуляции по сосудам. У таких поросят отмечается усиление функциональной активности плазменного гомеоста-

за, ослабление фибринолиза и повышение агрегационной способности тромбоцитов, что очень негативно может отражаться на метаболических процессах в их тканях и ослаблять выраженность их прироста.

Список литературы

1. Medvedev I.N., Maksimov V.I., Parakhnevich A.V., Zavalishina S.Y., Kutafina N.V. Rapid assessment of aggregation abilities and surface properties of platelets and red blood cells. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*. 2016. T. 7. № 2. P. 793–797.
2. Tkacheva E.S., Zavalishina S.Yu. Physiology of platelet hemostasis in piglets during the phase of newborns. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018. T. 9. № 5. P. 1912–1918.
3. Краснова Е.Г., Медведев И.Н. Тромбоцитарная активность гемостаза у поросят молочного питания // *Ветеринарная практика*. 2011. № 3. С. 34.
4. Завалишина С.Ю. Гемостатическая активность сосудистой стенки у новорожденных телят // *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2012. № 1. С. 37–39.
5. Медведев И.Н., Кутафина Н.В. Функциональные характеристики тромбоцитов и эритроцитов у крупного рогатого скота // *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2015. № 8. С. 24–36.
6. Ошуркова Ю.Л., Глаголева Т.И. Биологические аспекты интенсификации животноводства // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2017. № 5. С. 51–53.
7. Глаголева Т.И., Завалишина С.Ю., Медведев И.Н. Ферроглюкин и гамавит в коррекции антиагрегационных свойств сосудов у новорожденных телят с дефицитом железа // *Успехи современного естествознания*. 2013. № 5. С. 17.
8. Завалишина С.Ю., Краснова Е.Г., Белова Т.А., Медведев И.Н. Методические вопросы исследования функциональной активности тромбоцитов при различных состояниях // *В мире научных открытий*. 2012. № 2 (26). С. 145–147.
9. Медведев И.Н., Завалишина С.Ю., Кутафина Н.В. Физиология висцеральных систем // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 10. С. 87–88.
10. Краснова Е.Г., Кутафина Н.В. Основы функционирования тромбоцитов // *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2015. № 8. С. 6–18.
11. Медведев И.Н., Завалишина С.Ю. Плазменный гемостаз у новорожденных телят и роль корректоров при его нарушении // *Зоотехния*. 2009. № 2. С. 9–11.
12. Кутафина Н.В. Тромбоцитарные механизмы на фоне процессов роста у крупного рогатого скота // *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2015. № 8. С. 37–42.
13. Медведев И.Н., Глаголева Т.И. Способность основных форменных элементов крови к агрегации у телят в фазу молочного питания // *Зоотехния*. 2015. № 7. С. 23–24.
14. Завалишина С.Ю. Тромбоцитарная активность у новорожденных телят при железодефицитной анемии // *Ветеринария*. 2012. № 2. С. 51–52.
15. Медведев И.Н. Динамика тромбоцитарной активности в раннем онтогенезе поросят // *Зоотехния*. 2008. № 9. С. 27–28.

УДК 615.32

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЯХ**Каманина И.З., Каплина С.П., Салихова Ф.С.***Государственный университет «Дубна», Дубна, e-mail: sv_kap@mail.ru*

Работа посвящена изучению содержания тяжелых металлов (кадмий, никель, свинец, медь и цинк) в лекарственном растительном сырье, собранном в окрестностях г. Дубны и приобретенных в аптечной сети города. Исследовали 7 видов лекарственных растений: иван-чай узколистный (*Chamerion angustifolium* L. Holub), кровохлебка лекарственная (*Sanguisorba officinalis* L.), липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), таволга вязолистная (*Filipendula ulmifolia* L. Maxim), зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum* L.), крапива двудомная (*Urtica dioica* L.). Разложение растительных образцов осуществлялось с помощью микроволновой системы пробоподготовки МС-6. Содержание тяжелых металлов в составе лекарственных растений определяли с помощью атомно-абсорбционной спектроскопии. В работе показано, что содержание токсичных тяжелых металлов (кадмий, свинец) в образцах лекарственных растений, собранных в окрестностях г. Дубны, не превышает предельно допустимые концентрации тяжелых металлов для лекарственного растительного сырья. Среднее содержание свинца, кадмия, цинка, меди и никеля в составе лекарственных растений в окрестностях г. Дубны значительно ниже усредненных значений для растительности на незагрязненных почвах. Наименьшее содержание в лекарственном растительном сырье отмечается для кадмия и свинца.

Ключевые слова: лекарственные растения, тяжелые металлы, атомная абсорбция, город

THE CONTENT OF HEAVY METALS IN MEDICINAL PLANTS**Kamanina I.Z., Kaplina S.P., Salikhova F.S.***State University «Dubna», Dubna, e-mail: sv_kap@mail.ru*

This work is devoted to the study of the content of heavy metals (cadmium, Nickel, lead, copper and zinc) in medicinal plant raw materials collected in the vicinity of Dubna and purchased in the pharmacy network of the city. Seven species of medicinal plants were investigated: fireweed angustifolium (*Chamerion angustifolium* L. Holub), Krovohlebki drug (*Sanguisorba officinalis* L.), common Lime (*Tilia cordata* Mill), Yarrow (*Achillea millefolium* L.), Meadowsweet (*Filipendula ulmifolia* L. Maxim), Hypericum perforatum (*Hypericum perforatum* L.), stinging Nettle (*Urtica dioica* L.). Decomposition of plant samples was carried out using the microwave sample preparation system MS – 6. The content of heavy metals in the composition of medicinal plants was determined by atomic absorption spectrometry. It is shown that in the samples of medicinal plants collected in the vicinity of Dubna, the content of toxic heavy metals (cadmium, lead) does not exceed the maximum permissible concentration of heavy metals for medicinal plant raw materials. The average content of lead, cadmium, zinc, copper and Nickel in medicinal plants in the vicinity of Dubna is much lower than the average values for vegetation on uncontaminated soils. The lowest content in medicinal plant raw materials is noted for cadmium and lead.

Keywords: medicinal plants, heavy metals, atomic absorption, urban area

Полезные свойства лекарственных растений во многом связаны с содержанием в их составе макро- и микроэлементов, играющих важную роль в жизнедеятельности живых организмов. Одна из причин положительного эффекта применения лекарственных растений в лечении человека и животных связана с наличием в их составе макро- и микроэлементов в наиболее доступной и усвояемой форме и в составе соединений, свойственных живой природе. Накопление макро- и микроэлементов в лекарственных растениях во многом зависит от экологических условий местообитания [1–3]. Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами приводит к накоплению их в лекарственных растениях [4–6], что оказывает негативное воздействие на качество заготавливаемого сырья, поскольку поллютанты часто выступают в роли ингибиторов биохимических процессов, благодаря которым происходит образование различных органических соединений, в том числе биологически актив-

ных веществ. Кроме того, тяжелые металлы, поступающие с лекарственным сырьем в организм человека, могут взаимодействовать с белками, нуклеиновыми кислотами и другими молекулами, изменять активность ферментов, нарушать их биологические и транспортные свойства. В результате, вместо положительного эффекта, обогащенные тяжелыми металлами лекарственные растения могут принести вред.

Химический состав растений в значительной степени определяется содержанием тяжелых металлов в почвах, физико-химическими свойствами почв, такими как pH, гранулометрический состав, содержание органического вещества и другими, определяющими степень их доступности растениям, интенсивностью антропогенной нагрузки, а также видовыми особенностями растений, их возрастом и физиологической ролью тяжелых металлов [1]. В условиях возрастающей антропогенной нагрузки проблема экологической чистоты лекар-

ственных растений становится особенно актуальной и требует повышения контроля над качеством растительного сырья с учётом загрязнения тяжёлыми металлами. Данному вопросу посвящены работы многих авторов [3, 7, 8]. В то же время актуальным остается контроль качества лекарственного растительного сырья, собранного в относительно чистых местах, не испытывающих техногенной нагрузки.

Цель настоящей работы: определить содержание тяжелых металлов 1-го и 2-го классов опасности (свинца, кадмия, цинка, меди и никеля) в составе лекарственного растительного сырья.

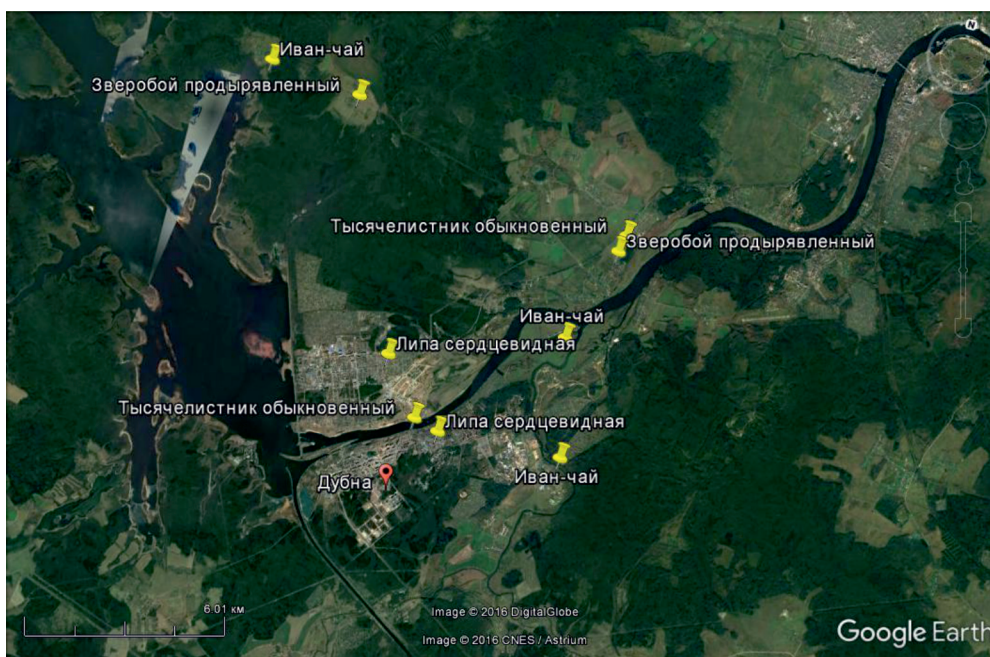
Материалы и методы исследования

В качестве объектов исследования были взяты лекарственные растения, собранные в окрестностях г. Дубны Московской области (рис. 1), а также приобретенные в аптечной сети. Лекарственные растения отбирались на естественных участках, не испытывающих антропогенной нагрузки. Почвы в местах сбора лекарственных растений сформированы на древнеаллювиальных и флювиогляциальных отложениях и характеризуются низким содержанием микроэлементов [9]. Всего было исследовано 7 различных видов лекарственных растений: иван-чай узколистный (*Chamerion angustifolium* L. Holub), кровохлёбка лекарственная (*Sanguisorba officinalis* L.), липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill),

тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), таволга вязолистная (*Filipendula ulmaria* L. Maxim.), зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum* L.), крапива двудомная (*Urtica dioica* L.).

Пробоподготовку анализируемого растительного материала проводили в трехкратной повторности для каждой партии исследуемого сырья. Разложение растительных образцов осуществлялось с помощью микроволновой системы пробоподготовки МС-6. Данная система предназначена для разложения проб пищевых продуктов, продовольственного сырья, почв, биологических жидкостей и т.п. Навеска предварительно высушенного растительного материала измельчалась в фарфоровой ступке. Затем навеска взвешивалась на аналитических весах (около 0,2 г) и помещалась во фторопластовый контейнер для микроволновой системы. В контейнер с пробой добавляли концентрированную азотную кислоту (HNO_3) 4 мл в качестве реагента и оставляли на 15 мин для протекания реакции. Контейнеры с пробами перемещались в микроволновую систему.

Разложение пробы проводилось в 2 шага: первый шаг при температуре 150 °С, давлении 18 атм 4 минуты, второй шаг при температуре 180 °С, давлении 24 атм 4 минуты. Разложенные пробы переносились в рабочий сосуд. Далее пробы фильтровали в мерные колбы на 50 мл и доводили до метки дистиллированной водой.



Картограмма мест сбора растений в окрестностях г. Дубны Московской области

Образцы были проанализированы на содержание свинца, кадмия, цинка, меди и никеля с помощью атомно-абсорбционного спектрометра Квант-2А на лабораторной базе кафедры экологии и наук о Земле государственного университета «Дубна». Всего было проанализировано 19 образцов.

Результаты исследования и их обсуждение

В настоящий момент не существует утвержденных нормативов, регламентирующих содержание тяжелых металлов в лекарственном растительном сырье [10, 11]. В связи с этим для оценки уровня содержания тяжелых металлов нами были использованы предельно допустимые концентрации (ПДК), приведенные в методике определения содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах [12]. В данной методике из исследованных нами тяжелых металлов предложены ПДК для свинца и кадмия. В связи с отсутствием нормативной базы некоторые авторы [13] указывают в качестве наиболее близкого эталона ПДК для лекарственного растительного сырья ПДК, установленные для сухих овощей и фруктов [14].

Средняя концентрация тяжелых металлов в исследованных лекарственных растениях представлена в таблице. Результаты исследований показали, что содержание токсичных элементов, таких как кадмий и свинец, в образцах не превышает ПДК по тяжелым металлам, предложенные Государственной Фармакопеей [12]. Вместе с тем обращает на себя внимание тот факт, что у большинства исследованных растений содержание свинца, кадмия, меди и цинка превышает ПДК для сухих овощей и фруктов, что ставит под сомнение правомерность такого сравнения.

Содержание свинца варьирует от 0,32 до 3,15 мг/кг, что не превышает предельно допустимую концентрацию по тяжелым металлам для лекарственного растительного сырья [12]. По мнению авторов [1], в природных условиях свинец присутствует во всех растениях, при этом его роль в метаболизме не установлена. Свинец был обнаружен только в половине исследованных лекарственных растений, во всех образцах лекарственных растений, кроме липы узколистной, приобретенных в аптечной сети, и в двух образцах лекарственных растений из окрестностей Дубны (иван-чай узколистый (*Chamerion angustifolium* L. Holub) и таволга вязолистная (*Filipendula ulmifolia* L. Maxim.). По данным [2] среднее содержание свинца в растениях на незагрязненных

почвах составляет 4,1 мг/кг сухой массы, средняя величина для надземной части трав составляет 1,5 мг/кг. Высокое содержание свинца (3,15 мг/кг), но не превышающее средних значений в растениях на незагрязненных почвах наблюдалось в образце иван-чая узколистного из аптечной сети (таблица). Ни в одном образце липы сердцевидной свинец обнаружен не был.

Кадмий, как и свинец, находится ниже предела обнаружения почти в половине исследованных образцов лекарственных растений. Высокие концентрации кадмия на уровне ПДК для лекарственного растительного сырья были обнаружены нами в некоторых лекарственных растениях из аптечной сети. Это зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum* L.) – 1,01 мг/кг, тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.) – 1,02 мг/кг. Повышенные концентрации кадмия, от 0,5 до 1 ПДК обнаружены в образцах кровохлебки лекарственной (аптечное сырье) – 0,87 мг/кг, иван-чая узколистного – 0,50 мг/кг (таблица). Среднее содержание кадмия в составе исследованных лекарственных растений, собранных в окрестностях Дубны, составляет 0,29 мг/кг, в растениях, приобретенных в аптечной сети – 0,69 мг/кг. По данным [2] содержание кадмия в надземной части трав на незагрязненных почвах составляет 0,64 мг/кг.

Содержание цинка в исследуемых лекарственных растениях колеблется от 13,23 до 49,96 мг/кг. В соответствии с имеющимися нормативными документами содержание цинка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах не регламентируется. Высокие концентрации цинка в лекарственных растениях, собранных в окрестностях Дубны обнаружены в образцах таволги вязолистной – 43,53 мг/кг и зверобоя продырявленного – 49,96 мг/кг, что выше среднего содержания цинка в надземной части трав на незагрязненных почвах, составляющего по данным [2] в среднем 33,1 мг/кг, но значительно ниже избыточных или токсичных концентраций, по мнению [1], составляющих 100–400 мг/кг сухого вещества.

Содержание меди в исследованном лекарственном сырье составляет от 3,33 мг/кг до 12,78 мг/кг, среднее содержание меди в составе лекарственных растений собранных в окрестностях Дубны – 7,17 мг/кг. Максимальное содержание меди, так же как и цинка, отмечается в образцах зверобоя продырявленного – 12,78 мг/кг и таволги вязолистной – 12,09 мг/кг (таблица). Среднее содержание меди в надземной части трав по данным [2] находится на уровне 8,6 мг/кг, избыточная или токсичная по [1] 20–100 мг/кг.

Средняя концентрация тяжелых металлов в лекарственном растительном сырье,
мг/кг сухого вещества

№ п/п	Виды лекарственных растений и место их сбора	Pb	Zn	Cd	Cu	Ni
1	Иван-чай узколистный (<i>Chamerion angustifolium</i> L. Holub), г. Дубна (1), Ратмино	1,25 ± 0,07	27,58 ± 1,25	0,50 ± 0,33	6,15 ± 0,54	5,98 ± 0,38
2	Иван-чай узколистный (<i>Chamerion angustifolium</i> L. Holub), аптечное сырье	3,15 ± 0,22	27,59 ± 1,27	–	6,23 ± 0,27	2,25 ± 0,13
3	Иван-чай узколистный (<i>Chamerion angustifolium</i> L. Holub), аптечное сырье	0,42 ± 0,02	26,97 ± 0,94	–	7,33 ± 0,48	10,41 ± 0,47
4	Иван-чай узколистный (<i>Chamerion angustifolium</i> L. Holub), Кимрский р-он, (2) Шар	–	17,51 ± 0,22	–	4,22 ± 0,1	0,87 ± 0,06
5	Иван-чай узколистный (<i>Chamerion angustifolium</i> L. Holub), г. Дубна (3), Кентавр	–	24,29 ± 0,28	–	5,11 ± 0,09	1,00 ± 0,05
6	Кровохлёбка лекарственная (<i>Sanguisorba officinalis</i> L.), аптечное сырье	0,67 ± 0,06	25,22 ± 0,79	0,87 ± 0,37	5,66 ± 0,3	2,25 ± 0,21
7	Железница скардская (<i>Sideritis scardica</i>), аптечное сырье	0,76 ± 0,07	13,23 ± 0,17	0,11 ± 0,04	5,21 ± 0,08	0,60 ± 0,12
8	Липа сердцевидная (<i>Tilia cordata</i> Mill), г. Дубна, (4) стадион «Наука»	–	15,77 ± 0,28	–	3,33 ± 0,09	0,86 ± 0,04
9	Липа сердцевидная (<i>Tilia cordata</i> Mill), г. Дубна, (5) Левобережная часть	–	26,29 ± 0,15	–	5,70 ± 0,08	0,50 ± 0,04
10	Липа сердцевидная (<i>Tilia cordata</i> Mill), аптечное сырье	–	20,51 ± 0,09	–	7,95 ± 0,04	0,87 ± 0,06
11	Тысячелистник обыкновенный (<i>Achillea millefolium</i> L.), г. Дубна, (6) набережная р. Волги	–	27,57 ± 0,86	–	6,55 ± 0,08	2,35 ± 0,12
12	Тысячелистник обыкновенный, Кимрский р-он, (7) Топорок	0,70 ± 0,09	24,28 ± 0,31	0,19 ± 0,01	8,30 ± 0,20	0,93 ± 0,12
13	Тысячелистник обыкновенный (<i>Achillea millefolium</i> L.), аптечное сырье	1,15 ± 0,02	28,06 ± 0,53	1,02 ± 0,12	9,50 ± 0,02	2,23 ± 0,16
14	Таволга вязолистная (<i>Filipendula ulmifolia</i> L. Maxim.), г. Дубна, (8) Кентавр	1,00 ± 0,52	43,53 ± 0,64	0,12 ± 0,03	12,09 ± 0,14	6,14 ± 0,11
15	Зверобой продырявленный (<i>Hypericum perforatum</i> L.), Кимрский р-он, (9) Ларцево	–	22,83 ± 0,17	0,59 ± 0,01	5,68 ± 0,12	0,66 ± 0,03
16	Зверобой продырявленный (<i>Hypericum perforatum</i> L.), Кимрский р-он, (10) Топорок	–	49,96 ± 0,38	0,11 ± 0,02	12,78 ± 0,17	0,06 ± 0,03
17	Зверобой продырявленный (<i>Hypericum perforatum</i> L.), аптечное сырье	0,32 ± 0,03	35,07 ± 0,33	1,00 ± 0,03	10,53 ± 0,2	2,75 ± 0,08
18	Крапива двудомная (<i>Urtica dioica</i> L.), аптечное сырье	0,78 ± 0,23	19,96 ± 0,25	0,27 ± 0,02	7,15 ± 0,18	0,86 ± 0,20
19	Крапива двудомная (<i>Urtica dioica</i> L.), Кимрский р-он, (11) Топорок	–	19,11 ± 0,11	0,25 ± 0,01	8,17 ± 0,07	0,40 ± 0,01
20	Верхний предел достаточной (нормальной) концентрации по [1]	10,0	150,0	0,2	30,0	5,0–
21	ПДК [12]	6,00	–	1,00	–	–
22	ПДК [14] Сухие фрукты	0,4	10,0	0,03	5,0	

Так же как цинк и медь, никель был обнаружен во всех образцах лекарственных растений. Содержание никеля в лекарственном растительном сырье составляло от 0,06 до 10,41 мг/кг. Максимальная концентрация никеля (10,41 мг/кг) обнаружена в иван-чае узколистом, приобретенном в аптечной сети. Среднее содержание цинка в образцах лекарственных растений из аптечной сети составило 3,05 мг/кг, среднее содержание никеля в лекарственных растениях, собранных в окрестностях Дубны – 1,72 мг/кг, что значительно ниже для усредненных значений для надземной части трав (8,9 мг/кг по данным [2]).

Как известно, содержание химических элементов в лекарственных растениях определяется их видовыми особенностями и условиями произрастания, в том числе биодоступностью элемента. Как показали исследования, самые высокие аккумуляции из всех исследованных тяжелых металлов 1-го и 2-го классов опасности характерны для цинка. Максимальное его накопление отмечается у зверобоя продырявленного и таволги вязолистной. Наименьшее накопление цинка отмечается у железницы скардской, иван-чая узколистного и крапивы двудомной. Высокая степень накопления характерна также для таких жизненно необходимых элементов, как медь и никель. Максимальное накопление меди также отмечается у зверобоя продырявленного и таволги вязолистной. Максимальное накопление никеля характерно для иван-чая узколистного. Наименьшее содержание в лекарственном растительном сырье отмечается для кадмия и свинца. Среднее содержание свинца составляет 1,02 мг/кг, кадмия – 0,84 мг/кг. В липе сердцевидной не обнаружены такие тяжелые металлы, как кадмий и свинец. Никель обнаружен в минимальных количествах, в среднем 0,74 мг/кг. Вероятно, липа сердцевидная (*Tilia cordata Mill*) практически не накапливает тяжелые металлы в соцветиях, которые используются как лекарственное сырье.

Как известно, содержание химических элементов в лекарственных растениях определяется их видовыми особенностями и условиями произрастания, в том числе биодоступностью элемента. Как показали исследования самые высокие аккумуляции из всех исследованных тяжелых металлов 1-го и 2-го классов опасности характерны для цинка. Максимальное его накопление отмечается у зверобоя продырявленного и таволги вязолистной. Наименьшее накопление цинка отмечается у железницы скардской, иван-чая узколистного и крапивы двудомной. Высокая степень нако-

пления характерна также для таких жизненно необходимых элементов, как медь и никель. Максимальное накопление меди также отмечается у зверобоя продырявленного и таволги вязолистной. Максимальное накопление никеля характерно для иван-чая узколистного. Наименьшее содержание в лекарственном растительном сырье отмечается для кадмия и свинца. Среднее содержание свинца составляет 1,02 мг/кг, кадмия – 0,84 мг/кг. В липе сердцевидной не обнаружены такие тяжелые металлы, как кадмий и свинец. Никель обнаружен в минимальных количествах, в среднем 0,74 мг/кг. Вероятно, липа сердцевидная (*Tilia cordata Mill*) практически не накапливает тяжелые металлы в соцветиях, которые используются как лекарственное сырье.

Выводы

В ходе исследования было установлено, что в половине обследованных образцов лекарственных растений свинец и кадмий, которые не являются физиологически важными элементами для растений, находятся ниже предела обнаружения. Содержание кадмия на уровне ПДК для лекарственного растительного сырья, рекомендуемых Государственной Фармакопией РФ, обнаружено в образцах зверобоя продырявленного и тысячелистника обыкновенного, приобретенных в аптечной сети. Содержание свинца не превышает предельно допустимых концентраций для лекарственного растительного сырья.

Содержание тяжелых металлов 1-го и 2-го классов опасности в проанализированных лекарственных растениях ниже, чем в растительности, произрастающей на незагрязненных почвах. Среднее содержание свинца, кадмия, цинка, меди и никеля в составе лекарственных растений, собранных в окрестностях Дубны, значительно ниже средних значений для лекарственных растений, приобретенных в аптечной сети города. Вероятно, это связано с тем, что почвы в местах сбора лекарственных растений характеризуются низким содержанием микроэлементов и, кроме того, не испытывают сильного антропогенного загрязнения. Исследованные лекарственные растения в окрестностях г. Дубны не представляют опасности с точки зрения накопления тяжелых металлов и могут быть рекомендованы для сбора и заготовки.

Список литературы

1. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях: Пер. с англ. М.: Мир, 1989. 439 с.
2. Ильин Б.И. Тяжелые металлы в системе почва – растения. Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1991. 151 с.

3. Батова Ю.В., Казнина Н.М., Титов А.Ф., Лайдинен Г.Ф. Состояние травянистой растительности и накопление тяжелых металлов растениями, произрастающими в условиях техногенного загрязнения почвы // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2014. Т. 19. № 5. С. 1642–1645.
4. Попп Я.И., Бокова Т.И. Содержание цинка, меди и кадмия в различных видах лекарственных растений, произрастающих в поймах рек Иртыша и Оби // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2017. № 1 (42). С. 84–92.
5. Трубина М.Р., Воробейчик Е.Л. Содержание тяжелых металлов в лекарственных растениях в зоне аэротехногенного воздействия Среднеуральского медеплавильного завода // Растительные ресурсы. 2013. Т. 49. № 2. С. 203–222.
6. Егорова И.Н., Неверова О.А. Эколого-гигиеническая оценка *Tussilago farfara* L., произрастающей на породном отвале угольного разреза «Кедровский». Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 6 (38). С. 241–243.
7. Тринеева О.В., Сливкин А.И. Исследование микроэлементного состава листьев крапивы двудомной // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. 2015. № 22 (219). С. 169–174.
8. Афанасьев И.А. Экологические аспекты заготовки и использования *Tamarix ramosissima* Led., *Tamarix ramosissima* Willd как лекарственного растительного сырья // Естественные науки. 2013. № 4 (45). С. 9–13.
9. Каплина С.П., Каманина И.З. Комплексная оценка экологического состояния г. Дубны Московской области // Экология урбанизированных территорий. 2017. № 2. С. 30–35.
10. Саканян Е.И., Ковалева Е.Л., Фролова Л.Н., Шелестова В.В. Современные требования к качеству лекарственных средств растительного происхождения // Ведомости Научного центра экспертизы средств медицинского применения. 2018. Т. 8. № 3. С. 170–178.
11. Терёшкина О.И., Самылина И.А., Рудакова И.П., Гравель И.В. Гармонизация подходов к оценке безопасности состава лекарственных растительных препаратов // Биомедицина. 2011. № 3. С. 80–86.
12. ОФС.1.5.3.0009.15. Определение содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах [Электронный ресурс]. URL: <http://pharmacopoeia.ru/ofs-1-5-3-0009-15-opredelenie-soderzhaniya-tyazhelyh-metalllov-i-myshyaka-v-lekarstvennom-rastitelnom-syre-i-lekarstvennyh-rastitelnyh-preparatah/> (дата обращения: 24.11.2018).
13. Пименова М.Е., Шелепова О.В. Природное разнообразие содержания тяжёлых металлов в дикорастущих лекарственных растениях в сравнении с нормативами ПДК // Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства. 2004. С. 155–157.
14. СП 4089-86. Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктах [Электронный ресурс]. URL: docs.cntd.ru/document/1200114682 (дата обращения: 19.12.2018).

УДК 581.9(571.63)

ГАЛОФИТНЫЙ ПРИБРЕЖНО-МОРСКОЙ ФЛОРИСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ ПРИМОРСКОГО КРАЯ (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Киселёва А.Г.

*ФГБУН «Тихоокеанский институт географии» ДВО РАН, Владивосток,
e-mail: alena_kiseleva@mail.ru*

В работе рассмотрены особенности галофитного прибрежно-морского флористического комплекса Приморского края, который составлен 105 видами, 77 родами, 28 семействами. В основном виды относятся к двудольным цветковым растениям, чуть меньше – к однодольным, наименьшая доля – к голосеменным и папоротниковидным. Преобладают представители семейств: Poaceae, Asteraceae, Caryophyllaceae, Cyperaceae, Zosteraceae, Chenopodiaceae, Crassulaceae, Lamiaceae, Fabaceae, Apiaceae, Polygonaceae, Rosaceae. Дается характеристика галофитных эколого-ценотических групп вместе с рудеральной группой синантропного комплекса. Солёноводная группа (4%) включает морские травы, жизненный цикл которых проходит в солёноводной среде. Галофитно-луговая (40%) объединяет растения, произрастающие на пляжах, песчаных косах, забрызгиваемых морской водой, заливаемых в сильные шторма и приливы. Скальная (36%) включает виды, произрастающие на скалах и каменистых склонах морского побережья и подверженных воздействию морских брызг и ветров. Маршевая объединяет виды маршей – низинных участков пляжей, затопляемых в приливы морской водой. Рудеральная группа (44%) из рудеральных, сорных и ушедших из культуры видов, поселяющихся по дорогам, тропам, у жилья. Прибрежно-морской флористический комплекс восточноазиатского распространения, в меньшей степени азиатского, азиатско-американского, евразийского, циркумполярного ареалов, носит черты зональности в большей степени, чем аazonальности. Синантропный комплекс широкого распространения в большей степени евразийского, плюрирегионального и циркумполярного распространения, в меньшей – восточноазиатского, азиатского и азиатско-американского. Такое соотношение отражает специфику побережья Приморского края и обусловлено как историческими причинами в формировании его флоры, так и воздействием человеческой деятельности.

Ключевые слова: сосудистые растения, галофиты, флористический комплекс, морские побережья, Приморский край

HALOPHYTIC COASTAL-MARINE FLORISTIC COMPLEX OF VASCULAR PLANTS OF PRIMORSKII KRAI (SEA OF JAPAN)

Kiseleva A.G.

Pacific geographycal institute FEB RAS, Vladivostok, e-mail: alena_kiseleva@mail.ru

The paper considers the peculiarities of the halophytic coastal-marine floristic complex of Primorskii Krai, which is composed of 105 species, 77 genera, 28 families. The most of the species belong to dicotyledonous flowering plants, smaller part of the species are monocotyledons, and the minority comprises gymnosperms and ferns. Representatives of the following families predominate: Poaceae, Asteraceae, Caryophyllaceae, Cyperaceae, Zosteraceae, Chenopodiaceae, Crassulaceae, Lamiaceae, Fabaceae, Apiaceae, Polygonaceae, Rosaceae. The halophytic ecological-community groups are characterised together with the ruderal group of the synanthropic complex. The salt-water group (4%) includes sea grasses, whose life cycle takes place in a salt-water environment. Halophytic-meadow group (40%) comprises plants growing on beaches, sandy spit, splashed with sea water, poured into strong storms and tides. Rocky group (36%) includes species growing on the rocky and stony slopes of the sea coast and exposed to sea spray and winds. Marsh group consists of different types of marshes – coastal lowlands flooded in tides with sea water. Ruderal group (44%) includes the ruderal, weedy, and cultivated plants growing along the roads, paths, and near houses. The coastal-marine floristic complex of the East Asian distribution is more zonal, than aazonal. In lesser degree it relates to Asian, Asian-American, Eurasian, and circumpolar ranges. The synanthropic complex of a wide distribution is Eurasian, pluriregional and circumpolar distribution in greater degree, and East Asian, Asian and Asian-American distribution in lesser degree. This proportion reflects the specificity of the coast of Primorskii Krai and is due both to historical reasons for the formation of its flora and the influence of the anthropogenic factor.

Keywords: vascular plants, galophytes, floristic complex, sea coasts, Primorskii Krai

Специфику растительного покрова морских побережий и шельфа (прибрежно-морской зоны) определяют особенности экологических условий – это волновое воздействие моря, влияние морских солей, засоленность субстрата и почв, экстремальные климатические условия (сильные ветры, частые туманы, относительно небольшие колебания температур), интенсивность

протекания геоморфологических процессов [1, 2]. Галофитный флористический комплекс прибрежно-морской зоны объединяют виды, произрастающие в однородных ботанико-географических территориях. Исследования растительного покрова морских побережий Приморского края в разные годы проводили многие учёные, что отражено в целом ряде публикаций [3–5], но эти

сведения о видовом составе локальных территорий в [6, 7].

Морское побережье Приморского края занимает юго-восточную окраину Российской Федерации (1350 км) в пределах Восточно-Сихотэ-Алинского окраинно-материкового вулканического пояса. В геологическом строении территории побережья участвуют меловые, палеогенные, кайнозойские вулканогенные породы – липариты, дациты, андезиты и их туфы, базальты, андезитобазальты; граниты, гранодиориты, диориты, песчаники, известняки и др. Современная береговая линия на материковом побережье региона фиксирует наивысший для всего плейстоцена уровень моря, приливная волна поднимается на 0,5 м. Морское побережье относится к зоне хвойно-широколиственных лесов и входит в состав Маньчжурской провинции Восточноазиатской области Бореального подцарства Голарктического царства. Климат имеет ярко выраженный муссонный характер, что вызвано различием в тепловом режиме между материком и океаном. Средняя годовая температура в самом северном прибрежном пункте (мыс Золотой) составляет 1,9°C, а в самом южном (мыс Гамова) – 5,6°C. Годовое количество осадков составляет 500–900 мм. Из годового количества осадков на холодный период приходится примерно 10–20%, а в тёплый 80% годовой суммы осадков [8].

Цель исследования: выявить особенности галофитного прибрежно-морского флористического комплекса Приморского края и выделить его ценоотические группы.

Материалы и методы исследования

Гербарные сборы сосудистых растений и геоботанические описания прибрежно-морской растительности проводились в Приморском крае в 1998–2017 гг. (рис. 1). Гербарные образцы хранятся в Тихоокеанском институте географии ДВО РАН (VGEO). Названия видов сосудистых растений приведены по 8-томному изданию «Сосудистые растения советского Дальнего Востока» [9] и по электронному ресурсу The Plant List [10]. Выделены виды эколого-ценотических групп по однотипным условиям произрастания (рельеф, субстрат, почва, условия увлажнения) – это виды, наиболее характерные для данных типов экотопов и биотопов, встречающихся с высокой константностью. Были выделены географические элементы и их хорологиические группы: плюрирегиональный, циркумполярный, евразийский, азиатско-американский, азиатский, восточноазиатский (амуро-китайско-японская группа – ареал

в бассейне реки Амур, Приморском крае, Китае и Японии; эндемичная группа – ареал не выходит за пределы территории Приморского края).



Рис. 1. Картограмма района работ

Результаты исследования и их обсуждение

Разнообразие условий прибрежно-морских местообитаний Приморского края определяет различие растительного покрова. Галофитная прибрежно-морская зона делится на сублитораль и супралитораль. Сублитораль полностью покрыта морской водой (на глубине от 1 до 10 м на шельфе, шириной 5–800 м). Супралитораль периодически затопляется в квадратурные, сизигийные приливы и забрызгивается морской водой (от литорали (приливо-отливной зоны) до 0–0,5 м над уровнем моря, шириной 1–200 м). Для сублиторали характерны длиннокорневищные покрытосеменные травы, для супралиторали – различные биоморфы трав, полукустарников и кустарников. В работе был проведен флоро-ценотический анализ и были выделены 4 эколого-ценотических группы галофитного прибрежно-морского флористического комплекса: солёноводная, галофитно-луговая, скальная (клифовая) и маршевая (рис. 2).

Прибрежно-морской флористический комплекс составлен 105 видами (56% от общего количества галофитно-синантропной флоры, 3,8% от природной флоры Приморского края) 77 родами, 28 семействами, из которых двудольные цветковые растения составляют 68 видов, однодольные – 36 видов и папоротниковидные – 1 вид. Лидирующие

семейства: *Poaceae* 14 видов (13%), *Asteraceae* – 13 (12%), *Caryophyllaceae* – 8 (8%), *Cyperaceae* – 8 (8%), *Zosteraceae* – 7 (7%), *Chenopodiaceae* – 6 (6%), *Crassulaceae* – 6 (6%), *Lamiaceae* – 6 (6%), *Fabaceae* – 4 (4%), *Apiaceae* – 4 (4%), *Polygonaceae* – 4 (4%), *Rosaceae* – 4 (4%), *Brassicaceae* – 3 (3%),

Plantaginaceae – 2 (2%), *Juncaginaceae* – 2 (2%), *Scrophulariaceae* – 2 (2%); в других семействах по одному виду (рис. 3). В состав ведущих родов входят *Carex*, *Orostachys*, *Artemisia*, *Zostera*, *Potentilla*, *Trifolium*, *Allium*, *Geranium*, *Rumex*, *Aizopsis*, *Juncus*, *Calamagrostis*, *Festuca*.

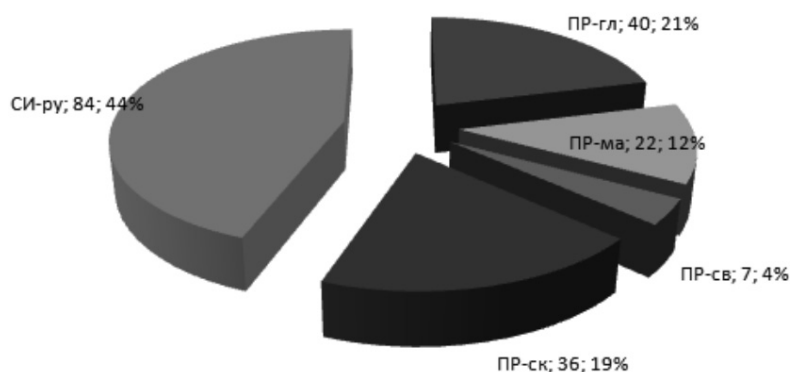


Рис. 2. Распределение видов растений по эколого-ценотическим группам галофитного прибрежно-морского флористического комплекса Приморского края: ПР – прибрежно-морской комплекс и эколого-ценотические группы: ПР-св – соленоводная, ПР-гл – галофитно-луговая, ПР-ма – маршевая, ПР-ск – скальная; СИ-ру – рудеральная

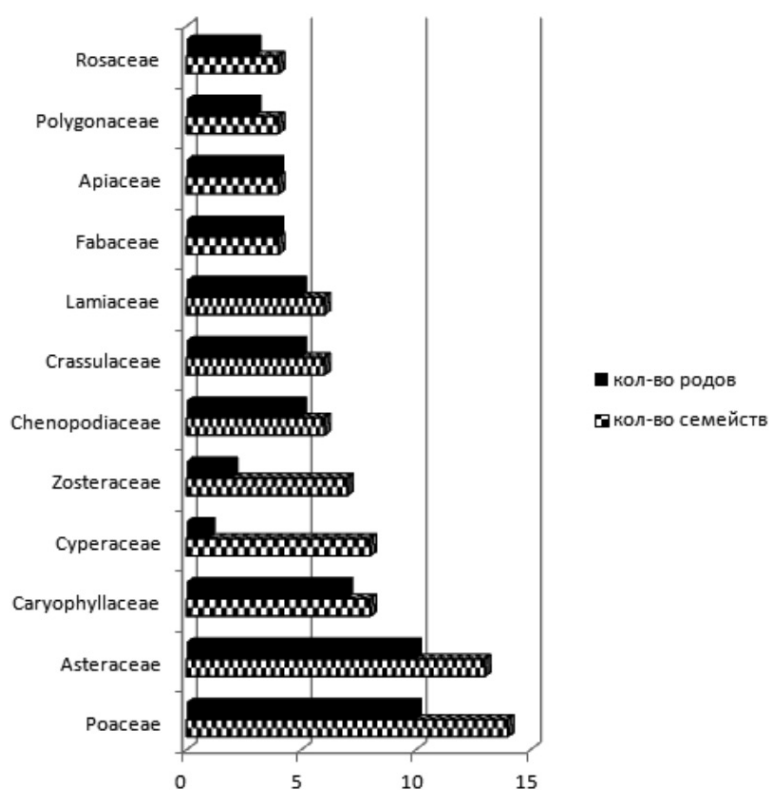


Рис. 3. Ведущие семейства и роды галофитного прибрежно-морского флористического комплекса Приморского края



Рис. 4. Соотношение числа видов в эколого-ценотических группах прибрежно-морского комплекса по географическим элементам

Виды комплекса специфичны и выносятся за пределы засоленных условий. Наиболее распространены виды восточноазиатские, в меньшей степени азиатско-американского, азиатского, евразиатского, циркумполярного, плюрирегионального ареалов (рис. 4).

Солёноводная группа насчитывает 7 видов (4%), включает морские травы, жизненный цикл которых проходит в солёноводной среде. Эти покрытосеменные являются теневыносливыми, олиго- или мезотрофами, гидатофитами, облигатными галофитами восточноазиатского (амуро-китайско-японского, эндемичного), циркумполярного и азиатско-американского (восточноазиатско-американского) ареалов (*Phyllospadix iwatensis* Makino, *Ph. juzepeczukii* Tzvel., *Zostera angustifolia* (Hornem.) Reichenb., *Z. asiatica* Miki, *Z. caulescens* Miki, *Z. japonica* Aschers. et Graebn., *Z. marina* L.).

Галофитно-луговая группа – 40 видов (40%), объединяет растения, произрастающие на пляжах (бенчах), песчаных косах, забрызгиваемых морской водой, заливаемых в сильные шторма и приливы. Представители этой группы являются светолюбивыми, олиго- или мезотрофами, ксеромезо- или мезофитами, факультативными галофитами с восточноазиатским (амуро-китайско-японским, эндемичным), циркумполярным и азиатско-американским распространением (*Adenophora triphylla* (Thunb.) A. DC.,

Angelica gmelinii (DC.) M. Pimen., *Arctopoa eminens* (J.S. Presl) Probat., *Artemisia stelleriana* Bess., *Atriplex subcordata* Kitag., *Carex arenicola* Fr. Schmidt, *C. gmelinii* Hook. et Arn., *C. kobomugi* Ohwi, *C. macrocephala* Willd. ex Spreng., *C. pumila* Thunb., *Cerastium fischerianum* Ser., *Choris repens* (L.) DC., *Elymus woroschilowii* Probat., *Glehnia littoralis* Fr. Schmidt ex Miq., *Hierochloë ochotensis* Probat., *H. sachalinensis* (Printz) Worosch., *Honkenya oblongifolia* Torr. et Gray, *Lathyrus japonicus* Willd., *Leymus mollis* (Trin.) Pilg., *Ligusticum scoticum* L., *Linaria japonica* Miq., *Mertensia maritima* (L.) S.F. Gray, *Puccinellia hauptiana* V. Krecz., *Rumex maritimus* L., *Rosa rugosa* Thunb., *Salsola komarovii* Iljin, *Scutellaria strigillosa* Hemsl., *Senecio pseudoarnica* Less., *Sonchus arenicola* Worosch., *Thermopsis lupinoides* (L.) Link, *Tripleurospermum tetragonospermum* (Fr. Schmidt) Pobed.).

Скальная (клифовая) группа – 36 видов (36%), включает виды, произрастающие на скалах и каменистых склонах морского побережья и подверженных воздействию морских брызг и ветров. Растения группы являются светолюбивыми, олиго- или мезотрофами, ксеро- или мезоксеро- или мезофитами, факультативными галофитами восточноазиатского – амуро-китайско-японского и эндемичного распространения (*Aizopsis littoralis* (Kom.) S. Gontch., *Anapha-*

lis sinica Hance, *Astragalus marinus* Boriss., *Aster spathulifolius* Maxim., *Artemisia littoricola* Kitam., *Dracocephalum charkeviczii* Probat., *Chrysanthemum coreanum* (Lévl. et Vaniot) Worosch., *Festuca kolesnikovii* Tzvel., *F. vorobievii* Probat., *Isatis yezoensis* Ohwi, *Kitagawia littoralis* (Worosch. et Gorovoi) M. Pimen., *Lilium lancifolium* Thunb., *Limonium tetragonum* (Thunb.) Bullock, *Heteropappus saxomarinus* Kom., *H. villosus* Kom., *Orostachys aggregata* (Makino) H. Hara, *O. japonica* (Maxim.) Berger, *O. malacophylla* (Pall.) Fisch., *O. maximowiczii* Byalt, *O. paradoxa* (A.P. Knokhr. et Worosch.) Czerep., *Oxytropis ruthenica* Vass., *Papaver sokolovskajae* Probat., *Plantago camtschatica* Link, *Poa vorobievii* Probat., *P. zhirmunskii* Probat., *Potentilla fragiformis* Willd. ex Schlecht., *Rosa maximowicziana* Regel, *Sagina japonica* (Sw.) Ohwi, *S. maxima* A. Gray, *Saxifraga ascoldica* Sipl., *Scrophularia grayana* Maxim., *Thymus semiglaber* Klok.).

Маршевая группа – 22 вида (21 %), объединяет виды маршей – низинных участков пляжей, затапливаемых в приливы морской водой. Виды группы являются светолюбивыми, олиго- или мезотрофами, ксеромезо-, мезофитами или гигрофитами, факультативными галофитами амуро-китайско-японского, евразийского, циркумполярного, плюрирегионального ареалов (*Atriplex patens* (Litv.) Iljin, *Carex glareosa* Wahlenb., *Carex scabrifolia* Steud., *Carex subspathacea* Wormsk. ex Hornem., *Chenopodium glaucum* L., *Glaux maritima* L., *Hippuris tetraphylla* L., *Juncus haenkei* E. Mey., *Ophioglossum nipponicum* Miyabe et Kudo, *Polygonum liaotungense* Kitag., *Potentilla anserina* L., *Plantago japonica* Franch. et Savat., *Pucci-*

nellia kurilensis (Takeda) Honda, *P. nipponica* Ohwi, *Ranunculus sarmentosus* Adams, *Spergularia salina* J. et C. Presl, *Salicornia perennans* Willd., *Suaeda glauca* (Bunge) Bunge, *S. heteroptera* Kitag., *Tripolium pannonicum* (Jacq.) Dobrocz., *Triglochin asiaticum* L., *T. maritimum* L.).

Синантропный комплекс – 84 вида (44 % от галофитно-синантропной флоры) представлен рудеральной группой (рис. 5).

Рудеральная группа из рудеральных, сорных и ушедших из культуры видов, поселяющихся по дорогам, тропам, у жилья. Виды этой группы светолюбивые, теневыносливые, олиго-, мезо- и мегатрофы, ксерофиты, ксеромезофиты, мезофиты, выдерживающие галофитные условия евразийского, плюрирегионального, циркумполярного, восточноазиатского (амуро-китайско-японского) распространения (*Acetosella vulgaris* (W.D.J. Koch) Fourr., *Artemisia annua* Pall., *Atriplex patula* L., *A. prostrata* Boucher ex DC., *Brassica juncea* (L.) Czern., *Bunias orientalis* L., *Camelina sativa* (L.) Crantz, *Cerastium holosteoides* Fr., *Chenopodium urbicum* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Festuca pratensis* Huds., *Galinsoga ciliata* (Raf.) S.F. Baker, *Galium vaillantii* DC., *Lepidium densiflorum* Schrad., *Linaria vulgaris* Mill., *Hordeum jubatum* L., *Juncus gerardii* Loisel., *J. tenuis* Willd., *Melandrium album* (Mill.) Garcke, *Oenothera biennis* L., *Raphanus raphanistrum* L., *Saponaria officinalis* L., *Scleranthus annuus* L., *Spergularia rubra* (L.) J. et C. Presl, *Stellaria media* (L.) Vill., *Senecio viscosus* L., *Solanum nigrum* L., *Sonchus oleraceus* L., *S. vulgaris* L., *Taraxacum officinale* Wigg. и др.).

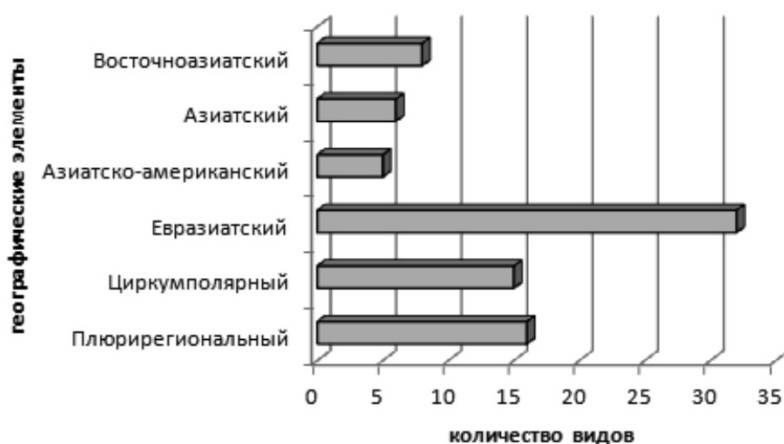


Рис. 5. Соотношение числа видов синантропного комплекса по географическим элементам

Заключение

Таким образом, галофитный прибрежно-морской флористический комплекс Приморского края составлен 105 видами, 77 родами, 28 семействами (56% от галофитно-синантропного; 3,8% от природной флоры Приморского края) из галофитно-луговой (21%), скальной (клифовой) (36%), маршевой (12%) и солёноводной (4%) эколого-ценотических групп. Виды комплекса в основном относятся к двудольным цветковым растениям, чуть меньше – к однодольным, наименьшая доля – к голосеменным и папоротниковидным. Преобладают представители семейств: *Poaceae*, *Asteraceae*, *Caryophyllaceae*, *Cyperaceae*, *Zosteraceae*, *Chenopodiaceae*, *Crassulaceae*, *Lamiaceae*, *Fabaceae*, *Apiaceae*, *Polygonaceae*, *Rosaceae*. Состав ведущих родов – это *Carex*, *Orostachys*, *Artemisia*, *Zostera*, *Potentilla*, *Trifolium*, *Allium*, *Geranium*, *Rumex*, *Aizopsis*, *Juncus*, *Calamagrostis*, *Festuca*. Природный галофитный комплекс имеет в основном восточноазиатское распространение, в меньшей степени азиатское, азиатско-американское, евразийское, циркумполярное. Он носит черты зональности в большей степени, чем аazonальности. Синантропный комплекс состоит из 84 видов (44% от галофитно-синантропного) широкого распространения в большей степени евразийского, плурирегионального и циркумполярного распространения, в меньшей – восточноазиатского, азиатского и азиатско-американского. Такое соотношение отражает специфику прибрежно-морской зоны Приморского края, что обусловлено природными, климатическими, историческими причинами формирования галофит-

ной флоры. Также большое воздействие на флору оказывает антропогенный фактор.

Список литературы

1. Киселёва А.Г. Состав и экологическая характеристика прибрежно-морской флоры Приморского края: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток, 2013. 24 с.
2. Бутов И.В. Сосудистые растения супралиторали островной Малой Курильской гряды // Вестник КрасГАУ, 2016. № 4. С. 40–45.
3. Жудова П.П. Растительность и флора Судзукхинского государственного заповедника Приморского края // Труды Сихотэ-Алинского государственного заповедника. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1967. Вып. IV. С. 3–245.
4. Галанин А.В., Аверкова Г.П., Баркалов В.Ю., Безделева Т.А., Василенко Н.А., Верхолат В.П., Галанина И.А., Михалева Н.А., Недолужко В.А., Нестерова И.А., Павлова Н.С., Пименова Е.А., Пробатова Н.С., Смирнова Е.А., Якубов В.В. Флора Сихотэ-Алинского биосферного заповедника (сосудистые растения). Владивосток: БСИ ДВО РАН, 2004. 301 с.
5. Лящевская М.С., Киселёва А.Г., Родникова И.М., Пшеничникова Н.Ф. Почвенно-растительный покров материкового побережья бухты Табунной и близлежащих островов залива Петра Великого // География и природ. ресурсы, 2013. Т. 3. № 3. С. 91–99.
6. Левенец И.Р., Покровская Н.В. Биоморфологические особенности сосудистых растений супралиторали Приморского края // Вестник КрасГАУ, 2016. № 11. С. 85–90.
7. Ганзей К.С., Киселёва А.Г., Родникова И.М., Лящевская М.С., Пшеничникова Н.Ф. Природные и антропогенные факторы развития острова Попова (Японское море) // География и природ. ресурсы, 2018. № 1. С. 131–141. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2018-1(131-141).
8. Петренко В.С. Морфология и динамика берегов Приморья // Записки Общества изучения Амурского края. Третьи Муравьевские чтения. 2009. С. 196–201.
9. Сосудистые растения советского Дальнего Востока. Т. 1-8 / под. ред. С.С. Харкевича. Т. 1. Л.: Наука, 1985. 398 с.; Т. 2. Л.: Наука, 1987. 446 с.; Т. 3. Л.: Наука, 1988. 421 с.; Т. 4. Л.: Наука, 1989. 380 с.; Т. 5. СПб.: Наука, 1991. 390 с.; Т. 6. СПб.: Наука, 1992. 428 с.; Т. 7. СПб.: Наука, 1995. 395 с.; Т. 8. СПб.: Наука, 1996. 383 с.
10. The Plant List a working list of all plants species [Electronic resource]. URL: <http://www.theplantlist.org/> (дата обращения: 12.01.2019).

УДК 582:581.481

ОЦЕНКА АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ ЛИСТОВОГО ОПАДА НА НАЧАЛЬНЫЕ ЭТАПЫ ОНТОГЕНЕЗА ЧАСТУХИ ПОДОРОЖНИКОВОЙ (*ALISMA PLANTAGO-AQUATICA* L.)

Крылова Е.Г., Гарин Э.В.

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, п. Борок, Ярославская область,
e-mail: panovaeg@mail.ru

Впервые проведено изучение влияния листового опада берёзы повислой и камыша лесного на прорастание семян и формирование проростков частухи подорожниковой (*Alisma plantago-aquatica* L.). Семена проращивались в водной вытяжке из старых (прошлогодных) листьев при концентрациях 25, 50, 75 и 100%. Доля прорастающих семян свидетельствовала о степени аллелопатического воздействия растворимых веществ из разлагающихся листьев на рост и развитие частухи подорожниковой. В конце эксперимента у проростков частухи измеряли длину главного и придаточных корней, гипокотили, длину и ширину семядоли и листьев. Установлено, что наибольшее влияние оказали вещества листового опада берёзы: при 25% вытяжки лабораторная всхожесть увеличилась в 5,8 раза по сравнению с контролем, при 50–100% она достигла максимума (100%) и увеличилась в 6,4 раза. Выявлено, что вещества листового опада камыша также достоверно увеличивали лабораторную всхожесть при всех концентрациях, но при 100% вытяжки она достигла 72% (увеличение в 4,6 раза). Полученные данные позволяют говорить о положительном влиянии веществ листового опада как на всхожесть семян, так и на развитие проростков исследованного вида. Достоверно увеличивались длина главного корня (влияние веществ листового опада берёзы) и гипокотили (влияние веществ листового опада обоих видов). При образовании опада накапливаются вторичные метаболиты, в том числе фенолы, которые подавляют всхожесть семян. Вероятно, в осенний и весенний периоды происходит активное вымывание фенолов из свежего опада, и к лету в прошлогоднем опаде преобладают вещества, способствующие адаптации проростков к стрессу и стимулирующие корнеобразование. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости продолжения подобных исследований.

Ключевые слова: частуха подорожниковая, *Alisma plantago-aquatica*, прорастание семян, развитие проростков, листовая опад берёзы повислой, листовая опад камыша лесного

EVALUATION OF THE ALLELOPATHIC EFFECT OF LEAF LITTER ON THE INITIAL STAGES OF ONTOGENESIS OF WATER PLANTAIN (*ALISMA PLANTAGO-AQUATICA* L.)

Krylova E.G., Garin E.V.

Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences, Borok,
Yaroslavskaya oblast, e-mail: panovaeg@mail.ru

For the first time, the influence of leaf litter of silver birch and reed on seed germination and the generation of water plantain (*Alisma plantago-aquatic* L.) seedlings has been studied. The seeds were germinated in water extracts of old (last year) leaves in the concentrations of 25, 50, 75 and 100%. The proportion of germinating seeds testified to the degree of allelopathic effects of soluble substances from decomposing leaves on the growth and development of water plantain. At the end of the experiment, in seedlings, the length of main and adventitious roots, hypocotyls, the size of cotyledons and leaves were measured. It was found that birch leaf litter caused the greatest effect: at 25% concentration of the extract laboratory germination increased 5.8 times as compared with control, at 50–100% one it reached a maximum (100%) and increased 6.4 times. It was revealed that leaf litter substances of reed also significantly increased laboratory germination at all concentrations, and at 100% concentration of the extract it reached 72% (an increase of 4.6 times). The obtained data showed a positive effect of leaf litter substances on the germination of the seeds as well as on the development of seedlings of studied plant species. The length of the main root (influence of birch leaf litter) and hypocotyl (influence of leaf litter substances of both species) significantly increased. In the process of the formation of fallen leaves, secondary metabolites accumulate, including phenols, which suppress the germination of seeds. It is likely that in the autumn and spring periods, the phenols are actively washed out of the fresh litter, and by the summer in the last year's litter, substances that contribute to the adaptation of the seedlings to stress and stimulate rooting predominate. The results indicate the need to continue such studies.

Keywords: water plantain, *Alisma plantago-aquatica*, seed germination, seedling development, leaf litter of silver birch, leaf litter of reed

Органические вещества, попадающие в окружающую среду при разложении растительных остатков, используются другими организмами в качестве пищи, а также непосредственно влияют на состояние всего биогеоценоза. Выделяемые вещества можно разделить на прижизненные: выделения листьев, корней, стеблей, вещества плодов, цветков и семян, а также образующиеся по-

сле разложения отмерших органов и поступающие в почву в виде опада.

Исследуя литературные данные, мы выявили, что максимальную аллелопатическую активность по сравнению с другими органами растений имеют листья. Это обусловлено высоким уровнем их обмена веществ и аккумуляцией различных полифенолов в процессе вегетации [1]. Листо-

вой опад в период формирования теряет значительную часть свойственных зрелым листьям компонентов: разрушаются фотосинтетические пигменты, белки, в пределах растительного организма происходит реутилизация азота и ряда микроэлементов.

В стареющих листьях в процессе подготовки к будущему листопаду происходит накопление вторичных соединений, в первую очередь фенольных производных, проявляющих свойства природных ингибиторов. В связи с этим встает вопрос о влиянии листового опада на прорастание семян и развитие проростков различных растений.

Исследования, посвященные данной проблеме в нашей стране немногочисленны. Так проведены работы по выявлению влияния листового опада тополя бальзамического на семена культурных и сорных растений [2]. Изучалось действие листового опада древесных растений на особенности формирования травянистых растений биоценоза [3]. Показана также активность аллелопатических свойств опада древесных растений на показатели почвы под ними [4]. Определены данные химического состава и биологической активности листового опада видов рода орех [5].

Гораздо шире изучение влияния листового опада рассмотрено в зарубежной литературе, в которой основная роль уделяется сельскохозяйственным культурам [6–8].

Рассмотрение данного вопроса в отношении водных и прибрежно-водных растений не проводилось.

Высокой биохимической и физиологической активностью обладают фенольные соединения, освобождающиеся в результате разложения опада [9]. Листовой опад является субстратом, обедненным азотом с высоким количественным соотношением «кальций/калий» [10]. Калий, как и азот, оказывает большое влияние на процессы вегетативного роста, кальций – на репродуктивные процессы, адаптацию к стрессам и корнеобразование. В образовавшемся ранее опаде, по сравнению со свежим, для видов липы и дуба выявлено значительное снижение содержания растворимых фенольных соединений, что объясняется их активным вымыванием в осенний и весенний периоды [11].

Целью нашей работы было изучение влияния старого листового опада берёзы повислой и камыша лесного на прорастание семян и развитие проростков частухи подорожниковой.

Материалы и методы исследования

Частуха подорожниковая (*Alisma plantago-aquatica* L.; Alismataceae) – земноводный летнезелёный короткокорневищный травянистый многолетний поликарпик; гелофит;

прибрежно-луговой; евро-азиатский; широко распространён по берегам рек и озёр, лужам, обводнённым канавам и кюветам, всевозможным сырым и топким местам. Семена частухи устойчивы к негативному воздействию различных факторов – сульфата никеля [12, 13], хлорида никеля [14] и ряда других тяжёлых металлов [15].

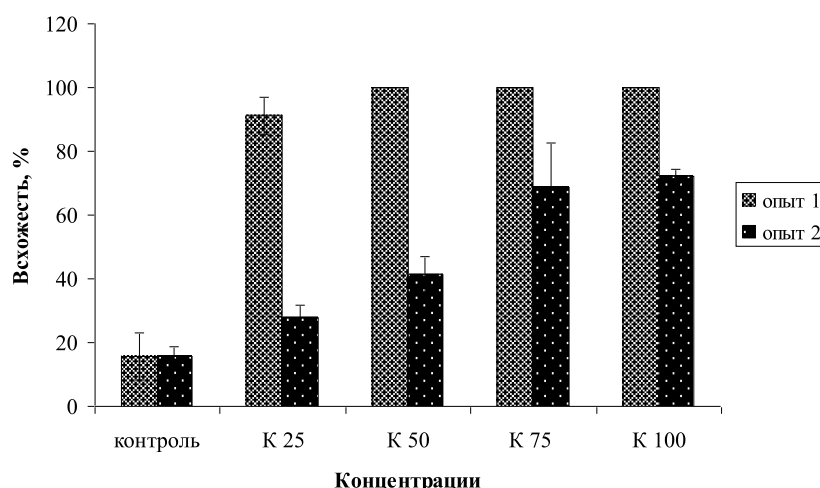
Берёза повислая (*Betula pendula* Roth; Betulaceae) – дерево первой величины; мезофанерофит; лесной; евро-западноазиатский; широко распространена как в виде чистых насаждений, так и в виде примеси в лесах разного состава, как пионерная порода – на гарях, вырубках, по берегам водоёмов, широко культивируется.

Камыш лесной (*Scirpus sylvaticus* L.; Cyperaceae) – земноводный летне-зимнезелёный длиннокорневищный травянистый многолетний поликарпик; геофит; болотно-лугово-лесной; евро-западноазиатский; часто встречается по низинным и переходным болотам, заболоченным лугам и лесам, торфяникам, ольшаникам и ивнякам, канавам, берегам рек, озёр и ручьёв.

Прорастание семян частухи подорожниковой (*A. plantago-aquatica*) проводилось в лабораторных условиях в люминостате. Для извлечения водорастворимых аллелопатически активных веществ готовили 24-часовые водные (в прудовой воде) вытяжки из старых листьев берёзы и камыша лесного в концентрациях 25, 50, 75 и 100 %. Концентрации были выбраны, используя литературу по данной проблеме [16]. Прошлогодние листья обоих видов были собраны со дна водоёма, отделены от веткопада, а также от свежих листьев и от полуразложившихся листьев позапрошлого года. Семена после содержания в холодильнике в течение 4 месяцев помещали в чашки Петри на увлажнённую вытяжкой из опада фильтровальную бумагу при температуре 20–25 °C. В контроле использовали прудовую воду. Полив семян свежеприготовленной вытяжкой осуществлялся ежедневно.

Повторность опытов трёхкратная, освещённость 3200 лк, фотопериод 9/15 (свет/темнота, ч.). Длительность эксперимента 15 суток. Доля прорастающих семян, помещённых в вытяжку из листьев, учитывалась в качестве показателя степени аллелопатического воздействия последних.

Для описания процесса прорастания использовали следующие показатели: лаг-время – время от начала эксперимента до момента прорастания, период прорастания – время, в течение которого семена прорастали, лабораторная всхожесть – количество проросших семян в конце эксперимента.



Аллелопатическое влияние прошлогоднего листового опада берёзы повислой (опыт 1) и камыша лесного (опыт 2) в разных концентрациях (25, 50, 75 и 100 %) на лабораторную всхожесть семян частухи подорожниковой

У проростков (по 10 штук) измеряли морфологические показатели: длину главного и придаточных корней, гипокотилия, длину и ширину семядоли и листьев. При статистической обработке данных использовали программу Microsoft Excel 2003. Данные представлены в виде средних и их стандартных отклонений ($\bar{x} \pm SE$). Достоверность различий величин выявляли по критерию Стьюдента при уровне значимости $p \leq 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Влияние на прорастание семян

Семена во всех вариантах прорастали дружно – лаг-время было сходно с контрольными значениями (2–3 сут), что свидетельствует о нормальном дозревании семян и хорошей способности к прорастанию. Период прорастания в контроле больше (10 сут), чем при действии вытяжки листьев берёзы при 50–100 % (6 сут). При влиянии вытяжки из листьев камыша данный показатель увеличивался (до 12 сут) по сравнению с контрольными значениями. По-видимому, вытяжка из листового опада в той или иной степени оказывает влияние уже на стадии набухания семян.

На лабораторную всхожесть наибольшее влияние оказали вещества листового опада берёзы. Уже при 25 % вытяжки она увеличилась в 5,8 раза, а при 50–100 % вытяжки возрастала в 6,4 раза (рисунок), достигнув максимума (100 %). Вещества листового опада камыша также достоверно увеличивали лабораторную всхожесть при

всех концентрациях вытяжки. Однако данное изменение проходило постепенно и при 100 % концентрации вытяжки достигло 72 % (увеличение в 4,6 раза). Полученные результаты позволяют говорить о положительном (в разной степени) влиянии прошлогоднего листового опада обоих видов на всхожесть семян частухи подорожниковой.

Подобный эффект был обнаружен при изучении влияния вытяжки листового опада тополя бальзамического на прорастание семян сорных растений. Под действием 5 %-ной концентрации раствора вытяжки из опада наблюдалось стимулирование прорастания семян по отношению к контролю на 12 % [2].

В листовом опаде много целлюлозы (клетчатки). Было показано, что клетчатка представляет своего рода сорбент, снижающий количество активных молекул-ингибиторов, а кальций способен приближать реакцию водных вытяжек из опада к нейтральной. В процессе формирования опада параллельно происходит накопление вторичных метаболитов, в том числе фенолов, и вынос ряда зольных элементов с их дальнейшей реутилизацией. Фенольные соединения зачастую оказываются ответственными за подавление всхожести семян, угнетение ростовых процессов, т.е. за развитие эффектов, которые обычно свидетельствуют о наличии в среде природных ингибиторов. С другой стороны, количество отторгаемой с опадом органической массы имеет пределы, поэтому повышенное содержание клетчатки может соответствовать относительно меньшему присутствию фенольных соединений [5].

Аллелопатическое влияние веществ листового опада на морфометрические показатели проростков частухи подорожниковой

% состав выяжки	Величина глав- ного корня, мм	Количество прида- точных корней, шт.	Величина гипо- котыля, мм	Длина семядоли, мм	Ширина семядоли, мм	Длина листьев, мм		Ширина листьев, мм	
						1-й лист	2-й лист	1-й лист	2-й лист
0	b	1,2 ± 0,1	1,09 ± 0,08	14,7 ± 0,5	0,48 ± 0,05	16,4 ± 0,6	4,3 ± 1,1	0,21 ± 0,02	0,29 ± 0,05
	s	1,6 ± 0,2	1,1 ± 0,1	18,2 ± 0,6	0,29 ± 0,01	14,5 ± 0,7	4,95 ± 0,9	0,63 ± 0,06	0,37 ± 0,05
25	b	1,6 ± 0,1	1,16 ± 0,05	16,7 ± 0,9	0,52 ± 0,03	17,7 ± 0,9	6,1 ± 0,6	0,29 ± 0,02*	0,37 ± 0,03*
	s	1,7 ± 0,2	1,47 ± 0,08*	16,3 ± 0,7	0,3 ± 0	12,7 ± 1,5	4,6 ± 0,8*	0,51 ± 0,06	0,37 ± 0,05
50	b	1,1 ± 0,1	1,47 ± 0,06*	16,4 ± 0,8	0,53 ± 0,03	15,5 ± 0,7	5,2 ± 0,8	0,24 ± 0,05	0,27 ± 0,05
	s	1,8 ± 0,1	1,33 ± 0,06	16,5 ± 0,7	0,3 ± 0	14,2 ± 0,8	5,25 ± 0,9	0,56 ± 0,04	0,34 ± 0,04
75	b	1,7 ± 0,1*	1,43 ± 0,08*	16,8 ± 0,7	0,56 ± 0,02	16,8 ± 0,7	6,0 ± 0,9	0,28 ± 0,02*	0,34 ± 0,04*
	s	1,8 ± 0,1	1,41 ± 0,05*	16,8 ± 0,6	0,3 ± 0	14,4 ± 0,6	6,1 ± 0,3	0,55 ± 0,03	0,39 ± 0,02
100	b	1,6 ± 0,2	1,43 ± 0,07*	15,6 ± 0,6	0,51 ± 0,02	15,6 ± 0,6	5,2 ± 0,7	0,23 ± 0,01	0,26 ± 0,04
	s	1,9 ± 0,1	1,37 ± 0,1	17,1 ± 0,7	0,3 ± 0	14,6 ± 1,3	5,7 ± 0,8	0,53 ± 0,02	0,35 ± 0,02

Примечание. * достоверные различия с контролем; b – влияние листового опада берёзы, s – листового опада камыша лесного.

Влияние на развитие проростков

Длина главного корня достоверно увеличивалась под влиянием листового опада берёзы повислой при 50–100% концентрации вытяжки и не изменялась при действии листового опада камыша лесного (таблица). При этом главный корень становился тонким и закрученным. Длина гипокотилия в первом опыте достоверно изменялась при тех же концентрациях, во втором – при 25 и 75%. Аллелопатического влияния на семядолю не выявлено. Листья также отреагировали незначительно. Однако при высоких концентрациях вытяжки они изменяли окраску до бледно-зеленого цвета.

В целом же отмечено стимулирующее влияние прошлогоднего листового опада (в большей степени берёзы повислой) на прорастание семян и развитие проростков частухи подорожниковой.

Выводы

1. Отмечено аллелопатическое влияние вытяжки из прошлогоднего листового опада берёзы повислой и камыша лесного на прорастание семян частухи подорожниковой – лабораторная всхожесть в 100% вытяжке увеличилась в 6,4 и 4,6 раз соответственно.

2. Выявлено стимулирующее влияние вытяжки из прошлогоднего листового опада на формирование проростков. Достоверно выросла величина главного корня (влияние веществ листового опада берёзы) и гипокотилия (влияние веществ листового опада обоих видов).

3. Старый листовый опад может быть использован в цветоводстве и сельском хозяйстве для стимуляции прорастания семян.

Работа выполнена в рамках госбюджетной темы ФАНО России для Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина (№ АААА-А18-118012690099-2 «Растительный покров водоёмов и водотоков России: структура и динамика», руководитель канд. биол. наук, доцент А.Г. Лапиров).

Список литературы

1. Ерёмченко Ю.А. Аллелопатические свойства адвентивных видов древесно-кустарниковых растений // Промышленная ботаника, 2012. № 12. С. 188–193.
2. Кондрусова Е.С., Жумабаева С.Е. Растения Северного Казахстана как источники аллелопатически активных веществ // Актуальные проблемы современных наук: Матер. конф. Прага, 2010 [Электронный ресурс]. URL: http://www.rusnauka.com/15_APSN_2010/Biologia/66951.doc.htm (дата обращения: 01.12.2018).

rusnauka.com/15_APSN_2010/Biologia/66951.doc.htm (дата обращения: 01.12.2018).

3. Коношина С.Н., Хилкова Н.Л., Прудникова Е.Г. Аллелопатическая активность листового опада древесных растений Орловской области // Учёные записки Орловского государственного университета, 2014. № 3 (59). С. 152–155.
4. Крючкова А.И., Кульбачко Ю.Л. Аллелопатическая активность листового опада древесных растений, почвы и копролитов в парках г. Днепропетровск // Scientific Journal «ScienceRise», 2014. № 4/1(4). С. 20–24.
5. Помогайбин А.В., Кавеленова Л.М., Силаева О.Н. Некоторые особенности химического состава и биологической активности листового опада видов рода *Orex* (*Juglans* L.) при интродукции в Среднем Поволжье // Химия растительного сырья, 2002. № 4. С. 43–47.
6. Bais H.P., Vepachedu R., Gilroy S., Callaway R.M., Vivanco J.M. Allelopathy and exotic plant invasion: From molecules and genes to species interactions. Science, 2003. Vol. 301. P. 1377–1380. DOI: 10.1126/science.1083245.
7. Callaway R.M., Ridenour W.M. Novel weapons: Invasive success and the evolution of increased competitive ability. Frontiers in Ecology and the Environment, 2004. Vol. 2(8). P. 436–443. DOI: 10.1890/1540-9295(2004)002[0436:NWISAT]2.0.CO;2.
8. Csiszar A. Allelopathic effect of invasive woody plant species in Hungary. Acta Silvatica et Lignaria Hungarica, 2009. Vol. 5. P. 9–17.
9. Запрометов М.Н. Фенольные соединения: распространение, метаболизм и функции в растениях. М., 1993. 272 с.
10. Petrochenko K.A., Kurovskiy A.V., Babenko A.S. Ionic homeostasis and some other features of *Eiseniafetida* (Oligochaeta) cultivated on substrates of various characters and of different chemical composition // Advances in earthworm taxonomy VI (Annelida: Oligochaeta): Proceedings of the 6th International oligochaete taxonomy meeting (6th IOTM) (Palmeira de Faro, Portugal, April 22–25, 2013). Heidelberg, 2014. P. 171–176.
11. Валовенко А.В. Влияние листового опада на всхожесть семян клевера // Интеллектуальный потенциал XXI века: Ступени познания. Сборник материалов XL Молодёжной международной научно-практической конференции. Новосибирск: Общество с ограниченной ответственностью «Центр развития научного сотрудничества», 2017. С. 79–82.
12. Крылова Е.Г. Влияние сульфата никеля на прорастание семян и развитие проростков прибрежно-водных растений // Journal of Siberian Federal University. Biology 1 (2010, 3). P. 99–106.
13. Крылова Е.Г. Влияние сульфата никеля на прорастание семян водных растений // Поволжский экологический журнал. 2011. № 1. С. 36–41.
14. Лапиров А.Г., Сигарёва Л.Е., Крылова Е.Г., Тимофеева Н.А. Влияние хлорида никеля на прорастание семян и морфофизиологические показатели проростков *Alisma plantago-aquatica* L. и *Sium latifolium* L. // Биология внутренних вод. 2017. № 3. С. 66–72. DOI: 10.7868/S0320965217030093.
15. Крылова Е.Г. Прорастание семян и развитие проростков частухи подорожниковой (*Alisma plantago-aquatica* L.) в растворах солей тяжёлых металлов // Вода: химия и экология. 2013. № 10. С. 107–111.
16. Gopal Debnath, Panna Das, Ajay Krishna Saha. Allelopathic effect of *Clerodendrum infortunatum* L. leaf extract on seed germination and seedling growth of some agricultural crops of Tripura, India. Int. Res. J. Pharm. 2017. Vol. 8(1). P. 46–49. DOI: 10.7897/2230-8407.08019.

УДК 57.033

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБРАБОТКИ ДРОЖЖЕВОГО МОЛОКА КОЛЛОИДНЫМИ ИОНАМИ СЕРЕБРА ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЭТАПА БРОЖЕНИЯ ТЕСТА

Петрова А.С.

ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»,
Великий Новгород, e-mail: novsu@novsu.ru

В материалах статьи рассматривается возможность использования обработки дрожжевого молока коллоидными ионами серебра для сокращения производственного этапа брожения теста. Целью данного исследования являлось определение возможности использования обработки дрожжевого молока коллоидными ионами серебра для сокращения производственного этапа брожения теста. В ходе исследования установлено, что обработка воды коллоидными ионами серебра оказала положительное влияние на подъемную силу дрожжей. В ходе определения влияния данного метода обработки на рост биомассы данного вида одноклеточных грибов также обнаружено существенное воздействие – в питательной среде, содержащей коллоидные ионы серебра, содержание дрожжевых клеток оказалось достоверно выше. На этапе исследования влияния воздействия коллоидных ионов серебра на технологические свойства теста также выявлена положительная динамика – в образцах теста, приготовленных с использованием дрожжевого молока, обработанного коллоидными ионами серебра, подъемная сила оказалась достоверно выше, чем в необработанных образцах. В результате проведенных исследований установлено, что использование коллоидных ионов серебра оказало достоверное влияние на увеличение подъемной силы теста и может рассматриваться на один из возможных путей сокращения производственного этапа брожения теста.

Ключевые слова: дрожжи, коллоидные ионы, серебро, обработка, скорость подъема

I THE POSSIBILITY OF USING MILK YEAST TREATMENT COLLOIDAL SILVER IONS FOR REDUCTION OF THE PRODUCTION PHASE OF FERMENTATION OF THE DOUGH

Petrova A.S.

Novgorod State University named after Yaroslav the Wise, Velikiy Novgorod, e-mail: novsu@novsu.ru

The article considers the possibility of using the processing of yeast milk colloidal silver ions to reduce the production stage of fermentation test. The aim of this study was to determine the possibility of using the processing of yeast milk colloidal silver ions to reduce the production stage of fermentation test. The study found that the treatment of water with colloidal silver ions had a positive effect on the lifting force of yeast. In the course of determining the effect of this method of processing on the growth of biomass of this type of single-celled fungi, a significant impact was also found-in a nutrient medium containing colloidal silver ions, the content of yeast cells was significantly higher. At the stage of the study of the effect of colloidal silver ions on the technological properties of the test, a positive dynamics was also revealed – in the test samples prepared using yeast milk treated with colloidal silver ions, the lifting force was significantly higher than in the untreated samples. As a result of the research, it was found that the use of colloidal silver ions had a significant impact on the increase in the lifting force of the test and can be considered one of the possible ways to reduce the production stage of fermentation of the test.

Keywords: yeast, colloidal ions, of silver, treatment, the rate of rise of

На фоне быстротекущего научно-технического прогресса, а также удорожания стоимости электроэнергии и увеличения требований к экологичности пищевых производств остро встает вопрос поиска путей снижения затрат на производство за счет внедрения новых технологий и технологических приемов без серьезных капитальных вложений.

Одним из высокоэнергоёмких производств является хлебопекарное производство – количество энергии, затрачиваемой на выпечку продукции, в среднем составляет 0,125–0,167 кВт·ч/кг продукта. В этой связи интенсификация некоторых этапов технологического процесса данного производства позволит сократить долю расходов на электроэнергию в себестоимости продукции,

что, в конечном итоге, позволило бы снизить стоимость социально важного продукта – хлеба для конечного потребителя.

Подъем теста при выпечке хлебобулочных изделий (хлеба) представляет собой процесс брожения, осуществляемый при помощи хлебопекарных дрожжей – микроорганизмов из семейства сахаромикетов (*Saccharomyces cerevisiae*). Важной задачей производства является обеспечение максимально возможной скорости протекания процесса брожения без снижения качественных показателей готового продукта – хлеба.

Изначальные биотехнологические характеристики дрожжей являются тем лимитирующим фактором, который позволяет определить результат интенсификации. В ходе увеличения активности этих одно-

клеточных грибов происходит сокращение этапа созревания теста, увеличиваются его структурно-механические свойства, соответственно, улучшается качество готового продукта.

Основным показателем качества дрожжей является их физиологическая активность, которая определяется подъемной силой – способностью за установленное время обеспечить подъем теста до требуемого уровня – и характеризует сбраживание глюкозы и сахарозы комплексом ферментов дрожжей [1].

На сегодня проведено большое количество исследований, направленных на поиск путей увеличения активности дрожжевой биомассы. Проблемным моментом в данных исследованиях является тот факт, что используемые методы увеличения активности дрожжей не должны оказывать негативного влияния на организм человека. Используемые сегодня методы увеличения активности можно разделить на физические – связанные с воздействиями на цитоплазматическую мембрану дрожжей и изменяющие ее проницаемость, и химические – использующие различные воздействия на ферментативные структуры клеток.

Отечественными учеными уже проведено достаточно большое количество исследований, посвященных проблеме поиска способов активации дрожжевой клетки. Так, разработан биохимический способ активирования хлебопекарных прессованных дрожжей, при котором хлебопекарные прессованные дрожжи выдерживают в питательной среде, содержащей заварку и солод, в качестве ингредиентов питательной среды используют чечевичную муку и ржаной неферментированный солод. Предложенный способ активации прессованных дрожжей позволяет повысить качество дрожжей, снизить расход основного сырья – пшеничной муки на стадии активации прессованных дрожжей, интенсифицировать процесс, повысить подъемную силу и биологическую ценность готовых изделий [2].

В других исследованиях интенсификация процесса активации достигалась тем, что клейстеризацию крахмала проводили с одновременным разжижением термостабильной бактериальной среды с последующей ее инактивацией. С целью активации дрожжей использовалась питательная среда, состоящая из муки и воды с добавлением ферментных препаратов [2].

Известен способ активации прессованных хлебопекарных дрожжей, который предусматривает приготовление мучной суспензии, внесение в неё дрожжей и ультра-

тразвуковую обработку мучной суспензии со средней объемной плотностью энергии 150–1200 Дж/см³ при постоянном перемешивании. Для реализации данного способа в промышленности подойдет любая установка для обработки жидких сред ультразвуком [3].

При использовании воздействия на дрожжевую клетку лазерной обработки увеличивается метаболизм клеток, что позволило установить интенсификацию их созревания на 20–30% при производстве пшеничного хлеба. Помимо того, были обнаружены дополнительные положительные моменты воздействия – улучшение органолептических свойств хлеба (улучшение вкуса, увеличение эластичности мякиша, усиление аромата, увеличение интенсивности окрашенности корки).

Использование воздействия микроволн позволило увеличить активность дрожжей в 1,3 раза с получением качественного продукта брожения. Помимо увеличения активности, авторами исследования было отмечено и ускорение роста биомассы дрожжевых клеток [4].

Ионы серебра и его коллоидные растворы (суспензии мелкодисперсных наночастиц серебра) обладают бактерицидным, бактериостатическим, противовирусным, противогрибковым и антисептическим действием в отношении более чем 500 патогенных микроорганизмов, дрожжевых грибов и вирусов.

Высокая биологическая активность микроэлементов связана с их участием в синтезе ферментов и гормонов. В зависимости от концентрации в водных растворах ионы Ag⁺ могут как стимулировать, так и ингибировать активность ряда ферментов.

С целью снижения экономических затрат и ускорения технологического цикла разработано большое количество инновационных способов активации дрожжевой клетки, которые используются производителями на современных перерабатывающих предприятиях [5]. Исследований, направленных на исследование влияния коллоидных ионов серебра на активность дрожжей, на сегодня не проводилось, в этой связи данная работа является актуальной.

Цель исследования: определение возможности использования обработки дрожжевого молока коллоидными ионами серебра для сокращения производственного этапа брожения теста.

Материалы и методы исследования

Для проведения исследования использовались дрожжи «САФ-МОМЕНТ быстро-

действующие»; мука «Мак Фа» высший сорт; вода – из централизованного источника водоснабжения (ЦИВ).

Определение подъемной силы дрожжей проводилось согласно ГОСТ Р 54731–2011 [6].

Результаты исследования и их обсуждение

Вначале исследований определение подъемной силы дрожжей проводилось методом всплывания шарика (ускоренным методом). Для проведения исследования было подготовлено шесть образцов воды из централизованной системы водоснабжения, три из которых были обработаны коллоидными ионами серебра с помощью генератора коллоидных ионов серебра – аппарата «Георгий» с использованием режима 1 – до содержания ионов серебра ≈ 500 мкг/л. Время обработки 0,2 л воды составило $30,00 \pm 0,15$ с. Полученные в ходе исследования результаты исследования представлены в табл. 1.

Расчетное значение F-критерия Фишера для полученных результатов составило 8,61, следовательно, с вероятностью 95 % можно утверждать, что влияние признака «способ обработки воды при определении подъемной силы дрожжей» является существенным. Следовательно, обработка воды

коллоидными ионами серебра оказала положительное влияние на подъемную силу дрожжей.

В ходе дальнейших исследований были подготовлены образцы питательной среды, состоящей из яблочного сока и молочной сыворотки, подготовленные следующим образом: 310 мл сыворотки и 90 мл виноградного сока (общим объемом 0,4 л) довели до кипения, охладили до температуры 30°C , разлили в две стерильные колбы по 0,2 л. Образец в одной из колб обработали с помощью генератора коллоидных ионов серебра – аппарата «Георгий» с использованием режима 1 – до содержания ионов серебра ≈ 500 мкг/л. Время отработки 0,2 л воды составило $30,00 \pm 0,15$ с. Далее в колбы с питательной средой добавили по 10 мл 10%-ного раствора дрожжей. Подготовленные образцы находились в лаборатории кафедры технологии переработки сельскохозяйственной продукции НовГУ имени Ярослава Мудрого на протяжении 3-х суток при температуре 20°C , влажности воздуха $\approx 75\%$ и атмосферном давлении ≈ 761 мм рт.ст. Исследования проводились в 4-кратной повторности. Полученные в ходе исследования результаты исследования представлены на рисунке и в табл. 2.

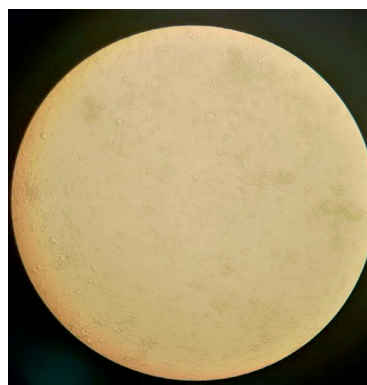
Таблица 1

Результаты исследования подъемной силы дрожжей

Критерий	Подъемная сила дрожжей			
	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	Среднее значение
Вода, не обработанная коллоидными ионами серебра	71,8	59,5	64,8	$65,4 \pm 6,1$
Вода, обработанная коллоидными ионами серебра	45,7	49,0	23,0	$39,2 \pm 14,2$



Обработанный образец



Необработанный образец

Биомасса дрожжей в обработанных и необработанных образцах

Таблица 2
Количество дрожжевых клеток в образцах

Образцы	Количество дрожжевых клеток в суспензии, $\cdot 10^4$ кл/см ³ $\bar{x} \pm \sigma$
Обработанные	$32,5 \pm 3,4$
Необработанные	$19,5 \pm 2,1$

В полученных образцах под микроскопом дрожжи видны как каплевидные образования овальной и шаровидной формы. Видимых отличий формы дрожжей в обработанных и необработанных образцах не обнаружено. Для подсчета клеток дрожжей в полученной биомассе использовалась камера Горяева.

Из анализа данных рисунка и табл. 2 следует, что в питательной среде, содержащей

сепарировании культуральной среды после размножения в ней дрожжей. Дрожжевые клетки в таком продукте находятся в более активном состоянии, чем в прессованных дрожжах. Концентрация дрожжей в пересчете на их влажность, равную 75 %, должна быть не менее 500 г/л, подъемная сила – не более 75 мм, кислотность в пересчете на уксусную кислоту – не более 360 мг через 72 ч хранения [7].

Для подготовки теста использовалась рецептура батона «Городской», ГОСТ 27844-88 (табл. 3) в пересчете на 1 кг муки.

Исследование влияния воздействия коллоидных ионов серебра на технологические свойства теста проводилось в трех повторностях. Моментом окончания подъема теста считалось увеличение первоначального объема тестовой заготовки на 50 %.

Рецептура батон «Городской»

Таблица 3

Наименование сырья	ГОСТ	Расход сырья на 1 кг муки, кг
Мука пшеничная высшего сорта	ГОСТ Р 52189-2003	1,00
Дрожжи прессованные хлебопекарные	ГОСТ Р 54731-2011	0,015
Соль поваренная пищевая	ГОСТ Р 51574-2000	0,025
Сахар белый	ГОСТ 33222-2015	0,01
Вода питьевая	СанПиН 2.1.4.1074-01 ГОСТ Р 51232-98	0,40
Итого		1,45

коллоидные ионы серебра в концентрации ≈ 500 мкг/л, количество дрожжевых клеток в 1 мл суспензии составило $32,5 \pm 3,4 \cdot 10^4$ кл/см³. В необработанных образцах количество дрожжевых клеток в 1 мл суспензии составило $19,5 \pm 2,1 \cdot 10^4$ кл/см³. Таким образом, содержание дрожжевых клеток в обработанных образцах оказалось достоверно выше на 66,7 % ($P \geq 0,99$), что подтверждает выдвинутую нами гипотезу о положительном воздействии коллоидных ионов на рост биомассы дрожжей.

Задачей следующего этапа исследований являлось исследование влияния воздействия коллоидных ионов серебра на технологические свойства теста.

Активация хлебопекарных дрожжей проводилась путем обработки воды, предназначенной для приготовления дрожжевого молока, с использованием генератора коллоидных ионов серебра «Георгий» в режиме прибора № 1, позволяющем получать концентрацию ионов серебра ≈ 500 мкг/л. Время отработки 0,2 л воды составило $30,00 \pm 0,15$ с.

Дрожжевое молоко – это жидкая суспензия дрожжей в воде, полученная при

Результаты исследований образцов представлены в табл. 4.

Анализируя данные табл. 4, определено, что в образцах теста, приготовленных с использованием дрожжевого молока, обработанного коллоидными ионами серебра, подъемная сила составила $53,3 \pm 0,73$ мин, что достоверно выше, чем в необработанных образцах, на 18,8 % ($P \geq 0,95$).

Таблица 4

Влияние воздействия коллоидных ионов серебра на подъемную силу теста

Образцы	$\bar{x} \pm \sigma$
Обработанные	$53,3 \pm 0,73$
Необработанные	$63,3 \pm 2,08$

Выводы

В результате проведенных исследований нами установлено, что использование коллоидных ионов серебра оказало достоверное влияние на увеличение подъемной силы теста и может рассматриваться на один из возможных путей сокращения производственного этапа брожения теста.

Показатели подъемной силы в необработанных образцах дрожжей составили $65,4 \pm 6,1$ мин, в обработанных – $39,2 \pm 14,2$. Расчетное значение F-критерия Фишера для полученных результатов составило 8,61, что позволяет с вероятностью 95 % утверждать, что влияние признака «способ обработки воды при определении подъемной силы дрожжей» является существенным.

В ходе определения влияния данного метода обработки на рост биомассы данного вида одноклеточных грибов также обнаружено существенное воздействие – в питательной среде, содержащей коллоидные ионы серебра, содержание дрожжевых клеток оказалось достоверно выше на 66,7 % ($P \geq 0,99$). Видимых отличий формы дрожжей в обработанных и необработанных образцах не обнаружено.

На этапе исследования влияния воздействия коллоидных ионов серебра на технологические свойства теста также выявлена положительная динамика – в образцах теста, приготовленных с использованием дрожжевого молока, обработанного коллоидными ионами серебра, подъемная сила оказалась достоверно выше, чем в необработанных образцах, на 18,8 % ($P \geq 0,95$).

Список литературы

1. СанПиН 2.1.4.1074-01 Вода питьевая. Утвержден: Главный государственный санитарный врач РФ, 26.09.2001 [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200072995> (дата обращения: 31.01.2019).
2. Хатко З.Н., Стойкина А.А. Хлебопекарные дрожжи: характеристика и способы их активации // Новые технологии. Майкоп: Изд-во Майкопский государственный технологический университет, 2016. № 2. С. 39–44.
3. Бахир В.М. Дезинфекция питьевой воды: проблемы и решения // Вода и экология. 2013. № 1. С. 33–39.
4. Сулейманова З.Г., Исмаилов Э.Ш. Биотехнологические способы активации дрожжей // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2011. С. 158–162.
5. Гаджиева Э.Д., Петрова А.С. Инновационные технологии активации дрожжей // Сборник статей III Международной научно-практической конференции «Наука, бизнес, власть – триада регионального развития» // Отв. ред.: д-р экон. наук, профессор Л.А. Киркорова, д-р экон. наук, профессор Р.А. Тимофеева, СПб.: ГНИИ «НАЦРАЗВИТИЕ», 2018. С. 36–39.
6. ГОСТ Р 54731–2011 Дрожжи хлебопекарные прессованные. Технические условия. Введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии 13.12.2011 г. № 900. М.: Стандартинформ, 2013. 12 с.
7. Сборник технологических инструкций для производства хлеба и хлебобулочных изделий [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200072995> (дата обращения: 31.01.2019).

УДК 581.9:630*232.1:630*165

ПОСТОЯННАЯ ХАТЧИНСОНА И КОНКУРЕНЦИЯ В СОСНОВОМ ДРЕВОСТОЕ

Рогозин М.В.

Пермский государственный аграрно-технологический университет, Пермь,
e-mail: rog-mikhail@yandex.ru

Исследовано 184-летнее насаждение сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на площади 2,2 га, где все деревья (736 шт.) нанесли на план в масштабе 1:100. Таксационные показатели древостоя на двух участках: средняя высота 32,1 и 33,5 м, средний диаметр 39,8 и 42,1 см, запасы 614 и 655 м³/га, относительная полнота 0,91 и 0,95. На основе средней площади питания рассчитали среднее расстояние между деревьями, равное 5,4 м. Это расстояние использовали для разбивки взаимодействия между деревьями на 7 уровней (цепочек взаимодействия), для которых в программе ArcMap составили слои карты. Оказалось, что в первых двух уровнях (в биогруппах), с расстоянием между соседями 84–270 см, или до ½ среднего расстояния между деревьями, растет 40,1 % деревьев, и средние диаметры деревьев в них и в остальном древостое отличались недостоверно. На расстояниях между соседями 84–450 см их диаметры коррелировали при $r = 0,52 \pm 0,037$, а с увеличением расстояний до 451–800 см корреляция понижалась до $r = 0,27 \pm 0,10$. Это явление можно отнести к «толерантности» или «партнерству», в отличие от конкуренции, которая должна была бы приводить, наоборот, к рассогласованию их роста. Отношение максимального диаметра дерева в соседствующих парах деревьев к минимальному диаметру второго дерева оказалось равно в среднем 1,3. Это совпадает с «постоянной Хатчинсона», применяемой при оценке экологических ниш, и характеризует древостой как сообщество, где конкуренция за ресурсы между деревьями становится минимальной, что может быть объяснено известными из литературы различиями в ритмах роста и наступлением у деревьев ежегодных пиков прироста (и питания) с различиями в 1–2 недели.

Ключевые слова: древостой, конкуренция, диаметр дерева, экологическая ниша

CONSTANT OF HUTCHINSON AND THE COMPETITION IN THE PINE FOREST STAND

Rogozin M.V.

Perm State Agrarian and Technological University, Perm, e-mail: rog-mikhail@yandex.ru

184-year-old planting of Scots pine (*Pinus sylvestris*) on the area of 2.2 ha was investigated, where all trees (736 PCs.) were plotted on the scale of 1:100. Taxational indicators of forest stand on two sites: average height of 32.1 and 33.5 m, average diameter of 39.8 and 42.1 cm, reserves of 614 and 655 m³ / ha, relative completeness of 0.91 and 0.95. Based on the average of the square power calculated the average distance between trees is 5.4 m. the distance used for partitioning the interaction between trees for 7 levels (chains of interaction) for which the program ArcMap built the map layers. It turned out that in the first two levels (in biogroups), with a distance between neighbors of 84-270 cm, or up to ½ of the average distance between trees, 40.1 % of trees grow and the average diameters of trees in them and in the rest of the forest stand differed unreliably. At distances between neighbors 84-450 cm their diameters correlated at $r = 0.52 \pm 0.037$, and with increasing distances up to 451-800 cm the correlation decreased to $r = 0.27 \pm 0.10$. This phenomenon can be attributed to «tolerance» or «partnership», as opposed to competition, which would lead, on the contrary, to mismatch of their growth. The ratio of the maximum diameter of the tree in the adjacent pairs of trees to the minimum diameter of the second tree was equal to an average of 1.3. This coincides with the» Hutchinson constant «used in the assessment of ecological niches, and characterizes the forest stand as a community where competition for resources between trees becomes minimal, which can be explained by the differences in the growth rhythms known from the literature and the occurrence of annual growth (and nutrition) peaks in trees with differences of 1-2 weeks.

Keywords: forest stand, competition, diameter of a tree, ecological niche

Идея конкурентного сосуществования деревьев пронизывает множество исследований лесных насаждений. Имеются попытки моделирования развития одноярусных древостоев [1, 2], а также моделей сложных [3] и простых [4] насаждений, где конкуренция за ресурсы питания принята в качестве главного биотического фактора, со сложными расчетами пропорциональных площадей питания и областей доминирования. Конкурентная концепция древостоя вытекает из давних представлений о том, что лесной фитоценоз является сообществом растений, организованных

борьбой за существование. Однако есть предельно старые леса, где конкуренция между деревьями должна закончиться, так как древостой образует устойчивые социальные структуры (биогруппы), где пики минерального питания и прирост разнесены во времени на 1–3 недели [5]. Генезис таких социальных структур начинается в самом раннем возрасте, и они сохраняются вплоть до спелости насаждений [1, 5]. Это позволяет рассматривать деревья как организмы, питание которых разнесено во времени и в пространстве, а значит, к ним применимы правила и законы экологии,

в том числе концепция экологических ниш Мак-Артура [6].

Обсуждение применяемых для этого методов и первые результаты по изучению роста сосны в зависимости от расстояний до соседних деревьев в старом сосновом насаждении показало, что расстояние до ближнего соседа весьма слабо влияет на диаметр соседствующих деревьев при $r = 0,148 \pm 0,063$. При этом сила влияния этого расстояния на их средний диаметр составляет всего лишь 4% [7]. Эти данные позволяют предполагать, что в старых насаждениях конкурентное давление за ресурсы питания снижается до столь незначительных величин, что ими уже можно пренебречь в моделях структуры таких предельно старых древостоев.

Цель данной работы: выяснить структуру расположения деревьев в старом сосновом древостое и определить влияние взаимодействия (конкуренции) между деревьями на их размеры. В частности, влияет ли размер (рост) дерева на размер другого дерева, соседнего с ним? Если размер второго дерева снижается при увеличении размера первого, то это будут конкурентные отношения с подавлением роста. Однако если второе дерево точно так же увеличивает свои размеры при увеличении размеров первого, то это будут уже отношения партнерства, но никак не конкуренции в обычном ее понимании, когда один из партнеров рано или поздно начинает доминировать, а второй снижает свои размеры. Это упрощенное понимание, но оно позволяет заострить вопрос о том, в чем же собственно проявляется конкуренция, и можно ли измерить ее результат.

Объект работ – массив сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в Пермском городском лесничестве (леса г. Перми), в кв. 61 Нижне-Курьинского участкового лесничества, где на площади 2 га сохранились деревья с диаметрами до 68 см. Древостой оставляет хорошее впечатление; его структура не нарушена, так как вывозку древесины от санитарных рубок осуществляли по просветам между деревьями. Были заложены две пробные площади: участок «Южный» и участок «Северный» площадью 1,09 и 1,11 га соответственно, примыкающие друг к другу. Каждое дерево, всего 736 шт., нанесли на план в масштабе 1:100 с точностью ± 10 –35 см. Взаимное расположение деревьев в биогруппах определялось точнее (± 3 –5 см). Для работы карта была оцифрована в программе ArcMap. У каждого дерева делали отметку на высоте 1,3 м, где измеряли окружность ствола с округлением до 0,5 см, после чего расчетным путем опре-

деляли диаметр с округлением до $\pm 0,1$ см. Возраст определили в 2017–2018 гг. по кернам древесины на высоте 1,3 м. Для определения высоты яруса сосны измеряли 149 деревьев. История заселения массива сосной связана со сплошной рубкой леса и выжиганием угля на этой территории в 1820-е гг. В 2003 г. (14 лет назад) здесь прошел ветровал с повреждением около 7% деревьев.

Таксационная характеристика насаждений на участках в 2017 г. оказалась следующей.

Участок «Южный» – формула состава 10СедЕ, возраст 184 года, средняя высота 32,1 м, средний диаметр 39,8 см, тип леса сосняк кисличниковый с преобладанием 70% черники и 30% брусники, класс бонитета 1, абсолютная полнота 42,8 м²/га, относительная полнота 0,91, запас 614 м³/га. Если учесть 29 ветровальных деревьев, то по отношению к ныне имеющимся (376 шт.) их число и, соответственно, полнота и запас могли бы увеличиться на 7,7% и составить 660 м³/га при полноте 0,98. Текущая густота 344 шт/га.

Участок «Северный» имеет тот же состав, возраст и близкий тип леса – сосняк кисличниковый, но здесь уже явно преобладает черника (95%), что свидетельствует о несколько более влажных условиях. Средняя высота 33,5 м, средний диаметр 42,1 см. Густота древостоя меньше на 6%, но полнота выше и достигает 0,95, запас составляет 655 м³/га. Если же учесть 23 ветровальных дерева, что составляет 6,5% к ныне живым деревьям, то по отношению к ним (359 шт.) их число, полнота и запас древостоя могли бы увеличиться на 6,5% и составить 700 м³/га при полноте 1,01. Текущая густота здесь 324 шт/га.

На обоих участках единично встречается ель в возрасте 120 лет с диаметрами 20–45 см, образующая невыраженный второй ярус. Представлен также подрост ели в основном поколением высотой 3–6 м в возрасте 35 лет, возникшим после низового пожара и двойного обильного урожая семян ели в 1981 и 1982 г. Сравнение данных таксации показало достоверное увеличение среднего диаметра сосны на участке «Северный» на 5,5% и высоты на 3%. В целом данные таксации подтвердили предположения о том, что на участке «Северный» условия более благоприятны. Это могут быть как лучшие почвенные условия, так и меньшая на 6% густота, при которой сформировалось больше крупных деревьев.

Результаты исследования и их обсуждение

Самое короткое из ближних расстояний между деревьями составило 84 см, а самый дальний «ближний» сосед был обнаружен

на расстоянии 790 см. Всего на участках «Южный» и «Северный» было учтено 244 и 235 расстояний соответственно. Их частоты показаны на диаграммах, из которых становится понятно, что на участке «Северный» соседи располагаются заметно дальше (в среднем 350 см), чем на участке «Южный» (в среднем 315 см), что обусловлено меньшей плотностью участка «Северный». Модальные классы расстояний на этих участках также различаются на 100 см (рис. 1).

Далее эти две совокупности были разбиты на пять выборок. За основу было взято расстояние в 270 см, которое составляет $\frac{1}{2}$ от среднего расстояния между деревьями

на обоих участках, составляющего 5,45 м, и которое послужило основанием для градуировки взаимодействия и отнесения соседствующих деревьев к био группе. Это расстояние разделили на две части – до 170 см и от 171 до 270 см. Оставшийся промежуток 271–800 см разделили на три неравных интервала с расчетом, чтобы в них оказались выборки, достаточные по объему для определения корреляций. Корреляции рассчитывали после ранжирования диаметров в парах, т.е. на первое место ставили дерево с большим, а на второе – с малым диаметром. В результате получили следующие данные (табл. 1).

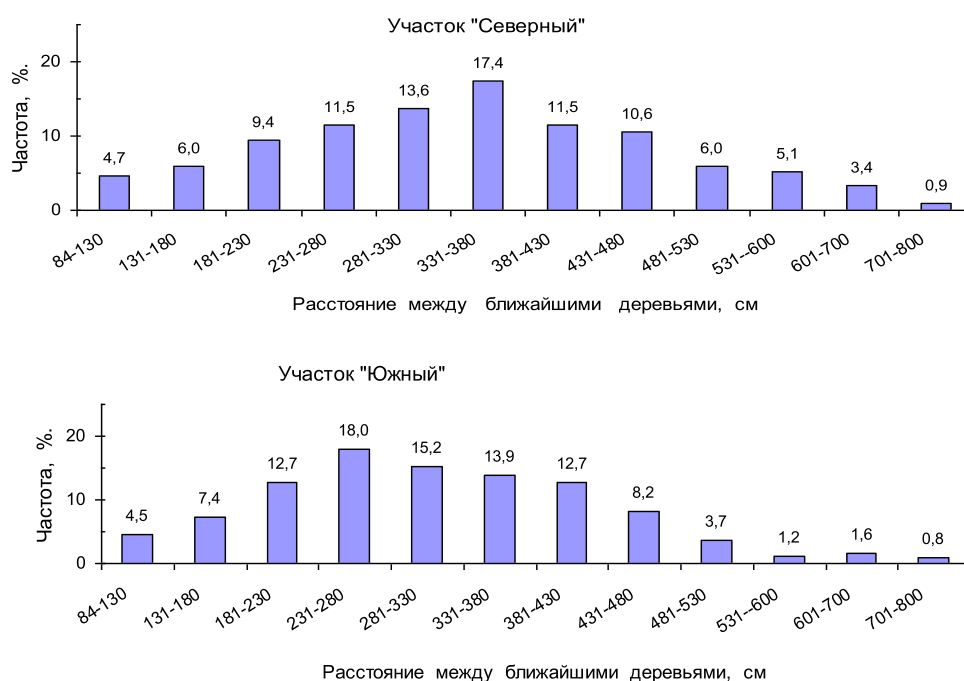


Рис. 1. Расстояния между ближними соседствующими деревьями в 184-летнем сосновом древостое на участках «Северный» и «Южный»

Таблица 1

Соседствующие деревья и корреляция (r) диаметра более крупного дерева с его малым соседом

Расстояние между соседями, см	Участок «Южный»			Участок «Северный»			Оба участка		
	п, шт.	r	ошибка r	п, шт.	r	ошибка r	п, шт.	r	ошибка r
84–170	27	0,31*	0,17	24	0,67	0,11	51	0,48	0,11
171–270	67	0,53	0,09	45	0,55	0,10	112	0,54	0,07
271–350	65	0,26	0,12	56	0,67	0,07	121	0,45	0,07
351–450	57	0,46	0,10	57	0,54	0,09	114	0,50	0,07
451–800	28	0,34	0,17	53	0,23*	0,13	81	0,27	0,10
Общие	244	0,429	0,052	235	0,509	0,048	479	0,463	0,036
В том числе									
для 84–450 см	216	0,441	0,055	182	0,589	0,048	398	0,520	0,037
0,31* – корреляция недостоверна									

Сравнение общих корреляций показывает их повышение от $r = 0,429$ на участке «Южный» и до $r = 0,509$ на участке «Северный». Это повышение, однако, недостоверно даже при $t = 1,12 < t_{0,10} = 1,66$, и поэтому корреляции по этим участкам можно объединить. Полученные коэффициенты корреляций диаметра крупного дерева с его малым соседом оказались достоверно выше корреляций в контроле, рассчитанных в случайных парах, также образованных крупным и малым деревом (рис. 2).

Поэтому далее мы взяли объединенный диапазон расстояний от 84 до 450 см, исключая дальние расстояния. Полученная при этом общая для обоих участков корреляция оказалась равна $r = 0,52$, а ее отличие с корреляцией на расстояниях 451–800 см, равной $r = 0,27$, оказалось достоверно при $t = 2,33 > t_{0,05} = 2,0$. В этом диапазоне расстояний получились достоверные отличия в корреляциях также и между «Южным» и «Северным» участками, где они оказались равны соответственно, $r = 0,441 \pm 0,055$ и $r = 0,509 \pm 0,048$ при $t = 2,02 > t_{0,05} = 1,98$. Участок «Южный» имеет несколько боль-

шую сухость почвы и большую текущую густоту, и поэтому снижение корреляций на нем вполне может объясняться действием этих факторов. Однако утверждать это однозначно пока нельзя. Данное явление, насколько нам стало известно после обзора литературы и анализа моделей динамики роста и развития древостоев [1] изучается вообще впервые. Данных пока мало, и различие по взаимным корреляциям размеров деревьев-соседей по экотопам может быть только на этих двух конкретных участках.

Однако взаимодействие между деревьями может быть рассмотрено и в совершенно иной плоскости – в концепции экологической ниши, которую деревья делят между собой десятилетиями. И вопрос в таком контексте также рассматривается впервые.

Важно внимательно рассмотреть экспериментальные факты с показателями размеров деревьев в биогруппах и в контроле, т.е. в парах деревьев, которые были образованы первым крупным и вторым более мелким деревом в биогруппе, а в контроле пары образовывали каждое дерево из биогруппы с ближайшим деревом за ее пределами (табл. 2).

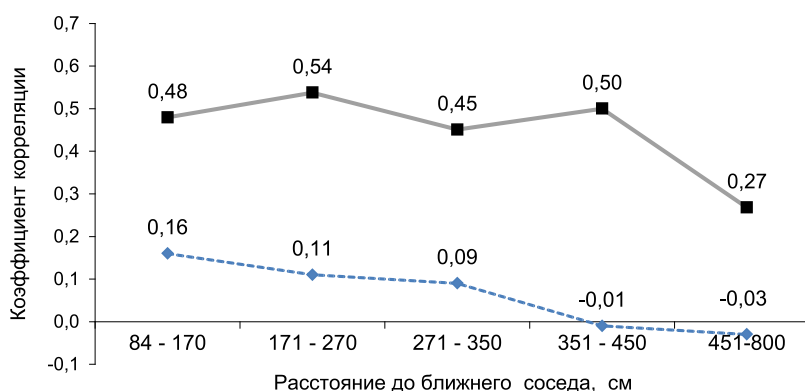


Рис. 2. Корреляции между диаметрами крупного и малого дерева у соседствующих деревьев (вверху) и у случайных пар деревьев (внизу)

Таблица 2

Отношение максимального диаметра дерева в паре (Д_{мах}) к минимальному (Д_{мин}) в биогруппах и в контроле на участке «Южный»

Показатели	Статистики					
	n	x	± m	CV, %	min	max
Биогруппы из двух деревьев (56 шт.)						
Диаметр, см	112	39,0	0,76	20,6	24	65
Расстояние, см	56	195	7,0	26,8	84	271
Д _{мах} / Д _{мин}	56	1,272	0,03	20,1	1,01	2,14
Контрольные пары деревьев-соседей (56 шт.)						
Диаметр, см	112	39,2	0,70	18,9	25	63
Расстояние, см	112	525	19,0	38,4	126	1427
Д _{мах} / Д _{мин}	112	1,274	0,022	18,2	1,00	2,29

Полученное отношение $D_{\max} / D_{\min}$, при округлении одинаковое в биогруппах и контроле и равное 1,27, можно сравнить с так называемой «постоянной Хатчинсона». Эту постоянную предложил Дж. Хатчинсон в 1959 г. для оценки конкуренции среди видов птиц, животных и насекомых, занимающих разные экологические ниши в пределах одного ареала. Ее значение рассчитывается отношением массы или размеров тела более крупных видов к соседствующим мелким видам; она равна для массы тела 2,0 и для линейных размеров 1,3 при минимальной конкуренции видов за ресурсы питания [6].

На наш взгляд, идея ввода «постоянной Хатчинсона» была нужна для понимания того, что при таком ее значении конкуренция между близкими видами фауны за ресурсы питания минимальна, и они прекрасно сосуществуют вместе. По аналогии можно считать, что деревья-соседи – это разные организмы, имеющие различия по множеству показателей и по разному питающиеся (занимающие разные экологические ниши в освоении доставшихся им ресурсов питания). При округлении полученного нами $D_{\max} / D_{\min}$ получаем значение $1,27 \approx 1,3$. То есть данные «из фауны» Дж. Хатчинсона вполне адекватно совпадают с нашими данными «из флоры» по сосне. Это весьма неожиданно, и подтверждает глубинную связь биологических явлений, которые приходится нащупывать порой интуитивно.

Таким образом, изучение структуры расположения 736 деревьев сосны на двух участках 184-летнего насаждения 1 класса бонитета на общей площади 2,2 га на супесчаной почве, несколько отличающихся увлажнением (сосняк чернично-брусничниковый и сосняк кисличниковый), с полнотой 0,91 и 0,95 позволяет сделать следующие выводы.

Выводы

1. Живые деревья сосны растут в 184 года от ближнего соседа на расстояниях от 84 до 790 см; в 82 % случаев диапазон расстояний составляет 150–450 см.

2. Коэффициент корреляции диаметра более крупного дерева в биогруппе с его

малым соседом достоверно выше корреляций в контроле, рассчитанных в случайных парах в той же выборке, также образованных крупным и малым деревом. При этом корреляция на расстояниях между соседями 84–450 см оказалась равна $r = 0,52 \pm 0,037$, а с увеличением расстояний до 451–800 см она достоверно понижалась до $r = 0,27 \pm 0,10$.

3. Достоверная связь между диаметрами пар деревьев в биогруппах указывает на явление, которое можно назвать «толерантностью» или «партнерством», в отличие от конкуренции, которая должна приводить, наоборот, к рассогласованию их роста.

4. Отношение максимального диаметра дерева в соседствующих парах к минимальному равно в среднем 1,3, что совпадает с «постоянной Хатчинсона» и характеризует древостой как сообщество, где к 184 годам конкуренция за ресурсы питания между деревьями становится минимальной, что может быть объяснено известным из литературы наступлением пиков ежегодного прироста (и пиков питания) с различиями в 1–2 недели.

Список литературы

1. Рогозин М.В., Разин Г.С. Развитие древостоев. Модели, законы, гипотезы: монография / Под ред. М.В. Рогозина. Пермь: ПГНИУ, 2015. 277 с.
2. Комаров А.С., Шанин В.Н. Имитационное моделирование круговоротов углерода и азота в лесных экосистемах бореальной зоны // Научные основы устойчивого управления лесами: матер. Всеросс. научной конф. М.: ЦЭПЛ РАН, 2014. С. 168–169.
3. Грабарник П.Я. Анализ горизонтальной структуры древостоя: модельный подход // Лесоведение, 2010. № 2. С. 77–85.
4. Иванов В.В., Борисов А.Н., Петренко А.Е., Семенякин Д.А., Собачкин Д.С., Собачкин Р.С. Густота сосновых древостоев при интенсивном лесовыращивании // Сибирский лесной журнал. 2017. № 6. С. 102–109.
5. Горячев В.М. Влияние пространственного размещения деревьев в сообществе на формирование годичного слоя древесины хвойных в южнотаежных лесах Урала // Экология. 1999. № 1. С. 9–19.
6. Розенберг Г.С. Экология в картинках: учеб. пособие. Тольятти: ИЭВБ РАН. 2007. 218 с.
7. Рогозин М.В. Рост сосны в зависимости от расстояний до соседних деревьев // Вестник Нижневартского государственного университета. 2018. № 3. С. 64–69.

УДК 57.04

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ГЕМОСТАЗА У ТЕЛЯТ И ПОРОСЯТ МОЛОЧНО-РАСТИТЕЛЬНОГО ПИТАНИЯ, ПЕРЕНЕСШИХ НЕБЛАГОПРИЯТНОЕ СРЕДОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ**Соловьева Л.П., Калыш Т.В., Замуравкин В.И.***ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», п. Караваяево, e-mail: ilmedv1@yandex.ru*

Продуктивные животные в течение раннего онтогенеза весьма чувствительны к факторам внешней среды. Организм телят и поросят особенно сильно на них реагирует в течение фазы молочно-растительного питания, когда идет смена характера питания и закладываются основы продуктивных качеств животного. Большую роль в жизнеобеспеченности организма играют параметры крови, в том числе гемокоагуляция, которая регулирует агрегатное состояние крови и поддерживает гемостаз. Вместе с тем не до конца изучено влияние шума на гемокоагуляцию у телят и поросят в течение фазы молочно-растительного питания. Высокий ущерб от шумового воздействия на молодняк крупного рогатого скота и свиней диктует необходимость оценить выраженность, формируемой при этом гемостазии и искать доступные и эффективные варианты ее коррекции, чтобы обеспечить оптимум трофики их тканей. В работе был испытан вариант доступной коррекции состояния коагуляционного гемостаза у телят и поросят молочно-растительного питания, перенесших длительное воздействие шума. У телят и поросят в течение фазы молочно-растительного питания, находящихся в среде, загрязненной шумом, отмечено развитие сходной активации перекисного окисления липидов в плазме и сравнимое усиление гемокоагуляции. При этом у обоих видов продуктивных животных развивалось сходной степени ослабление противосвертывающих и фибринолитических механизмов, что повышало риск внутрисосудистой активации гемостаза. Для коррекции сложившейся ситуации в организме обоих групп продуктивных животных был увеличен объем их мышечной активности за счет перевода на свободное содержание. Через 10 суток наблюдения у телят и поросят, подвергшихся влиянию шума, отмечена нормализация регистрируемых показателей гемостаза. Полученные результаты позволяют считать, что увеличение объема упорядоченной мышечной деятельности способно устранять гемостазопатию, возникающую на фоне воздействия шума.

Ключевые слова: телята, поросята, фаза молочно-растительного питания, свертывание крови, воздействие шума, неблагоприятные условия среды, мышечная активность

RESTORATION OF THE FUNCTIONAL ACTIVITY OF HEMOSTASIS IN THE CALVES AND POROUSSES OF MILK AND VEGETABLE NUTRITION, TRANSFERRED ADVERSE MEDIUM EFFECTS**Soloveva L.P., Kalysh T.V., Zamuravkin V.I.***Kostroma State Agricultural Academy, Karavaevo, e-mail: ilmedv1@yandex.ru*

Productive animals during early ontogeny are very sensitive to environmental factors. The body of calves and piglets reacts particularly strongly to them during the milk and vegetable nutrition phase, when there is a change in the nature of nutrition and the foundations are laid for the productive qualities of the animal. Blood parameters, including hemocoagulation, which regulates the state of aggregation of the blood and maintains hemostasis, play a large role in the life support of the organism. At the same time, the effects of noise on hemocoagulation in calves and piglets during the milk-vegetable phase are not fully understood. The high damage from noise impact on young cattle and pigs dictates the need to assess the severity of hemostasiopathy formed in this case and look for affordable and effective options for its correction in order to ensure optimum trophism of their tissues. A variant of the available correction of the state of coagulation hemostasis in calves and piglets who underwent prolonged exposure to noise was tested in the work. In calves and piglets during the milk-plant nutrition phase, which are in the environment polluted by noise, development of a similar activation of plasma lipid peroxidation and a comparable increase in hemocoagulation have been observed. At the same time, in both types of productive animals, a similar degree of weakening of anticoagulant and fibrinolytic mechanisms developed, which increased the risk of intravascular activation of hemostasis. To correct the current situation in the body of both groups of productive animals, the volume of their muscular activity was increased due to the transfer to free maintenance. After 10 days of observation in calves and pigs exposed to noise, normalization of the recorded hemostasis parameters was observed. The results obtained suggest that an increase in the volume of ordered muscle activity is capable of eliminating hemostasiopathy arising on the background of exposure to noise.

Keywords: calves, piglets, milk and vegetable nutrition phase, blood coagulation, noise exposure, adverse environmental conditions, muscular activity

В случае негативных средовых воздействий в организме продуктивных животных наступают различные дисфункции, а затем и явления патологии, способные нанести урон свиноводству и животноводству [1]. Несмотря на непрерывное совер-

шенствование условий выращивания исключить негативные средовые влияния на продуктивных животных в течение их жизни пока невозможно [2]. Весьма физиологически значимой и уязвимой у поросят и у телят является фаза молочно-раститель-

ного питания [3]. Это связано с тем, что в это время у них идет адаптация к смене питания и интенсификация энергообмена на фоне начала активного потребления растительных кормов [4].

Для поддержания гомеостаза огромное значение имеет физиологическое состояние системы гемостаза [5]. Ее активность у продуктивных животных во многом поддерживает оптимум внутренней среды организма [6], особенно необходимый для успешного роста [7]. Функциональные свойства ее отдельных элементов способны определять состояние реологических параметров крови у млекопитающих, уровень трофики их тканей и степень реализации их генетически обусловленной продуктивности [7].

Замечено, что при влиянии неблагоприятных средовых факторов на организм и особенно при развитии различных вариантов патологии часто возникают нарушения в системе гемостаза, что негативно сказывается на их физиологическом статусе [8]. Складывающаяся ситуация способна вызвать нарушения в организме продуктивных животных любого возраста [9]. Данные изменения очень часто являются причиной выбраковки продуктивных животных [10]. В этой связи большой интерес вызывают нарушения механизмов гемокоагуляции в ответ на неблагоприятные средовые воздействия у телят и поросят молочно-растительного питания и возможность их коррекции. Учитывая это, в работе поставлена цель: разработать вариант доступной коррекции состояния коагуляционного гемостаза у телят и поросят молочно-растительного питания, перенесших длительное воздействие шума.

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось в строгом соответствии с этическими принципами, установленными Европейской конвенцией по защите позвоночных, используемых в экспериментальных и других научных целях (принята в Страсбурге 18 марта 1986 г. и подтверждена в Страсбурге 15 июня 2006 г.).

Проведенное исследование выполнено на телятах и поросятах молочно-растительного питания, находящихся на содержании в станках. Первая опытная группа животных представлена 24 телятами в возрасте 50–70 суток, 10 суток содержавшихся в условиях шума по 16 ч в сутки (внеплановый ремонт телятника). Вторая опытная группа животных состояла из 23 поросят в возрасте 21–30 суток, также 10 суток содержавшихся в условиях шума 16 ч в день (внепла-

новый ремонт свинарника). Контрольными значениями для телят в работе являлись средние значения регистрируемых в работе показателей, полученных при обследовании в течение фазы молочно-растительного питания (31-е – 90-е сутки жизни) 33 полностью здоровых телят. Контролем для поросят в работе явились средние значения регистрируемых в работе показателей, полученных в ходе обследования на протяжении фазы молочно-растительного питания (21-е – 40-е сутки жизни) 29 полностью здоровых поросят.

Для коррекции состояния подвергшихся влиянию шума телят и поросят они были переведены на свободное беспривязное содержание в загоне. Это обеспечило увеличение уровня их мышечной активности. Регистрация состояния животных производилась в исходе и через 10 суток.

У телят и у поросят определялась активность перекисного окисления липидов плазмы по количеству в ней ацилгидроперекисей. В крови обоих видов продуктивных животных учитывалась активность ряда факторов гемокоагуляции (I, II, VII, XII). Также у них выяснялась длительность активированного парциального тромбопластинного времени, протромбинового времени и тромбинового времени.

Выраженность механизмов, сдерживающих гемокоагуляцию взятых под наблюдение телят и поросят, выясняли путем регистрации уровня активности в плазме антитромбина III (факторов свертывания), по времени спонтанного эуглобулинового лизиса и уровню активности плазминогена (фибринолиз). Математическая обработка полученных результатов проведена с помощью t-критерием Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение

У опытных животных в фазу молочно-растительного питания, ранее испытывавших воздействие шума, в плазме отмечено сходное повышение уровня ацилгидроперекисей – у телят в 2,3 раза, у поросят в 2,4 раза. В результате проведения коррекции у обоих видов продуктивных животных отмечена нормализация процессов перекисного окисления липидов. Так, в плазме телят уровень ацилгидроперекисей снизился в 2,2 раза, в плазме поросят их уровень уменьшился в 2,3 раза, достигнув в обоих случаях значений, свойственных группам контроля.

У животных обеих опытных групп найдено увеличение в плазме уровня активности всех учитываемых факторов свертывания (таблица).

Показатели у наблюдаемых телят и поросят молочно-растительного питания

Показатели	Телята, подвергшиеся неблагоприятному воздействию, $M \pm m$		Контроль телят, $n = 33, M \pm m$	Поросята, подвергшиеся неблагоприятному воздействию, $M \pm m$		Контроль поросят, $n = 29, M \pm m$
	исход, $n = 24$	конец наблюдения, $n = 24$		исход, $n = 23$	конец наблюдения, $n = 23$	
АТГ плазмы, $D_{233}/1$ мл	$2,82 \pm 0,009^{**}$	$1,28 \pm 0,012$	$1,22 \pm 0,011$	$2,98 \pm 0,010^{++}$	$1,27 \pm 0,008$	$1,26 \pm 0,007$
I, г/л	$3,8 \pm 0,22^{**}$	$2,3 \pm 0,21$	$2,1 \pm 0,14$	$4,1 \pm 0,28^{++}$	$2,3 \pm 0,11$	$2,4 \pm 0,09$
II, %	$75,2 \pm 0,34^{*}$	$68,9 \pm 0,16$	$68,7 \pm 0,10$	$77,5 \pm 0,27^{+}$	$69,5 \pm 0,18$	$69,3 \pm 0,14$
VII, %	$80,6 \pm 0,39^{*}$	$73,0 \pm 0,13$	$73,4 \pm 0,06$	$83,5 \pm 0,30^{+}$	$73,0 \pm 0,13$	$74,5 \pm 0,11$
XII, %	$93,1 \pm 0,25$	$93,2 \pm 0,20$	$92,0 \pm 0,17$	$93,1 \pm 0,18$	$94,0 \pm 0,20$	$93,2 \pm 0,12$
АПТВ, с.	$28,2 \pm 0,12^{*}$	$35,1 \pm 0,16$	$34,6 \pm 0,10$	$26,1 \pm 0,17^{+}$	$33,0 \pm 0,12$	$32,8 \pm 0,19$
Протромбиновое время, с	$12,3 \pm 0,12^{**}$	$15,6 \pm 0,20$	$15,7 \pm 0,19$	$11,0 \pm 0,16^{++}$	$15,8 \pm 0,25$	$16,0 \pm 0,21$
Тромбиновое время, с	$12,7 \pm 0,09^{**}$	$15,4 \pm 0,12$	$15,6 \pm 0,15$	$11,2 \pm 0,10^{++}$	$14,9 \pm 0,13$	$15,2 \pm 0,16$
Активность антитромбина III в плазме, %	$84,6 \pm 0,21^{*}$	$96,0 \pm 0,29$	$95,2 \pm 0,25$	$81,6 \pm 0,18^{+}$	$96,8 \pm 0,23$	$97,2 \pm 0,14$
Время спонтанного эуглобулинового лизиса, мин	$211,7 \pm 0,42^{**}$	$161,5 \pm 0,31^{**}$	$162,8 \pm 0,25$	$219,8 \pm 0,38^{++}$	$159,8 \pm 0,24$	$160,1 \pm 0,33$
Плазминоген, %	$102,7 \pm 0,34^{**}$	$124,3 \pm 0,17^{**}$	$124,6 \pm 0,20$	$99,2 \pm 0,28^{++}$	$122,0 \pm 0,35$	$122,4 \pm 0,27$

Примечание. Условные обозначения по достоверности различий показателей различных групп с контролем: у телят * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$; у поросят + – $p < 0,05$, ++ – $p < 0,01$.

При этом у телят опытной группы длительность активированного парциального тромбопластинового времени сократилась на 22,7%, а у поросят на 25,7%. Аналогичную динамику испытали показатели тромбопластинового времени и тромбинового времени. После проведенной коррекции в обеих группах опытных животных отмечено достоверное понижение до уровня контроля активности всех учитываемых факторов свертывания (таблица). При этом у телят и поросят длительность активированного парциального тромбопластинового времени увеличилась на 24,5% и 26,4% соответственно, тромбопластиновое время возросло на 21,2% и 43,6% соответственно, а тромбиновое время увеличилось на 21,2% и 33,0% соответственно.

В обеих группах опытных животных активности антитромбина III, в исходном состоянии, оказалась снижена по сравнению с контролем на 12,5% и на 19,1%, это сопровождалось сходным торможением спонтанного эуглобулинового лизиса у телят на 30,0%, а у поросят на 37,2% при понижении уровня плазминогена на 21,7% и на 23,4% соответственно. Проведенная коррекция обеспечила у опытных телят и поросят рост, активности антитромбина III на 13,5% и на 18,6% соответственно при ускорении у них спонтанного эуглобулинового лизиса на 31,1% и на 37,5% соответственно и повышении уровня плазминогена на 21,4% и на 22,9% соответственно.

Давно замечено, что негативные средовые воздействия на организм продуктивных животных вызывают в нем различные дисфункции, которые затем неизбежно переходят в патологию, наносящую урон свиноводству и животноводству [11]. Вместе с тем, несмотря на непрерывную разработку нормативов условий выращивания исключить негативные средовые влияния на продуктивных животных в течение их жизни пока невозможно [2]. Давно замечено, что весьма физиологически значимой и уязвимой у поросят и у телят является фаза молочно-растительного питания [3]. Данное обстоятельство, видимо, связано с тем, что в это время у них идет адаптация к смене питания и интенсификация энергообмена на фоне начала активного потребления растительных кормов [12].

Очень большое значение в поддержании гомеостаза в любом возрасте у продуктивных животных имеет физиологическое состояние системы крови [5]. Уровень активности ее отдельных подсистем у молодняка любых продуктивных животных обеспечивает поддержание оптимума внутренней среды организма [6], что весьма важно для

успешного роста [7]. Уровень функциональных характеристик параметров крови очень сильно определяет состояние ее реологических свойств у млекопитающих, выраженность трофики их тканей и степень реализации у них генетически обусловленных признаков [13].

Современная наука признает, что влияние неблагоприятных средовых факторов на организм млекопитающих, вызывающих развитие различных вариантов патологии, часто реализуется через нарушения в различных подсистемах крови, весьма негативно сказываясь на их общем физиологическом статусе. Складывающаяся ситуация способна вызвать нарушения в организме продуктивных животных любого возраста. Данные изменения очень часто являются причиной выбраковки продуктивных животных [10]. В этой связи большой интерес вызывают нарушения различных механизмов, реализующих себя в крови у млекопитающих, в том числе в ответ на неблагоприятные средовые воздействия, особенно в течение фазы молочно-растительного питания раннего онтогенеза.

В этой связи состоянию системы крови придается особенно большое физиологическое значение у различных видов продуктивных животных для обеспечения в течение всего онтогенеза гомеостаза и реализации потенциала продуктивности [11]. Ясно, что большую значимость среди гематологических показателей имеет система гемостаза, сохраняющая кровь в сосудах в жидком состоянии и поддерживающая у животных оптимум общего физиологического статуса. В этой связи представляет особый интерес поиск подходов к коррекции гемостаза у продуктивных животных в случае его различных нарушений [12].

В ходе выращивания телят и поросят до сих пор нередко может воздействовать шум, способный наносить серьезный ущерб здоровью животных. В результате засорения шумом среды содержания животных идет ослабление поголовья и торможение реализации их продуктивных качеств. Есть основания считать, что большая роль в этом принадлежит развитию нарушений в системе крови и особенно в механизмах гемокоагуляции [13].

У телят и поросят молочно-растительного питания, подвергшихся действию шума, отмечено сходной степени усиление перекисного окисления в их плазме, о чем судили по повышению в ней уровня ацилгидроперекисей. Данная ситуация неизбежно вызывала усиление агрегации клеток крови, выраженную альтерацию эндотелиоцитов и клеток печени, что негативно сказыва-

лось на балансе прокоагулянтов, антикоагулянтов и фибринолитиков в плазме крови. В результате этого у них наступала стимуляция гемокоагуляции, обеспечивая в обеих опытных группах ускорение свертывания крови по обоим его путям, усиливая выраженность гипоксии и риск внутриорганных микротромбов [14].

При шумовом воздействии у телят и поросят молочно-растительного питания отмечается избыточное тромбообразование. Оно слабее сдерживалось системой антикоагулянтов у этих животных, чем у здоровых, на что указывал у них низкий уровень антитромбина III. Неизбежно наступающие на фоне тканевой гипоксии дистрофические явления в эндотелии способствовали у обоих видов продуктивных животных нарушению процессов связывания активированного антитромбина III с гепарин-сульфатом и глюкозаминогликанами, находящихся на сосудистом эндотелии [15]. Это существенно понижало у этих животных тромбозостойкость сосудов и вызывало появление в их крови избыточного количества активных факторов свертывания. Выявленное у телят и поросят, попавших под воздействие шума, понижение в крови количества плазминогена неизбежно вело к сходному ослаблению у них процессов фибринолиза. Это подтверждалось выявленным резким удлинением времени спонтанного эуглобулинового лизиса.

Применение увеличения физической нагрузки усиливало активность функциональных процессов всего организма во всех органах. Эти изменения оптимизировали работу сердечно-сосудистой системы. Кроме того, наступающее падение периферического сопротивления приводило к увеличению кровотока в капиллярах, повышению эластического сопротивления, что ускоряло кровоток по крупным сосудам, способствуя более эффективному опорожнению желудочков сердца.

Под действием повышения двигательной активности у телят и поросят молочно-растительного питания отмечается ослабление тромбообразования. Оно сдерживается системой антикоагулянтов у этих животных в той же мере, как и у здоровых, на что указывал у них рост уровня антитромбина III. Неизбежно наступающие на фоне устранения тканевой гипоксии дистрофические явления в эндотелии способствовали у обоих видов продуктивных животных улучшению процессов связывания на сосудистом эндотелии активированного антитромбина III с гепарин-сульфатом и глюкозаминогликанами [14]. Это нор-

мализовало у этих животных тромбозостойкость сосудов и исключало появление в их крови избытка активных факторов свертывания. Выявленное у телят и поросят, имевших после воздействия шума, высокую мышечную активность, рост в крови количества плазминогена вел к сходному усилению у них процессов фибринолиза, что подтверждалось нормализацией времени спонтанного эуглобулинового лизиса.

Заключение

В практике разведения и выращивания продуктивных животных не всегда удается поддерживать оптимальные условия среды. Очень большое значение это может иметь для телят и поросят в течение фазы молочно-растительного питания. Весьма часто встречающимся фактором, нарушающим оптимум содержания этих животных, является шум. Известно, что он способен вызывать различные нарушения их физиологического статуса, создавая стрессорную ситуацию. В проведенной работе было выяснено, что его наличие в зоне содержания животных ведет к активации плазменного гемостаза и ослаблению механизмов, его сдерживающих. Это ведет к гиперкоагуляции, обеспечивая ухудшение реологических свойств крови и ослабление трофики внутренних органов животных. В этой связи весьма значимым для современной науки является поиск у телят и поросят молочно-растительного питания подходов к этим животным гемостазиопатии, ослабляя коагуляционную активность крови и усиливая ее противосвертывающие и фибринолитические свойства. Увеличение мышечной активности у опытных телят оказалось способно быстро устранить возникшие под действием шума явления гемостазиопатии. Учитывая полученные результаты, телят и поросят, находящихся в зашумленных условиях, рекомендуется содержать беспривязно, не ограничивая их двигательную активность.

Список литературы

1. Ошуркова Ю.Л., Глаголева Т.И. Биологические аспекты интенсификации животноводства // Российская сельскохозяйственная наука. 2017. № 5. С. 51–53.
2. Medvedev I.N., Maksimov V.I., Parakhnevich A.V., Zavalishina S.Y., Kutafina N.V. Rapid assessment of aggregation abilities and surface properties of platelets and red blood cells. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*. 2016. T. 7. № 2. P. 793–797.
3. Краснова Е.Г., Медведев И.Н. Тромбоцитарная активность гемостаза у поросят молочно-растительного питания // Ветеринарная практика. 2011. № 3. С. 34.
4. Медведев И.Н. Динамика тромбоцитарной активности в раннем онтогенезе поросят // Зоотехния. 2008. № 9. С. 27–28.

5. Завалишина С.Ю. Тромбоцитарная активность у новорожденных телят при железодефицитной анемии // Ветеринария. 2012. № 2. С. 51–52.
6. Медведев И.Н., Глаголева Т.И. Способность основных форменных элементов крови к агрегации у телят в фазу молочного питания // Зоотехния. 2015. № 7. С. 23–24.
7. Симоненко В.Б., Медведев И.П., Толмачев В.В. Сравнительная оценка влияния ингибиторов АПФ на агрегацию тромбоцитов у больных артериальной гипертонией при метаболическом синдроме // Клиническая медицина. 2007. Т. 85. № 4. С. 24–27.
8. Медведев И.Н., Завалишина С.Ю., Кутафина Н.В. Физиология висцеральных систем // Успехи современного естествознания. 2014. № 10. С. 87–88.
9. Глаголева Т.И., Завалишина С.Ю., Медведев И.Н. Ферроглюкин и гамавит в коррекции антиагрегационных свойств сосудов у новорожденных телят с дефицитом железа // Успехи современного естествознания. 2013. № 5. С. 17.
10. Tkacheva E.S., Zavalishina S.Yu. Physiology of platelet hemostasis in piglets during the phase of newborns. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Т. 9. № 5. Р. 1912–1918.
11. Завалишина С.Ю., Краснова Е.Г., Белова Т.А., Медведев И.Н. Методические вопросы исследования функциональной активности тромбоцитов при различных состояниях // В мире научных открытий. 2012. № 2 (26). С. 145–147.
12. Завалишина С.Ю. Гемостатическая активность сосудистой стенки у новорожденных телят // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2012. № 1. С. 37–39.
13. Медведев И.Н., Скорятин И.А. Влияние флувастатина на агрегационные свойства клеток крови у больных артериальной гипертонией с дислипидемией // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2013. Т. 12. № 2. С. 18–24.
14. Медведев И.Н., Завалишина С.Ю. Плазменный гемостаз у новорожденных телят и роль корректоров при его нарушении // Зоотехния. 2009. № 2. С. 9–11.
15. Медведев И.Н., Кутафина Н.В. Функциональные характеристики тромбоцитов и эритроцитов у крупного рогатого скота // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2015. № 8. С. 24–36.

УДК 569.614:575.858(470.3+476+477)

О КОСВЕННЫХ СВИДЕТЕЛЬСТВАХ СИМПАТРИЧЕСКОГО ВИДООБРАЗОВАНИЯ И МЕЖВИДОВЫХ КОНТАКТАХ В ЭВОЛЮЦИИ РОДА *MAMMUTHUS* В ПЛЕЙСТОЦЕНЕ ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ

Чубур А.А.

Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского, Брянск,
e-mail: fennecfox66@gmail.com

Результаты изучения остатков мамонтов из культурных слоев стоянок среднепалеолитического возраста Восточной Европы заставляют признать, что прогрессивные и предковые формы мамонта, представляющие с точки зрения эволюционной биологии последовательные этапы эволюции, могли продолжительное время сосуществовать. По всей вероятности, мы имеем дело не с филетическим видообразованием, когда одна форма постепенно сменяется другой по всему ареалу. Следует говорить о симпатрическом видообразовании. В этом случае появление новых форм и смена ими форм предковых происходит в каких-то определенных частях ареала предковой формы. Наиболее вероятной причиной возникновения новых форм должна была стать сезонная изоляция на фоне нарастающих изменений природной среды. В дальнейшем ареалы уже сформировавшейся прогрессивной и все еще существующей архаичной формы могли пересекаться (например, вследствие сезонных миграций). Так, степной слон мог совершать заходы на север в теплый сезон, в то время как более холодовыносливый шерстистый мамонт в это же время мог откочевывать еще севернее. Палеонтологам и геологам следует быть осторожней с датировками отложений по отдельно взятым зубам хоботных.

Ключевые слова: мамонт шерстистый, мамонт степной, симпатрическое видообразование, архаичный вид, предковый вид, сосуществование

ABOUT INDIRECT EVIDENCE OF SYMPATRIC SPECIATION AND INTERSPECIFIC CONTACTS IN THE EVOLUTION OF THE GENUS *MAMMUTHUS* IN THE PLEISTOCENE OF EASTERN EUROPE

Chubur A.A.

Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovskiy, Bryansk,
e-mail: fennecfox66@gmail.com

The results of studying the remains of mammoths from the cultural layers of the Middle Paleolithic age sites in Eastern Europe make it necessary to recognize that the progressive and archaic forms of the mammoth, representing from the point of view of evolutionary biology the successive stages of evolution, could coexist for a long time. In all likelihood, we are not dealing with phyletic speciation, when one form is gradually replaced by another throughout the area. We should talk about sympatric speciation. In this case, the emergence of new forms and the replacement of the ancestral forms by them occurs in some specific parts of the range of the ancestral form. The most likely reason for the emergence of new forms was to be seasonal isolation against the background of increasing changes in the natural environment. In the future, the ranges of the already formed progressive and still existing archaic form could intersect (for example, due to seasonal migrations). Thus, the steppe elephant could make calls to the north during the warm season, while the more cold-tolerant woolly mammoth at the same time could migrate further north. Paleontologists and geologists should be careful with the dating of the sediments on the individual teeth of the proboscis.

Keywords: woolly mammoth, steppe mammoth, sympatric speciation, archaic species, ancestral species, coexistence

Долгое время предполагалось, что на территории Восточной Европы филетическая линия рода *Mammuthus* представляла собой ряд сменяющих друг друга во времени и пространстве близких (и, естественно, генетически связанных) видов хоботных. В последнее десятилетие развернувшиеся сравнительно-морфологические и генетические исследования продемонстрировали более сложную картину. Оказалось, что популяции предковых и эволюционно продвинутых форм могли сосуществовать и даже контактировать с взаимной передачей генов, ибо виды были близки (как, например, колумбийский мамонт и шерстистый мамонт на территории Североамериканского

континента [1]). Учитывая то, что североамериканский колумбийский мамонт по результатам генетических исследований оказался синонимом евразийского степного (хазарского) или трогонтериевого мамонта [2], логична постановка вопроса о сосуществовании, сходном взаимодействии и взаимовлиянии степного и шерстистого мамонтов в Евразии.

Изучать филогению, внутривидовую и межвидовую изменчивость рода *Mammuthus* можно не только непосредственно анализируя геном ископаемых животных, тем более, что в связи с условиями захоронения и особенностями сохранности пригодный для изучения генетический материал досту-

пен далеко не с каждого местонахождения древней фауны. Одним из наиболее выразительных маркеров изменчивости хоботных является морфология зубной системы.

Методика измерения зубов рода *Mammuthus* и систематизации данных, разработанная А.Н. Зудиным и И.Е. Фороновой на основе морфометрических признаков последних моляров дала возможность анализировать глобальные и региональные особенности филетической линии. В 1990-х гг. она позволила путем преобразования в адаптивные пики облаков точек на двумерной диаграмме. Диаграмма строилась по двум базовым показателям: средняя длина пластины (эмалевого кармана) и средняя толщина эмали. Она позволила детальной проследить эволюцию слонов линии *Mammuthus* [3].

По данным И.Е. Фороновой и А.Н. Зудина, подтвержденным множеством других исследователей, длина пластины со временем постепенно уменьшается на фоне колебаний толщины эмали в эмалевых карманах зуба. Эти колебания исследователи связали с особенностями питания (давящая эмаль для сочных кормов при влажном и более теплом климате и режущая тонкая, в зависимости от климата и сочности кормов). Только в рамках вида *Mammuthus primigenius* на территории Европы было выделено не менее 9 адаптивных пиков [4], объединяющихся в три «плато», за которыми с переменным успехом пытаются закрепить статус как минимум трех подвидов. Предполагалось, что адаптивные пики и, соответственно, виды и подвиды евразийских мамонтов связаны с климатическими ритмами плейстоцена и носят гетерохронный характер.

Нами по указанной методике были изучены зубы (последние моляры) мамонтов, полученные при исследованиях среднепалеолитического местонахождения Хотылево 1 (Россия, Брянская обл., бассейн р. Десна) и хранящиеся в фондах Брянского государственного краеведческого музея. В качестве сравнительного материала привлечены последние коренные зубы мамонта с верхнепалеолитической стоянки Хотылево 2, также всесторонне изученные автором [5].

Последние моляры мамонта из местонахождения Хотылево 1, изученные автором, распределились по нескольким адаптивным пикам, традиционно считающимся гетерохронными [6].

Три зуба оказались в адаптивном пике, связываемом с близкой к позднему степному слону толстоэмалевой формы *Mammuthus intermedius Jourdan (1861)*, датируемой периодом от интеррисса (рославльское и одинцовское время по восточноевропей-

ской геохронологической шкале) [7; 8], до микулинского межледниковья [9].

Четвертый зуб примыкает к этой группе, не входя в нее. При аналогичной длине пластины он имеет более тонкую эмаль и лежит вне адаптивного пика, демонстрируя широкий диапазон внутривидовой изменчивости.

Следующий зуб лежит в эволюционно более продвинутом толстоэмалевом адаптивном пике, связываемом с мамонтами из грота Чокурча (калиброванная радиоуглеродная дата мустьерского культурного слоя из которого происходят зубы ~48400 лет назад) [10].

Еще 6 зубов принадлежат эволюционно еще более молодому толстоэмалевому пик, связываемому с *Mammuthus primigenius jatzkovi*. Эта форма мамонта считается переходной между так называемыми ранним и поздним типами шерстистого мамонта. Данный таксон был выделен по скелету мамонта, найденному близ Одессы, у южных границ ареала шерстистого мамонта, и датируется средневалдайским мегаинтерстадиалом и началом позднего валдая, судя по зубам из культурных слоев палеолита Восточной Европы, например Хотылево 2 (криогигротическая фаза позднего валдая, Гмелинский интерстадиал – он же Тюрсак по западноевропейской шкале) [5].

Несмотря на восприятие исследованных зубов, как гетерохронных с точки зрения эволюционной биологии, полученные для культурных горизонтов Хотылево 1 (откуда извлечены исследованные зубы) палеомагнитные датировки лежат в зоне геомагнитного экскурса Каргаполово – Ла-шамп 39000–45000 лет назад [11; 12], финал которого близок к времени вулканической катастрофы на Флегрейских полях, приведшей к гибели большей части европейской популяции неандертальцев [13]. Серия калиброванных радиоуглеродных дат для культурных горизонтов Хотылево 1 оказалась в пределах 42000–54000 л.н. [14; 15] и показывает, что хронологический разброс относительно невелик и все выявленные культурные горизонты лежат в рамках средневалдайского мегаинтерстадиала.

Таким образом, мамонтов из Хотылево 1, несмотря на различную морфологию и принадлежность к разным адаптивным пикам, следует относить к одному хронологическому эпизоду протяженностью не более 10 тысяч лет. Такой результат требует объяснений.

Во времени и пространстве в Хотылево 1 практически сосуществуют как минимум представители трех, казавшихся ранее последовательными, адаптивных пиков

одного филетического ряда. Это поздний степной слон, так называемый ранний шерстистый мамонт, и выделяемая В.В. Щегловой в отдельный подвид переходная форма между ранним и поздним шерстистым мамонтом [16].

Интересна точка зрения А.О. Аверьянова, полагающего, что видовые названия мамонтов *Mammuthus chosaricus*, *Mammuthus primigenius Fraasi* и *Mammuthus primigenius jatzkovi* являются синонимами и обозначают один вид, пока не получивший описания голотипа и утвержденного названия. Вторым и последним валидным видом для территории Европы он считает, соответственно, позднеплейстоценового *M. primigenius* [17]. Такой подход, как будто кардинально решает проблему, включая все наблюдаемые в Хотылево 1 разновидности третьих моляров мамонтов в рамки одного вида. На деле же проблема просто переносится на подвидовой уровень (уровень адаптивных пиков).

На самом деле прогрессивные и предковые формы мамонта, представляющие с точки зрения эволюционной биологии последовательные этапы эволюции, могли продолжительное время сосуществовать. Это не противоречит нашим знаниям о видообразовании, но уточняет картину эволюции мамонтов. Еще относительно недавно эволюция европейских слонов представлялась исследователям филетической – то есть постепенной трансформацией одного вида в другой в пределах всего ареала, хотя и оговаривалось, что при детальном изучении «идеализированная» филетическая эволюция часто оказывается дивергентной [18].

В нашем случае следует вести речь не о филетическом видообразовании, когда одна форма постепенно сменяется другой по всему ареалу, а о симпатрическом видообразовании – появлении новых форм и смена ими форм предковых в каких-то определенных частях ареала предковой формы. Наиболее вероятным фактором, способствовавшим появлению новых форм, могла быть сезонная изоляция популяций в пределах ареала вида на фоне нарастающих изменений природной среды. Такая экологическая изоляция обычно связана со смещением сроков спаривания или с разными местами размножения. Скорее всего, мы имеем дело с последним вариантом.

Процесс формирования новых видов и подвидов (вероятно, адаптивные пики должны иметь такой статус) происходил не по всему ареалу предкового вида одновременно, а в определенных его частях, становившихся затем центрами распространения.

В этом процессе ареалы сформировавшейся прогрессивной и все еще существующей предковой архаичной форм могли пересекаться вследствие сезонных миграций (хоботные – номады, не живущие круглый год в одной местности), в результате чего несколько близких видов или подвидов становились добычей первобытных охотников и собирателей с одного и того же стойбища.

Так, поздний степной слон мог совершать заходы на север в теплый сезон, в то время как более холодовыносливый шерстистый мамонт в это же время мог откочевывать еще севернее. Не вполне ясно, возможна ли была при встрече представителей двух видов гибридизация, поскольку нам точно не известен ни сезон гона у мамонтов, ни размах сезонных миграций, однако и такую возможность в свете новых данных совсем игнорировать нельзя. Так, нельзя исключать вероятности, что собственно *Mammuthus intermedius* является в таком случае результатом гибридизации трогонтериевого и шерстистого мамонта, а не промежуточной эволюционной формой – по аналогии с *Mammuthus jeffersonii* в Северной Америке.

Отметим, что трогонтериевый мамонт в Северной Америке попал в сюжеты наскальной живописи возрастом около 15 000 лет назад [19]. Имеются также данные о наличии позднеплейстоценовой популяции степного (трогонтериевого) мамонта на территории Китая [20]. В Европе, скорее всего, наблюдается сходное явление, на которое просто не обращали внимания. Вероятно, есть смысл в радиоизотопном датировании остатков степного мамонта Европы, стратиграфическое положение которых не ясно или может трактоваться неоднозначно.

В свете сказанного ничуть не удивляет и находка вместе с останками толстоэмалевого «позднего мамонта» нижней челюсти некрупного молодого степного слона (определение Е.Н. Машенко, Палеонтологический институт РАН и М.В. Саблина, Зоологический институт РАН: personal communication, 2011) в русле р. Судость у подножия I надпойменной террасы, на окраине позднепалеолитической стоянки Юдиново. До получения радиоуглеродных дат находки, автор склонен считать её по тафономии и сохранности синхронной позднеплейстоценовым остаткам мамонта с территории и окрестностей древнего поселения, датируемого началом позднеледникового (около 15 000 лет назад – как и упомянутая несколько выше наскальная живопись с изображением степного слона в Северной Америке). Если предположение получит подтверждение в виде абсолют-

ной даты – то в Юдиново обнаружен самый поздний степной слон.

В то же время есть основания предполагать, что вымирание основной части популяции трогонтериевого мамонта связано в южных районах Восточной Европы с уже упоминавшейся вулканической катастрофой на Апеннинском полуострове, именно эти территории подверглись значительному выпадению вулканических осадков, уничтожавших пастбища растительной мегафауны.

Трудности таксономического обоснования хронологически последовательных подвидов шерстистого мамонта ввиду значительной внутривидовой изменчивости подтверждают именно симпатрический путь видообразования, при котором формируются новые подвиды и виды, морфологически очень близкие к исходной форме.

Сосуществование прогрессивных и архаичных видов одной филетической линии, наблюдающееся у хоботных, ввиду относительно быстрых и частых изменений природной среды плейстоцена, могло иметь место среди иных животных. В этой связи в заключение коснемся крайне дискуссионной, но имеющей право на существование гипотезы, связанной с другим плейстоценовым видом млекопитающих.

Как известно, останки ископаемых гоминид встречаются на несколько порядков реже остатков мегафауны. Так, в пределах Восточно-Европейской равнины неизвестны останки иных ископаемых людей, кроме *Homo sapiens*. Несмотря на это по следам материальной культуры мы видим, что вхождению Восточной Европы в ареал этого вида предшествовало заселение данной территории параллельной эволюционной ветвью рода *Homo* – неандертальцами, хотя останков самих представителей «альтернативного человечества» для этой географической территории пока нет. Некоторое время оба вида сосуществовали и даже скрещивались [14; 21; 22]. В свою очередь с неандертальцами на более раннем этапе могли сосуществовать и реликтовые популяции *Homo erectus*, проникшие северней известного нам ареала этого вида и приспособившись к меняющейся среде, но сохранившие архаическую технику обработки камня. На эту мысль наталкивают находки архаичных изделий неподалеку от упомянутого в связи с эволюцией мамонтов Хотылёво – на местонахождении Неготино 4 [23].

Бросается в глаза типологическое сходство архаичных чопперовидных и скребловидных изделий из Неготино и из позднеолдованских и раннеашельских местонахождений Тамани – Синяя Балка

(Богатыри), Кермек, Родники и ряда других [24; 25].

Таманские местонахождения имеют датировки, превышающие миллион лет. Геологически датировать Неготинский палеолит ранним плейстоценом или эоплейстоценом нет абсолютно никаких оснований. Однако, учитывая сходство изделий и, одновременно, их разительное отличие от мустье Хотылёвского и Бетовского куста памятников, приходится невольно задуматься о потенциальной возможности локального сосуществования пришедшего с юга и ставшего вымирающим реликтом *Homo erectus* и расселившихся из Западной Европы на Восточно-Европейскую равнину *Homo neandertalensis*.

Если возможно у мамонтов – почему должно быть невозможно у людей, существование экологически более лабильных? По крайней мере изучение эволюции генома вечных спутников гоминид – вшей – привело американских исследователей к выводу, что локальные контакты между популяциями *Homo erectus* и *Homo sapiens* окончательно прекратились лишь около 25 000 лет назад [26].

Выводы

1. Следует признать, что в первой половине Средневалдайского потепления в Восточной Европе уже существовала прогрессивная толстоэмалевая форма шерстистого мамонта, предшествовавшая появлению подвида *Mammuthus primigenius primigenius*, которая была наиболее многочисленной как минимум в центральных областях Восточной Европы, где лежит Хотылёвский куст среднепалеолитических памятников.

2. Следует также признать, что относимый многими исследователями к среднему плейстоцену таксон *Mammuthus intermedius* (ранняя форма шерстистого мамонта или поздняя форма его предка – степного слона) доживает как минимум до Средневалдайского потепления, сосуществуя с популяцией эволюционно более продвинутых мамонтов.

3. Нельзя исключать вероятности, что собственно *Mammuthus intermedius* является в таком случае результатом гибридизации трогонтериевого и шерстистого мамонта, а не промежуточной эволюционной формой.

4. Накапливающиеся абсолютные даты и учет проявившегося на материалах Хотылёво 1 фактора эволюционной дивергенции должны убедить палеонтологов и геологов в том, что следует намного осторожней относиться к датировке отдельно взятых зубов хоботных и вмещающих их геологических

отложений, только на основании некоторой архаичности или, напротив, прогрессивности морфологических признаков.

5. В свете новых данных, сформулированную в ранних работах гипотезу автора о значительных хронологических разрывах между культурными горизонтами Хотылево I, основанную на видовом разнообразии мамонтов, вероятно, следует отвергнуть.

6. Существование прогрессивных и архаичных видов одной филетической линии, наблюдающееся у хоботных, ввиду относительно быстрых и частых изменений природной среды плейстоцена, могло иметь место среди других млекопитающих, включая и гоминид.

Список литературы

1. Enk J., Devault A., Debruyne R., King C.E., Treangen T., O'Rourke D., Salzberg S.L., Fisher D., MacPhee R., Poinar H. Complete Columbian mammoth mitogenome suggests interbreeding with woolly mammoths. *Genome Biology*. 2011. № 12 (5).
2. Lister A.M., Sher A.V. Evolution and dispersal of mammoths across the Northern Hemisphere. *Science*. 2015. Vol. 350. Issue 6262. P. 805–809.
3. Foronova I.V., Zudin A.N. The structure of the lineage Archidiskodon-*Mammuthus* in Eurasia and peculiarities of its evolution. Mammoths and the mammoth fauna: studies of an extinct ecosystem – Deinsea. 1999. № 6. P. 103–118.
4. Foronova I.V., Zudin A.N. Discreteness of evolution and variability in mammoth lineage: method for group study. *The World of Elephants: International Congress, Rome*. Rome, 2001. P. 540–543.
5. Чубур А.А. Палеонтология, археозоология и тафonomia верхнепалеолитического поселения Хотылево 2 (по материалам раскопок 1994–2003 гг.) // Ежегодник НИИ фундаментальных и прикладных исследований. 2011. № 1 (2). С. 114–127.
6. Чубур А.А. Мамонты из палеолитического местонахождения Хотылево I (Брянская область, Россия) // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2013. № 10–2. С. 167–170.
7. Foronova I.V. *Mammuthus intermedius* (Proboscidea, Elephantidae) from the late Middle Pleistocene of the southern Western and Central Siberia, Russia: the problem of intermediate elements in the mammoth lineage. *Russian journal of theriology*. 2014. № 13 (2). P. 71–82.
8. Головачёв М.В., Титов В.В. Остатки *Mammuthus Intermedius* Jourdan, 1861 из типовых местонахождений хазарской фауны Нижней Волги // Труды Зоологического института РАН. 2018. Т. 322. № 3. С. 268–284.
9. Labe B., Guérin C. Réhabilitation de *Mammuthus intermedius* (Jourdan, 1861), un mammoth (Mammalia, Elephantidae) du Pléistocène moyen récent d'Europe. *Comptes Rendus Palevol*. 2005. Vol. 4. Issue 3. P. 235–242.
10. Чабай В.П. Роль крымского микок в поисках генетической подосновы костенковско-стрелецкой культуры // Археологический альманах. Вып. 20. Донецк, 2009. С. 129–148.
11. Ocherednoi, A., Salnaya N., Voskresenskaya E., Vishnyatsky L. New geoarchaeological studies at the Middle Paleolithic sites of Khotylevo I and Betovo (Bryansk oblast, Russia): Some preliminary results. *Quaternary International*. 2014. Vol. 326–327. P. 250–260.
12. Сальная Н.В., Галле И., Очередной А.К., Антипов И.В. Археоманетология для решения теоретических и практических задач смежных дисциплин // Научная конференция молодых ученых и аспирантов ИФЗ РАН. 2017. С. 66.
13. Golovanova L.V., Doronichev V.B., Cleghorn N.E., Koulikova M.A., Sapelko T.V., Shackley S. Significance of Ecological Factors in the Middle to Upper Paleolithic Transition. *Current Anthropology*. 2010. Vol. 51. No. 5. P. 655–691.
14. Очередной А.К., Вишняцкий Л.Б., Нехорошев П.Е., Воскресенская Е.В., Иосифиди А.Г., Сальная Н.В. Новый этап комплексных исследований памятников среднего палеолита Хотылево I и Бетово // Труды III (XIX) Всероссийского археологического съезда. СПб.: ИИМК РАН, 2011. С. 77–78.
15. Вишняцкий Л.Б., Очередной А.К., Хоффекер Дж.Ф., Воскресенская Е.В., Нехорошев П.Е., Питиулько В.В., Холлидэй В.Т. Возраст стоянок Хотылево I и Бетово в свете результатов радиоуглеродного датирования (предварительное сообщение) // Записки Института истории материальной культуры. 2015. № 12. С. 9–18.
16. Щеглова В.В. О фауне антропогенных млекопитающих Белоруссии // Палеонтология и стратиграфия БССР, вып. IV. Минск: Наука и техника, 1963. С. 216–248.
17. Аверьянов А.О. Репродуктивная стратегия и систематика шерстистого мамонта, *Mammuthus primigenius* (Blumenbach, 1799) // Отчетная научная сессия Экологического института РАН по итогам работ 1996 года. СПб., 1997. С. 6–7.
18. Яблоков А.В., Юсуфов А.Г. Эволюционное учение. Учеб. для биол. спец. вузов. Изд. 6-е, испр. М.: Высшая школа, 2006. 310 с.
19. Malotki E., Wallace H.D. Columbian mammoth petroglyphs from the San Juan River near Bluff, Utah, United States. *Rock Art Research*. 2011. № 28(2). P. 143–152.
20. GuangBiao W., SongMei H., KeFu Yu., YaMei H., Xin L., ChangZhu J., Yuan W., JianXin Z., WenHua W. New materials of the steppe mammoth, *Mammuthus trogontherii*, with discussion on the origin and evolutionary patterns of mammoths. *Science China Earth Sciences* 2010. № 53 (7). P. 956–963.
21. Gibbons A. Close Encounters Of the Prehistoric Kind. *Science*, 7 May 2010. Vol. 328. P. 680–684.
22. Федоров П.П., Чубур А.А. Где ты, брат мой? // Химия и жизнь – XXI век. 2015. № 7. С. 50–54.
23. Чубур А.А., Миненко В.В. Новое нижнепалеолитическое местонахождение в Неготино // Археологические исследования центральной России. Липецк, 2006. С. 46–49.
24. Shchelinsky V.E., Dodonov A.E., Baigusheva V.S., Kulakov S.A., Simakova A.N., Tesakov A.S., Titov V.V. Early palaeolithic sites on the taman Peninsula (Southern azov sea region, Russia): Bogatyri/Sinyaya Balka and Rodniki. *Quaternary International*. 2010. Vol. 223. P. 28–35.
25. Щелинский В.Е. Новая раннепалеолитическая стоянка на Таманском полуострове (Южное Приазовье) // Палеолит и мезолит Восточной Европы. М.: Таус, 2011. С. 37–58.
26. Clayton D.H., Bush S.E., Johnson K.P. Coevolution of Life on Hosts: Integrating Ecology and History. University of Chicago Press, 2015. 320 p.

УДК 575.854

ФИЛОГЕНЕЗ СОСУДИСТЫХ СПЛЕТЕНИЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПОЗВОНОЧНЫХ

¹Шерышева Ю.В., ²Журавлева Г.Ф., ¹Морозов В.Д.

¹ГБОУ ВПО «Астраханский государственный медицинский университет Минздрава России»,
Астрахань, e-mail: sentlj2012@yandex.ru;

²ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет», Астрахань

Исследованы структурные преобразования гематоэнцефалического барьера хордовых. Описаны морфологические особенности четырех желудочков головного мозга и проанализированы механизмы их созревания в процессе эволюции. Детализированы характеристики соотношений компонентов сосудистых сплетений: эпителия, сосудов, соединительной ткани, у различных классов хордовых. Показано, что у миноги *plexus choroids* тесно соприкасается с сосудами, что обеспечивает оптимальный обмен. Отмечено, что у рыб наблюдается усложнение структуры барьера: эпителиальная пластинка представлена разными по структуре клетками. У земноводных продолжается усложнение структуры *plexus choroids* и впервые появляется складчатость. По сути, появляются ворсины, окаймленные однорядным эпителием кубической формы, содержащие прослойки соединительной ткани. У птиц впервые формируется аналог *plexus choroids* боковых желудочков, которое сохраняется у млекопитающих. Особенностью этого периода морфогенеза является первичное формирование участков многорядного эпителия, который в дальнейшем сменяется однослойным однорядным. У человека в отличие от более низших форм *plexus choroids* всех желудочков имеют складчатость и достаточно заметные прослойки соединительной ткани. В работе детализирован качественный состав клеточных элементов *plexus choroids* не только в индивидуальном развитии, но и в эволюции у хордовых.

Ключевые слова: филогенез, онтогенез, сосудистые сплетения головного мозга

THE PHYLOGENY OF THE VASCULAR PLEXUSES OF THE BRAIN VERTEBRATES

¹Sherysheva Yu.V., ²Zhuravleva G.F., ¹Morozov V.D.

¹Astrakhan State Medical University, Astrakhan, e-mail: sentlj2012@yandex.ru;

²Astrakhan State University, Astrakhan

Structural transformations of the chordal blood-brain barrier were investigated. The morphological features of the four ventricles of the brain are described and the mechanisms of their maturation in the process of evolution are analyzed. The characteristics of the ratios of vascular plexus components: epithelium, vessels, connective tissue, in different chordal classes are detailed. It is shown that the lamprey choroids plexus is closely connected with the blood vessels that ensures an optimum exchange. It is noted that in fish there is a complication of the structure of the barrier: the epithelial plate is represented by different cells in structure. In amphibians continues the complication of the structure of the *plexus choroids* and first appears folding. In fact, there are villi, bordered by a single-row epithelium cubic shape, containing layers of connective tissue. In birds, an analogue of *plexus choroids* of the lateral ventricles is observed for the first time, which is preserved in mammals. A feature of this period of morphogenesis is the primary formation of areas of multi-row epithelium, which is later replaced by a single-layer single-row. In humans, unlike the lower forms of *plexus choroids*, all ventricles have folding and quite noticeable layers of connective tissue. The paper details the qualitative composition of *plexus choroids* cell elements not only in individual development, but also in the evolution of chordates.

Keywords: phylogenesis, ontogenesis, vascular plexus of the brain

Из множества аспектов исследования механизмов, обеспечивающих оптимальное функционирование центральной нервной системы, достаточно большой период времени активно изучаются структурно-функциональные возможности гематоэнцефалического барьера (ГЭБ) [1, 2].

Именно наличие ГЭБ позволяет поддерживать гомеостаз всего организма, в том числе и центральной нервной системы [3, 4]. Наиболее функционально значимой структурой признаны *plexus choroids* головного мозга (ССГМ) [5, 6]. Очевидно, что важным является онтогенетическое становление морфологического субстрата ССГМ [7]. Несомненно, важна морфо-

функциональная состоятельность ССГМ не только в условиях нормы, но с учетом окружающей среды [8, 9]. Формирование любой структуры организма хордовых, включая и млекопитающих, обусловлено также окружающей средой, в частности воздействием стресса [10].

Однако, несмотря на большое внимание исследователей к особенностям функционирования центральной нервной системы, частные вопросы структуры и функций *plexus choroids* оставляют достаточно много вопросов по формированию барьера, в частности, в онто- и филогенезе. Требуют детализации преобразования структурных компонентов *plexus choroids* в историческом

аспекте. Отсутствует исследование рандомизации морфофункционального состояния *plexus choroids* боковых, 3-го и 4-го желудочков ликворной системы головного мозга. Совершенно очевидно, что это позволит раскрыть механизмы защиты от проникновения агрессивных препаратов, способных влиять на гомеостаз в центральной нервной системе.

Было проведено сравнительное изучение структурно-функционального становления *plexus choroids* головного мозга позвоночных животных боковых, 3-го и 4-го желудочков и выявление особенностей функционального созревания каждого.

В работе использованы методы: микроанатомические (Тотальный пленочный препарат сосудистых сплетений головного мозга мышей по Л.Г. Сентюровой и Р.А. Зумерову, авторское свидетельство № 1288536), гематоксилин и эозин, Ван-Гизон, Харт; толудиновый синий, по Нахласу, по Гомори и Гленнеру; метод импрегнации по В.В. Куприянову. Проводилось определение высоты клеток хориоидного эпителия (в мкм), средний диаметр их ядер (в мкм), толщина соединительнотканной стромы (в мкм), средний диаметр отдельных звеньев микроциркуляторного русла (в мкм). Статистическую обработку полученных данных осуществляли на персональном компьютере с использованием пакета «Анализ данных» в рамках программы Microsoft Excel и BioStat 2008 Professional 5.8.4.

Материалом для исследования служили ССГМ миноги (3), карповых (3) и осетровых рыб (3), земноводных (3), птиц (3) и беспородных белых крыс (25), мышей (25). Всего было детально изучены ССГМ 65 особей. При работе использовали устройство для фиксации мелких лабораторных животных в эксперименте [11].

Результаты исследования и их обсуждение

Обнаружено, что у миноги в переднем мозге *plexus choroids* представлены эпителиальной пластинкой. Отмечается расположение эпителия в несколько слоев. Кровеносные сосуды тесно соприкасаются с этим эпителием, что позволяет обеспечивать максимальный функциональный контакт. Сосуды заполнены элементами крови.

У карповых ССГМ кроме сплетения в желудочке продолговатого мозга, они располагаются и в промежуточном мозге. У сазана, каспийской воблы, толстолобика, *plexus choroids* заметно развиты лишь в 3-м и 4-м желудочках. Дупликация видоизмененной эпэндимы с одной стороны образована цилиндрическими клетками,

с другой – плоской формы. Первые характеризует практически не окрашивающаяся цитоплазма и апикальное расположение ядра. Эти же взаимоотношения структур наблюдались и у взрослых особей. Вероятно, это сформировано под влиянием среды обитания и особенностями функционирования эпителиальных клеток ССГМ. А у осетра *plexus choroids* переднего мозга представлено дупликацией видоизмененной эпэндимы медиальной стенки желудочка. Эпителиоциты (хориоэпителиоциты) довольно однородной плоской формой. Сосуды встречаются редко. Соединительнотканная ткань не определяется. *Plexus choroids* 3-го и 4-го желудочков мозга были образованы сосудистыми клубочками с тонкой эндотелиальной выстилкой, обеспечивающей оптимальные условия для местного метаболизма. В то же время у севрюги мы не обнаружили *plexus choroids* в конечном мозге.

Достаточно позднее формирование элементов ГЭБ в классе рыб, возможно, определяется их функциональным значением. Об этом свидетельствует и тот факт, что форма их мало меняется, а только биометрические показатели.

У взрослых амфибий *plexus choroids* являются структурно оформленными образованиями. Эпителий, обращенный в полость желудочка, образован однослойными клетками кубической формы. Каждый эпителиоцит содержит по одному ядру, чаще округлой формы. В ядре прослеживается нежная сеточка гетерохроматина. Цитоплазма слегка базофильна. Толщина соединительнотканной стромы существенно увеличена по сравнению с филогенетически более ранними формами. В сплетениях всех желудочков наблюдается стаз элементов крови. Это указывает на существенную функциональную особенность ССГМ в процессах метаболизма у земноводных. По-видимому, медленный кровоток способствует более качественному обмену жизненно необходимыми веществами.

Сравнение *plexus choroids* головного мозга рептилий с земноводными позволяет утверждать, что они присутствуют также в боковых, 3-м и 4-м желудочках. Наибольшую площадь занимают сплетения в боковых и в 4-м желудочках. Строение аналогично таковому у амфибий. Хорошо выражена гроздевидная часть. Эпителиоциты преимущественно кубической формы располагается в один слой на базальной мембране. Следует отметить, что высота эпителиоцитов сравнима с аналогичными клетками амфибий. Каждая клетка содержит по одному ядру округлой формы и содержит довольно много гетерохроматина. Под базальной мембраной

располагается рыхлая соединительная ткань. В её толще залегают довольно многочисленные кровеносные сосуды. Присутствуют фибробласты, наблюдаются единичные пигментциты. Меньше всего соединительной ткани в сосудистом сплетении третьего желудочка.

Впервые у птиц закладку *plexus choroids* сосудистых сплетений головного мозга можно наблюдать на 2-й день пренатального развития. Первыми образуются сплетения 4-го желудочка в виде складки эпендимы с зародышевой мезенхимой. Только к концу первой недели начинается гистогенез *plexus choroids* боковых желудочков. Однако, эпителий псевдомногорядный. Ближе к вылуплению он становится однорядным однослойным. Как и у более ранних эволюционных форм каждый эпителиоцит (хориоэпителиоцит) имеет ядро чаще овальной формы. Можно наблюдать ядрышко и небольшое количество гетерохроматина. Цитоплазма оксифильна. Лишь к середине второй недели нами наблюдались *plexus choroids* 3-го желудочка. После вылупления в *plexus choroids* регистрировалось продолжение морфофункциональной дифференцировки, при сохранении заметной гетерохронии созревания ССГМ боковых, 3-го и 4-го желудочков.

В классе млекопитающих (крысы, мыши) сначала формируются ССГМ 4-го желудочка. В начале 3-й недели (15–17 день пренатального развития) появляются закладки ССГМ в боковых желудочках и 3-го желудочка. Далее гистогенез сосудистых сплетений продолжается уже в постнатальном периоде, когда в 3-м и 4-м желудочках появляются ворсинки, увеличивающие поверхность для оптимального обмена веществ. На пленочных препаратах показано, что формирование сосудистого русла продолжается вплоть до полного созревания организма. Сравнительный анализ структуры ССГМ желудочков позволяет сделать вывод, что наибольшую функциональную нагрузку несут ССГМ третьего и четвертого желудочков.

ССГМ у человека имеют значительно большие размеры и сложность строения. В 3-м и 4-м желудочках *plexus choroids* образовано инвагинацией однослойной крышки. А *plexus choroids* боковых желудочков являются производными медиальной части матрикса. Раньше других наблюдается закладка сосудистого сплетения 4-го желудочка. Очень рано ССГМ начинают формировать вторичные ворсины. В 7 недель эмбрионального развития сплетения боковых желудочков имеют лишь короткие первичные ворсины. И только на 8-й неделе появляются

первые ветвления. Строма построена из мезенхимы, содержащей различные клеточные элементы. В плодном периоде к 15 неделям *plexus choroids* заполняют большую часть полости боковых желудочков. В этот период ядра эпителиоцитов (хориоэпителиоцитов) располагаются ближе к апикальному полюсу, что говорит о высокой степени метаболических процессов, в частности секреторных. После 16 недель ядра эпителиоцитов занимают обычное положение (ближе к основанию клетки). Наличие гломуса в сосудистых сплетениях бокового и 4-го желудочков, оставляет необходимость дальнейшего изучения *plexus choroids*, для более полного представления о роли ССГМ в обеспечении гомеостаза центральной нервной системы.

Сравнительное исследование филогенеза и отдельных этапов индивидуального развития сосудистых сплетений головного мозга (*plexus choroids*) миноги, рыб, земноводных, птиц, млекопитающих и человека позволило выявить этапы их морфогенеза и структурно-функционального становления гематоэнцефалического барьера.

Так, у хордовых основными закономерностями морфогенеза сосудистых сплетений головного мозга можно считать следующее: первичные сосудистые сплетения миноги являются простейшими образованиями и построены из эпителия. Последний представлен несколькими слоями. Сосуды лишь прилежат к нему.

У рыб начинают формироваться однослойные эпителиальные тяжи, окаймляющие примитивную соединительную ткань. Эпителиоциты резко не равноценны по высоте.

У амфибий ССГМ присутствуют во всех желудочках: боковых, третьем и четвертом. У них формируются не только первичные, но и вторичные ворсины. При этом сохранен план строения: однослойный эпителий расположен на базальной мембране. Клетки кубической формы, иногда уплощенные. В первых ядра округлые, во вторых – овальные. Все они содержат по 1–2 ядрышка. В соединительной ткани множественные сосуды микроциркуляторного русла. Наблюдаются единичные фибробласты.

У рептилий наибольшую функциональную нагрузку несут сосудистые сплетения боковых и четвертого желудочков. Именно они наиболее мощно представлены структурно. В этом классе хордовых эпителий представлен аналогично по сравнению с более низшими эволюционными формами. Но соединительнотканная прослойка содержит большее количество клеточных элементов, среди которых фибробласты, единичные фиброциты и пигментциты.

У птиц закладка сосудистого сплетения формируется в боковых желудочках в виде многослойного эпителия с дальнейшей реорганизацией в однослойный. Порядок сходен с таковым у млекопитающих. Также наблюдается схожее строение в силу множественного ветвления ворсин в боковых желудочках головного мозга как у человека. Эпителий сосудистых сплетений однослойный кубический. Расположен на базальной мембране. Соединительнотканная прослойка представлена рыхлой соединительной тканью с сосудами микроциркуляторного русла и клеточными элементами.

Анализируя полученные морфометрические данные на примере ССГМ млекопитающих – мышей (рис. 1), можно отметить, что высота эпителиоцитов *plexus choroids* (хориоэпителиоцитов) 4-го желудочка во все сроки развития по размерам превышает размеры эпителиоцитов в боковом и 3-м желудочке ($p < 0,05$). Очевидно, это обусловлено функциональной необходимостью именно этого отдела центральной системы у млекопитающих. *Plexus choroids* боковых и третьего желудочков подобных изменений не обнаружено ($p > 0,05$).

У новорожденных мышей только в четвертом желудочке наблюдается увеличение высоты эпителия ($p < 0,05$). Эпителиоциты боковых и третьего желудочков практически не меняются.

По мере увеличения длительности постнатального периода до второго дня нарастает высота эпителиоцитов. Именно в этот период она достигает максимальных зна-

чений. Однако, к 5-ти дням в боковом желудочке наблюдается минимальная высота, в отличие от третьего и четвертого желудочков. Далее до 14 дня идет, вероятно, накопление секрета в эпителиоцитах боковых желудочках ($p < 0,05$). В третьем и четвертом желудочках, напротив, регистрируется снижение высоты эпителиальных клеток ($p < 0,05$). К 84 дню постнатальной жизни в боковых и третьем желудочках продолжается снижение высоты эпителиоцитов в отличие от эпителиоцитов четвертого желудочка ($p < 0,05$).

Другим объективным показателем морфофункциональной активности любой клетки является объем ядра. Так, на рис. 2 представлены результаты измерений объемов ядер в ходе онтогенеза. Очевидным является особое взаимоотношение между высотой эпителиоцита и размерами ядра в боковых желудочках на 5-й день постнатального развития, что, возможно, связано с активацией синтетической функции ядра в этот возрастной период. В то время как к моменту прозревания – 14 дней объем ядра значительно снижается, а высота эпителиоцита увеличивается.

Синтетическая активность ядер эпителия третьего желудочка колеблется в небольших пределах ($p > 0,05$), хотя эпителий имеет тенденцию к снижению высоты ($p < 0,05$).

В четвертом желудочке резкое увеличение синтетической активности ядер отмечается на 2-й день постнатальной жизни, которая уменьшается к моменту прозревания (14 день).

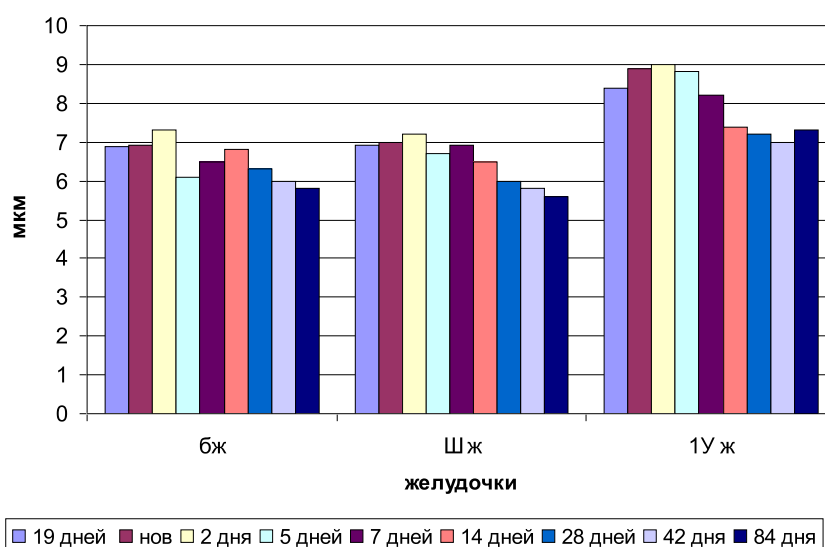


Рис. 1. Морфометрия сосудистых сплетений головного мозга мышей в онтогенезе (эпителий)

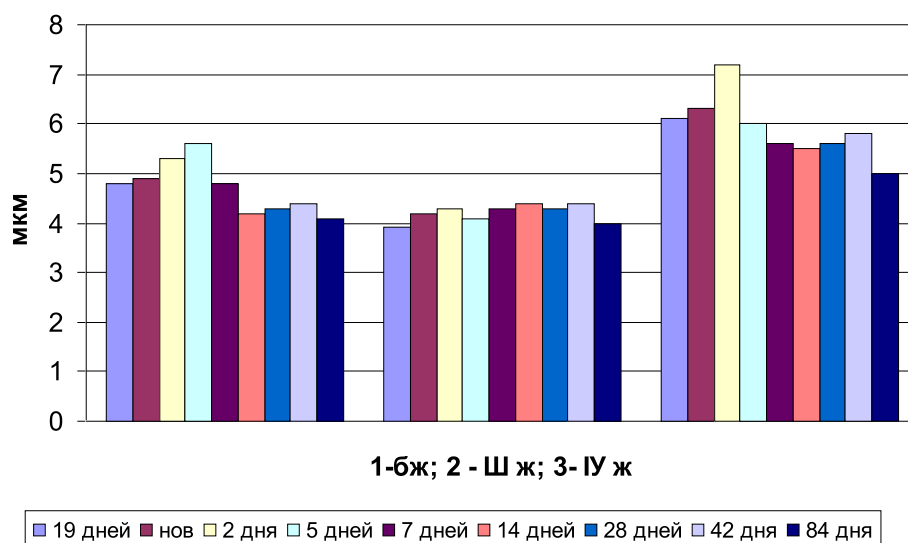


Рис. 2. Морфометрия сосудистых сплетений головного мозга мышей в онтогенезе (ядра)

В постнатальном периоде у млекопитающих наименьшим изменениям подвергается объем ядер эпителиоцитов третьего желудочка, что свидетельствует об отсутствии необходимости интенсивного синтеза.

Нельзя не отметить разнонаправленные изменения объемов ядер бокового и четвертого желудочков. Так, если к 5-ти дням в боковом желудочке резко активируются синтетические процессы, то в четвертом, наоборот резко снижаются.

Ещё один скачок синтетической активности ядер сосудистых сплетений наблюдается в четвертом желудочке к 42 дням постнатальной жизни. Но к 84 дням во всех желудочках ядра снижают свою синтетическую активность.

Высота эпителия практически не меняется от новорожденного до 5 дней постнатального периода ($p > 0,05$).

Закключение

Исследование *plexus choroids* головного мозга позвоночных в сравнительном аспекте позволило установить ряд закономерностей, свидетельствующих об особенностях становления морфофункционального субстрата гематоэнцефалического барьера. Процессы дифференцировки наблюдаются во всех основных морфологических структурах, в частности в хориоэпителиоцитах.

Список литературы

1. Андреева Н.Г., Обухова Д.К. Эволюционная морфология нервной системы позвоночных. СПб., 1999. 384 с.
2. Самоделкина А.А., Сентюрова Л.Г., Шаталин В.А. Структурно-временная организация хориоэпителиоцитов

сосудистого сплетения боковых желудочков головного мозга новорожденных крыс // Астраханский медицинский журнал. 2012. Т. 7. № 4. С. 225–227.

3. Сентюрова Л.Г. Сравнительное изучение морфологии сосудистых сплетений головного мозга позвоночных животных и человека: автореф. дис. ... докт. мед. наук. Москва, 1998. 50 с.

4. Крутилова А.А., Сентюрова Л.Г. Морфофункциональные особенности сосудистых сплетений головного мозга в онтогенезе // Астраханский медицинский журнал. 2011. Т. 6. № 2. С. 256–257.

5. Сентюрова Л.Г., Теплый Д.Л. Морфогенез сосудистых сплетений головного мозга позвоночных животных и человека // Журнал АГУ «Естественные науки». Астрахань, 2013. № 4. С. 82–87.

6. Сентюрова Л.Г. Морфофункциональное становление сосудистых сплетений головного мозга позвоночных животных и человека // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 2. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=12469> (дата обращения: 10.01.2019).

7. Юнеман О.А., Савельев С.В. Возрастные изменения сосудистых сплетений боковых желудочков головного мозга человека // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=12469> (дата обращения: 10.01.2019).

8. Крутилова А.А., Сентюрова Л.Г., Крутилова А.А. Морфофункциональные особенности сосудистых сплетений головного мозга в онтогенезе // Астраханский медицинский журнал. 2011. Т. 6. № 2. С. 256–257.

9. Ахиянц И.Л., Сентюрова Л.Г. Проблемы медико-генетического мониторинга волжской воды // Естественные науки. 2005. № 3. С. 25–27.

10. Хужахметова Л.К., Сентюрова Л.Г. Динамика процессов перекисного окисления липидов у крыс при стрессе и после фармакологической коррекции // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 4 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=21144> (дата обращения: 10.01.2019).

11. Сентюрова Л.Г., Красовский В.С., Дуйко В.В., Голубкина С.А. Устройство для фиксации мелких лабораторных животных // Патент № 110976. Патентообладатель: ФГБОУ Астраханский медицинский университет; опубликован. 10.12.2011. Бюл. № 34.