

UNIVERSITATEA DE STAT DIN MOLDOVA

ISSN 1814-3237

Categoria B

STUDIA UNIVERSITATIS MOLDAVIAE

SERIA

Științe reale • Științe biologice
și ale naturii • Științe chimice

Fondată în anul 2007

Revistă științifică cu acces deschis,
supusă unui proces de dublă recenzare

OPEN  ACCESS JOURNALS



Chișinău

CEP USM 2023

Nr. 6(166)

2023

Redactor-șef

GULEA Aurelian, academician, profesor universitar, doctor habilitat (Universitatea de Stat din Moldova)

Redactori-șefi adjuncți

CRIVOI Aurelia, profesor universitar, doctor habilitat (Universitatea de Stat din Moldova)

GLADCHI Viorica, conferențiar universitar, doctor (Universitatea de Stat din Moldova)

LEȘANU Mihai, conferențiar universitar, doctor (Universitatea de Stat din Moldova)

Consiliul academic

ANDRUH Marius, academician al Academiei Române, profesor universitar (Universitatea din București, România)

ARION Vladimir, conferențiar universitar, doctor habilitat (Universitatea din Viena, Austria)

BÂRSAN Ana, conferențiar universitar, doctor (Universitatea de Stat din Moldova)

BOBEICA Valentin, conferențiar universitar, doctor habilitat (Universitatea de Stat din Moldova)

BULIMESTRU Ion, conferențiar universitar, doctor (Universitatea de Stat din Moldova)

ČESNOKOV Iurii, doctor (Institutul Agrofizic de Cercetări Științifice din Sankt Petersburg, Federația Rusă)

DUCA Gheorghe, academician, profesor universitar, doctor habilitat (Institutul de Chimie)

FURDUI Teodor, academician, profesor universitar, doctor habilitat (Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie)

GONȚA Maria, profesor universitar, doctor habilitat (Universitatea de Stat din Moldova)

GUȚANU Vasile, profesor universitar, doctor habilitat (Universitatea de Stat din Moldova)

IBISCH Pierre L., PhD., professor (Eberswalde University for Sustainable Development, Germany)

MANGALAGIU Ionel, profesor universitar, doctor (Universitatea „Al. I. Cuza” din Iași, România)

RUDIC Valeriu, academician, profesor universitar, doctor habilitat (Institutul de Microbiologie și Biotehnologie)

SOCHIRCĂ Vitalie, conferențiar universitar, doctor (Universitatea de Stat din Moldova)

TODERAȘ Ion, academician, profesor universitar, doctor habilitat (Institutul de Zoologie)

UNGUR Nicon, profesor universitar, doctor habilitat (Institutul de Chimie)

VOLOȘCIUC Leonid, profesor universitar, doctor habilitat (Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor)

WILSON Karl A., PhD., Professor Emeritus of Biological Sciences (State University of New York at Binghamton, USA)

Grupul de lucru

STEPANOV Georgeta, doctor habilitat, profesor universitar, prorector pentru activitate științifică - coordonator

VALIC Miroslava - executor responsabil

VLADÎCA Sergiu - redactare literară (limba română)

BODEAN-VOZIAN Olesea, doctor - redactare literară (limba engleză)

PASTUH Marina - design grafic

ZASMENCO Ecaterina - atribuire index CZU

CHISELIOV Anton - responsabil de site

Indexată în bazele de date



Universitatea de Stat din Moldova, 2023

CZU: 582.4:581.5

[http://doi.org/10.59295/sum6\(166\)2023_01](http://doi.org/10.59295/sum6(166)2023_01)

ПОЛИМОРФИЗМ ОКРАСКИ ВЕНЧИКОВ ЦВЕТКОВЫХ, КАК АДАПТАЦИЯ К ШИРОТНОМУ И СЕЗОННОМУ РАСПРЕДЕЛЕНИЮ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

*Ирина КОЛОМИЕЦ,**Молдавский Государственный Университет*

POLIMORFISMUL DE CULOARE AL COROLELOR PLANTELOR CU FLORI CA ADAPTARE LA DISTRIBUȚIA LATITUDINALĂ ȘI SEZONIERĂ A ENERGIEI SOLARE

Această lucrare prezintă date privind variația caracteristicilor calitative și cantitative (compoziția spectrală, poziția limitei maxime, lungimii de undă scurtă, intensitatea) ale spectrului solar în regiunile ultraviolete și vizibile. A fost stabilită distribuția latitudinală și sezonieră a maximumului radiației solare. Se presupune că culoarea corolei plantelor cu flori este rezultatul adaptării la spectrul solar maxim.

Cuvintele-cheie: iradierea solară, compoziția spectrală, poziția maximumului, adaptarea, culoarea corolei.

COLOR POLYMORPHISM OF FLOWERING COROLLAS AS AN ADAPTATION TO THE LATITUDINAL AND SEASONAL DISTRIBUTION OF SOLAR ENERGY

This paper presents data on the variation of qualitative and quantitative characteristics (spectral composition, position of the maximum and short-wavelength boundary) of the solar spectrum in the ultraviolet and visible regions. The latitudinal and seasonal distribution of solar radiation maximum has been established. It is hypothesized that the corolla color of flowering plants is the result of adaptation to the solar spectrum maximum.

Keywords: solar irradiance, spectral composition, position of the maximum, adaptation, corolla color.

Введение

Переход растений от вегетативного морфогенеза к генеративному является переломным этапом онтогенеза. Он важен как для онтогенеза развивающегося индивидуального растения, так и для сохранения и дальнейшего процветания вида в целом. Поэтому в процессе эволюции выработался ряд приспособительных реакций, обеспечивающих соответствие перехода к цветению в наиболее благоприятный для конкретного вида период. Свет выступает в качестве триггера основных механизмов эндогенного регулирования цветения. Поэтому при изучении адаптаций у растений (в нашем случае окраски венчиков цветковых) к солнечной радиации необходимо знать, каким образом изменяется сама солнечная радиация – её количественные и качественные характеристики. Последующая задача состоит в создании модели максимально адаптированной к особенностям распределения солнечной радиации и сопоставлении распределения конкретных поверхностей (в нашем случае окраски поверхности венчиков видового богатства Земли) с теоретически ожидаемым модельным распределением. На необходимость таких исследований указано в целом ряде работ современных авторов [1, 2, 3, 4]. Таким образом, цель данной работы сводилась к изучению особенностей распределения качественных и количественных характеристик солнечного излучения в зависимости от времени года и географической привязанности, в создании и проверке модели максимально адаптированной поверхности к основным характеристикам солнечного излучения ультрафиолетового и видимого диапазона.

Методы и материалы

Анализ качественных и количественных характеристик солнечного излучения проводили на основе данных Технического Меморандума 82021 NASA [5] для абсолютно чистого неба ($\alpha = 1.3$, $\beta = 0.02$) при давлении водяного пара $H_2O = 20$ мм и озона $O_3 = 3.4$ мм. Расчеты энергии потока проводили для

максимального значения длины волны спектральных линий видимого диапазона в $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{мкм}^{-1}$. Расчет значений оптических масс (АМ) при разных высотах Солнца (h°) выполняли согласно таблице Бемпорада [6]. Расчет энергии фотонов проводили согласно уравнению Планка [9].

Результаты

Основными качественными характеристиками солнечного излучения являются спектральный состав, положение максимума и коротковолновая граница, которые зависят от h° и от АМ (таблица 1). Известно, что чем ниже опускается Солнце, тем богаче его спектр длинноволновым излучением, а коротковолновая граница и максимум излучения смещаются в сторону больших длин волн. Так как на широте $50^\circ - 60^\circ$ в зимние месяцы Солнце не поднимается над горизонтом выше, чем на $6.5^\circ - 16.5^\circ$ (таблица 1), то отсюда следует, что зимой на этих широтах в солнечном спектре полностью отсутствует ультрафиолетовое излучение с длинами волн короче 360 нм. Летом же ультрафиолетовый конец спектра простирается вплоть до 295 нм [5, 6].

Таблица 1. Широтное варьирование высоты Солнца над горизонтом и среднедневной оптической массы в точках солнцестояния и равноденствия.


Дата	22 декабря		21 марта		21 июня		23 сентября	
Широта, $^\circ$	h°	АМ	h°	АМ	h°	АМ	h°	АМ
90	-	-	0	39.600	23.5	2.500	0	39.600
80	-	-	10	10.400	33,5	2.500	10	10.400
70	-	-	20	5.600	43.5	2.500	20	5.600
60	6.5	14.650	30	3.820	53.5	2.220	30	3.820
50	16.5	6.720	40	2.900	63.5	1.895	40	2.900
40	26.5	4.300	50	2.360	73.5	1.670	50	2.360
30	36.5	3.170	60	2.000	83.5	1.500	60	2.000
20	46.5	2.525	70	1.740	86.5	1.455	70	1.740
10	56.5	2.105	80	1.550	76.5	1.610	80	1.550
0	66.5	1.820	90	1.410	66.5	1.820	90	1.410
-10	76.5	1.610	80	1.550	56.5	2.105	80	1.550
-20	86.5	1.455	70	1.740	46.5	2.525	70	1.740
-30	83.5	1.500	60	2.000	36.5	3.170	60	2.000
-40	73.5	1.670	50	2.360	26.5	4.300	50	2.360
-50	63.5	1.895	40	2.900	16.5	6.720	40	2.900
-60	53.5	2.220	30	3.820	6.5	14.650	30	3.820
-70	43.5	2.500	20	5.600	-	-	20	5.600
-80	33.5	2.500	10	10.400	-	-	10	10.400
-90	23.5	2.500	0	39.600	-	-	0	39.600

Легенда: градиентным серым цветом обозначено уменьшение АМ, «-» - полярная ночь. Знак «-» в первом столбце обозначает широты южного полушария. АМ - показатель атмосферного влияния на интенсивность солнечного излучения, доходящего до земной поверхности,

В моменты весеннего и осеннего равноденствия h° и АМ симметрично изменяются относительно линии экватора (0°). АМ уменьшается в направлении от северного полюса до экватора и увеличивается от экватора до южного полюса, а h° - наоборот: увеличивается в направлении от северного полюса до экватора и уменьшается от экватора до южного полюса. В момент зимнего солнцестояния центр симметрии смещается к южному полюсу на 23° , обуславливая явление полярной ночи на се-

верном полюсе и явление полярного дня на южном полюсе. В момент летнего солнцестояния центр симметрии смещается к северному полюсу на 23°, обуславливая явление полярной ночи на южном полюсе и явление полярного дня на северном полюсе (таблица 1). Варьирование показателей h и AM в зависимости от сезона носит синусоидальный характер и обуславливает изменение основных качественных и количественных характеристик солнечного излучения: спектрального состава, положения максимума, коротковолновой границы, и интенсивности (таблица 2, рисунок 1).

Таблица 2. Распределение максимумов солнечной энергии (E , Вт/м²·μкм) видимого диапазона (λ , нм) в точках весеннего и осеннего равноденствия.

λ , нм	Широта, °									
	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
										
	E, Дж									
375	0	53	235	385	493	566	615	646	662	667
415	0	206	581	822	977	1076	1140	1180	1200	1207
420	0	220	598	834	985	1080	1142	1180	1200	1207
480	0	554	1047	1294	1439	1526	1581	1615	1633	1638
495	0	593	1055	1279	1408	1485	1533	1563	1578	1583
500	0	612	1068	1286	1410	1485	1532	1561	1575	1580
505	0	617	1066	1280	1402	1475	1520	1548	1563	1568
525	1	642	1070	1268	1381	1448	1490	1515	1528	1533
530	1	651	1075	1270	1381	1447	1488	1513	1525	1530
535	1	654	1071	1262	1370	1434	1474	1498	1511	1515
575	3	692	1073	1242	1336	1392	1426	1447	1458	1461
585	3	704	1081	1247	1338	1393	1426	1447	1457	1461
610	6	732	1078	1227	1309	1357	1387	1404	1413	1417
640	16	809	1105	1226	1292	1329	1352	1366	1373	1376
650	23	835	1111	1222	1282	1317	1338	1350	1357	1359
660	28	848	1111	1216	1273	1305	1324	1336	1342	1344
700	65	890	1096	1174	1215	1239	1253	1262	1266	1268
710	71	888	1084	1159	1198	1221	1234	1242	1247	1248
722,5	37	711	913	998	1047	1076	1094	1105	1111	1113
735	65	802	985	1058	1097	1120	1135	1143	1147	1149
740	72	812	989	1059	1096	1118	1132	1140	1144	1145
747,5	98	866	1030	1092	1124	1142	1153	1160	1163	1164
765	111	858	1008	1063	1092	1109	1119	1125	1128	1129

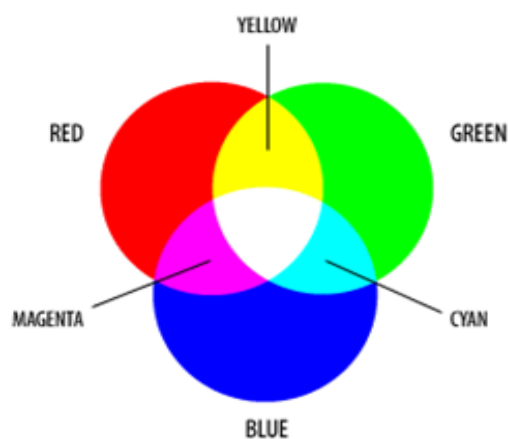
Подробный анализ спектрального распределения солнечного излучения с шагом 5 μкм и поширотным шагом 1° выявил наличие следующих максимумов и их смещений: ультрафиолетовый ($\lambda=375$ нм, $AM=1$), фиолетовый ($\lambda=415$ нм, $AM=1$; $\lambda=420$ нм, $AM=1,5$; 2), синий пик ($\lambda=480$ нм, $AM=1$; 1,5; 2; 3; 4), циановый ($\lambda=500$ нм, $AM=1$; 1,5; 2; 3; $\lambda=505$ нм, $AM=4$). Зеленый максимум проявляется, начиная с $\lambda=525$ нм ($AM=1$;1,5), смещается на $\lambda=530$ нм при $AM=1,5$; 2;3 и на $\lambda=535$ нм при $AM=4$. Жёлтый пик $\lambda=575$ нм наблюдается при $AM=1$, а при $AM=1,5$; 2; 3; 4 он смещается на 15 нм ($\lambda=590$ нм). Красная область солнечного спектра представлена каскадными смещающимися пиками с $\lambda=610$ нм до 710 нм ($AM=2 - 10$); пиками, с $\lambda=722,5$ нм и с $\lambda=760$ нм, выраженными на всех широтах ($AM=1 - 10$); пиками с $\lambda=735$ нм, $\lambda=765$ нм ($AM=1 - 7$) и пиком с $\lambda=740$ нм, регистрируемом

при варьировании АМ от 1 до 4. Широтный анализ распределения максимумов солнечной энергии в течении года показал, что в северном полушарии распределение максимумов излучения происходит симметрично июню месяцу. Таким образом, что июль симметричен маю, апрель – августу, сентябрь аналогичен марту (точки осеннего и весеннего равноденствия), октябрь – февралю, ноябрь - январю, а декабрь в южном полушарии является осью симметрии, также как июнь в северном полушарии [6].

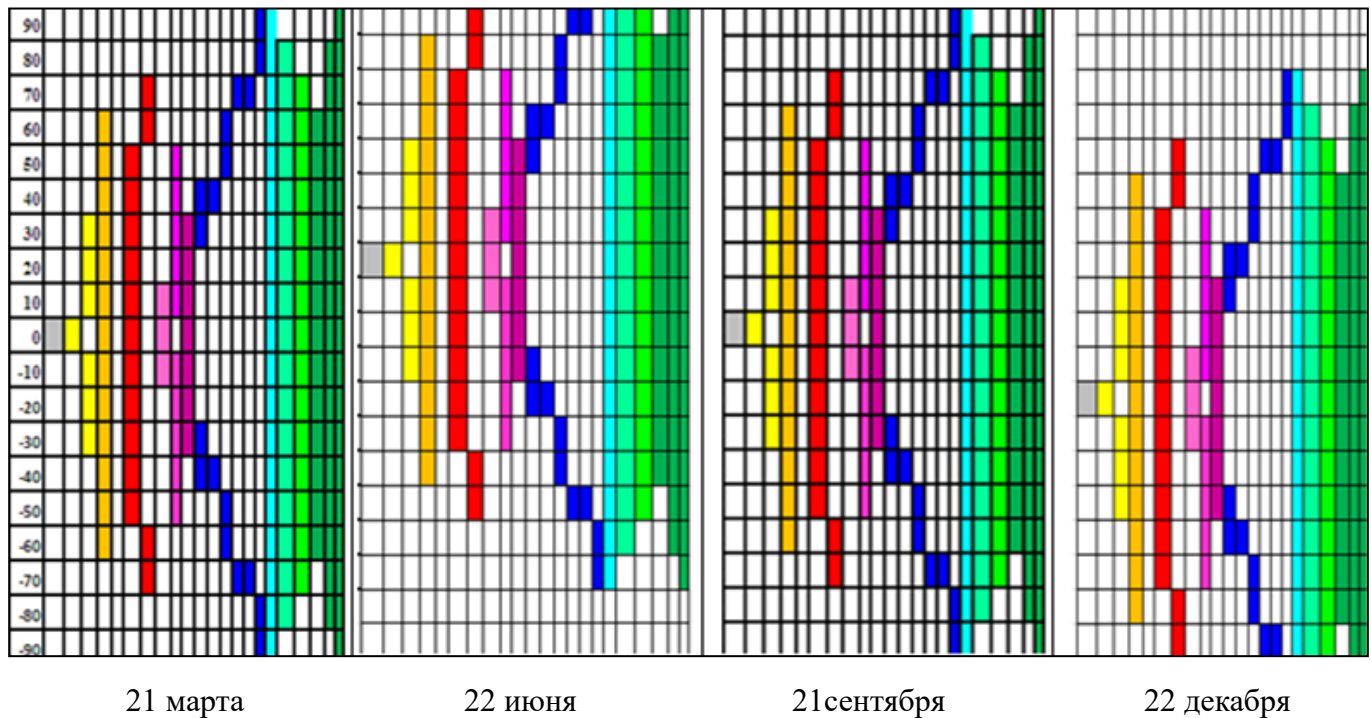
Исходя из того, что выраженность качественных характеристик солнечного излучения носит циклический характер, правомочно предположить, что реакция биологических систем на солнечную радиацию также носит циклический характер, проявляющийся в виде адаптаций как на широтном, так и на сезонном уровне. В процессе эволюции биологическая адаптация цветковых растений могла пойти по пути формирования светочувствительных поверхностей, максимум поглощения которых совпадает со спектральным максимумом падающего излучения. Для таких поверхностей выполняются общие законы поглощения электромагнитного излучения. Они определяют связь между величиной поглощения и количеством поглощающего вещества - пигмента. Для пигментов характерно специфическое строение молекул, а именно – наличие системы сопряженных двойных связей. В зависимости от положения и числа двойных связей, пигмент избирательно поглощает электромагнитное излучение. В связи с чем, каждый пигмент имеет соответствующую окраску и специфическую кривую поглощения света. Чем больше в молекуле пигмента двойных связей, тем длиннее его волна поглощения [7]. Согласно закону Гротгуса-Дрепера [8] химическое превращение вещества может вызвать только тот свет, который этим веществом поглощается. Можно ориентировочно считать, что на тело определенной окраски химически действует только такой свет, цвет которого является комплементарным цвету данного тела, т.е. дополняет его до белого (таблица 3). Используя указанные в таблице 3 формулы, построим модель венчика, поверхность которого сформировалась как результат адаптации к максимумам солнечного спектра. Представим формирование окраски поверхностей оптимально адаптированных к максимумам солнечного излучения. Общие закономерности в распределении максимумов солнечного излучения видимого диапазона должны сохраняться и при распределении максимумов отраженного света адаптированных к ним плоскостей. Сезонные аспекты будут изменяться со смещением распределения окраски венчиков по широтам на 23° в точке летнего солнцестояния и на -23° в точке зимнего солнцестояния.

Таблица 3. Моделирование в системе RGB окраски максимально адаптированных плоскостей по сезонам.

Видимая окраска	Компоненты отражения	Компоненты поглощения
Black	0+0+0	R+G+B
White	R+G+B	0+0+0
Red	R+0+0	0+G+B
Green	0+G+0	R+0+B
Blue	0+0+B	R+G+0
Cyan	0+G+B	R+0+0
Magenta	R+0+B	0+G+0
Yellow	R+G+0	0+0+B



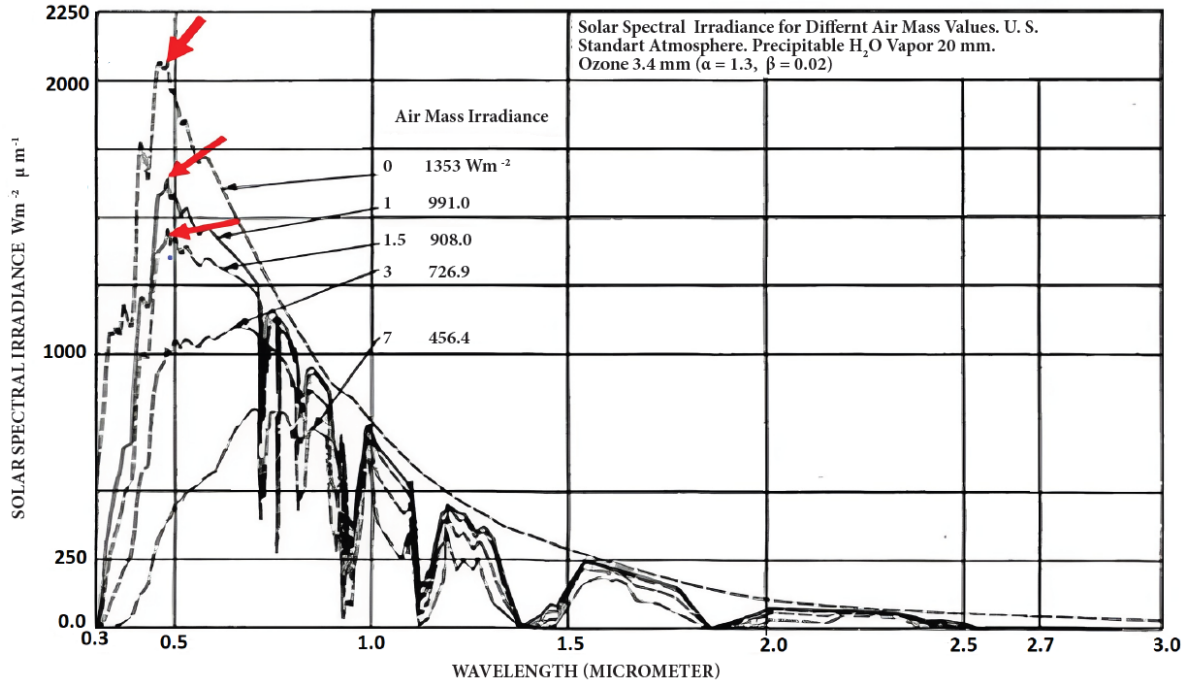
Очевидно, что если спектр излучения и поглощения (таблица 2) упорядочен в направлении: ультрафиолетовый - фиолетовый - синий – циановый – зелёный – жёлтый - оранжевый – красный, то порядок при отражении (таблица 3.) примет следующий вид: белый - желтый - оранжевый – красный – пурпурный – фиолетовый - синий – циановый - зелёный, согласно системе цветопередачи RGB. Система цветопередачи RGB считается более эффективной при спектральном анализе, так как соответствует, в отличии от системы цветопередачи RYB, трем типам колбочек (светочувствительных клеток к синему, красному и зеленому диапазону) на сетчатке глаза человека.



Область белой максимально адаптированной поверхности, как результат адаптации к ультрафиолетовому максимуму, находится на экваторе, где АМ близко или равно единице, область желтой адаптивной поверхности (таблица 3) располагается в пределах от 0° до 60° градусов по обе стороны от светового экватора. (Световой экватор совпадает с географическим в момент весеннего и осеннего равноденствия и изменяет свое положение в течении года вслед за изменением высоты Солнца над горизонтом.) Область красной поверхности варьирует от 0° до 70° градусов, а пурпурной (маржентовой) от 0° до 60° . Фиолетовая зона замыкается в пределах $\pm 50^\circ$. Поверхность синего цвета отсутствует на экваторе, а появляется только на $\pm 30^\circ$ широте и носит каскадный, фрагментарный характер на отрезке от 610 нм до 710 нм. Говоря о фрагментарном синем нужно обратить внимание, что насыщенный синий на 30-ой широте и на 90-ой должны отличаться не только по интенсивности, но и по оттенку. Синий каскадно переходит в голубой в направлении к полюсам. Голубая (циановая) полоса характерна для диапазонов $\pm [0^\circ - 90^\circ]$. Зеленная поверхность характерна для всех широт, поэтому, с точки зрения эволюции, наиболее приспособлена к варьированию интенсивности солнечного излучения, сдвигу коротковолновой границы спектра и к положению максимумов на электромагнитной шкале (таблица 3). Представленная модель характерна для точек 21 марта и 21 сентября. В точке летнего солнцестояния представленная картина сдвигается на 23° в направлении к северному полюсу, а в точке зимнего солнцестояния сдвигается на 23° в направлении к южному полюсу. Такое смещение обуславливает сезонную специфику окраски венчиков у цветковых растений [11]. Длинноволновой диапазон солнечного излучения наравне с коротковолновым диапазоном, также может обуславливать появление адаптивной поверхности белого цвета, благодаря приспособлению к многочисленным пикам в ИК – диапазоне (рисунок 1).

Основной количественной характеристикой солнечного излучения является интенсивность которая достигая земли, меняется в зависимости от времени суток, года, местоположения и погодных условий. Интенсивность солнечного излучения в свободном пространстве на удалении, равном среднему расстоянию между Землей и Солнцем, называется солнечной постоянной. Ее величина — 1353 Вт/м^2 . При прохождении через атмосферу солнечный свет ослабляется в основном из-за поглощения инфракрасного излучения парами воды, ультрафиолетового излучения — озоном и рассеяния излучения частицами атмосферной пыли и аэрозолями (на рисунке 1 показано спектральное распределение интенсивности солнечного излучения в различных условиях).

Рис. 1. Изменение интенсивности, спектрального состава, положения максимума и коротковолновой границы солнечного излучения [5]. Красные стрелки указывают на двойной максимум в синем и циановом диапазоне, черные на показатели АМ.



Верхняя кривая (АМ0) соответствует солнечному спектру за пределами земной атмосферы (например, на борту космического корабля), т.е. при нулевой воздушной массе атмосферы. Она аппроксимируется распределением интенсивности излучения абсолютно черного тела при температуре 5800 °К. Кривые АМ1 иллюстрирует спектральное распределение солнечного излучения на поверхности Земли, когда Солнце в зените и при угле между Солнцем и зенитом 60°, соответственно. При этом полная мощность излучения — соответственно порядка 925 и 691 Вт/м². Средняя интенсивность излучения на Земле примерно совпадает с интенсивностью излучения при АМ=1,5 (Солнце - под углом 45° к горизонту) [5, 6]. Около поверхности Земли можно принять среднюю величину интенсивности солнечной радиации 635 Вт/м². В очень ясный солнечный день эта величина колеблется от 950 Вт/м² до 1220 Вт/м². Среднее значение — примерно 1000 Вт/м² или 860 ккал/(м²ч). Для упрощения вычисления по приходу солнечной энергии, его обычно выражают в часах солнечного сияния с интенсивностью 1000 Вт/м² [6].

Определенные ранее границы максимально адаптированных плоскостей основывались на поиске положения на ультрафиолетовом и видимом диапазоне максимального значения интенсивности солнечной радиации на выбранной широте. Если проанализировать значение интенсивности солнечной радиации по меридиану, то можно легко заметить ее увеличение по направлению от полюсов к световому экватору [6]. Таким образом, максимально адаптированная к широтному максимуму плоскость, по мере приближения к экватору должна увеличивать концентрацию пигмента, поглощающего в данном диапазоне. Если широтный максимум находится в приэкваториальной зоне, то по мере удаления от экватора концентрация пигмента должна уменьшаться (таблица 2). Усиление пигментации будет уменьшать альбедо поверхности и способствовать ее перегреву. Поэтому, по мере приближения к экватору естественный отбор будет направлен в сторону плоскости с высокой отражательной способностью, в идеале белой поверхности. Логично предположить, что в условиях существования нескольких пиков доминирующая окраска максимально адаптированной поверхности будет оставаться за окраской комплементарной пику с наибольшей интенсивностью. Однако при наличии равных по численности фотонов (N₁=N₂) потоков комплементарных диапазонов, адаптация будет происходить к обоим максимумам одновременно, что приведет и к отражению во взаимно комплементарных диапазонах, а следовательно и к появлению поверхности белого цвета

с наибольшим показателем альбеде. Докажем это положение. Исходя из законов цветообразования (таблица 3), запишем формулу для плоскости белого цвета в отраженном свете:

$$\text{White} = R+G+B \quad (1)$$

Просуммируем отраженный свет одного из трех комплементарных диапазонов: красный - циановый
 $\text{Red} + \text{Cyan} = R+0+0 + 0+G+B = R+G+B = \text{White} \quad (2)$

Аналогичное доказательство можно провести для двух других комплементарных пар:

$$\text{Green} + \text{Magenta} = R+0+B+0+G+0 = R+G+B = \text{White} \quad (3)$$

$$\text{Yellow} + \text{Blue} = R+G+0+0+0+B = R+G+B = \text{White} \quad (4)$$

Необходимо подчеркнуть, что для модельной плоскости принимается условие, что коэффициент пропускания будет равномерным и не равным 0. Для максимумов, находящихся в северных широтах для которых характерна низкая плотность фотонов, максимально адаптированными являются плоскости зеленого, синего и цианового цвета, согласно системе RGB, отбор направлен в сторону повышения концентрации количества молекул пигмента, для уменьшения альбеде и повышения температуры цветка, как защитной функции от охлаждения. Согласно квантово – оптическому закону эквивалентности Эйнштейна – Штарка [8], каждый поглощенный фотон вызывает фотохимическое возбуждение только одной молекулы. Поэтому количество фотонов определенного диапазона должно находиться в эквивалентном соотношении с количеством молекул пигмента – ловушки. Вычислим количество фотонов для потоков шириной 1 мкм.

Вычисляем энергию (E) фотона для каждого максимума, согласно уравнению Планка (1) и, разделив энергию потока (P) на энергию фотона (2), узнаем число фотонов (n) [9].

$$E = hc/\lambda \quad (5)$$

где h - постоянная Планка = $6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с; c- скорость света = $3 \cdot 10^8$ м/с; λ - длина волны максимума солнечного излучения.

$$1\text{м} = 1 \cdot 10^9 \text{нм}, \text{ а } 1 \text{ нм} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ м } \quad 375 \text{ нм} = 3,75 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$E = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} / 3,75 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 19,89 \cdot 10^{-26} / 3,75 \cdot 10^{-7} \text{ Дж} = 19,89 \cdot 10^{-26} \cdot 10^7 / 3,75 \text{ Дж} = 5,3 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$n = P/E \quad (6)$$

где P – интенсивность потока, Вт/м²·μкм, E – энергия одного электрона, Дж.

Исходя из полученных данных (таблица 4), можно заключить, что по численности фотонов световые потоки коротковолнового диапазона всегда меньше чем потоки длинноволнового диапазона. Из чего следует, что поверхности, адаптированные к длинноволновому диапазону превалируют над поверхностями, адаптированными к коротковолновому диапазону.

Таблица 4. Распределение плотности фотонов по максимумам излучения видимого диапазона (λ, нм) в точках весеннего и осеннего равноденствия.

λ, нм	Широта,°										E, Дж
	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	
375	0	16	71	117	149	172	186	196	201	202	3,3
415	0	69	194	274	326	359	380	393	400	402	3,0
420	0	74	202	282	333	365	386	399	405	408	2,95
480	0	213	403	498	553	587	608	621	628	630	2,6
495	0	237	422	512	563	594	613	625	631	633	2,5
500	0	247	431	519	569	599	618	629	635	637	2,48
505	0	251	433	520	570	600	618	629	635	637	2,46
525	0	272	453	537	585	614	631	642	647	650	2,36
530	0	278	459	543	590	618	636	647	652	654	2,34
535	0	284	466	549	596	623	641	651	657	659	2,3

575	1	320	497	575	619	644	660	670	675	676	2,16
585	1	335	515	594	637	663	679	689	694	696	2,1
610	3	366	539	614	655	679	694	702	707	709	2,00
640	8	421	576	639	673	692	704	711	715	717	1,92
650	12	437	582	640	671	690	701	707	710	712	1,91
660	15	451	591	647	677	694	704	711	714	715	1,88
700	37	503	619	663	686	700	708	713	715	716	1,77
710	41	507	619	662	685	698	705	710	713	713	1,75
722,5	22	413	531	580	609	626	636	642	646	647	1,72
735	38	475	583	626	649	663	672	676	679	680	1,69
740	43	483	589	630	652	665	674	679	681	682	1,68
747,5	60	531	632	670	690	701	707	712	713	714	1,63
765	69	530	622	656	674	685	691	694	696	697	1,62

Вычисления по соотношению численности фотонов комплементарных диапазонов (их равновеликие значения дают в сумме белый цвет) показали, что на широтах, где соотношение между комплементарными диапазонами близко к 1 (530 нм/740нм; 0° - 30° северной и южной широты и 500 нм/722,5нм; 0° - 50° северной и южной широты) высокая вероятность появления в ходе эволюции максимально адаптированных плоскостей белого цвета. Таким образом, сочетание высокой и равномерной поглощающей способности рабочей поверхности в комплементарных диапазонах может быть причиной белоцветковости у высших растений. Обращает на себя внимание факт, что в соответствии с моделью цветообразования (таб. 3, рис. 1) неравноценные соотношения комплементарных диапазонов могут привести к образованию плоскости смешанного цвета. Поскольку количество фотонов в каждом диапазоне разное, то возможно оно формирует соответствующее распределение частот максимально адаптированных поверхностей. Интегрирование ультрафиолетовой и видимой части солнечного спектра по диапазонам цветовой гаммы показало соответствие между частотами максимально адаптированных поверхностей и конкретными глобальными частотами видов с желтой, красной, пурпурной и синей окраской венчиков (таблица 5). Несоответствие распределения частот для модельных плоскостей и для видов с белой окраской венчика вызвано отсутствием учета всех вариантов, для которых отношение между основным и дополнительным (комплементарным) диапазоном близко или равно единице. Несоответствие распределения частот с зеленой окраской венчика вызвано нераздельностью частот окраски вегетативных листьев и окраски лепестков цветка. Особого внимания заслуживает факт, что генераторами белоцветковости являются голубой и зеленые диапазоны.

Таблица 5. Соотношение количества фотонов комплементарных диапазонов солнечного спектра.

Комплементарные диапазоны λ_1/λ_2	Географическая широта, β°									
	90	80	70	60	50	40	30	20	0	
420 нм/585 нм	0,0	0,2	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	
480 нм/650 нм	0,0	0,5	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	
500 нм/722,5 нм	0,0	0,6	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
530 нм/740 нм	0,0	0,6	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	

Легенда: серым цветом обозначены равновесные по числу фотонов состояния комплементарных диапазонов обуславливающих появление белоцветковости.

Что касается равновеликих соотношений комплементарных диапазонов по энергиям, то этот вопрос требует детального изучения с точки зрения терморегуляции растительного организма. Как

цветообразующий индекс, гораздо интереснее неравновеликие соотношения по численности фотонов, так как они формируют многообразную палитру в окраске венчиков, создающих колористическое богатство видов растительного мира и огромный материал для естественного отбора. Используя современные электронные программы (get-color.ru/color - mixer/) и представленные нами соотношения, можно спрогнозировать в каком направлении будет действовать отбор на определенной территории и в определенное время. Какие виды предпочтительно культивировать в той или иной точке земного шара с целью получения максимальной продуктивности.

Таблица 6. Теоретически предполагаемая и глобальная частота окраски цветов [10] на основе зрительного восприятия человека (N = 10 437 видов).

Окраска венчика	Белый	Желто-оранжевый	Красный	Пурпурный	Синий	Зеленый	Коричневый
Число видов	2466	2507	443	2121	772	1559	569
Доля видов, %	24,0	24,0	4,0	20,0	7,0	15	5
Доля модельных плоскостей, %	4,9	23,7	4,6	19,4	7,3	40,0	

Сравнение предполагаемых результатов и конкретных (база данных TRY) показало близкие значения для желтого, пурпурного, красного и синего цвета. Несоответствие модельного и конкретного распределения для зеленого и белого цвета заслуживает более детального изучения. Следует отметить, что приведенная модель максимально адаптированной поверхности рассчитывалась для абсолютно чистого неба. При пасмурном небе картина распределения, как максимумов солнечного излучения, так и окраски максимально адаптированных поверхностей смещается в сторону больших воздушных масс (от экватора к полюсу).

Обсуждение

Поиск закономерностей, определяющих разнообразие растительных систем и растительных сообществ, является серьезной проблемой экологии растений. Установление таких закономерностей может дать ответ на вопрос о причине исчезновения видов и помочь в поиске методов реставрации и сохранения видового богатства. Географические закономерности окраски лепестков у цветковых растений рядом авторов объяснялись температурными характеристиками среды произрастания вида [12], кислотностью [13], трофическими качествами почвы, расстоянием до ледникового рефугиума [14].

Все перечисленные факторы объединяются в предложенной нами модели адаптации цветковых растений к максимумам солнечного спектра [11]. Изменение положения максимума солнечного спектра является причиной варьирования, температуры, влажности и других абиотических и биотических факторов. Полученные данные по адаптации к максимумам в ближнем красном диапазоне ($\lambda=610\text{nm} - 710\text{nm}$) на широте от 30° до 90° северного и южного полушария объясняет малочисленность видов с синей окраской венчиков, их отсутствие на экваторе и присутствием в средиземноморском регионе [1] появлении на 50 –ых широтах в точке летнего и зимнего солнцестояния.

Представленная модель максимально адаптированных плоскостей хорошо объясняет явление полиморфизма окраски цветков одного вида, а также появление разнообразных оттенков базовой окраски, как адаптации к различной плотности фотонов одного и того же диапазона. Данное предположение позволит посмотреть на центры происхождения культурных видов с точки зрения географической обусловленности их полиморфизма.

Выводы

Большая часть поверхности земного шара находится, согласно системы RGB, под воздействием двух основных типов излучения синего (фиолетового, синего и голубого), а также красного (ближнего красного и дальнего красного). Переходными между этими двумя типами максимумов является максимум в зелёном и желтом диапазонах солнечного излучения.

1. Максимально адаптированной к солнечной радиации, проникающей сквозь атмосферу, будет поверхность, с максимумами поглощения в двух основных диапазонах - синем и красном (как у хлорофилла).

2. Подробный анализ спектрального распределения солнечного излучения с шагом 5 мкм и поширотным шагом 1° выявил наличие следующих максимумов и их смещений: фиолетовый ($\lambda=415$ нм, АМ=1; $\lambda=420$ нм, АМ=1,5; 2), синий пик ($\lambda=480$ нм, АМ=1; 1,5; 2; 3; 4), циановый ($\lambda=500$ нм, АМ=1; 1,5; 2; 3; $\lambda=505$ нм, АМ=4). Зеленый максимум проявляется, начиная с $\lambda=525$ нм (АМ=1;1,5), смещается на $\lambda=530$ нм при АМ=1,5; 2;3 и на $\lambda=535$ нм при АМ=4. Жёлтый пик $\lambda=575$ нм наблюдается при АМ=1, а при АМ=1,5; 2; 3; 4 он смещается на 15 нм ($\lambda=590$ нм). Красная область солнечного спектра представлена смещающимся пиком $\lambda=610$ -710 нм (АМ=2 - 10), пиками, выраженными на всех широтах (АМ=1 - 10) с $\lambda=722,5$ нм и с $\lambda=760$ нм, пиками с $\lambda=735$ нм, $\lambda=765$ нм (АМ=1 - 7) и пиком с $\lambda=740$ нм, регистрируемом при варьировании оптической массы от 1 до 4.

3. Спектр излучения - поглощения упорядочен в направлении: ультрафиолетовый -фиолетовый - синий – циановый – зелёный – жёлтый - оранжевый – красный. Согласно системе цветопередачи RGB, порядок при отражении примет следующий вид: белый- желтый - оранжевый – красный – пурпурный – фиолетовый - синий – циановый - зелёный.

4. Процентное распределение частот в случайной выборке из 10437 растений по желтой, красной, пурпурной и синей окраске венчиков соответствует процентному распределению интегральных энергий солнечного спектра по соответствующим диапазонам. Таким образом, спектральная ширина диапазонов видимого спектра солнечного излучения, находится в ассоциативной связи с частотой окраски венчиков в рандомизированной выборке цветковых растений.

5. Адаптивный потенциал модельной поверхности увеличивается в следующем направлении: красный (4,6%) <белый (4,9%)<синий (7,3%) < пурпурный (19,4%)< желтый (23,7)< зеленый (40%).

6. Фрагментарный характер распространения видов с синей окраской венчиков обусловлен фрагментарным распределением максимума солнечного излучения в ближнем красном диапазоне от 610 нм до 710 нм.

Библиографические ссылки:

1. ARISTA, M., TALAVERA, M., BERJANO, R., ORTIZ, P. L. *Abiotic factors may explain the geographical distribution of flower colour morphs and the maintenance of colour polymorphism in the scarlet pimpernel. Journal of Ecology*. Volume 101, Issue 6, 2013, p. 1613-1622. DOI: 10.1111/1365-2745.12151
2. CHITTKA, L. AND MENZEL, R. *The evolutionary adaptation of flower colours and the insect pollinators' colour vision. Journal of Comparative Physiology A*. Volume 171, 1992, p. 171–181. DOI: 10.1007/BF00188925.
3. DALRYMPLE, R. L., KEMP, D. J., FLORES-MORENO, H., LAFFAN, S. W., WHITE, T. E., HEMMINGS, F. A. AND MOLES, A. T. *Macroecological patterns in flower colour are shaped by both biotic and abiotic factors. New Phytologist*, 2020, 228(6):1972–1985. <https://doi.org/10.1111/nph.16737>
4. WARREN, J. AND MACKENZIE, S. *Why are all colour combinations not equally represented as flower-colour polymorphisms? New Phytologist*. Volume 151, Issue 1, 2001, p. 237-241. DOI: 10.1046/j.1469-8137.2001.00159.x
5. MECHERIKUNNEL, A. T.; RICHMOND, J. C. *Spectral Distribution of Solar Radiation*. NASA - TM - 82021, 41 p. <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19810016493/downloads/19810016493.pdf>
6. SIVCOV S. I. *Methods for calculating the characteristics of solar radiation*. Hydrometeorological publishing house „Leningrad”, 1968, p. 234.
7. BRITTON, G. *Biochemistry of natural pigments*. M.: Mir, 1986, 422 p.

8. TURRO, N. *Molecular photochemistry*. - M.: Mir, 1967, 483 p.
9. KVIAT, D. *Planck's constant - the result of connecting two strings*. *Journal of High Energy Physics, Gravity and Cosmology*, 8, 2022, p. 919-926. <https://doi.org/10.4236/jhepgc.2022.84062>
10. KATTGE, J., BÖNISCH, G., DÍAZ, S., LAVOREL, S., PRENTICE, I. C., LEADLEY, P. TRY plant trait database—enhanced coverage and open access. *Glob. Chang. Biol.* 26, 2020.- p. 119–188. DOI: 10.3390/data3020016
11. KOLOMIETS, I. *Spatio-temporal variation in the composition of the solar spectrum and its possible evolution ECOTERRA - Journal of Environmental Research and Protection*. Volume 18, Issue 2/2021, p. 1-9. www.ecoterra-online.ro<http://doi.org/10.5281/zenodo.4431614>,
12. LACEY, E., LOVIN, M., RICHTER, S., HERINGTON, D. *Floral Reflectance. Color and Thermoregulation: What Really Explains Geographic Variation in Thermal Acclimation Ability of Ectotherms?* *Journal of The American Naturalist*. Volume 175, Number 3, 2010, p. 335-349. DOI: 10.1086/650442
13. STAVENGA, D. G.; LEERTOUWER, H. L; DUDEK, B.; KOOI, C. J. VAN DER. *Coloration of flowers by flavonoids and consequences of pH dependent absorption*. *Journal of Frontiers in Plant Science* 2020. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.600124>
14. KOSKI, M. H., GALLOWAY, L. F. *Geographic variation in pollen color is associated with temperature stress*. *New Phytologist*. Volume 218, Issue 1, 2018, p. 370-379. <https://doi.org/10.1111/nph.14961>

Примечание: Представленная работа выполнена в рамках государственного проекта № 20.8000.9.707.11. (2020-2023): «Оценка устойчивости городских и сельских экосистем с целью обеспечения их устойчивого развития».

Данные об авторе:

Ирина КОЛОМИЕЦ, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории Экоурбанистики, института Экологии и Географии ГУМ.

Тел: 079467405

ORCID: 0000-0002-2144-7667

Prezentat la 25.08.2023

CZU: 597.2/.5(478)

[http://doi.org/10.59295/sum6\(166\)2023_02](http://doi.org/10.59295/sum6(166)2023_02)

ИХТИОФАУНА КУЧУРГАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В РАЗНЫЕ ПЕРИОДЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МОЛДАВСКОЙ ГРЭС

*Михаил МУСТЯ,**Молдавский Государственный Университет,
Приднестровский государственный университет им. Т. Г. Шевченко*

ИХТИОФАУНА ЛАКУЛUI DE ACUMULARE CUCIURGAN ÎN DIFERITE PERIOADE A FUNCȚIONĂRII CERS DIN MOLDOVA

Lacul de acumulare Cuciurgan a fost format pe baza limanului, pentru nevoile Centralei Electrice Raionale de Stat din Moldova. Din momentul transformării, sarcina antropică asupra rezervorului a crescut foarte mult. Odată cu mineralizarea ridicată, a crescut și termoficarea rezervorului. Sectoarele mijlocii și inferioare sunt cele mai afectate termoficării, temperatura sectorului superior este aproape egală cu temperatura brațului Turunchuk. În condițiile actuale de schimbări climatice, lacul refrigerent Cuciurgan poate servi ca un ecosistem model pentru studierea efectului temperaturilor ridicate asupra ihtiofaunei. După ce limanul a fost transformat într-un lac-refrigerent al CERS din Moldova, au avut loc modificări semnificative în structura ihtiocenozei.

Cuvinte-cheie: lacul de acumulare Cuciurgan, ihtiofauna, lac-refrigerent, termoficare, abundență, biomasă.

THE ICHTHIOFAUNA OF THE CUCIURGAN RESERVOIR LAKE IN DIFFERENT PERIODS OF THE OFFICIALS OF THE MOLDAVIAN SDEPP

Cuchurgan reservoir was formed on the basis of a natural estuary, for the needs of Moldavian SDEPP. Since the transformation of the estuary, the anthropogenic load on the reservoir has increased strongly. Along with the high mineralization, the thermalization of the water also increased. The middle and lower sectors are most strongly exposed to temperature stress, the temperature of the upper section is practically equal to the temperature of Turunchuk. In modern climate change conditions, the Cuchurgan reservoir can serve as a model reservoir for studying the influence of elevated temperature on fish resources. After turning the estuary into a water-cooler of the Moldavian SDEPP, there occurred significant changes in the structure of the ichthyocenosis.

Keywords: Cuchurgan reservoir, ichthyofauna, cooling pond, thermofication, abundance, biomass.

Введение

Кучурганское водохранилище было образовано в 1965 году путем трансформации лимана в водоем-охладитель Молдавской ГРЭС. С того момента воздействие теплоэлектростанции на водохранилище привело к изменению условий обитания рыб, включая повышение температуры воды, минерализации (до 2458 мг/л в настоящее время [1]) и изменению других гидрохимических параметров. Особенно сильно оказались подверженными термофикации средний и нижний участки водохранилища. В настоящее время разница в температурах воды у выходов теплых каналов и открытой части акватории составляют 5°C и более градусов.

В условиях изменения климата Кучурганское водохранилище может служить модельным водоемом для изучения процессов, происходящих в экосистеме изменений, в том числе в ихтиоценозе, в условиях повышения температуры окружающей среды [2].

Цель работы изучить сукцессионные процессы в ихтиофауне водоема-охладителя в различные периоды воздействия Молдавской ГРЭС на экосистему Кучурганского водохранилища.

Материал и методы

Материалом исследований послужили научно-исследовательские контрольные ловы, проводимые на Кучурганском водохранилище с 2012 по 2022 гг. Для лова крупных (промысловых) рыб использовали набор ставных сетей с шагом ячеи от 20 мм до 100 мм, а также учитывались промысловые уловы. Мелкие (непромысловые) виды рыб ловили бреднем длиной 7 м с шагом ячеи 5 мм.

Ловы проводили в разное время суток. Сбор и анализ собранного материала проводился по общепринятым в ихтиологии стандартным методикам [3; 4; 5]. Определение видов рыб проводилось с использованием определителей [6; 7].

Результаты и их обсуждение

Основным отличием водоемов-охладителей от естественных водоемов является их повышенный температурный режим. Термофикация водоемов приводит к увеличению продукции и усилению деструкционных процессов. Повышение температуры воды у многих животных способствует увеличению темпов роста, раннему созреванию половых продуктов и сдвигу сроков нереста. В результате чаще страдают холодолюбивые, в том числе реофильные виды рыб, численность которых сокращается вплоть до полного исчезновения в водоеме [8].

В разные периоды существования водохранилища термофикация была в прямой зависимости от мощностей работы Молдавской ГРЭС. В первые несколько лет (1964-1965) после преобразования лимана в водоем-охладитель тепловая нагрузка на водоем отсутствовала. Среднегодовая температура данного периода по всем участкам составила от 12,6 °С до 12,7 °С [9].

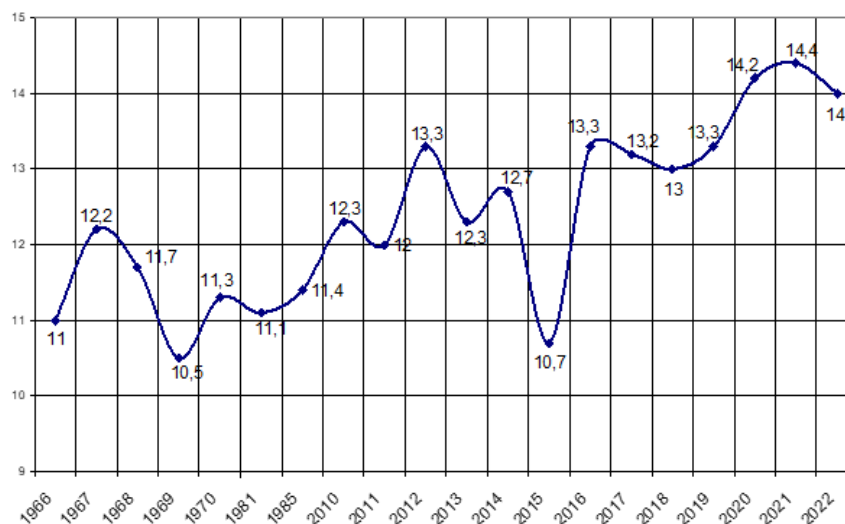
С 1967 по 1970 гг. повысилось тепловое воздействие электростанции на водоем-охладитель, что особенно проявилось на нижнем его участке. Это создало типичные условия, характерные для водоемов-охладителей с оборотной системой водообеспечения [9]. Температура воды нижнего участка возросла на 3,7 °С по сравнению с верхним, в наименьшей степени подверженным тепловой нагрузке. Максимальная температура в жаркий период составила 32,2 °С, а у выхода теплого канала – 36 °С, превысив естественную температуру на 4,4-8,2 °С (в зимний период на 7-9 °С, а у выхода канала на 9,8-14 °С [10]. Данное превышение температуры воды практически не повлияло на ихтиофауну водохранилища.

Максимальному термическому воздействию водоем-охладитель был подвержен в 1981–1985 гг., когда Молдавской ГРЭС работала на полную мощность (2,5 млн. кВт/ч). В этот период летняя температура воды превышала естественную на 6 °С на нижнем участке. Среднегодовая температура верхних слоев воды доходила до 17,5 °С, превысив естественную на 4,6 °С [11].

В период умеренной тепловой нагрузки на экосистему (2000-2010 гг.) температура воды в водохранилище летом превышала естественную на 3 °С [12].

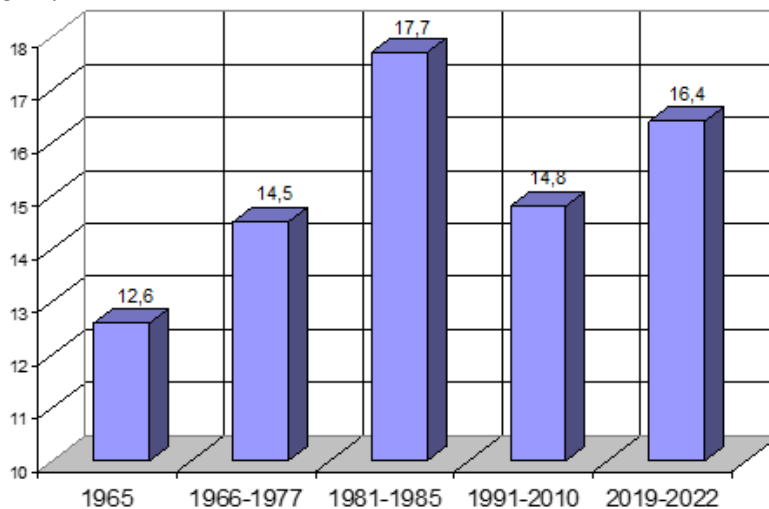
Современный этап функционирования экосистемы Кучурганского водохранилища характеризуется незначительным повышением температуры воды водохранилища, которое при слабом воздействии МГРЭС связана с общим повышением естественной температуры воды, в том числе р. Турунчук [8;9] (с 11,0 °С в 1966 до 14,4 °С в 2021 г.) рис. 1, откуда идет водообмен с водохранилищем. Данные по температуре воды рукава Турунчук, за последние 10 лет, были представлены республиканским гидрометеорологическим центром Приднестровья.

Рис. 1. Среднегодовая температура воды рукава Турунчук.



Динамика изменения среднегодовых температур воды водохранилища в различные периоды термического воздействия [8; 12; 9] представлены на рис. 2. Данные за период 2019-2022 гг. рассчитаны автором.

Рис. 2. Среднегодовая температура воды Кучурганского водохранилища в различные периоды тепловой нагрузки.



В результате функционирования Молдавской ГРЭС в водоеме сформировались две зоны кольцевых течений (рис. 3), которые образуют температурные поля на среднем и нижнем участках водохранилища (рис. 4). Верхний участок слабо подвержен термофикации, его температура практически не отличается от естественной.

Рис. 3. Кольцевые течения Кучурганского водохранилища.



Рис. 4. Температурные поля Кучурганского водохранилища.



Термофикация оказала влияние на ихтиоценоз водоема, который до образования водохранилища был представлен 40 видами рыб, 20 из которых встречались постоянно в водоеме [13]. В состав ихтиофауны входили, помимо туводных, проходные виды рыб белуга, севрюга, чехонь, сельдь и др. В конце XIX начале XX века (1896-1925) Кучурганский лиман характеризовался высокой рыбопродуктивностью и по данным Ф.Ф. Егермана [14] варьировала в пределах 120 т. Основу промысла составляли сазан (28,2 – 34,0%), лещ (15,5 – 19,6%), щука (1,1 – 20,0%), тюлька (4,2 – 27,5%), красноперка (3,7 – 21,5%), жерех (4,3 – 5,8%), плотва (2,0 – 6,5%), менее значимыми были: сом (0,62 – 3,7%), судак (0,15 – 2,1%), окунь (0,7 – 1,5%), бычок (0,18 – 1,2%), карась (0,6 – 0,66%), линь (0,23 – 0,4%), чехонь (0,04%) и уклейка (0,07%). Доля хищных рыб составляла в среднем около 20% от всей выловленной рыбы в год [15].

К середине 1960-х гг. из состава ихтиофауны выпали осетровые белуга, севрюга и стерлядь; из карповых исчезли усач, шемая и рыбец, а также один представитель окуневых – берш. В ихтиофауне стали регистрироваться дунайский пузанок, голавль, угорь и солнечная рыба, и дополнительно, благодаря интродукции, представители дальневосточного комплекса – белый и пестрый толстолобики и белый амур [15].

Таким образом, до зарегулирования лимана в нем насчитывалось 47 видов и подвидов рыб, относящихся к 13 семействам [14; 15; 16; 17]. Наибольшее количество видов относились к семейству карповых – 25, окуневых – 4, осетровых, сельдевых и бычковых – по три вида, вьюновых – 2, остальных - по одному виду (Табл. 1).

Таблица 1. Состав ихтиофауны Кучурганского водохранилища по периодам тепловой нагрузки.

№	Семейства	Периоды тепловой нагрузки				
		Естественного термического режима (1922-1965)	Слабой тепловой нагрузки (1967-1977)	Максимальной тепловой нагрузки (1981-1985)	Слабой тепловой нагрузки (1991-2010)	Умеренной тепловой нагрузки (2012-2022)
1.	<i>Acipenseridae</i>	3	0	0	0	0
2.	<i>Clupeidae</i>	3	2	3	3	2
3.	<i>Cyprinidae</i>	25	24	22	25	21
4.	<i>Anguillidae</i>	1	0	0	0	0
5.	<i>Cobitididae</i>	2	2	2	2	1
6.	<i>Catostomidae</i>	0	0	2	2	0
7.	<i>Siluridae</i>	1	1	1	1	1
8.	<i>Ictaluridae</i>	0	0	0	1	1
9.	<i>Esocidae</i>	1	1	1	1	1
10.	<i>Umbridae</i>	1	0	0	1	0
11.	<i>Mugilidae</i>	0	0	0	1	1
12.	<i>Atherinidae</i>	0	0	1	1	1
13.	<i>Gasterosteidae</i>	1	1	1	1	1
14.	<i>Syngnathidae</i>	1	1	1	1	1
15.	<i>Percidae</i>	4	3	3	3	3
16.	<i>Centrarchidae</i>	1	0	0	1	1
17.	<i>Gobiidae</i>	3	5	7	9	9
Итого видов		47	40	44	53	44

Долевое соотношение в уловах рыб Кучурганского лимана до тепловой нагрузки составляло: щука 36,5%, окунь 36,1%, серебряный карась – 17,0%, плотва 4,3%, густера 2,6%, лещ 1,3%, сазан

(каrp) – 1,3% и судак 0,6%. По сравнению с 1925 г. значительно сократилась численность сазана с 34% до 1,3%, а доля хищников возросла до 73,2%, что является негативным для нормального функционирования ихтиоценоза водоема [15].

Превращение лимана в водохранилище и его термофикация привели к сокращению видового состава рыб, в результате чего из состава ихтиофауны выпали сельдь черноморско-азовская, белоглазка и речной угорь. По другим причинам не были зарегистрированы солнечная рыба и евдошка [15; 16]. После зарегулирования естественного лимана в нем сократилось число реофильных видов рыб – чехони, ельца, пескаря, вырезуба, подуста, голавля и др. Лимнофильные виды, наоборот, сохранили и даже увеличили свою численность. Среди них доминировали такие виды как: густера, окунь, красноперка, карась серебряный, тарань/плотва. В контрольных ловах стали регистрироваться язь, тарань, рыбец, сом европейский, бычок гонец и бычок каспийского.

Самыми многочисленными видами рыб в период слабой тепловой нагрузки являлись: тюлька, щука, тарань, верховка, красноперка, уклейка, густера, лещ, горчак, черноморская игла-рыба, бычок песчаник и бычок гонец. По хозяйственной ценности большая часть видов рыб водохранилища (23) были представлены малоценными и короткоцикловыми. Малоценные включали 8 видов или 20,0% от общего количества выловленных особей: красноперка, плотва, елец, окунь, карась золотой, густера, чехонь и подуст. Короткоцикловыми являлись 15 видов, доля которых составляла 37,5%: верховка, тюлька, щиповка, уклейка, пескарь, горчак, малая южная колюшка, вьюн, ерш обыкновенный, черноморская рыба – игла, каспийский сом и бычки – песчаник, цуцик, кругляк, гонец [2]. Промыслово-ценные рыбы составляли 42,5% от общего числа видов: щука, тарань, дунайский пузанок, белый амур, жерех, голавль, линь, лещ, рыбец, вырезуб, язь, серебряный карась, сазан (каrp), белый толстолобик, сом и судак [18].

К концу 1970 г. мощность ГРЭС достигла 1200 тыс. кВт/ч. В этот период начала проявляться тепловая нагрузка на водохранилище, особенно на нижнем его участке, а также усилилось течение в южном сбросном канале, где стали локализоваться реофильные и рео-лимнофильные виды рыб (подуст, язь, голавль, судак вырезуб и жерех). Кроме них в канале круглогодично встречались теплолюбивые густера, лещ, красноперка, тарань и уклейка. Популяции серебряного карася, бычков, окуня, густеры, уклейки, красноперки равномерно распределялись по всей акватории водохранилища. Наибольшая плотность их наблюдалась в зонах действия сбросных каналов теплых вод МГРЭС [18]. Хищники придерживались тех же биотопов, что и раньше.

Небольшое повышение температуры воды значительно не изменило характера распределения рыб по акватории водохранилища. В осенне-зимний период на нижнем участке водохранилища, подверженному воздействию теплых вод ТЭС, отмечалось наибольшее количество промысло-ценных видов рыб, включая акклиматизированных. Интродуцированные виды быстрее других адаптировались к повышенной температуре и нормально себя чувствовали в новых условиях [19].

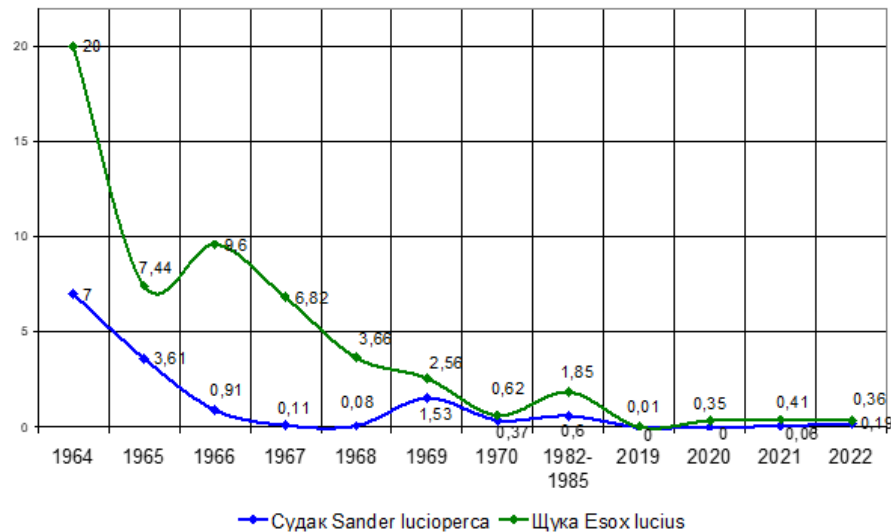
В период слабой тепловой нагрузки ихтиофауну водохранилища формировали 40 видов рыб, относящихся к 9 семействам (табл. 1): карповые – 24 вида, бычковые – 5, окуневые – 3, сельдевые и вьюновые по 2 вида, щуковые, сомовые, колюшковые и игловые по одному виду [12]. Доминирующее положение занимал лимнофильный комплекс рыб – 28 видов, реофилы – 12 [20].

При достижении МГРЭС проектной мощности в 2520 МВт (1981-1985 гг.), температура воды на нижнем участке превысила естественную на 6,1 °С, на среднем участке – на 4,0 °С, а на верхнем участке на 1 °С. В этот период отмечено максимальное повышение температуры воды в водоеме [2].

Ихтиофауна Кучурганского водохранилища в период максимальной тепловой нагрузки была представлена 44 видами и подвидами рыб, относящихся к 11 семействам [21] (табл. 1). Данный период характеризовался значительной перестройкой ихтиофауны. Одни виды в основном реофильные (пескарь, подуст, чехонь, рыбец, вырезуб) выпали из состава ихтиофауны, а другие (чёрный амур, малоротый и большеротый буффало) появились за счет проведения акклиматизационных работ. К 1985 г. значительно увеличилась доля акклиматизированных видов рыб (белого и чёрного амуров, белого и пестрого толстолобиков и их гибридов), а также серебряного карася, леща, тарани, сома, судака и др. По численности они составляли 56%, а по биомассе 93% от ихтиоценоза водоема. В туводной ихтиофауне численность промыслово-ценных видов рыб снизилась в два раза, составив 27% [21].

Интенсивная термофикация водохранилища (1981-1985 гг.) привела к снижению численности леща и тарани, хотя они еще остались в разряде многочисленных видов. Также отмечено снижение численности щуки и судака, хотя в водоеме имелись значительные запасы мелкой рыбы (рис. 5) [12].

Рис. 5. Доля (в %) судака и щуки в ихтиофауне Кучурганского водохранилища в 1964-2022 гг.



Щука до строительства МГРЭС в ихтиоценозе имела доминирующее место по численности и составляла в 1954 году 20,0%, занимая лидирующее положение в промысле [15], а спустя 10 лет – 9,6% [20] (рис. 5). Снижение численности щуки связано с комплексом неблагоприятных факторов, в первую очередь с сокращением естественных нерестилищ и изменением температурного режима водоема, что привело к нарушениям качества половых продуктов [18].

Как результат, снизилось воспроизводство щуки и ее промысловый потенциал. Небольшое стадо щуки сохранилась на верхнем, заросшем макрофитами участке, который практически не подвергался тепловой нагрузке. К 1985 году численность щуки значительно сократилась [21]. На сегодняшний день популяция щуки находится в угнетенном состоянии, средняя доля за последние годы составляет всего лишь 0,33% от общей ихтиофауны (рис. 5).

Термофикация водоема негативно сказалась и на популяции судака. Максимальная численность судака была отмечена до строительства Молдавской ГРЭС и составляла 7% [22].

В 1985-1988 гг. в водоеме были впервые отмечены пуголовка обыкновенная и бычок рыжик, появился новый инвазивный вид атерина черноморская, которая благодаря эврибионтности и высокому воспроизводительному потенциалу заняла доминирующее положение по численности (25%) в ихтиофауне [23; 24]. В 90-х годах XX века произошло сокращение производственных мощностей теплоэлектростанции, что повлекло за собой снижение среднегодовых температур водохранилища практически до естественного уровня 14,8 °C [11] и интенсивности циркуляции водных потоков.

Экологическая ситуация на водохранилище еще больше осложнилась из-за прекращения нормативного вселения рыб биомелиораторов, снижения объемов работ по искусственному разведению аборигенных промысловых видов рыб, а также из-за нерегулируемого лова их производителей [18]. Ихтиофауна Кучурганского водохранилища практически потеряла свое рыбохозяйственное значение [25]. В разряд единично встречающихся видов перешли щука, судак, голавль, жерех, линь, белый амур, ерш обыкновенный [22].

В период 1991-1995 гг. в ихтиофауне Кучурганского водохранилища были отмечены 44 вида рыб (табл.1). В результате вселения с целью увеличения рыбопродуктивного потенциала водоема, впервые в водохранилище появился представитель североамериканского комплекса – американский канальный сом [26]. Канальный сом успешно акклиматизировался, найдя для себя благоприятные условия обитания в теплых сбросных каналах Молдавской ГРЭС, где он самостоятельно размножается, поддерживая свою популяцию до настоящего времени [27].

В период 1997-2000 г. из структуры ихтиофауны водохранилища выпали 7 видов: карась обыкновенный, белоглазка, язь, рыбец, черный амур, малоротый и большеротый буфало, которые впоследствии также не отмечены. Позже, в 2002-2006 годах, ихтиофауна водохранилища обогатилась новым видом пиленгасом, который был интродуцирован украинской стороной и вновь солнечной рыбой, попавшей в водоем-охладитель вместе с закачиваемой водой из рукава Турунчук [12; 26], которая и ранее отмечалась в водоеме в 1960-х гг. [15].

Редкими стали тарань, лещ, пестрый и белый толстолобики. В ихтиофауне стали преобладать малоценные и непромысловые виды, такие как атерина, уклейка, красноперка, окунь, тюлька, бычки. Изменение термического и гидрологического режимов водохранилища привело к его массовому зарастанию макрофитами в 2004-2006 годах, вторичному органическому загрязнению воды продуктами их разложения и нарушению процессов ее самоочистки. Водоем перешел в разряд заросшего озера со слабым водообменом [28].

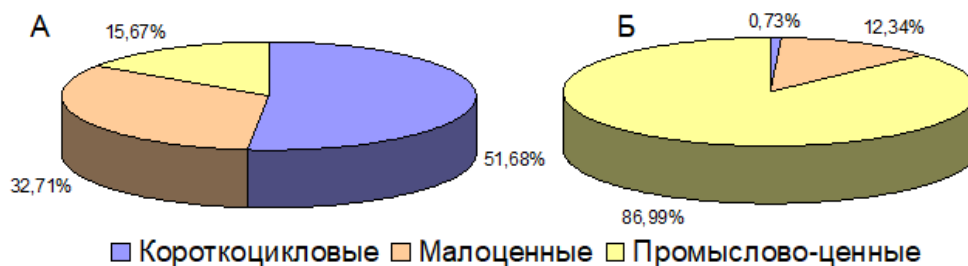
В период слабой тепловой нагрузки (1991-2010) ихтиофауна насчитывала 53 вида и подвигов рыб, относящихся к 15 семействам [24; 26; 28; 12]. Наибольшее количество видов относятся к семейству карповых – 25, бычковые – 9, сельдевые и окуневые – по 3 вида, вьюновые и чукучановые – 2 вида, остальные по одному виду (табл. 1).

В результате наших исследований установлено, что современный состав ихтиофауны Кучурганского водохранилища-охладителя Молдавской ГРЭС (2012-2022 гг.) формируют 44 вида рыб (табл. 1). За последние четыре года отмечены 42 вида рыб.

По частоте встречаемости в научно-исследовательских контрольных ловах всех рыб водохранилища можно отнести к пяти группам: абсолютные доминанты, доминанты, субдоминанты, второстепенные и малозначимые. Абсолютными доминантами в ихтиофауне Кучурганского водохранилища являются: атерина (38,62%) от общего количества выловленных особей, густера (16,93%) и красноперка (10,07%). За ними следуют один доминантный вид – серебряный карась (7,54%). К субдоминантам относятся четыре вида: бычок песочник (4,98%) от общего количества выловленных особей, окунь (4,97%), горчак (3,04%) и тарань (2,74%). К второстепенным видам относятся: бычок кругляк (1,7%) и толстолобик пестрый (1,4%). Остальные виды относятся к малозначимым видам.

По хозяйственной ценности рыбы Кучурганского водохранилища относятся к: короткоцикловым – 21 вид, промыслово-ценным – 17 видов и к малоценным – 4 вида. К короткоцикловым относятся: бычки – рыжик, каспиосома, книповича, гонец, головач, цуцик, кругляк, песочник, пуголовка голая, колюшка, елец, амурский чебачок, ерш обыкновенный, верховка, бобырец, тюлька, щиповка, рыба-игла, уклейка, горчак, атерина, вместе они занимают 51,73% по численности и всего лишь 0,74% по биомассе (рис.6). Малоценные виды представлены: солнечным окунем, окунем, красноперкой и густерой. По численности они суммируют 32,66%, а по биомассе 12,33%.

Рис.6. Долевое соотношение рыб Кучурганского водохранилища по своей хозяйственной ценности (А – численность, Б - биомасса), 2018-2022 гг.



К промыслово-ценным видам относятся: голавль, судак, дунайский пузанок, вырезуб, пиленгас, сом канальный, жерех, лещ, линь, тарань/плотва, щука, сом, сазан/каarp, белый амур, карась серебряный, белый и пестрый толстолобики, которые в совокупности занимают 15,67% по численности и 86,99% по биомассе. Интродуцированные дальневосточные виды (белый амур, белый и пестрый толстолобики) занимают 2,56% по численности и 56,1% по биомассе.

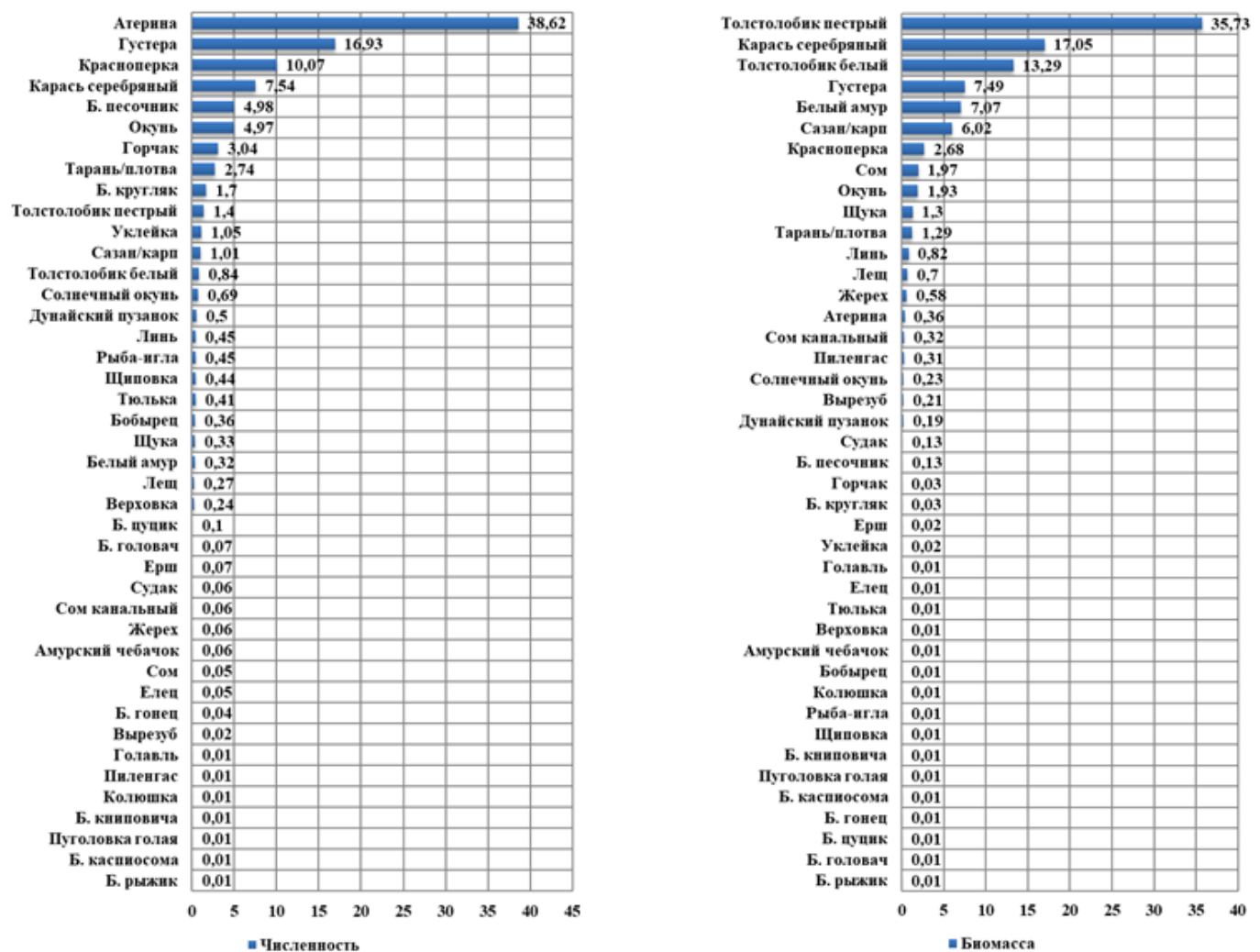
Из малоценных видов рыб промыслом в водохранилище охвачены только густера, красноперка и окунь. На долю малоценных и короткоцикловых видов рыб водохранилища за последние четыре года в общей сложности приходится 84,39% от общего количества рыб в контрольных ловах. Доля малоценных и короткоцикловых видов рыб после строительства и введения в эксплуатацию Молдавской ГРЭС, составляла 94% по численности. В настоящее время наблюдается снижение численности короткоцикловых и малоценных видов рыб водохранилища.

Из 44 видов рыб Кучурганского водохранилища семь относятся к хищникам: судак, сом обыкновенный, жерех, щука, сом канальный, голавль и окунь. В совокупности хищные промыслово-ценные виды рыб за период с 2019 по 2022 гг. составляют 5,54% от общего состава промыслово-ценных видов рыб.

Для нормального функционирования экосистемы доля хищных рыб не должна быть ниже 25% [29]. В проводимых нами контрольных ловах они занимают всего лишь 5,54%. Такой низкий процент говорит об угнетенности хищных рыб, которое может негативно отразиться на общем состоянии ихтиофауны, вследствие снижения пресса на короткоцикловые и малоценные виды рыб в водоеме.

За последние четыре года судак не был обнаружен в контрольных ловах в 2019 и 2020 гг.; в 2021 году его численность составляла 0,06%, а в 2022 – 0,19% (рис. 7). В 2022 году в контрольные ловы в основном попадали экземпляры младших возрастных групп. Учитывая большую численность короткоцикловых видов рыб, целесообразно продолжать мероприятия по зарыблению водохранилища активным биомелиоратором – судаком.

Рис.7. Долевой состав рыб (%) по численности и ихтиомассе в контрольных ловах Кучурганского водохранилища в 2019-2022 гг.



Для определения рыбопродуктивности водохранилища важное значение имеет ихтиомасса. По ихтиомассе в контрольных ловах в Кучурганском водохранилище доминируют толстолобик пестрый, который является основным видом в уловах промысловых рыбаков и занимает 35,7% от общей ихтиомассы, карась серебряный (17,1%), толстолобик белый (13,3%), густера (7,5%) и карп (6,0%) (рис. 7). Пестрый и белый толстолобики и белый амур являются чужеродными видами, которые самостоятельно не размножаются, а их популяция пополняется исключительно путем искусственного размножения и зарыбления. Путем зарыбления поддерживается также популяция карпа.

Выводы

1. В результате превращения естественного лимана в водоем-охладитель Молдавской ГРЭС в нем произошла существенная перестройка ихтиофауны. В связи с зарегулированием и термофикацией водоема из состава ихтиофауны выпали проходные (белуга, севрюга, чехонь, сельдь) и часть реофильных видов (стерлядь, усач, рыбец), а другие (лещ, вырезуб, голавль, сом) существенно сократили свои популяции. Значительно снизилась численность судака и щуки.

2. Всего за весь период исследований в водохранилище были отмечены 64 вида рыб, за последние 10 лет – 44. Термофикация водоема положительно сказалась на теплолюбивых видах (атерина, густера, красноперка и др.), а численность атерины за последнее время выросла до 39% от общего состава ихтиофауны.

3. В результате мероприятий по вселению чужеродных видов ихтиофауна водохранилища в разные периоды пополнялась видами дальневосточного и североамериканского фаунистических комплексов, из которых только канальный сом сформировал устойчивую самовоспроизводящуюся популяцию.

Библиографические ссылки:

1. МУСТЯ, М., ФИЛИПЕНКО, С. Особенности ихтиофауны водоема-охладителя Молдавской ГРЭС. *Современные проблемы биологии и экологии: материалы докладов III Международной научно-практической конференции*, 4-5 марта 2021 г. Махачкала: АЛЕФ, 2021, с. 68-72. ISBN 978-5-00128-638-7.
2. МУСТЯ, М., ФИЛИПЕНКО, С. Исследования ихтиофауны Кучурганского водохранилища (лимана) с 1922 по 1921 год: литературный обзор. В: *Вестник Приднестровского университета*. Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та. Сер.: *Медико-биологические и химические науки*: № 2 (71), 2022, с. 132-143. E-ISSN 1857-4246.
3. BULAT, DM., BULAT, DN., TODERAȘ, I., USATÎI, M. Fauna piscicolă. În: *Monitoringul calității apei și evaluarea stării ecologice a ecosistemelor acvatice: Îndrumar metodic/ AȘM, IZ al AȘM, UnAȘM*. Chișinău, 2015, p. 65-84.
4. BULAT, DN., BULAT, DM., USATÎI, M. Ihtiofauna în condițiile construcțiilor hidrotehnice din ecosistemele riverane. În: *Ghid metodologic pentru monitorizarea impactului hidroenergetic asupra ecosistemelor fluviale transfrontaliere*. Chișinău, Tipografia centrală, 2021, p. 42-56.
5. ПРАВДИН, И. *Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных)*. Москва: Пищевая промышленность, 1966, 376 с.
6. USATÎI, A., USATÎI, M., TODERAȘ, I., ȘARTEFRĂȚI, N. *Atlas peștii apelor Moldovei*. Chișinău: Tipografia Centrală, 2015, 191 p.
7. ПОПА, Л. Л. *Рыбы Молдавии. Справочник – определитель*, Кишинев: Карта Молдовеняскэ, 1977, 202 с.
8. ЗЕЛЕНИН, А. *Биопродукционные процессы в водохранилищах – охладителях ТЭС*. Кишинев: Штиинца, 1988, 271 с.
9. ЯРОШЕНКО, М. *Кучурганский лиман-охладитель Молдавской ГРЭС*. Кишинев: Штиинца, 1973, 208 с.
10. ГОРБАТЕНЬКИЙ, Г., БЫЗГУ, С. *Характеристика основных абиотических факторов экосистемы водохранилища-охладителя Молдавской ГРЭС*. В: *Биопродукционные процессы в водохранилищах – охладителях ТЭС*. Кишинев: Штиинца, 1988, с. 5-21.
11. ФИЛИПЕНКО, С. *Зообентос Кучурганского водохранилища: динамические процессы и использование в биологическом мониторинге*. Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2005, 160 с.

12. ОБАДИ САЕЛ, САЛЕМ. *Таксономическое разнообразие и продуктивность популяций доминирующих видов рыб Кучурганского водохранилища-охладителя Молдавской ГРЭС. Дисс... доктора биологических наук.* Кишинев, 2007, 145 с.
13. MUSTEA, M. *Ihtiofauna lacului refrigerent Cuciurgan a anului 2020.* În: Simpozionul „Modificari functionale ale ecosistemelor acvatice în contextul impactului antropic și al schimbărilor climatice”. Chișinău, 2020, p. 67-71.
14. ЕГЕРМАН, Ф. *Материалы по ихтиофауне Кучурганского лимана (бассейн р. Днестр) по сборам 1922-1925 гг.* В: *Тр. Всеукр. Гос. Черноморско-азовской научно-промышленной опытной станции.* Т. II, вып. I., 1926, с. 473-489.
15. ЧЕПУРНОВ, В. КУБРАК, И. *О прошлом, настоящем и будущем состава ихтиофауны Кучурганского лимана.* В: *Материалы зоологического совещания по проблеме «Биологические основы реконструкции, рационального использования и охраны фауны южной зоны Европейской части СССР».* Кишинев, 1965, с. 284-288.
16. ЗАМБРИБОРЦ, Ф. *Ихтиофауна лиманов северо-западного Причерноморья.* В: *Труды I ихтиологической конференции по изучению морских лиманов северо-западной части Черного моря.* Киев: Наука. Думка, 1960, с. 95-103.
17. МУСТЯ, М. *Современное состояние промысловой ихтиофауны Кучурганского водохранилища.* В: *Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья: Материалы V Международной научно-практической конференции.* Тирасполь: Издательство Приднестровского университета, 2014, с. 190-191.
18. СТРУГУЛЯ, О., МУСТЯ, М. *Изменение ихтиоценоза Кучурганского водохранилища в историческом плане и современное состояние ихтиофауны водоема.* *Hydropower impact on river ecosystem functioning: Proceedings of the International Conference.* Tiraspol, Tiraspol: Tipogr. «Print-Caro» 2019, с. 319–326.
19. МУСТЯ, М. *Чужеродные виды рыб Кучурганского водохранилища.* Universitatea de Stat din Moldova. *Conferința științifică națională a doctoranzilor dedicată aniversării a 75-a a USM/ Metodologii contemporane de cercetare și evaluare.* Chișinău: CEP USM, 2022, p. 60-64.
20. ВЛАДИМИРОВ, М. *Распределение и динамика численности рыб.* В: *Кучурганский лиман-охладитель Молдавской ГРЭС.* Кишинев, 1973, с. 119-125.
21. КАРЛОВ, В. КРЕПИС, О. *Перестройка ихтиофауны, распределение и структура популяций промыслово-ценных видов.* В: *Биопродукционные процессы в водохранилищах – охладителях ТЭС.* Кишинев: Штиинца, 1988, с. 165-179.
22. СТРУГУЛЯ, О. *Пространственно-временное развитие ихтиокомплекса Кучурганского водохранилища.* *Чтения памяти кандидата биологических наук, доцента Л.Л. Попа.* Тирасполь: Издательство Приднестровского университета, 2015, с. 87-91.
23. BULAT, DM. *Ihtiofauna Republicii Moldova: geneza, starea actuală, tendințe și măsuri de ameliorare / Teză de doctor habilitat în științe biologice.* Chișinău, 2019, 269 p.
24. MUSTEA, M. *Peștii cu ciclul vital scurt din lacul refrigerent Cuciurgan. Tendințe contemporane ale dezvoltării științei: viziuni ale tinerilor cercetători.* Universitatea de stat „Dimitrie Cantemir”. Chișinău, 2020, p. 219-224.
25. КРЕПИС, О., УСАТЫЙ, М., СТРУГУЛЯ, О., УСАТЫЙ, А. *Оценка адаптивных возможностей популяций отдельных видов рыб Кучурганского водохранилища в современной экологической ситуации.* Межд. конф. «Страт. разв. аквакул. в сов. условиях». Минск, 2008, с. 272-274.
26. КРЕПИС, О. УСАТЫЙ, М. СТРУГУЛЯ, О. УСАТЫЙ, А. ШАПТЕФРАЦЬ, Н. *Изменение биоразнообразия ихтиофауны Кучурганского водохранилища в процессе его экологической сукцессии.* Международная конференция «Управление бассейном трансграничного Днестра в рамках нового бассейнового Договора». Кишинэу, 2013, с. 178-182.
27. МУСТЯ, М. ФИЛИПЕНКО, С. *Промысловая ихтиофауна Кучурганского водохранилища в условиях усиленной антропогенной нагрузки. Биологическое разнообразие Кавказа и Юга России.* Махачкала: АЛЕФ, 2020, с. 327-332.
28. КРЕПИС, О. *Современная экологическая ситуация на Кучурганском водохранилище-охладителе Молдавской ГРЭС и пути ее нормализации.* *Acad-n Leo Berg – 130 years.* Chișinău, 2006, с. 69-74.

29. ЛУКЪЯНОВ, С., ЯНКИН, А., ИЛЬИН, И., ИЛЬИН, В. *Динамика ихтиоценоза Пензеского водохранилища. В: Известия Пензенского Государственного Педагогического Университета имени В. Г. Беллинского. Естественные науки № 25. Пенза, 2011, с. 231-235.*

Примечание: Исследования проводились в рамках проекта №. 20.80009.7007.06 AQUABIO.

Данные об авторе:

Михаил МУСТЯ, младший научный сотрудник Института зоологии, МГУ.

E-mail: mustya91@mail.ru

Prezentat la 11.05.2023

CZU: 556.555.8:574.583(478)

[http://doi.org/10.59295/sum6\(166\)2023_03](http://doi.org/10.59295/sum6(166)2023_03)

INFLUENȚA GRADULUI DE POLUARE A APELOR DE SUPRAFAȚĂ DIN ECOSISTEMUL URBAN BĂLȚI ȘI FLOREȘTI ASUPRA ALGOFLOREI PLANCTONICE

Constantin BULIMAGA, Nadejda GRABCO, Corina CERTAN, Petru PRODAN,

Universitatea de Stat din Moldova

Studiul structurii taxonomice a algoflorei planctonice și a componenței chimice a apelor de suprafață din ecosistemele urbane Bălți și Florești demonstrează dependența diversității algoflorei de gradul de poluare a apei și cantitatea de nutrienți. A fost stabilit, că pentru ambele ecosisteme urbane (Bălți și Florești) diferența numărului de specii din algoflora r. Răut amonte și aval de stațiile de epurare biologică (SEB), se explică prin gradul mai înalt de poluare a apei în aval de SEB.

Diversitatea algoflorei în obiectele acvatice studiate diferă mult, astfel în apa afluentului Copăceanca, în sezonul estival au fost identificate 66 specii de alge, iar a afluenților Flămânda și Dobrușa doar câte 9 și 4 specii corespunzător. Diversitatea floristică și frecvența redusă a algoflorei în acești doi afluenți ai r. Răut din cadrul urboecosistemului este determinată de concentrația scăzută a nutrienților, insuficientă pentru dezvoltarea algoflorei. Conform analizei, o diversitate mai mare a algoflorei este stabilită în obiectele acvatice unde concentrația nutrienților (N, P) atribuie calitatea a (III) – (IV) a apei, poluare medie.

Cuvinte-cheie: *structura taxonomică, algoflora planctonică, diversitatea algoflorei, nutrienți.*

THE INFLUENCE OF THE DEGREE OF SURFACE WATER POLLUTION FROM THE URBAN ECOSYSTEM BALTI AND FLORESTI ON THE PLANKTONIC ALGAE

The study of the taxonomic structure of the planktonic algae and the chemical composition of the surface waters in the urban ecosystems of Bălți and Florești, demonstrates the dependence of the diversity of the algoflora on the degree of water pollution and the amount of nutrients. It was determined that the difference in the number of species in the algoflora river Raut, upstream of the biological treatment plant (BTP) and downstream of the BTP, for both urban ecosystems (Balti and Floresti), is explained by the higher degree of water pollution downstream of the SEB.

The diversity of algal flora in the studied aquatic objects differs greatly, thus, in the water of the Copăceanca tributary, in summer, 66 species of algae were identified, and in the water of the Flaminda and Dobrușa tributaries only 9 and 4 species, respectively, were identified. The floristic diversity and low frequency of algae flora in these two tributaries of the Raut river within the urban ecosystem is determined by the low concentration of nutrients, insufficient for the development of algae flora. According to the analysis, a greater diversity of algoflora is established in aquatic objects where the concentration of nutrients (N, P) attributes the quality of (III) – (IV) water, i.e. medium pollution.

Keywords: *taxonomic structure, planktonic algoflora, algoflora diversity, nutrients.*

Introducere

Dezvoltarea economică a societății în ultimele decenii s-a realizat cu precădere prin utilizarea irațională a resurselor naturale și extinderea suprafețelor ocupate de ecosistemele urbane (EU). Acțiunea factorului antropic influențează în mare măsură starea ecosistemelor naturale, dar în cadrul urboecosistemelor aceasta este mult mai pronunțată. Densitatea mare a populației umane și utilizarea resurselor în volume mari, are drept consecință aprofundarea dezechilibrului în structura componentelor abiotice ale mediului: apă, aer, sol, dar și a biotei din cadrul ecosistemelor urbane.

Pentru a aprecia intensitatea acțiunii factorului antropic asupra bazinelor acvatice din cadrul ecosistemelor urbane Bălți și Florești a fost efectuat un spectru larg de investigații, privind impactul apelor reziduale epurate inadecvat la stațiile de epurare (SEB) asupra calității apei r. Răut, componenței chimice a apei și algoflorei planctonice a bazinului râului Răut în limitele orașelor Bălți și Florești. Cercetările în complex

permit evidențierea corelației dintre componența chimică a apei și structura taxonomică a algoflorei planctonice a bazinului r. Răut din ecosistemele urbane. În cadrul cercetărilor, a fost stabilit, că depășirile (raportul) concentrațiilor indicilor de poluare din apa aval/amonte SEB a EU Bălți au fost înregistrate pentru toți poluanții analizați, îndeosebi pentru $N-NH_4^+$ de 7,05 ori, CBO_5 de 4,22, $CCO-Cr$ - de 4,77 ori [1]. Raportul concentrațiilor indicilor analizați din apele, ieșite de la SEB (normele stabilite prin HG 950 din 25.11.2013), pentru poluanții analizați au avut loc: pentru substanțele în suspensie în intervalul 1,16-1,77 ori; $CCO-Cr$, depășirile constituie 2,36-4,77 ori; pentru CBO_5 , de 1,46-2,40 ori; pentru NH_4^+ , valoarea raportului este în intervalul 2,13-10,64 ori. Cele mai mari depășiri pentru raportul concentrațiilor indicilor din apele aval /amonte SEB, precum și ieșire de la SEB, conform HG 950 din 25.11.2013, (Anexa 2), au fost remarcate, în ordinea descresșerii, pentru NH_4^+ , CBO_5 , $CCO-Cr$ și substanțe în suspensie. Rezultatele obținute confirmă faptul, că apele epurate la SEB Florești, ca și în cazurile ecosistemelor urbane Chișinău, Orhei, Telenești, Bălți, reprezintă una din sursele esențiale de poluare a apelor de suprafață.

Algoflora planctonică joacă un rol important în procesele de autoepurare a bazinelor acvatice, în circuitul biogen al elementelor din aceste ecosisteme și, totodată, sunt buni indicatori ai calității apelor [2, 3]. Gradul înalt de poluare a mediului acvatic, mai cu seamă a celui din ecosistemele urbane, influențează negativ algoflora râurilor, care traversează ecosistemele urbane, provoacă schimbări esențiale în structura comunităților planctonice, dar și a algoflorei în ansamblu.

Scopul prezentei lucrări constă în stabilirea (evaluarea) dinamicii schimbării conținutului de poluanți în apele r. Răut după deversarea apei inadecvat epurate de la SEB și influența gradului de poluare a apelor de suprafață cu poluanți chimici asupra diversității algoflorei planctonice din ecosistemul urban Bălți.

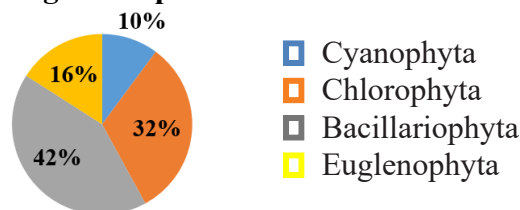
Materiale și metode

Cercetările floristice a fitoplanctonului din cadrul ecosistemelor urbane Bălți și Florești au fost efectuate în baza probelor prelevate din următoarele stațiuni: 4 stațiuni au fost stabilite pe cursul r. Răut în limitele ecosistemului urban Bălți: strada Locomotivelor, amonte de confluența cu afluentul Copăceanca, amonte și aval SEB Bălți; afluenții r. Răut de pe teritoriul or. Bălți: Copăceanca, lângă traseul auto, Flămânda, lângă pod și Dobrușa, lângă podul de pe strada Sorocii; lacurile de pe teritoriul ecosistemului urban Bălți: Orășenesc, Vânătorilor și Pescarilor, lacul din albia râului Răuțel. Stațiile de prelevare a probelor planctonice din r. Răut, din preajma ecosistemului urban Florești, au fost stabilite amonte și aval de SEB. Probele algologice au fost colectate și prelucrate conform metodelor în vigoare.

Rezultate și discuții

Algoflora planctonică a r. Răut, sectorul urban Bălți este reprezentată de 68 specii și 1 varietate de alge, care aparțin la 4 filumuri: Cyanophyta, Chlorophyta, Bacillariophyta și Euglenophyta. Complexul dominant din punct de vedere floristic este reprezentat de Chlorophyta + Bacillariophyta (fig. 1) Aceste două grupe majore sunt prezente în apa r. Răut din acest sector cu câte 22 și 29 specii corespunzător, astfel complexului dominant al algoflorei îi revine cca 74% din numărul total de taxoni. Stațiunile din interiorul EU se caracterizează printr-o diversitate redusă a fitoplanctonului din apa râului, unde în preajma străzii Locomotivelor lângă pod au fost identificate 25 specii, iar amonte de confluența cu afluentul Copăceanca au fost depistate 26 specii de alge.

Fig. 1. Raportul procentual al algoflorei planctonice din râul Răut – sectorul urban Bălți.



În stațiunile din amonte și aval de SEB, Bălți, planctonul se caracterizează printr-o diversitate floristică mai mare reprezentată, respectiv, a câte 47 (amonte) și 42 (aval) specii. Deși filumurile Cyanophyta și

Euglenophyta sunt prezente cu un număr redus de specii în acest sector al râului, frecvența lor este destul de înaltă. Menționăm că, specia *Aphanisomenonflos-aquae* (L.) Ralfs. din filumul Cyanophyta posedă o dezvoltare în masă în cele 4 stațiuni. Aceasta indică un grad relativ înalt de eutrofizare a apei râului în acest sector.

Studiul influenței gradului de poluare a apelor de suprafață (după următorii indicatori: CCO-Cr, CBO_5 , N-NH_4^+ , N-NO_2^- , N-NO_3^- , P_{total}) asupra diversității algoflorei planctonice din ecosistemul urban Bălți indică următoarele:

În situl râul Răut, strada Locomotivelor, lângă pod consumul chimic de oxigen (CCO-Cr) în apă: constituie 134,8 mg/l, iar consumul biologic de oxigen (CBO_5) este de 27,0 mg/l. Rezultatele indică, că după valorile ambilor indici (CCO-Cr și CBO_5) clasa de calitate a apei este V (foarte poluată). Apa r. Răut, str. Locomotivelor, lângă pod, are conținutul azotului amoniacal (N-NH_4) de 0,36 mg/l, ceea ce corespunde apei de clasa II, curată. Poluarea cu azot nitrit (N-NO_2) în stațiunea dată este 0,01 mg/l, clasa de calitate I, excelentă. Poluarea cu azot nitrat (N-NO_3) este de 1,13 mg/l, calitate II, bună. După concentrația de fosfor total (P_{total}), apa r. Răut, str. Locomotivelor, Bălți, constituie 0,36 mg/l, este de calitatea III, poluare medie.

În acest sit au fost identificate 25 specii de alge din cele 4 filumuri menționate. Complexul dominant este reprezentat de algele bacilariofite și clorofite a câte 8 și 9 specii, corespunzător. Diversitatea cianofitelor este mai redusă, însă speciile *Aphanisomenonflos-aquae* (L.) Ralfs. și *Anabaena flos-aquae* (Lingb.) Breb. posedă o dezvoltare intensă datorită gradului sporit de poluare a apei. Gradul înalt de eutrofizare a apei în acest sit, formează un substrat nutritiv favorabil și pentru speciile de alge euglenofite *Euglena acus* Ehr., *E. polymorpha* Dang. și *E. oxyuris* Schmarida, frecvente în această stațiune.

În apa râului Răut, amonte de confluența cu afluentul Copăceanca, poluarea chimică a apei r. Răut, după consumul chimic de oxigen (CCO-Cr) constituie (mg/l) 116,1 și CBO_5 23,2 mg/l, clasa de calitate a apei este V (foarte poluată), iar după azotul amoniacal (N-NH_4^+) concentrația este de 0,32 mg/l și se referă la clasa de calitate II, curată. Concentrația azotului de nitrit (N-NO_2^-) și nitrat (N-NO_3^-), r. Răut, amonte (confluență cu r. Copăceanca) este 0,35 mg/l, calitatea apei după ambii poluanți cu azot (nitrit și nitrat), apa este de calitatea I, excelentă. Concentrația fosforului total (P_{total}), în situl dat, constituie 0,30 mg/l, și apa este de calitatea III, poluare medie. În acest sit, gradul de poluare a apelor după compușii azotului și a azotului amoniacal este aproape identic cu cel din stațiunea precedentă, ceea ce asigură o diversitate floristică similară a algoflorei planctonice. Cele 26 specii de alge depistate în această stațiune sunt reprezentate de același complex dominant, iar algele cianofite posedă o dezvoltare mai moderată.

Apa râului Răut, amonte SEB (or. Bălți), după consumul chimic de oxigen (CCO-Cr) 80,2 mg/l, este de calitatea IV, poluată, iar, după CBO_5 , 10,8 mg/l, clasa de calitate este V, foarte poluată. După concentrația azotului amoniacal (N-NH_4^+), apar. Răut, amonte SEB, Bălți, 0,43 mg/l, este de calitatea III, poluare medie. Concentrația azotului de nitrit (N-NO_2^-), r. Răut, amonte SEB, Bălți, 0,02 mg/l, clasa de calitate a apei este II, bună, conținutul de N-NO_3^- constituie 1,47 mg/l, clasa II, bună, iar după concentrația fosforului total (P_{total}), apa r. Răut, amonte SEB, Bălți, este de 0,24 mg/l, calitatea III, poluare medie.

În acest sector al râului au fost identificate 47 specii de alge. Conform spectrului indicator al algelor bacilariofite, în acest sector vegetează specii tolerante în raport cu [C] N organic: *Caloneis amphibaena* (Bory.) Cl., *Cymatopleura solea* (Breb.) W. Sm., *Gyrosigma acuminatum* (Kutz.) Rabenh., *Naviculacryptoccephala* Kutz., *N. rinchocephala* Kutz., *Nitzschiatryblionella* Hantzsch. etc.

Râul Răut, aval SEB, Bălți. În apa r. Răut aval SEB, poluarea apei după CCO-Cr constituie 87,4 mg/l, calitatea apei IV, poluată, iar după CBO_5 11,4 mg/l, este de clasa V foarte poluată. După azotul amoniacal (N-NH_4) apa r. Răut, aval SEB, 8,1 mg/l, este de clasa de calitate V, foarte poluată. Calitatea apei după conținutul N-NO_2^- - 1,55 mg/l, este de clasa V, foarte poluată, după P_{total} - 0,22 mg/l, calitatea este de clasa III, poluare medie.

În acest sit au fost identificate 42 specii de alge, în majoritate bacilariofite (24 specii), care conform spectrului indicator de troficitate sunt eutrofe, iar *Stephanodiscus hantzshii* Grun. este o specie hipereutrofă. Deci, în condiții de poluare înaltă și medie a apei din aceste situri speciile de alge, care formează complexul dominant, suportă concentrațiile înalte ale compușilor din apă. Deși, după diversitate siturile amonte și aval de SEB nu diferă substanțial, totuși, schimbările în structura taxonomică s-au produs din

cauza eliminării din algoflora planctonică a unor specii de clorofite. Cianofitele, care amonte de SEB erau reprezentate prin 5 specii, în planctonul râului aval de SEB au fost identificate 2 specii (*Aphanesomenon-flos-aquae* (L.) Ralfs și *Mycrocystisaeruginosa* Kutz.), care în condiții de poluare înaltă cu nutrienți, pot provoca fenomenul „înfloririi apei”.

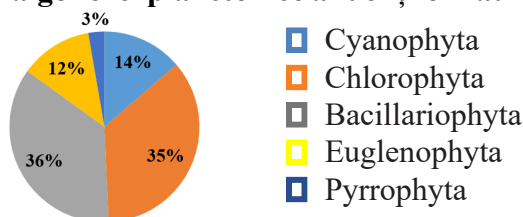
Caracteristica algoflorei planctonice din afluenții r. Răut în limitele ecosistemului urban Bălți

Algoflora planctonică a celor 3 afluenți ai râului Răut din cadrul ecosistemului urban Bălți este cea mai bogată din punct de vedere floristic. Astfel, în apa celor 3 afluenți au fost identificate 71 specii și 2 varietăți de alge din 5 filumuri: Cyanophyta, Chlorophyta, Bacillariophyta, Pyrrophyta și Euglenophyta (fig. 2). Celor două grupe majore, Chlorophyta și Bacillariophyta, care formează complexul dominant le revin câte 26 specii fiecare, iar împreună ele constituie cca 71% din numărul total de specii identificate în planctonul afluenților. Trebuie menționat, că spectrul floristic al afluenților este destul de neuniform, astfel această diversitate majoră este asigurată de algoflora planctonică a afluentului Copăceanca.

Apa afluentului Copăceanca posedă următoarele caracteristici (mg/l): consumul chimic de oxigen (CCO-Cr) constituie 124,5, iar consumul biologic de oxigen (CBO₅) este de 24,9 mg/l, clasa de calitate V, foarte poluată. Concentrația azotului amoniacal (N-NH₄⁺), este de 0,5 mg/l, iar calitatea apei este de clasa a III, poluare medie. Concentrația P_{total} este de 0,44 mg/l și corespunde clasei de calitate IV, poluată.

În acest sit într-o singură probă au fost identificate 65 specii și 1 varietate de alge. Cu o frecvență mai mare vegetau algele bacilariofite (reprezentanții genului *Stephanodiscus*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Cyclotella*). Speciile de cianofite *Aphanizomenonflos-aquae* (L.) Ralfs și *Anabaena flos-aquae* (Lingb.) Breb. se dezvoltă destul de abundent și doar în apa acestui afluent au fost identificate speciile de Pyrrophyta: *Gymnodiniumaeruginosa* (Perty) Stein et Delf. și *Piridinium* sp.

Fig. 2. Raportul procentual al algoflorei planctonice afluenților râului Răut - sectorul urban Bălți.



Apa afluentului Flămânda. Celui mai mic grad de poluare din ecosistemul urban Bălți este supusă apa afl. Flămânda. Concentrația CCO-Cr este mai mică de 30 mg/l, ceea ce corespunde clasei de calitate III, poluare medie. Conform indicilor CBO₅ egal cu 1,2 mgO₂/l, concentrația clorurilor de 26,1 mg/l, azotul amoniacal 0,05, azotul nitrit 0,004, azotul de nitrat 0,78 și fosforul total 0,03 mg/l, apa corespunde clasei de calitate I, excelentă.

Diversitatea floristică a fitoplanctonului din afluenții Flămânda și Dobrușa este destul de redusă, astfel în planctonul afluentului Flămânda au fost identificate 9 specii și 1 varietate de alge. Trebuie de menționat, că în acest sector nu au fost depistate specii din filumul Cyanophyta și Chlorophyta. Mai frecvente în acest sector erau bacilariofitele cu speciile *Melosira granulata* (Ehr.) Ralfs., *M. granulata* var. *angustissima* (Ehr.) Ralfs., *Cymatopleura solea* (Breb.) W. Sm., iar euglenofitele erau reprezentate de 2 specii: *Euglena polymorpha* Dang și *Trachelomonas hispida* (Perty) F. Stein.

În apa afluentului r. Răut, Dobrușa, str. Sorocii, lângă pod, CCO-Cr, 77,4 mg/l, clasa de calitate IV, iar pentru CBO₅ 17,5 mg/l, clasa de calitate III, moderat poluată. Concentrația azotului amoniacal (N-NH₄⁺) constituie 0,74 mg/l, corespunde clasei de calitate a apei III, poluare medie. Concentrația azotului nitrit (N-NO₂⁻), este de 0,18 mg/l, iar calitatea apei - clasa IV, poluată. Poluarea râului cu azot nitrat (N-NO₃⁻), constituie 3,86 mg/l, iar apa corespunde la clasa de calitate III, poluare medie. Concentrația fosforului total (P_{total}) în apa afl. Dobrușa este de 0,26 mg/l, și corespunde clasei de calitate III, poluare medie.

În acest sit au fost identificate doar 4 specii de alge, 3 de bacilariofite și o specie de cianofită *Oscillatorialimnetica* Lemm, care se întâlneau sporadic. Este necesar de menționat, că doar în acest afluent a fost depistată specia bacilariofită *Surirella ovata* Kutz., iar speciile de alge cianofite, care în apa afluentului

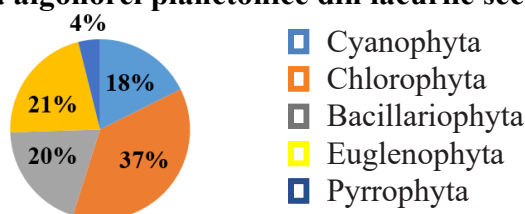
Copăceanca se dezvoltă abundent, în această stațiune lipseau.

În baza rezultatelor obținute privind gradul de poluare a apei afluenților Flămânda și Dobrușa cu poluanți chimici putem deduce, că faptul diversității reduse a algoflorei planctonice este determinat de concentrația scăzută a poluanților cu conținut de nutrienți.

Caracteristica algoflorei planctonice în lacurile din ecosistemul urban Bălți

În cele 3 lacuri din ecosistemul urban Bălți au fost identificate 51 specii de alge care aparțin următoarelor filumuri: Cyanophyta - 9 specii, Chlorophyta - 19 specii, Bacillariophyta - 10 specii, Pyrrophyta - 2 specii și Euglenophyta - 11 specii (fig. 3). Clorofitele sunt cea mai diversă grupă de alge, care domină și conform frecvenței, specia *Hyaloraphidium contortum* Pascher & Korshikov în planctonul lacurilor orășenești se dezvoltă în masă.

Fig. 3. Raportul procentual a algoflorei planctonice din lacurile sectorului urban Bălți.



În apa lacului orășenesc concentrația (mg/l) CCO-Cr și CBO₅ constituie respectiv 133,5 și 26,7, apa este de calitate V, foarte poluată. Concentrația N-NH₄ este de 0,42 mg/l, calitatea apei III, poluare medie. După caracteristica N-NO₂⁻, N-NO₃⁻ și P_{total}, apa corespunde clasei de calitate I, excelentă. Fitoplanctonul din acest bazin este reprezentat de 34 de specii și este cel mai divers din punct de vedere taxonomic. O dezvoltare intensă posedau bacilariofitele și cianofitele cu dezvoltarea în masă a speciei *Aphanizomenon-flos-aquae* (L.) Ralfs. Destul de diverse în planctonul acestui bazin sunt algele euglenofite prezente cu 7 specii, cu o dezvoltare moderată.

Dezvoltarea intensă a algoflorei planctonice în acest lac, probabil este asigurată de conținutul optimal al azotului amoniacal, precum și a altor factori.

Apa din lacul Vânătorilor și Pescarilor după concentrațiile CCO-Cr și CBO₅, constituie: 121,9 mg/l și 24,5 mg/l, respectiv clasa de calitate a apei este V, foarte poluată. După N-NH₄⁺, care constituie 0,49 mg/l, apa lacului dat corespunde calității III, poluare medie. Caracteristica concentrațiilor N-NO₂⁻ și a N-NO₃⁻ se referă la categoria apei de calitate I, excelentă. Concentrația P_{total} este de 0,17 mg/l și apa lacului corespunde clasei II, bună.

Algoflora planctonică din acest lac se caracterizează printr-o diversitate mai redusă, reprezentată de 27 specii din cele 5 filumuri menționate pentru fitoplanctonul lacului Orășenesc. Comune sunt și speciile care posedau o dezvoltare mai abundentă în planctonul acestui bazin. Bacilariofitele posedă o diversitate redusă și sunt reprezentate doar de 3 specii: *Cyclotellameneghiniana* Kutz., *Stephanodiscushantzchii* Grun., *St. astraea* (Kutz.) Grun. Complexul dominant al algoflorei planctonice din acest lac este reprezentat de Chlorophyta + Cyanophyta + Euglenophyta. Diversitatea mai redusă a algoflorei planctonice este cauzată probabil, nu atât de calitatea chimică a apei, cât de simplificarea diversității algelor bacilariofite, determinată de o dezvoltare mai intensă a cianofitelor și euglenofitelor, pentru care componența chimică a apei este mai favorabilă pentru dezvoltare.

Apa lacului din albia afluentului Răuțel, după CCO-Cr constituie 73,5 mg/l, clasa de calitate este IV, poluată, iar după CBO₅ 14,7 mg/l, clasa de calitate V, foarte poluată. Concentrația N-NH₄⁺ pentru r. Răuțel intrare în Bălți este de 0,70 mg/l, calitatea apei III, poluare medie, iar după P_{total} este de 0,27 mg/l, clasa de calitate III, poluare medie.

Algoflora planctonică din acest lac posedă o diversitate redusă și este reprezentată de doar 16 specii din 4 filumuri: Cyanophyta, Chlorophyta, Bacillariophyta și Euglenophyta. Componența chimică a apei, probabil este mai puțin favorabilă pentru algele clorofite, diversitatea cărora este redusă substanțial fiind reprezentată doar de 4 specii.

Caracteristica algoflorei planctonice din apa râului Răut din preajma ecosistemul urban Florești

Algoflora planctonică a râului Răut, sectorul din preajma EU Florești (amonte și aval de SEB) se caracterizează printr-o diversitate relativ redusă. În total au fost identificate 41 specii, 34 amonte și 21 aval, reprezentanți ai 4 filumuri de alge: Cyanophyta, Chlorophyta, Bacillariophyta, Euglenophyta. De menționat, că apa avea o turbiditate sporită cu o cantitate mare de particule suspendate.

Apa r. Răut, amonte SEB, Florești după CCO-Cr (32,9 mg/l) corespunde clasei IV de calitate, poluată, iar după CBO_5 (7,6 mg/l), clasei a V, foarte poluată. Azotul amoniacal (N-NH_4^+), constituie 0,34 mg/l ce se referă la clasa II de calitate, curată. Concentrația azotului N-NO_2^- , este de 0,12 mg/l. Azotul N-NO_3^- , constituie 4,18 mg/l, clasa de calitate a apei III, moderat poluată. Poluarea după fosfor total (P_{total}) constituie 0,20 mg/l, care corespunde clasei a II de calitate, bună.

În stațiunea amonte SEB complexul dominant al fitoplanctonului este reprezentat de Chlorophyta și Bacillariophyta prezente cu 12 și 19 specii corespunzător. Cianofitele în acest sector al râului erau reprezentate de unica specie *Mycrocystisaeruginosa* Kutz., care posedă o dezvoltare moderată, iar euglenofitele, cu speciile din genul *Phacus*, *Strombomonas* și *Trachelomonas*, datorită modului de nutriție mixotrof se dezvoltau abundent unde concentrația nutrienților în apa râului atinge un nivel înalt.

Pentru apa r. Răut, aval SEB Florești, CCO-Cr constituie 36,0 mg/l, clasa IV de calitate (poluată), iar CBO_5 este 7,9 mg/l, clasa a V de calitate (foarte poluată). Azotul amoniacal constituie 0,41 mg/l, clasa de calitate III, poluare medie. Concentrația azotului nitrit N-NO_2^- este de 0,07 mg/l, clasa a III, poluare medie. Poluarea cu azot nitrat N-NO_3^- , constituie 4,60 mg/l, clasa III, moderat poluată. Poluarea după fosforul total (P_{total}) este 0,22 mg/l, clasa (III), poluare medie. În apa din această stațiune au fost identificate 21 specii de alge, complexul dominant este reprezentat de algele clorofite și bacilariofite, pe când diversitatea bacilariofitelor este mult mai redusă, comparativ cu sectorul râului din amonte SEB, probabil din cauza dezvoltării intense a unor specii de cianofite (*Aphanizomenonflos-aquae* (L.) Ralfs., *Mycrocystisaeruginosa* Kutz., *Lingbia* sp.), dar și euglenofite (*Euglena acus* Ehr., *E. polymorpha* Dang., *E. tripteris* (Duj.) Klebs), care în condiții de poluare cu nutrienți, se dezvoltă în masă.

Concluzii

1. Analiza spectrului taxonomic al algoflorei apei r. Răut, din cadrul ecosistemului urban Bălți, demonstrează, că după diversitate predomină speciile din filumul Bacillariophyta (42% din total), față de apa afluenților r. Răut (36%). În planctonul din lacurile ecosistemului urban Bălți o diversitate mai mare o au speciile din filumul Clorophyta (37%).

2. Schimbările de structură a algoflorei planctonice din apa r. Răut, amonte și aval SEB, pentru ambele ecosisteme urbane (Bălți și Florești) se datorează gradului mai înalt de poluare a apei în aval. Diferențele dintre aceste 2 stațiuni indică dependența numărului de specii din algofloră de gradul de poluare a apei cu nutrienți (compușii de N și P).

3. O diversitate mai mare a algoflorei planctonice a fost identificată în obiectele acvatice unde gradul de poluare cu nutrienți (N, P) îi conferă calitatea III-a, poluare medie. Acest fapt remarcă o corelație dintre gradul de poluare a apelor de suprafață cu nutrienți (N, P), concentrația acestora și diversitatea floristică a algoflorei planctonice din aceste stațiuni. Totodată, un rol important pentru dezvoltarea algoflorei planctonice în apa râului din ecosistemele urbane studiate îi revine comunităților de plante superioare acvatice, care prezintă un filtru biologic eficient în purificarea apelor, dar și un substrat pentru dezvoltarea algelor din comunitățile planctonice.

Referințe:

1. BULIMAGA, C., GANJA, E. *Evaluarea impactului stației de epurare biologică din or. Florești asupra apei râului Răul*. Conferința științifică națională cu participare internațională „Știința în Nordul Republicii Moldova: realizări, probleme, perspective” (ediția a șasea, Bălți, 20-21 mai 2022, p. 303-306, 540 p. ISBN 978-9975-3465-5-9.
2. GRABCO, N., CERTAN, C. *Algoflora planctonică a râului Răut în limitele ecosistemului urban Bălți*. În: *Starea componentelor de mediu din Regiunea de Dezvoltare Nord a Republicii Moldova* (pe exemplul eco-

sistemelor urbane Bălți și Florești. Coord.: BULIMAGA, C. Chișinău: „Impressum”, 2021, p. 99-106. ISBN 978-9975-62-443-5.

3. GRABCO, N., CERTAN, C., BULIMAGA, C., PRODAN, P. *Algoflora planctonică a bazinului râului Răut din cadrul urboecosistemului Bălți și capacitatea ei indicatoare*. Conferința științifică națională cu participare internațională „Știința în Nordul Republicii Moldova: realizări, probleme, perspective” (ediția a șasea, Bălți, 20-21 mai 2022, p. 357-360. 540 p. ISBN 978-9975-3465-5-9.

Notă: Investigațiile au fost efectuate în cadrul proiectului: Evaluarea stabilității ecosistemelor urbane și rurale în scopul asigurării dezvoltării durabile. 20.80009.7007.11 (Program de Stat 2020-2023).

Date despre autori:

Constantin BULIMAGA, doctor habilitat, Conferențiar universitar, Șef Laborator, Institutul de Ecologie și Geografie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0003-1288-0140

E-mail: cbulimaga@yahoo

Nadejda GRABCO, doctor, cercetător științific, coordonator, Institutul de Ecologie și Geografie, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: nadejdagrabco@gmail.com;

ORCID: 0000-0002-3138-3548

Corina CERTAN, doctor, cercetător științific superior, Institutul de Ecologie și Geografie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-2278-2475

E-mail: certancorina@gmail.com

Petru PRODAN, doctorand, Institutul de Ecologie și Geografie, Universitatea de Stat din Moldova, Laboratorul Investigații de Mediu S.R.L.

ORCID: 0000-0002-4661-7757

E-mail: prodanpetru90@gmail.com

Prezentat la 01.07.2023

CZU: 582.35/.99:502.1(478)

[http://doi.org/10.59295/sum6\(166\)2023_04](http://doi.org/10.59295/sum6(166)2023_04)

NEW DATA ON RARE VASCULAR PLANTS IN THE FLORA OF „LOWER PRUT LAKES” RAMSAR SITE (REPUBLIC OF MOLDOVA)

Polina CASSIR,

Scientific reserve „Lower Prut”, Slobozia Mare, Republic of Moldova

Tatiana IZVERSCAIA, Veaceslav GHENDOV,

National Botanical Garden (Institute), Moldova State University

The article presents data on the results of the monitoring of rare and endangered vascular plants in the „Lower Prut Lakes” Ramsar site, in the southwestern part of the Republic of Moldova. New information on the presence of five rare species – *Acorus calamus* L., *Allium sphaeropodum* Klokov, *Dichodon viscidum* (M. Bieb.) Holub, *Leucojum aestivum* L. and *Ornithogalum boucheanum* (Kunth) Asch. in the studied territory, as well as bioecological, chorological, habitat, zoological peculiarities, and some population characters are elucidated.

Keywords: *Republic of Moldova, rare vascular plant species, Ramsar site „Lower Prut Lakes”.*

DATE NOI PRIVIND PLANTELE VASCULARE RARE DIN FLORA SITULUI RAMSAR „LACURILE PRUTULUI DE JOS” (REPUBLICA MOLDOVA)

În articol sunt prezentate date despre rezultatele monitorizării plantelor vasculare rare și pe cale de dispariție în situl Ramsar „Lacurile Prutului de Jos”, în partea de sud-vest a Republicii Moldova. Sunt elucidate informații noi privind prezența a cinci specii rare – *Acorus calamus* L., *Allium sphaeropodum* Klokov, *Dichodon viscidum* (M. Bieb.) Holub, *Leucojum aestivum* L. și *Ornithogalum boucheanum* (Kunth) Asch. în teritoriul studiat, cât și particularități bioecologice, corologice, de habitat, zoologice, precum și unele caractere populaționale ale acestora.

Cuvinte-cheie: *Republica Moldova, plante vasculare rare, situl Ramsar „Lacurile Prutului de Jos”.*

Introduction

The strategy for the conservation of rare species of vascular plants, protected by law and included in the Red Book of the Republic of Moldova, provides for the protection of their specific populations. In this regard, in order to identify new populations, as well as to assess the current state of these populations, the targeted work should be carried out. The subsequent study of the population dynamics will allow to predict the prospects for the specific populations development, to substantiate measures for their preservation and, if necessary, for their expansion and restoration of the number of individuals. These studies are the main component of the monitoring of protected species of plants, which can be considered as one of the practical measures for the implementation of the strategy of conservation of protected vascular plant species.

Material and methods

The herbarium samples of high vascular plants were collected from the territory of “Lower Prut Lakes” Ramsar site, critically processed under laboratory conditions using specific regional floras and herbarium specimens [1-12] and determined as rare species for the studied area. The name correctness was verified in the Herbarium of the National Botanical Garden (Institute) of the Republic of Moldova. The nomenclature of the species and their general distribution area is given in accordance with the modern literature [1-17]. Distribution in the Republic of Moldova is given on the basis of label data on herbarium specimens stored in the Herbarium of the National Botanical Garden of the Republic of Moldova. The rarity of species in the Republic of Moldova is assessed according to the IUCN categories and criteria [18, 19]. Rare species are identified on the basis of their local distribution in the Republic of Moldova. The following symbols are used to denote the species occurrence: ○ – locality, where the species has grown in the past (before 1970) and ● – locality, where the species grows in the present (from

1970 to 2022). For each taxa the following data is provided: Latin, Romanian and Russian names, the plant family, biological and ecological characteristics, distribution, habitats, the rarity category with criteria, protection status in the republic (protected by law [20], inclusion in the 3rd edition of the Red Book of the Republic of Moldova [21]), as well as in the Red Book of vascular plants of Ukraine [22].

Results and Discussions

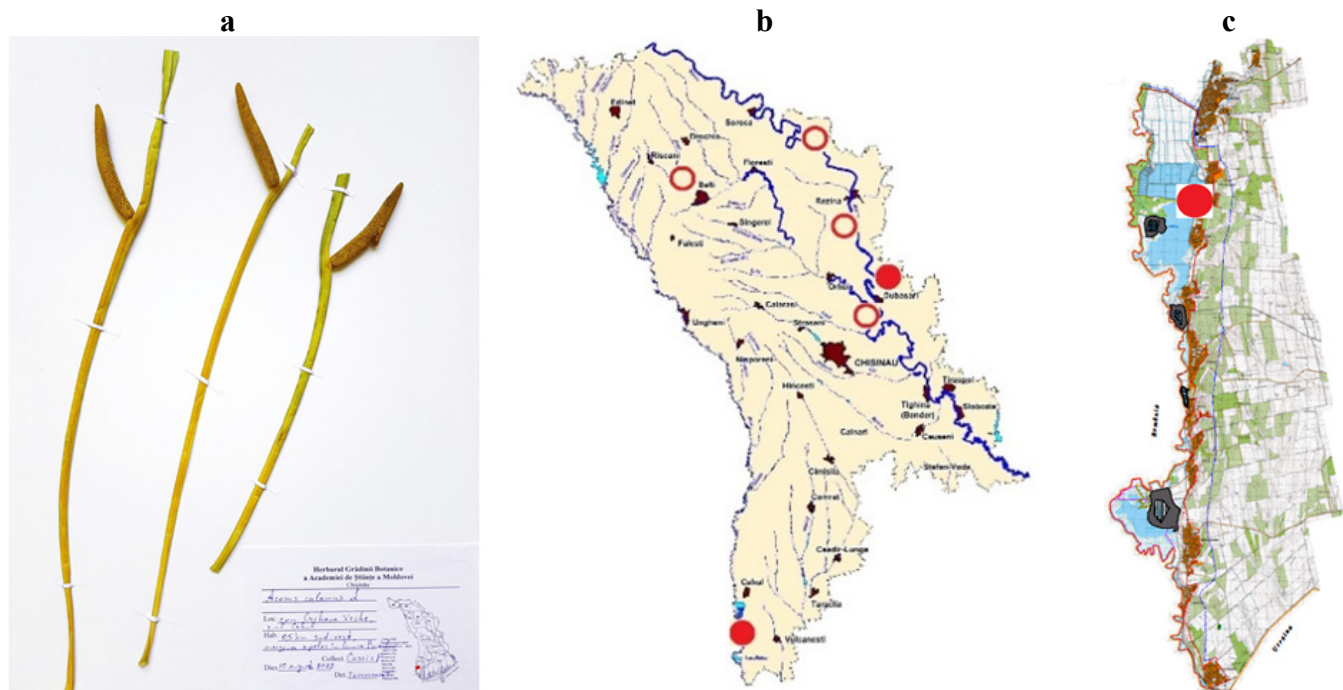
During 2019-2022, when conducting a floristic survey of the territory of the „Lower Prut Lakes” Ramsar site, in order to identify the general floristic composition and study the state of rare species of vascular plants, a number of new locations of plant populations were identified – *Acorus calamus* L., *Allium sphaeropodum* Klokov, *Dichodon viscidum* (M.Bieb.) Holub, *Leucojum aestivum* L., *Ornithogalum boucheanum* (Kunth) Asch.

Acorus calamus L. – Obligeană comună – Аир болотный, а. обыкновенный, Аирный корень (Araceae Family) (Fig. 1a). It is a perennial rhizomatous geophyte. It blooms in May-June, bears fruit in August-September. It multiplies by seeds and vegetatively through parts of rhizomes. Hygrophilic plant of wet habitats.

At present, this species is known, in the Republic of Moldova, from the vicinity of the commune Doibani, Dubasari district, Transnistrian region on the territory of the Scientific reserve „Iagorlâc” and from the commune Crihana Veche, Cahul district on the territory of the „Lower Prut Lakes” Ramsar site. In the past, the presence of the species was recorded near the towns of Camenca (Transnistrian region) and Balti, the village Saharna, Rezina district and the village Ohrincea, Criuleni district (Fig. 1b, 1c).

The native range distribution of this species is Asia and central part of North America; extinct in the District of Columbia, Illinois, Indiana, New Jersey, North Dakota, Rhode Island, Virginia; introduced into Scandinavia, Crimea, Caucasus, South Asia (Pakistan), South America and other regions [3, 9, 13].

Fig. 1. *Acorus calamus* L.: a – herbarium sample, b – distribution in the Republic of Moldova, c – distribution in the „Lower Prut Lakes” Ramsar site.



The species on the territory of the republic is adventitious, almost completely naturalized in the river meadows, lake shores, sometimes in standing waters. In the „Lower Prut Lakes” Ramsar site was observed on the shore of the fishponds constructed in the northern part of Lake Manta (Fig. 2). It grows in dispersed groups, forming patches of 10-50 m² in association with other hygrophilous species, such as: *Alopecurus aequalis* Sobol., *Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla, *Butomus umbellatus* L., *Carex melanostachya* M. Bieb. ex Willd., *Carex otrubae* Podp., *Ceratophyllum demersum* L., *Hydrocharis morsus-ranae* L., *Lemna*

minor L. and *Lemna trisulca* L., *Myriophyllum spicatum* L., *Nymphoides peltata* (S. G. Gmel.) O.Kuntze, *Oenanthe aquatica* (L.) Poir., *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Potamogeton gramineus* L., *Potamogeton filiformis* Pers., *Ranunculus sceleratus* L., *Sagittaria sagittifolia* L., *Salvinia natans* (L.) All., *Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid., *Trapa natans* L., *Typha angustifolia* L., *Vallisneria spiralis* L. Vegetative and generative specimens were recorded in the existing populations. The population status is stable.

Fig. 2. The habitat of *Acorus calamus* L. in the „Lower Prut Lakes” Ramsar site.

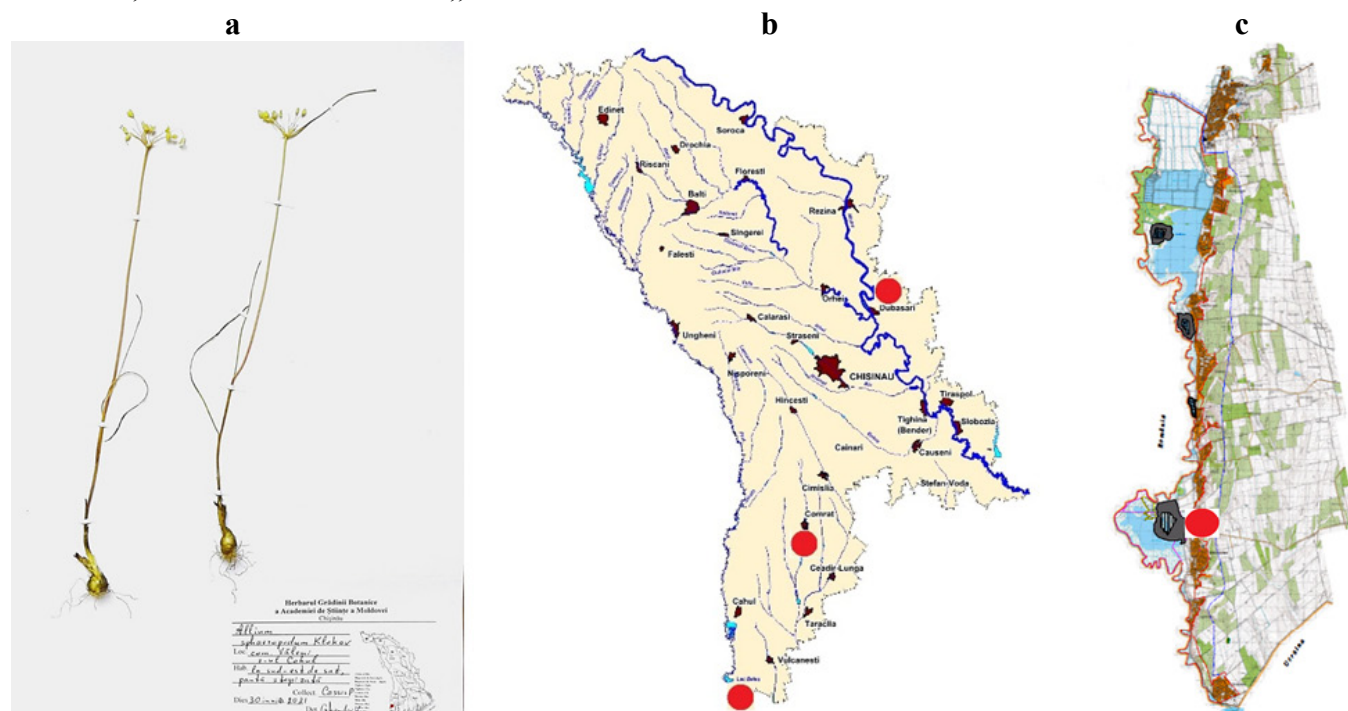


In the Republic of Moldova, the species is cultivated in the Collection of Medicinal Plants of the National Botanical Garden (Institute), Rare species. According to the IUCN criteria, it is assessed as an endangered species [Endangered (EN)] – A4ce; B2ab (i, iii, iv).

This species is protected by the state as a rare species (category IV) [20], territorially protected within the Scientific reserve „Iagorlic” and Biosphere Reserve „Lower Prut”. To preserve the species on the territory of the republic, it is necessary to continue the monitoring of existing populations and the detection of new growing sites, the multiplication of the species in *ex-situ* conditions and its extension in natural habitats.

***Allium sphaeropodum* Klokov** (=Allium flavum subsp. tauricum (Besser ex Rchb.) K. Richt.) – Ceapă sferopodă – Лук круглоногий (Alliaceae Family). Perennial plant, geophyte (Fig. 3a). Blooms in June; fruiting in August. It is propagated by seeds and vegetatively. Steppic xerophilous species. Medicinal plant.

Fig. 3. *Allium sphaeropodum* Klokov: a – herbarium sample, b – distribution in the Republic of Moldova, c – distribution in the „Lower Prut Lakes” Ramsar site.



In the Republic of Moldova, it is found near Slobozia Mare commune, Cahul district, between Chirsova and Ferapontievca communes, UTA Găgăuzia; com. Goian, Dubasari district, Transnistrian region (Fig. 3b, 3c). The native range of occurrence of this species is Middle (Romania) and Eastern (Republic of Moldova, Ukraine, Central and Southern parts of European Russia) Europe, Crimea, Mediterranean (Bulgaria, East Aegean Is., Greece) region, Caucasus, Western (Turkey) and Central (Iran, Kazakhstan) Asia.

Typical habitats for this species in the region are steppic calcareous slopes, loessoid steppic areas from the Bugeac steppe (Fig. 4). In primary steppes in the south of the country, it grows solitarily or in small groups of 2-10 mature plants per 1 m². The total surface of population is circa 1 ha, and represented by individuals of different ages. On the studied territory isolated plants or groups of 3-7 plants can be met near the village Slobozia Mare in the grassland association with *Agropyron pectinatum* (M. Bieb.) Beauv., *Ajuga chia* Schreb., *Artemisia lerchiana* Weber ex Stechm., *Asperula tenella* Heuff. ex Degen, *Astragalus austriacus* Jacq., *Bothriochloa ischaemum* (L.) Keng, *Dianthus carbonatus* Klokov, *Eryngium campestre* L., *Festuca valesiaca* Gaudin, *Galatella villosa* (L.) Rchb.f., *Galium humifusum* M.Bieb., *Gypsophila pallasii* Ikonn., *Herniaria besserii* Fisch. et Horenem., *Koeleria cristata* (L.) Pers., *Linaria genistifolia* (L.) Mill., *Linum austriacum* L., *Melica transsilvanica* Schur, *Nigella arvensis* L., *Plantago urvillei* Opiz, *Potentilla arenaria* Borkh., *Potentilla argentea* L., *Potentilla astracanicum* Jacq., *Salvia nemorosa* L., *Sideritis montana* L., *Stipa capillata* L., *Stipa lessingiana* Trin. et Rupr., *Stipa ucrainica* P.A.Smirn., *Teucrium chamaedrys* L., *Teucrium capitatum* L., *Thymus marschallianus* Willd., *Veronica teucrium* L., *Xeranthemum annuum* L.

Fig. 4. The habitat of *Allium sphaeropodum* Klokov in the „Lower Prut Lakes” Ramsar site.

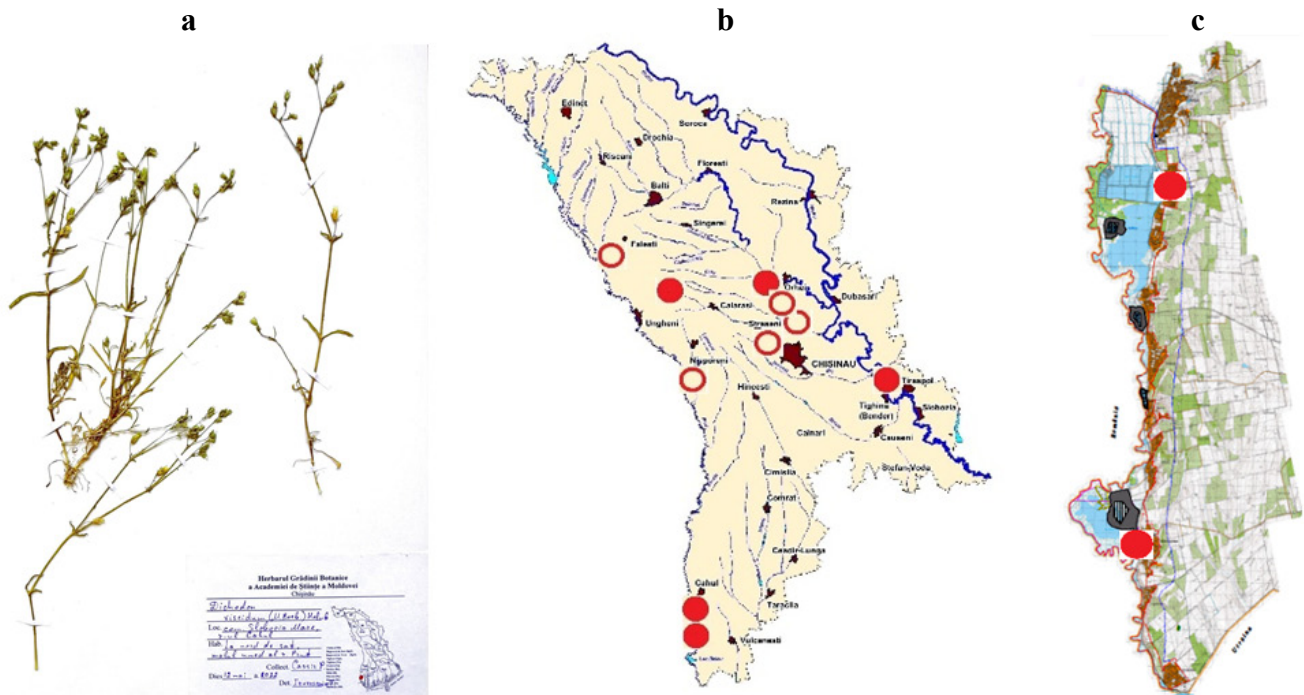


Rare species. According to the IUCN criteria taxa, it was assessed as an endangered species [Endangered (EN)] – A4cde; B2ab (i, ii, iii, iv), territorially protected within the Scientific Reserves „Iagorlic” and Biosphere Reserve „Lower Prut”. In the neighbouring Ukraine, it is included in the Red book as „Vulnerable”. For the successful protection of the species in the republic, it is advisable to include it in the list of species protected by law and in the 4th edition of the RBRM, to detect and take under protection new places, conserve *ex-situ* species.

Dichodon viscidum (M. Bieb.) Holub (= *Stellaria viscida* M. Bieb., *Cerastium anomalum* Waldst. et Kit., *Cerastium dubium* (Bast.) Guepin, *Dichodon dubium* (Bast.) Ikonn.) – Cănaș lipicios – Диходон клейкий (Caryophyllaceae Family). Annual plant, therophyte (Fig. 5a), blooms in April-June, bears fruit in May-August. It is propagated by seeds. Mesophyte, meadow plant.

In the Republic of Moldova, it is rarely found in the northern, central and southern districts: Pușintei commune, Falesti district; Brăviceni, Morozeni communes, Orhei district; Rădenii Vechi comm., Ungheni distr.; Barboeni village, Nisporeni distr.; Roșcani vill., Strășeni district; Ghidighici comm., Chisinau municipality; Tiraspol municipality; comm. Slobozia Mare, Crihana Veche, Cahul district (Fig. 5b, 5c). The natural occurrence range of this species is from Europe to Afghanistan, it grows in Central and Eastern (south) Europe, Crimea, the Mediterranean region, the Caucasus, Western Asia (Turkey, Afghanistan, Iran, Iraq, Lebanon-Syria, Palestine); introduced into north-western Africa (Algeria, Morocco) and into states of North America (Arkansas, Idaho, Illinois, Indiana, Kansas, Kentucky, Mississippi, Ohio, Oregon, Tennessee, Virginia, Washington).

Fig. 5. *Dichodon viscidum* (M. Bieb.) Holub: a – herbarium sample, b – distribution in the Republic of Moldova, c – distribution in the „Lower Prut Lakes” Ramsar site.



The habitat of the species is temporarily flooded or wet places – river meadows, cultivated lands, often on slightly saline soils. In the studies was found on the bank of the water basins of Crihana Veche commune and in the vicinity of Slobozia Mare, in wet places where the water has dried up (Fig. 6). It grows in small groups with the total area of population circa 0,5 ha, in association with: *Alopecurus aequalis* Sobol., *Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla, *Butomus umbellatus* L., *Catabrosa aquatica* (L.) P. Beauv., *Eleocharis palustris* (L.) Roem. et Schult., *Oenanthe aquatica* (L.) Poir., *Persicaria hydropiper* (L.) Delarbre, *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Ranunculus sceleratus* L., *Rorippa amphibia* (L.) Besser, *Rorippa austriaca* (Crantz) Besser, *Rorippa x anceps* (Wahlenb.) Rchb., *Sagittaria sagittifolia* L., *Scirpus tabernaemontani* C.C.Gmel., *Torulinium caucasicum* Palla.

Fig. 6. The habitat of *Dichodon viscidum* (M. Bieb.) Holub in the „Lower Prut Lakes” Ramsar site.



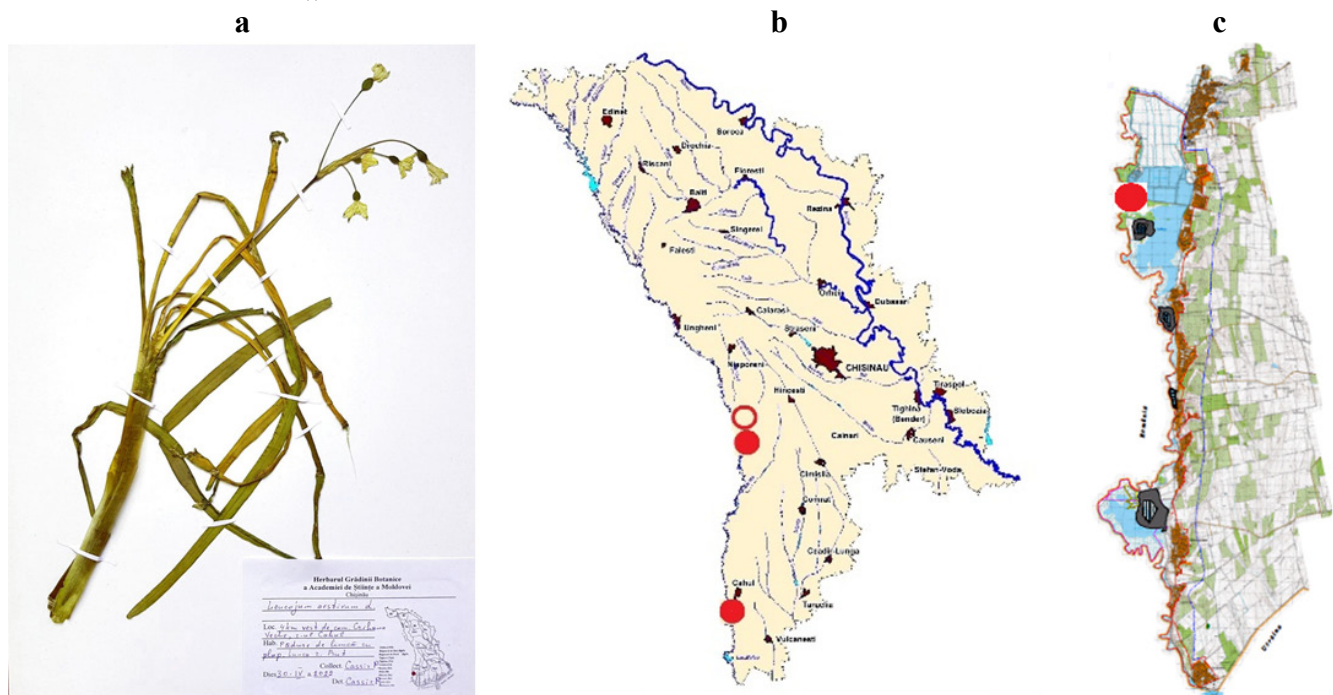
Rare species. According to the criteria of IUCN, it is estimated as endangered [Endangered (EN)] – A4ce; B2ab (i, iii, iv). In the Republic of Moldova, no protective measures regarding this species has been taken. It is territorially protected in the „Orhei” National Park, the Scientific reserves „Plaiul Fagului” and „Lower Prut”. For the successful protection of the species in the republic, it is advisable to include it in the list of species protected by law and in the 4th edition of the RBRM, detect and take under protection new places, conserve *ex-situ* species.

Leucojum aestivum L. – Omătuțe estivale (Ghiocel bogat) – Белоцветник летний (Amaryllidaceae)

Family). Perennial plant, spring bulbous geophyte (Fig. 7a). Blooms in April-May, fruits in June-July. It is propagated by seeds and bulbs. Forest hygromesophilic species. Decorative, medicinal plant.

In the Republic of Moldova, it is found only in the Prut river meadow in the vicinity of Cioara commune, Hîncești district, Sărata-Răzeși village, Leova district and Crihana Veche commune, Cahul district (Fig. 7b, 7c) [16]. The species is at the northern limit of natural range of occurrence. The native range of this species is from Europe to northern Iran – it is spread in Atlantic, Central and South-East Europe, Crimea, the Mediterranean region, Caucasus, Asia Minor (Turkey), Iran; introduced into Spain, Denmark, North America (south-western and south-eastern states), South Australia, New Zealand.

Fig. 7. *Leucojum aestivum* L.: a – herbarium sample, b – distribution in the Republic of Moldova, c – distribution in the „Lower Prut Lakes” Ramsar site.



Grows primarily in floodplain forests with white poplar, occasionally with an admixture of white willow, depressions with high level of moisture. It grows in groups forming clumps of 5-10 m², of 5-25 specimens per square meter. On the territory of the Ramsar site, it is found in the white poplar forest in the Prut floodplain (Fig. 8), in association with: *Aegopodium podagraria* L., *Alopecurus arundinaceus* Poir., *Alsine media* L., *Astragalus glycyphyllos* L., *Chelidonium majus* L., *Galium aparine* L., *Galium intermedium* Schult., *Galium mollugo* L. *Geum urbanum* L., *Mycelis muralis* (L.) Dumort., *Myosoton aquaticum* (L.) Moench, *Phalaroides arundinacea* (L.) Rauschert, *Phleum pratense* L., *Ranunculus acris* L., *Ranunculus repens* L., *Rubus caesius* L., *Rubus canescens* DC., *Stellaria graminea* L., *Vitis sylvestris* C.C.Gmel.

Fig. 8. The habitat of *Leucojum aestivum* L. in the „Lower Prut Lakes” Ramsar site.

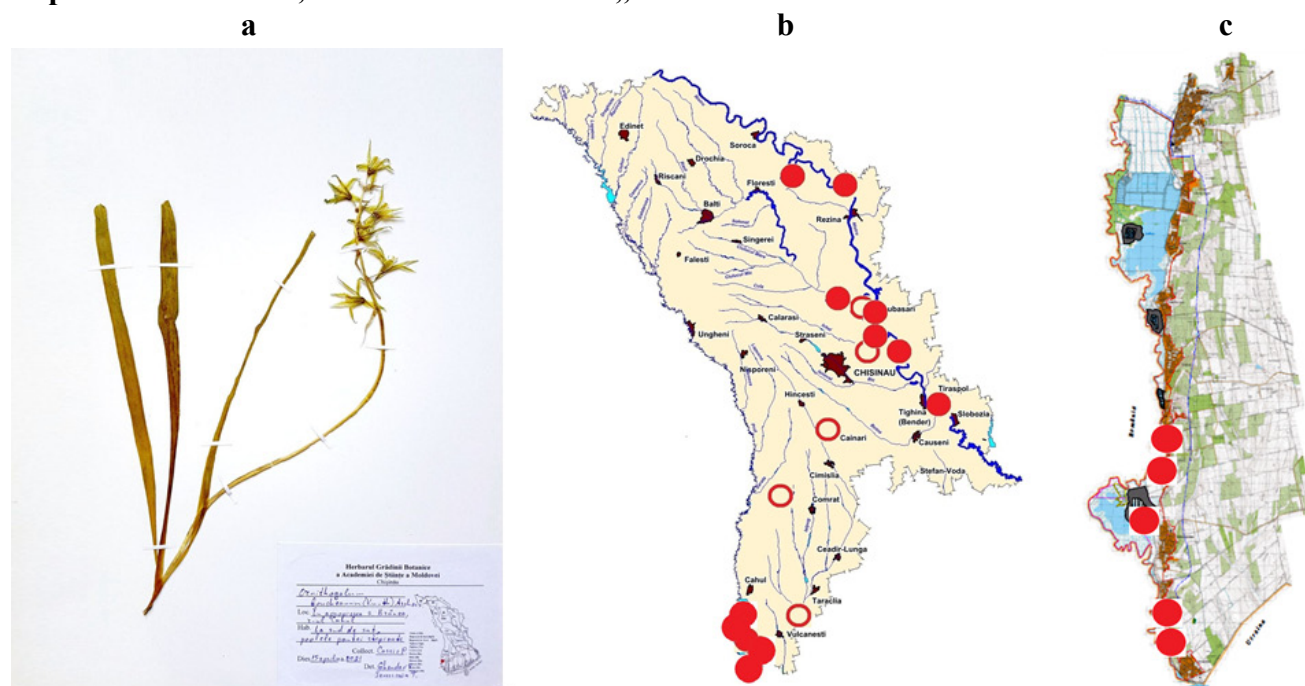


Rare Critically Endangered (CR) – B2ab (i, iii) species. Territorially protected within the limits of forest nature reserve „Dancu” and Biosphere Reserve „Lower Prut”. Protected by law as a species that is under threat of extinction (category II), included in the Red Book of the Republic of Moldova (3rd ed.) as critically endangered species (category CR), and cultivated *ex-situ* in the medicinal and decorative plant collections of the National Botanical Garden (Institute). Protected in Ukraine as vulnerable species [22]. To preserve the species on the territory of the republic, there is need to continue monitoring of existing populations and detection of new growing sites; multiplication of the species in *ex-situ* conditions and its extension in natural habitats.

***Ornithogalum boucheanum* (Kunth) Asch. (= *Myogalum boucheanum* Kunth)** – Lușcă, Lușcă Bouché – Птицемлечник Буше (Hyacinthaceae Family). Perennial bulbiferous, ephemeroïd, geophytic plant (Fig. 9a). Blooms in April-May, fruits in May-June. It is propagated by seeds. Mesophilic decorative species.

In the Republic of Moldova, it grows in the vicinity of communes of Țirnauca and Beloci (Transnistrian region), comm. Vertiujeni, Florești district, comm. Trebujeni, Brănești, Pohorniceni, Orhei district, comm. Zolonceni, Criuleni district, st. Zloți, Cimișlia district; comm. Șerpeni, Anenii Noi district, comm. Capaclia, Cantemir district, comm. Ciumai, Taraclia district; comm. Vadul lui Vodă, Chisinau municipality, comm. Brînza, Văleni, Slobozia Mare, Cîșlița-Prut, Giurgiulesti, Cahul district (Fig. 9b, 9c). The native range of distribution is Central Europe to North Caucasus. Aegean Islands, Greece, Italy, Macedonia, Montenegro, Serbia, Slovenia, Turkey), North Caucasus, introduced into Germany, Poland and Switzerland. Grows in glades with steppe vegetation of sub-arid forests, in the thickets, rarely, in river meadows. Forms small groups, the density is up to 10-20 plants per 1 m². The populations are stable that include individuals of different ages [14]. On the territory of the Ramsar site, it is found at the foot of the steppe slope with southern exposure (Fig. 10).

Fig. 9. *Ornithogalum boucheanum* (Kunth) Asch.: a – herbarium sample, b – distribution in the Republic of Moldova, c – distribution in the „Lower Prut Lakes” Ramsar site.



Rare, endangered species. According to IUCN criteria, it is assessed as endangered [Endangered (EN)] – A2ac+4ace; B2ab (ii, iii, iv); D2. In the Republic of Moldova the species is protected by law (category VIII) and included in the Red Book (3th ed.). Territorially protected within the landscape reserves „Trebujeni” and „Cărbuna”, as well as in the forest nature reserve „Zolonceni”, „Lower Prut” Biosphere Reserve.

To preserve the species on the territory of the Republic of Moldova, we consider it necessary to monitor the state of existing populations and find new locations of growth, multiply the species in *ex-situ* conditions and repatriate it into natural habitats.

Conclusions

For the first time, a number of new locations of rare species of vascular plants – *Acorus calamus* L. (in the vicinity of commune Crihana Veche, Cahul district), *Allium sphaeropodum* Klokov (comm. Slobozia Mare, Cahul distr.), *Dichodon viscidum* (M.Bieb.) Holub (comm. Slobozia Mare and Crihana Veche, Cahul distr.), *Leucojum aestivum* L. (Steven) Betcke (comm. Crihana Veche, Cahul distr.) and *Ornithogalum boucheanum* (Kunth) Asch. (comm. Brînza, Cahul distr.) were identified. For the effective protection, we recommend the following two species – *Allium sphaeropodum* Klokov and *Dichodon viscidum* (M.Bieb.) Holub. to be included in the list of vascular plants protected by law and in the 4th edition of the RBRM.

References:

1. IZVERSCAIA, T. *Caryophyllaceae* Juss. În: *Flora Basarabiei*: (plantele superioare spontane): [în 6 vol.]. Vol. II. Magnoliophita /A. Negru, Valentina Cantemir, I. Comanici [et al.]; sub red.: Andrei Negru; Acad. de Științe a Moldovei, Grădina Botanică (Inst.), Min. Mediului [et al.]. Chișinău: Universul, 2016, vol. I, p. 210-348.
2. JALAS, J. *Cerastium* L. In: *Flora Europaea*. Cambridge University Press, 1993. Vol. I, ed. 2, p. 164-175.
3. PRIME, C.T. *Acorus* L. In: *Flora Europaea*. Cambridge: Cambridge University Press, 1980, vol. V, p. 268-269.
4. SĂVULESCU, Tr., RAYSS, T. Materiale pentru flora Basarabiei. București, 1934, vol. III. 250 p.
5. STEARN, W.T. *Allium* L. In: *Flora Europaea*. Vol. 5. Cambridge: Cambridge University Press, 1980. P. 49-69.
6. ZAHARIADI, C. *Ornithogalum* L. In: *Flora Europaea*. Cambridge: Cambridge University Press, 1980, vol. 5, p. 35-40.
7. АГАПОВА, Н. Д. *Птицемлечник – Ornithogalum* L. В: *Флора Европейской части СССР*. Ленинград: Изд-во «Наука», 1979, т. IV, с. 243-250.
8. АРТИЮШЕНКО, З. Т. *Белоцветник – Leucojum* L. В: *Флора Европейской части СССР*. Ленинград: Изд-во «Наука», 1979, т. IV, с. 279-280.
9. ИКОННИКОВ, С. С. *Аронниковые, Ароидные – Araceae* Juss. В: *Флора Европейской части СССР*. Ленинград: Изд-во «Наука», 1979, т. IV, с. 314-317.
10. ОМЕЛЬЧУК-МЯКУШКО, Т. Я. *Лук – Allium* L. В: *Флора Европейской части СССР*. Ленинград: Изд-во «Наука», 1979, т. IV, с. 261-275.
11. СОКОЛОВА, И. В. *Диходон – Dichodon* (Bartl.) Reichenb. В: *Флора Восточной Европы*. М.; СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2004, т. XI, с. 156-157.
12. ШМАЛЬГАУЗЕН, И. Ф. *Флора Средней и Южной России, Крыма и Северного Кавказа*. 1895, т. 1, 468 с.
13. *Plants of the World online*. Kew Science. Downloadable from <http://www.plantsoftheworldonline.org/>
14. GHENDOV, V. *Ornithogalum boucheanum* (Kunth) Aschers. În: *Cartea Roșie a Republicii Moldova. Plante și Animale*. Ediția III. Chișinău: Știința, 2015, ed. 3, p. 138.
15. GHENDOV, V. *Rare species of Allium* L. (*Alliaceae*) in the flora of Republic of Moldova. // Ботанические чтения. Ишим: Изд-во ИГПИ им. П.П.Ершова, 2012, с. 6-7.
16. GHENDOV, V., CIOCÂRLAN, N. *Leucojum aestivum* L. În: *Cartea Roșie a Republicii Moldova. Plante și Animale*. Ediția III. Chișinău: Știința, 2015, ed. 3, p. 124.
17. ЧЕРЕПАНОВ, С. К. *Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР)*. Санкт-Петербург, 1995, 990 с.
18. IUCN. *Guidelines for application of IUCN Red List Criteria at Regional Levels: Version 3.0*. IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland, 2003.
19. IUCN. *Standards and Petitions Subcommittee. 2010. Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 8.1*. Prepared by the Standards and Petitions Subcommittee in March 2010. Downloadable from <http://intranet.iucn.org/webfiles/doc/SSC/RedList/RedListGuidelines.pdf>
20. *Legislația ecologică a Republicii Moldova (1996-1998)*. Chișinău: Societatea Ecologică „Biotica”, 1999, 233 p.
21. *Cartea Roșie a Republicii Moldova*. Ed. III. Chișinău: Știința, 2015, 492 p.
22. *Червона книга України. Рослинний світ* /ред. Я. П. Дідуха. Київ: Глобалконсалтинг, 2009, 912 с.

Acknowledgement: The research was supported by the NARD through the project „Research and conservation of vascular flora and macromycobiota of the Republic of Moldova”, 20.80009.7007.22.

Date about authors:

Polina CASSIR, botanist, Scientific reserve „Lower Prut”, Slobozia Mare, Republic of Moldova.

ORCID: 0000-0003-1434-080X

E-mail: cassirpolina@gmail.com

Tatiana IZVERSCAIA, PhD in Biology, leading scientific researcher, National Botanical Garden (Institute) „Al. Ciubotaru”.

ORCID: 0009-0003-8530-0140

E-mail: t_izverskaya@mail.ru

Veaceslav GHENDOV, PhD in Biology, leading scientific researcher, National Botanical Garden (Institute) „Al. Ciubotaru”.

ORCID: 0000-0001-6405-3935

E-mail: v_ghendov@mail.ru

Presented on 06.06.2023

CZU: 615.322:616.379-008.64

[http://doi.org/10.59295/sum6\(166\)2023_05](http://doi.org/10.59295/sum6(166)2023_05)

IMPACTUL EXTRACTULUI APOS DIN NOSTOC HALOPHILUM HANSG. CNMN CB-17 ASUPRA FORMULEI LEUCOCITARE ÎN DIABETUL EXPERIMENTAL

*Alina TROFIM, Iurie BACALOV, Aurelia CRIVOI,
Elena CHIRIȚA, Adriana DRUȚA, Ionela ZUBCO,*

Universitatea de Stat din Moldova

Modificările hematologice survenite în diabetul zaharat sunt o problemă majoră, care necesită în permanență studierea metodelor de profilaxie a acestora. Cercetările efectuate pe baza extractului apos din *Nostoc holophilum* pun în evidență efectul bioactiv asupra formulei leucocitare în patologia dată. Avantajul utilizării biopreparatului cercetat în diabetul experimental este acțiunea blândă și lipsa efectelor adverse la respectarea dozelor recomandate. Ca urmare a rezultatelor obținute, putem afirma, că folosirea remediilor naturiste a devenit o ramură bine determinată a medicinei moderne. Folosirea extractelor din cianobacterii în profilaxia patologiilor endocrine stimulează sistemul de apărare al organismului, astfel încât, în esență, corpul luptă singur împotriva maladiei.

Cuvinte-cheie: *diabet experimental; efect imunomodulator; leucocite; cianobacterii; limfocite; granulocite; monocite; glucoză; insulină.*

THE IMPACT OF THE AQUEOUS EXTRACT OF NOSTOC HOLOPHYLUM HANSG. CNMN CB-17 ON THE LEUCOCYTE FORMULA IN EXPERIMENTAL DIABETES

The hematological changes occurring in diabetes are a major problem, which constantly requires the study of methods of their prophylaxis. The research carried out on the basis of the aqueous extract of *Nostoc holophilum*, highlights the bioactive effect on the leukocyte formula in the given pathology. The advantage of using the researched biopreparation in experimental diabetes is its mild action and lack of adverse effects when following the recommended doses. Due to the results obtained, we can say that the use of natural remedies has become a well-defined branch of modern medicine. The use of extracts from cyanobacteria in the prophylaxis of endocrine pathologies stimulates the body's defense system, so that, in essence, the body fights the disease on its own.

Keywords: *experimental diabetes; immunomodulatory effect; leukocytes; cyanobacteria; lymphocytes; granulocytes; monocytes; glucose; insulin.*

Introducere

Starea generală a oricărui organism este redată în mod direct de către indicii sanguini, care prezintă modificări evidente în cazul diabetului zaharat. Imunitatea pacientului cu diabet este modificată, reprezentând un risc mai mare de a dezvolta diverse infecții, care au o evoluție cu mult mai nefavorabilă.

Anomaliile hematologice au o importanță din ce în ce mai mare pentru evaluări diagnostice, terapeutice, controlul diabetului și pentru evaluarea tendințelor la complicații.

După cum cunoaștem, diabetul este o boală metabolică care apare din cauza inflamației într-un proces imunologic complex. Rezistența la insulină din cauza inhibării semnalizării insulinei are ca rezultat o serie de răspunsuri imune care accentuează starea inflamatorie, ceea ce duce la hiperglicemie. Atât defectele de răspuns imun înăscut (inclusiv disfuncția neutrofilelor și macrofagelor), cât și disfuncția răspunsului imun adaptiv (inclusiv celulele T) sunt considerate a fi responsabile pentru diminuarea răspunsului sistemului imunitar împotriva agenților patogeni invadatori la pacienții cu diabet[1].

Leucocitele sunt implicate în apărarea organismului, trecând ușor printre celulele epiteliale și endoteliale ale capilarelor, prin membrana bazală, deplasându-se liber prin substanța fundamentală a țesutului conjunctiv, fagocitând astfel microbi și corpurile străine.

Formula leucocitară constă din granulocite care se acumulează în țesuturile în care se cantonează agenții antigenici, favorizând vasodilatația capilarelor și venulelor din țesutul afectat. Acestea participă activ în

reacțiile de apărare împotriva proteinelor străine, în dezvoltarea reacțiilor alergice și anafilactice, la metabolismul histaminei și heparinei, care are rol important în procesul de coagulare a sângelui și permeabilitatea vaselor. De asemenea, sunt angajate în desfășurarea protecției imunologice a organismului.

Monocitele se găsesc în ficat (celule Kupffer), măduva osoasă (celule reticulate) splină și ganglionii limfatici etc. Funcția lor imunitară este strâns corelată cu funcția limfocitelor T. Macrofagele fagocitează agenții antigenici și prelucrează fracțiunile antigenice pe care le transmite limfocitelor T, activându-le. La rândul lor, limfocitele T activează macrofagele, mărindu-le capacitatea fagocitară. Limfocitele T activate vor activa și limfocitele B care se vor transforma în plasmocite, producătoare de anticorpi. Macrofagele participă, de asemenea, la hemoliza fiziologică, degradarea hemoglobinei și recuperarea fierului; participă la sinteza unor lipide (steroizi, lipide sterogene) și la fixarea și degradarea insulinei, precum și la procesul de cicatrizare a leziunilor prin eliberarea de factori care induc fibrozarea.

Limfocitele sunt elemente celulare implicate în apărarea imunologică față de diverși constituenți exogeni (bacterii, virusuri, fungi, macromolecule proteice) sau constituenți proprii, endogeni, rezultați sub acțiunea unor agenți diverși din mediul intern sau extern. Funcțiile fundamentale ale limfocitelor sunt: recunoașterea și diferențierea structurilor străine (non self) de cele proprii organismului (structuri self), precum și supraviețuirea acestuia [2].

Astfel, modelarea acestor indici prin administrarea de biopreparate bogate în substanțe bioactive reduce riscul de apariție a complicațiilor legate de sistemul imunitar în patologiiile metabolismului glucidic. De asemenea, pe lângă terapia naturistă mai este necesar de urmat regimul alimentar echilibrat și regimul de activitate fizică care fac parte integrantă din abordarea actuală a acestei patologii. În unele situații este necesar tratamentul cu insulină sau cu antidiabetice orale.

Unul dintre biopreparatele ce ar putea fi utilizate în profilaxia diabetului zaharat de tip II este și extrasul apos din *N. holophilum*, care posedă proprietăți hipoglicemice și insulinotrope, precum și influențează pozitiv indicii leucocitari. Cianobacteriile conțin un număr mare de bioprotectori, biocorectori și biostimulatori, care nu se găsesc în orice alt produs de origine naturală. De aceea, scopul studiului dat a constat în evidențierea impactului extrasului apos din *N. holophilum* asupra formulei leucocitare pe fondalul diabetului experimental.

Material și metode de cercetare

Cercetările date s-au efectuat în cadrul laboratoarelor Ecofiziologie Umană și Animală și Ficobiotehnologie ale Universității de Stat din Moldova. Studiul s-a realizat pe 60 de șobolani albi de laborator, întreținuți după administrarea biopreparatului în condiții de vivariu. Ca material pentru cercetare s-a folosit: sângele și plasma sanguină. Veridicitatea rezultatelor obținute a fost demonstrată prin analize clinice și de laborator: analiza indicilor hematologici s-a realizat la analizatorul hematologic Erma PCE 210; testarea glucozei în sânge la glucometrul „On Call Plus”; testarea hormonilor - prin metoda imunofermentativă, la analizatorul Stat Fax 4700.

Biopreparatul administrat conține extras apos din tulpina de *N. holophilum* cultivată pe mediul nutritiv Drew timp de 15 zile [3]. Această tulpină a fost selectată conform principiilor active pe care le conține, presupunând un efect hipoglicemiant și imunomodulator. Obținerea extractului apos din biomasa de *Nostoc halophilum* a fost efectuată prin metoda colectării biomasei prin centrifugare. Biomasa a fost filtrată separată de mediul lichid, dublu spălată cu apă distilată și centrifugată. Concentratul obținut a fost congelat și decongelat minim de 5 ori, după care a fost omogenizat în mojar și avea următoarea concentrație chimică: proteine – 14,66%; lipide – 33,7%; glucide – 32,9%. Din concentratul dat au fost făcute diluții cu apa potabilă care apoi au fost centrifugate pentru extragerea pigmentilor, glucidelor și proteinelor. Soluțiile au fost diluate de 15 ori și administrate șobolanilor pentru 24 de ore, pe parcursul întregului experiment.

Biopreparatul conține un complex de vitamine și microelemente într-o combinație optimală pentru organism, care normalizează microflora intestinală, regenerează celulele β producătoare de insulină, majorează eliminarea din organism a substanțelor toxice și a metaboliților, normalizează activitatea sistemului nervos și endocrin.

Rezultate și discuții

În cadrul preocupărilor de descifrare a mecanismelor patogenetice ale complicațiilor ce apar în diabet, se acordă un interes major modificărilor hematologice. Toate perturbările enzimatică, metabolice și structurale sunt invocate în realizarea unei hiperviscosității intraeritrocitare, precum și a unei creșteri a rigidității membranelor, ce au drept consecință o reducere a deformabilității și filtrabilității eritrocitare.

În prezent, unii cercetători [2, 4], relatează despre rolul imunității celulare în patogeneza diabetului zaharat. Modificările imunității celulare pot fi în relație cu anumite schimbări metabolice, ceea ce a servit ca bază pentru cercetarea statutului leucocitar al organismului. Numărul perturbat al leucocitelor prezintă unele anomalii în cursul diabetului zaharat. Astfel, se observă modificări privind adezivitatea, migrarea, chemotoxia, fagocitoza.

Creșterea numărului de leucocite reprezintă un semnal de alarmă, deoarece acest fapt indică asupra existenței unui focar de infecție în organism.

Tabelul 1. Influența extrasului apos din *Nostoc holophilum* asupra formulei leucocitare în diabetul experimental.

Indicii	Martor	Alloxan	<i>N. holophilum</i>	<i>N. holophilum</i> + Alloxan
Numărul (n)	15	15	15	15
Leucocite (*10 ⁹ /l)	6,07±0,74	8,42±0,56	6,33±0,62	7,11±0,46
Limfocite (*10 ⁹ ly/l)	3,95±0,27	5,08±0,19	4,05±0,21	4,21±0,16
Monocite (*10 ⁹ mo/l)	0,97±0,15	1,61±0,08	1,16±0,19	1,42±0,10
Granulocite(*10 ⁹ gr/l)	1,15±0,14	1,73±0,05	1,12±0,19	1,48±0,08

Studiul dat (Tabelul 1) demonstrează creșterea numărului de leucocite în lotul cu diabet alloxanic până la 8,42±0,56*10⁹ l/l, în raport cu martorul 6,07±0,74*10⁹ l/l. Însă la administrarea extractului apos din *N. holophilum* pe fondul diabetului alloxanic se observă o tendință de normalizare -7,11±0,46*10⁹ l/l. Numărul majorat de leucocite la etapele inițiale demonstrează lupta organismului pentru menținerea homeostazei în cadrul patologiei respective, iar în etapele tardive ale evoluției diabetului are loc o reducere a imunității după care urmează o micșorare a numărului de leucocite. Creșterea numărului leucocitelor coincide cu debutul disfuncțiilor vasculare diabetice. La început, disfuncția este subclinică, sau mai degrabă – nedetectabilă prin metode clinice și paraclinice, din cauza sensibilității reduse a metodelor de diagnostic. Când șobolanii diabetici sunt tratați cu extrasul apos din *N. holophilum*, aderarea leucocitară este suprimată, bariera hemoretiniană este restabilită și e prevenită lezarea endotelială.

Conform literaturii de specialitate [5], limfocitele au origine în diferite țesuturi (ganglioni limfatici, splină, amigdale, măduva osoasă roșie). Cea mai mare parte a limfocitelor intră în sânge prin vasele limfatice. O mică parte se pierde în lumenul intestinal și în plămâni, altele sunt fagocitate, iar cele mai multe, după ce vin în contact cu antigenele specifice, proliferază intens și unele din ele se transformă în celule producătoare de anticorpi, fiind răspândite în țesuturile organismului.

Cercetările realizate (Tabelul 1) au semnalizat modificări ale numărului de limfocite ce denotă consecințele influenței extrasului apos din *N. holophilum* în diabetul experimental. Astfel, în lotul alloxan numărul limfocitelor constituie valoarea - 5,08±0,19*10⁹ ly/l, iar în lotul martor - 3,95±0,27*10⁹ ly/l. Însă la lotul unde s-a administrat *N. holophilum* pe fondul diabetului acest indice constituie valoarea - 4,21±0,16*10⁹ ly/l, ceea ce demonstrează normalizarea acestui indice. Modificările care survin în decursul progresării diabetului alloxanic reprezintă motivul de bază ce duce la aprofundarea investigațiilor științifice, ținând cont de necesitatea elaborării metodelor și procedurilor de menținere dirijată a organismului bolnav.

În ceea ce privește influența diabetului zaharat asupra monocitelor, actualmente, există argumente pentru repercusiunile sale asupra numărului lor. Monocitele sunt celule mari, cu granulații foarte fine, care sunt produse în măduva osoasă și în organele limfopoietice, rămânând în circulație doar aproximativ 24 de ore, după care migrează în țesuturi, se transformă în macrofage și fagocitează intens bacteriile precum și resturi

celulare mai mari. Rezultatele cercetării (Tabelul 1), denotă o creștere a conținutului de monocite de la $0,97 \pm 0,15 * 10^9$ mo/l (martor), până la $1,61 \pm 0,08 * 10^9$ mo/l în lotul cu diabet experimental. Iar în lotul unde s-a administrat extrasul apos din *N. holophilum* fondalul diabetului experimental se observă o tendință de normalizare a acestui indice - $1,42 \pm 0,10 * 10^9$ mo/l, aceasta fiind o dovadă a rolului stimulator al extrasului cercetat.

Rezultatele expuse în literatura de specialitate [6], precum și investigațiile realizate în procesul experimental, ne permit să estimăm, că, paralel cu creșterea monocitelor, în diabetul alloxanic mai persistă și creșterea numărului de granulocite. Ele sunt cel mai numeros tip de leucocite, care joacă un rol major în apărarea antiinfecțioasă primară a organismului prin fagocitarea și digestia microorganismelor, iar activarea lor necorespunzătoare poate duce la lezarea țesuturilor normale ale organismului prin eliberarea de enzime și agenți patogeni.

În momentul apariției infecției sunt produși agenți chemotactici care determină migrarea neutrofilelor la locul infecției și activarea funcțiilor defensive ale acestora, cu fagocitarea agentului respectiv, urmată de eliberarea granulelor în vezicula de fagocitoză și distrugerea agentului infecțios. Acest efect este asociat cu creșterea producției și eliberării neutrofilelor din măduva osoasă [2].

Astfel, experimental (Tabelul 1), s-a observat creșterea numărului de granulocite, ce evidențiază procesul numit granulopoieză, care are loc la nivelul măduvei osoase, considerându-se că granulocitele neutrofile, eozinofile și bazofile urmează același model de proliferare, diferențiere, maturare și eliberare în sânge. În afara măduvei osoase, granulocitele neutrofile se găsesc în țesuturi, circulante la nivelul vaselor de sânge și marginate, care aderă la endoteliul vascular. Creșterea neutrofilelor circulante se datorează fie eliberării din măduva osoasă, fie mobilizării neutrofilelor marginate.

În diabetul experimental are loc creșterea numărului de granulocite - $1,73 \pm 0,05 * 10^9$ gr/l, comparativ cu lotul martor - $1,15 \pm 0,14 * 10^9$ gr/l, iar la administrarea extrasului apos din *N. holophilum* pe fondalul diabetului experimental, acest indice constituie - $1,48 \pm 0,08 * 10^9$ gr/l, astfel se pune în evidență efectul benefic al extrasului asupra indicilor leucocitari în această patologie.

Ca urmare, a rezultatelor obținute, putem afirma, că folosirea remediilor naturiste a devenit o ramură bine determinată a medicinei moderne. Folosirea de cianobacterii în profilaxia patologiilor endocrine, stimulează sistemul de apărare al organismului, astfel încât, în esență, corpul luptă singur împotriva maladiei, ceea ce reprezintă o abordare holistică. Însă, trebuie să ținem cont de faptul că nu toate organismele au aceeași capacitate de autovindecare și că nu răspund în același mod la stimulii tratamentelor naturiste. Medicina naturistă se poate dovedi insuficient de puternică în anumite afecțiuni și nu se potrivește neapărat tuturor, cu toate acestea putem menționa, în baza rezultatelor noastre, că cianobacteriile ameliorează situația persoanelor ce suferă de diabet zaharat de tip II.

Concluzie. Biopreparatul cercetat influențează biostimulator asupra celulelor pancreasului endocrin și acționează benefic în stoparea apariției complicațiilor în diabetul experimental. Cercetările realizate pe șobolani cu diabet alloxanic determină modificări evidențiabile la nivelul indicilor leucocitari, acestea fiind consecința dereglărilor metabolice din organism survenite în rezultatul evoluției patologiei. Administrarea extrasului apos din *N. holophilum* pe fondalul diabetului alloxanic a demonstrat proprietăți biostimulatoare asupra activității funcționale a indicilor leucocitari prin menținerea lor în limitele normei, astfel induc menținerea homeostazei în cadrul patologiei respective.

Referințe:

1. JELLINGER, P. S. *Metabolic consequences of hyperglycemia and insulin resistance*. In: *Clin. Cornerstone*, 2007, no. 8, Suppl. 7, p. 30-42.
2. BACALOV, Iu., DRUȚA, A., TROFIM, A. *Efectul imunomodulator al extractului apos din Calothrix marchica pe fondalul diabetului experimental*. *Studia Universitatis Moldaviae, Seria Științe Reale și ale Naturii*, 2020, Nr. 6(136), p. 8-16.
3. TROFIM, A., BOROZAN, A. *Izolarea și studiul componentei biochimice a tulpinii de cianobacterie Nostoc halophilum Hansg. CNMN-CB-17 din R. Moldova*. *Studia Universitatis Moldaviae. Seria Științe Reale și ale Naturii*, 2019, Nr 1(121), p. 58-67.

4. BACALOV, Iu. *Influența extraselor din ARCTIUM IV asupra stării funcționale a unor glande endocrine pe fondul diabetului alloxanic: Autoreferat al tezei de doctor în științe biologice*. USM, Chișinău, 2003, p. 9, 18.
5. DUDNIC, E., CORLATEANU, A. *Îndrumar la hematologie*. CEP USM. Chișinău, 2010. p. 21-30.
6. HOLBAN, R. *Sângele și glandele endocrine*. Editura Academiei Populare Române, București, 2001, p. 20-29.

Notă: *Articolul a fost publicat din cadrul proiectelor:*

- *Determination of Bioactivity and Antimyeloma Properties of Various Cyanobacteria*, cifrul 22.80013.5107.2TR, conducător de proiect TROFIM Alina, doctor;

- *Identificarea, evaluarea și perfecționarea unor noi procedee de sporire a ratei de creștere a peștilor, de diminuare a impactului maladiilor și de îmbunătățire a valorificării furajelor în cadrul instalațiilor piscicole de tip închis alimentate cu apă circulantă*, cifrul 20.80009.7007.23, conducător de proiect: Vadim RUSU, doctor.

Date despre autori:

Alina TROFIM, doctor în științe biologice, cercetător științific superior în LCȘ „Ficobiotehnologie”, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: alinatrofim@yahoo.com

Iurie BACALOV, doctor în științe biologice, conferențiar universitar, șef LCȘ „Ecofiziologie Umană și Animală”, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: iurabacalov@mail.ru

Aurelia CRIVOI, doctor habilitat, profesor universitar, director de proiect, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: crivoi.aurelia@mail.ru

Elena CHIRIȚA, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător LCȘ „Ecofiziologie Umană și Animală”, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: chiritaelena30@gmail.com

Adriana DRUȚA, master în științe biologice, cercetător științific LCȘ „Ecofiziologie Umană și Animală”, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: druta.adriana@yahoo.com

Ionela ZUBCO, studenta anul III, Facultatea de Biologie și Geoștiințe, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0003-4172-0346

E-mail: ionela1999zubco@gmail.com

Prezentat la 06.09.2023

CZU: 582.632.2:581.4:581.1.036(478)

[http://doi.org/10.59295/sum6\(166\)2023_06](http://doi.org/10.59295/sum6(166)2023_06)

DEOSEBIRILE ÎNTRE PROVENIENȚELE ȘI ARBORII DE STEJAR PEDUNCULAT (*QUERCUS ROBUR*) DUPĂ DOZA LETALĂ (DL50) DE SCURGERE A ELECTROLIȚILOR

*Petru CUZA,**Universitatea de Stat din Moldova*

Studiul realizat în culturile de stejar pedunculat de proveniență diferită din Rezervația Științifică „Plaiul Fagului” a evaluat nivelul de scurgere a electroliților din frunze după aplicarea unui șoc termic letal (DL50). Rezultatele indică o variație fiziologică semnificativă în răspunsul arborilor la stresul termic. Analiza varianței a evidențiat diferențe semnificative între proveniențele de stejar pedunculat, indicând o rezistență mai sporită la șocul termic a descendenților arborilor de origini mai îndepărtate (Edineț și Baimaclia) față de cele din zona de centru (Plaiul Fagului și Hâncești), unde este instalat arboretul comun. Se poate presupune că există o variație semnificativă în răspunsul fiziologic al arborilor de proveniență diferită la stresul termic, iar descendenții proveniți din zonele mai îndepărtate au prezentat o reacție adaptivă mai accentuată decât cei din zonele mai apropiate de arboretul comun, care au condiții de mediu similare cu zona de cultivare. Rezultatele preliminare ale studiului sugerează că selecția celor mai buni arbori și proveniențe pentru împăduriri poate fi realizată în funcție de rezistența stejarilor la stresul termic. În plus, adaptarea arborilor la condițiile de mediu specifice poate fi îmbunătățită prin selecția acestor proveniențe, în special pentru împăduririle viitoare în contextul schimbărilor climatice.

Cuvinte-cheie: *Quercus robur*, frunze, șoc termic, doză letală, scurgerea electroliților, rezistență.

DIFFERENCES BETWEEN PROVENANCES AND PEDUNCULATE OAK (*QUERCUS ROBUR*) TREES AFTER THE LETHAL DOSE (LD50) OF ELECTROLYTE LEAKAGE

The study conducted on pedunculate oak cultures of different provenances from the „Plaiul Fagului” Scientific Reserve evaluated the level of electrolyte leakage from leaves after the application of a lethal heat shock (DL50). The results indicate a significant physiological variation in the response of trees to heat stress. Analysis of variance revealed significant differences between pedunculate oak provenances, indicating a greater resistance to heat shock in the descendants of trees from more distant origins (Edineț and Baimaclia) compared to those from the central area (Plaiul Fagului and Hâncești), where the common arboretum is installed. It can be assumed that there is a significant variation in the physiological response of trees from different provenances to thermal stress, and descendants from more distant areas have exhibited a more pronounced adaptive response than those from areas closer to the common arboretum, which have similar environmental conditions to the cultivation area. The preliminary results of the study suggest that the selection of the best trees and provenances for afforestation can be made based on the resistance of oak trees to heat stress. In addition, the adaptation of trees to specific environmental conditions can be improved through the selection of these provenances, especially for future afforestation in the context of climate change.

Keywords: *Quercus robur*, leaves, thermal shock, lethal dose, electrolyte leakage, resistance.

Introducere

Schimbările climatice determină creșterea temperaturii medii la suprafața Pământului, ceea ce poate fi un factor stresant pentru toate fazele de creștere și dezvoltare a plantelor, mai ales în zonele tropicale și subtropicale [1, 2]. Dintre stresurile abiotice, stresul termic este unul dintre factorii majori care perturbă performanța de creștere și vitalitatea plantelor. Fiecare specie de plante are propriile sale temperaturi maxime, minime și optime, cunoscute sub numele de temperaturi cardinale. Temperaturile sub sau peste aceste praguri pot provoca stres plantelor [3].

Temperaturile ridicate care depășesc optimul ecologic afectează trăsăturile morfologice, fiziologice,

biochimice și moleculare ale plantei, ceea ce duce în cele din urmă la o creștere și productivitate slabe [4]. Influența stresului termic este determinată specific de valoarea temperaturii (*factorul intensiv*) și durata de expoziție (*factorul extensiv*), precum și de specia de plante [5, 6].

Deși toate etapele dezvoltării plantelor pot fi afectate negativ de stresul termic, etapele reproductive sunt relativ mai sensibile decât cele vegetative [7, 8]. În fazele vegetative, stresul termic afectează negativ fotosinteza și dezvoltarea frunzelor, ducând la o producție mai scăzută de biomasă; în timp ce stresul în timpul stadiilor reproductive de dezvoltare poate duce la un număr mai mic de semințe și la o scădere a dimensiunii acestora, ceea ce duce la recolte scăzute [8, 9]. Diferite culturi și genotipuri ale lor variază în ceea ce privește sensibilitatea la căldură, răspunsul fiind în general specific de etapă și trăsătură, ceea ce poate dezvălui mecanisme legate de toleranța la căldură [8, 9].

Sensibilitatea plantelor la stresul termic variază în funcție de specie și genotip, pe parcursul desfășurării fazelor fenologice. Stresul termic afectează în primul rând stabilitatea membranelor plasmactice, mai multe proteine și eficiența reacțiilor enzimactice celulare, creând perturbări metabolice [10]. Diverse leziuni ale țesuturilor plantelor au fost observate sub acțiunea stresului termic, cum ar fi înroșirea frunzelor și ramurilor, cloroza și necroza frunzelor, ramurilor și tulpinilor, senescența și căderea frunzelor, inhibarea creșterii rădăcinilor și a tulpinilor, căderea florilor și a fructelor, care reduc în mod consecvent productivitatea plantelor [11]. În condiții de stres termic, arborii pot diminua sau chiar înceta creșterea, ceea ce duce la reducerea acumulării de masă lemnoasă. De asemenea, stresul termic înrăutățește structura lemnului, reducând calitatea și durabilitatea acestuia și, implicit, afectând valoarea economică a arboretelor [11]. Arborii stresați termic sunt mai vulnerabili la infestarea cu dăunători și boli, ceea ce poate agrava și mai mult impactul negativ asupra sănătății lor.

În acest studiu, s-a estimat influența dozei letale (DL50) asupra nivelului de scurgere a electroliților din țesuturile frunzelor la arborii și proveniențele de stejar pedunculat care cresc într-un arboret comun din Rezervația „Plaiul Fagului”. S-a arătat că există diferențe semnificative între nivelul de scurgere a electroliților la arbori, care depind de răspunsurile fiziologice ale acestora după aplicarea șocului termic. De asemenea, s-au observat deosebiri statistice semnificative între grupurile de arbori din proveniențele studiate, ceea ce sugerează existența unor caracteristici specifice de adaptare ale descendenților proveniți din zone cu condiții de mediu particulare.

Material și metode

În culturile comparative amplasate în Rezervația Științifică „Plaiul Fagului”, ce includ diferite proveniențe de stejar pedunculat (*Quercus robur* L.), au fost selectați câte 10 arbori dominanți de origine ecologică distinctă. Din partea de sud și de jos a coroanelor fiecărui arbore au fost colectate ramuri cu frunze. Fiecare arbore și proveniență au fost reprezentați prin pachete separate de hârtie conținând frunzele recoltate, care au fost păstrate în condiții optime într-o cameră frigorifică pe durata transportului către laborator.

În laborator, frunzele de la fiecare proveniență și arbore au fost spălate cu apă distilată pentru a îndepărta electroliții exogeni de pe suprafața lor și apoi au fost lăsate să se zvânteze. Din partea apicală a frunzelor fiecărui arbore, s-au decupat cu ajutorul unei ștanțe porțiuni circulare de limb foliat cu diametrul de 9 mm. Pentru fiecare arbore, s-au pregătit câte trei eprubete, în fiecare dintre acestea turnându-se câte 3 ml de apă deionizată. Apoi, în fiecare eprubetă, au fost introduse câte șase porțiuni circulare de limb foliat. Eprubetele în care au fost imersate probele de frunze au fost trecute într-un ultratermostat cu apă (Universal ultrathermostat „UTU-4”, Ungaria) la temperatura de 59°C, timp de 10 minute. Doza respectivă a șocului termic este comparabilă cu cea care determină 50% de scurgere a electroliților din țesuturile frunzelor în raport cu proba martor [12]. Această doză este cunoscută și sub denumirea de doză letală, DL50 [13]. În studiile noastre au fost utilizate două probe martor. Prima probă martor a fost compusă din trei eprubete, fiecare conținând 6 porțiuni circulare de limb foliat, care au fost agitate timp de 2 ore la temperatura camerei, adică 25°C. Probele din cea de-a doua probă martor, cu același număr de eprubete și discuri foliate, au fost expuse la o temperatură de 100°C în decurs de 10 minute, ceea ce a dus la deteriorarea completă a țesuturilor de frunze.

După două ore de scurgere a electroliților pentru toate variantele (martor și experimentale), conductivitatea mediului apos a fost determinată cu ajutorul unui conductometru de tip N 5721 (Polonia). Impactul șocului termic asupra țesuturilor frunzelor a fost evaluat la arborii și proveniențele investigate prin compararea conductivității mediului apos din variantele experimentale cu cele ale probelor martor, utilizând doza letală DL50. A fost calculată scurgerea relativă (Sc. rel.) a electroliților din ecuația:

$$\text{Sc. rel.} = (\mu_{\text{DL50}} - \mu_{25}) / (\mu_{100} - \mu_{25})$$

în care: μ_{DL50} – conductibilitatea variantei experimentale (expusă șocului termic cu doza letală, DL50), în mS/m; μ_{25} – conductibilitatea variantei martor (eprubete cu segmentele frunzelor incubate la temperatura camerei), în mS/m; μ_{100} – conductibilitatea totală (măsurată după incubarea finală la 100°C), în mS/m.

Rezultate și discuții

Datele prezentate în figura 1 includ valorile minime, maxime, ale primei și a treia cuartilă, precum și valoarea medianei și a mediei în distribuția datelor referitoare la scurgerea relativă a electroliților. Analizând datele privind scurgerea relativă a electroliților din frunzele stejarilor în diferite proveniențe, observăm o variație semnificativă a valorilor. În cadrul provenienței Edineț, valoarea minimă înregistrată este de 0,27 mS/m (arborele nr. 5), în timp ce valoarea maximă este de 0,58 mS/m (arborele nr. 4). În cazul dat, amplitudinea de variație este de 0,31 mS/m. Aceasta indică o diferență semnificativă între valorile extreme ale scurgerii electroliților în frunzele stejarilor din proveniența Edineț. Deoarece țesuturile frunzelor arborelui nr. 5 rețin suficient de bine electroliții, se poate deduce că acesta are o termotoleranță ridicată, ceea ce îl diferențiază de arborii din celelalte proveniențe analizate în ceea ce privește această caracteristică.

În interiorul provenienței Hârgauca, s-a înregistrat valoarea maximă a scurgerii relative a electroliților din frunzele arborelui nr. 6, și anume 0,74 mS/m. Această valoare sugerează că arborele respectiv prezintă o rezistență foarte scăzută la acțiunea dozei termice. Stejarii proveniți din Hârgauca prezintă o amplitudine de variație sporită a scurgerii electroliților din frunze, de 0,38 mS/m, cu o valoare maximă în comparație cu celelalte proveniențe analizate. În schimb, proveniența Zloți se caracterizează printr-o amplitudine de variație scăzută a acestui parametru, de doar 0,22 mS/m, având o valoare minimă (figura 1).

Se observă o variație semnificativă a nivelului de scurgere a electroliților din frunzele arborilor proveniți din diferite surse, care poate fi atribuită atât diferențelor genetice individuale dintre arbori, cât și altor factori de mediu. Deoarece nivelul de scurgere a electroliților este asociat cu gradul de vătămare a structurilor celulare ale țesuturilor frunzelor arborilor, se poate deduce că aceștia prezintă o rezistență diferită la acțiunea temperaturilor ridicate.

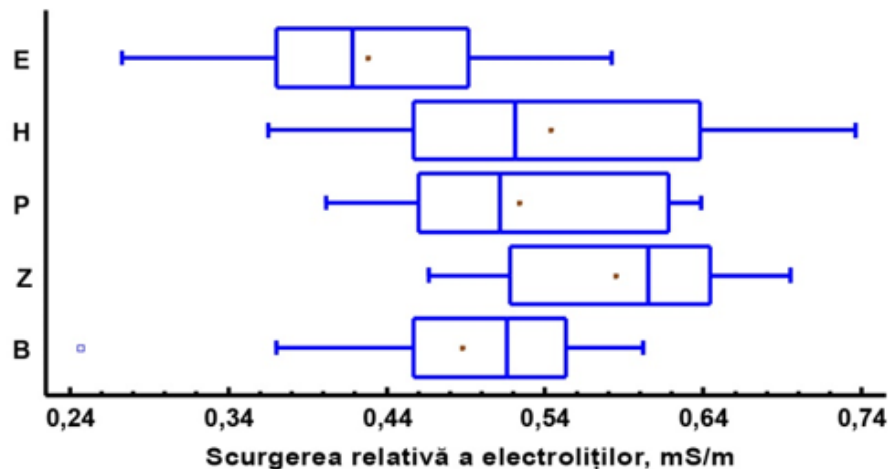
Prin aplicarea procedurii statistice a „casetelor cu mustăți” s-a putut determina că în interiorul provenienței Edineț, Hârjauca, Plaiul Fagului, Zloți și Baimaclia, la 75% dintre arbori scurgerea relativă a electroliților din frunze a fost mai mare decât anumite valori. Astfel, valorile primei cuartile (Q_1) au fost de 0,36 mS/m pentru proveniența Edineț, 0,45 mS/m pentru Hârjauca, 0,46 mS/m pentru Plaiul Fagului, 0,50 mS/m pentru Zloți și 0,41 mS/m pentru Baimaclia (figura 1).

Din cele expuse mai sus reiese că analiza diagramei „casetelor cu mustăți” poate oferi informații importante despre distribuția și variația datelor în cadrul fiecărei proveniențe, permițând astfel evaluarea și compararea caracteristicilor specifice ale arborilor proveniți din diferite zone ecologice ale Republicii Moldova.

În figura 1 sunt prezentate valorile medii ale scurgerii relative a electroliților pentru grupuri de arbori de proveniență diferită. Aceste valori au fost obținute prin aplicarea unui șoc termic cu o doză comparabilă cu cea care a crescut rata de scurgere a electroliților cu 50% în comparație cu varianta martor, sau cu alte cuvinte, doza care determină 50% de letalitate (LD50). Această măsură este utilizată pentru a evalua gradul de rezistență al plantelor la factorii de stres, inclusiv stresul termic, astfel încât să se poată determina nivelul de toleranță al plantelor la acești factori. În cazul nostru, doza letală (LD50) a determinat niveluri diferite de scurgere a electroliților din structurile celulare ale frunzelor. Pentru proveniențele studiate, aceste valori sunt: Edineț – 0,43 mS/m, Hârjauca – 0,54 mS/m, Plaiul Fagului – 0,52 mS/m, Zloți – 0,58 mS/m, Baimaclia – 0,49 mS/m. Comparând aceste niveluri de scurgere a electroliților cu valorile corespunzătoare ale primei cuartile, se observă o variație în similaritatea datelor. Valorile obținute arată

că în funcție de nivelul de scurgere a electroliților, proveniențele analizate se pot grupa astfel: Edineț și Baimaclia cu o rezistență puțin mai ridicată, Hârjauca și Plaiul Fagului cu o rezistență medie, iar Zloți cu o rezistență ușor mai scăzută la acțiunea la șocul termic.

Figura 1. Analiza variabilității nivelului de scurgere a electroliților din frunzele arborilor de stejar pedunculat în diferite proveniențe după aplicarea unui șoc termic la temperatura de 59°C în decurs de 10 minute prin intermediul procedurii „casetelor cu mustăți”. În interiorul „casetelor” valoarea medianei pentru fiecare proveniență este reprezentată de o linie continuă de culoare albastră, iar valoarea medie a acestora este redată prin semnul „+”. Simbolurile E, H, P, Z, B reprezintă denumirea prescurtată a proveniențelor respective: Edineț, Hârjauca, Plaiul Fagului, Zloți, Baimaclia.



După cum se observă, proveniențele arborilor din Edineț, cel mai nordic punct, și Baimaclia, cel mai sudic punct, prezintă o rezistență ușor mai ridicată la stresul termic în comparație cu alte proveniențe. În schimb, proveniența locală și cea din Hârjauca, ale căror arbori de origine cresc în apropierea arboretului comun, au prezentat o rezistență puțin mai scăzută decât cele menționate anterior. Există mai multe explicații posibile pentru această diferență, însă nu putem face o presupunere precisă. Este adevărat că plantele pot dezvolta mecanisme de protecție împotriva stresului, însă acestea pot fi influențate de o varietate de factori, inclusiv genetică, condiții de mediu, istoric evolutiv și multe altele. Prin urmare, rezultatele obținute sugerează că reacția fiziologică la stresul termic este mai accentuată la proveniențele din zone mai îndepărtate în comparație cu cele din zona de centru, unde condițiile de mediu sunt mai similare cu cele ale locului de cultivare. Astfel, condițiile de mediu improprii pentru arborii proveniți din zone „străine” determină apariția unor răspunsuri genetice necesare pentru adaptarea treptată a descendenților de origine alocală la noile condiții de mediu, manifestată prin reducerea cantității de electroliți eliberați din frunze la stejarii de proveniență alocală, în comparație cu cei locali. Deoarece acest studiu este considerat preliminar, cercetările vor fi extinse în acest an pentru a obține date mai concludente și a trage concluzii științifice autentice.

Analiza varianței a fost utilizată pentru a evalua semnificația diferențelor în scurgerea relativă a electroliților între grupurile de arbori ale proveniențelor investigate. Aceasta descompune varianța scurgerii relative a electroliților în două componente: una între proveniențe și cealaltă între arborii din interiorul proveniențelor. Testul Fisher (F) calculat are valoarea de 3,78, reprezentând raportul dintre varianța între proveniențe și varianța între arborii din interiorul proveniențelor. Valoarea P a testului F este mai mică decât 0,05, indicând o diferență semnificativă statistic între valorile medii ale celor cinci proveniențe, la un nivel de încredere de 95% (conform tabelului 1).

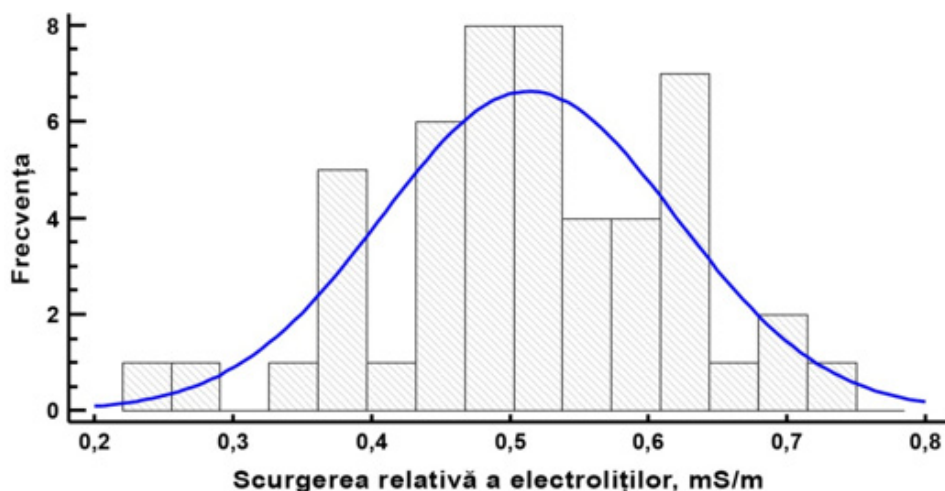
În figura 2 sunt prezentate datele privind distribuția a 50 de arbori de stejar pedunculat (din cele 5 proveniențe) după scurgerea relativă a electroliților din țesuturile frunzelor, expuse la temperatura letală de DL50. Histograma acoperă un interval de valori cuprins între 0,25 și 0,74 mS/m, împărțit în 15 sub-intervale de aceeași dimensiune, pentru a facilita vizualizarea frecvențelor. Se observă că frecvența cea mai mare o au arborii cărora le este specifică o scurgere de electroliți apropiată de 0,5 mS/m. În partea

dreaptă și stângă a axei X, odată cu mărirea sau micșorarea intervalelor de valori, frecvența arborilor cu această trăsătură analizată scade. Valorile extreme din setul de date au o frecvență scăzută, existând două observații în intervalul de valori de 0,2-0,3 mS/m și doar o singură observație în intervalul de valori de 0,7-0,8 mS/m. Repartiția datelor între plus și minus variante a determinat un număr de observații de 23:27, ceea ce indică că numărul de stejari cu un nivel scăzut și ridicat de scurgere relativă a electroliților din țesuturile frunzelor se deosebește întrucâtva. În intervalul de valori 0,62-0,66 mS/m este evident un număr de 7 observații, indicând la acești arbori un nivel înalt de scurgere relativă a electroliților și creând o neuniformitate în distribuția datelor pe histograma analizată.

Tabelul 1. Analiza varianței privind deosebirile dintre proveniențele de stejar pedunculat după scurgerea relativă a electroliților din frunze.

Sursa de variație	Suma pătratelor abaterilor	Grade de libertate	Pătratul mediu	Raportul F_t	Valoarea P
Între proveniențe	0,140	4	0,035	3,78	0,0098
În interiorul proveniențelor	0,415	45	0,009		
Total	0,555	49			

Figura 2. Histograma distribuției frecvenței la arborii de stejar pedunculat după aplicarea șocului termic cu doza letală DL50.



Prin compararea distribuției experimentale, ilustrată prin intermediul histogramei din figura 2, cu frecvențele teoretice (reprezentate prin curba albastră din figura 2), referitoare la scurgerea relativă a electroliților din țesuturile frunzelor, în conformitate cu testul Kolmogorov-Smirnov, putem observa o apropiere semnificativă a frecvențelor din punct de vedere statistic. Mai exact, valoarea P obținută în acest caz este mare, sugerând faptul că nu există suficiente dovezi care să ne determine să respingem ipoteza conform căreia distribuția este normală. În aceste condiții, nu putem infirma ipoteza că arborii studiați se încadrează într-o distribuție normală, cu un nivel de încredere de 95%, deoarece valoarea $P = 0,759$ este mai mare decât pragul de semnificație de 0,05.

Studiul nostru privind variabilitatea fiziologică a stejarului pedunculat în interiorul a cinci proveniențe diferite a arătat că acesta prezintă o variație semnificativă în ceea ce privește concentrația de electroliți eliberați din frunze după expunerea la o doză letală DL50. Această variație sugerează o posibilitate de selecție a exemplarelor cu niveluri scăzute de scurgere a electroliților, care pot fi utilizați pentru a spori capacitatea de adaptare a pădurilor la schimbările climatice specifice fiecărei zone geografice. În urma selecției, materialele forestiere de reproducere pot fi obținute de la arborii identificați ca fiind rezistenți la temperaturi ridicate, ceea ce poate contribui la îmbunătățirea capacității de adaptare a pădurilor la

condițiile climatice extreme dintr-o anumită zonă. Rezultatele noastre sugerează că această abordare ar putea fi benefică pentru împăduririle viitoare în diferite regiuni geografice, oferind astfel posibilitatea de a proteja și conserva ecosistemele forestiere în fața schimbărilor climatice în curs.

Concluzii

1. Evaluarea nivelului de scurgere a electroliților din frunzele arborilor de stejar pedunculat după aplicarea șocului termic cu doza letală LD50 a arătat o variație fiziologică semnificativă după acest parametru în diferite proveniențe. În contextul schimbării climatice, selecția arborilor cu o rezistență ridicată poate fi sugestivă pentru împăduririle viitoare.

2. Analiza varianței a evidențiat diferențe semnificative între proveniențele de stejar pedunculat în ceea ce privește nivelul de scurgere a electroliților din frunze după aplicarea șocului termic DL50. Aceste diferențe sugerează că descendenții proveniți din zone mai îndepărtate au un răspuns genetic diferit și inducerea unui proces de adaptare mai pronunțat la noile condiții de mediu, comparativ cu cei din zone similare.

3. Se observă o ușoară diferență de rezistență la stresul termic între proveniențele din zonele mai îndepărtate (Edineț și Baimaclia) și cele din zona de centru (Plaiul Fagului și Hârjauca), măsurată prin aplicarea șocului termic DL50. Această diferență poate fi influențată de mecanismele de protecție ale arboretului, precum și de factori genetici, condiții de mediu și istoricul evolutiv. Se presupune că descendenții proveniențelor din zonele „străine” dezvoltă mecanisme de protecție mai accentuate împotriva stresului termic decât cei din zonele mai apropiate de arboretul comun, care beneficiază de condiții de mediu similare cu zona de cultivare.

4. Rezultatele preliminare sugerează importanța continuării cercetărilor în acest domeniu, în vederea unei mai bune înțelegeri a mecanismelor implicate în răspunsul diferitelor proveniențe ale stejarului pedunculat la acțiunea stresului termic și pentru a selecta cele mai potrivite proveniențe pentru împăduriri în contextul schimbărilor climatice.

Referințe:

- KAUSHAL, N., AWASTHI, R., GUPTA, K., GAUR, P., SIDDIQUE, K. H. M., NAYYAR, H., AHMAD, P. *Heat stress induced variations in photosynthetic pigments, protein content, and antioxidants in different varieties of mustard (Brassica juncea L.)*. In: *Journal of Plant Growth Regulation*, 2016, vol. 35(4), p. 1060-1073.
- LI, Y., WANG, Y., WEI, J., QIN, X., HOU, L. *Heat stress in maize production: Agronomic strategies and physiological mechanisms for tolerance*. In: *Front. Plant Sci.*, 2018, vol. 9, p. 72.
- WAHID, A., GELANI, S., ASHRAF, M., FOOLAD, MR. *Heat tolerance in plants: An overview*. In: *Environ Exp Bot.*, 2007, vol. 61(3), p. 199-223.
- HASANUZZAMAN, M., NAHAR, K., ALAM, M. M., ROYCHOWDHURY, R., FUJITA, M. *Physiological, biochemical, and molecular mechanisms of heat stress tolerance in plants*. In: *International Journal of Molecular Sciences*, 2013, vol. 14(5), p. 9643-9684.
- LEVITT, J. *Responses of plant to environmental stresses*. Acad. Press: New York, 1980, vol. I, 568 p.
- DASCALIUC, AL., CUZA, P. *Specificul adaptării frunzelor stejarului pedunculat (Quercus robur L.) la șocul termic în funcție de valoarea temperaturii și durata de acțiune*. În: *Mediul ambiant*, 2008, vol. 3(39), p. 34-37.
- PRASAD, P. V. V., PISIPATI, S. R., MUTAVA, R. N., TUINSTRA, M. R., REDDY, V. R. *Impact of nighttime temperature on physiology and growth of spring wheat*. In: *Crop Science*, 2008, vol. 48(6), p. 2372-2380.
- PRASAD, P. V. V., DJANAGUIRAMAN, M., PERUMAL, R., CIAMPITTI, I. A. *Impact of high temperature stress on floret fertility and individual grain weight of grain sorghum: Sensitive periods, thresholds and genetic variability*. In: *Front. Plant Sci.*, 2017, vol. 8, p. 1230.
- BITA, C. E., GERATS, T. *Plant tolerance to high temperature in a changing environment: scientific fundamentals and production of heat stress-tolerant crops*. In: *Front. Plant Sci.*, 2013, vol. 4, p. 273.
- XU, S., LI J, ZHANG, X, WEI, H, CUI, L, ZHANG, Z, LI C. *Proteomic analysis reveals proteins involved in seed imbibition under salt stress in rice*. In: *Plant Soil*, 2006, vol. 283, p. 179-187.

11. VOLLENWEIDER, P., GÜNTHARDT-GOERG, M. S. *Diagnosis of abiotic and biotic stress factors using the visible symptoms in foliage*. In: *Environmental Pollution*, 2005, vol. 137(3), p. 455-465.
12. CUZA, P. *Aprecierea termotoleranței frunzelor speciilor spontane de stejar din nordul și centrul Republicii Moldova*. În: *Revista botanică*, 2021, vol. 18(2), p. 5-12.
13. ROSLIM, I.D., FIATIN, H., FIATIN, I. *Lethal dose 50 (LD50) of mungbean (Vigna radiata L. Wilczek) cultivar kampar*. In: *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 2015, vol. 47(4), p. 510-516.

Date despre autor:

Petru CUZA, profesor universitar, Departamentul de Geoștiințe și Silvicultură, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: petrucuza@mail.ru

Tel.: 067115375

ORCID: 0000-0003-0192-4427

Prezentat la 23.04.2023

CZU: 591.69:599.74(478)

[http://doi.org/10.59295/sum6\(166\)2023_07](http://doi.org/10.59295/sum6(166)2023_07)

PROCEDEU INOVATIV DE DEHELMINTIZARE A CARNIVORELOR SĂLBATICE

*Oleg CHIHAI, Anatol SAVIN, Victoria NISTREANU,
Alina LARION, Maria ZAMORNEA, Galina MELNIC,*

Universitatea de Stat din Moldova

Nina TALAMBUȚĂ,

Universitatea Liberă Internațională din Moldova

Evaluarea populației de vulpi (*Vulpes vulpes*) după numărul vizuinilor reproductive în Rezervația Naturală „Codrii” pe un areal de cca 5400 ha, a pus în evidență 28 de vizuini active, ceea ce constituie o depășire a densității normale de 14 ori. Studiul diversității parazitofaunei denotă un nivel maxim de infestare (100%) la vulpile din arealul investigat, iar speciile identificate în totalitate parazitează atât la om, cât și la animalele domestice și cele sălbatice, având un risc major pentru sănătatea publică și sănătatea animalelor. Momeala, ca formă medicamentoasă, este reușită datorită faptului că este dozată strict și protejează substanța activă de acțiunile factorilor ambientali (ploaie, raze solare, ger), menținând astfel durata de acțiune a preparatului antihelmintic (albendazol) și totodată este un mijloc atractiv de consum pentru vulpi. Extensivitatea dehelmintizării constituie 92,9% (animale tratate), iar Intensivitatea 98,4% (forme parazitare distruse). Problema pe care o rezolvă prezenta invenție constă în realizarea simplă și utilizarea eficace la un preț avantajos, care contribuie la asanarea eficientă a ecosistemelor naturale și a celor antropizate de parazitoze comune omului și animalelor, vehiculate de către canidele sălbatice.

Cuvinte-cheie: *carnivore, procedeu, momeală, helminthoses.*

INNOVATIVE DEWORMING PROCEDURE OF WILD CARNIVORES

The evaluation of the population of foxes (*Vulpes vulpes*) according to the number of reproductive dens in the „Codrii” Natural Reserve on an area of about 5400 ha, revealed 28 active dens, which exceeds the normal density by 14 times. The study of the parasite fauna diversity showed a maximum level of infestation (100%) in foxes in the investigated area, and all the identified species parasitize both humans and domestic and wild animals, posing a major risk to public and animal health. The bait, as a medicinal form, is successful, because it is strictly dosed and protects the active substance from the actions of environmental factors (rain, sunlight, frost), thus maintaining the duration of action of the anthelmintic preparation (albendazole) and, at the same time, it is attractive for food for foxes. The extent of deworming (Extensivicity) is of 92.9% (treated animals), and the intensity (Intensivicity) is 98.4% (parasitic forms destroyed). The problem that the present invention solves consists in simple realization and effective use at an advantageous price, which contributes to the effective sanitation of natural and anthropized ecosystems of parasitoses common to humans and animals, carried by wild canids.

Keywords: *carnivores, procedure, bait, helminthoses.*

Introducere

Mamiferele carnivore sălbatice și cele domestice sunt principalele gazde definitive sau rezervoare pentru majoritatea zoonozelor parazitare (echinococoasă, alveococoasă, trichineloză, toxocaroză, ancilostomoză, opistorcoză, dirofilarioză, capilarioză, sifacioză, strongiloidoză), cu impact medical și veterinar [1]. Aceste animale poluează mediul cu forme parazitare, motiv pentru care reprezintă un pericol major pentru ecologie și sănătatea publică [2; 3; 4; 5]. Zoonozele parazitare sunt deosebit de periculoase pentru grupurile cu risc sporit, în special pentru copii și pentru crescătorii de animale [6; 7].

Structura diversității la *Canis familiaris* (Linnaeus, 1758) din ecosistemul urban Chișinău este constituită din 14 invazii parazitare, dintre care 12 specii (*Sarcocystis spp*, *Dipylidium caninum*, *Diphyllobothrium latum*, *Toxocara canis*, *Toxascaris leonina*, *Trichocephalus vulpis*, *Ancylostoma caninum*, *Rhipicephalus*

sanguineus, *Sarcoptes scabiei*, *Demodex canis*, *Otodectes cynotis*, *Ctenocephalides canis*, *Trichodectes canis*) sunt cu impact zoonotic, iar 2 specii (*Isospora canis*) sunt specifice numai canidelor [8].

Studiul privind diversitatea parazitofaunei la *Felis catus* (Linnaeus, 1758) din ecosistemul urban Chișinău a pus în evidență 12 specii de paraziți: 9 din ele având impact zoonotic (*Toxoplasma gondii*, *Dipylidium caninum*, *Diphyllobothrium latum*, *Toxocara cati*, *Toxascaris leonina*, *Ancylostoma caninum*, *Demodex cati*, *Notoedres cati*, *Otodectes cynotis var cati*, *Felicola subrostrata*, *Ctenocephalides felis*), iar 1 specie (*Eimeria felina*) este caracteristică felinelor [9].

Un alt studiu bioecologic privind rolul canidelor sălbatice (*Vulpes vulpes*, Linnaeus, 1758) în transmiterea speciilor parazitare în lanțul zoonotic și epizootic din ecosisteme naturale și antropizate, a evidențiat mai mult de 10 specii cu impact zoonotic (*Alaria alata*, *Mesocestoides lineatus*, *Taenidae spp.*, *Syphacia obvelata*, *Strongyloides ratti*, *Toxocara canis*, *Toxascaris leonina*, *Ancylostoma caninum*, *Capilaria hepatica*, *Trichuris vulpis*), având risc major pentru sănătatea publică și o specie (*Isospora canis*) caracteristică canidelor [10]. Vulpile migrează pe distanțe mari la cca. 20 km [11] și difuzează în stil mozaic formele invazionale ale paraziților, poluând astfel ecosistemele naturale și antropizate, iar în cele din urmă asigurând astfel stabilitatea ciclurilor evolutive a diverselor specii parazitare [12; 10]. Numărul de vulpi în Republica Moldova atinge un nivel catastrofal, până la 21 indivizi/1000 ha, iar această majorare alarmantă depășește de cca 10 ori densitatea admisibilă de până la 2 indivizi/1000 ha [13].

Important este și faptul că populațiile de vulpi în lipsa sau ignorarea mecanismelor de reglare numerică, au un rol primordial în procesele epidemiologice și epizootologice a multor boli infecțioase și parazitare comune omului și animalelor [14]. Din aceste considerente rezultă scopul acestei lucrări, care vizează elaborarea procedeeleor noi de combatere/diminuare a parazitozelor la canidele sălbatice, în vederea fortificării securității bioecologice și epidemiologice în ecosistemele naturale și antropizate.

Materiale și metode de cercetare

Cercetările au fost realizate pe vulpi în Rezervația Naturală „Codrii” pe un areal de cca 5400 ha, deoarece această specie este cea mai abundentă din carnivore, având sectoare individuale mari care variază în funcție de anotimp și hrană (15 – 20 km). Realizarea scopului a demarat cu evaluarea efectivului de vulpi, investigarea parazitologică, pregătirea și plasarea momelelor în preajma vizuinilor active.

Evaluarea efectivului populației de vulpi în perioada de iarnă a fost efectuată după numărul vizuinilor active în arealul studiat [15].

Investigarea parazitologică se bazează pe determinarea extensivității invaziei (%) și intensității (exemplare în mai multe câmpuri microscopice) speciilor parazitare pe eșantioane biologice (feșes) colectate de la vulpi din arealul studiat. Prevalența speciilor parazitare a fost determinată prin metodele *Popova*, *Baermann*, *Fuileborn*, *Darling* și *spălării succesive* [16], au fost efectuate în laboratorul de Parazitologie și Helmintologie al Institutului de Zoologie al Universității de Stat din Moldova. În diagnosticul ovocoscopic, oncosferele de Taenidae (*T. hydatigena*, *T. pisiformis*, *M. multiceps*, *M. serialis*, *E. granulatus*, *E. multilocularis*) sunt foarte asemănătoare între ele, motiv pentru care se notează ca oncosfere de *Taeniidae* [17]. Intensitatea invaziei cu forme invazionale a fost determinată în 5g feșes, examinată în 10 câmpuri microscopice vizuale (10x40) [16].

Momeala, ca formă medicamentoasă a fost pregătită *ex tempore* în ziua efectuării procedurii de dehelmintizare. În calitate de momeală au fost utilizate subproduse alimentare (capuri de găină). Fiecare subprodus utilizat în stare proaspătă sau refrigerat, drept momeală, a fost dozat cu 100 mg substanță activă de albendazol și ulterior plasat în preajma vizuinilor active corespunzător numărului de vulpi.

Extensificacitatea dehelmintizării reprezintă procentul de animale tratate calculat din numărul total de animale investigate, iar Intensificacitatea este procentul de forme parazitare distruse calculat din numărul total de forme parazitare identificate.

Rezultate și discuții

Cercetările privind elaborarea procedeeleor noi de combatere/diminuare a parazitozelor la canidele sălbatice au demarat cu evaluarea populației de vulpi în arealul studiat.

Populația de vulpi în Republica Moldova are un efectiv reproductiv de peste 30 000 de specimene (20,3 mii în agrozone, 4,6 mii în ecosisteme silvice și 5,3 mii în localități), ceea ce constituie 14 – 16 indivizi/1000 ha. Efectivul se menține la nivelul anului precedent (2022), dar este depășit de 7 – 8 ori de normele ecologice (1 – 2 vulpi/1000 ha). Analizând trendul populației de vulpi în dinamica ultimelor decenii, constatăm o creștere numerică evidentă în perioada caniculară a anilor 2007 – 2012, urmată de o scădere a efectivelor în ultimii ani și o tendință de ușoară descreștere în viitorii ani. Concentrarea vulpilor în ecosistemele împădurite și în localități, este o adaptare ecologo-etologică cauzată de factorul trofic și factorul de stabilitate caracteristic acestor ecosisteme.

Evaluarea populației de vulpi după numărul vizuinilor reproductive în Rezervația Naturală „Codrii” pe un areal de cca 5400 ha, a pus în evidență 28 de vizuini active a câte 1 vulpe în fiecare, ceea ce constituie o depășire a densității normale de 14 ori. Celelalte canide (lup, enot, șacal) nu au fost constatate, motiv pentru care eficacitatea procedurii de dehelmintizare a fost testată pe vulpi, dar procedeul poate fi extins și pe alte specii de carnivore sălbatice.

Vulpea este cea mai comună specie dintre carnivorele sălbatice, manifestând tendință de sinantropizare, care sunt larg răspândite pe toate continentele, cu excepția Antarcticii. Drept prădător are rolul de reglator al dinamicii efectivului de rozătoare, care sunt considerate potențiale gazde (definitive, intermediare, paratenice) pentru o diversitate largă de specii parazitare, majoritatea fiind cu impact zoonotic și epizootic. Rezultatele obținute sunt în concordanță cu relațiile altor lucrări, care confirmă faptul că vulpile vehiculează formele invazionale de la fauna sălbatică la cea domestică [18; 19], având sectoare individuale mari, deplasându-se în căutarea hranei până la 20 km. Populația de *V. vulpes* în Republica Moldova are o densitate majorată de (7 – 10 ori) pe parcursul a mai mulți ani (2000 – 2017) cu tendință de creștere [13], care poate spori riscul de infecție umană cu patogeni zoonotici cu transmitere vectorială, în timp ce mamiferele sălbatice din proximitatea acestora pot juca un rol de rezervor pentru asemenea patogeni [20].

Studiul diversității parazitofaunei denotă un nivel maxim de infestare (100%) la vulpile din arealul investigat (tab. 1). Rezultatele cercetărilor parazitologice denotă o extensivitate a invaziei cu *Alaria alata* (Goeze, 1792) de 7,1% și o intensitate a invaziei de 2,0 ex., respectiv cu *Mesocestoides lineatus* (Goeze, 1782) – 14,3%, 2,0 ex., *Taeniidae spp* (Ludwig, 1886) – 21,0%, 2,7 ex., *Syphacia obvelata* (Rudolphi, 1802) – 36,0%, 5,4 ex., *Strongyloides stercoralis* (Bavay, 1876) – 29,0%, 4,3 ex., *Toxocara canis* (Werner, 1782) – 29,0%, 2,0 ex., *Ancylostoma caninum* (Ercolani, 1859) – 7,1%, 2,0 ex., *Trichuris vulpis* (Schrank, 1788) – 7,1%, 3,0 ex., *Capilaria hepatica* (Bancroft, 1893) – 7,1%, 2,0 ex. Taxonomia parazitofaunei la vulpile investigate, încadrează 4 clase, 9 familii și cca 9 specii. Analizând aspectul epidemiologic, constatăm faptul că toate speciile identificate parazitează atât la om, cât și la animalele domestice și cele sălbatice, având un risc major pentru sănătatea publică și medicina veterinară.

Tabelul 1. Indicii parazitologici la *Vulpes vulpes*.

Clase	Taxoni		Inițial		Postterapeutic	
	Familii	Specii	EI%	II%	EI%	II%
Trematoda	Diplostomidae	<i>Alaria alata</i>	7,1	2,0	-	-
Cestoda	Taeniidae	<i>Taeniidae</i>	21,0	2,7	-	-
	Mesocestoididae	<i>Mesocestoides lineatus</i>	14,3	2,0	-	-
Secernentea	Oxyuridae	<i>Syphacia obvelata</i>	36,0	5,4	-	-
	Strongyloididae	<i>Strongyloides stercoralis</i>	29,0	4,3	3,6	1
	Ascaridae	<i>Toxocara canis</i>	29,0	2,0	3,6	1
	Ancylostomatidae	<i>Ancylostoma caninum</i>	7,1	2,0	-	-
Adenophorea	Trichuridae	<i>Trichuris vulpis</i>	7,1	3,0	-	-
	Capilariidae	<i>Capilaria hepatica</i>	7,1	2,0	-	-

Rezultatele obținute în urma investigațiilor parazitologice au fost premiza elaborării procedeele noi de combatere/diminuare a parazitozelor la canidele sălbatice, în vederea fortificării securității bioecologice și epidemiologice în ecosistemele naturale și antropizate.

Procedeul trebuie să fie eficient, cu realizare simplă și utilizare eficace la un preț avantajos, care ar asigura asanarea eficientă a ecosistemelor naturale și a celor antropizate de parazitoze comune omului și animalelor, vehiculate de către canidele sălbatice.

Parazitologia veterinară prevede mai multe metode de dehelmintizare (orală, parenterală) a canidelor domestice [21; 22; 23]. În acest context sunt recomandate mai multe metode de administrare orală a medicamentelor la animale, care constă în utilizarea mai multor forme medicamentoase cum ar fi pulbere, tablete, capsule, drajeuri, emulsie și suspensie având la bază diferite substanțe active cu rol medicamentos [24; 25; 22]. Este cunoscută metoda de dehelmintizare a canidelor domestice, care constă în utilizarea tabletelor de albendazol 10 mg/1 kg masa vie. Acest preparat are efect antihelmintic cu spectru larg asupra paraziților din clasa Protozoa, Trematoda, Nematoda și Cestoda [26; 23]. Pentru realizarea acestei metode este necesară prinderea și conținerea animalelor [21]. Prin conținere se înțelege limitarea mișcărilor sau chiar imobilizarea animalului, în scopul examinării sau aplicării unor intervenții terapeuțico-chirurgicale [27]. Neajunsul constă în imposibilitatea utilizării metodei respective la canidele sălbatice, deoarece este irealizabilă capturarea și conținerea animalelor în cauză, precum și dozarea individuală a preparatului antihelmintic. Mai mult, metoda respectivă ca rezultat se soldează cu un stres exagerat asupra animalelor conținute.

Din studiul bibliografic a fost selectat cel mai apropiat model, după esența tehnică procedeul de dehelmintizare a canidelor sălbatice (lup, vulpe, șacal câinele enot) cu momeală PASS-4 sub formă de granule, fabricate din subproduse de carne. Această metodă prevede utilizarea tocăturii de subproduse de carne amestecate (splină, uger, pireu de cartof) cu preparate antiparazitare (politrem, azinox, albendazol, sulfen). Procedura de dehelmintizare este recomandată să fie efectuată toamna (octombrie – noiembrie) și prevede plasarea farfuriilor din plastic cu forma medicamentoasă a câte 100 g de granule, lângă fiecare vizuină [28]. Dezavantajul acestui procedeu constă în faptul că procesul de pregătire a momelei este anevoios, deoarece necesită cheltuieli suplimentare pentru materie primă, timp și utilaj de pregătire a tocăturii. Momelile nu sunt protejate de acțiunea factorilor ambientali (ploaie, soare, ger) și pot fi deteriorate în cazul când nu sunt consumate în cel mai scurt timp, reducându-se astfel eficacitatea antihelmintică.

Procedeul elaborat se referă la domeniul epidemiologic și epizootologic, în particular la helmintologia veterinară și poate fi utilizată pentru chimioterapia antiparazitărilor a carnivorelor sălbatice. Esența invenției constă în faptul că se propune un procedeu de deparazitare a canidelor sălbatice, care include utilizarea drept momeală subproduse din găină (capuri de găină), caracterizat prin aceea că fiecare momeală este dozată cu câte 100 mg de albendazol cu efect antiparazitar, drept mijloc atractiv de consum pentru canidele sălbatice. Preparatul albendazol administrat pe cale orală, se absoarbe rapid și difuzează în toate țesuturile producând liza viermilor, indiferent de localizare. Albendazolul are efect endoparaziticid cu spectru larg asupra tuturor formelor evolutive ale paraziților din clasa *Protozoa* (*Giardia spp.*), *Trematoda* (*Opistorchis spp.*, *Methorchis albidus*), *Nematoda* (*Capilaria spp.*, *Syphacia spp.*, *Toxocara spp.*, *Toxascaris leonina*, *Uncinaria stenocephala*, *Ancylostoma caninum*, *Trichuris vulpis*) și a celor din clasa *Cestoda* (*Echinococcus spp.*, *Taenia spp.*, *Dipilidium caninum*, *Mesocestoides spp.*, *Diphyllobotrium latum*) și este recomandat pentru dehelmintizarea animalelor domestice inclusiv canidelor. Faptul că în calitate de momeală este utilizat subprodusele de găină, conferă procedeului o siguranță ecologică sporită. Procedeul a fost testat pe vulpi după investigarea parazitologică, plasând momelile în preajma fiecărei vizuini active a câte o momeală, în perioada geroasă a anului (ianuarie – februarie).

Dehelmintizarea a avut loc în 2 reprize în ziua 0 și repetat la 14 zile. Inițial, indicele Extensivității Invaziei (EI) a fost de 100% (animale infestate), iar cel al Intensivității Invaziei (II) de 6,5 ex/animal (tab. 2). Exetensivitatea invaziei maximă confirmă faptul că vulpea este cea mai abundentă specie și cea mai periculoasă atât epidemiologic, cât și epizootologic, motiv pentru care a fost selectată pentru realizarea exemplului invenției respective.

Eficacitatea dehelmintizării a fost testată postterapeutic la 2 săptămâni după a doua repriză, din considerentul că preparatul se menține în organism cca 14 zile [26]. Postterapeutic, peste 2 săptămâni după a

2-a repriză, au fost colectate repetat probe de fecale din preajma fiecărei vizuini. Rezultatele investigațiilor parazitologice de laborator au pus în evidență un indice al Extensivității Invaziei de 7,1% (animale infestate), iar cel al Intensivității Invaziei de 1,0 ex/animal. Extenseficacitatea dehelmintizării constituia 92,9% (animale tratate), iar Intenseficacitatea 98,4% (forme parazitare distruse). Aceste rezultate dovedesc eficacitatea sporită a procedurii de dehelmintizare a vulpilor, în situația în care acestea din urmă au un spectru larg de relații trofice, care presupune un schimb divers și activ de invazii parazitare cu alte specii gazde din fauna sălbatică și cea domestică.

Tabelul 2. Eficacitatea dehelmintizării.

Indice	Inițial nr.	Postterapeutic nr.
Animale investigate	28	28
Animale infestate	28	2
EI (%)	100%	7,1%
Forme parazitare (total)	182	3
II (ex/animal) medie	6,5	1,0
Extenseficacitatea	-	92,9%
Intenseficacitatea	-	98,4%

Rezultatul tehnic al invenției constă în eficientizarea dehelmintizării canidelor sălbatice, totodată reducându-se costul și simplificarea procedurii. Problema pe care o rezolvă prezenta invenție constă în realizare simplă și utilizare eficace la un preț avantajos, care contribuie la asanarea eficientă a ecosistemelor naturale și a celor antropizate de parazitoze comune omului și animalelor, vehiculate de către canidele sălbatice.

Avantajele aplicării invenției constă în faptul că procedeele inventate sunt comode și ușor de administrat, deoarece nu necesită prinderea și conținerea canidelor sălbatice. Momeala, ca formă medicamentoasă, este reușită datorită faptului că este dozată strict și protejează substanța activă de acțiunile factorilor ambientali (ploaie, raze solare, ger), menținând astfel durata de acțiune a preparatului antihelmintic și totodată este un mijloc atractiv de consum pentru vulpi. Dehelmintizarea în perioada înzăpezită a anului cu deficit trofic garantează consumul momelelor de către canide, iar gerul favorizează distrugerea formelor invazionale eliminate. Totodată, perioada de reconveniență (repaus) de cca 30 zile până la împerechere asigură evitarea efectului teratogen în primul trimestru de gestație al femelelor.

Elementul de sporire a randamentului și eficacității tratamentului se datorează simplificării procedurii de administrare a medicamentelor, evitând astfel stresul în urma prinderii și conținutului animalelor sălbatice.

Concluzii

1. Evaluarea populației de vulpi după numărul vizuinilor reproductive în Rezervația Naturală “Codrii” pe un areal de cca 5400 ha, a pus în evidență 28 de vizuini active a câte 1 vulpe în fiecare, ceea ce constituie o depășire a densității normale de 14 ori.

2. Studiul diversității parazitofaunei denotă un nivel maxim de infestare (100%) la vulpile din arealul investigat, iar speciile identificate în totalitate parazitează atât la om, cât și la animalele domestice și cele sălbatice, având un risc major pentru sănătatea publică și sănătatea animalelor.

3. Momeala, ca formă medicamentoasă, este reușită datorită faptului că este dozată strict și protejează substanța activă de acțiunile factorilor ambientali (ploaie, raze solare, ger), menținând astfel durata de acțiune a preparatului antihelmintic (albendazol) și totodată este un mijloc atractiv de consum pentru vulpi.

4. Extenseficacitatea dehelmintizării constituie 92,9% (animale tratate), iar Intenseficacitatea 98,4% (forme parazitare distruse).

5. Problema pe care o rezolvă prezenta invenție constă în realizare simplă și utilizare eficace la un preț avantajos, care contribuie la asanarea eficientă a ecosistemelor naturale și a celor antropizate de parazitoze comune omului și animalelor, vehiculate de către canidele sălbatice.

Referințe:

1. DIDĂ, I.C., DUCA, I. *Zoonozele parazitare, factor de risc epidemiologic. Scientia parasitologica* nr. 2, 2002, p. 13-16.
2. ȘUTEU, E., TĂLĂMBUȚĂ, N., COZMA, V., CHIHAÏ, O. *Ecoparazitologie*. Cluj-Napoca, Rizoprint, 2011. 264 p.
3. ПЕТРОВ, Ю. Ф., КРЮЧКОВА, Е. Н., ШАХБИЕВ, Х. Х. *Контаминация объектов внешней среды яйцами и личинками Ancylostoma caninum и Uncinaria stenocephala в европейской части России. Российский паразитологический журнал*, 2012, № 1, с. 42-44.
4. ФАДЕЕВА, А. Н., ГОРЧАКОВА, Н. Г. *Паразитарные болезни домашних плотоядных в условиях Нижнего Новгорода. Ветеринария*, 2016, № 6, с. 33-35.
5. ABDI, J., ASADO-LAHI, Kh., MALEKI, M. H., ASHRAFI HAFEZ, A. *Prevalence of Helminthes Infection of Stray Dogs in Ilam Province. J. Paramedical Sciences* (4), 2013, p. 47-50.
6. BURROUGHS, T., KNOBLER, S., LEDERBERG, J. *The Emergence of Zoonotic Diseases: Understanding the Impact on Animal and Human Health-Workshop Summary*. National Academies Press, Washington, DC. 2002.
7. TREVEJO, R. T., BARR, M. C., ROBINSON, R. A. *Important emerging bacterial zoonotic infections affecting the immunocompromised. Vet. Res.* 36, 2005, p. 493-506.
8. TĂLĂMBUȚĂ N., CHIHAÏ O., ERHAN D., RUSU Ș., MELNIC G., ZAMORNEA M., GHERASIM E., ANGHEL T. *Diversitatea parazitofaunei la Canis familiaris din ecosistemul urban. International symposium „Actual problems of zoology and parasitology: achievements and prospects”*. Chișinău, 2017, p. 212-219.
9. TALAMBUTSA, N., CHIHAÏ, O., VOLCEANOV, A., YACUB, N. *Parasitofauna in synanthropic felines (Felis catus) from urban ecosystems of Chișinău. International Conference of Zoologists „Actual problems of protection and sustainable use of the animal world diversity”*. Chișinău, 2011, p. 150.
10. CHIHAÏ O., RUSU Ș., TALAMBUTĂ N., NISTREANU V., LARION A., SAVIN A., NAFORNIȚĂ N. *Parasite fauna in red fox (Vulpes vulpes) from natural and anthropized ecosystems of the Republic of Moldova. Sustainable use and protection of animal world in the context of climate change*. Chișinău, 2021, p. 180-186.
11. MUNTEANU, A., LOZAN, M. *Mamifere. Lumea animală* Vol. 4, 2004. Editura „Știința”, p. 92-117.
12. KRUSE, H., KIRKEMO, A. M., HANDELAND, K. *Wildlife as source of zoonotic infections. Emerg. Infect. Dis.*, 2004. 10: 2067 – 2072.
13. SAVIN, A., CAISÎN, V., GROSU, G. *Dinamica efectivelor și impactul unor prădători în ecosistemele Republicii Moldova. „Actual problems of zoology and parasitology: achievements and prospects”*, International Symposium. Chișinău, 2017, p. 403-404.
14. БУНДЕЕВА, О. В. *Фауна гельминтов диких псовых Волгоградской области // Вестн. ветеринарии Поволжья*. Волгоград, 1997, №5, с. 49-52.
15. SAVIN, A., CAISÎN, V., CIOCOI, O., NISTREANU, V., ȘCERBLIUC, M., GROSU, Gh. *Instrucțiuni pentru evaluarea efectivelor speciilor de interes cinegetic*. Ghid metodologic. Chișinău, Continental Grup, 2022, 82 p.
16. КОТЕЛНИКОВ, Г. А. *Гельминтологические исследования животных и окружающей среды*. Москва, 1984, 208 с.
17. MIRCEAN, V., COZMA, V., GYORKE, A. *Diagnostic coproparazitologic în bolile parazitare la animale*. Cluj-Napoca, Rizoprint, 2011, 344 p.
18. GHERMAN, C., COZMA, V., MIRCEAN, V., BRUDAȘCĂ, F., RUS, N., DETEȘAN, A. *Zoonoze helmintice la specii de carnivore sălbatice din fauna României. Revista Scientia Parasitologica*, 2002, 3(2), p. 17-21.
19. DALIMI, A., SATTARI, A., MOTAMEDİ, G. *A study on intestinal helminthes of dogs, foxes and jackals in the western part of Iran. Veterinary Parasitology*, 2006, 142, p. 129 – 133.
20. OTRANTO, D., DANTAS-TORRES, F., BRIANTI, E., TRAVERSA, D., PETRIC, D., GENCHI, C., CAPELLI, G. *Vector-borne helminths of dogs and humans in Europe. J. Parasites and Vectors*, 2013, 6:16, p. 1-14.
21. ДЕМИДОВ, Н. В. *Гельминтозы животных*. Москва. Агропромиздат, 1987, с. 79.
22. ȘUTEU, I., VARTIC, N., COZMA, V. *Diagnosticul și tratamentul parazitozelor la animale*. Editura Ceres, 1997, 266 p.
23. ȘUTEU, I., COZMA, V. *Bolile parazitare la animalele domestice*. Editura Ceres, 1998, 540 p.

24. ВИНОГРАДОВ В. М., МУХИН Е. А. ФРОЛОВ С. Ф. *Фармакология с рецептурой*. Ленинград, 1966, с. 16-22; с. 25-29.
25. МОЗГОВ И. Е. *Фармакология*. М: Агропромиздат, 1985, 416 с.
26. ROMVAC Company S. A. Nomenclatorul produselor de uz veterinar. București, 2008, p. 327.
27. PAPUC, I., LĂCĂTUȘ, R., STAN, F. Gh., COVACIU TIMEN M., PURDOIU R.C. *Semiologie imagistică medicală și laborator clinic veterinar*. Editura Accent, Cluj-Napoca, 2009, p. 36.
28. БИТТИРОВ, Ф. К., КАЗАНЧЕВА, Л. К., АТАЛАЕВ, М. М., САРБАШОВА, М. М. *Био- и геогельминтозы диких плотоядных в регионе северного Кавказа и усовершенствование методов дегельминтизации*. Вестник Красноярского ГАУ №1. Красноярск. 2010, с. 112-117.

Date despre autori:

Oleg CHIHAI, cercetător științific coordonator, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător, Institutul de Zoologie.

E-mail: olegchihai@yahoo.com

Tel.: 079423208

ORCID: 0000-0002-5881-0722

Anatol SAVIN, cercetător științific coordonator, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător, Institutul de Zoologie.

E-mail: savin.an1948@mail.ru

ORCID: 0009-0004-6933-4196

Victoria NISTREANU, cercetător științific coordonator, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător, Institutul de Zoologie.

E-mail: vicnistreanu@gmail.com

ORCID: 0000-0002-9726-9684

Alina LARION, cercetător științific coordonator, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător, Institutul de Zoologie.

E-mail: alinalarion68@gmail.com

ORCID: 0000-0002-9726-9684

Maria ZAMORNEA, cercetător științific coordonator, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător, Institutul de Zoologie.

E-mail: mariazamornea@gmail.com

ORCID: 0000-0001-8987-3390

Galina MELNIC, cercetător științific, doctor în științe biologice, Institutul de Zoologie.

E-mail: galina.melnic@gmail.com

Nina TĂLĂMBUȚĂ, doctor în științe biologice, conferențiar universitar, Universitatea Liberă Internațională din Moldova.

E-mail: ntalambuta@ulim.md

ORCID: 0000-0003-3740-4335

Prezentat la 01.09.2023

CZU: 591.69(478)

[http://doi.org/10.59295/sum6\(166\)2023_08](http://doi.org/10.59295/sum6(166)2023_08)

**CARACTERISTICA EPIDEMIOLOGICĂ A PARAZITOFAUNEI
LA *VULPES VULPES* (Linnaeus, 1758) DIN ECOSISTEME NATURALE
ȘI ANTROPIZATE ALE REPUBLICII MOLDOVA**

**Oleg CHIHAI, Anatol SAVIN, Victoria NISTREANU, Alina LARION,
Ștefan RUSU, Maria ZAMORNEA, Galina MELNIC,**

Universitatea de Stat din Moldova

Nina TĂLĂMBUȚĂ,

Universitatea Liberă Internațională din Moldova, Republica Moldova

Diana COȘCODAN,

Universitatea de Stat Pedagogică „Ion Creangă”, Chișinău, Republica Moldova

Vulpile roșcate sunt carnivorele sălbatice cele mai comune, manifestând tendință de sinantropizare, fiind larg răspândite pe toate continentele, au un rol primordial în biologia ciclurilor de dezvoltare a unui număr mare de specii parazitare, inclusiv celor cu impact zoonotic. Scopul lucrării vizează studiul ecoparazitologic privind stabilirea caracteristicilor epidemiologice a parazitofaunei la *Vulpes vulpes* (Linnaeus, 1758) din diverse biotopuri naturale și antropizate ale Republicii Moldova. Investigațiile parazitologice au fost efectuate după metodele Popova, Baermann, Fuileborn, Darling și prin spălări succesive, în laboratorul de Parazitologie și Helminnologie al Institutului de Zoologie. Rezultatele investigațiilor denotă un nivel sporit de infestare (100%) la vulpile investigate. Taxonomia speciilor parazitare se încadrează în 5 clase, 10 familii, 11 genuri și cca 12 specii parazitare (*Isospora canis* – 14,3%, *Alaria allata* – 51,0%, *Mesocestoides lineatus* – 21,7%, *Taeniidae* spp – 27,0%, *Syphacia obvelata* – 17,0%, *Strongyloides stercoralis* – 13,3%, *Toxocara canis* – 59,0%, *Toxascaris leonina* – 65,5%, *Ancylostoma caninum* – 8,7%, *Trichuris vulpis* – 26,1%, *Trichuris muris* – 4,4%, *Capilaria hepatica* – 35,0%). Cota speciilor din clasa Sporozoa este de 8,3%, din clasa Trematoda – de 8,3%, din clasa Cestoda – de 16,7%, din clasa Secernentea – de 41,7% și din clasa Ade-nophorea – 25,0%. Analizând speciile parazitare pe criteriu epidemiologic, constatăm faptul că 10 specii (83,3%) cu răspândire sporită, au impact zoonotic (*A. allata*, *M. lineatus*, *Taenia* spp., *S. obvelata*, *S. ratti*, *T. canis*, *T. leonina*, *A. caninum*, *C. hepatica*, *T. vulpis*) cu risc major pentru sănătatea publică, iar invaziile identificate, în totalitate (100%) pot parazita și la animalele domestice, inclusiv la fauna cinegetică.

Cuvinte-cheie: *Vulpes vulpes*, zoonoses, helminthoses.

**EPIDEMIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF PARASITE FAUNA
IN *VULPES VULPES* (Linnaeus, 1758) FROM NATURAL AND
ANTHROPIZED ECOSYSTEMS OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA**

The fox is the most common wild carnivore, showing a synanthropic tendency, being widespread on all continents. They have a primary role in the biology of the development cycles of a large number of parasitic species, including those with zoonotic impact. The aim of the paper is the eco-parasitological study regarding the determination of the epidemiological characteristics of the parasite fauna in *Vulpes vulpes* (Linnaeus, 1758) from various natural and anthropogenic biotopes of the Republic of Moldova. The parasitological investigations were carried out according to the methods of Popova, Baermann, Fuileborn, Darling and through successive washings, in the laboratory of Parasitology and Helminthology of the Institute of Zoology. The results of the investigations show an increased level of infestation (100%) in the investigated foxes. Taxonomically, the parasite species fall into 5 classes, 10 families, 11 genera and about 12 species (*Isospora canis* - 14,3%, *Alaria allata* - 51,0%, *Mesocestoides lineatus* - 21,7%, *Taeniidae* spp - 27,0%, *Syphacia obvelata* - 17,0%, *Strongyloides stercoralis* - 13,3%, *Toxocara canis* - 59,0%, *Toxascaris leonine* - 65,5%, *Ancylostoma caninum* - 8,7%, *Trichuris vulpis* - 26,1%, *Trichuris muris* - 4,4%, *Capilaria hepatica* - 35,0%). The share of species from class Sporozoans of 8,3%, from class Trematoda - 8,3%, from class Cestoda -

16,7%, from class *Secernentea* - 41,7%, and from class *Adenophorea* - 25,0%. Analyzing the parasitic species according to epidemiological criteria, we found that 10 species (83.3%) with increased spread have a zoonotic impact (*A. allata*, *M. lineatus*, *Taenidae*, *S. obvelata*, *S. ratti*, *T. canis*, *T. leonina*, *A. caninum*, *C. hepatica*, *T. vulpis*), with a major risk for public health and the identified invasions, can also totally (100%) parasitize domestic animals and hunting fauna.

Keywords: *Vulpes vulpes*, zoonoze, helminthoze.

Introducere

Agenții patogeni zoonotici cauzează multiple patologii la om și animale, în diverse forme clinice, de la o ușoară infecție până la stare gravă sau chiar moartea organismului gazdă. Zoonozele sunt boli contagioase provocate de prioni, virusuri, bacterii, ciuperci, protozoare, helminți, arahnide și insecte, comune omului și animalelor, transmisibile direct sau indirect prin intermediul vectorilor mecanici (*Muscidae* etc.) și celor biologici (*Culicidae*, *Ixodidae* etc.). Oficiul Mondial al Sănătății (O.M.S.) include în categoria zoonozelor unele parazitoze (leishmaniozele, tripanosomozel, hemosporidiozele, toxoplasmoza, fascioloza, opistorchioza, schistosomozel, teniozele, hidatidoza, diplidioza, difilobotrioza, trichineloza etc.), inclusiv sindromul de *larva migrans visceralis* (toxocaroză, anizachioza, gnatostomoza, angiostrongiloza, dirofilarioza pulmonară) și *larva migrans cutanata* (ancilostomoza, dirofilarioza cutanată, furcocercariozele) cu evoluție gravă la om [1].

Bolile zoonotice sunt deosebit de periculoase pentru grupurile cu risc sporit, în special pentru copii și crescătorii de animale [2, 3]. Atât carnivorele sălbatice, cât și cele domestice sunt principalele gazde definitive sau rezervoare pentru majoritatea zoonozelor parazitare, astfel asigurând stabilitatea ciclurilor evolutive a unui număr mare de specii parazitare [4]. Aceste animale poluează mediul cu forme parazitare, motiv pentru care reprezintă un pericol major pentru ecologie și sănătatea publică [5, 6, 7].

Vulpile sunt carnivorele sălbatice cele mai comune, manifestând tendința de sinantropizare, care sunt larg răspândite pe toate continentele, cu excepția Antarcticii. îndeplinește rolul de reglator al dinamicii efectivului de rozătoare, care sunt considerate potențiale gazde (definitive, intermediare, paratenice) pentru o diversitate mare de specii parazitare, majoritatea fiind cu impact zoonotic și epizootic, iar vulpea la rândul ei constituie un rezervor natural, care vehiculează parazitozoonozele de la fauna sălbatică la cea domestică [1, 8]. În Republica Moldova, populația de *V. vulpes* are o densitate majorată de 7 – 8 ori [9], iar aceasta la rândul ei poate spori riscul de infecție umană cu patogeni zoonotici cu transmitere vectorială, în timp ce mamiferele sălbatice din proximitatea acestora pot juca un rol de rezervor pentru asemenea patogeni [10].

Studiul parazitofaunei la *V. vulpes* în Republica Moldova (1958 – 1973), a pus în evidență mai multe specii de paraziți după cum urmează: clasa Trematoda *Alaria allata*; clasa Cestoda *Dipilidium caninum*, *Mesocestoides lineatus*, *Taenia cressiceps*; clasa Nematoda *Capillaria plica*, *Thominx aerophilus*, *Trichocephalus vulpis*, *Trichinella spiralis*, *Uncinaria stenocephala*, *Gnatostoma spingerum*, *Toxascaris leonina*, *Toxocara canis* [11].

Unele zoonoze prezintă modificări evolutive determinate de multiplii factori epidemiologici, motiv pentru care se impune o cunoaștere exactă a surselor de invazie a colectivităților umane și populațiilor de animale, pentru estimarea și evaluarea riscurilor de difuzare și contaminare. Cercetările recente relevă o urgență crescută la om în toxoplasmoză, giardioză, criptosporidioză, hidatidoză și trichineloză [12,13,14,15,16], iar toxocaroză a devenit una dintre cele mai răspândite parazitoze la om, având în ultimii ani o incidență în continuă creștere [17, 18, 19].

Monitorizarea parazitofaunei la vulpi prezintă o importanță majoră, deoarece acestea sunt implicate în ciclurile evolutive ale paraziților. Din aceste considerente rezultă scopul acestei lucrări, care vizează studiul ecoparazitologic privind stabilirea caracteristicii epidemiologice a parazitofaunei la *V. vulpes* cu precizarea rolului lor în transmiterea speciilor parazitare în lanțul zoonotic și epizootic din ecosistemele naturale și antropizate ale Republicii Moldova.

Materiale și metode de cercetare

Investigațiile parazitologice, după metodele *Popova*, *Baermann*, *Fuileborn*, *Darling*, și *spălării succesive* [20], au fost efectuate în laboratorul de Parazitologie și Helmintologie al Institutului de Zoologie, pe probe biologice (feșes) colectate de la vulpi (*Vulpes vulpes*) din biotopurile naturale și antropizate din dife-

rite zone ale Republicii Moldova. În diagnosticul ovocoprosopic, oncosferele de *Taeneidae* (*T. hydatigena*, *T. pisiformis*, *M. multiceps*, *M. serialis*, *E. granulosus*, *E. multilocularis*) sunt foarte asemănătoare între ele, motiv pentru care se notează ca oncosfere de *Taeniidae* [21].

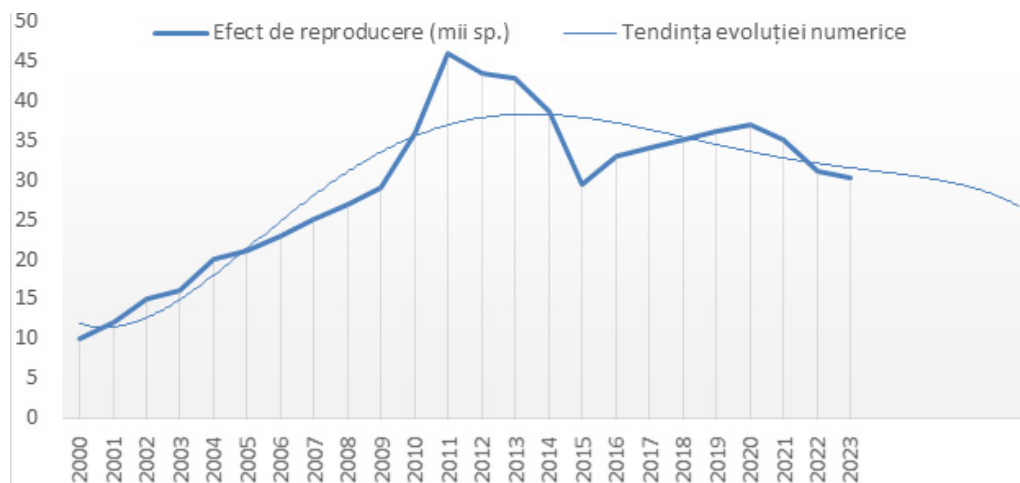
Evaluarea parazitologică se bazează pe determinarea prevalenței (%) și intensității (exemplare în mai multe câmpuri microscopice) speciilor parazitare la speciile de *V. vulpes*.

Rezultate și discuții

Vulpea este un mamifer de talie medie (4 – 10 kg), de culoare roșcată, coada lungă cu păr bogat, urechile ascuțite și ciulite. În Moldova este răspândită pretutindeni și are o mare plasticitate ecologică cu tendință de sinantropizare. Populează diferite tipuri de ecosisteme: silvice, de stepă, de luncă, stâncării, terenuri agricole și se întâlnește chiar în preajma localităților. Dimensiunile sectoarelor individuale variază în funcție de anotimp și resursele de hrană, uneori vulpile deplasându-se până la 15 – 20 km. Hrana vulpii preponderent este constituită din rozătoare, care poate constitui cca 70% din rația ei, dar include și păsările acvatice și cele domestice. În anii când populațiile de microtine sunt numeroase, vulpea consumă la o masă până la 15 – 20 de animale [22].

Cercetările privind stabilirea caracteristicii epidemiologice a parazitofaunei la *V. vulpes* cu precizarea rolului lor în transmiterea speciilor parazitare în lanțul zoonotic și epizootic au început cu evaluarea populației de vulpi după numărul vizuinilor reproductive în perioada de primăvara, în rezultatul cărora s-a constatat un efectiv reproductiv de peste 30 000 de specimene (20,3 mii în agrocenoze, 4,6 mii în ecosisteme silvice și 5,3 mii în localități), ceea ce constituie 14 – 16 indivizi/1000 ha. Efectivul se menține la nivelul anului precedent (2022), dar este depășit de 7 – 8 ori de normele ecologice (1 – 2 vulpi/1000 ha.) Analizând trendul populației de vulpi în ultimele decenii, constatăm o creștere numerică evidentă în perioada caniculară a anilor 2007-2012, urmată de o scădere a efectivelor în ultimii ani și o tendință de ușoară descreștere în viitorii ani (fig.1). Concentrarea vulpilelor în ecosistemele împădurite și în localități, este o adaptare ecolog-etologică cauzată de factorul trofic și factorul de stabilitate caracteristic acestor ecosisteme.

Fig. 1. Dinamica numerică a efectivelor de *Vulpes vulpes*.



Datorită unui spectru larg de relații trofice cu o diversitate mare de specii gazde, vulpea are un schimb activ de paraziți cu multe animale sălbatice și domestice, motiv pentru care are un rol important în menținerea stabilității funcționale a focarelor naturale de boli parazitare și răspândirea unui număr mare de invazii zoonotice [23, 24].

Datele menționate anterior au servit premisa investigațiilor parazitologice privind studiul diversității profilului parazitare la vulpi și au pus în evidență mai multe specii de paraziți. Din clasa Sporozoa s-a identificat specia *Isoospora canis* cu prevalența de 14,3% și intensitate de 2-8 oocisturi. Clasa Trematoda este reprezentată de specia *Alaria allata* cu prevalența de 51,0% și intensitatea de 1-2 ouă. Din clasa Cestoda s-a identificat *Mesocestoides lineatus* cu prevalența de 21,7% și intensitatea de 3-15 ouă și respectiv oncosfere de *Taeniidae* – 27,0%, (3-4 oncosfere). Speciile din clasa Secernentea sunt reprezentate de *Syphacia*

obvelata cu prevalența de 17,0% și intensitatea de 3-4 ouă în câmpul microscopic, respectiv *Strongyloides stercoralis* – 13,3%, (50-100 larve), *Toxocara canis* – 59,0%, (2-5 ouă), *Toxascaris leonina* – 65,5%, (12 ouă), *Ancylostoma caninum* – 8,7%, (1 ou). Invaziile parazitare din clasa Adenophorea sunt reprezentate de *Trichuris vulpis* cu prevalența de 26,1% și intensitatea de 2 ouă în câmpul microscopic, respectiv *Trichuris muris* – 4,4%, (2-3 ouă), *Capilaria hepatica* – 35,0%, (3-4 ouă tranzit). Important este faptul că din totalul de vulpi investigate parazitologic, 100% erau infestate.

Helmintofauna la *V. vulpes* în Republica Moldova, a fost studiată anterior în perioada anilor 1958-1973 și de către O. Andreyko. Autorul descrie la această gazdă mai multe specii de paraziți după cum urmează: clasa Trematoda *Alaria allata* – 28,91%; clasa Cestoda *Dipilidium caninum* 3,71%, *Mesocestoides lineatus* – 59,26%, *Taenia cressiceps* -3,71%; clasa Nematoda *Capillaria plica* – 11,12%, *Thominx aerophilus* – 40,76%, *Trichocephalus vulpis* 3,71%, *Trichinella spiralis* – 7,41%, *Uncinaria stenocephala* – 29,72%, *Toxascaris leonina* – 81,48%, *Toxocara canis* – 40,76% [11]. Comparând rezultatele obținute cu cele precedente constatăm menținerea unui nivel înalt de infestare și o gamă diversă de specii parazitare, care parazitează la om și animalele de interes cinegetic.

Cercetări similare efectuate și în alte țări denotă aceeași situație. Astfel, prevalența paraziților identificați la *V. vulpes* în România a fost pentru: *Eimeria spp.* 20,4%, *Alaria allata* 6,9%, *Mesocestoides lineatus* 31,5%, *Taenia pisiformis* 24,5%, *Dypilidium caninum* 6,0%, *Toxocara canis* 39,4%, *Ancylostoma caninum* 14,81%, *Uncinaria stenocephala* 10,2%, *Pterigodermatites affinis* 6,5%, *Trichocephalus vulpis* 21,8% [25].

Asemenea rezultate sunt descrise și în Ucraina, care pun în evidență la *V. vulpes* mai multe specii parazitare: *Pearsonema plica* 13,2%, *Aonchotheca putorii* 0,6%, *Eucoleus aerophilus* 12,0%, *Trichuris vulpis* 18,8%, *Trichinella spiralis* 0,6%, *Ancylostoma caninum* 0,6%, *Uncinaria stenocephala* 27,1%, *Crenosoma vulpis* 6,2%, *Molineus patens* 3,6%, *Toxascaris leonina* 39,2%, *Toxocara canis* 22,9%, *Spirocercia arctica* 0,6%, *Pterigodermatites affinis* 5,4%, *Heligmosomum costellatum* 0,6%, *Syphacia agraria* 0,6% [26].

Helminți nematozi la *V. vulpes* în Polonia au fost identificați: *Toxocara canis* 30,2% *Toxascaris leonina* 26,3%, *Uncinaria stenocephala* 34,0%, *Trichuris vulpis* 11,9% [27].

Unele cercetări efectuate în Federația Rusă denotă o helminofaună diversă cu prevalență sporită, fiind constituită din 21 de specii parazitare la vulpi: 4 specii din clasa Trematoda (*Alaria allata* – 75,2%, *Opisthorchis felinus* – 11,1%, *Pseudamphistomum truncatum* – 11,1%, *Metorchis bilis* 1,8%), 7 specii din clasa Cestoda (*Taenia hidatigena* – 25,2%, *T. pisiformis* – 1,8%, *T. cressiceps* – 33,3%, *H. taeniaformis* – 25,2%, *Mesocestoides lineatus* – 12,5%, *Dypylidium caninum* – 18,8%, *Alveococcus multilocularis* – 1,8%) și 10 specii din clasa Nematoda (*Toxocara canis* – 90,5%, *T. mystax* – 47,6%, *Toxascaris leonina* – 21,3%, *Uncinaria stenocephala* – 23,2%, *Dirofilaria immitis* – 1,8%, *Capillaria putorii* – 9,5%, *C. plica* – 61,9%, *Eucoleus aerophilus* – 85,7%, *Trichinella nativa* – *Crenosoma vulpis* – 28,6%) [24].

Structura taxonomică a speciilor parazitare identificate la vulpile investigate se încadrează în 5 clase, 10 familii, 11 genuri și cca 12 specii (tab. 1).

Tabelul 1. Structura taxonomică a speciilor parazitare la *Vulpes vulpes*.

Taxoni			
Clase	Familii	Specii	Nr.
Sporozoa	Eimeriidae	<i>Isospora canis</i> (Levine, 1977)	1 specie
Trematoda	Diplostomidae	<i>Alaria allata</i> (Goeze, 1792)	1 specie
Cestoda	Taeniidae	<i>Taeniidae</i> (oncosfere)	cca 2 specii
	Mesocestoididae	<i>Mesocestoides lineatus</i> (Goeze, 1782)	
Secernentea	Oxyuridae	<i>Syphacia obvelata</i> (Rudolphi, 1802)	5 specii
	Strongyloididae	<i>Strongyloides stercoralis</i> (Bavay, 1876)	
	Ascaridae	<i>Toxocara canis</i> (Werner, 1782)	
		<i>Toxascaris leonina</i> (Linstow, 1902)	
Ancylostomatidae	<i>Ancylostoma caninum</i> (Ercolani, 1859)		

Adenophorea	Trichuridae	<i>Trichuris vulpis</i> (Frohlich, 1789)	3 specii
		<i>Trichuris muris</i> (Schrank, 1788)	
	Capilariidae	<i>Capilaria hepatica</i> (Bancroft, 1893)	
Total	5 clase, 10 familii, 11 genuri, cca 12 specii		

Ierarhia helmintofaunei a fost evaluată după nivelul prevalenței, identificând astfel 3 specii (*T. leonina*, *T. canis*, *A. allata*) predominante (65,5 – 51,0%), cca 4 specii (*C. hepatica*, *T. vulpis*, *Taenia spp*, *M. lineatus*) dominante (35,0 – 21,7%), 3 specii (*S. obvelata*, *I. canis*, *S. stercoralis*) subdominante (35,0 – 21,7%) și 2 specii (*A. caninum*, *T. muris*) rar stabilite (8,7 – 4,4%). Rezultatele unor investigații parazitologice din Regiunea Voronej, Federația Rusă, denotă faptul că din totalul de 23 specii identificate la vulpi cele mai răspândite au fost cele din clasa Nematoda (11 specii), apoi de cele din clasa Cestoda (7 specii) urmate de cele din clasa Trematoda (4 specii) și 1 specie din clasa Acanthocephala [24].

Caracteristica evolutivă a paraziților denotă 10 specii care se dezvoltă după modelul monoxen (*I. canis*, *S. obvelata*, *S. stercoralis*, *T. canis*, *T. leonina*, *A. caninum*, *T. vulpis*, *T. muris*, *C. hepatica*), mai multe specii cu ciclul evolutiv dioxen (*Taenia spp.*), 1 specie cu evoluție trixenă (*M. lineatus*) și 1 specie cu ciclul biologic tetraxen (*A. allata*).

Caracteristica nozologică a maladiilor parazitare include 4 categorii de helmintoze: Sporozooze (isosporoza), Trematodoze (alarioza), Cestodoze (mesocestoidoza, tenioza), Nematodoze (sifacioza, strongiloidoza, toxocaroza, toxascarioza, ancilostomoza, trichuroza, capilarioza).

Caracteristica epidemiologică a parazitozoonozelor evidențiază 2 categorii de parazitoze: zoonotice și caracteristice canidelor (tab. 2). Parazitozeele zoonotice sunt provocate de 10 specii parazitare, inclusiv 1 specie din clasa Trematoda (*A. allata*), mai multe specii din clasa Cestoda (*M. lineatus*, *Taenia spp.*), 5 specii din clasa Secernentea (*S. obvelata*, *S. ratti*, *T. canis*, *T. leonina*, *A. caninum*) și 2 specii din clasa Adenophorea (*C. hepatica*, *T. vulpis*), iar 2 specii induc maladii caracteristice canidelor, inclusiv 1 specie din clasa Sporozoa (*I. canis*) și 1 specie din clasa Adenophorea (*T. muris*).

Tabelul 2. Caracteristica epidemiologică a parazitofaunei la *Vulpes vulpes*.

Categoria	Clasa/specii					Total
	Sporozoa	Trematoda	Cestoda	Secernentea	Adenophorea	
Zoonotic	-	<i>A. allata</i>	<i>Taenia spp</i> <i>M. lineatus</i>	<i>S. obvelata</i> <i>S. stercoralis</i> <i>T. leonina</i> <i>T. canis</i> <i>A. caninum</i>	<i>C. hepatica</i> <i>T. vulpis</i>	10 specii (83,3%)
Vulpi	<i>I. canis</i>	-	-	-	<i>T. muris</i>	2 specii (16,7%)

Analizând parazitozeele pe criteriu epidemiologic, constatăm faptul că 10 specii (83,3%) cu răspândire sporită au impact zoonotic cu risc major pentru sănătatea publică, iar toate invaziile identificate (100%) pot parazita și la animalele domestice, inclusiv la fauna de interes cinegetic (fig. 2).

Nivel sporit de infestare cu invazii zoonotice la vulpi de asemenea a fost raportat în Regiunea Voronej, Federația Rusă. Din totalul de 23 de specii parazitare identificate la vulpi, 21 din ele au fost invazii zoonotice: 4 specii din clasa Trematoda (*Alaria allata*, *Opisthorchis felinus*, *Pseudaphistomum truncatum*, *Metorchis bilis*), 7 specii din clasa Cestoda (*Taenia hydatigena*, *T. crassiceps*, *T. pisiformis*, *D. caninum*, *Mesocestoides lineatus*, *Hydatigera taeniaformis*, *Aleveococus multilocularis*) și 10 specii din clasa Nematoda (*Toxocara canis*, *T. mystax*, *Toxascaris leonina*, *Trichinella nativa*, *Dirofilaria immitis*, *Uncinaria stenocephala*, *Capillaria putori*, *C. plica*, *Eucoleus aerophilus*, *Crenosoma vulpis*). Aceste date denotă implicarea a vulpii în vehicularea agenților parazitari zoonotici în biotopurile naturale și antropizate [24].

Parazitozele cu impact zoonotic au o importanță epidemiologică majoră, deoarece agenții parazitari afectează direct sănătatea omului, iar carnivorele sunt gazde definitive sau rezervoare a mai mult de 60 specii parazitare cu impact zoonotic [28,29]. Mulți paraziți gastrointestinali ai canidelor, în special *Toxascaris leonina*, *Ancylostoma caninum*, *Echinococcus granulosus*, *Dipylidium caninum*, *Taenia* spp., sunt încadrați în categoria speciilor cu potențial zoonotic sporit [30,31]. Agenții parazitari zoonotici pot fi repartizați în 4 grupe (*directzoonotici*, *saprozoonotici*, *metazoonotici*, *ciclozoonotici*) [32, 30, 33, 34].

În acest context, caracteristica zoonotică a parazitofaunei la vulpile investigate include 2 specii de paraziți *directzoonotici* (*T. leonina*, *T. canis*), care infectează direct omul prin intermediul animalelor, 5 specii de paraziți *saprozoonotici* (*I. canis*, *A. caninum*, *S. obvelata*, *S. stercoralis*, *T. vulpi*, *T. muris*), care se transmit prin sol sau prin apa contaminată cu forme parazitare, 1 specie paraziți *metazoonotici* (*A. allata*), care infectează omul prin gazde intermediare nevertebrate și mai multe specii de paraziți *ciclozoonotici* (*Taenia* spp, *M. lineatus*, *A. caninum*, *C. hepatica*), care infectează omul prin gazde intermediare vertebrate (tab. 3).

Tabelul 3. Caracteristica zoonotică a parazitofaunei la vulpi.

Categoriile paraziți	Clasa				
	Sporozoa	Trematoda	Cestoda	Secernentea	Adenophorea
Directzoonotici	-	-	-	<i>T. leonina</i> <i>T. canis</i>	-
Saprozoonotici	<i>I. canis</i>	-	-	<i>A. caninum</i> <i>S. stercoralis</i> <i>S. obvelata</i>	<i>T. vulpis</i> <i>T. muris</i>
Metazoonotici	-	<i>A. allata</i>	-	-	-
Ciclozoonotici	-	-	<i>Taenia</i> spp <i>M. lineatus</i>		<i>C. hepatica</i>

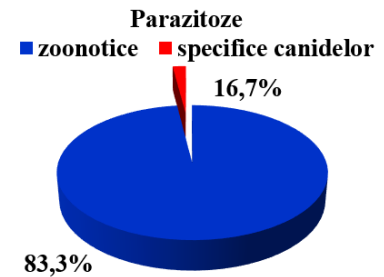
Majoritatea speciilor parazitare de la carnivore sunt zoonotice deoarece câinele și pisica trăiesc împreună cu omul, iar vulpea are tendință de sinantropizare. Pe de altă parte, paraziții antropotici pot fi transmiși de la oameni la animale, cum ar fi *Entamoeba histolytica*, *Clonorchis sinensis*, *Diphyllobothrium latum* și *Trichuris trichiura*. În asemenea condiții se păstrează legătura între gazde, iar ca rezultat se asigură stabilitatea funcțională sistemelor parazit-gazdă [35].

Recent, paraziți direct zoonotici, cum ar fi *Cryptosporidium parvum*, *Toxoplasma gondii*, și *Pneumocystis carinii* au fost identificați la populația umană din zonele endemice ale Republicii Coreea. Paraziți metazoonotici, cum ar fi *Clonorchis sinensis*, *Heterophyes nocens*, *Metagonimus yokogawai*, *Paragonimus westermanii*, *Spirometra* spp., sunt de asemenea răspândiți în rândul persoanelor, care consumă pește sau crabi cruzi de apă dulce în zonele endemice. Paraziți ciclozoonotici, cum ar fi *T. saginata*, *T. solium*, *T. asiatica* au fost predominante la oamenii care consumau carne crudă de bovine sau de porc [35].

Rezultatele cercetărilor proprii denotă faptul că toate speciile parazitare identificate (100%) au impact epizootic, adică pot infecta, atât animalele domestice, cât și cele din fauna sălbatică, motiv pentru care prezintă un pericol eminent pentru patrimoniul cinegetic. Aceste parazitozes provoacă daune economice animalelor domestice, iar faunei sălbatice induc prejudicii considerabile efectivului numeric, inclusiv integrității spectrului de specii principale și complementare care asigură valoarea fondului cinegetic.

Monitorizarea parazitofaunei la vulpi, cu evidențierea rolului epidemiologic, prezintă o importanță majoră pentru prevenirea transmiterii agenților patogeni la animale și om, care sunt implicate în ciclurile evolutive ale paraziților. Rezultatele obținute denotă o diversitate bogată a speciilor parazitare cu prevalență și intensitate sporită. Acest fapt se datorează creșterii considerabile a numărului de vulpi de

Fig. 2. Riscul zoonotic.



cca 7 – 8 ori și plasticității ecologice cu tendință de sinantropizare [22, 9]. Totodată, vulpea are sectoare individuale mari (15 – 20 km) suprapuse pe biotopuri naturale și antropizate, precum și un spectru larg de relații trofice, care presupune un schimb activ și divers de invazii parazitare cu alte specii gazde din fauna sălbatică și cea domestică. În acest context, vulpea poate fi considerată drept componentă ecologică complementară cu rol de rezervor în vehicularea unui număr considerabil de invazii zoonotice în cadrul ecosistemelor naturale și antropizate, dar cu predilecție în zonele de interferență (pășuni, zone de agrement), unde contactează cu animalele agricole (bovine, ovine, caprine, suine) și cele domestice (canide, feline), iar ca rezultat final contribuie la menținerea stabilității funcționale a focarelor naturale.

Astfel, putem afirma că rezultatele obținute în urma investigațiilor parazitologice sunt premiza elaborării procedurilor noi de combatere/diminuare a parazitozelor la canidele sălbatice, în vederea fortificării securității bioecologice și epidemiologice în ecosistemele naturale și antropizate.

Concluzii

1. Evaluarea populației de *Vulpes vulpes* a pus în evidență o densitate de 14 - 16 specimene/1000 ha, comparativ cu densitatea normală de 1-2 indivizi/1000 ha. Sporirea considerabilă a efectivului de vulpi de 7 – 8 ori se datorează plasticității ecologice cu tendință de sinantropizare, cauzate de factorul trofic.

2. Structura taxonomică a parazitofaunei încadrează 12 invazii de parazitare (*I. canis*, *A. allata*, *M. lineatus*, *Taeniidae* spp, *S. obvelata*, *S. stercoralis*, *T. canis*, *T. leonina*, *A. caninum*, *T. vulpis*, *T. muris*, *C. hepatica*), care aparțin la 5 clase, 10 familii, 11 genuri și cca 12 specii. Cota speciilor din clasa Sporozoa este de 8,3%, din clasa Trematoda – de 8,3%, din clasa Cestoda – de 16,7%, din clasa Secernentia – de 41,7% și din clasa Adenophorea – 25,0%.

3. Studiul diversității comunităților de paraziți la vulpile investigate denotă un nivel sporit de infestare cu specii parazitare, care constituie 100%. La toate animalele s-a constatat infestare în diverse asociații poliparazitare.

4. Analizând speciile parazitare pe criteriu epidemiologic, constatăm faptul că 10 specii (83,3%) cu răspândire sporită au impact zoonotic (*A. allata*, *M. lineatus*, *Taenia* spp., *S. obvelata*, *S. ratti*, *T. canis*, *T. leonina*, *A. caninum*, *C. hepatica*, *T. vulpis*) cu risc major pentru sănătatea publică, iar invaziile identificate în totalitate (100%) pot parazita și la animalele domestice, inclusiv la fauna cinegetică.

5. Caracteristica zootica a parazitofaunei include 2 specii de paraziți *directzoonotici* (*T. leonina*, *T. canis*), 5 specii de paraziți *saprozoonotici* (*I. canis*, *A. caninum*, *S. obvelata*, *S. stercoralis*, *T. vulpi*, *T. muris*), 1 specie paraziți *metazoonotici* (*A. allata*) și mai multe specii de paraziți *ciclozoonotici* (*Taenia* spp, *M. lineatus*, *A. caninum*, *C. hepatica*).

6. Monitorizarea parazitofaunei la vulpi, cu evidențierea rolului epidemiologic, prezintă o importanță majoră pentru prevenirea transmiterii agenților patogeni în mod natural între animale vertebrate și om, care sunt implicate în ciclurile evolutive ale paraziților.

Referințe:

1. GHERMAN, C., COZMA, V., MIRCEAN, V., BRUDAȘCĂ, F., RUS, N., DETEȘAN, A. Zoonoze helmintice la specii de carnivore sălbatice din fauna României. *Revista Scientia Parasitologica*, 2002, 3(2), p. 17-21.
2. BURROUGHS, T., KNOBLER, S., LEDERBERG, J. *The Emergence of Zoonotic Diseases: Understanding the Impact on Animal and Human Health-Workshop Summary*. National Academies Press, Washington, DC. 2002.
3. TREVEJO, R. T., BARR, M. C., ROBINSON, R. A. *Important emerging bacterial zoonotic infections affecting the immunocompromised*. *Vet. Res.* 2005, 36: 493-506.
4. KRUSE, H., KIRKEMO, A. M., HANDELAND, K. *Wildlife as source of zoonotic infections*. *Emerg. Infect. Dis.*, 2004, 10: 2067-2072.
5. ПЕТРОВ, Ю. Ф., КРЮЧКОВА, Е. Н., ШАХБИЕВ, Х. Х. *Контаминация объектов внешней среды яйцами и личинками Ancylostoma caninum и Uncinaria stenocephala в европейской части России*. *Российский паразитологический журнал*, 2012, № 1, с. 42-44.
6. ФАДЕЕВА, А. Н., ГОРЧАКОВА, Н. Г. *Паразитарные болезни домашних плотоядных в условиях Нижнего Новгорода*. *Ветеринария*, 2016, №. 6, с. 33-35.

7. ABDI, J., ASADO-LAHI, Kh., MALEKI, M. H., ASHRAFI HAFEZ, A. *Prevalence of Helminthes Infection of Stray Dogs in Ilam Province. J. Paramedical Sciences* (4), 2013, p. 47-50.
8. DALIMI, A., SATTARI, A., MOTAMEDI, G. *A study on intestinal helminthes of dogs, foxes and jackals in the western part of Iran. Veterinary Parasitology*, 2006, 142, p. 129-133.
9. SAVIN A., CAISÎN V., GROSU G. *Dinamica efectivelor și impactul unor prădători în ecosistemele Republicii Moldova. „Actual problems of zoology and parasitology: achievements and prospects”*, international symposium. Chișinău, 2017, p. 403 – 404.
10. OTRANTO, D., DANTAS-TORRES, F., BRIANTI, E., TRAVERSA, D., PETRIC, D., GENCHI, C., CAPELLI, G. *Vector-borne helminths of dogs and humans in Europe. J. Parasites and Vectors*, 2013, 6:16, p. 1-14.
11. АНДРЕЙКО, О. Ф. *Паразиты млекопитающих Молдавии*. Кишинев: ШТИИЦА, 1973, 185 с.
12. CHOUTET, P.; BESNIER, J. M.; BARIN. F. *SIDA actualities en 1993. Med. infect.*, 1994, Vol. 24, p. 6-11.
13. FASAKAS, B. *Toxoplasmoza umană în raza de activitate a Centrului universitar Tg. Mureș, pe perioada 1981-2000. Rev. Rom. Parazitol.*, București, 2000, Vol. X, Nr. 1, p. 43-44.
14. PODAR, C. *Implicații unor factori imunologici, ecologici și sociali în creșterea incidenței parazitozoonozelor. Rev. Rom. Parazitol.*, București, 2001, Vol. XI, Nr. 1, p. 6-9.
15. RUGINA, S., DUMITRU, I., GORUN, E. *Considerații clinice și terapeutice asupra infestației cu Toxocara canis. Rev. Rom. Parazitol.*, București, 2004, Vol. XIV, p. 76.
16. STANCU, M. *Investigații privind criptosporidioza la copii cu diferite afecțiuni. Rev. Rom. Parazitol.*, București, 2001, Vol. XI, Nr. 2, p. 35-36.
17. CONG, W., ZHANG, X.X., ZHOU, N., et al. *Toxocara seroprevalence among clinically healthy individuals, pregnant women and psychiatric patients and associated risk factors in Shandong Province, Eastern China. In: PLoS. Negl. Trop. Dis.*, 2014, nr. 8, p. 3082.
18. ESPINOZA, Y.A., HUAPAYA, P.E., ROLDAN, W.H., et al. *Seroprevalence of human toxocariasis in Andean communities from the Northeast of Lima, Peru. In: Rev. Inst. Med. Trop. Sao Paulo*, 2010, nr. 52(1), p. 31-36.
19. PLĂCINTĂ, Gh. *Toxocaroză: aspecte medico-sociale; manifestări clinico-evolutive; conduită managerială și terapeutică. Teză de doctor habilitat în științe medicale*. Chișinău, 2019, 267 p.
20. КОТЕЛНИКОВ, Г. А. *Гельминтологические исследования животных и окружающей среды*. Москва, 1984, 208 с.
21. MIRCEAN, V., COZMA, V., GYORKE, A. *Diagnostic coproparazitologic în bolile parazitare la animale*. Cluj-Napova, Risoprint, 2011, 344 p.
22. MUNTEANU, A., LOZAN, M. *Lumea animală a Moldovei. Mamifere*. Editura „Știința”, 2004, Vol. 4, p. 74 -75.
23. ROGERS, D. J., RANDOLPH, S. E. *Climate change and vector-borne diseases. J. Advances in Parasitology*. 2006, Vol. 62, p. 345-381.
24. РОМАШОВ, Б. В., НИКУЛИН, П. И. *Гельминтозы диких плотоядных центрального черноземья (Воронежская область): современная гельминтофауна, эпизоотология, мониторинг и профилактические мероприятия (методические положения)*. Воронеж, 2011, 32 с.
25. HORA, F., Ș. *Parazitoze gastrointestinale la vânatul mamifer din vestul României. Teza de doctorat*. Timișoara, 2017, 168 p.
26. VARODI, E. I., MALEGA, A. M., KUZMIN, Y. I., KORNYSUSHIN, V. V. *Helminths of wild predatory mammals of Ukraine. Nematodes. Vestnik zoologii*, 2017, 51(3): 187–202.
27. TYLKOWSKA, A., PILARCZYK, B., TOMZAMARCINIAK, A., PILARCZYK, R. *The prevalence of intestinal nematodes among red foxes (Vulpes vulpes) in north-western Poland. Acta Veterinaria Scandinavica*, 2021, 63:19, p. 1-7.
28. MACPHERSON, C. N., TORGERSON, P. R. *Dogs and Cestode Zoonoses. Dogs, Zoonoses and Public Health*. CABI, Oxon, UK, 2013. Chapter 7, p. 177.
29. KOHANSAL, M.H., FAZAELI, A., NOURIAN, A., HANILOO, A., KAMALI, K. *Dogs’ gastrointestinal parasites and their association with public health in Iran. J. Veterinary Researches*, 2017, 61: p. 189-195.
30. CHEN, J., XU, M. J., ZHOU, D. H., SONG, H. Q., WANG, C. R., ZHU, X. Q. *Canine and feline parasitic zoonoses in China. J. Parasites and Vectors*, 2012. 5: p. 1005-1011.

31. CHAULAGAIN, S., GHIMIRE, L. *Prevalence of gastrointestinal zoonotic helminths in dogs of Kathmandu, Nepal. International Journal of Infection and Microbiology*, 2013. 2: p. 91-94.
32. YOUN, H. *Review of zoonotic parasites in medical and veterinary fields in the Republic of Korea. Korean J. Parasitology*, 2009, Suppl. 47: p. 133-141.
33. OVERGAAUW, P. A., VAN ZUTPHEN, L., HOEK, D., YAYA, F.O., ROELFSEMA, J., PINELLI, E., VAN Knapen, F., KORTBEEK, L. M. *Zoonotic parasites in fecal samples and fur from dogs and cats in the Netherlands. Veterinary Researches*, 2009, 163: p. 115-122.
34. PERERA, P., RAJAPAKSE, R., RAJAKARUNA, R. *Gastrointestinal parasites of dogs in Hantana area in the Kandy district. J. of the National Science Foundation of Sri Lanka*, 2013, 41: p. 81-91.
35. HEEJEONG, Youn. *Review of Zoonotic Parasites in medical and Veterinary Fields in the Republic of Korea. Korean J Parasitol*, Vol. 47, Supplement: S133-S141, October 2009 DOI: 10.3347/kjp.2009.4. S133.

Notă: Cercetările au fost efectuate în cadrul Proiectelor Programelor de Stat:

- 20.80009.7007.12, „Diversitatea artropodelor hematofage, a zoo- și fitohelminților, vulnerabilitatea, strategiile de tolerare a factorilor climatici și elaborarea procedeelelor inovative de control integrat al speciilor de interes socio-economic”;

- 20.80009.7007.02 „Schimbări evolutive ale faunei terestre economic importante, ale speciilor rare și protejate în condițiile modificărilor antropice și climatice”.

Date despre autor:

Oleg CHIHAI, cercetător științific coordonator, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător, Institutul de Zoologie.

E-mail: olegchihai@yahoo.com

Tel.: 079423208

ORCID: 0000-0002-5881-0722

Anatol SAVIN, cercetător științific coordonator, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător, Institutul de Zoologie.

E-mail: savin.an1948@mail.ru

ORCID: 0009-0004-6933-4196

Victoria NISTREANU, cercetător științific coordonator, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător, Institutul de Zoologie.

E-mail: vicnistreanu@gmail.com

ORCID: 0000-0002-9726-9684

Alina LARION, cercetător științific coordonator, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător, Institutul de Zoologie.

E-mail: alinalarion68@gmail.com

ORCID: 0000-0002-9726-9684

Ștefan RUSU, cercetător științific coordonator, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător, Institutul de Zoologie.

E-mail: rusus1974@yahoo.com

ORCID: 0000-0002-3204-5436

Nina TĂLĂMBUȚĂ, doctor în științe biologice, conferențiar universitar, Universitatea Liberă Internațională din Moldova.

E-mail: ntalambuta@ulim.md

ORCID: 0000-0003-3740-4335

Maria ZAMORNEA, cercetător științific coordonator, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător, Institutul de Zoologie.

E-mail: mariazamornea@gmail.com

ORCID: 0000-0001-8987-3390

Galina MELNIC, cercetător științific, doctor în științe biologice, Institutul de Zoologie.

E-mail: galina.melnic@gmail.com

Diana COȘCODAN, doctor în științe biologice, conferențiar universitar, Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă”, Chișinău, Republica Moldova

E-mail: coscodan.d@gmail.com

ORCID: 0000-0001-9099-056X

Prezentat la 10.10.2023

CZU: 631.48:631.8

[http://doi.org/10.59295/sum6\(166\)2023_9](http://doi.org/10.59295/sum6(166)2023_9)

**AGROGENEZA CERNOZIOMICĂ:
MANIFESTĂRI ÎN STAREA FIZICĂ A CERNOZIOMURILOR ARABILE
DIN SPAȚIUL DINTRE PRUT ȘI NISTRU**

*Gheorghe JIGĂU, Boris TURCHIN, Sergiu DOBROJAN,
Galina DOBROJAN, Iurie MOȘOI, Angela STADNIC,*

Universitatea de Stat din Moldova

Nistor BOLOCAN,

Institutul de Microbiologie și Biotehnologie, Universitatea Tehnică a Moldovei

Viorel BOTNARU, Anatolie FALA

Asociația Națională de Dezvoltare Rurală (ACSA)

Sporirea presingului factorilor tehnoprogeni asupra cernoziomurilor arabile, în condiții de intensificare a gradului de continentalitate a climatului solului indusă de schimbarea climei, pe fond de reducere unidirecțională a rolului factorului biologic în pedogeneza cernoziomică antropo-naturală a implicat o fază nouă în evoluția acesteia în cadrul căreia rolul decisiv revine degradării fizice. Aceasta se distinge prin modificări semnificative a proceselor cernoziomice tipogenetice: a) formarea și acumularea humusului; b) agregarea-structurarea masei solului.

În cadrul procesului complex de descompunere-transformare a materiei organice proaspete se reduce ponderea procesului de formare și de acumulare a humusului și sporește ponderea procesului de mineralizare.

În aceste condiții se reduce semnificativ rolul proceselor biocoagulaționale de agregare-structurare a masei solului. În schimb sporește ponderea proceselor termocompresionale și fizico-mecanice în evoluția sistemului agregatic al cernoziomurilor arabile. Aceasta conduce la perturbarea funcționalității sistemului pedofuncțional [sistem humic] ↔ [sistem agregatic] manifestată în reducerea sensului și intensității proceselor de reproducere a pedogenezei cernoziomice și fertilității naturale a cernoziomurilor arabile. În faza actuală a pedogenezei cernoziomice antropo-naturale agrogeneza se manifestă în atenuarea deosebirilor la nivelul taxonomic de subtip.

Cuvinte-cheie: *antropo-naturale, degradare fizică, pedogeneză, sistem humic, sistem agregatic.*

**AGROGENESIS: MANIFESTATIONS IN THE PHYSICAL STATE OF THE
ARABLE CHERNOZEMS IN THE AREA BETWEEN PRUT AND DNIESTER**

Increasing the pressure of techno-anthropogenic factors on arable chernozems, in conditions of intensification of the degree of continentality of the soil climate induced by climate change, against the background of unidirectional reduction of the role of the biological factor in the anthropo-natural chernozem pedogenesis, involved a new phase in its evolution in which the decisive role belongs to physical degradation. It is distinguished by significant changes in typogenetic chernozemic processes: a) formation and accumulation of humus; b) aggregation-structuring of the soil mass.

Within the complex process of decomposition-transformation of fresh organic matter, the weight of the humus formation and accumulation process is reduced and the weight of the mineralization process is increased.

Biocoagulation processes of aggregation-structuring of the soil mass is significantly reduced. Instead, it increases the share of thermocompression and physical-mechanical processes in the evolution of the aggregate system of arable chernozems. This leads to the disruption of the functionality of the pedofunctional system [humic system] ↔ [aggregatesystem] manifested in the reduction of the meaning and intensity of the reproductive processes of chernozemous pedogenesis and the natural fertility of arable chernozems. In the current phase of cernoziomic pedogenesis, anthropo-natural agrogenesis manifests itself in the attenuation of differences at the subtype taxonomic level.

Keywords: *anthropo-natural, physical degradation, pedogenesis, humic system, aggregate system.*

Introducere

Procesele de evoluție agrogenă a cernoziomurilor arabile în majoritatea cazurilor sunt examinate doar ca rezultat al intensificării unor procese de degradare a solurilor și al dezvoltării unor procese induse de utilizarea agricolă, în special de lucrarea acestora fără a fi luată în calcul evoluția ambianței pedogenetice determinată de acțiunea intercalată a factorilor naturali și celor tehnantropici manifestată în regimurile pedogenetice (hidric, de aerăție, termic) și pedofuncționale (aerohidric, hidrotermic, de oxido-reducere, biologic). În acest context într-un șir de publicații anterioare evoluția agrogenă a cernoziomurilor arabile este examinată prin prisma triadei neodocueaeviste (factori → procese elementare → sol (funcții)) cu luare în calcul a evoluției regimurilor pedogenetice și pedofuncționale ca urmare a modificării ambianței pedogenetice externe (determinată în primul rând de schimbările climatice) și celei interne determinată de degradarea fizică [1, 2].

Cu referire la acest subiect P. N. Berezin și I. I. Gudima consideră că degradarea agrogenă a structurii solului (responsabilă de regimurile pedogenetice și pedofuncționale) este factorul care determină degradarea cernoziomurilor arabile la nivelele ierarhice superioare (morfon, orizont, pedon) de organizare structural-funcțională a ecosistemului solului [3], iar A. G. Bondarenco și I.V. Kuznețova că anume degradării fizice a solurilor îi revine un rol „prioritar” printre principalele forme de degradare a cernoziomurilor arabile [4].

Cercetările noastre mai recente au arătat că etapa actuală de evoluție a pedogenezei cernoziomiceantropo-naturală în condiții de schimbare a climei și de reducere unidirecționată a rolului factorului biologic degradării fizice îi revine rolul decisiv în evoluția acesteia [5].

Material și metodă

Cadrul conceptual-metodologic al prezentelor cercetări este asigurat de principiul unității procesului pedogenetic cernoziomic în regim natural și în regim antropo-natural. În acest context evoluția cernoziomurilor din spațiul dintre Prut și Nistru în regim antropo-natural este determinată de complexul de procese tipogeneticecernoziomice: formarea și acumularea humusului; agregarea-structurarea-masei solului; migrarea carbonaților. În același timp, în condiții de sporire unidirecționată a presingului degradării fizice asupra sensului și intensității proceselor tipogenetice în cernoziomurile arabile ale spațiului dintre Prut și Nistru s-a instaurat un trend unidirecționat de atenuare a deosebirilor pedogenetice la nivel de subtipu [6] manifestate în identitatea cantitativă și calitativă a proceselor tipogeneticecernoziomice [7, 8].

Prezenta lucrare este elaborată în baza sistematizării cercetărilor desfășurate în perioada 2016-2018 în cadrul Programului „Agricultura Competitivă în Moldova” în 12 raioane pedogeografice din (14) ale spațiului dintre Prut și Nistru (alcătuirea structural-agregatică) și SRL „SCHIT-AGROMEX” r-nul Criuleni (studierea sistemului humic).

Analiza structural-agregatică a fost evaluată prin metoda Savvinov, iar conținutul și alcătuirea sistemului humic prin metoda I. V. Tiurin [9].

În scopul evaluării alcătuirii și dinamicii sistemului agregatic al cernoziomurilor probele de sol au fost recoltate la începutul și la sfârșitul perioadei de vegetație (120 profile x 3 probe = 360 de probe). Probele pentru evaluarea sistemului humic au fost recoltate în luna mai (când intensitatea procesului de humificare

Rezultate și discuții

Prin prisma conceptului biofizic al pedogenezei evoluția agrogenă a cernoziomurilor arabile este examinată ca produs al funcționării interdependente și interdeterminate a sistemului pedofuncțional [sistem humic] ↔ [sistem agregatic] constituit la scara pedologică a timpului [10,11,12].

Încadrarea cernoziomurilor în circuitul agricol cu toate efectele aferente (substituirea vegetației naturale cu agrofitecenoze, „distrugerea” stratului de „litieră de stepă” și celui de detritumifer (orizontul înțelenit), intensificarea gradului de aerăție a stratului arabil ș. a.) au condus la modificarea componenței și volumului circuitului substanțelor organice și biofile în soluri.

În același timp, modificări semnificative suferă atât regimurile pedogenetice, cât și cele pedofuncționale.

Modificările specificate se răsfrâng asupra componenței și activității biotei solului, precum și a proceselor determinate de aceasta, în primul rând a raportului dintre procesele de humificare și cele de mineralizare a materiei organice proaspete în favoarea mineralizării.

Ca urmare, în cernoziomurile arabile se instaurează un trend unidirecționat de reducere a rezervelor de humus și de fulvatizare a acestuia (Tab.1).

În acest context, considerăm că anume reducerea ponderii proceselor de humificare în cadrul procesului integrat de descompunere-transformare a materiei organice proaspete este unul din principalii factori care determină reducerea rezervelor de humus în cernoziomurile arabile.

Un alt factor important este mineralizarea fracțiunii de „humus inert” ca urmare a deficitului de azot în soluri procesul fiind favorizat de sporirea gradului de aerație a stratului agrogen și a celui subiacent ca urmare a modificării regimului aerohidric, pe întreaga grosime a stratului pedogenetic activ, în sensul intensificării proceselor de oxidare.

Ca urmare procesul de dehumificare nu se limitează doar la stratul agrogen și este în trend de extindere pe profilul solului.

Din datele prezentate în tabelul 1 constatăm că în solurile nelucrate (fâșie de pădure) conținutul total de carbon organic (2,68%) este cu 0,70% mai mare decât în cernoziomul cu grad scăzut de supracultivare și cu 0,98% mai mare decât în cel cu grad moderat de supracultivare. În cernoziomul cu grad puternic de supracultivare conținutul total de carbon organic este cu 1,36 % mai mic decât în cel nelucrat.

În același timp, conținutul de carbon al rezidului nehidrolizat, practic, nu suferă modificări. Aceasta ne permite să concludem ca modificările în alcătuirea humusului a cernoziomurilor arabile, menționate mai sus, sunt determinate de particularitățile procesului de pedogeneză agrogenetică în condiții induse de acțiunea intercalată a degradării fizice și schimbărilor climatice.

Tabelul 1. Alcătuirea sistemului humic al cernoziomurilor tipice moderat humifere (strat 0-30 cm) în diverse condiții de utilizare.

Mod de utilizare	Conținut de carbon, %											Cah Caf
	total	acizi huminici				acizi fulvinici					reziduu nehidrolizat	
		AH ₁	AH ₂	AH ₃	Suma	AF _{1a}	AF ₁	AF ₂	AF ₃	Suma		
Fâșie de pădure	2,68	11,8	27,5	3,9	43,2	1,9	6,7	15,2	2,8	26,5	30,3	1,63
Arabil slab supracultivat	1,98	14,0	19,7	6,2	39,9	6,6	7,9	10,0	4,8	29,3	30,5	1,37
Arabil moderat supracultivat	1,70	14,7	17,8	4,6	37,1	7,6	8,6	10,9	4,4	31,5	31,4	1,18
Arabil puternic supracultivat	1,32	14,9	18,1	4,6	37,6	7,8	8,8	9,8	4,9	31,3	31,1	1,21

Modificarea alcătuirii și funcționării sistemului humic al cernoziomurilor a condus la perturbarea interacțiunilor interdependente și interdeterminate dintre sistemul humic și cel structural-agregatic ([sistem humic ↔ sistem agregatic]) al cernoziomurilor manifestată în degradarea mecanismelor de reproducere a structurii cernoziomice exprimată în parametrii cantitativi și calitativi ai sistemului agregatic al cernoziomurilor arabile (Tab. 2).

Din datele prezentate în tabelul 2 constatăm un grad mare de variabilitate pe parcursul perioadei de vegetație a conținutului de agregate > 10 mm și 10-5 mm care favorizează sporirea gradului de aerație a stratului pedogenetic activ și dezvoltarea proceselor de mineralizare a substanțelor organice.

În acest context, menționăm că chiar și la începutul perioadei de vegetație deși conținutul de agregate agronomic valoroase (0,25-10,0 mm) este preponderent relativ bun în componența lor predomină agregatele > 5 mm. Conținutul de agregate „cernoziomice” este preponderent nesatisfăcător.

Pe parcursul perioadei de vegetație starea structural-agregatică a solurilor evoluează în sensul reducerii conținutului de agregate agronomic valoroase (0,25-10 mm) și celor „cernoziomice” (5-1 mm).

Tabelul 2. Dinamica parametrilor stării structural-agregative a cernoziomurilor spațiului dintre Prut și Nistru pe parcursul perioadei de vegetație (strat agregatic).

Sorul cultura	Sistem de lucrare	Adâncimea, cm	Termeni de recoltare a probelor									
			La începutul perioadei de vegetație					La sfârșitul perioadei de vegetație				
			Conținutul de agregate, %									
			> 10 mm	10 - 0,25 mm	5 - 1 mm	3 - 0,25 mm	< 0,25 mm	> 10 mm	10 - 0,25 mm	5 - 1 mm	3 - 0,25 mm	< 0,25 mm
Cernoziom carbonatic Porumb	Arătură	0-20	4,1	89,6	55,9	53,2	6,3	6,9	83,3	47,1	51,3	9,8
		20-40	10,1	87,9	50,5	33,3	2,0	29,8	66,5	33,5	23,1	3,7
		40-60	11,8	86,3	60,6	41,9	1,9	14,4	83,4	49,3	30,9	2,2
	Afânare adâncă (35-40 cm)	0-20	17,8	83,0	45,8	43,3	5,2	26,8	69,7	39,6	40,4	3,5
		20-40	21,8	77,1	38,3	21,0	1,1	29,8	69,5	37,4	18,7	0,7
		40-60	15,3	82,8	50,8	31,5	2,0	16,9	83,5	47,4	23,8	0,5
Cernoziom tipic slab humifer Rapiță de toamnă	Afânare adâncă (35-40 cm)	0-20	17,8	80,1	50,0	42,9	2,2	10,7	87,0	50,6	41,0	2,3
		20-40	26,8	72,2	34,3	19,9	1,0	32,7	65,7	38,0	25,8	1,5
		40-60	31,3	67,9	38,9	23,6	1,0	21,0	78,0	47,9	27,6	0,7
	Combinat (rotațional)	0-20	40,9	58,5	23,5	15,1	0,8	12,8	83,0	52,8	53,3	4,2
		20-40	29,6	69,6	33,4	18,0	0,8	35,6	63,2	28,6	17,6	1,2
		40-60	33,5	65,3	38,6	26,7	1,2	23,4	75,3	38,3	26,1	1,3
Cernoziom tipic moderat humifer grâu de toamnă	Afânare adâncă (35-40 cm)	0-20	45,3	53,4	25,1	18,1	1,3	9,5	81,5	40,6	37,8	9,0
		20-40	21,6	77,2	38,0	22,6	1,2	19,1	76,3	46,6	43,0	4,7
		40-60	15,3	82,7	43,5	31,5	1,4	18,4	76,7	41,3	31,8	4,9
	Combinat (rotațional)	0-20	21,7	70,4	30,3	37,4	7,7	10,1	78,9	43,7	58,8	10,9
		20-40	17,8	79,5	46,6	36,3	2,7	18,1	78,9	50,6	37,5	3,0
		40-60	32,6	65,5	31,6	22,2	1,9	14,9	83,7	43,7	22,5	1,5
Cernoziom levigat grâu de toamnă	Afânare superficială	0-20	8,8	85,7	53,6	52,8	5,6	22,4	69,7	48,2	37,4	7,8
		20-40	3,2	95,6	59,9	35,2	1,2	22,4	89,7	48,2	25,4	3,1
		40-60	19,3	79,9	44,3	26,1	0,8	15,2	83,4	43,0	26,9	1,4
	Combinat	0-20	7,0	89,0	52,5	48,7	4,0	14,7	78,8	43,0	47,6	6,5
		20-40	10,8	89,1	37,6	12,8	0,2	23,0	76,3	43,5	23,2	0,7
		40-60	7,4	91,9	42,9	17,9	0,7	10,1	89,0	45,2	24,2	0,9

Din datele prezentate în tabelul 2 constatăm un grad mare de variabilitate pe parcursul perioadei de vegetație a conținutului de agregate > 10 mm și 10-5 mm care favorizează sporirea gradului de aerație a stratului pedogenetic activ și dezvoltarea proceselor de mineralizare a substanțelor organice.

În acest context, menționăm că chiar și la începutul perioadei de vegetație deși conținutul de agregate agronomice valoroase (0,25-10,0 mm) este preponderent relativ bun în componența lor predomină agregatele > 5 mm. Conținutul de agregate „cernoziomice” este preponderent nesatisfăcător.

Pe parcursul perioadei de vegetație starea structural-agregativă a solurilor evoluează în sensul reducerii conținutului de agregate agronomice valoroase (0,25-10 mm) și celor „cernoziomice” (5-1 mm).

În baza celor expuse considerăm că în condiții de agrogenză în cernoziomurile arabile în cadrul unui trend unidirecțional de debiologizare-dehumificare a materiei de bază a solului evoluția sistemului agrega-

tic este determinată de procesele mecanice-termocompresionale și fizico-mecanice materializate în metastructurarea masei solului cu formarea de agregate > 5 mm și reducerea cantității agregatelor de origine bio-coagulațională (5-1 și 3-0,25 mm). Aceasta conduce la instaurarea în soluri a unei ambianțe hidrotermice și aerohidrice care favorizează mineralizarea materiei organice proaspete în defavoarea procesului de formare și de acumulare a humusului. În același timp, acestea favorizează procesele de mineralizare a „humusului inert”, însoțit de reducerea stabilității agregatice, conținutul de agregate hidrostabile alcătuind sub 50%, ponderea majoră revenind agregatelor 2-0,25 mm. conținutul de agregate $< 0,25$ mm alcătuiește $> 50\%$.

Sensul și intensitatea proceselor cernoziomice în cernoziomurile arabile implică concluzia că acestea reprezintă formațiuni antro-po-naturale evoluția cărora este determinată de modificările radicale produse în componența resurselor bioenergetice manifestate în regimul humusului și alcătuirea profilului humifer.

Modificările specificate sunt cauzate de dereglarea, în condiții de agrofitecenoze, a cvasiechilibrului în sistemul „factori-sol”, acestea fiind genetic determinate.

Principalii factori care cauzează transformarea profilului humifer sunt:

- substituirea biocenozelor naturale cu agrofitecenoze manifestată în reducerea cantității de resturi vegetale încadrate în pedogeneza cernoziomică antro-po-naturală;
- modificarea perioadelor și dinamicii de depozitare a resturilor vegetale în sol, calității acestora și ponderii mici a resturilor radiculare și a celor leguminoase în componența lor;
- necoincidența în profilul solului a stratului de depunere a resturilor vegetale și celui cu activitate biologică maximală;
- aridizarea ambianțe ibioaerohidrice și biohidrotermice pe întreaga grosime a stratului bio-pedo-genetic activ;
- sporirea ponderii microorganismelor care intensifică procesele de mineralizare în cadrul procesului integral de transformare-descompunere-humificare a resturilor vegetale dar și a humusului manifestate în sporirea conținutului de substanțe humice mobile;
- modificarea profilului agregatic manifestată în sporirea volumului porilor de aeratie pe întreaga grosime a stratului bio-și pedo-genetic activ și intensificarea proceselor de mineralizare a substanțelor organice, inclusiv a humusului nou - format atât în orizontul humuso-acumulativ, cât și în cel de tranziție;
- reducerea în timp a intensității procesului de humificare și a cantității de humus produsă cauzată de micșorarea cantității de resturi vegetale produse ca urmare a reducerii fertilității naturale a cernoziomurilor arabile;
- perturbarea și discontinuitatea procesului de humificare cauzat de lucrările solului pe parcursul perioadei bio-și pedo-genetic active;
- redistribuirea humusului în profilul solurilor sub acțiunea arăturii și afânării adânci;
- sporirea pierderilor de humus cu eroziunea cu apă și vântul.

Procesele de dehumificare specificate nu se limitează la stratul arabil și se extind în orizontul AmBm și cel de tranzițieBm. În același timp, însă, procesele de reproducere a rezervelor de humus se limitează, preponderent, la stratul arabil. În orizonturile subiacente, ca urmare a reducerii cantității de resturi organice se produc cantități nesemnificative de humus care în măsură mică compensează cantitățile de humus mineralizate.

În același timp, se reduc, semnificativ, cantitățile de substanțe humice eluviate din stratul arabil în cele subiacente.

Ca urmare, în orizonturile subiacente se instaurează un bilanț pronunțat necompensat al humusului.

În acest sens, în funcție de regimul humusului profilul humifer al cernoziomurilor arabile se divizează în două straturi: a) arabil cu regim și bilanț cvasiechilibrat al humusului corespunzător condițiilor biohidrotermice și bioaerohidrice induse de agrogeneză și b) subarabil-cu bilanț necompensat-regresiv ca urmare a mineralizării humusului.

Aceasta conduce la concluzia ca în condiții de agrogeneză profilul progresiv-acumulativ al cernoziomurilor este substituit cu profil regresiv-acumulativ, iar trendul acestor modificări poartă caracter unidirecționat cu trăsături specifice în funcție de subtipul solului.

Cu modificări minimale ale profilului humifer se caracterizează cernoziomurile tipice moderat humifere care au grad sporit de stabilitate a acestuia asigurat de stabilitatea complexului adsorbativ al solului și, respectiv, al complexului coloidal organo-mineral.

Mai la nord de acestea (cernoziomurile levigate și cele argilo-iluviale) stabilitatea profilului humifer se reduce ca urmare a gradului mai redus de saturare a complexului adsorbativ al solului cu baze și, respectiv, a complexului coloidal organo-mineral manifestată în sporirea gradului de migrare a substanțelor humice.

Redistribuirea acestora este favorizată de predominarea curenților descendente de apă în condiții de regim hidric periodic percolativ.

În cernoziomurile din zona de sud (carbonatice și tipice slab humifere) reducerea rezervelor de humus este determinată de cantitatea mică de resturi vegetale încadrată în pedogeneză, predominarea procesului de mineralizare în cadrul procesului integral de transformare-descompunere-humificare a resturilor organice, aridizarea ambianței bioaerohidrice și biohidrotermice a stratului bio-și pedo-genetic activ.

Fertilizarea organică bazată pe administrarea sistematică a îngrășămintelor organice conduce doar la atenuarea procesului de mineralizare a humusului, dar nu se atestă sporirea conținutului acestuia, el rămânând sub nivelul cernoziomurilor arabile și celor întreținute în regim de pârloagă.

Utilizarea doar a fertilizării minerale fără sporirea resurselor bioenergetice conduce la intensificarea procesului de mineralizare a humusului și sporirea mobilității acestuia.

În pofida modificărilor menționate profilul morfogenetic al cernoziomurilor arabile păstrează trăsăturile de bază moștenite de la etapa preagricolă. În același timp, însă, funcționarea acestora în condițiile specifice mai sus implică concluzia transformării în timp și a profilului morfogenetic.

Elemente ale acesteia, deja, se constată în particularitățile orizontului arabil manifestate în funcționarea sistemului pedofuncțional [sistem bioenergetic]↔[sistem agregatic], regimurile aerohidric și hidrotermic și însușirile hidrofizice aferente acestuia. Rolul decisiv în funcționarea acestuia revine conținutului de substanțe organice, în special conținutului de humus.

În contextul proceselor expuse menționăm că mai mult de 80% din suprafața cernoziomurilor arabile din spațiul dintre Prut și Nistru sunt afectate de procesele de supracultivare, de dehumificare și de dezagregare-destructurare. Acestea se disting prin trăsături care se detașează substanțial de analogii naturali. Mai pronunțate acestea se manifestă în orizontul arabil. În pofida acestui fapt, în cadrul prospecțiunilor pedologice pentru indexarea acestora este aplicat indexul Am (orizont humuso-acumulativ molic).

Tabelul 3. Gradații de indexare diferențiată a orizonturilor arabile a cernoziomurilor arabile din spațiul dintre Prut și Nistru.

Orizont	Conținut de humus, %	Bilanțul humusului	Intensitatea proceselor bioacumulative	Grad de structurare	Stabilitatea agregatică
Agrocernic (AN)	> 6	pozitiv	Înaltă	Excelent	Excelent
Agromolic (AM)	5-6	pozitiv/echilibrat	Sporit	Foarte bună	Foarte bună
Agrohomic	4-5	echilibrat	Mare	Bună	Bună
Agroumbic	3-4	dezechilibrat	Moderat/slab	Moderat	Moderată
Agrogreic	2-3	puternic dezechilibrat	Slab	Scăzut	Scăzută
Agrocenușiu	< 2	extrem de negativ	Negativ	Foarte scăzut	Foarte scăzută

Concluzii

Perturbarea agrogenă a funcționalității interdependente și interdeterminate a sistemului pedofuncțional [sistem humic] ↔ [sistem agregatic] constituită la scara pedologică a timpului conduce la metastructurarea masei solului cu formarea, preponderentă, de agregate care favorizează procesele de mineralizare a materiei organice proaspete și a „humusului inert”. În aceste condiții în cernoziomurile arabile se instaurează un trend unidirecționat de reducere a intensității proceselor de reproducere a pedogenezei cernoziomice și a fertilității solurilor.

La etapa actuală de evoluție cernoziomurile arabile din spațiul dintre Prut și Nistru sunt în faza de atenuare a deosebirilor la nivel de subtip.

Referințe:

1. ЖИГЭУ, Г. *Теоретические предпосылки факторно-процессного анализа почвообразовательного процесса в Карпато-Понт-Дунайском регионе. // Генеза, география та екологія ґрунтів. Львів, 2003. с. 140-148.*
2. JIGĂU, Gh. *Geneza și fizica solului. – Chișinău: CEP USM, 2009, 164 p.*
3. БЕРЕЗИН, П. Н., ГУДИМА, И. И. *Физическая деградация почв: параметры состояния // Почвоведение, 1994, № 11, с. 67–70.*
4. БОНДАРЕВ, А. Г., КУЗНЕЦОВА, И. В. *Проблемы деградации физических свойств почв России и пути ее решения // Почвоведение, 1999, №9, с. 1126-1131.*
5. JIGĂU, Gh., LEȘANU, M. *Reabilitarea ecologică a terenurilor agricole. Chișinău: Tipografia „BonsOffices”, 2021, 200 p.*
6. JIGĂU, GH. *Cernoziomurile spațiului pridanubian: evoluție, trenduri, management sustenabil // Scientific Conference „Eastern European Chernozems – 140 years after V. Dokuchaev”, Chișinău, Moldova, 2-3 octombrie 2019, CEP USM. CZU: 631.43551.243. p. 360-376.*
7. JIGĂU, Gh., LEȘANU, M., BÂRSAN, A. *Trenduri de evoluție a cernoziomurilor: factori și soluții tehnologice de adaptare // Conferința științifică consacrată jubileului de 90 de ani din ziua nașterii academicianului Boris Melnic. Chișinău: CEP USM, 2018, p. 251-255.*
8. ЖИГЭУ, Г. *Эволюция почвообразующей среды и черноземов Придунайского региона в условиях сельскохозяйственного освоения // Эволюция почвенного покрова. Пущино, 2009, с. 261-264.*
9. ГАНЖАРА, Н. Ф., БОРИСОВ, Б. А., БАЙБЕКОВ, Р. Ф. *Практикум по почвоведению. Москва. Агроконсалт, 230 с.*
10. JIGĂU, Gh., STADNIC, A., TURCHIN, B., PLĂCINTĂ, N., LEȘANU, M., BORȘ, N. *Criterii de evaluare a cernoziomurilor arabile în condiții induse de agrogeneză și schimbările climatice // Diferențieri teritoriale ale învelișului pedologic din Regiunea de Nord-Est a României. Iași: Editura Universității „Alexandru Ioan Cuza”, 2021. p. 221-229.*
11. ЖИГЭУ, Г., ТУРКИН, Б., ЧОЛАКУ, Т., ПЛЭЧИНТЭ, Н., СТАДНИК, А. *Антропогенная трансформация почвообразования и плодородия Придунайских Чернозёмов в системе агроценозов // Международная научная конференция, посвященная 90 летнему юбилею со дня основания института, «Агрофизический институт: 90 лет на службе земледелия и растениеводства», Санкт-Петербург, 14-15 апреля 2022, с. 574-582.*
12. JIGĂU, Gh., DOBROJAN, S., DOBROJAN, G., TURCHIN, B., CHIRIȚĂ, E., DRUȚĂ, A., GABERI, V., BOLOCAN, N. *Sănătatea solului și criterii de evaluare prin prisma conceptului biofizic al pedogenezei // Studia Universitatis Moldaviae, 2023. nr. 1(171), p. 164-172.*

Date despre autori:

Gheorghe JIGĂU, doctor în biologie, conf. univ., cercetător științific, coordonator LCȘ „Procese pedogenetice”, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: gheorghe.jigau@gmail.com

ORCID: 0000-0002-4778-2105

Boris TURCHIN, cercetător științific, LCȘ „Procese pedogenetice”, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: siropcik@mail.ru

Sergiu DOBROJAN, doctor în biologie, conf. univ., cercetător științific principal, LCȘ „Algologie Vasile Șalaru”, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: sergiudobrojan84@yahoo.com

ORCID: 0000-0003-0040-5836

Galina DOBROJAN, master, cercetător științific, LCȘ „Algologie Vasile Șalaru”, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: galinadobrojan87@gmail.com

Iurie MOȘOI, cercetător științific, LCȘ „Procese pedogenetice”, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: iontalmaci@mail.ru

ORCID:

Angela STADNIC, cercetător științific, LCȘ „Procese pedogenetice”, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: angela.stadnic@mail.ru

ORCID:

Nistor BOLOCAN, cercetător științific, Institutul de Microbiologie și Biotehnologie, UTM.

E-mail: ninafrunză@mail.ru

ORCID:

Viorel BOTNARU, Asociația Națională de Dezvoltare Rurală (ACSA).

E-mail: info@infobiz.md

ORCID:

Anatolie FALA, Asociația Națională de Dezvoltare Rurală (ACSA).

E-mail: fala33anatol@yahoo.com

ORCID:

Prezentat la 18.10.2023

CZU: 632.5:633.854.78

[http://doi.org/10.59295/sum6\(166\)2023_10](http://doi.org/10.59295/sum6(166)2023_10)

**INFLUENȚA HOLOPARAZITULUI *OROBANCHE CUMANA* WALLR.
ASUPRA UNOR TRASĂTURI MORFO-ANATOMICE ȘI FIZIOLOGO-
BIOCHIMICE LA CULTURA *HELIANTHUS ANNUUS L.***

**Maria DUCA, Steliana CLAPCO, Ion BURCOVSCHI,
Rodion DOMENCO, Rodica MARTEA,**

Universitatea de Stat din Moldova

Mihail MACHEDON,

Comisia de Stat pentru Testarea Soiurilor de Plante

Lucrarea prezintă rezultate cu referire la influența angiospermei *Orobanche cumana* Wallr. (lupoaia) asupra recoltei de floarea-soarelui și a unor indici morfo-anatomici și fiziologo-biochimici la un șir de hibrizi de floarea-soarelui sensibili la acțiunea parazitului, în diferite condiții de mediu. Deși gradul de infestare a fost mult mai înalt în condiții favorabile de dezvoltare a culturii, impactul parazitului a fost mai pronunțat pe fundal de secetă. Conform analizei regresionale variația indicilor recolta de floarea-soarelui, talia plantei, suprafața foliară, indicele suprafeței foliare și cantitatea de clorofilă *a* poate fi atribuită intensității atacului cu lupoaie în proporție de 71%, 43%, 38%, 42% și 30%, respectiv. Au fost constatate corelații negative puternice a parametrilor menționați cu intensitatea atacului, după cum urmează $r=-0,68$; $-0,65$; $-0,66$ și $-0,59$.

Cuvinte-cheie: floarea-soarelui, lupoaie, parametri agro-morfologici, secetă, intensitatea atacului.

**THE INFLUENCE OF THE HOLOPARASITE *OROBANCHE CUMANA* WALLR.
ON SOME MORPHO-ANATOMICAL AND PHYSIOLOGICAL-BIOCHEMICAL
TRAITS IN CULTURE *HELIANTHUS ANNUUS L.***

The paper presents results regarding the influence of the angiosperm *Orobanche cumana* Wallr. on the sunflower harvest and some morpho-anatomical and physiological-biochemical parameters in sunflower hybrids susceptible to broomrape, under different environmental conditions. A negative influence of the parasite was revealed, especially on the background of drought, although under the hydric stress the degree of infestation was significantly lower than in the conditions favorable for crop development. According to the regression analysis, the 71%, 43%, 38%, 42% and, respectively, 30% of variation in sunflower harvest, plant height, leaf area, leaf area index and the amount of chlorophyll *a* can be explained by the intensity of the attack of broomrape. Strong negative correlations of the mentioned parameters with the incidence of broomrape were found, as follows: $r=-0.68$; -0.65 ; -0.66 and -0.59 .

Keywords: sunflower, wolfberry, agro-morphological parameters, drought, attack intensity.

Introducere

Angiospermele parazite cuprind un grup divers de plante cu flori, dependente total (holoparazite) sau parțial (hemiparazite) de gazdele lor pentru apă, nutrienți minerali și compuși organici. Efectul paraziților asupra plantelor de cultură variază semnificativ în funcție de particularitățile și tipul de nutriție al acestora, nivelul de rezistență al plantei gazdă, precum și factorii de mediu complimentari. Aceștia sunt capabili să modifice metabolismul gazdei, restructurându-l astfel încât să asigure suplinirea propriilor necesități.

Factorii de stres abiotic, precum stresul hidric, fluctuațiile sau extremele de temperatură, salinitatea, poluanții atmosferici sau pesticidele etc. afectează, în general, viața plantelor, modelează ecosistemele și reduc producția agricolă la nivel global. Aceștia limitează sau modifică creșterea și dezvoltarea plantelor, inclusiv a celor parazite. Astfel, angiospermele holoparazite sunt afectate de secetă atât direct (ca ex. reducerea ratei de germinare sau a creșterii lăstarilor de lupoaie determinate de insuficiența/surplusul de umiditate sau temperaturile joase) [1,2], cât și indirect, prin intermediul plantei gazdă care, fiind subdezvoltată, dispune

de o cantitate redusă de resurse ce ar putea fi preluate de parazit. Factorii de stres abiotic influențează preferințele gazdei și paraziților, mecanismele de apărare și agresivitatea patogenilor, iar interferarea stresului abiotic și celui biotic exercită o presiune suplimentară asupra agriculturii contemporane, mai pronunțată în contextul actualelor schimbări climatice [3,4].

Se consideră că speciile de *Orobanch*, care nu dispun de clorofilă, pot să inducă o intensificare a procesului de fotosinteză a gazdei pentru a compensa cantitatea de compuși organici, sursele de carbon fiind derivate integral din floemul gazdei [5,6]. Însă rezultatele privind influența lupoaiei asupra parametrilor fiziologici și de creștere a plantelor gazde sunt destul de contradictorii. Astfel, datele obținute de Mauromicale și colaboratorii [7] au demonstrat că parazitul *Orobancha ramosa* induce modificări ale procesului de fotosinteză la tomate, determinând scăderea semnificativă (cu cca 40%-67%) a conținutului de clorofilă în frunze și a ratei fotosintetice. Similar a fost detectată o reducere a conținutului de clorofilă în frunzele de *Trifolium repens* la infecția cu *O. minor* [8], activitatea fotosintetică a gazdei nefiind însă afectată. În contrast, Watling și Press [9] au sugerat că competitivitatea ridicată a holoparaziților determină creșterea fotosintezei gazdei, iar Hibberd et al. [10] au stabilit că *O. cernua* Loeffl. nu a influențat rata de fotosinteză la plantele de tutun infectate.

Genotipurile capabile să mențină rate ridicate ale conținutului de clorofilă și a fotosintezei și, respectiv, mai puțin sensibile la fotoinhibarea în timpul infecției, prezintă indici de productivitate mai stabili.

Ținând cont de cele enunțate, dar și de necesitatea cercetărilor ce ar elucida efectele factorilor de stres biotic în interferență cu cei abiotici, ce pot exacerba impactul, asupra interacțiunilor dintre plantele gazdă și paraziți, în special în perspectiva schimbărilor climatice, prezentul studiu s-a focusat pe stabilirea influenței parazitului *O. cumana* asupra unor particularități morfo-anatomice și fiziologice ale florii-soarelui în diferite condiții de mediu (secetă ușoară, respectiv, puternică).

Materiale și metode

Datele au fost colectate în anul 2020 și 2021 de pe loturile experimentale ale Comisiei de Stat pentru Testarea Soiurilor de Plante (CSTSP) din Visoca, Pelinia (câmpuri neinfestate cu lupoaie), Grigorievca și Svetlii (câmpuri infestate). În studiu au fost incluși patru hibrizi susceptibili la atacul cu lupoaie, notați convențional HT1, HM6, HT3, HZ11, produși de diferite companii specializate în ameliorarea și producerea semințelor F_1 de floarea-soarelui.

Experiențele de câmp au fost montate în cinci repetiții, în sistem de blocuri randomizate, fără irigare și aplicare de erbicide, fungicide și insecticide. În toate cazurile ca predecesori au servit cerealele păioase.

Măsurările în câmp (tală plantei, numărul de frunze, suprafața foliară) au fost efectuate la faza de înflorire a culturii. La aceiași fază au fost prelevate probe de frunze pentru investigațiile biochimice.

Înălțimea plantelor de floarea-soarelui s-a determinat prin măsurarea tulpinii de la nivelul solului până sub calatidiu. Suprafața frunzelor (S) a fost estimată pe baza lungimii (L) și a lățimii maxime (W) a fiecărei frunze, conform formulei [11]:

$$S \begin{cases} aLW & \text{dacă } LW < c/a - b \\ bLW + c & \text{altfel} \end{cases}$$

unde: $a = 0.684$, $b = 0.736$, $c = -8.86$

Indicele suprafeței foliare a fost calculat după formula [11]:

$$ISF = A_f / A_p$$

unde *ISF*: Indicele Suprafeței Foliare; A_f - suma totală a suprafeței foliare per plantă (în m^2), iar A_p - este suprafața solului care este atribuită plantelor desemnate (m^2).

Toate măsurările s-au făcut pentru 10 plante din fiecare repetiție și lot studiat.

Pentru analiza conținutului de pigmenți s-a prelevat o probă medie de frunze ale unui hibrid din fiecare parcelă. Proba medie a constat din rondele de frunze, cu suprafața de 1cm^2 , din etajul de mijloc a 5-6 plante aliatorii. Probele proaspete au fost cântărite, ulterior, fiind conservate în eter dietilic.

Conținutul pigmentilor fotosintetici a fost determinat prin analiza spectrofotometrică (spectrofotometrul BK-UV1900, Biobase) a extractelor de frunze, la lungimile de undă de 470,0; 644,8 și 661,6 nm. Izolarea pigmentilor și calculul conținutului acestora s-au efectuat după metoda propusă de Lichtenthaler și Bushmann [12].

Datele meteorologice au fost prelevate din baza de date a Serviciului Hidrometeorologic de Stat din Republica Moldova și completate cu datele înregistrate nemijlocit la sectoarele de testare ale CSTSP.

Analiza regresională, calculele și verificarea semnificației statistice ($p \leq 0,01-0,05$) a rezultatelor obținute au fost realizate utilizând instrumentele XLSTAT disponibile în Microsoft Excel.

Rezultate și discuții

Conform datelor climatice (Tabelul 1), temperatura aerului în perioada de vegetație a florii-soarelui a variat între 17,2 și 19,7°C, cu valori minime în localitatea Visoca și maxime în Svetlîi. În anul 2021 valorile termice au fost cuprinse între 15,8 și 17,4°C.

Tabelul 1. Datele climatice (temperatura medie din perioada de vegetație și cantitatea de precipitații din perioada rece – Pr, de vegetație – Pv și anuale – Pa) de la stațiile monitorizate din cadrul CSTSP pentru anul 2020 și 2021.

Anul	Indicator	Visoca		Pelinia		Grigorievca		Svetlîi	
		mm/ °C	% din necesar	mm/ °C	% din necesar	mm/ °C	% din necesar	mm/ °C	% din necesar
2020	t°C	17,2	-	17,5	-	19,1	-	19,7	-
	Pr, mm	123	27,3	80	17,8	72	16,0	50	11,1
	Pv, mm	262	74,9	154	44,0	186	53,1	162	46,3
	Pa, mm	385	85,6	234	52,0	258	57,3	212	47,1
2021	t°C	15,8	-	16,0	-	17,2	-	17,4	
	Pr, mm	207	46,0	211	46,9	125	27,8	106	23,6
	Pv, mm	387	110,6	409	116,9	351	100,3	244	69,7
	Pa, mm	594	132,0	620	137,8	476	105,8	350	77,8

Notă: Ponderea cantității de precipitații a fost calculată în baza raportului la necesarul optim (limita inferioară)* de precipitații, după cum urmează, necesarul optim de precipitații: anuale – 450-600 mm; din perioada rece – 450-600 mm; din perioada de vegetație – 350-450 mm [13].

Totodată, anul 2020 caracterizat prin secetă catastrofală la nivelul teritoriului întregii țări, s-a remarcat printr-o cantitate redusă de precipitații. Astfel, dacă suma precipitațiilor anuale din 2021 în localitățile incluse în studiu a variat între 350 mm (Svetlîi) și 620 mm (Pelinia), în anul 2020 acestea au fost cuprinse în limitele de 212 mm (Svetlîi) și 385 mm (Visoca), cantitatea dată fiind cu cca 35-62% mai joasă față de anul 2021.

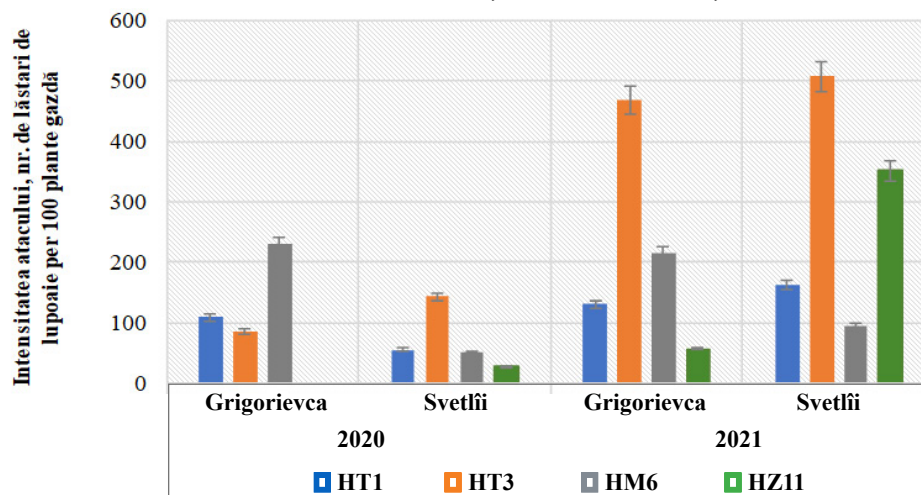
În 2020 cantitatea de precipitații anuale necesare pentru creșterea și dezvoltarea optimă a florii-soarelui a fost asigurată doar parțial, fiind cu cca 43-53% mai joasă decât limita inferioară a necesarului. În majoritatea localităților s-a stabilit un deficit de apă atât în perioada rece a anului (82,2-88,9%) – importantă pentru formarea rezervelor de apă din sol, cât și în perioada de vegetație (46,9-53,7%). Spre deosebire de acestea, în Visoca, deși cantitatea de precipitații căzute în perioada rece a anului a fost destul de redusă (123 mm, adică 27% din necesar), în perioada de vegetație aceasta a constituit 262 mm, asigurând cca 75% din necesarul pentru dezvoltarea plantei. De remarcat inclusiv faptul că în acest an temperatura medie a aerului a fost cu 1,4-2,3°C mai înaltă față de valorile înregistrate în aceleași localități în anul 2021, ceea ce a contribuit la sporirea ratei de evaporare a apei și, respectiv, a deficitului.

Contrar, în 2021, cantitatea de precipitații anuale a depășit limita inferioară a necesarului în majoritatea localităților analizate, excepție constituind doar Svetlîi unde ponderea precipitațiilor a constituit 77,8%. O situație similară s-a observat cu referire la precipitațiile căzute în perioada de vegetație, cantitatea acestora fiind cuprinsă între 244-409 mm. În cazul precipitațiilor din perioada rece a anului s-a relevat un deficit de cca 53-76%, mai pronunțat în localitățile din sudul țării.

Se constată că în anul caracterizat prin condiții climatice mai favorabile pentru dezvoltarea plantei gazdă

intensitatea atacului cu lupoaie a depășit nivelul marcat în anul secetos de 1,2-12,5 ori, diferențele fiind statistic semnificative. Astfel, intensitatea atacului în cele două localități (Grigorievca și Svetlîi) a variat între 58-507 lăstari de lupoaie per 100 de plante gazdă – în anul 2021, comparativ cu 28-231 – în anul 2020. Cel mai afectat a fost hibridul notat convențional HT3, excepție constituind doar anul 2020, localitatea Grigorievca, când cea mai înaltă intensitate a atacului a fost relevată la hibridul HM6 (Figura 1). Hibridul HZ11 care prezintă un nivel înalt de infestare în 2021, practic nu este infestat în anul 2020.

Fig. 1. Intensitatea atacului cu lupoaie în localitățile Grigorievca și Svetlîi, anul 2020 și 2021.



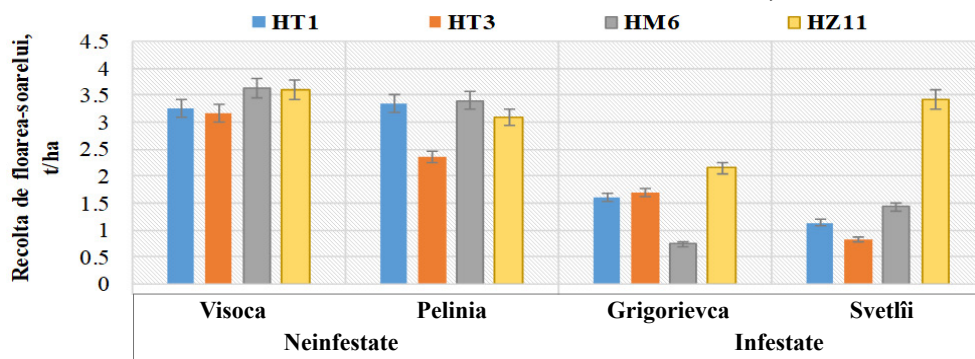
Nivelul mai redus de infestare din anul 2020 caracterizat prin secetă puternică se explică, probabil, în special prin influența indirectă asupra parazitului, prin intermediul plantei gazdă, care fiind epuizată, în cazul unui stres hidric, dispune de resurse limitate de apă și surse nutritive ce pot fi prelevate de angiosperma parazită. Astfel, s-a demonstrat că scăderea potențialului de apă afectează negativ creșterea timpurie a lăstarilor parazitului, fapt confirmat pentru rizoparaziții *Orobanche crenata* [1], *Striga hermonthica* și *Alectra vogelii* Benth. [15]. Pe de altă parte, Li și colab. [16] au raportat la plantele de cultură supuse stresului hidric o scădere semnificativă a concentrației de strigolactone – o grupă de hormoni vegetali, cunoscuți inclusiv ca stimulatori ai germinării semințelor de *O. cumana* [17].

Deși în anul 2020 incidența lupoaiei a fost mult mai joasă, analiza regresională a relevat faptul că dintre factorii analizați aceasta este principalul ce determină varierea parametrilor de creștere și dezvoltare a florii-soarelui. Contrar, în anul 2021, ponderea majoritară a variațiilor a fost atribuită condițiilor climatice, în special temperatura și precipitațiile din perioada rece, influența *O. cumana* fiind nesemnificativă. Reieșind din aceste considerente, evaluarea impactului lupoaiei asupra culturii de floarea-soarelui s-a axat pe analiza datelor din anul 2020 în câmpurile infestate *vis a vis* cele neinfestate.

Analiza interrelațiilor dintre indicii morfo-anatomici, biochimici și de productivitate a culturii de floarea-soarelui incluși în studiu și factorii abiotici (condițiile climatice) și biotici (lupoaia) au indicat valori R^2 cuprinse între 0,30-0,71, variate în funcție de parametrii analizați. Conform modelelor de regresie cea mai mare pondere (71%) a influenței parazitului *O. cumana* asupra variației indicilor de productivitate a florii-soarelui a fost marcată în cazul recoltei, urmată de 43%, 38%, 42% și 30%, respectiv, în cazul taliei plantei, suprafeței foliare, indicelui suprafeței foliare și cantității de clorofilă *a*, constatându-se că varierea mărimii unor trăsături asociate cu productivitatea sunt, probabil, determinate preferențial de densitatea plantelor, fertilitatea solului ș.a. factori de mediu/ tehnologici ce nu au constituit subiectul prezentului studiu.

Astfel, recolta a variat între 2,36 și 3,64 t/ha în absența infestării cu lupoaie și 0,74-2,80 t/ha, respectiv, în prezența infestării. Indicii maximali ai recoltei au fost prezentați, în special, de hibridul HZ11, iar cei minimali – de HT3 (Figura 2). Diferența dintre recolta obținută pe loturile din Grigorievca și Svetlîi *versus* Pelinia, Visoca a fost semnificativă, pe câmpurile infestate înregistrându-se valori cu 54-69% mai reduse. Totodată, a fost stabilită o corelație negativă puternică dintre recoltă și intensitatea atacului, coeficientul de regresie Pearson constituind $r=-0,81$.

Fig. 2. Recolta hibrizilor de floarea-soarelui în câmpurile infestate și neinfestate, anul 2020.



Se cunoaște că plantele parazite pot afecta productivitatea gazdei prin extragerea apei, nutrienților și compușilor organici din sistemul vascular al gazdei, exercitând concomitent un impact semnificativ asupra fiziologiei plantei gazdă și influențând capacitatea acesteia de a dobândi resurse nutritive [18]. Astfel, mai multe specii de *Orobanche* provoacă pierderi agricole semnificative și pot fi responsabile pentru reducerea cu peste 50% a randamentului culturii, mai ales în combinație cu seceta [19], datele prezentate în lucrarea de față confirmând aceste afirmări.

Rezultate diferite au fost stabilite în cazul parametrilor morfo-anatomici precum talia plantelor, suprafața frunzelor și indicele suprafeței frunzei. Astfel, cu excepția hibridului HZ11 care a prezentat rezistență inclusiv în câmpurile din Svetlîi și Grigorievca, înălțimea plantelor a fost cuprinsă în limitele de 147-210 cm în câmpurile neinfestate (Visoca și Pelinia) și 97-145 cm în cele infestate (Svetlîi și Grigorievca), suprafața frunzelor a variat între 4004-6191 cm² (Figura 3) respectiv, 2384-3605 cm² (Figura 4), iar indicele acesteia între 2,30-4,42, corespunzător, 1,36-2,06 (Figura 5). La compararea datelor din câmpurile infestate și cele lipsite de lupoai s-a observat o scădere a valorilor trăsăturilor menționate, diferită în funcție de genotip, cu 24-29%; 16-48% și 25-51%, aceștia prezentând coeficienți de corelație negativă puternică cu intensitatea atacului, după cum urmează $r = -0,68$; $-0,65$ și $-0,66$.

Fig. 3. Talia hibrizilor de floarea-soarelui în câmpurile infestate și neinfestate, anul 2020.

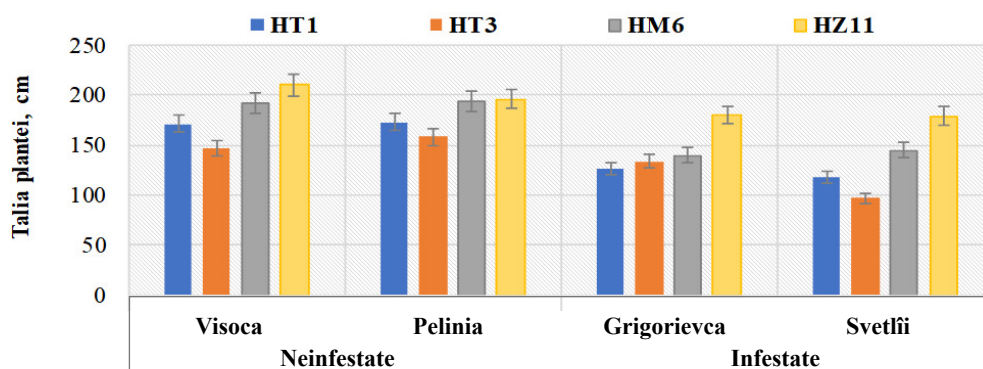


Fig. 4. Suprafața foliară a hibrizilor de floarea-soarelui în câmpurile infestate și neinfestate, anul 2020.

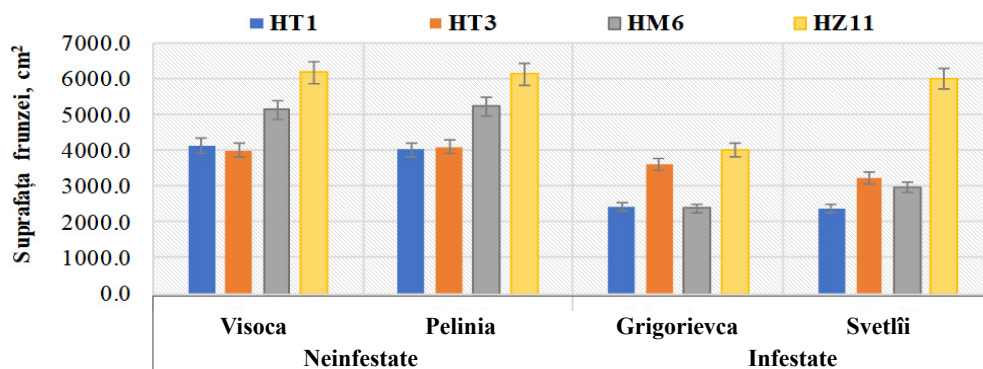
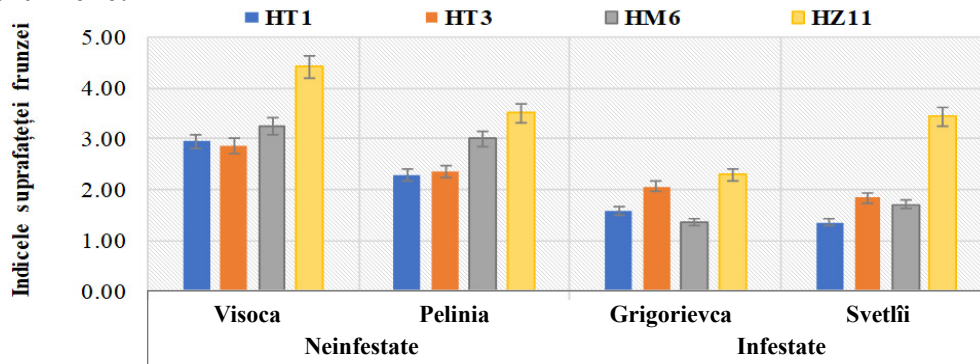


Fig. 5. Indicele suprafeței foliare a hibridilor de floarea-soarelui în câmpurile infestate și neinfestate, anul 2020.

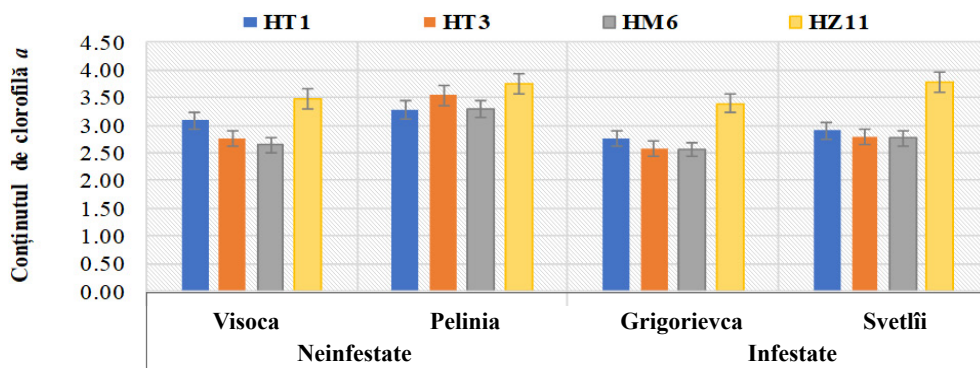


De remarcat că, în conformitate cu rapoartele altor cercetători, în absența stresului hidric, influența lupoaiei asupra suprafeței frunzelor de floarea-soarelui este diferită față de cea remarcată de noi în cazul combinației dintre stresul abiotic și biotic. Astfel, Pincovici și coautorii [20] au stabilit că în lotul de floarea-soarelui infestat cu *O. cumana* suprafața frunzelor a fost cu 23-30% comparativ cu cele neinfestate, totodată, constatându-se scăderea grosimii mezofilului, respectiv, masa totală a frunzelor per plantă fiind similară pentru ambele loturi, fapt explicat prin plasticitatea frunzelor, care alocă masă în favoarea suprafeței, ceea ce rezultă într-o reducere de masă. Respectiv, putem presupune că efectul relevat în cadrul prezentului studiu se datorează suprapunerii influenței ambelor tipuri de stres, mai ales ținând cont de aceea că seceta provoacă reducerea considerabilă a suprafeței frunzelor și a ratei de fotosinteză. Astfel, Peckan și alții au constatat diminuarea cu cca 75% a suprafeței foliare pe fundal de stres hidric [21].

Efectele cauzate de plantele parazite asupra diferiților parametri pot afecta direct sau/și indirect funcționarea sistemului fotosintetic și, prin urmare, pot afecta creșterea plantei gazdă. Astfel, au fost stabilite diferențe dintre câmpurile infestate și cele neinfestate cu referire la cantitatea de clorofilă în frunze, fiind relevată o diminuare a cantității de clorofilă *a*, cunoscută ca un indicator în evaluarea fotosintezei, cu 11-15%, corelația cu intensitatea atacului cu lupoaie constituind $r = -0,59$ (Figura 6). Datele expuse mai sus prezintă diferențe statistic semnificative în câmpurile infestate *vis a vis* cele neinfestate, la nivelul de semnificație $p \leq 0,01$. În cazul numărului de frunze per plantă și pigmentilor precum clorofila *b* și carotenoizi diferențele au fost nesemnificative.

Rezultatele raportate de diferiți cercetători referitoare la influența plantelor parazite asupra cantității de clorofilă și a procesului de fotosinteză la diverse culturi variază semnificativ în funcție de faza de dezvoltare a culturii la momentul infectării, condițiile de mediu, genotipul culturii ș.a. Astfel, date similare celor prezentate în lucrare au fost raportate cu referire la plantele de tomate parazitare, acestea fiind explicate prin cerințele nutriționale ale paraziților care limitează creșterea și funcționarea normală a plantei gazdă. Shamsullah și colab. [22] au determinat un conținut de clorofilă cu 29,2% mai redus în frunze la plantele de tomate infectate cu *Phelipanche ramosa*, în comparație cu plantele neinfestate. *O. foetida* a afectat semnificativ biomasa, randamentul culturii și indicele conținutului de clorofilă la fasole [23].

Fig. 6. Cantitatea de clorofilă a la hibridii de floarea-soarelui în câmpurile infestate și neinfestate, anul 2020.



Pérez-Bueno și alții [24] au constatat o creștere a conținutului total de clorofilă la plantele de floarea-soarelui infectate cu *O. cumana* și o scădere a acumulării de metaboliți secundari, ambele asociate cu necesitatea unei activități fotosintetice mai ridicate pentru a asigura parazitul cu substanțe organice și energie. În timp ce, în cadrul studiilor realizate de Cochavi și colaboratorii [25] conținutul de clorofilă la floarea-soarelui infestată/ neinfestată cu *O. cumana* nu a variat semnificativ.

Concluzii

Studiul efectului parazitului *Orobanche cumana* Wallr. (lupoia) asupra recoltei de floarea-soarelui și a unor indici morfo-anatomici și fiziologo-biochimici la un șir de hibrizi de floarea-soarelui sensibili la acțiunea parazitului în diferite condiții de mediu (pe câmpurile de testare a CSTS din diferite zone pedoclimatice – Visoca, Pelinia, Grigorievca și Svetlii) a relevat un impact pronunțat al parazitului, în special, pe fundal de secetă, deși gradul de infestare a fost mult mai înalt în condiții favorabile de dezvoltare a culturii.

Analiza regresională a indicat faptul că în anul 2020, caracterizat prin climă secetoasă, variația indicilor recolta de floarea-soarelui, talia plantei, suprafața foliară, indicele suprafeței foliare și cantitatea de clorofilă *a* în proporție de 71%, 43%, 38%, 42% și 30%, respectiv, poate fi atribuită intensității atacului cu lupoia. Recolta în câmpurile infestate (Grigorievca și Svetlii) a scăzut cu 54-69% față de cele neinfestate (Pelinia, Visoca), înălțimea plantelor, suprafața frunzelor și indicele acesteia a fost cu 24-29%; 16-48% și 25-51% mai redus. A fost afectat inclusiv conținutul de clorofilă *a*, înregistrându-se o diminuare cu 11-15%. Au fost constatate corelații negative puternice a parametrilor menționați cu intensitatea atacului, după cum urmează $r=-0,68$; $-0,65$; $-0,66$ și $-0,59$.

Efectul holoparazitului lupoia se amplifică la interferarea cu stresul abiotic (secetă), rezultând în afectarea unui șir de trăsături asociate cu productivitatea, procese fiziologice la floarea-soarelui, provocând, finalmente, reducerea semnificativă a recoltei de semințe.

Referințe:

1. EPHRATH, J. E., EIZENBERG, H. *Quantification of the dynamics of Orobanche cumana and Phelipanche aegyptiaca parasitism in confectionery sunflower*. In: *Weed Research*, 2010, nr. 50, p. 140–152. ISSN: 0043-1737.
2. SONG, W. J., ZHOU, W. J., JIN, Z. L., et al. *Germination response of Orobanche seeds subjected to conditioning temperature, water potential and growth regulator treatments*. In: *Weed Research*, 2005, nr. 45, p. 467–476. ISSN: 0043-1737.
3. EVANS, B. A., BOROWICZ, V. A. *The plant vigor hypothesis applies to a holoparasitic plant on a drought-stressed host*. In: *Botany*, 2015, nr. 93, p. 685–689. ISSN: 1916-2790.
4. ZAGORCHEV, L., STÖGGL, W., TEOFANOVA, D., LI, J., KRANNER, I. *Plant Parasites under Pressure: Effects of Abiotic Stress on the Interactions between Parasitic Plants and Their Hosts*. In: *International Journal of Molecular Sciences*, 2021, nr. 10(22), p. 7418. ISSN: 1422-0067.
5. HIBBERD, J. M., QUICK, W. P., PRESS, M. C., SCHOLLES, J. D., JESCHKE, W. D. *Solute fluxes from tobacco to the parasitic angiosperm Orobanche cernua and the influence of infection on host carbon and nitrogen relations*. In: *Plant, Cell and Environment*, 1999, nr. 22, p. 937–947. ISSN: 1365-3040.
6. JULIAN, M., HIBBERD, W., JESCHKE, D. *Solute flux into parasitic plants*. In: *Journal of Experimental Botany*, 2001, vol. 52, nr. 363, p. 2043–2049. ISSN: 0022-0957.
7. MAUROMICALE, G., MONACO, A. L., & LONGO, A. M. G. *Effect of branched broomrape (Orobanche ramosa) infection on the growth and photosynthesis of tomato*. In: *Weed Science*, 2008, vol. 56, nr. 4, p. 574–581. ISSN: 0043-1745.
8. DALE, H., PRESS, M. C. *Elevated atmospheric CO₂ influences the interaction between the parasitic angiosperm Orobanche minor and its host Trifolium repens*. In: *New Phytologist*, 1998, p. 65–73. ISSN: 1469-8137.
9. WATLING, J. R., PRESS, M. C. *Impacts of infection by parasitic angiosperms on host photosynthesis*. In: *Plant Biology*, 2001, nr. 3, p. 244–250. ISSN: 1438-8677.

10. HIBBERD, J. M., QUICK, W. P., PRESS, M. C., SCHOLLES, J. D. *Can source-sink relations explain responses of tobacco to infection by the root parasitic angiosperm *Orobanche cernua**? In: *Plant, Cell and Environment*, 1998, nr. 21, p. 333-340. ISSN: 1365-3040.
11. FIROUZABADI, A. G., RAEINI-SARJAZ M., SHAHNAZARI, A., ZAREABYANEH H. *Non-destructive estimation of sunflower leaf area and leaf area index under different water regime managements*. In: *Archives of Agronomy and Soil Science*, 2015, nr. 10, vol. 61, p. 1357-1367. ISSN: 1476-3567.
12. LICHTENTHALER, H. K., BUSCHMANN, C. *Chlorophylls and Carotenoids: Measurement and Characterization by UV-VIS Spectroscopy*. In: *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, 2001. eds. Wrolstad, R. E., Acree, T. E., An, H., Decker et al., John Wiley and Sons, New York, F4.3.1-F4.3.8.
13. ION, V. *Fitotehnie. Universitatea de Agronomie și Medicină Veterinară din București*, 2010, 143 p.
14. MORAL, J., LOZANO-BAENA, M. D., RUBIALES, D. *Temperature and water stress during conditioning and incubation phase affecting *Orobanche crenata* seed germination and radicle growth*. In: *Frontiers in Plant Science*, 2015, nr. 6, p. 408. ISSN:1664-462X.
15. DAWOUD, D. A., SAUERBORN, J. *Impact of drought stress and temperature on the parasitic weeds *Striga hermonthica* and *Alectra vogelii* in their early growth stages*. In: *Experimental Agriculture*, 1994, nr. 30, p. 249–257. ISSN: 0014-4797.
16. LI, W., HERRERA-ESTRELLA, L., TRAN, L.-S. P. *Do Cytokinins and strigolactones crosstalk during drought adaptation?* In: *Trends in Plant Science*, 2019, nr. 24, p. 669–672. ISSN: 1878-4372.
17. JOEL, D. M., CHAUDHURI, S. K., PLAKHINE, D., ZIADNA, H., STEFFENS, J. C. *Dehydrocostus lactone is exuded from sunflower roots and stimulates germination of the root parasite *Orobanche cumana**. In: *Phytochemistry*, 2011, nr. 72(7), p. 624-634. ISSN: 0031-9422.
18. PRIDER, J., WATLING, J., FACELLI, J. M. *Impacts of a native parasitic plant on an introduced and a native host species: implications for the control of an invasive weed*. In: *Annals of Botany*, 2009, nr. 103(1), p. 107-115. ISSN: 0305-7364.
19. PARKER C. *Parasitic weeds: a world challenge*. In: *Weed Science*, 2012. nr. 60, p. 269–276. ISSN: 0043-1745.
20. PINCOVICI, S., COHAVI, A., KARNIELI, A., EPHRATH, J., RACHMILEVITCH, S. *Source-sink relations of sunflower plants as affected by a parasite modifies carbon allocations and leaf traits*. In: *Plant Science*, 2018, nr. 271, p. 100-107. ISSN: 0168-9452.
21. PEKCAN, V., EVCI, G., YILMAZ, M.I. et. al. *Evaluating Foliar Responses of Sunflower Genotypes under Drought Stress*. In: *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, 2015, vol. 1, nr. 6, p. 54-63. ISSN: 2395-6011.
22. SHAMSULLAH, S. K. L., PANEZAI, M. A., MENGAL, M. A., KAKAR, S. R., SAEED, S., AHMED, A. *Parasitic effects of broomrape (*Orobanche* spp.) on growth, yield and quality of tomato and its economic loss in agroecological conditions of Khanozai (Karezat Region) District Pishin, Balochistan, Pakistan*. In: *International Journal of Biosciences*, 2019, nr. 15(6), p. 126–136. ISSN: 2220-6655.
23. AMRI M, ABBES Z, TRABELSI I, GHANEM ME, MENTAG R, KHARRAT M. *Chlorophyll content and fluorescence as physiological parameters for monitoring *Orobanche foetida* Poir. infection in faba bean*. In: *PLoS One*, 2021, nr. 16(5), e0241527. ISSN: 1544-9173.
24. PÉREZ-BUENO, M. L., BARÓN, M., GARCÍA-CARNEROS, A. B., MOLINERO-RUIZ, L. *Diagnosis of the Infection of Sunflower by *Orobanche cumana* Using Multicolour Fluorescence imaging*. In: *Helia*, 2014, vol. 37, nr. 61, p. 173-179. ISSN: 1018-1806.
25. COHAVI, A., RAPAPORT, T., GENDLER, T., KARNIELI, A., EIZENBERG, H., RACHMILEVITCH, S., EPHRATH, J. E. *Recognition of *Orobanche cumana* Below-Ground Parasitism Through Physiological and Hyper Spectral Measurements in Sunflower (*Helianthus annuus* L.)*. In: *Frontiers in Plant Science*, 2017, nr. 8, e909. ISSN: 1664-462X.

Notă: Lucrarea a fost efectuată în cadrul proiectului 20.80009.5107.01: Studii genetico-moleculare și biotehnologice ale florii-soarelui în contextul asigurării managementului durabil al ecosistemelor agricole (Program de Stat 2020-2023).

Date despre autori:

Maria DUCA, academician, doctor habilitat în științe biologice, profesor universitar; cercetător științific principal, Centrul de Cercetări Științifice Genetică Funcțională, CCȘ „Biologie și Pedologie”, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: mduca2000@yahoo.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5855-5194>

Steliana CLAPCO, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător, cercetător științific coordonator, Centrul de Cercetări Științifice Genetică Funcțională, CCȘ „Biologie și Pedologie”, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: steliana.clapco@usm.md

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7147-2740>

Ion BURCOVSCHI, doctorand, cercetător științific stagiar, Centrul de Cercetări Științifice Genetică Funcțională, CCȘ „Biologie și Pedologie”, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: burcowski@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4417-3846>

Rodion DOMENCO, doctor în științe geonomice, cercetător științific superior, Centrul de Cercetări Științifice Genetică Funcțională, CCȘ „Biologie și Pedologie”, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: rodion.domenco@usm.md

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2419-5602>

Rodica MARTEA, doctor în științe biologice, conferențiar universitar, cercetător științific superior, Centrul de Cercetări Științifice Genetică Funcțională, CCȘ „Biologie și Pedologie”, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: rodica.martea@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1244-7147>

Mihail MACHEDON, director, Comisia de Stat pentru Testarea Soiurilor de Plante.

E-mail: mihail.machidon@cstsp.md

Prezentat la 22.09.2023

CZU: 581.132:634.22

[http://doi.org/10.59295/sum6\(166\)2023_11](http://doi.org/10.59295/sum6(166)2023_11)

CERCETĂRI PRIVIND INFLUENȚA BIOSTIMULATORULUI REGLALG ÎN COMBINAȚIE CU MICROELEMENTE ASUPRA ACTIVITĂȚII PEROXIDAZEI ȘI CATALAZEI ÎN FRUNZELE UNOR SOIURI DE PRUN

Alina GÎSCĂ, Ana POPOVICI, Gheorghe ȘIȘCANU,

Universitatea de Stat din Moldova

Tratamentele foliare aplicate cu biostimulatorul Reglalg în combinație cu microelementele B, Zn, Mn, Mo contribuie la sporirea activității catalazei și peroxidazei în frunzele pomilor de prun, soiurile autohtone Udlinennaia și Superprezident, soiurile de selecție străină Stanley și Prezident, introduse în Moldova pe tot parcursul perioadei de vegetație a anului 2023. O enzimă este o componentă biologică care crește viteza unei reacții chimice prin scăderea barierei energetice de activare. Catalaza și peroxidaza sunt enzime. Activitatea enzimelor peroxidaza și catalaza s-a modificat pe parcursul perioadei de vegetație în dependență de particularitățile biologice ale soiurilor, de procesele metabolice în diferite fenofaze, de acțiunea temperaturilor ridicate cât și de acțiunea substanțelor folosite la tratarea pomilor în perioada de vegetație.

Cuvinte-cheie: pomi de prun, biostimulator Reglalg, microelemente B, Zn, Mn, Mo, enzyme peroxidaza, catalaza.

RESEARCH ON THE INFLUENCE OF THE REGLALG BIOSTIMULATOR IN COMBINATION WITH MICRO ELEMENTS ON THE ACTIVITY OF PEROXIDASE AND CATALASE IN THE LEAVES OF SOME PLUM VARIETIES

The foliar treatments applied with the biostimulator Reglalg, in combination with microelements B, Zn, Mn, Mo, contribute to increasing the activity of catalase and peroxidase in the leaves of plum trees, the lockout varieties Udlinennaia and Superprezident, the foreign selection varieties Stanley and Prezident, introduced in Moldova throughout of vegetation of the year 2023. An enzyme is a biological component that increases the rate of a chemical reaction by lowering the activation energy barrier. Catalase and peroxidase are enzymes. The activity of the peroxidase and catalase enzymes changed during the vegetation period depending on the biological characteristics of the varieties, the metabolic processes in different phenophases, the action of high temperatures and the action of the substances used to treat the trees during the vegetation period.

Keywords: plums trees, biostimulator Reglalg, microelements B, Zn, Mn, Mo, enzymes peroxidase, catalase.

Introducere

Pomicultura constituie una din ramurile principale și strategice ale economiei Republicii Moldova [1]. Printre culturile pomicole de baza se regăsește prunul ce ocupă locul II după cultura de măr și se cultivă pe tot cuprinsul țării. Prunul, din cele mai vechi timpuri, a fost cultivat pentru calitatea fructelor folosite în alimentație la nivel familial, ca materie primă pentru industrie, iar lemnul are o serie de utilizări în industria mobilei, industria chimică și în artizanat. Este o specie care se adaptează ușor la condiții variate de mediu, având capacitatea de a valorifica o gamă largă de soluri, cu grade diferite de fertilitate, unde alte specii nu dau rezultate corespunzătoare [2]. Cu toate acestea, în contextul schimbărilor climatice ale mediului, productivitatea culturii de prun comparativ cu alte culturi pomicole este în scădere din cauza influenței unor factori nefavorabili cum ar fi seceta, căldura, înghețul etc. Pentru obținerea unor recolte de fructe stabile și calitative în aceste condiții este necesară aplicarea unor măsuri agrotehnice de reglare a proceselor metabolice în favoarea creșterii și dezvoltării plantelor.

Unul dintre domeniile prioritare de cercetare este optimizarea productivității plantelor prin practicarea agriculturii ecologice, care prevede sisteme moderne în ameliorarea plantelor, fertilității solului, limitarea în folosirea pesticidelor și a îngrășămintelor chimice, și introducerea în sistemele de protecție a plantelor contra factorilor biotici și abiotici a substanțelor organice non nocive, inclusiv a celor obținute din materialul vegetal. În acest scop, în ultimii ani o atenție deosebită se acordă metodei aplicării reglatorilor naturali

de creștere, inclusiv biostimulatorii [3], care asigură metabolismul plantelor la un nivel stabil, indiferent de efectele factorilor nefavorabili ale mediului ambiant. Implementarea practică a biostimulatorilor vizează menținerea plantărilor într-o stare fiziologică activă pe toată perioada de vegetație, diminuarea la minimum utilizarea substanțelor chimice și asigurarea economiei naționale la nivel rezonabil.

Biostimulatorii au capacitatea de a modifica procesele fiziologice și biochimice de creștere și dezvoltare a plantelor prin influența lor asupra biosintezei diferitor compuși și enzime, implicate în eliminarea cantităților excesive al peroxidului de hidrogen, ce se formează în rezultatul acțiunii factorilor stresogeni [4]. În calitate de biostimulator este cunoscut și preparatul Reglalg, care conține substanțe active extrase din biomasa de alge din speciile *Spirogyra* colectate într-o anumită fază de dezvoltare. Acest biostimulator a fost obținut în laboratorul de Biochimie a Plantelor al Institutului de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor și utilizat în mai multe moduri pentru tratarea plantelor de cultură în vederea majorării eficacității reacțiilor fiziologice și biochimice, ce asigură vigoarea și rezistența plantelor la diferiți factori de stres [5,6].

În tehnologiile agricole de cultivare a plantelor pomicole, inclusiv a pomilor de prun, biostimulatorii sunt utilizați la tratarea plantelor în timpul vegetației în combinație cu microelemente pentru sporirea rezistenței plantelor la condițiile nefavorabile, asigurând calitatea și productivitatea plantelor [3, 7, 8].

Scopul cercetărilor este indisolubil legat de evaluarea efectelor biostimulatorului Reglalg aplicat în tratarea foliară a pomilor de prun, în perioada de vegetație, asupra unor indici ai potențialului antioxidant.

Materiale și metode

În cercetări au fost folosite frunzele a 4 soiuri de prun cu măturare tardivă a fructelor: Stanley și Prezi-dent (introduse în Republica Moldova) și a 2 soiuri locale Udlinennaia și Superprezident [9, 10]. Pe parcursul perioadei de vegetație, după înflorire și apoi în perioada de creștere intensivă din 11 și 24 mai, pomii de prun au fost tratați după următoarea schemă: 1- control – cu apă, 2- experiment cu un amestec de soluții apoase de biostimulator Reglalg (0,05%) și de microelementele B, Zn, Mn și Mo (0,05%). Efectul influenței acestor soluții asupra creșterii și dezvoltării pomilor de prun a fost apreciat prin metodele de determinare a activității oxidoreductazelor peroxidazei și catalazei în frunzele acestora [11, 12]. Prelucrarea statistică a datelor obținute a fost efectuată în programul EXCEL [13].

Analiza rezultatelor

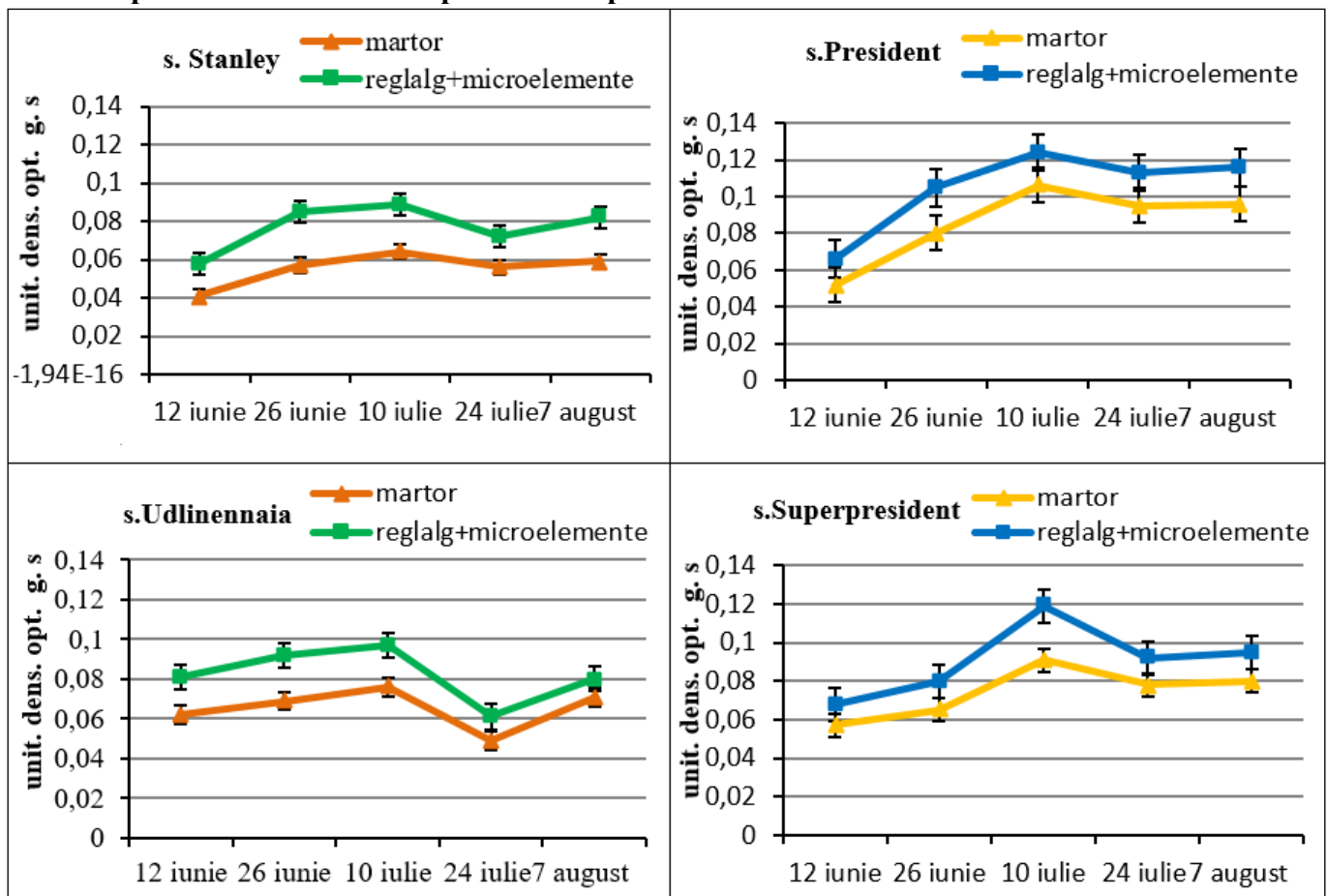
Datele din literatura de specialitate demonstrează, că procesele de creștere a plantelor sunt însoțite de formarea în țesuturile lor reactive de oxigen și activarea sistemului antioxidant defensiv prin inducerea enzimelor oxido-reducătoare, implicate în anihilarea excesului de radicali liberi [14,15,16]. În acest context ne-am propus să determinăm dacă aplicarea biostimulatorului *Reglalg* pentru tratarea foliară poate modifica ulterior activitatea enzimatică a peroxidazei și catalazei, care participă în eliminarea cantităților excesive de H_2O_2 . Peroxidul de hidrogen reprezintă unul dintre cele mai nocive specii reactive de oxigen în celulele și țesuturile vegetale [17, 18, 19].

În figurile 1 și 2 sunt prezentate datele privitor la modificările activității peroxidazei și catalazei în frunzele lăstarilor anuali a soiurilor de prun Stanley, Prezi-dent, Udlinennaia și Superprezident, care au fost realizate la două săptămâni după tratarea plantelor de prun cu biostimulatorul Reglalg și microelementele B, Zn, Mn și Mo. Se observă că, în comparație cu controlul, intensitatea activității peroxidazei și catalazei a crescut semnificativ (fig.1,2). Aceasta sugerează, că în timpul creșterii și formării sistemului foliar nu se desfășoară producerea în exces a peroxidului de hidrogen în frunzele pomilor de prun, după tratarea lor cu aceste soluții. Rezultă că, studiul activității enzimatică a frunzelor, care reflectă activitatea proceselor metabolice și contribuie cu o pondere semnificativă la productivitatea fotosintetică a frunzei și a plantei, a demonstrat și efectul stimulator al biostimulatorului Reglalg în combinație cu microelementele B, Zn, Mn și Mo.

Analizele investigate au demonstrat că, la începutul perioadei de vegetație a celor patru soiuri de prun activitatea peroxidazei în frunze (fig.1) a fost scăzută. În fenofaza de creștere intensivă a lăstarilor, când activitatea proceselor metabolice a decurs mai intens activitatea acestei enzime s-a mărit. În dependență de variante mai semnificativ a sporit la soiurile de origine străină la s. Prezi-dent cu 53,8; 59,1%, iar la s. Stanley cu 39; 46,6%.

La soiurile de origine locală la s. - Udlinennaia cu 11,3; 22,2% și la s. Superpresident cu 14; 17,6%. Activitatea înaltă a peroxidazei în această perioadă se explică prin faptul că această enzimă catalizează un spectru larg de reacții multiple, care influențează procesele de creștere. La sfârșitul primei decade a lunii iulie activitatea peroxidazei a crescut în dependență de soi și variante – la s. Stanley și Udlinennaia cu 4,7-12,3%, la s. President cu 18,1; 32,5%, iar la s. Superpresident cu 40; 40,8 %. În a treia decadă a lunii iulie, odată cu încetinirea proceselor metabolice a avut loc diminuarea activității peroxidazei și în dependență de soi și variante la soiurile de origine străină cu 8,9 – 19,1%, iar la cele de origine locală cu 14,1 – 37,1 %. Mai semnificativ a diminuat la s. Udlinennaia. Spre finele primei decade a lunii august când temperaturile au fost ridicate activitatea peroxidazei la trei soiuri aproape că nu s-au modificat, spre deosebire de soiul Udlinennaia la care a sporit cu 31,1; 44,9%.

Fig. 1 Efectul tratării foliare cu biostimulatorul Reglalg și microelementele B, Zn, Mn, Mo asupra activității peroxidazei în frunzele plantelor de prun.

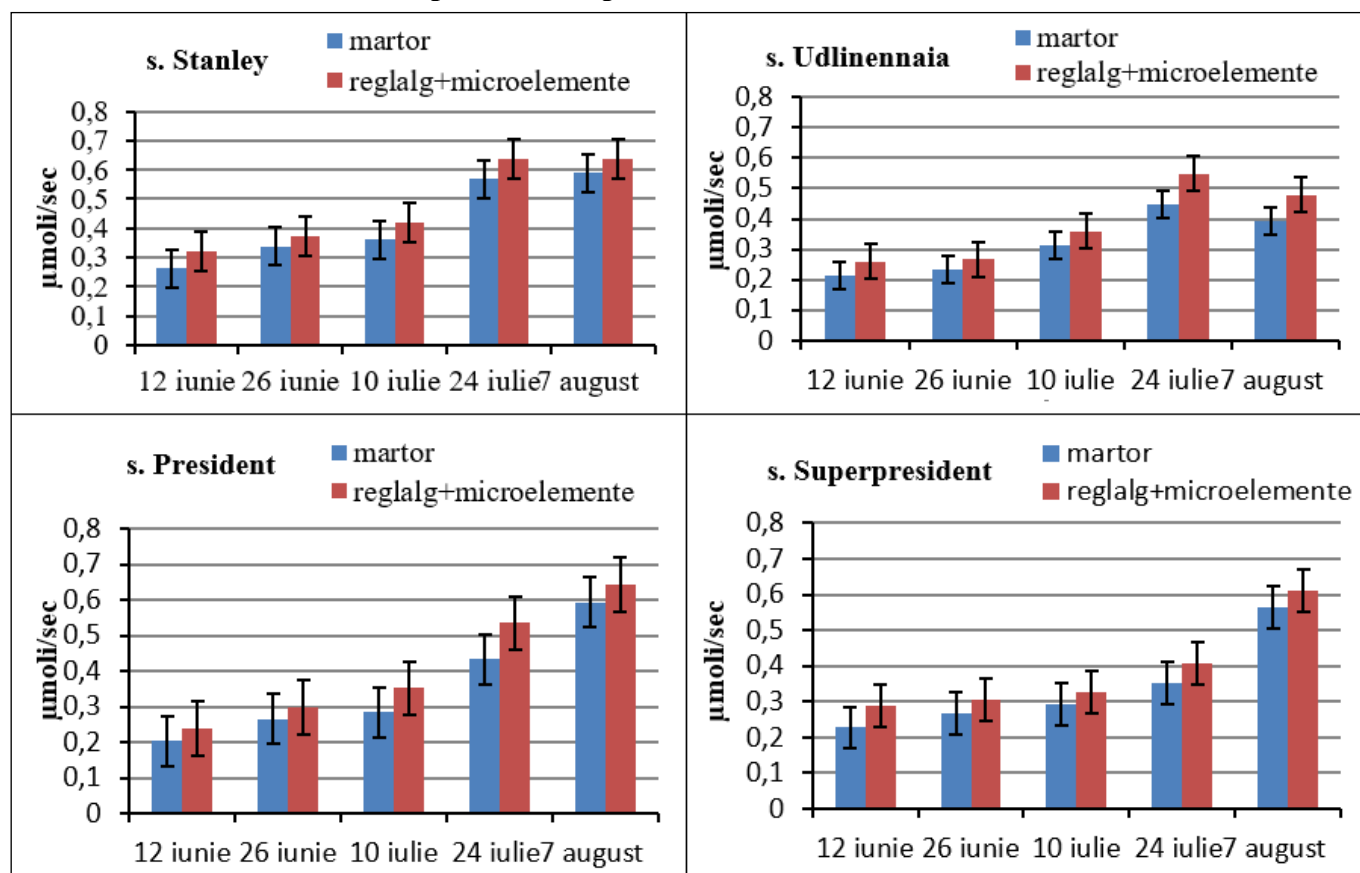


Astfel constatăm că în dependență de particularitățile biologice ale soiurilor, fenofazele de dezvoltare și temperaturile ridicate, activitatea peroxidazei în frunzele pomilor de prun s-a modificat diferit. Făcând media activității peroxidazei pe perioada de vegetație se observă că cea mai înaltă a fost la s. President, apoi la s. Superpresident, Udlinennaia și mai joasă la s. Stanley. În dependență de tratările efectuate în perioada de vegetație cu SBA și microelementele B, Zn, Mn, Mo am obținut că la varianta tratată activitatea peroxidazei a fost mai ridicată comparativ cu varianta martor la s. Stanley cu 38,2 %, iar la celelalte 3 soiuri cu 22,1 – 26,2 % mai sporit.

Activitatea catalazei (fig. 2) la începutul perioadei de vegetație a fost joasă, iar cu decurgerea mai intensă a proceselor metabolice a sporit și activitatea ei, fiind diferențele semnificative la soiurile de origine străină cu 16,2 – 29,9 %, iar la acele de origine locală cu 3,5 – 17,6 %. La finalizarea primei decade a lunii iulie activitatea ei s-a mărit semnificativ la s. Udlinennaia cu 33,6; 35,3 %, iar la celelalte trei soiuri

cu 6,5-17,7 %. Spre sfârșitul lunii iulie activitatea catalazei a continuat să se mărească semnificativ la s. Superpresident cu 19,4; 24,1 %, iar la celelalte trei soiuri în dependență de soi și variante cu 42,4 – 57,8 %. Dacă activitatea peroxidazei în acest termen a diminuat, apoi a catalazei a sporit. Astfel putem confirma despre rolul lor diferențiat în procesele metabolice a frunzelor pomilor de prun. La sfârșitul primei decade a lunii august activitatea catalazei în dependență de particularitățile biologice ale soiurilor și de temperaturile ridicate a sporit la s. President cu 20; 37 % iar la s. Superpresident cu 50,4; 60,4 %. La s. Stanley aproape că nu s-a modificat, iar la s. Udlinennaia a diminuat în dependență de variante cu 12,1 ; 29,2 %.

Fig. 2. Efectul tratării foliare cu biostimulatorul Reglalg și microelementele B, Zn, Mn, Mo asupra activității catalazei în frunzele plantelor de prun.



În baza rezultatelor obținute pe perioada de vegetație am obținut că cea mai ridicată activitate a catalazei s-a observat la s. Stanley.

În dependență de tratările efectuate în perioada de vegetație a pomilor de prun cu biostimulatorul Reglalg și microelementele B, Zn, Mn, Mo la varianta tratată activitatea catalazei a fost mai ridicată în comparație cu martorul la soiurile respective Stanley, Udlinennaia, President și Superpresident cu 13 %; 19,4 %; 16 % și respectiv cu 14,1 %.

Activitatea enzimelor peroxidaza și catalaza s-a modificat pe parcursul perioadei de vegetație în dependență de particularitățile biologice ale soiurilor, de procesele metabolice în diferite fenofaze, de acțiunea temperaturilor ridicate, cât și de acțiunea substanțelor folosite la tratarea pomilor în perioada de vegetație cu biostimulatorul Reglalg și microelementele B, Zn, Mn și Mo. Astfel, valorile activității enzimelor peroxidaza și catalaza fiind mai ridicate la varianta tratată comparativ cu martorul. Aceste enzime, participând în procesele de oxido-reducere ce au decurs în activitatea metabolică a celulelor plantelor, au avut un rol important în dezvoltarea lor, adaptarea și sporirea rezistenței pomilor la condițiile nefavorabile. Utilizarea biostimulatorului Reglalg și a microelementelor B, Zn, Mn, Mo în tratarea pomilor de prun au influențat benefic activitatea enzimelor peroxidaza și catalaza pe parcursul întregii perioade de vegetație.

Concluzii

1. Datele obținute indică faptul că tratamentele foliare ale pomilor de prun cu soluții de biostimulator Reglalg utilizat în amestec cu microelementele B, Zn, Mn și Mo în timpul sezonului cu temperaturi ridicate au exercitat influență benefică asupra activității enzimelor metabolice cheie peroxidaza și catalaza în frunzele pomilor de prun. S-a evidențiat reacția diferită a plantelor la acțiunea preparatelor menționate în dependență de soi.

2. Modificarea activității peroxidazei și catalazei în frunzele celor patru soiuri tardive de prun cercetate a depins de intensitatea proceselor metabolice în diferite fenofaze de creștere și dezvoltare a pomilor de prun, condițiile mediului (t^0 , umiditatea și a.); substanțele utilizate în perioada de vegetație în tratarea pomilor, precum și de particularitățile biologice ale soiurilor.

3. Aplicarea biostimulatorului Reglalg și microelementele B, Zn, Mn, Mo în perioada de vegetație au stimulat activitatea enzimelor cercetate în frunzele soiurilor de prun Stanley, Udlinennaia, President și Superpresident.

4. Activitatea cea mai înaltă a peroxidazei a fost la s. President și cea mai joasă la s. Stanley, iar a catalazei cea mai înaltă la s. Stanley.

5. Biostimulatorul Reglalg în combinație cu microelementele B, Zn, Mn, Mo poate fi utilizat eficient în practica agriculturii ecologice pentru tratamentele foliare a pomilor de prun pe parcursul perioadei de vegetație.

Notă: Cercetarea a fost realizată în cadrul proiectului Programului de Stat 20.80009.5107.18 „Formarea direcționată a calității și sistemului imunitar la fructele soiurilor tardive de prun preconizate păstrării de lungă durată”, finanțat de Agenția Națională pentru Cercetare și Dezvoltare.

Referințe:

1. RAPCEA M., MLADINOI V., BABUC V. etc. *Concepția dezvoltării pomiculturii în Republica Moldova pe anii 2002-2020. Cercetări în pomicultură*. Vol I. Chișinău, 2002, 17-19 p.
2. GRĂDINARU G. etc. *Prunul importanța culturii*. În: *Agrochimie*, 2009, 1-19 p.
3. ТИТОВА Н., ПОПОВИЧИ А. *Оценка стимулирующего действия Реглалга в сочетании с микроэлементами у разных сортов сливы // Mater. confer. șt. intern. „Genetica, fiziologia și ameliorarea plantelor”*, (Ediția a VII), Chișinău, 4-5 oct. 2021, 108-111 p.
4. DU JARDIN, P. *Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation*. Review. In: *Scientia Horticulturae*, 2015, vol. 196, 3–14 p. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.09.021
5. DASCALIUC A., VOINEAC V., RALEA T. *Rolul reglatorilor naturali de creștere în agricultura organică // Materialele Conferinței Științifice Internaționale „Edificarea Societății Durabile”*, Chișinău, 2011, 27-29 octombrie, 52-57 p.
6. DASCALIUC, A. *Use of the biostimulator Reglalg 1 in agriculture. Methodical Recommendations*. Chisinau, 2023, 44 p. ORCID ID:0000-0003-3210-6144.
7. ТИТОВА Н. В., ГАВЮК Л., БЕЖАН Н., ГЫСКЭ А. *Фотосинтетическая продуктивность растений сливы // Confer. șt. naț. cu part. intern. „Știința în nordul Republicii Moldova: probleme realizări, perspective”*, Bălți, 2022, 138-142 c.
8. ȘIȘCANU G. *Fotosinteza și funcționalitatea sistemului donator-acceptor la plantele pomicole*. Tipografia AȘM, 2018, 316 p.
9. *Catalogul soiurilor de plante al Republicii Moldova pentru anul 2023*. Chișinău, 2023, 73-74 p.
10. ЖУРАВЕЛЬ, А. и др. *Слива*. Кишинэу, 2007. - 234 с.
11. ЕРМАКОВ А. И. и др. *Методы биохимического исследования растений*. М.:Агропромиздат, 1987, 430 с.
12. CHANGE B., MACHELY A. *Assay of catalase and peroxidase // Methods Enzymol*, 1995, 2, 764-775 p.
13. CLEWER, A., SCARISBRICK, D. *Practical statistics and experimental design for plant crop science*. Chichester, New York: John Wiley & Sons, LTD, 2001, 346 p. ISBN: 978-0-471-89909-9.
14. GOMES M. P., GARCIA Q. S. *Reactive oxygen species and seed germination // Biologia*, 2013, vol. 68,(3), 351–357 p.

15. BRÂNZĂ L. *Features of water status and antioxidant protection of plants to drought* // *Lucrări Științifice USAMV Iași, seria Horticultură*. Editura*Ion Ionescu de la Brad.Iași, 2015, 58(2), 33-38p.
16. ȘTEFĂRȚĂ A., BRÂNZĂ L., VRABIE V., ALUCHI N. *Fiziologia stresului, adaptării și rezistenței la secetă a plantelor de cultură*. Chișinău , Tipografia AȘM. 2017, 372 p.
17. SHARMA P., JHA A. B., DUBEI R. S., RESSARAKLI M. *Reactive oxigen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions* // *Jurnal of botany*, 2012. Article ID 217037, 26 p.
18. КОЛУПАЕВ Ю. Е., КАРПЕЦЮ. В. *Активные формы кислорода при адаптации растений к стрессовым температурам. Физиология и биохимия культурных растений*, 2009, 41, №2, 95-108 с.
19. ЛУКАТИН А. С., ЛУКАТИН А. А. *Прооксидантно/антиоксидантная система растений при стрессовых воздействиях различной природы. VIII Съезд общества физиологов растений России*. Петрозаводск, 2015, 654 с.

Date despre autori:

Alina GÎSCĂ, cercetător științific stagiar.

E-mail: alina.gisca@mail.ru

Tel.: 060338727

ORCID: 0009-0001-8770-673X

Ana POPOVICI, cercetător științific, Institutul de genetică, fiziologie și protecția plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: ana.prune@mail.ru

Tel.: 069705951

ORCID: 0009-0000-9543-0625

Gheorghe ȘIȘCANU, doctor habilitat, academician al Academiei de Științe a Moldovei, consultant științific, Institutul de genetică, fiziologie și protecția plantelor al Universității de Stat din Moldova.

E-mail: gheorghe.siscanu@igfpp.md

Tel.: 069357299

ORCID: 0000-0003-4230-1357

Prezentat la 12.10.2023

CZU: 581.132:634.13: 634.22

[http://doi.org/10.59295/sum6\(166\)2023_12](http://doi.org/10.59295/sum6(166)2023_12)

ДЕЙСТВИЕ ПРЕПАРАТА РЕГЛАЛГ В СОЧЕТАНИИ С МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ НА ПИГМЕНТНЫЙ ФОНД РАСТЕНИЙ ГРУШИ И СЛИВЫ

Нина ТИТОВА, Алина ГЫСКЭ, Николай БУЖОРЯНУ,

Молдавский Государственный Университет

Было изучено влияние биорегулятора Реглалг с микроэлементами В, Zn, Mn, Mo на пигментную систему листьев различных местных сортов и сортов зарубежной селекции груши и сливы, интродуцированных в Молдове. Выявлена защита против засухи и значительное стимулирующее влияние такой обработки на содержание хлорофиллов и каротиноидов в листьях исследуемых плодовых растений.

Ключевые слова: растения груши и сливы, биорегулятор Реглалг, микроэлементы В, Zn, Mn, Mo, листья, пигментный фонд.

THE EFFECT OF REGLALG IN COMBINATION WITH MICROELEMENTS ON THE PIGMENT FUND OF PEAR AND PLUM PLANTS

The influence of the bioregulator Reglalg with microelements B, Zn, Mn, Mo on the leaf pigment system of local species and species of foreign selection of pear and plum trees, introduced in Moldova, was studied. Investigations have shown drought protection and a high stimulatory effect of such treatment on the content of chlorophylls and carotenoids in the leaves of the studied fruit plants.

Keywords: pear and plum trees, bioregulator Reglalg, microelements B, Zn, Mn, Mo; leaves, pigment fund.

Введение

Исследования фотосинтетической деятельности растений в агроценозе должны включать изучение ассимиляционного аппарата и прежде всего пигментов — хлорофилла и каротиноидов, как основных фоторецепторов фотосинтезирующей клетки. Количественное их содержание в листьях зависит от жизнедеятельности организма, его генетической природы. Поэтому при физиологических исследованиях оно может быть использовано как физиологический показатель, характеризующий онтогенетические, возрастные и генетические особенности растений. Количество пигментов отражает реакцию растительного организма на условия произрастания и адаптивные приспособления к действию различных факторов среды — освещенности, температуры и влажности [1].

В литературе накоплено значительное количество данных о существенной роли фитогормонов в ответе растений на стрессовые воздействия и в процессе их адаптации как регуляторов метаболизма [2]. Это послужило значительным стимулом для поиска синтетических и природных соединений, проявляющих такое же регуляторное действие и обеспечивающих оптимальную реализацию генетического потенциала растений.

Наши исследования предыдущих лет [3] показали стимулирующее действие микроэлементов цинк и марганец на фотосинтез, продуктивность, а также на устойчивость к засухе плодовых растений. Представлял интерес изучения особенностей физиологических процессов, определяющих фотосинтетическую продуктивность и урожайность плодовых растений, обработанных натуральными биологически активными соединениями в смеси с различными микроэлементами.

В задачу работы входило комплексное исследование количественных и качественных характеристик пигментного комплекса растений, особенностей формирования пигментного фонда листьев у разных генотипов плодовых культур (груша и слива) в зависимости от действия натурального препарата Реглалг, выделенного из биомассы водоросли рода *Spirogyrasp* [4], в сочетании с микроэлементами бор, цинк, марганец и молибден.

Материал и методы

Исследования проводили в 2016 – 2017 г.г. с растениями груши сортов Выставочная осеннего срока созревания плодов и поздним сортом Ноябрьская 5- и 6-летнего возраста в плодоносящем саду Научно практического Института Плодоводства и Пищевых технологий Молдовы, а также в 2018-2019 г. г. трех - четырехлетними растениями поздних сортов груши Ноябрьская и Сокровище в лизиметрах Института генетики, физиологии и защиты растений.

В 2020 - 2022 годах проводили исследования с деревьями поздних сортов сливы: сорта местной селекции Удлиненная и Суперпрезидент, выведенные в Молдавском НИИ Плодоводства [5,6], а также с двумя интродуцированными в Молдове сортами сливы: Стенлей американской и Президент английской селекции.

После цветения и далее в период интенсивного роста (май) опытные растения опрыскивали 0,05% водным раствором биопрепарата Реглалг, 0,05% раствором смеси солей микроэлементов (борная кислота, цинк сернокислый, марганец сернокислый, молибден сернокислый) и смесью Реглалга со смесью микроэлементов, контроль - растения, опрыснутые водой.

Через 2 недели после обработки и далее в течение вегетации в основные фенологические фазы роста и развития растений определяли морфологические и фотосинтетические параметры листьев [7]. Особое внимание было уделено определению содержания фотосинтетических пигментов (хлорофиллы а и б, сумма каротиноидов) в листьях спектрофотометрическим методом в ацетоне [8].

Статистическая обработка данных в программе, результаты достоверны при 0,05% уровне значимости.

Результаты

Динамика содержания хлорофиллов и каротиноидов у EXCEL исследуемых растений однотипна, что подтверждает наличие единого типа стратегии накопления пигментов в листьях груши. Некорневая обработка биопрепаратом Реглалг стимулирует синтез составляющих пигментного фонда листьев: хлорофилла а, хлорофилла б, соответственно суммы хлорофиллов и суммы каротиноидов. Уже через 2 недели проявилось влияние Реглалга на содержание фотосинтетических пигментов в листьях груши (рис. 1). У сорта Ноябрьская вариант с Реглалгом превышал контроль по сумме хлорофиллов более чем на 20%. Далее в течение вегетации различия между опытными вариантами и контролем изменяются, но средние значения по всем показателям за весь сезон, как видно из табл. 1, находятся в тех же пределах.

Рис. 1. Содержание пигментов в листьях груши сорта Ноябрьская через 2 недели после обработки Реглалгом(мг·дм⁻²). 2017 г.

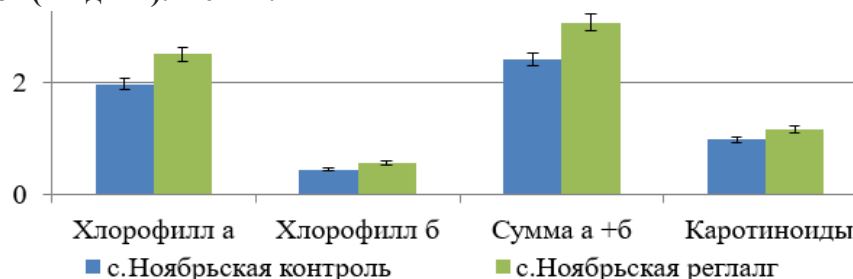


Таблица 1. Влияние БАВ на содержание составляющих пигментного фонда листьев груши, (мг·дм⁻²), в среднем за вегетационный период 2017 г.

Сорт	Вариант	Хлорофилла	Хлорофилл б	Суммаа+б	Каротиноиды
С. Ноябрьская	Контроль	3,23 ± 0,16	0,84 ± 0,04	4,06±0,20	1,30 ± 0,06
	Реглалг	3,45 ± 0,17	0,86 ± 0,05	4,33 ± 0,25	1,43± 0,08
С. Выставочная	Контроль	3,16 ± 0,16	0,82 ± 0,05	3,98 ± 0,19	1,35 ± 0,07
	Реглалг	3,22 ± 0,16	0,87 ± 0,05	4,09 ± 0,21	1,38 ± 0,08

Исследовали трехлетние растения поздних сортов груши Ноябрьская и Сокровище в лизиметрах Института генетики, физиологии и защиты растений. Сумма хлорофиллов а и б под влиянием Реглалга у сорта Ноябрьская превышает контроль на 22%, в вариантах Реглалг+микроэлементы и сумма микроэлементов соответственно на 15% и 6%. У сорта Сокровище опытные варианты превышали контроль соответственно на 8%, 26% и 3%. Самыми эффективными вариантами были у с. Ноябрьская Реглалг и у с. Сокровище Реглалг+микроэлементы. В течение вегетации эти значения изменяются, но влияние опрыскивания сохраняется. Исследование выявило высокую корреляцию массы листьев и содержания в них хлорофилла, в особенности у опытных вариантов: у с. Ноябрьская $r = 0,55 - 0,68$, у с. Сокровище $r = 0,57 - 0,79$.

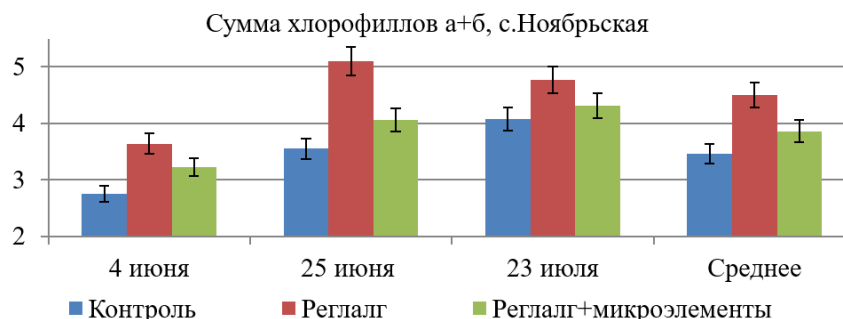
Таблица 2. Влияние Реглалга и микроэлементов на сумму хлорофиллов а+б (мг·дм⁻²) у растений груши. 2018 год.

Variant/ Data	13 июня	26 июня	12 июля	16 августа
с. Ноябрьская				
Контроль	3,92±0,19	4,27±0,21	4,49±0,22	4,45±0,23
Реглалг	4,79±0,24	4,84±0,25	4,60±0,23	4,52±0,24
Реглалг + микроэлементы	4,50±0,22	4,67±0,23	4,96±0,24	4,43±0,21
Микроэлементы	4,15±0,24	4,41±0,22	4,76±0,23	4,75±0,22
с. Сокровище				
Контроль	4,20±0,21		4,49±0,22	4,65±0,23
Реглалг	4,53±0,24		4,78±0,22	5,04±0,25
Реглалг+микроэлементы	5,28±0,26		4,96±0,24	5,16±0,26
Микроэлементы	4,32±0,21		4,76±0,23	4,52±0,22

У обоих исследуемых сортов сумма каротиноидов в контроле ниже, чем в опыте в среднем на 5-7%, за исключением варианта Реглалг+микроэлементы у с. Сокровище, превышающего контроль на 16% как и по содержанию хлорофилла.

Дальнейшее изучение влияния Реглалга и микроэлементов в следующем году на содержание составляющих пигментного фонда проявилось также через две недели (4 июня) после опрыскивания (рис. 2).

Рис. 2. Влияние Реглалга и микроэлементов на сумму хлорофиллов а+б (мг·дм⁻²) у груши, 2019 г.



Сумма хлорофиллов а и б под влиянием двух обработок Реглалгом превышала контроль на 22% и в варианте Реглалг+микроэлементы на 17%. Исследование выявило высокую корреляцию массы листьев и содержания в них хлорофилла, в особенности у опытных вариантов: $r = 0,55 - 0,80$. Сумма каротиноидов в контроле ниже, чем в опыте с Реглалгом в среднем на 12%. Использование Реглалга с микроэлементами стимулировало накопление каротиноидов в листьях груши в среднем более чем на 20%. Это может способствовать дополнительному поглощению света и защите молекул хлорофилла от необратимого окисления [9].

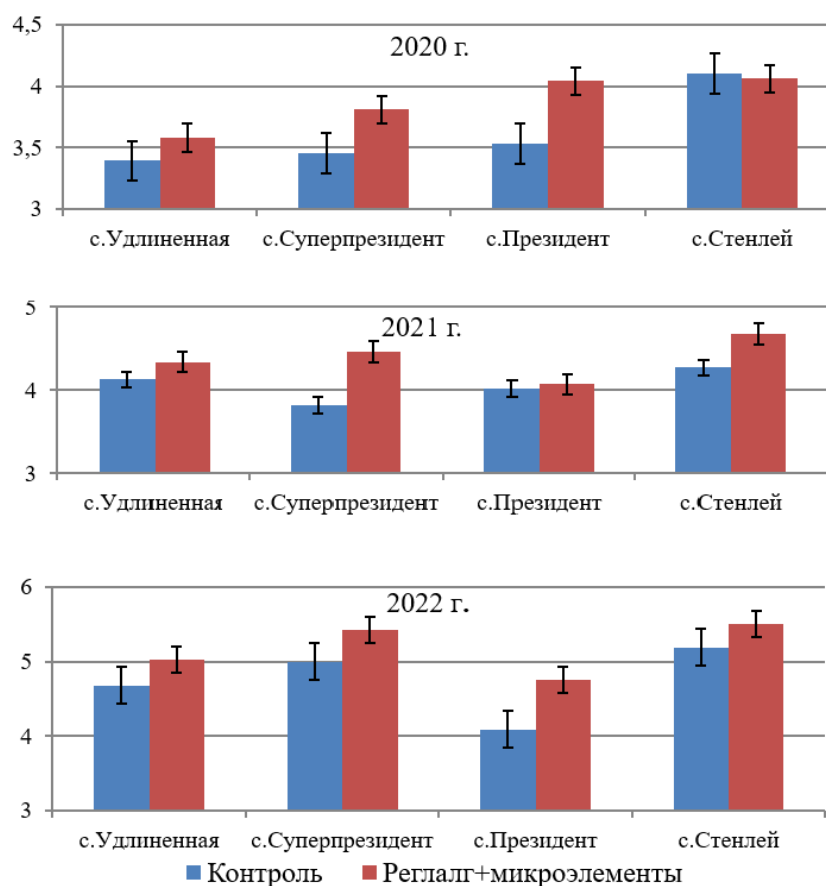
Исследование влияния препарата Реглалг совместно с микроэлементами В, Zn, Mn и Mo, проведенное нами в плодоносящем саду с поздними сортами сливы в 2020 – 2021 гг., и в 2022 году с растениями сливы 4-летнего возраста в контролируемых условиях лизиметров, выявило стимулирующее действие такой обработки на формирование и функционирование фотосинтетического аппарата. Это способствовало более полной реализации потенциала растений и активного биосинтеза запасных веществ в плодах сливы [10].

Сезонная динамика хлорофиллов и каротиноидов у исследуемых растений практически не отличалась. Содержание ассимиляционных пигментов в листьях сливы в засушливых условиях 2020 года было на 15-20% ниже, чем в более благоприятном 2021 году (рис.3). В наиболее засушливый период вегетации в июне 2020 года различия между вариантами были также существенны. Этому способствовала более высокая влажность листьев у растений сливы, обработанных Реглалгом с микроэлементами. Эти отличия от контроля составляли 2-3 %, что являлось особенно важным при засухе, так как по данным П. А Генкель [11] снижение содержания воды в листьях даже на 0,9 % могло изменять баланс ауксинов и ингибиторов в сторону ингибиторов.

В 2021 году было установлено значительное преимущество варианта Реглалг+микроэлементы над контролем у всех сортов сливы, но наиболее выражено у местного сорта Суперпрезидент. Содержание хлорофилла в среднем за весь период вегетации превышало контроль на 20%. Что касается каротиноидов различия между опытом и контролем составляла 18 %. У всех других сортов этот процент составил 3-4%.

Вегетационный период 2022 года был жарким. Повышенный термический режим и значительный дефицит осадков способствовали появлению атмосферной и почвенной засух, особенно в период активного роста растений в мае – июне. Но стимулирующее влияние обработки растений Реглалгом с микроэлементами на пигментную систему молодых растений сливы в процентном отношении сохраняется. Сумма хлорофиллов в листьях молодых растений выше в 1,25 раз, чем у плодоносящих (рис. 3).

Рис. 3. Средние значения содержания хлорофиллов а+б за вегетацию 2020, 2021 и 2022 г.г.(мг·дм⁻²).



Содержание каротиноидов в листьях всех исследуемых сортов у контрольных (1,62) и опытных (1,65 мг·дм⁻²) растений в среднем близки. Сравнение результатов изменения фонда каротиноидов в листьях сливы под влиянием обработки растений препаратом Реглалг в комплексе с микроэлементами в годы исследований 2020, 2021 и 2022 показали близкую картину.

Заключение

В результате проведенных исследований выявлено, что растения груши и сливы характеризуются высокой отзывчивостью на действие биологически активного препарата Реглалг в сочетании с микроэлементами бор, цинк, марганец и молибден. Показаны особенности накопления хлорофиллов а и б, а также каротиноидов в листьях груши и сливы, характерные для разных видов, сортов, разного возраста растений в разных погодных условиях и стимулирующее влияние на них Реглалга с микроэлементами. Такая обработка способствует формированию защитных реакций в накоплении пигментов в листьях плодовых растений в ответ на стрессовые факторы окружающей среды.

Библиографические ссылки:

1. Горышина Т. К. *Об основных линиях адаптивных структурных изменений фотосинтетического аппарата листа у растений в природных местообитаниях.* В: *Экология*, 1988, №.6, с. 8-15.
2. Кулаева О. Н. *Фитогормоны как регуляторы активности генетического аппарата и синтеза белка у растений.* В: *Новые направления в физиологии растений.* М., 1988, с.62-84.
3. Titova N., Șișcanu Gh. *Microelements as photosynthesis regulators in peach trees.* В: *Proc. XIth Intern. Photosynthesis Congress.* Budapest, 1998, p. 3777-3780.
4. *The Certification AANo.0448 for utilization in the Republic of Moldova agriculture of the stimulator of growth Reglalg, The State Center for Certification of Chemical and Biological Means of Plant Protection and Growth Regulators,* 12 February 2003.
5. Журавель А., Рапча М., Короид А., Грацкан С., Магер М. *Слива.* Кишинев, 2007, 246 с.
6. Журавель А., Козмик Р. *Новые районированные в Республике Молдова сорта сливы местной селекции.* В: *Современное садоводство*, 2014, №1, с. 1-6.
7. Ничипорович А. А. *Физиология фотосинтеза и продуктивность растений.* В: *Физиология фотосинтеза.* М.: Наука, 1982, с. 7-33.
8. Шлык А. А. *Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев.* В: *Биохимические методы в физиологии растений.* М.: Наука, 1977, с. 154-163.
9. Полевой В. В. *Физиология растений.* М.: Высшая школа, 1989, с. 77-78.
10. Титова Н. В., Гавюк Л., Бежан Н., Гыскэ А. *Фотосинтетическая продуктивность растений сливы.* В: *Confer. șt. naț. cu part. Intern. Conferința „Știința în Nordul Republicii Moldova: realizări, probleme, perspective”* Bălți, Moldova, 20-21 mai 2022, p. 138-141.
11. Генкель П. А. и др. *Некоторые аспекты засухоустойчивости и регуляции роста растений абрикоса при действии засухи.* В: *VI между. симп. по абрикосу.* Ереван, 1978, с. 98-101.

Примечание: Исследования проведены в рамках проекта Государственной Программы 20.80009. 5107.18 «Целенаправленное формирование иммунной системы и качества плодов поздних сортов сливы, предназначенных для длительного хранения», финансируемой Национальным Агентством по Исследованиям и Развитию.

Данные об авторах:

Нина ТИТОВА, доктор биол. наук, ведущий сотрудник, Институт генетики, физиологии и защиты растений, Молдавский Государственный Университет.

E-mail: nvtmd@mail.ru

Тел.: 060737053

Алина ГЫСКЭ, научный сотрудник, стажер, Институт генетики, физиологии и защиты растений, Молдавский Государственный Университет.

Николай БУЖОРЯНУ, доктор хабилитат с-хоз. наук, директор проекта, Институт генетики, физиологии и защиты растений, Молдавский Государственный Университет.

Представлено 22.09.2023

CZU: 619:616-085.36:636.4.087.8

[http://doi.org/10.59295/sum6\(166\)2023_13](http://doi.org/10.59295/sum6(166)2023_13)

ACȚIUNEA CORIOCENULUI ASUPRA SCROAFELOR PARTURIENTE HIPOGALACTICE

Viorica GURDIȘ,

Universitatea Tehnică a Moldovei

Scopul acestui studiu a fost de a evalua efectele Coriocenului asupra scroafelor hipogalactice. În urma analizei rezultatelor obținute s-a constatat că la scroafele tratate cu acest produs s-a ameliorat starea generală, a crescut pofta de mâncare, hematopoieza, activitatea enzimatică și a proceselor metabolice din organism. Pe acest fondal, producția de lapte la un tain de alăptare în prima săptămână s-a mărit cu 146,8 ml, în sânge s-a diminuat nivelul colesterolului cu 16,83 %, al glucozei cu 19,12 %, al trigliceridelor cu 40,98 %; a crescut conținutul de proteine totale cu 23,8 % și uree cu 13,05 %. Conținutul de tirozină în sânge s-a diminuat cu 18,9 %, iar conținutul de triptofan, dimpotrivă, a crescut cu 40 %, ceea ce denotă indirect creșterea sintezei de serotonină în sistemul nervos central și reinstaurarea instinctului matern.

Cuvinte-cheie: galactopoeză, Coriocen, scroafe parturiente, hipogalactie, triptofan, prolactină.

THE ACTION OF CHORIOCENE ON HYPOGALACTIC PARTURIENT SOWS

The aim of this study was to evaluate the effects of the Coriocene on hypogalactic sows. After analyzing the obtained results, it was found that the general condition of the sows treated with this product improved, the appetite, hematopoiesis, enzymatic activity and metabolic processes in the body increased. Against this background, the milk production of a lactating mother in the first week increased by 146,8 ml, decreased the level of cholesterol in the blood by 16,83 %, of glucose by 19,12 %, of triglycerides by 40,98 %; increased total proteins by 23,8 %, urea by 13,05%. The content of tyrosine in the blood decreased by 18,9 %, and tryptophan, on the contrary, increased by 40 %, which indirectly denotes the increase in the synthesis of serotonin in the central nervous system and the restoration of the maternal instinct.

Keywords: Galactopoesis, Coriocen, Sows post-partum, hypogalactia, tryptophan, prolactin.

Introducere

Creșterea industrială a porcinelor în prezent constituie o pondere importantă în economia națională de producere a proteinelor în majoritatea țărilor, de pe toate continentele. Anual sunt crescuți pentru consumul uman sute de milioane de porci, oferind mii de locuri de muncă și asigurând populația cu proteine de înaltă calitate. În ultimii 50 de ani, în acest sector s-au produs transformări remarcabile, generate de cerințele consumatorului și de aspirațiile către eficiența economică, având ca forță motrică cercetarea științifică. A fost înțeles bine faptul că problemele practice pot fi rezolvate doar prin studii aplicative cât mai aprofundate. În Republica Moldova există bază materială și experiența necesară de producere a cărnii de porc în condiții industriale, care poate fi utilizată în procesul de revitalizare a ramurii și obținere a producției competitive pentru țară și export [1, 2, 3]. Actualmente, ramura de creștere a suinelor funcționează pe principiile economiei de piață, care înaintează noi cerințe privind calitatea și prețul de cost al producției. Ele prevăd, în primul rând, o largă aplicare a realizărilor științifice și cunoștințelor practice în prevenirea și tratarea diverselor maladii [4, 5].

Modernizarea tehnologiilor de creștere și îngrijire a porcinelor ridică, uneori, probleme atât în fața crescătorilor, cât și a medicilor veterinari prin faptul că, în aceste condiții, apar o serie de entități morbide necunoscute, cu un impact negativ asupra rentabilității ramurii [6, 7, 8]. Printre acestea, caracteristică prin diversitatea formelor etiopatogenice, se numără și hipogalactia, maladie exprimată prin secreția scăzută a cantității de lapte la scroafele-mame, care la modul direct afectează ritmul de dezvoltare a purceilor nou-născuți sau chiar și starea de sănătate. Astfel, hipogalactia la scroafe este o stare patologică întâlnită în toate părțile lumii, care prin reducerea viabilității și creșterea ratei mortalității purceilor aduce prejudicii economice importante crescătorilor de suine [9, 10].

Maladia apare la scroafe, de obicei, în primele zile de la parturiție, dar sunt descrise și cazuri când această stare survine și mai târziu [11, 12, 13]. Se consideră că în suprimarea procesului de secreție a laptelui pot fi implicați numeroși factori patogeni, dar în majoritatea cazurilor, simptomele clinice prin care se exprimă maladia sunt similare [14, 15, 16, 17]. Reieșind din aceste considerente, scopul propus a fost studierea factorilor de risc în declanșarea hipogalactiei la scroafe, în condițiile unor întreprinderi specializate în creșterea porcinelor și cercetarea acțiunii galactogene a produsului tisular Coriocen administrat scroafelor cu semne clinice de hipogalactie.

Material și metode

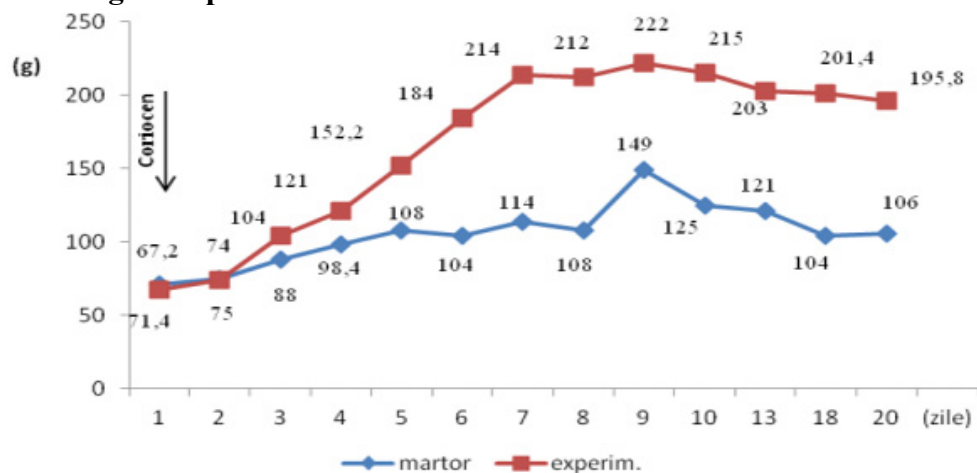
În această experiență au fost incluse 10 scroafe parturiente hipogalactice aflate în a 3-a – 4-a lactație. Animalele erau întreținute în adăposturi conform cerințelor sanitar-veterinare în vigoare și hrănite cu nutrețuri de valoare completă. După criterii clinice animalele, la a 2 - 3 zi după fătare, au fost divizate în două loturi similare, a câte 5 scroafe în fiecare. Scroafelor din lotul I (martor) s-a administrat soluție NaCl 0,9% - 10 ml, intramuscular („nocebo”), iar celor din lotul II (experimental) produsul Coriocen, 10 ml i.m. De la fiecare scroafă au fost prelevate probe de sânge: inițial, la a 3-a, 7-a, 10-a, 15-a și a 20-a zi după administrare. În sânge au fost determinați indicii: hematologici (numărul de eritrocite, leucocite, cantitatea de hemoglobină și nivelul hematocritului), activitatea enzimelor (PA, ALT, AST, GGT), parametrii biochimici (colesterolul, trigliceridele, proteinele totale, glucoza, ureea, tirozina, triptofanul). Concomitent, pe parcursul a 20 de zile s-a monitorizat statusul clinic și procesul de galactopoieză la scroafe și s-a monitorizat starea clinică a purceilor nou-născuți.

Rezultate și discuții

În faza de inițiere a cercetării și formare a loturilor, starea generală a scroafelor parturiente era aparent satisfăcătoare. La examenul clinic detaliat, însă, s-a constatat că indicii clinici (T, R) erau în limitele fiziologice, menținându-se la nivelul minim; glandele mamare erau nemodificate sau dure, majoritatea cu mamelonul flasc, congestionate la unele, dar fără afecțiuni patologice. Pofta de mâncare a acestora era diminuată, instinctul matern absent, observat prin lipsa grijii față de purcei, iar aceștia erau în stare de alertă continuă. Producția de lapte, după cum s-a constatat, era redusă și constituia 67,2 - 71,4 g la un tain de alăptare (fig. 1).

După administrarea Coriocenului (10 ml i.m.) scroafelor din lotul II (experim.), starea generală a acestora s-a îmbunătățit, a crescut pofta de mâncare (consumau hrana oferită în totalitate); producția de lapte a devenit mai mare de 2,7 – 3,7 ori față animalele din lotul martor și s-a constatat revenirea instinctului matern. Indicii clinici (T, R) în prima săptămână au crescut în limitele fiziologice până la nivelul maxim, iar starea progeniturilor a revenit pe făgașul normalității.

Figura 1. Cinetica galactopoieziei.



Concomitent, însă, starea generală a scroafelor din lotul I martor, practic nu s-a modificat: producția de lapte, deși a manifestat tendința de creștere, (fig.1.) era total insuficientă necesităților de dezvoltare a purceilor, de aceea starea generală a progeniturilor s-a agravat dezastruos.

Indicii hematologici, la scroafele din ambele loturi, inițial erau în limitele fiziologice, menținându-se nivelul minim, sau sub acest nivel (Hb 9,2 - 9,5 g/L; Ht 34 - 34,8 %). După administrarea Coriocenului (lot II, experum), pe fondalul creșterii galactopoiezei, s-a constatat tendința de creștere a conținutului de Hb (cu 0,9 g/%) și indicele Ht-lui (cu 0,8 %), menținându-se la nivel peste cel inițial până la a 20-a zi (sfârșitul experimentului). Numărul de eritrocite și leucocite în prima săptămână după administrare, de asemenea, a avut tendința de creștere, ca apoi, la a 20-a zi după administrare să revină la nivelul inițial (leucocite) sau să fie peste acest nivel (eritrocite).

Figura 2. Cinetica hemoglobinei.

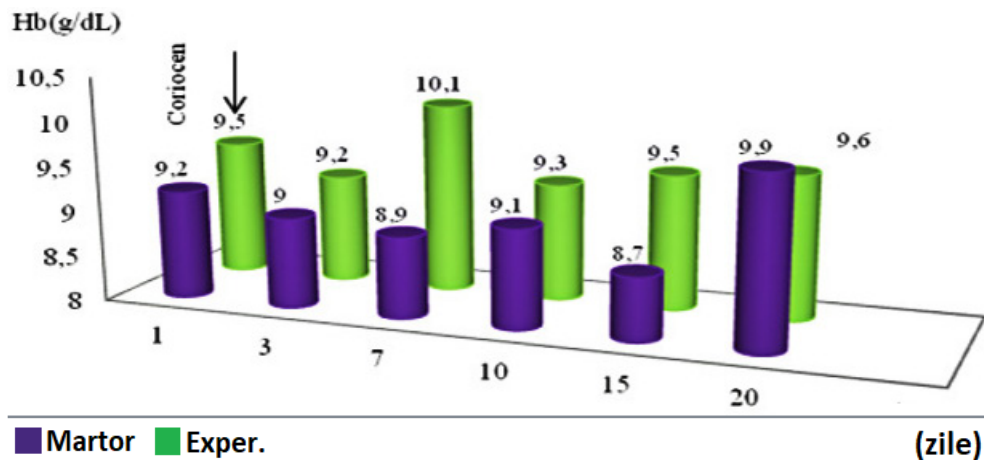
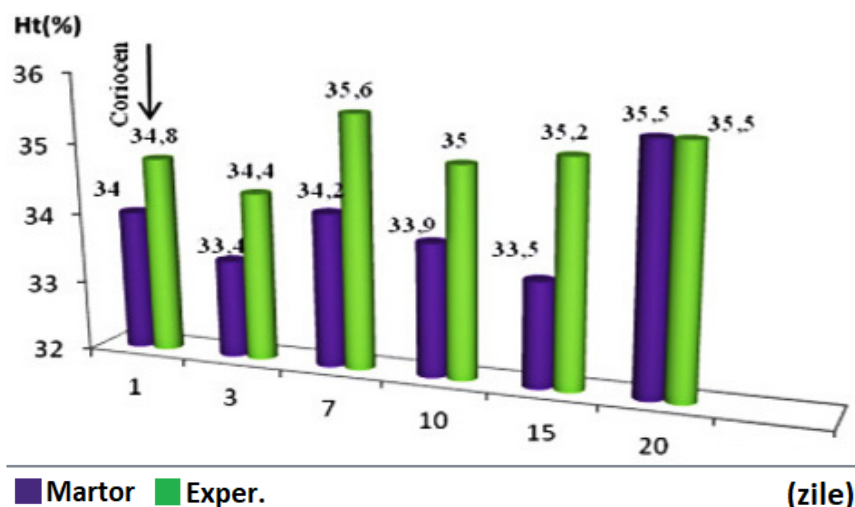


Figura 3. Cinetica hematocritului.

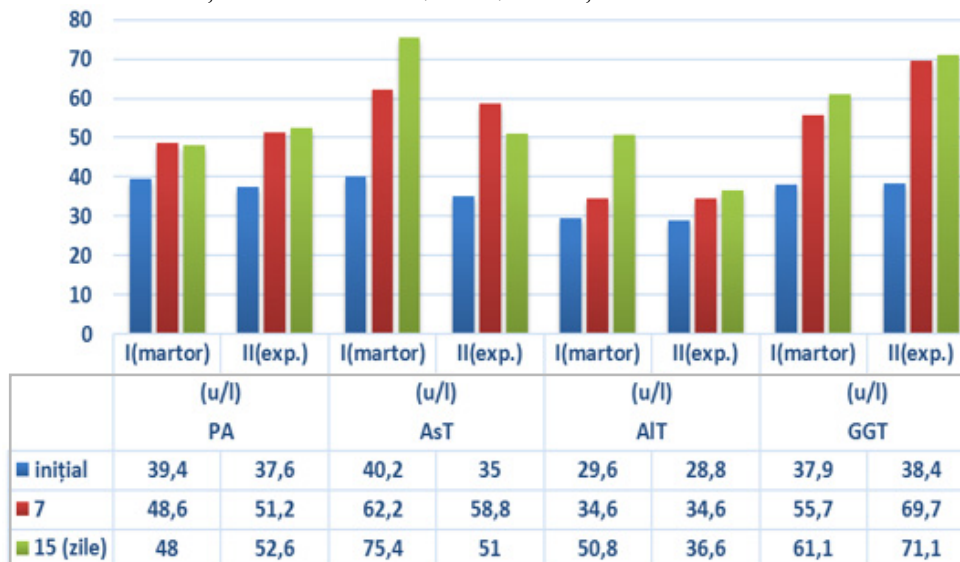


Totodată, la scroafele din lotul I, martor, pe fondalul hipogalactiei, indicii hematologici studiați au continuat să scadă, în special numărul de eritrocite și de leucocite care, la a 20-a zi aveau valoare mai mică față de cel inițial, respectiv cu $0,5 \times 10^{12}/L$ și cu $0,5 \times 10^9/L$.

Activitatea enzimelor studiate, la scroafele hipogalactice din lotul martor (I) și experimental (II), (fig. 4) inițial, erau în limitele fiziologice, cu devieri nesemnificative. După administrarea Coriocenului (lot II, experim.), odată cu creșterea marcantă a producției de lapte, la a 15-a zi s-a înregistrat creșterea activității în sânge a PA cu 39,8 %; a AST – cu 45,7 %, a ALT- cu 27,08 % și a GGT- cu 85,2 %. Aceste creșteri, eventual, au fost influențate de sporirea consumului de hrană, intensificarea proceselor metabolice, dar și a producerii de lapte.

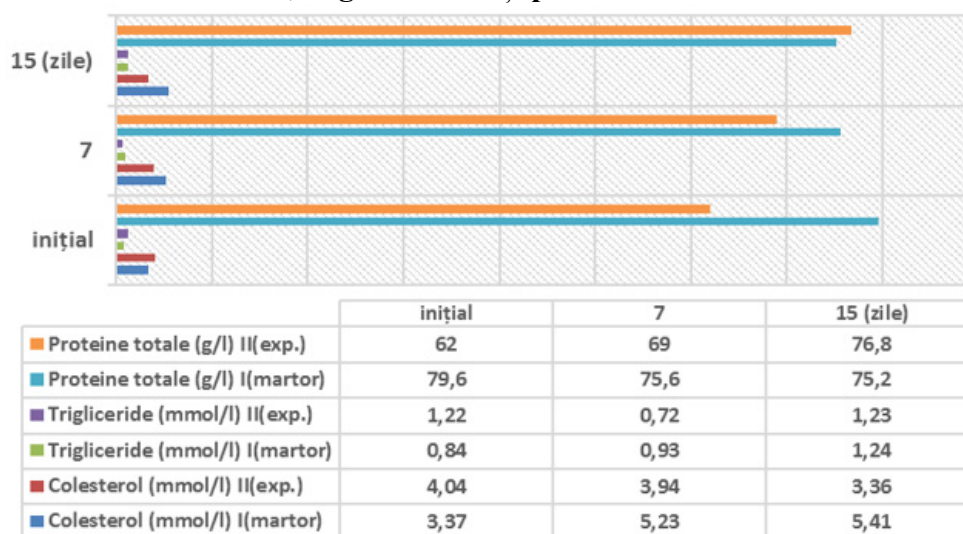
Totodată, la scroafele din lotul I, martor, pe fondalul unui apetit diminuat și o creștere insuficientă a producerii de lapte, s-a înregistrat o creștere mai mică a activității unor enzime (PA cu 21,8 %; AST cu 39,8 %; GGT cu 61,2 %) și o creștere mai mare a ALT cu 71, 62%), ceea ce denotă intensificarea proceselor catabolice.

Figura 4. Cinetica activității enzimelor PA, AST, ALT și GGT.



Indicii biochimici în sânge, studiați la scoafele hipogalactice din ambele loturi (I martor și II experimental), (fig. 5) inițial, până la administrarea Coriocenului (lot II, experim.), nu manifestau devieri semnificative față de limitele fiziologice, iar diferența dintre loturi era mică, nesemnificativă. După administrarea Coriocenului (lot II, experim.), colesterolul în sânge s-a diminuat gradual cu 16,83 %; trigliceridele în prima săptămână s-au diminuat cu 40,98 %, apoi, la a 15-a zi, au revenit la nivelul inițial, proteinele totale au crescut gradual cu 23,8 %; nivelul de glucoză s-a diminuat gradual cu 19,12 %, iar ureea a crescut cu 13,05 % (fig. 6).

Figura 5. Cinetica colesterolului, trigliceridelor și proteinelor totale.



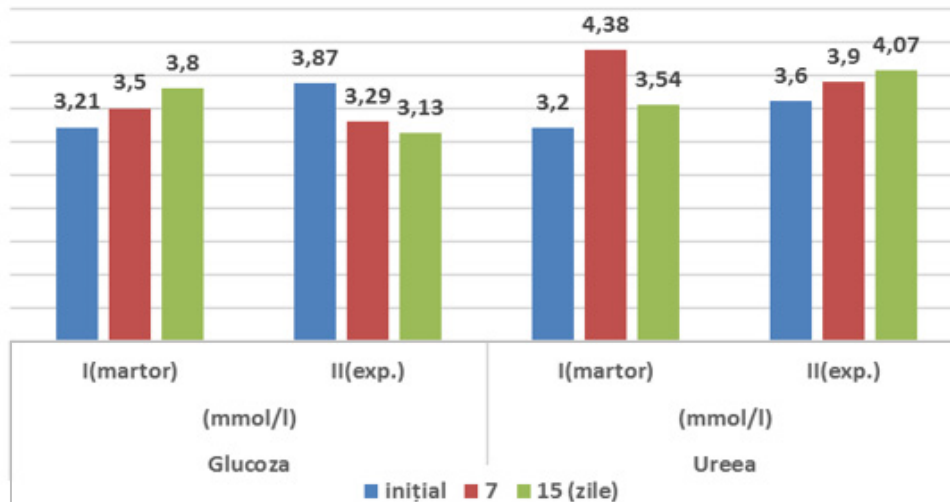
Aceste modificări denotă intensificarea proceselor metabolice, fiind consecință a creșterii poftei de mâncare și a galactopoeziei sub acțiunea Coriocenului. Totodată, la scoafele din lotul martor, pe fondalul hipogalactiei persistente, colesterolul dimpotrivă, a crescut cu 60,53%, trigliceridele, de asemenea, au crescut cu 47,61%, proteinele totale au diminuat cu 5,52%, iar glucoza gradual a crescut cu 18,3%.

Ureea inițial a crescut cu 9,03 %, apoi s-a diminuat, ceea ce reflectă diminuarea poftei de mâncare și respectiv, a galactopoeziei.

Un interes deosebit prezintă modificările induse de Coriocen asupra indicilor biochimici. Tirozina este un aminoacid produs natural de organism din fenilalanină, care se găsește în nutrețuri. În organism este folosită pentru sinteza mesagerilor chimici implicați direct sau indirect în procesele biochimice și fiziologice. În sinapsele nervoase din tirozină este sintetizată dopamina – precursor al norepinefrinei-neurotransmițător

al sistemului simpatic și, totodată, în cadrul sistemului endocrin, în glandele suprarenale, în calitate de precursor al epinefrinei [14].

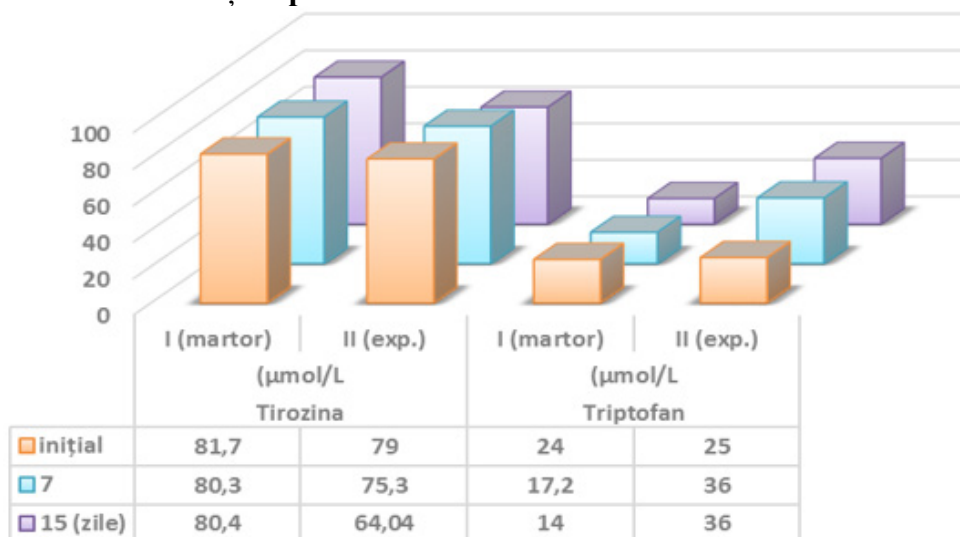
Figura 6. Cinetica glucozei, ureei.



În cazul scoafelor hipogalactice, tirozina prezintă interes, deoarece este un precursor al dopaminei sintetizate în hipotalamus și deversate în adenohipofiză, unde îndeplinește funcția de inhibitor al sintezei de prolactină. După cum se vede din fig. 7, la scoafele hipogalactice din ambele loturi, conținutul de tirozină în serul sanguin, inițial, până la administrare, practic era la același nivel, diferența dintre loturi fiind foarte mica, ne autentică.

După administrarea Coriocenului la scoafele din lotul II (experimental), s-a înregistrat o scădere a conținutului de tirozină în ser la a 7-a zi cu 3,7 $\mu\text{mol/L}$ (4,68 %), iar la a 15-a zi cu 14,96 $\mu\text{mol/L}$ (18,9 %) față de nivelul inițial. Concomitent, la scoafele hipogalactice din lotul martor (nocebo), care nu au beneficiat de acțiunea Coriocenului, conținutul de tirozină din serul sanguin, spre marea noastră uimire, practic nu s-a modificat. Diferența dintre loturi este autentică ($p < 0,05$). În opinia noastră acest mecanism poate fi folosit pentru descifrarea modului de acțiune al Coriocenului asupra scoafelor hipogalactice, în special asupra prolactinemiei și în consecință, asupra galactopoeziei.

Figura 7. Cinetica tirozinei și triptofanului.



Triptofanul este un aminoacid esențial, de aceea, a prezentat interes de a studia faptul cum influențiază Coriocenul asupra nivelului de triptofan din serul sanguin al scoafelor hipogalactice. Rezultatele obținute sunt prezentate în fig. 7, din care se vede, că la scoafele hipogalactice din ambele loturi, experimental și martor, în serul sanguin, se conținea respectiv $25,0 \pm 3,5$ și $2,4,0 \pm 1,8$ $\mu\text{mol/L}$ de triptofan, diferența dintre

loturi fiind infimă. Este știut, că deficitul de triptofan din organism influențează negativ lactația și componența laptelui matern. Dacă laptele matern nu conține o cantitate suficientă de triptofan, intervine retardarea proceselor de creștere și dezvoltare a progeniturilor, în plus, se instituie o stare de anemie deficitară a purceilor sugari [18].

Scroafele hipogalactice din lotul martor, tratate cu „nocebo”, deși se aflau în condiții de întreținere și nutriție similare, au manifestat un vector opus de evoluare a nivelului de triptofan. Peste 7 zile după administrarea produsului „nocebo”, conținutul de triptofan în ser a-a diminuat cu $6,8 \mu\text{mol/L}$, iar în următoarele 8 zile a mai scăzut cu încă $3,2 \mu\text{mol/l}$. Per total, conținutul de triptofan în ser timp de 15 zile s-a micșorat cu $10,0 \mu\text{mol/L}$ sau cu $41,66 \%$ față de nivelul initial.

Concomitent, la scroafele hipogalactice din lotul experimental, după administrarea Coriocenului, la a 7-a zi, nivelul triptofanului în serul sanguin a crescut cu $11 \mu\text{mol/L}$ și s-a menținut la acest nivel în următoarele 8 zile. Această creștere semnificativă a conținutului de triptofan s-a produs fără schimbarea rației, numai prin faptul că scroafele deja consumau în totalitate hrana oferită. De menționat, că diferența privind conținutul de triptofan la scroafele din lotul martor față de cele din lotul experimental a avut semnificație statistică atât la a 7-a ($p < 0,05$), cât și la a 15-a zi ($p < 0,05$) de investigație. Rezultatele acestor cercetări denotă, că produsul tisular Coriocen acționează pozitiv asupra scroafelor hipogalactice și prin intermediul unor modificări a metabolismului intermediar al triptofanului. Un lucru este clar, că creșterea poftei de mâncare și a producției de lapte la scroafele hipogalactice după administrarea Coriocenului au avut loc pe fondalul creșterii nivelului de triptofan în serul sanguin. Concomitent, triptofanul, în calitatea sa de precursor al serotoninei, a influențat pozitiv pofta de mâncare și starea generală a scroafelor-mame, inclusiv instinctul matern [18]. Descifrarea mecanismului de acțiune a Coriocenului necesită noi investigații la un alt nivel cu totul nou.

Concluzii

1. Produsul tisular Coriocen administrat scroafelor cu hipogalactie la a 2-a, a 3-a zi după parturiție, a avut acțiune pozitivă asupra stării generale a scroafelor, exprimându-se prin îmbunătățirea poftei de mâncare, creșterea producției de lapte, revenirea instinctului matern și creșterea indicilor clinici (T, R) în limitele fiziologice, până la nivelul maxim.

2. Sub influența Coriocenului, la animalele tratate, în sânge, s-au produs schimbări pozitive asupra indicilor biochimici, exprimate prin creșterea activității transaminazelor AST cu $45,7 \%$ și ALT cu $27,08 \%$; a fosfatazei alcaline (PA) cu $39,8 \%$, și gama-glutamyltransferazei (GGT) cu $85,2 \%$; a crescut conținutul de proteine totale cu $23,8 \%$, s-a diminuat conținutul de colesterol cu $16,83 \%$ și trigliceride cu $40,98 \%$, fapt ce denotă intensificarea și stabilizarea proceselor metabolice.

3. După administrarea Coriocenului scroafelor hipogalactice, conținutul de tirozină s-a diminuat gradual cu $18,9 \%$, a crescut cantitatea de lapte eliminată la un tain de alăptare de la 74 ml , până la 214 ml (a 6-a zi după administrare) și s-a menținut la un nivel mai înalt de 3–3,5 ori față de nivelul initial până la sfârșitul investigațiilor; conținutul de triptofan în sânge a crescut cu 40% , ceea ce facilitează traversarea barierei hemato-encefalice de către acest precursor al serotoninei, neurotransmițător cu multiple funcții, inclusiv funcționarea instinctului matern.

Referințe:

1. BALTAG G. *Problema rentabilității producției cârnii de porc în gospodăriile populației: rezultate și analize*. În: *Știința Agricolă*, 2014, Issue 2, pp. 133-138.
2. ROTARU, I. *Producerea și consumul cârnii de suine pe plan național și mondial*. În: *Știința Agricolă* nr. 1, 2018, ISSN 1857-0003, ISSN 2587-3202, p. 91 - 98.
3. SECRIERU S. *Capacitatea de creștere și calitatea carcaselor la tineretul hibrid de suine*. În: *Agricultura Moldovei*, Chișinău, 2014, nr. 1 - 2, p. 31 - 33., 0,23 c.a. ISSN 0582 5229.
4. БОЕВ, В. Ю. *Распространение болезней репродуктивной системы воспалительного характера у свиноматок с различной системой ведения производства*. В: *Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии*, 2020, № 3, с. 68 - 71.

5. KAISER, Marianne , JACOBSON, Magdalena et al. *Lack of evidence of mastitis as a causal factor for postpartum dysgalactia syndrome in sows*. In: *Translational Animal Science*. 2020, vol. 4, p. 250-263.
6. KASAZAKI, T., HIROKAZU, T. *Effect of pseudopregnancy duration in nonpregnant sows on induced lactation*. In: *Japanese Society of Animal Science* vol.94, Issue, 2023, 13815.
7. KEMPER, N. *Update on postpartum dysgalactia syndrome in sows*. In: *Journal of Animal Science*, 2020, vol. 98, No. Suppl. 1, pp.117–125. doi:10.1093/jas/skaa135.
8. ЛАТЫНИНА, Е. С. *Микрофлора репродуктивного тракта и секрета молочной железы свиноматок при синдроме послеродовой дисгалактии*. Сборник статей Международного учебно-исследовательского конкурса «Студент года 2020». - Петрозаводск, 2020, с. 329-336.
9. ЛАТЫНИНА, Е. С. *Синдром метрит-мастит-агалактия свиней: распространение, этиология и факторы риска развития заболевания*. В: *Студенческая научно-практическая конференция КФ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева с международным участием*, 2018, No 9. с. 349-351.
10. ЛАТЫНИНА, Е. С. *Терапия синдрома послеродовой дисгалактии свиноматок препаратом на основе цефтиофура*. В: *Вестник КрасГАУ*, 2021, No 12, с. 227-231.
11. NIKLAS, A., KARST, XAVER SIDLER. *Influence of mastitis metritis agalactia (MMA) on bone and fat metabolism*. In: *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)*. 2021, nr. 105, pp. 138-146. doi:10.1111/jpn.13201.
12. PATRA, M. *Influence of seasonal variation on postfarrowing dysgalactia syndrome (PFDS) and serum biochemistry profiles in the periparturient sow*. In: *Anim. Health and Prod.* 2021, vol. 53, pp. 346-378.
13. ПОПОВИЦИ, М. *Efectele fătărilor stimulate cu uteroton asupra indicilor natalității și incidenței afecțiunilor post-partale la scroafe*. În: *Știința agricolă*, 2012, nr. 2, pp 49-52. ISSN 1857-0003.
14. RODRÍGUEZ, Maria et al. *Feed intake patterns of modern genetics lactating sows: characterization and effect of the reproductive parameters*. In: *Porcine Health Management*, 2023, vol. 9, nr. 6, pp. 4-30.
15. SEREBREAKOV, V. *Sindrom MMA v usloviâh hozâjstv Omskoj oblasti*. In: *Trudy Kubanskogo Gosagrouniversiteta*, 2012, nr. 11, pp. 45 - 48.
16. КАШКОВСКАЯ, Л. М., САФАРОВА, М. И., БАЛЫШЕВ, А. В. *Синдром MMA: Современный подход к комплексной терапии*. В: *Журнал «СВИНОВОДСТВО»*, № 2, 2020, No 1, с. 66-68.
17. СТОЛБОВА, О. А., КАЛУГИНА Е. Г. *Синдром метрит-мастит-агалактия у свиней*. В: *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*, 2017, No 11, с. 132-136.
18. TROTTIER, N. *Dietary and plasma branched-chain amino acids in relation to tryptophan: effect on voluntary feed intake and lactation metabolism in the primiparous sow*. In: *Journal of animal science (USA)*, 2011, pp. 1086-1092, ISSN: 0021-8812.

Date despre autor:

Viorica GURDIȘ, asistent universitar, Departamentul Științe Fundamentale și Clinice, Facultatea Medicină Veterinară, Universitatea Tehnică a Moldovei.

E-mail: gurdisviorica@gmail.com

ORCID: 0000- 0003-2167-5616

Prezentat la 08.12.2023

REGENERAREA CĂRBUNELUI ACTIV AG-3 UTILIZAT ÎN PROCESELE DE POTABILIZARE A APELOR DE SUPRAFAȚĂ

Mihai CIOBANU, Tudor LUPAȘCU, Nina ȚÎMBALIUC, Nina BOLDURESCU,

Universitatea de Stat din Moldova

S-a studiat procesul termic de regenerare a cărbunelui activ AG-3 uzat de la stația de potabilizare a apei din municipiul Chișinău. Procesul de regenerare s-a efectuat la diferite temperaturi și la diferite intervale de timp cu vapori de apă. Pentru evaluarea gradului de regenerare a mostrelor de cărbuni activi s-au măsurat izotermele de adsorbție a benzenului și a albastrului de metilen din soluții apoase. S-a constatat că la temperaturi ridicate se produce regenerarea integrală a cărbunelui activ AG-3 uzat. Acest fapt se confirmă prin valorile adsorbției albastrului de metilen practic egale pe cărbunele activ regenerat și pe cel intact. La temperaturi apropiate de 800⁰ C, capacitatea adsorbțională a cărbunelui activ AG-3 uzat, dar regenerat este chiar mai mare decât a cărbunelui activ AG-3 intact, fapt care poate fi explicat prin oxidarea completă a carbonului amorf restant în carbonizat din structura poroasă.

Cuvinte-cheie: *cărbune activ, regenerare termică, adsorbție, desorbție, benzen, albastru de metilen.*

REGENERATION OF AG-3 ACTIVATED CARBON USED IN SURFACE WATER PROCESSES

The thermal regeneration process of the used AG-3 activated carbon from the water treatment plant in Chisinau was studied. The regeneration process was carried out at different temperatures and for different periods of time with water vapor. To evaluate the degree of regeneration of activated carbon samples, the adsorption isotherms of benzene and methylene blue from aqueous solutions were measured. It was found that at high temperatures the complete regeneration of the used AG-3 activated carbon occurred. This fact has been confirmed by the practically equal methylene blue adsorption values on the regenerated activated carbon and on the intact one. At temperatures close to 800⁰ C, the adsorptive capacity of the regenerated used AG-3 activated carbon is even higher than that of the intact AG-3 activated carbon, a fact that can be explained by the complete oxidation of the amorphous carbon remaining in the carbonized porous structure.

Keywords: *activated carbon, thermal regeneration, adsorption, desorption, benzene, blue methylene.*

Introducere

Cărbunii activi reprezintă un produs chimic de certă valoare, larg utilizat în industria de medicamente, industria alimentară, industria minieră, chimică și petrochimică, pentru echipamente de protecție colectivă și individuală în industrie și militarie, la purificarea apelor reziduale etc. Aceste utilități ale cărbunilor activi îi caracterizează ca un produs de primă importanță în economie, iar producerea gamei sortimentale de cărbuni activi, datorită necesităților deosebite ale acestora, prezintă un interes major [1]. Un rol aparte au cărbunii activi în procesele de potabilizare a apelor de suprafață și subterane. Utilizarea adsorbanților carbonici la stațiile de potabilizare a apelor de suprafață contribuie la îndepărtarea totală din mediul acvatic a pesticidelor, trihalometanilor, care se formează în procesul clorurării apelor, precum și a mirosului neplăcut [2-7].

Tehnologiile de potabilizare a apelor de suprafață și subterane, care implică procedee de imobilizare a substanțelor nocive prin adsorbție, sunt fezabile în cazul când prevăd regenerarea adsorbanților carbonici epuizați, ce permite utilizarea adsorbanților în repetate rânduri în procesele tehnologice conducând astfel la diminuarea costului de potabilizare a apelor [8-11].

Conform datelor prezentate în literatura de specialitate, capacitatea de adsorbție a cărbunelui activ se păstrează de la jumătate de an până la doi ani din momentul încărcării filtrului. După acest termen, stratul superior al filtrului are rolul de strat filtrant cu granulație grosieră, adică el încetează de a mai fi un adsorbant. În continuare el poate fi ori regenerat, ori completat cu un strat nou de 20-25 cm de cărbune activ intact.

Există câteva modalități de regenerare a cărbunilor activi uzați, care includ: regenerarea chimică, extracția, regenerarea termică, oxidarea biologică a substanțelor adsorbite, regenerarea electrochimică, regenerarea cu ajutorul curentului electric și a curenților de frecvență înaltă (950-3000 mHz) [2].

Cel mai frecvent procedeu de regenerare a cărbunilor activi uzați aplicat la stațiile de potabilizare este cel termic, prin care cărbunele activ uzat se încălzește la temperaturile 700-800⁰ C, în lipsă de aer, timp de 15-20 min. Acest raționament este veridic și din motivul că nu se cunosc substanțele ce s-au adsorbit pe cărbune timp îndelungat de lucru al filtrului cu adsorbant.

Materiale si metode

Cărbunele activ AG-3 este un adsorbant carbonic industrial obținut din cărbune de pământ. Este granulat și destinat pentru adsorbția poluanților din medii gazoase și din lichide, inclusiv pentru potabilizarea apelor naturale. Porozitatea sumară a porilor (W_{Σ}), volumul sumară al porilor (W_s), volumul total al microporilor (V_{mi}), volumul mezoporilor (V_{me}), volumul microporilor (W_{01}), volumul supermicroporilor (W_{02}) al cărbunelui activ AG-3 intact sunt prezentați în tabelul 1 [12].

Tabelul 1. Parametrii structurii poroase a cărbunelui activ AG-3.

AG-3	Volumul porilor, cm ³ /g						
	W_{Σ}	W_s	V_{mi}	V_{me}	V_{ma}	W_{01}	W_{02}
	0.83-0.98	0.32-0.38	0.24-0.28	0.08-0.10	0.51-0.60	0.16-0.24	0.12-0.14

Din datele tabelului 1 rezultă că cărbunele activ AG-3 este un adsorbant micro- și macro- poros.

În prezenta lucrare au fost studiate procesele de regenerare termică a cărbunelui activ AG-3 uzat, de la stația de potabilizare a apei din mun. Chișinău. Cărbunele activ uzat a fost uscat la temperatura de 80⁰ C, timp de 48 ore și separat de particulele de nisip prezente în mostrele prelevate. În continuare, o anumită cantitate cântărită, a fost introdusă într-un reactor din inox. Reactorul la rândul său a fost introdus într-un cuptor electric. Prin reactor se treceau vapori de apă. Procesul de regenerare a cărbunelui activ uzat cu vapori de apă s-a realizat la diferite temperaturi.

Cărbunii activi regenerați s-au studiat vizând adsorbția benzenului și a albastrului de metilen. Metodologia este următoarea: în 10 balonașe de sticlă cu dop rodat au fost trecute câte 100 mg de cărbune activ la care s-au adăugat câte 50 ml soluție de adsorbat de diferite concentrații inițiale cunoscute. Conținutul balonașelor a fost supus agitării la un agitator mecanic cu o frecvență de 150 rotații pe minut timp de 36 de ore. Timpul de agitare s-a stabilit în studiile prealabile a cineticii proceselor de adsorbție. După 36 de ore de agitare, adsorbantul a fost separat din soluție prin filtrare pe hârtie de filtru cu bandă albastră. Concentrațiile de echilibru au fost determinate din dreptele de etalonare stabilite în prealabil. Valoarea adsorbției a fost calculată utilizând ecuația:

$$a = (C_0 - C_e) \cdot V/M$$

în care: a este valoarea adsorbției, mg/g,

C_0 – concentrația inițială a adsorbatului, mg/l,

C_e – concentrația de echilibru a adsorbatului, mg/l,

M – masa adsorbantului, mg.

Rezultate și discuții

În figura 1 sunt prezentate izotermele de adsorbție a benzenului din soluții apoase pe cărbunele activ AG-3 intact, regenerat cu vapori de apă, timp de o oră la 800⁰ C și regenerat cu vapori de apă, timp de o oră la 250⁰ C.

Concentrațiile de echilibru ale benzenului din soluții au fost determinate la spectrometrul UV-VIS, model JENWAY 6505.

Din datele prezentate în figura 1 observăm că valoarea adsorbției benzenului pe mostra de cărbune regenerat la 800°C este mai mare decât valoarea adsorbției benzenului pe cărbunele activ intact. Această realitate poate fi explicată prin faptul că în procesul de regenerare termică are loc activarea intensă, care se soldează cu oxidarea substanțelor organice adsorbite și respectiv cu modificarea matriței cărbunelui activ. Tratarea cărbunelui activ uzat la 250°C timp de o oră practic nu adsorbe benzenul, ceea ce indică asupra faptului că pe suprafața adsorbantului uzat (în porii lui) nu au fost adsorbite substanțe organice ușor volatile, iar substanțele macromoleculare adsorbite la așa temperatură nu se distrug.

Prezintă interes forma izotermelor de adsorbție a benzenului din soluții apoase. Aici un anumit rol îl are faptul că benzenul cu apa formează amestec azeotrop, datorită legăturilor de hidrogen dintre π -electronii inelului benzenic și moleculele de apă din soluție. Izotermele de adsorbție a benzenului, după cum se vede din figura 1 prezentate mai sus sunt de tipul III după clasificarea propusă de Brunauer S., Deming L., Deming W. S., Teller B. Se știe că acest tip de izotermă corespunde situației când constanta „C” în ecuația BET este mai mică decât 2 [13]. Sensul fizic al constantei „C” este căldura de adsorbție. Ea fiind mică, probabil va fi mică și energia de adsorbție a benzenului pe aceste mostre de cărbuni activi, la concentrații mici de echilibru, dar și așa, se poate de evaluat capacitatea adsorbțională a mostrelor de cărbuni activi regenerați. La C_e egal cu 5mg/l , valoarea adsorbției benzenului este cea mai mare pe mostra de cărbune activ AG-3 regenerat la 800°C , cu vapori de apă.

În figura 2 sunt prezentate izotermele de adsorbție a altui adsorbat - albastrului de metilen din soluții apoase pe cărbunele activ AG-3 intact, AG-3 uzat și regenerat la 545°C cu vapori de apă timp de 20 min.

În continuare cărbunele activ uzat AG-3 a fost regenerat la 675°C și 770°C , cu vapori de apă, timp de 20 min pentru ambele cazuri. Datele obținute sunt prezentate în figura 3.

Fig. 2. Izotermele de adsorbție a albastrului de metilen din soluții apoase pe cărbunele activ AG-3 intact (■), AG-3 regenerat la 545°C , cu vapori de apă, timp de 20min (○).

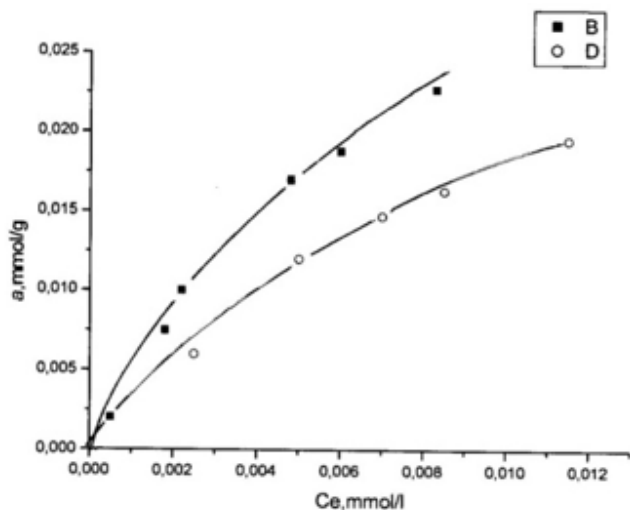


Fig. 1. Izotermele de adsorbție a benzenului din soluții apoase pe cărbunele activ AG-3 intact (○), regenerat cu vapori de apă la 800°C (■), regenerat cu vapori de apă la 250°C (Δ).

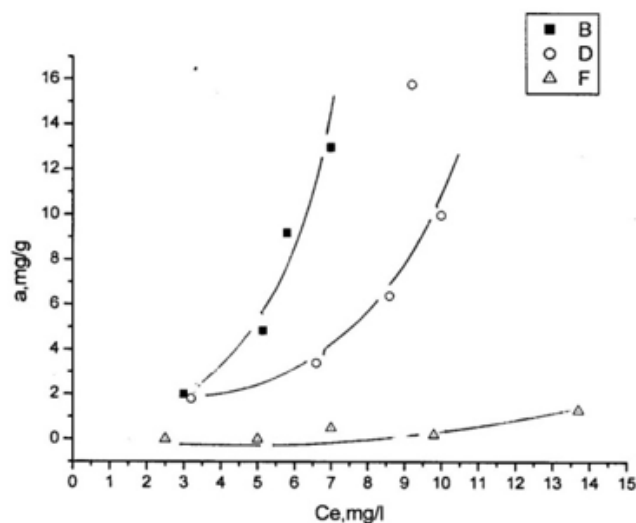
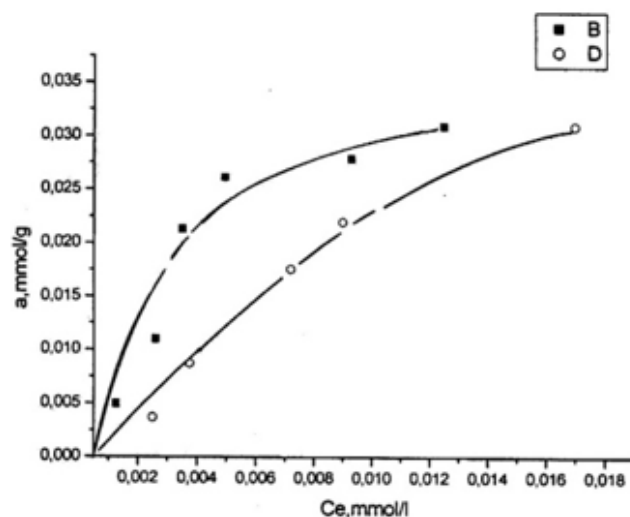
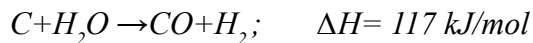


Fig. 3. Izotermele de adsorbție a albastrului de metilen din soluții apoase pe cărbunele activ AG-3 regenerat la 675°C , cu vapori de apă, timp de 20 min (○) și pe AG-3 regenerat la 770°C cu vapori de apă timp de 20min (■).



Din izotermele prezentate, observăm că valorile adsorbției albastrului de metilen pe mostrele de cărbuni activi AG-3 regenerate la temperaturile de 675°C și 770°C diferă de cele obținute în urma regenerării cărbunelui activ uzat la temperatura 545°C. În particular, la C_e , 0.008 mmol/l valoarea “a” pentru AG-3 regenerat la 545°C este de 0.0155 mmol/g, iar la aceeași valoare C_e pentru AG-3 regenerat la 675°C este de 0.0185 mmol/g. Pentru AG-3 regenerat la 770°C la aceeași valoare C_e 0.008 mmol/l, valoarea “a” este de 0.0275 mmol/g.

Astfel, cu cât temperatura de regenerare a cărbunelui activ AG-3 este mai mare cu atât capacitatea adsorbțională a mostrelor de cărbuni regenerați este mai mare. La temperaturi ridicate, în prezența vaporilor de apă, se produce carbonizarea substanțelor organice, urmată de înlăturarea carbonului amorf din structura poroasă a adsorbantului în conformitate cu reacția:



Din carbonizat (C), în urma activării se obține CO și H₂, care fiind în stare gazoasă se elimină din adsorbant fiind urmată de formarea structurii poroase. Ca confirmare a acestui proces, poate servi compararea valorii adsorbției albastrului de metilen pe AG-3 intact (fig.1) la C_e 0.008 mmol/l și pe AG-3 regenerat la 770°C la aceeași valoare a concentrației de echilibru. În primul caz, valoarea “a” este de 0.0225 mmol/g, iar în cazul al doilea - 0.0275 mmol/g. Probabil, având în vedere dimensiunile relativ mari ale moleculelor albastrului de metilen, activarea cărbunelui activ la temperaturi mai ridicate conduce la transformarea microporilor în supermicropori, a supermicroporilor în mezopori, iar mezoporii se transformă în macropori. Acest fenomen se produce după ce tot carbonizatul, obținut din substanțe organice, este înlăturat din structura poroasă a adsorbantului.

A fost calculată valoarea energiei libere diferențial-molare standard de adsorbție (ΔF^0) a albastrului de metilen pe mostrele de adsorbanti supuși studiului [14].

În evaluarea constantei de adsorbție a albastrului de metilen pe mostrele de cărbune activ AG-3 intact și regenerat la 770°C și ulterior la evaluarea ΔF^0 nu s-a ținut cont de prezența apei în stratul adsorbțional, care poate fi adsorbită la concentrații mici de echilibru. La concentrații de echilibru mai mari, în stratul adsorbțional apa va fi substituită de moleculele albastrului de metilen.

În figurile 4 și 5 sunt prezentate dependențele $\lg C_{ads}/C_{echil}$ de $\lg C_{echil}$ din izotermele de adsorbție ale albastrului de metilen din soluții apoase pe AG-3 intact și regenerat la 770°C.

Fig. 4. Dependența $\lg C_{ads}/C_{echil}$ de $\lg C_{echil}$ din izoterma de adsorbție a albastrului de metilen din soluții apoase pe cărbunele activ AG-3 regenerat la 770°C cu vapori de apă, timp de 20min.

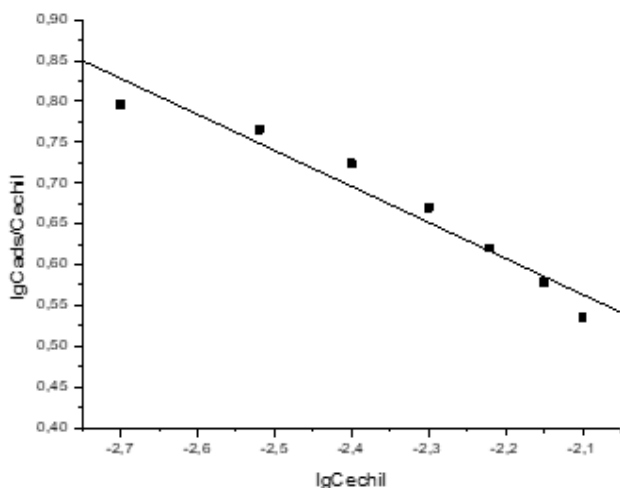
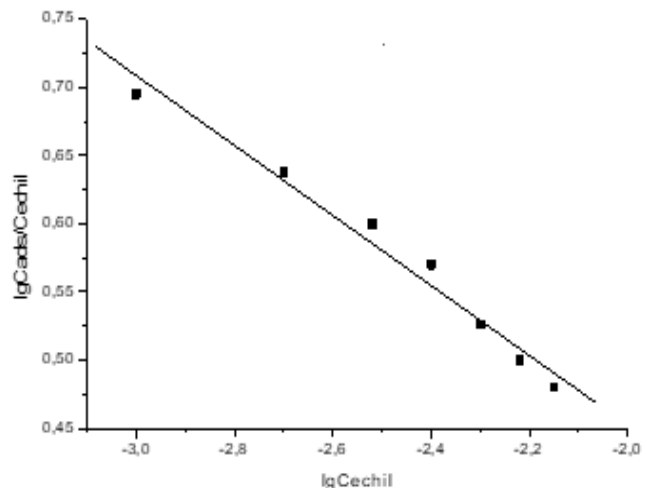


Fig. 5. Dependența $\lg C_{ads}/C_{echil}$ de $\lg C_{echil}$ din izoterma de adsorbție a albastrului de metilen din soluții apoase pe cărbunele activ AG-3 intact.



Prin compararea figurilor 4 și 5, constatăm că liniile drepte întretaie axa ordonatelor la diferite valori, și anume: în figura 4 pe axă obținem valoarea 0.85, iar în figura 5 – 0.73. Aceste valori corespund logaritmului constantei de adsorbție ($\lg K$) a albastrului de metilen pe aceste 2 mostre de adsorbanti. De aici putem conclu-

ziona că, pe mostra de cărbune regenerat la 770⁰ C cu vapori de apă, constanta de adsorbție a albastrului de metilen este mai mare decât pe mostra de cărbune activ AG-3 intact. Din aceste date rezultă că și valoarea energiei libere diferențial- molar standard de adsorbție a albastrului de metilen pe AG-3 regenerat la 770⁰ C (ΔF^0) va fi mai mare decât pe mostra de cărbune activ AG-3 intact ($\Delta F^0 = RT \ln K$). Aceasta este deja o caracteristică energetică, care ne poate orienta spre evaluarea structurii poroase a adsorbantului regenerat, dar poate și a chimiei suprafeței acestuia.

Tabelul 2. Parametrii de structură a cărbunelui AG-3 uzat (CM-1) și regenerat la 770⁰ C cu vapori de apă timp de 20min (CM-2).

Proba	S_{BET} , m ² /g	V_{mi} , cm ³ /g	V_{me} , cm ³ /g	V_s , cm ³ /g
CM-1	12	0	0.0251	0.0251
CM-2	204	0.034	0.145	0.179

Din datele tabelului 2 rezultă că, volumul mezopozilor pe cărbunele activ CM2 este mai mare decât pe cărbunele activ AG-3 uzat, or, tocmai pe acești pori are loc adsorbția albastrului de metilen din soluții apoase. Acest rezultat se explică prin transformarea micropozilor în urma regenerării la 770⁰ C cu vapori de apă în mezopori și ca rezultat volumul mezopozilor pe CM2 crește de la 0.0251cm³/g (CM1) la 0.145cm³/g. Dacă comparăm datele prezentate în tabelurile 1 și 2, observăm că cărbunele activ uzat CM-1 nu are în structura sa micropori, ori mai exact spus, nu se depistează, din cauza că microporii sunt ocupați cu molecule mici de substanțe organice, care nu pot fi îndepărtate din structura microporoasă la temperatura de 110⁰ C în vid în timpul prealabil al pregătirii mostrelor de adsorbant înaintea studierii proceselor de sorbție – desorbție ale azotului la instalația Autosorb 1.

În figurile 6 și 7 sunt prezentate izotermele de adsorbție ale azotului pe aceste două mostre de cărbuni activi.

Fig. 6. Izoterma de adsorbție a azotului pe cărbunele activ AG-3 uzat.

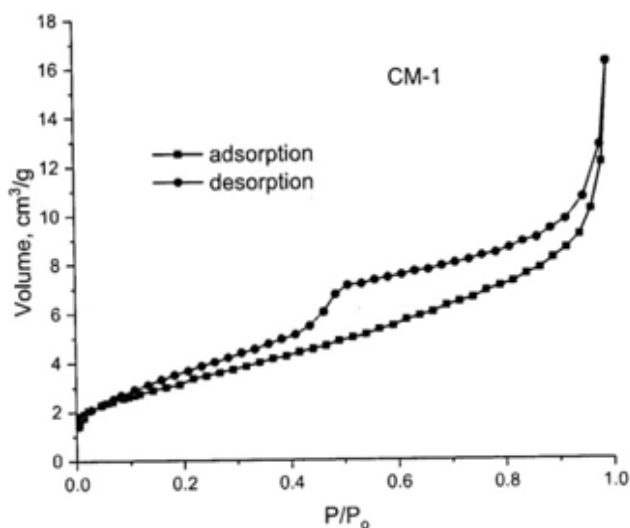
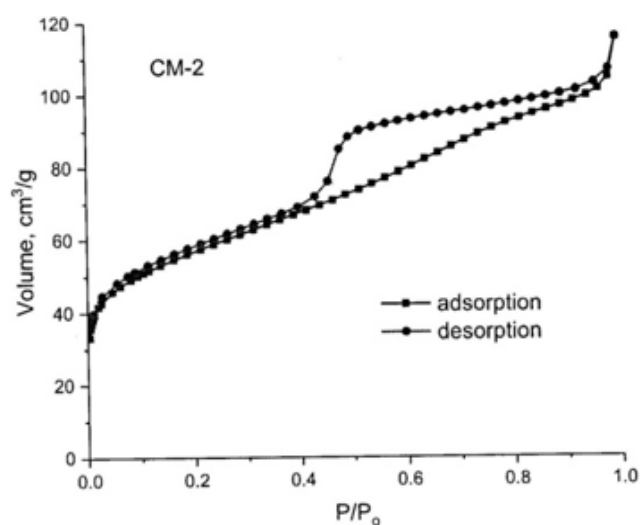


Fig. 7. Izoterma de adsorbție a azotului pe cărbunele activ AG-3 regenerat la 770⁰ C cu vapori de apă timp de 20 min.



Dacă comparăm aceste 2 izoterme constatăm o mai mare valoare a adsorbției pe mostra de cărbune activ AG-3 regenerată la 770⁰ C. De asemenea, observăm histerete pe ambele mostre de adsorbant și supuși studiului, ceea ce indică asupra prezenței în structura poroasă a mezopozilor. Ambele histerete sunt de tipul H3 și adsorbantii supuși studiului sunt compuși din particule plane [12].

În fig. 8 și 9 sunt prezente curbele de repartiție ale porilor pe dimensiuni ale acestor două mostre de cărbuni activi supuși studiului, obținute din izotermele de adsorbție ale azotului la instalația Autosorb-1.

Fig. 8. Curba de repartiție a porilor pe dimensiuni integrală și diferențială pe cărbunele activ uzat (CM-1).

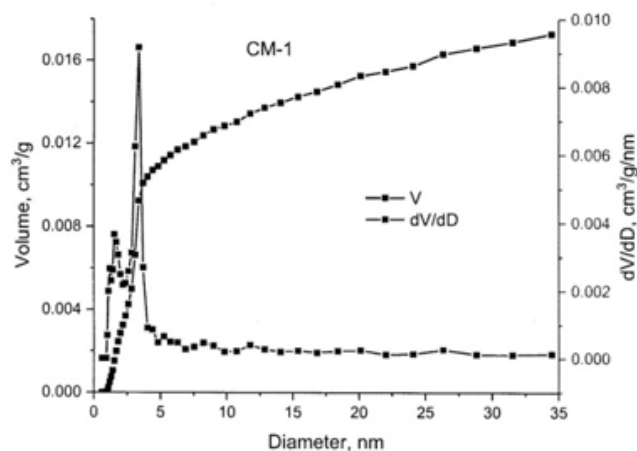
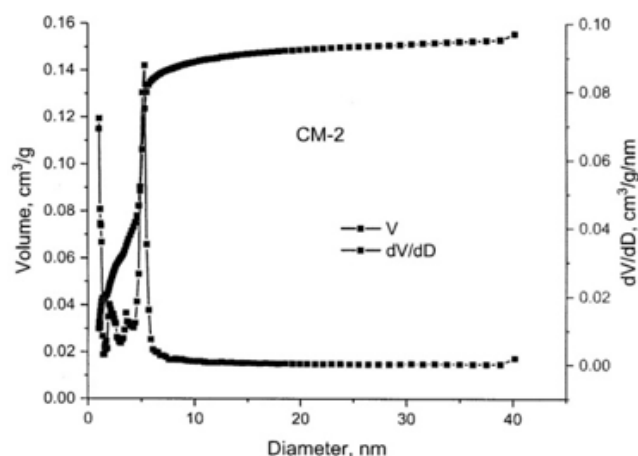


Fig. 9. Curba de repartiție a volumului porilor pe dimensiuni integrală și diferențială pe cărbunele activ AG-3 regenerat la 770°C cu vapori de apă timp de 20 min (CM-2).



Din figurile 8 și 9 prezentate constatăm că, în figura 8 avem 2 maximuri pe curba diferențială, la raza efectivă a porilor 0.835 nm și 1.67 nm care corespund, conform clasificării M. M. Dubinin [15] - supermicroporilor. În figura 9 avem 4 maximuri cu razele efective 0.625, 1.04, 1.67 și 2.71 nm respectiv. Maximuri cu raza efectivă 0.625 și 1.04 nm corespund supermicroporilor, iar cele cu raza efectivă 1.67 și 2.71 nm corespund mezoporilor mici. În consecință, în urma regenerării cărbunelui uzat AG-3 are loc eliberarea de carbonizat a porilor acestuia, dar și activarea lui, urmată de creșterea dimensiunilor porilor mostrei regenerare.

De reținut însă că în urma regenerării termice, cărbunele activ uzat AG-3 pierde considerabil în masă, și cu cât este mai ridicată temperatura în procesul regenerării, cu atât pierderile sunt mai mari. În orice caz, regenerarea cărbunelui activ uzat AG-3 la 545°C, cu vapori de apă 20 min, conduce la o pierdere de masă de 24.5%. Regenerarea la 675°C cu vapori de apă 20 min este urmată de pierderea a 37.5% din masa cărbunelui activ uzat AG-3. În urma regenerării termice se produce și pierderea unei anumite cantități a liantului, ca rezultat cărbunele activ AG-3 regenerat termic devenind mai fragil.

Concluzii

1. Procesul de regenerare a cărbunelui activ AG-3 uzat, la 770°C cu vapori de apă timp de 20 min, nu doar restabilește capacitatea adsorbțională a lui după albastru de metilen, dar și o depășește datorită procesului de activare, care se produce în aceste condiții. Pierderile de masă, în acest caz sunt considerabile.

2. Reieșind din rezultatele obținute, considerăm că condițiile optime de regenerare a cărbunelui activ uzat AG-3 este ca procesul să se efectueze la temperatura de 770°C cu vapori de apă timp de 20 min.

Referințe:

- LUPAȘCU, T. *Cărbuni activi din materii prime vegetale*. Chișinău, î.E.P. Știința, 2004, 224p.
- Технический справочник по обработке воды*: в 2 т. 2-е изд. Пер. с франц. Л. Андриамирадо [и др.]; / науч. ред. М. И. Алексеев [и др.]. СПб.: Водоканал СПб.: Новый журнал, 2007, 1696 с. ISBN 5-901336-05-4 (В пер.).
- СПЕЛЛМАН, Ф. Р. *Справочник по очистке природных и сточных вод. Водоснабжение и канализация*: в 2 т. Пер. с 2-го англ. / под общ. ред. М. И. Алексеева. СПб.: Профессия, 2014, 1312 с. ISBN 978-5-91884-053-5
- СПИРИДОНОВА, Е., ПОДВЯЗНИКОВ, М., СЕРГЕЕВ, В. и др. *Высокотемпературная опытно-промышленная реактивация углеродного адсорбента, отработанного в процессе доочистки воды на блоке К-6 южной водопроводной станции водоканала Санкт-Петербурга. Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета), № 47(73), 2018. СПб, с. 112-116.*

5. WAER, MARK ALAN. *Thermal regeneration of activated carbon for the treatment of drinking water*. University of Illinois at Urbana-Champaign ProQuest Dissertations Publishing, 1996, 9702704.
6. IRFAN, SHAH, PASCALINE PRE, ALAPPAT, B. *Effect of thermal regeneration of spent activated carbon on volatile organic compound adsorption performances*. In: *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. Année, 2014, 45(4). DOI: 10.1016/j.jtice.2014.01.006.
7. ЛЕПЕШ, Г., САКАНСКАЯ-ГРИЦАЙ, Е. *Анализ факторов, обуславливающих технологический процесс очистки воды из природных источников в Ленинградской области*. În: *Технико-технологические проблемы сервиса*, 2014, № 1(27), с. 62-68. ISSN: 2074-1146.
8. *FILTRASORB*. URL: <https://www.calgoncarbon.com/products/filtratorb/>
9. SAMONIN, V., PODVYAZNICOV, M., SOLOV'EV, V., KISELEVA, V., KHRYLOVA, E., SPIRIDONOVA, E. *Study of the possibility of regeneration of activated carbon spent in water treatment processes using the chemical regeneration and thermal reactivation*. În: *Russian Journal of Applied Chemistry*, 2013, Volume 86(8), p. 1220-1224. DOI: 10.1134/S1070427213080119.
10. МУХИН, В., КЛУШИН, В., ХОМУТОВ, А. *Технологии и оборудование для реактивации активных углей*. În: *Химическая промышленность сегодня*, 2008, № 4, с. 35-45. ISSN: 2713-2854.
11. *Activated Carbon Purification Systems. Pure Water. Clean Air. Better World*. URL: <https://www.chemviron.eu>
12. *Активные угли*. Каталог. Черкассы, 1983, 16 с.
13. ГРЕГ, С., СИНГ, К. *Адсорбция, удельная поверхность, пористость*. Москва, «МИР» 1984, 310 с.
14. КОГАНОВСКИЙ, А., ЛЕВЧЕНКО, Т. *Изменение свободной энергии при вытеснении воды с поверхности активированного угля бензолом, адсорбированным из водных растворов*. *Коллоидный ж.* 1966, 28, с. 225-228.
15. *IUPAC Compendium of Chemical Terminology*. Version 2.3.2. 2012- 08-19. <http://www.iupac.org/>

Notă: Investigațiile au fost realizate în cadrul proiectului din Programul de Stat 2020-2023 cu titlul „Diminuarea impactului substanțelor chimice toxice asupra mediului și sănătății prin utilizarea adsorbanților și catalizatorilor obținuți din materie primă autohtonă”, cifra 20.80009.7007.21.

Date despre autori:

Mihai CIOBANU, doctor habilitat în științe chimice, conferențiar cercetător, Institutul de Chimie al Universității de Stat din Moldova.

E-mail: mihaiciobanu495@gmail.com

Tudor LUPAȘCU, academician, doctor habilitat în științe chimice, profesor cercetător, Institutul de Chimie al Universității de Stat din Moldova.

E-mail: lupascut@gmail.com

ORCID: 0000-0001-5913-7691

Nina ȚIMBALIUC, doctor în științe chimice, conferențiar cercetător, Institutul de Chimie al Universității de Stat din Moldova.

E-mail: timbaliuc_nina@yahoo.com

ORCID: 0000-0002-5240-4651

Nina BOLDURESCU, cercetător științific stagiar, Institutul de Chimie al Universității de Stat din Moldova.

E-mail: nina.boldurescu12@gmail.com

Prezentat la 03.07.2023

DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII

Subsemnații, declarăm pe răspundere proprie că materialele prezentate în manuscris sunt rezultatul propriilor cercetări și realizări științifice. Conștientizăm că, în caz contrar, urmează să suportăm consecințele în conformitate cu legislația în vigoare.

CZU: 543.068

[http://doi.org/10.59295/sum6\(166\)2023_15](http://doi.org/10.59295/sum6(166)2023_15)

STUDIUL 2-METIL-8-HIDROXICHINOLINEI ÎN CALITATE DE IONOFOR PENTRU ELECTROZI CATION-SELECTIVI

*Mariana DÎRU,**Universitatea de Stat din Moldova,**Natalia TACHI,**IPLT Liviu Deleanu, Chișinău*

În această lucrare a fost efectuat un studiu comparativ al electrozilor cation-selectivi cu aceeași compoziție a filmului polimeric. Pentru prepararea membranei s-au folosit următoarele componente: clorură de polivinil, o matrice în care sunt înglobate toate componentele; tetrahidrofuran, solvent pentru toate componentele; ionofor 2-metil-8-hidroxicinolina; plastifiant eterul 2-nitrofeniloctilic. Din membranele pregătite au fost asamblați 3 senzori, iar senzorii au fost preconșionați în soluții de Cu^{2+} , Pb^{2+} , Hg^{2+} . Electrocul preconșionat în soluții ce conșineau ioni de Hg^{2+} prezintă funcție anionică. Electrocul preconșionat în soluții ce conșineau ioni de Pb^{2+} prezintă o funcție cationică cu panta 25 mV/decadă de activitate, limita de detecție $2,5 \cdot 10^{-5}$ mol/L, iar domeniul de concentrații în care se respectă funcția Nernst 10^{-1} - 10^{-4} M. Electrocul preconșionat în soluții ce conșineau ioni de Cu^{2+} prezintă o funcție cationică, cu panta 25,9 mV/decadă de concentrație, limita de detecție $1,58 \cdot 10^{-5}$ mol/L, iar domeniul de concentrații în care se respectă funcția Nernst 10^{-1} - 10^{-4} mol/L.

Cuvinte-cheie: electrozi cation-selectivi, 2-metil-8-hidroxicinolina, potențiometrie.

THE STUDY OF 2-METHYL-8-HYDROXYQUINOLINES AS IONOPHORES FOR CATION-SELECTIVE ELECTRODES

In this paper, a comparative study of cation-selective electrodes with the same polymer film composition was performed. The following components were used to prepare the membrane: polyvinyl chloride, a matrix in which all the components are embedded; tetrahydrofuran, a solvent for all components; ionophore 2-methyl-8-hydroxyquinoline; plasticizer 2-nitrophenyloctyl ether. 3 sensors were assembled from the prepared membranes, and the sensors were preconditioned in Cu^{2+} , Pb^{2+} , Hg^{2+} solutions. The electrode preconditioned in solutions containing Hg^{2+} ions have an anionic function. The electrode preconditioned in solutions containing Pb^{2+} ions has a cationic function with a slope of 25 mV/decade of activity, a detection limit of $2.5 \cdot 10^{-5}$ mol/L, and a concentration range, in which the Nernst function is respected 10^{-1} - 10^{-4} M. The electrode preconditioned in solutions containing Cu^{2+} ions have a cationic function, with a slope of 25.9 mV/decade of concentration, a detection limit of $1.58 \cdot 10^{-5}$ mol/L and a range of concentrations in which the Nernst function is respected 10^{-1} - 10^{-4} mol/L.

Keywords: cation-selective electrodes, 2-methyl-8-hydroxyquinoline, potentiometry.

Introducere

Controlul analitic este absolut necesar în toate domeniile, mai ales în industria alimentară, farmaceutică, determinarea parametrilor fizico-chimici ce condiționează calitatea ecosistemelor naturale ș.a.m.d. Monitorizarea calității este realizată cu ajutorul metodelor fizico-chimice de analiză, iar una din ele este potențiomtria cu utilizarea electrozilor ion-selectivi. Potențiomtria se bazează pe măsurarea diferenței de potențial a unui sistem format din electrod de referință și electrod de indicație, la curent zero. Metodele potențiomtrice au devenit populare încă de la sfârșitul secolului XX datorită avantajelor electrozilor ion-selectivi: instrumentație simplă și ușor de exploatat, domeniul larg de concentrații în care se pot utiliza, limită de detecție mică, selectivitate, sensibilitate, timp de răspuns redus și reproductibilitate [1]. Elementul de bază în structura senzorilor potențiomtrici este interfața electrochimică la nivelul căreia se realizează procesul de „recunoaștere și identificare” a speciei analizate. Această interfață se prezintă cel mai adesea sub forma unei membrane polimerice și în acest scop este utilizată frecvent clorura de polivinil. Membrana este o fază interpusă între alte două faze. Ea împiedică transportul de masă între acestea, dar permite trecerea, cu anumită selectivitate, a uneia sau a mai multor specii.

Materiale și metode*Prepararea membranei polimerice*

Procedura de preparare a membranelor polimerice a fost descrisă în mai multe surse [2-3] și în această lucrare s-a ținut cont de aceleași tehnici experimentale. O probă de clorură de polivinil cu masa 0.300 g a fost dizolvată prin agitare în tetrahidrofuran. După omogenizare a fost adăugat 0.300 g plastifiant - eterul 2-nitrofeniloctilic, după care s-a adăugat ionoforul și aditiv lipofilic (tetrafenil borat de sodiu) agitând continuu până când amestecul s-a omogenizat total. În calitate de ionofor a fost folosit un compus organic, 2-metil-8-hidroxicinolina, insolubil în apă, dar solubil în solvenții utilizați pentru prepararea membranei. După dizolvarea completă a tuturor componentelor, soluția a fost turnată într-o ceașcă Petri. În urma evaporării solventului s-a obținut o peliculă, transparentă, cu grosimea de 2 mm, de culoare galben-pal.

Asamblarea electrozilor cation-selectivi

Din filmul polimeric preparat au fost tăiate discuri, cu diametrul de 1 cm, care au fost înleiate cu tetrahidrofuran pe tuburi din clorură de polivinil, diametrul 1 cm și lungimea de 10 cm (grosimea pereților tubului – 2 mm). În interiorul electrozilor s-au turnat soluții ce conțineau cationi de Cu^{2+} , Hg^{2+} , Pb^{2+} de 0.1 mol/L și soluție de KCl de 0.005 mol/L. Electrozii au fost condiționați în soluții ce conțineau cationi din sistemul intern, adică Cu^{2+} , Hg^{2+} sau Pb^{2+} de 0.1 mol/L.

Calibrarea electrozilor cation-selectivi

Calibrarea electrozilor a fost efectuată cu ajutorul soluțiilor cu concentrații cunoscute ca recontenionii la care senzorii sunt selectivi. Soluțiile inițiale de cationi cu $C = 0.1 \text{ mol/L}$ au fost preparate prin cântărirea probelor de săruri la balanța analitică și dizolvarea lor în apă distilată într-un balon cotat de 100 mL. Următoarele soluții pentru calibrare au fost preparate din soluția inițială prin diluția consecutivă de zece ori cu apă distilată în baloane cotate cu capacitatea de 100 mL.

Determinarea constantelor potențimetrice de selectivitate

Pentru determinarea constantelor de selectivitate a electrozilor asamblați a fost folosită metoda soluțiilor separate, când activitatea ionilor este egală. A fost măsurată diferența de potențial a celulei, formată din electrodul cation-selectiv și electrodul de referință, într-o soluție ce conține doar ionul primar A, apoi în altă soluție ce conține doar ionul interferent B. Calculele au fost efectuate după formula:

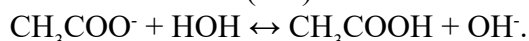
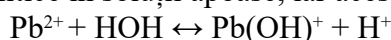
$$\log K_{A,B}^{pot} = \frac{(E_B - E_A) \cdot Z_A}{0.059} + \left(1 - \frac{Z_A}{Z_B} \lg a_A \right)$$

E_A, E_B – diferențele de potențial înregistrate în soluția ionului analizat (la care este sensibil EIS) și cel interferent; a_A, a_B – activitatea ionului analizat și cel interferent; Z_A, Z_B – sarcina ionului analizat și cel interferent.

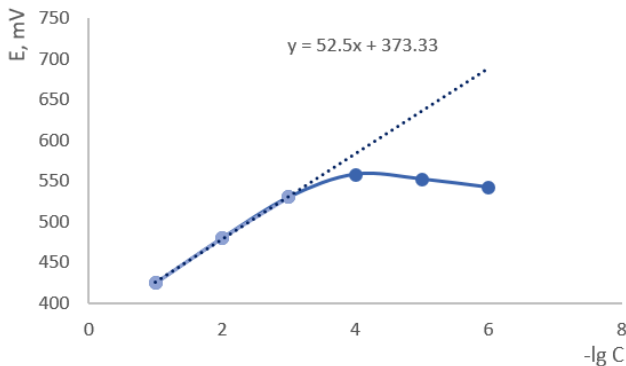
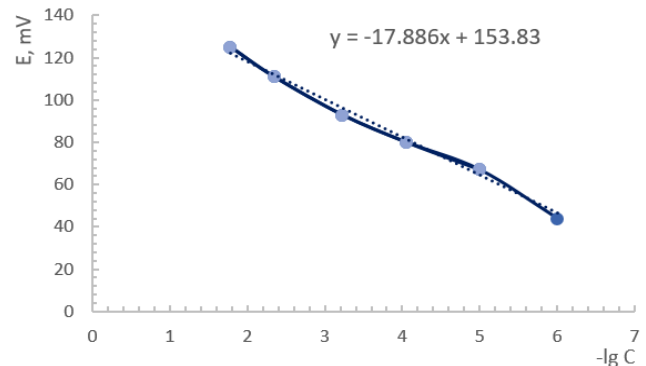
Rezultate și discuții

Rezultatele calibrării electrozilor condiționați în soluție ce conține ioni de mercur(II) în soluții de sulfat de mercur(II) indică o funcție anionică, explicația ar fi că compusul coordinativ, format în membrana polimerică dintre cationi și ionofor, este stabil și nu ionizează.

Electrodul condiționat în soluții ce conțineau ioni de plumb a fost calibrat în două seturi de soluții - de nitrat de plumb(II) și de acetat de plumb(II). Rezultatele calibrării în soluții de acetat de plumb indică o funcție cationică a senzorului, dar cu o pantă mai mică decât valoarea teoretică: 17,89 în loc de 29,5 mV/decadă de concentrație. Explicația ar fi că ambii ioni din soluția de calibrare sunt antrenați în procese protolitice în soluții apoase, iar acest fapt afectează sensibilitatea senzorului:



Calibrarea electrozilor în soluții de nitrat de plumb a dus la mărirea sensibilității până la 25 mV/decadă de concentrație, valoare mai apropiată de panta teoretică. Deci, recomandarea este ca acest senzor să fie păstrat și calibrat în soluție de nitrat de plumb(II). Domeniul de concentrații în care se respectă funcția Nernst este $10^{-1} - 10^{-4} \text{ mol/L}$, iar limita de detecție de ordinul 10^{-5} mol/L .

Fig. 1. Curba de calibrare a electrodului Hg²⁺-senzitiv în soluții de sulfat de mercur(II).**Fig. 2. Curba de calibrare a electrodului Pb²⁺-senzitiv în soluții de acetat de plumb(II).**

Pentru acest electrod au fost determinate constante potențimetrice de selectivitate prin metoda soluțiilor separate când activitatea ionilor este constantă. Valorile constantelor potențimetrice de selectivitate sunt prezentate în Tabelul 1.

Tabelul 1. Selectivitatea potențimetrică lgK(Pb²⁺, Xⁿ⁺) a electrodului Pb²⁺-selectiv.

ion interferent	Fe ³⁺	NH ₄ ⁺	Na ²⁺	Cu ²⁺	Ba ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺
-lgK(Pb ²⁺ , X ⁿ⁺)	0.11	2.10	3.87	0.33	1.15	3.24	2.26

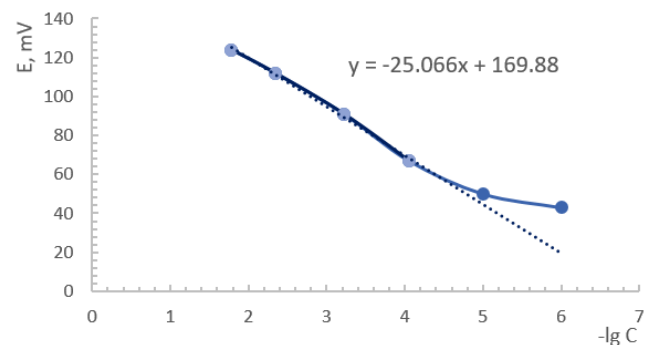
Rezultatele indică o interferență mai pronunțată asupra măsurărilor cu acest senzor din partea ionilor de fier(III) și cupru, iar ionii de sodiu și potasiu generează mai puțin aceste măsurări.

Un alt parametru important care caracterizează funcționarea electrodului este domeniul optim de pH de funcționare. În acest caz parametrul este condiționat de concentrația ionilor de plumb(II) și valoarea constantelor de solubilitate pentru următoarele echilibre: $Pb^{2+} + OH^- \leftrightarrow PbOH^+$ și $PbOH^+ + OH^- \leftrightarrow Pb(OH)_2$. Constanta de solubilitate pentru hidroxidul de plumb(II) are valoarea $1,1 \cdot 10^{-20}$ [4]. Un calcul simplu indică, pentru o soluție de nitrat de plumb cu concentrație 0.1 mol/L, începerea precipitării cationilor este la pH-ul 8.48. Rezultă că la un pH mai mare decât 8.48 nu e cazul de a măsura cu acest senzor pentru a determina conținutul ionilor de plumb, iar la un pH mai mic de 2.00 vor fi influențe asupra calității membranei polimerice. Odată cu micșorarea concentrației ionilor de plumb, domeniul optim de pH de funcționare se va îngusta.

Rezultatele înregistrate pentru electrodul senzitiv la prezența ionilor de plumb(II) au fost comparate cu parametrii funcționali pentru trei electrozi descriși în literatura de specialitate (Tabelul 2). Electrodul prezentat în această lucrare are o pantă apropiată de senzorii din sursele [6] și [7], dar mai mică decât cel descris în articolul științific [5]. Limita de detecție este mai mică pentru senzorii prezentați în sursele [6] și [7], iar în articolul științific [5] senzorul prezentat are cea mai mare valoare pentru acest parametru funcțional. Durata de exploatare, în linii generale, este aceeași pentru toți electrozii.

Tabelul 2. Parametrii funcționali pentru o serie de electrozi Pb²⁺-senzitivi.

Sursa	Panta/sensibilitate, mV/decadă de concentrație	Limita de detecție, M	Domeniul optim de pH	Durata de exploatare
[5]	29.50	$1.50 \cdot 10^{-4}$	5,0	6 săptămâni

Fig. 3. Curba de calibrare a electrodului Pb²⁺-senzitiv în soluții de nitrat de plumb(II).

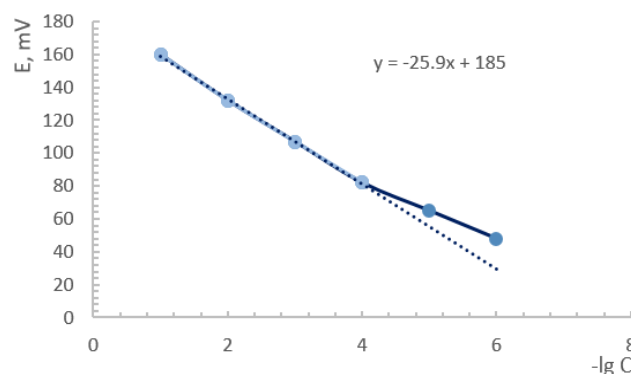
[6]	25.79	$4.00 \cdot 10^{-7}$	5.0 – 7.2	2 luni
[7]	26.50	$7.60 \cdot 10^{-7}$	4.0 – 7.0	-
Această lucrare	25.00	$2.50 \cdot 10^{-5}$	2.0 – 8.0	2 luni

Calibrarea electrodului preconditionat în soluție de sulfat de cupru indică o funcție cationică pentru acest senzor cu o sensibilitate de 25.9 mV/decadă de concentrație, iar domeniul de concentrații în care se respectă funcția Nernst $10^{-1} - 10^{-4}$ mol/L.

Constantele potențimetrice de selectivitate pentru EIS – Cu^{2+} indică interferențe din partea ionilor de plumb(II) și mangan, iar ionii de potasiu și sodiu genează mai puțin măsurările potențimetrice cu acest senzor.

Ca și în cazul EIS Pb^{2+} -selectiv și pentru EIS Cu^{2+} -selectiv domeniul optim de pH de funcționare a fost stabilit prin calcul utilizând constanta de solubilitate a hidroxidului de cupru – $2.2 \cdot 10^{-20}$ [4]. Pentru o soluție de nitrat de cupru cu concentrație 0,1 mol/L, începerea precipitării cationilor la pH-ul 8.33. Rezultă că la un pH mai mare decât 8.33 nu e cazul de a măsura cu acest senzor pentru a determina conținutul ionilor de cupru, iar la un pH mai mic de 2.00 vor fi influențe asupra calității membranei polimerice, ca și în cazul EIS Pb^{2+} -selectiv.

Fig. 4. Curba de calibrare a electrodului Cu^{2+} -sensitiv în soluții de sulfat de cupru.



Tabelul 3. Selectivitatea potențimetrică $\log K(\text{Cu}^{2+}, \text{X}^{n+})$ a electrodului confecționat.

ion interferent	Pb^{2+}	Mn^{2+}	Fe^{3+}	Al^{3+}	Na^{+}	K^{+}
$-\log K(\text{Cu}^{2+}, \text{X}^{n+})$	0.86	1.44	1.61	2.37	3.37	3.40

Parametrii funcționali ai electrodului confecționat în această lucrare au fost comparați cu o serie de electrozi Cu^{2+} -selectivi din literatura de specialitate (Tabelul 4). În sursele [8-10] senzorii sunt caracterizați de o pantă mult mai apropiată de cea teoretică și limita de detecție este mai mică decât a senzorului asamblat în această lucrare, dar acest electrod are un domeniu optim de pH de funcționare mai larg și o durată de exploatare de 2 luni.

Tabelul 4. Parametrii funcționali pentru o serie de electrozi Cu^{2+} -senzitivi

Sursa	Panta/sensibilitate, mV/decadă de concentrație	Limita de detecție, M	Domeniul optim de pH	Durata de exploatare
[8]	29.00	$8.0 \cdot 10^{-7}$	3.5 – 6.5	-
[9]	29.38	$5.0 \cdot 10^{-6}$	4.0 – 7.5	-
[10]	28.80	$2.0 \cdot 10^{-6}$	3.0 – 8.0	5 săptămâni
Această lucrare	25.90	$2.50 \cdot 10^{-5}$	2.0 – 8.0	2 luni

Concluzii

2-metil-8-hidroxichinolina poate fi utilizată în calitate de material electroactiv pentru asamblarea electrozilor senzitivi la prezența ionilor de plumb(II) și cupru(II). Senzorii sunt caracterizați de o funcție cationică, cu o pantă de 25-26 mV/decadă de concentrație, limita de detecție este de ordinul 10^{-5} mol/L, iar durata de exploatare 2 luni.

Referințe:

1. OZBEK, O., BERKEL, C. *Recent advances in potentiometric analysis: Paper-based devices. Sensors International*, Volume 3, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.sintl.2022.100189>.
2. KUMAR, P., KUMAR, A., MITAL, S. *N',N'',N'''-tris(2-pyridyloxymethyl) ethane as ionophore in potentiometric sensor for Pb(II) ions. J. Chem. Sci.* Vol. 126, No. 1, 2014, p. 33–40.
3. DÎRU, M., DÎRĂ, O., PALAMARCIUC, O. *Cd²⁺-selective electrode with the SCHIFF base as ionophore. International Conference „Achievements and perspectives of modern chemistry”, Chișinău, Moldova, 2019, p. 171. ISBN 978-9975-62-428-2*
4. ЛУРЬЕ, Ю. *Справочник по аналитической химии*. М.: Химия, 1971, 456 с.
5. PANGGABEAN, A., GRIPALDI, F., PASARIBU, S. *Preparation and Characterization of Pb(II) Ion Selective Electrode based on Dithizone as Chemical Sensor. Anal. Bioanal. Electrochem.*, Vol. 13, No. 3, 2021, p.383-392.
6. GHAEDI, M., MONTAZEROZOHORI, M., ANDIKAIEY, Z., SHOKROLLAHI, A. *Fabrication of Pb²⁺ Ion Selective Electrode Based on 1-((3-((2-Hydroxynaphthalen-1-yl)Methyleneamino)-2,2-Dimethylpropylimino) Methyl) Naphthalen-2-ol as New Neutral Ionophore. International Journal of Electrochemical Science*, Vol. 6(9), 2011, p. 4127-4140.
7. HOMAFAR, A., MALEK, F., ABBASI, Z. *Lead (II)-Selective Polymeric Electrode Using PVC Membrane Based on a Schiff Base Complex of 1,2- Bis(Salicylidin Aminooxy) Ethane As an Ionophore. Energy and Environmental Engineering*, Vol. 1(3), 2013, p. 99-104.
8. SADEGHI, S., VARDINI, M., NAEIMI, H. *Copper (II) ion selective liquid membrane electrode based on new Schiff base carrier. Ann Chim* Vol. 96(1-2), 2006, p. 65-74.
9. ANIRBAN, P., RATISH, R., PABITRA, B. *Fabrication of a Cu(II)-Selective Electrode in the Polyvinyl Chloride-Matrix Utilizing Mechanochemically Synthesized Rhodamine 6g as an Ionophore. ACS Omega*, 2018, Vol. 3(11), p. 16230-16237.
10. KOPYLOVICH, M., MAHMUDOV, K., POMBEIRO, A. *Poly(vinyl) chloride membrane copper-selective electrode based on 1-phenyl-2-(2-hydroxyphenylhydrazo)butane-1,3-dione. Journal of Hazardous Materials*, Vol. 186, Issues 2–3, 2011, p. 1154-1162.

Date despre autori:

Mariana DÎRU, dr., conf. univ., Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: mariana.diru@usm.md

ORCID: 0000-0003-1410-7821

Natalia TACHI, profesoară de chimie, grad didactic superior, IPLT Liviu Deleanu, Chișinău.

E-mail: natalia.cecoi@gmail.com

Prezentat la 26.10.2023

CZU: 544.142.3:547.497

[http://doi.org/10.59295/sum6\(166\)2023_16](http://doi.org/10.59295/sum6(166)2023_16)

**SINTEZA ȘI STUDIUL COMPUȘILOR COORDINATIVI
HOMO- ȘI HETEROMETALICI AI Cu(II) ȘI Bi(III)
CU 4-ETILTIOSEMICARBAZONELE 2-FORMIL ȘI 2-ACETILPIRIDINEI**

Elena NEGUȚA, Aurelian GULEA, Aliona COTOVAIA, Ion BULIMESTRU,

Universitatea de Stat din Moldova

Greta BĂLAN,

Universitatea de Stat de Medicină și Farmacie „N. Testemițanu”

Sergiu ȘOVA,

Institutul de Chimie Macromoleculară „Petru Poni”, Iași, România

În această lucrare sunt prezentate sinteza și studiul a două serii de compuși coordinațivi homo- și heterometalici ai Cu(II) și Bi(III) cu 4-etiltiosemicarbazonele 2-formil și 2-acetilpiridinei, cu formulele generale: $\{Cu(HL)\}Cu(edta) \cdot nH_2O$, $\{Cu(L)\}_2Cu(edta) \cdot nH_2O$ în cazul complexelor homometalici ai Cu(II) și $\{Cu(L)\}Bi(edta) \cdot nH_2O$ ($n = 1 - 5$), pentru compușii heterometalici Cu(II)-Bi(III). În complexii sintetizați, 4-etiltiosemicarbazonele 2-formilpiridinei (HFoPyTSC-4Et) și 2-acetilpiridinei (HAcPyTSC-4Et) sunt în formă monodeprotonată (L) sau nedeprotonată (HL), iar $edta^+$ reprezintă ionul etilendiamintetracetat. A fost determinată activitatea antimicrobiană și antifungică a compușilor homo- și heterometalici obținuți.

Rezultatele au demonstrat că cea mai mare activitate antimicrobiană a manifestat-o compusul $[Cu(AcPyTSC-4Et)Bi(edta)] \cdot 5H_2O$, fiind de cca 76 și 19 ori mai activ decât Furacilina (CMI = 4,67 $\mu g/mL$) în cazul tulpinilor *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) și *Bacillus cereus* (ATCC 11778), respectiv. Iar împotriva tulpinei *Candida albicans*, cel mai activ agent antifungic a fost compusul $\{Cu(AcPyTSC-4Et)\}_2Cu(edta) \cdot H_2O$, cu CMI = 0,98 $\mu g/mL$, care este de cca 32 de ori mai activ decât Nistatina (CMI = 32,0 $\mu g/mL$).

Cuvinte-cheie: cupru(II), bismut(III), complexi homo- și heterometalici, tiosemicarbazone, 2-formilpiridina, 2-acetilpiridina.

**SYNTHESIS AND STUDY OF HOMO- AND HETEROMETALLIC
COORDINATION COMPOUNDS OF Cu(II) AND Bi(III) WITH
4-ETHYLTHIOSEMICARBAZONES OF 2-FORMYL AND 2-ACETILPYRIDINE**

This paper deals with synthesis and analysis of two series of homo- and heterometallic coordination compounds of Cu(II) and Bi(III) with 4-ethylthiosemicarbazones of 2-formyl and 2-acetylpyridine, with the general formulas: $\{Cu(HL)\}Cu(edta) \cdot nH_2O$ and $\{Cu(L)\}_2Cu(edta) \cdot nH_2O$ for Cu(II) homometallic complexes, and $\{Cu(L)\}Bi(edta) \cdot nH_2O$ ($n = 1 - 5$) for heterometallic compounds. In the synthesized complexes, 4-ethylthiosemicarbazones of 2-formylpyridine (HFoPyTSC-4Et) and 2-acetylpyridine (HAcPyTSC-4Et) are in monodeprotonated (L) or nondeprotonated (HL) forms. The antimicrobial and antifungal activities of the obtained homo- and heterometallic compounds have been determined.

The results demonstrated that $[Cu(AcPyTSC-4Et)Bi(edta)] \cdot 5H_2O$ compound has the highest antimicrobial activity, being approximately 76 and 19 times more active than Furacilin (MIC = 4.67 $\mu g/mL$) against *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) and *Bacillus cereus* (ATCC 11778) strains, correspondingly. While against *Candida albicans* strain, the most active antifungal agent, with MIC = 0.98 $\mu g/mL$, was $\{Cu(AcPyTSC-4Et)\}_2Cu(edta) \cdot H_2O$ complex, being approximately 32 times more active than Nystatin (MIC = 32.0 $\mu g/mL$).

Keywords: copper(II), bismuth(III), homo- and heterometallic complexes, thiosemicarbazones, 2-formylpyridine, 2-acetylpyridine.

Introducere

Reacțiile dintre aldehide și cetone cu tiosemicarbazide duc la produse de condensare numite tiosemicarbazone, care sunt numite și baze Schiff. Tiosemicarbazonele prezintă un interes considerabil datorită activității lor biologice, cum ar fi antitumorale, antibacteriene, antivirale, antituberculoase și antimalarice [1 - 4]. Tiosemicarbazonele pot acționa ca agenți de chelare monodentați, bidentați sau multidentați față de ionul metalic, în funcție de fragmentele aldehydice sau cetonice. Studiul literaturii indică faptul că activitățile biologice ale tiosemicarbazonei depind de substituții lor. Modificările minore în tiosemicarbazone pot duce la modificări semnificative ale activităților biologice. Rapoartele asupra tiosemicarbazonei substituite în poziția patru au dus la concluzia că prezența unei grupări voluminoase la azotul terminal duce la creșterea considerabilă a activității biologice a tiosemicarbazonei. În rezultatul coordinării tiosemicarbazonei la ionii metalelor, foarte frecvent, se observă o creștere semnificativă a activității lor biologice. Tiosemicarbazona 2-formilpiridinei și derivații ei manifestă activitate citotoxică înaltă [6]. Dintre derivați, tiosemicarbazona 3-amino-2-formilpiridinei, cunoscută sub denumirea de TRIAPINĂ, este folosită cu succes ca preparat anticancer în testări clinice [5, 6].

Cuprul este un micronutrient esențial pentru toate organismele vii și este folosit ca un cofactor catalitic sau o componentă structurală a proteinelor și, în consecință, este implicat în funcții biologice critice, cum ar fi metabolismul energetic, transportul oxigenului, activitatea enzimatică și semnalizarea celulară. Compușii coordinativi ai cuprului(II) sunt printre cei mai eficienți agenți antivirali, antitumorali și antiinflamatori [7, 8].

Compușii de bismut(III) au fost utilizați în medicină datorită eficacității ridicate și a toxicității scăzute în tratamentul unor infecții ca sifilisul, diareea, gastrita și colita [9, 10]. Terapia triplă, bazată pe compuși de bismut(III), s-a dovedit a fi unul dintre cele mai eficiente tratamente recent dezvoltate în eradicarea *Helicobacter pylori* [11]. În afară de activitatea antimicrobiană, compușii de bismut(III) prezintă, de asemenea, și activitate antiproliferativă și pot fi utilizați ca agenți terapeutici pentru tratamentul cancerului [12].

Materiale și metode

Reactivi chimici

2-formilpiridina, 2-acetilpiridina, 4-etiltiosemicarbazida și acidul etilendiamintetraacetic, au fost procurate de la „Sigma-Aldrich” sau „Alfa Aesar”. Tiosemicarbazonele 2-formil și 2-acetilpiridinei au fost sintetizate conform metodelor descrise în literatura de specialitate [13, 14]. Puritatea liganzilor a fost determinată prin spectroscopia IR și prin cromatografie pe strat subțire.

Metode de cercetare

Analiza elementală pentru carbon, hidrogen, azot și sulf pentru compușii homo- și heterometalici ai Cu(II) și Bi(III) a fost efectuată cu ajutorul analizatorului elemental GmbH Vario-EL-III-CHNOS Elemental Analyzer, în cadrul Centrului de Chimie Fizică și Anorganică al Institutului de Chimie.

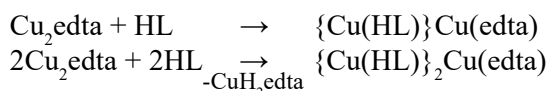
Spectrele IR au fost înregistrate la temperatura camerei, utilizând spectrometrul BRUKER ALPHA, în intervalul numerelor de undă 4000-400 cm⁻¹, în cadrul laboratorului de cercetări științifice „Materiale Avansate în Biofarmaceutică și Tehnică” al USM. Intensitățile sunt prezentate în paranteză ca: f.p = foarte puternic, p = puternic, m = mediu, s = slab și u = umăr.

Difracția cu raze X pe monocristal. Structurile compușilor au fost determinate în Institutul de Chimie Macromoleculară ”Petru Poni” (Iași, România) folosind difractometrul Bruker APEX II și Xcalibur E cu detector EOS CCD și radiație Mo-K_α.

Determinarea activității antimicrobiene și antifungice. Activitățile antimicrobiene și antifungice au fost determinate conform metodelor descrise în literatură [15, 16]. Testările au fost efectuate în Laboratorul de Microbiologie al Agenției Naționale de Sănătate Publică din Chișinău.

Metode de sinteză

Complexul Cu₂edta·4H₂O, obținut conform unei metode descrise în literatura de specialitate [17], a servit în calitate de precursor pentru sinteza compușilor homometalici ai Cu(II) cu liganzi micști, efectuată conform ecuațiilor reacțiilor:

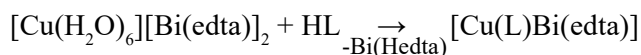


(HL = HFoPyTSC-4Et, HAcPyTSC-4Et)

[Cu(HFoPyTSC-4Et)Cu(edta)]·3,5H₂O (1). În 25 mL apă distilată au fost dizolvate 0,097 g (0,2 mmol) Cu₂edta·4H₂O la încălzire și agitare pe sită. Separat, în 15 mL de metanol, au fost dizolvate 0,042 g (0,2 mmol) de 4-etiltiosemicarbazona 2-formilpiridinei prin încălzire la baia de apă. Soluția metanolică a ligandului a fost adăugată gradual la soluția apoasă de Cu₂edta·4H₂O. Amestecul reactant a fost filtrat, iar filtratul de culoare verde-închis a fost lăsat pentru evaporare la temperatura camerei. După 48 de ore la temperatura camerei a fost obținută o substanță microcristalină de culoare verde-închis. Randament: 0,087 g, 70%. Calculat pentru C₁₉H₂₆Cu₂N₆O₉S (M_r = 641,60), %: C, 35,57; H, 4,08; N, 13,10; S, 5,00; determinat, %: C, 35,69; H, 4,13; N, 12,97; S, 5,46. Unele benzi (cm⁻¹) din spectrul IR: $\nu = 1582$ (f.p), 1558 (u), 1471 (m), 1141 (m), 1390 (p), 1321 (m), 1301 (p), 1255 (p), 1226 (u), 1586 (m), 1164 (s), 1097 (p), 1052 (p), 1009 (m), 966 (m), 926 (p), 871 (p), 803 (m), 779 (p), 729 (p), 640 (p), 602 (u), 569 (m), 516 (m).

[[Cu(AcPyTSC-4Et)]₂Cu(edta)]·H₂O (2). Sinteza a fost efectuată similar cu cea a compusului 1. Au fost utilizate: 0,097 g (0,2 mmol) Cu₂edta·4H₂O și 0,044 g (0,2 mmol) de 4-etiltiosemicarbazona 2-acetilpiridinei. Peste câteva zile la evaporare lentă, din soluție s-a obținut o substanță cristalină de culoare verde-închis. Randament: 0,065 g, 72%. Calculat pentru C₃₀H₄₀Cu₃N₁₀O₈S₂ (M_r = 937,03), %: C, 38,35; H, 4,29; N, 14,91; S, 6,83; determinat, %: C, 38,42; H, 4,45; N, 14,83; S, 6,82. Unele benzi (cm⁻¹) din spectrul IR: $\nu = 1656$ (u), 1613 (f.p), 1597 (m), 1564 (m), 1536 (m), 1507 (m), 1474 (m), 1425 (m), 1385 (u), 1367 (m), 1342 (u), 1308 (m), 1294 (m), 1254 (f.p), 1195 (m), 1165 (m), 1144 (p), 1076 (f.p), 991 (u), 970 (m), 922 (m), 862 (m), 826 (m), 774 (p), 743 (u), 719 (p), 648 (m), 613 (m), 591 (s), 538 (m).

Compusul [Cu(H₂O)₆][Bi(edta)]₂·3H₂O, obținut conform unei metode descrise în literatura de specialitate [18], a stat la baza sintezei complexilor heterometalici Cu(II)-Bi(III), realizată conform ecuației reacției:



(HL = HFoPyTSC-4Et, HAcPyTSC-4Et)

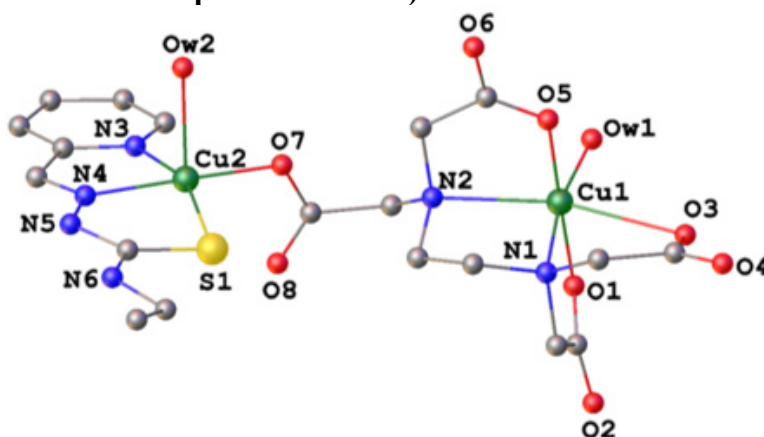
[Cu(FoPyTSC-4Et)Bi(edta)]·2H₂O (3). La soluția care conținea 0,122 g (0,1 mmol) Cu[Bi(edta)]₂·9H₂O, dizolvate în 15 mL de apă distilată la încălzire pe sită, au fost adăugate 6 mL soluție metanolică care conține 0,021 g (0,1 mmol) de 4-etiltiosemicarbazona 2-formilpiridinei. Amestecul reactant a fost filtrat, iar soluția de culoare verde-închis a fost lăsată pentru evaporare la temperatura camerei. Peste 72 ore din soluție s-a obținut o substanță microcristalină de culoare verde, care a fost filtrată și uscată la temperatura camerei. Randament: 0,063 g, 78%. Calculat pentru C₁₉H₂₇BiCuN₆O₁₀S (M_r = 803,06), %: C, 28,38; H, 3,38; N, 10,45; S, 3,99; determinat, %: C, 28,56; H, 3,23; N, 10,55; S, 3,85. Unele benzi (cm⁻¹) din spectrul IR: $\nu = 1594$ (f.p), 1497 (p), 1452 (m), 1424 (f.p), 1316 (p), 1258 (p), 1209 (m), 1185 (m), 1130 (p), 1077 (u), 1028 (s), 972 (m), 914 (m), 886 (m), 787 (m), 750 (p), 691 (p), 649 (m), 587 (m), 507 (m).

[Cu(AcPyTSC-Et)Bi(edta)]·4H₂O (4). Sinteza a fost efectuată analog cu complexul 3. Cantități utilizate: 0,122 g (0,1 mmol) [Cu(H₂O)₆][Bi(edta)]₂·3H₂O și 0,022 g (0,1 mmol) de 4-etiltiosemicarbazona 2-acetilpiridinei. Soluția a fost lăsată la temperatura camerei până la evaporarea completă a solventului. Substanța obținută a fost redizolvată în apă distilată. Peste câteva zile din soluție s-a obținut o substanță microcristalină de culoare verde, care a fost filtrată și uscată la temperatura camerei. Randament: 0,048 g, 56%. Calculat pentru C₂₀H₃₃BiCuN₆O₁₂S (M_r = 853,10), %: C, 28,12; H, 3,58; N, 9,84; S, 3,75; determinat, %: C, 28,98; H, 3,53; N, 9,82; S, 3,41. Unele benzi (cm⁻¹) din spectrul IR: $\nu = 1570$ (f.p), 1532 (u), 1496 (m), 1433 (p), 1364 (p), 1317 (m), 1244 (p), 1185 (p), 1156 (m), 1090 (p), 1047 (u), 1024 (m), 994 (m), 967 (m), 917 (p), 853 (p), 830 (m), 771 (p), 736 (m), 705 (m), 650 (m), 626 (m), 598 (m), 562 (m), 513 (m).

Difracția cu raze X pe monocristal

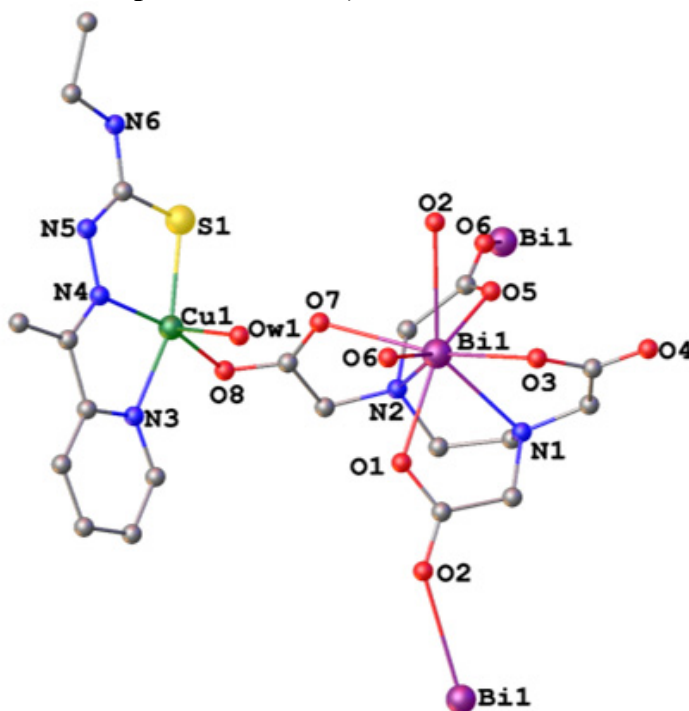
Complexul $[\text{Cu}(\text{HFoPyTSC-4Et})\text{Cu}(\text{edta})] \cdot 3.5\text{H}_2\text{O}$ (**1**) are o structură monomerică, în care pot fi distinse componentele ”cationice” $\{\text{Cu}(\text{HFoPyTSC-4Et})\}^{2+}$ și cele ”anionice” $\{\text{Cu}(\text{edta})\}^{2-}$ conectate între ele cu ajutorul atomului de oxigen O7 al unei grupări carboxilat, care joacă rol de punte (Fig. 1). Ionul Cu1 este hexacoordinat, iar poliedrul de coordinare reprezintă o bipiramidă tetragonală distorsionată. Ligandul edta^{4-} coordinează la ionul metalic Cu1 prin intermediul atomilor de azot N1 și N2 și al atomilor de oxigen O1, O3 și O5 ai trei grupări carboxilat diferite.

Fig. 1. Structura moleculară a compusului $[\text{Cu}(\text{HFoPyTSC-4Et})\text{Cu}(\text{edta})] \cdot 3.5\text{H}_2\text{O}$ (1**) (moleculile de apă de cristalizare au fost omise pentru claritate).**



Numărul de coordinare al Cu1 este completat până la șase de către atomul de oxigen O_w1 al unei molecule de apă care, împreună cu cei doi atomi de azot și cel de oxigen O3, formează baza bipiramidei, pozițiile apicale fiind ocupate de către atomii O5 și O2. Ionul Cu2 este pentacoordinat și adoptă o geometrie piramidal-tetragonală. Baza poliedrului de coordinare este formată din trei atomi donori (N3, N4 și S1) ai tiosemicarbazonei și atomul de oxigen O7 al grupării carboxilat - punte. Vârful piramidei este ocupat de către atomul de oxigen O_w2 al unei molecule de apă.

Fig. 2. Structura complexului heterometalic $\{[\text{Cu}(\text{AcPyTSC-Et})\text{Bi}(\text{edta})] \cdot 5\text{H}_2\text{O}\}_n$ (4**) (moleculile de apă de cristalizare au fost omise pentru claritate).**



Complexul heterometalic, $\{[\text{Cu}(\text{AcPyTSC-Et})\text{Bi}(\text{edta})] \cdot 5\text{H}_2\text{O}\}_n$ (4), are o structură polimerică (Fig. 2). Aceasta constă din lanțuri de "anioni" complecși polimerici $\{\text{Bi}(\text{edta})\}_n$, conectați între ei prin intermediul atomilor de oxigen O6 și O2 ai două grupări carboxilat-punte și fragmente "cationice" $\{\text{Cu}(\text{L})\}^+$, coordonate de ambele părți ale lanțurilor cu ajutorul atomilor de oxigen O8 ai grupărilor carboxilat-punte. 4-etiltiosemicarbazona 2-acetilpiridinei este în formă deprotonată și coordonează la ionul CuI prin doi atomi de azot (N3 și N4) și un atom de sulf tiolic (S1). Acești trei atomi donori ai tiosemicarbazonei, împreună cu atomul de oxigen O8 al unei grupări carboxilat a fragmentului anionic $\{\text{Bi}(\text{edta})\}_n$, alcătuiesc baza piramidei tetragonale. Poziția apicală este ocupată de către atomul de oxigen O_w 1 al unei molecule de apă. Ionii BiI au numărul de coordonare opt și geometrie de coordonare dodecaedrală. Anionul edta⁴⁻ coordonează la ionii Bi(III) prin intermediul a doi atomi de azot (N1 și N2) și patru atomi de oxigen (O1, O3, O5 și O7) ai patru grupări carboxilat. Celelalte două poziții din poliedrul de coordonare al Bi(III) sunt ocupate de atomii de oxigen O6 și O2 ai două grupări carboxilat vecine, generate prin simetrie.

Activitatea antimicrobiană și antifungică a complecșilor sintetizați

Complecșii homometalici și heterometalici au fost testați împotriva a două tulpini Gram-pozitive: *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) și *Bacillus cereus* (ATCC 11778), a două tulpini Gram-negative: *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Acinetobacter baumannii* (BAA-747) (tabelul 1) precum și împotriva speciei de fungi *Candida albicans* (ATCC 10231) (tabelul 2).

Activitatea antimicrobiană și concentrația minimă inhibitorie (CMI)

Datele privind activitatea antibacteriană au demonstrat că în condiții similare, activitatea antibacteriană a complecșilor cu ioni de metale este superioară față de cea a liganzilor corespunzători (Tab. 1). Complexul $\text{Cu}_2\text{edta} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, fără tiosemicarbazone, prezintă activitate biologică foarte joasă. Complecșii sintetizați, atât homo-, cât și heterometalici, au manifestat activitate antimicrobiană mai înaltă față de speciile Gram-pozitive comparativ cu cea față de speciile Gram-negative. Toți complecșii au prezentat activitate înaltă împotriva tulpinei *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), cu concentrația minimă inhibitorie (CMI) în intervalul 0,06 - 3,91 $\mu\text{g}/\text{mL}$. Împotriva tulpinei *Bacillus cereus* (ATCC 11778), CMI este în diapazonul 0,24 - 1,95 $\mu\text{g}/\text{mL}$. În cazul bacteriilor Gram-negative activitatea complecșilor a fost în intervalul 15,63 - 62,5 $\mu\text{g}/\text{mL}$ (CMI) împotriva tulpinei *Escherichia coli* (ATCC 25922) și 15,63 - 31,25 $\mu\text{g}/\text{mL}$ (CMI) împotriva *Acinetobacter baumannii* (BAA-747).

Tabelul 1. Activitatea antibacteriană ($\mu\text{g}/\text{mL}$) a compușilor coordinativi sintetizați.

Compușul	Staphylococcus aureus ATCC 25923		Bacillus cereus ATCC 11778		Escherichia coli ATCC 25922		Acinetobacter baumannii BAA-747	
	CMI	CMB	CMI	CMB	CMI	CMB	CMI	CMB
$\text{Cu}_2\text{edta} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	125	250	250	250	-	-	500	500
HAcPyTSC-4Et	7,81	15,63	15,63	31,25	500	-	31,25	62,5
$[\text{Cu}(\text{HFoPyTSC-4Et})\text{Cu}(\text{edta})] \cdot 3,5\text{H}_2\text{O}$ (1)	3,91	3,91	1,95	1,95	62,5	62,5	31,25	62,5
$\{\text{Cu}(\text{AcPyTSC-4Et})\}_2\text{Cu}(\text{edta}) \cdot \text{H}_2\text{O}$ (2)	0,24	0,49	0,24	0,49	15,63	31,25	15,63	31,25
$\text{Cu}(\text{FoPyTSC-4Et})\text{Bi}(\text{edta}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (3)	0,98	1,95	1,95	3,91	15,63	31,25	15,63	31,25
$[\text{Cu}(\text{AcPyTSC-4Et})\text{Bi}(\text{edta})] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (4)	0,06	0,06	0,24	0,24	31,25	31,25	31,25	31,25
FURACILINA	4,67	9,35	4,67	4,67	4,67	4,67	-	-

Pentru tulpinile *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) și *Bacillus cereus* (ATCC 11778) cea mai mare activitate au manifestat-o compușii heterometalici Cu(II)-Bi(III) cu liganzi micști: tiosemicarbazona - edta⁴⁻. La fel, s-a observat că compușii cu 4-etiltiosemicarbazona 2-acetilpiridinei sunt mai activi comparativ cu complecșii în baza 4-etiltiosemicarbazonei 2-formilpiridinei. Cea mai înaltă activitate s-a înregistrat la complexul 4, care este de cca 76 și 19 ori mai activ decât Furacilina (CMI = 4,67 $\mu\text{g}/\text{mL}$) față de cele două bacterii, corespunzător.

În cazul tulpinilor Gram-negative, *Escherichia coli* (ATCC 25922) și *Acinetobacter baumannii* (BAA-747), activitatea compușilor nu depășește activitatea Furacilinei.

Activitatea antifungică a compușilor coordinativi

Dintre toți complexii analizați, activitate antifungică superioară împotriva speciilor *Candida albicans* (ATCC 10231), au manifestat complexul homometalic 2 și cel heterometalic 3, cu valorile CMI în diapazonul (0,98 - 1,95 $\mu\text{g/mL}$), care o depășesc pe cea a ligandului necoordinat (3,91 $\mu\text{g/mL}$) și este net superioară Nistatinei (CMI = 32,0 $\mu\text{g/mL}$) (Tab. 2).

Tabelul 2. Activitatea antifungică ($\mu\text{g/mL}$) a compușilor coordinativi sintetizați.

Compusul	Candida albicans ATCC 10231	
	CMI	CMF
$\text{Cu}_2\text{edta}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$	250	500
HAcPyTSC-4Et	3,91	31,25
$[\text{Cu}(\text{HFoPyTSC-4Et})\text{Cu}(\text{edta})]\cdot 3,5\text{H}_2\text{O}$ (1)	31,25	250
$\{\text{Cu}(\text{AcPyTSC-4Et})\}_2\text{Cu}(\text{edta})\cdot \text{H}_2\text{O}$ (2)	0,98	1,96
$\text{Cu}(\text{FoPyTSC-4Et})\text{Bi}(\text{edta})\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (3)	1,95	7,82
$[\text{Cu}(\text{AcPyTSC-4Et})\text{Bi}(\text{edta})]\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (4)	62,5	125
NISTATINA	32,0	64,0

În cazul tulpinei *Candida albicans* (ATCC 10231) cea mai înaltă activitate a fost înregistrată în cazul complexului 2, cu CMI = 0,98 $\mu\text{g/mL}$, valoare de cca 32 de ori mai mare decât activitatea Nistatinei (CMI = 32,0 $\mu\text{g/mL}$).

Concluzii

1. Au fost stabilite condițiile optime de sinteză și obținuți 2 compuși coordinativi homometalici ai Cu(II) și 2 complecși heterometalici ai Cu(II) și Bi(III) cu liganzi polidentati micști: tiosemicarbazona - aminopolicarboxilat. Formulele generale ale complecșilor obținuți sunt: $\text{Cu}(\text{L})\text{Cu}(\text{APC})\cdot n\text{H}_2\text{O}$, $\text{Cu}(\text{L})_2\text{Cu}(\text{APC})\cdot n\text{H}_2\text{O}$, $\text{Cu}(\text{L})\text{Bi}(\text{APC})\cdot n\text{H}_2\text{O}$, ($n = 1 - 5$), în care 4-etiltiosemicarbazonele 2-formil și 2-acetilpiridinei sunt în formă nedeprotonată (HL) sau monodeprotonată (L).

2. În structura complexului homometalic $[\text{Cu}(\text{HFoPyTSC-4Et})\text{Cu}(\text{edta})]\cdot 3,5\text{H}_2\text{O}$ raportul molar dintre fragmentul ”cationic” $\{\text{Cu}(\text{HL})\}^{2+}$ și cel ”anionic” $\{\text{Cu}(\text{APC})\}^{2-}$ este 1:1. Ioni de Cu(II) au numărul de coordinare cinci, adoptând o geometrie piramidal - tetragonală în cazul coordinării tiosemicarbazonei nedeprotonate sau șase, cu geometrie bipiramidal - tetragonală, pentru ionii Cu(II) coordinați la ioni edta⁴⁻.

3. Structura complexului $[\text{Cu}(\text{AcPyTSC-4Et})\text{Bi}(\text{edta})]\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ este formată din fragmente cationice $\{\text{Cu}(\text{AcPyTSC-4Et})\}^+$ și anionice $\{\text{Bi}(\text{edta})\}^-$ în raport molar de 1:1. Structura reprezintă rețele tridimensionale, asamblate prin intermediul atomilor de oxigen-punte ai grupărilor carboxilat ale liganzilor edta⁴⁻. Numărul de coordinare al ionilor de Cu(II) este cinci, iar geometria piramidal - tetragonală. Numărul de coordinare al ionilor de Bi(III) este opt, poliederul de coordinare reprezentând un dodecaedru.

4. Activitatea antimicrobiană a compușilor coordinativi este mai înaltă împotriva tulpinilor Gram-pozitive, comparativ cu cea manifestată împotriva tulpinilor Gram-negative. Complecșii cu 4-etiltiosemicarbazona 2-acetilpiridinei sunt mai activi decât complecșii cu 4-etiltiosemicarbazona 2-formilpiridinei. Cea mai înaltă activitate a manifestat-o complexul heterometalic $[\text{Cu}(\text{AcPyTSC-4Et})\text{Bi}(\text{edta})]\cdot 5\text{H}_2\text{O}$, fiind de cca 76 și 19 ori mai activ decât Furacilina (CMI = 4,67 $\mu\text{g/mL}$) în cazul tulpinilor *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) și *Bacillus cereus* (ATCC 11778), respectiv.

5. Activitatea antifungică a complecșilor față de tulpina *Candida albicans* se include în domeniul concentrațiilor 0,98 - 31,25 $\mu\text{g/mL}$. Cea mai pronunțată activitate a avut-o complexul homometalic $\{\text{Cu}(\text{AcPyTSC-4Et})\}_2\text{Cu}(\text{edta})\cdot \text{H}_2\text{O}$, cu CMI = 0,98 $\mu\text{g/mL}$, care este de cca 32 de ori mai activ decât Nistatina (CMI = 32,0 $\mu\text{g/mL}$).

Referințe:

1. SHIM, J., JYOTHI, N. R., FAROOK, N. A. M. *Biological Applications of Thiosemicarbazones and Their Metal Complexes*. In: *Asian Journal of Chemistry*, 2013, 25(10), pp. 5838-5840. Doi:10.14233/ajchem.2013.OH105.
2. POLO-CERÓN, D. *Cu(II) and Ni(II) Complexes with New Tridentate NNS Thiosemicarbazones: Synthesis, Characterisation, DNA Interaction, and Antibacterial Activity*. In: *Bioinorganic Chemistry and Applications*, 2019, pp. 1-14. Doi:10.1155/2019/3520837.
3. PADMANABHAN, P., KHALEEFATHULLAH, S., KAVERI, K., PALANI, G., RAMANATHAN, G., THENNARASU, S., et al. *Antiviral activity of Thiosemicarbazones derived from α -amino acids against Dengue virus: Anti Viral activity of Thiosemicarbazones Derivatives*. In: *Journal of Medical Virology*, 2017, 89(3), pp. 546-552. Doi:10.1002/jmv.24655.
4. PACCA, C. C., MARQUES, R. E., ESPINDOLA, J. W. P., FILHO, G. B. O. O., LEITE, A. C. L., TEIXEIRA, M. M., et al. *Thiosemicarbazones and Phthalyl-Thiazoles compounds exert antiviral activity against yellow fever virus and Saint Louis encephalitis virus*. In: *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 2017, 87, pp. 381-387. Doi:10.1016/j.biopha.2016.12.112.
5. FINCH, R. A., LIU, M. -C., GRILL, S. P., ROSE, W. C., LOOMIS, R., VASQUEZ, K. M., CHENG, Y. -C., SARTORELLI, A. C. *Triapine (3-Aminopyridine-2-carboxaldehyde-thiosemicarbazone): A Potent Inhibitor of Ribonucleotide Reductase Activity with Broad Spectrum Antitumor Activity*. In: *Biochemical Pharmacology*, 2000, 59, pp. 983-991. DOI: 10.1016/s0006-2952(99)00419-0.
6. KUNOS, C. A., CHU, E., MAKOWER, D., KAUBISCH, A., SZNOL, M., IVY, S. P. *Phase I Trial of Triapine-Cisplatin-Paclitaxel Chemotherapy for advanced Stage or Metastatic Solid Tumor Cancers*. In: *Front. Oncol.*, 2017, 7. Articol on-line. Accesat la <https://doi.org/10.3389/fonc.2017.00062>.
7. TABTI, R., TOUNSI, N., GAIDDON, C., BENTOUHAMI, E., DÉSAUBRY, L. *Progress in copper complexes as anticancer agents*. In: *Medicinal chemistry*, 2017, 7, pp. 875-879. DOI: 10.4172/2161-0444.1000445.
8. GOU, Y., LI, J., FAN, B., XU, B., ZHOU, M., YANG, F. *Structure and biological properties of mixed-ligand Cu(II) Schiff base complexes as potential anticancer agents*. In: *European Journal of Medicinal Chemistry*, 2017, 134, pp. 207-217. DOI: 10.1016/j.ejmech.2017.04.026.
9. ODULARU, A. T. *Bismuth and Its Wide Applications*. In: *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 2016, 2, pp. 1-12. Disponibil: <http://ijpsat.ijshj-journals.org>.
10. YANG, Y., OUYANG, R., XU, L., et. al. Review: *Bismuth complexes: synthesis and applications in Biomedicine*. In: *Journal of Coordination Chemistry*, 2015, 68, pp. 379-397. DOI: 10.1080/00958972.2014.999672.
11. HUSEYIN A., KOKSAL, A. R., BOGA S., SEN, I., CANAN A. *Role of Bismuth in the Eradication of Helicobacter pylori*. In: *American Journal of Therapeutics*, 2016, pp. 1-7. DOI: 10.1097/MJT.0000000000000389.
12. KOWALIK, M., MASTERNAK, J., BARSZCZ, B. *Recent research trends on bismuth compounds in cancer chemo- and radiotherapy*. In: *Current medicinal chemistry*, 2019, 26, pp. 729-759. DOI: 10.2174/0929867324666171003113540.
13. ANDERSON, FLOYD E., DUCA, CHARLES J., SCUDI, JOHN V. *Some Heterocyclic Thiosemicarbazones*. In: *J. Am. Chem. Soc.*, 1951, 73(10), pp. 4967-4968. Doi: 10.1021/ja01154a501.
14. BERMEJO, E., CARBALLO, R., CASTIÑEIRAS, A., DOMÍNGUEZ, R., MAICHLE-MÖSSMER, C., STRÄHLE, J., WEST, D. X. *Synthesis, characterization and antifungal activity of group 12 metal complexes of 2-acetylpyridine-4N-ethylthiosemicarbazone (H4EL) and 2-acetylpyridine-N-oxide-4N-ethylthiosemicarbazone (H4ELO)*. In: *Polyhedron*, 1999, 18(27), pp. 3695-3702. Doi: 10.1016/s0277-5387(99)00309-5.
15. *Reference Method for Broth Dilution Antifungal Susceptibility Testing of Yeasts: Approved Standard*; 3. ed.; Rex, J. H., Clinical and Laboratory Standards Institute, Eds.; Clinical and Laboratory Standards Institute; CLSI: Wayne, Pa, 2008.
16. bWEINSTEIN, M. P., PATEL, J. B. *Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically: M07-A11*; 11 edition; Documents / Clinical and Laboratory Standards Institute; Committee for Clinical Laboratory Standards: Wayne, PA, 2018.

17. ANTSYSHKINA, A. S., SADIKOV, G. G., POZNYAK, A. L., AND SERGIENKO, V. S. *Crystal Structure of $[Cu_2(Edta)(Py)_2(H_2O)_2] \cdot 2H_2O$ and $[Cu(Im)_6]\{Cu(Im)_4[Cu(Edta)(Im)]_2\} \cdot 6H_2O$, Products of the Interaction of (Ethylenediaminetetraacetato)diaquadicopper(II) with Pyridine and Imidazole.* In: *Russian Journal of Inorganic Chemistry*, 2006, 51(2), pp. 241-252. ISSN 0036-0236.
18. SOBANSCA, S., WIGNACOURT, J. -P., CONFLANT, P., DRACHE, M., BULIMESTRU, I., GULEA, A. *A New $CuBi_2O_4$ Precursor: Synthesis, Crystal Structure and Thermal Behaviour of $Cu(BiEDTA)_2 \cdot 9H_2O$.* In: *Eur. J. Solid State Inorg. Chem.*, 1996, 33(8), pp. 701-711.

Date despre autori:

Elena NEGUȚA, doctorandă, Școala Doctorală Științe Biologice, Geonomice, Chimice și Tehnologice, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: neguta26elena@gmail.com

ORCID: 0000-0001-6120-6625

Aurelian GULEA, doctor habilitat în științe chimice, profesor universitar, academician, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: aurelian.gulea@usm.md

ORCID: 0000-0003-2010-7959

Aliona COTOVAIA, doctor în științe chimice, conferențiar universitar, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: aliona.cotovaia@usm.md

ORCID: 0000-0002-5299-2887

Ion BULIMESTRU, doctor în științe chimice, conferențiar universitar, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: ion.bulimestru@usm.md

ORCID: 0000-0002-5474-8458

Greta BĂLAN, doctor habilitat în științe medicale, conferențiar universitar, Universitatea de Stat de Medicină și Farmacie „N. Testemițanu”.

E-mail: greta.balan@usmf.md

ORCID: 0000-0003-3704-3584

Sergiu ȘOVA, doctor în științe chimice, conferențiar universitar, cercetător științific superior, Institutul de Chimie Macromoleculară „Petru Poni”, Iași, România.

E-mail: shova@icmpp.ro

ORCID: 0000-0002-1222-4373

Notă: Materialul experimental prezentat în articol a fost elaborat în cadrul proiectului 20.80009.5007.10 „Produce noi, inovative cu performanțe remarcabile în medicină (biofarmaceutică). Elucidarea mecanismelor moleculare și celulare ale acțiunii acestor produse noi și argumentarea folosirii lor la eficientizarea tratamentului unor patologii”.

Prezentat la 15.12.2023

CUPRINS

Științe biologice

Ирина КОЛОМНЦЕЦ
POLIMORFISMUL DE CULOARE
AL COROLELOR PLANTELOR
CU FLORI CA ADAPTARE
LA DISTRIBUȚIA LATITUDINALĂ
ȘI SEZONIERĂ A ENERGIEI SOLARE

Михаил МУСТЯ
IHTIOFAUNA LACULUI
DE ACUMULARE CUCIURGAN
ÎN DIFERITE PERIOADE
A FUNCȚIONARII CERS
DIN MOLDOVA

*Constantin BULIMAGA, Nadejda GRABCO,
Corina CERTAN, Petru PRODAN*
INFLUENȚA GRADULUI
DE POLUARE A APELOR
DE SUPRAFAȚĂ DIN
ECOSISTEMUL URBAN BĂLȚI
ȘI FLOREȘTI ASUPRA
ALGOFLOREI PLANCTONICE

*Polina CASSIR, Tatiana IZVERSCAIA,
Veaceslav GHENDOV*
DATE NOI PRIVIND PLANTELE
VASCULARE RARE
DIN FLORA SITULUI RAMSAR
„LACURILE PRUTULUI DE JOS”
(REPUBLICA MOLDOVA)

*Alina TROFIM, Iurie BACALOV,
Aurelia CRIVOI, Elena CHIRIȚA,
Adriana DRUȚA, Ionela ZUBCO*
IMPACTUL EXTRACTULUI APOS
DIN NOSTOC HALOPHILUM HANSG.
CNMN CB-17 ASUPRA
FORMULEI LEUCOCITARE
ÎN DIABETUL EXPERIMENTAL

Petru CUZA
DEOSEBIRILE ÎNTRE
DINTRE PROVENIENȚELE
ȘI ARBORII DE
STEJAR PEDUNCULAT
(QUERCUSROBUR.) DUPĂ DOZA
LETALĂ (DL50) DE SCURGERE
A ELECTROLIȚILOR

*Oleg CHIHAI, Anatol SAVIN,
Victoria NISTREANU, Alina LARION,
Maria ZAMORNEA, Nina TALAMBUȚĂ,
Galina MELNIC*
PROCEDEU INOVATIV
DE DEHELMINTIZARE
A CARNIVORELOR SĂLBATICE

SUMMARY

Biological sciences

3 COLOR POLYMORPHISM
OF FLOWERING COROLLAS
AS AN ADAPTATION TO THE
LATITUDINAL AND SEASONAL
DISTRIBUTION OF SOLAR ENERGY

14 THE ICHTHIOFAUNA
OF THE CUCIURGAN
RESERVOIR LAKE IN DIFFERENT
PERIODS OF THE OFFICIALS OF
THE MOLDAVIAN SDEPP

25 THE INFLUENCE OF
THE DEGREE OF SURFACE
WATER POLLUTION FROM THE
URBAN ECOSYSTEM
BALTI AND FLORESTI ON
THE PLANKTONIC ALGAE

32 NEW DATA ON RARE VASCULAR
PLANTS IN THE FLORA OF
„LOWER PRUT LAKES”
RAMSAR SITE
(REPUBLIC OF MOLDOVA)

41 THE IMPACT OF THE AQUEOUS EXTRACT
OF NOSTOC HOLOPHYLUM HANSG.
CNMN CB-17 ON THE
LEUCOCYTE FORMULA
IN EXPERIMENTAL DIABETES

46 DIFFERENCES BETWEEN
PROVENANCES AND
PEDUNCULATE OAK
(QUERCUSROBUR)
TREES AFTER THE
LETHAL DOSE (LD50) OF
ELECTROLYTE LEAKAGE

53 INNOVATIVE
DEWORMING PROCEDURE
OF WILD CARNIVORES

- Oleg CHIHAI, Anatol SAVIN,
Victoria NISTREANU, Alina LARION,
Ştefan RUSU, Nina TĂLĂMBUȚĂ,
Maria ZAMORNEA, Galina MELNIC,
Diana COŞCODAN*
CARACTERISTICA
EPIDEMIOLOGICĂ
A PARAZITOFAUNEI
LA *Vulpes vulpes* (Linnaeus, 1758)
DIN ECOSISTEME
NATURALE ŞI ANTROPIZATE
ALE REPUBLICII MOLDOVA
- 60 EPIDEMIOLOGICAL
CHARACTERISTICS
OF PARASITE FAUNA
IN *Vulpes vulpes* (Linnaeus, 1758)
FROM NATURAL AND
ANTHROPIZED ECOSYSTEMS OF
THE REPUBLIC OF MOLDOVA
- Gheorghe JIGĂU, Boris TURCHIN,
Sergiu DOBROJAN, Galina DOBROJAN,
Iurie MOŞOI, Angela STADNIC,
Nistor BOLOCAN, Viorel BOTNARU,
Anatolie FALA*
AGROGENEZA CERNOZIOMICĂ:
MANIFESTĂRI ÎN STAREA FIZICĂ
A CERNOZIOMURILOR
ARABILE DIN SPAȚIUL
DINTRE PRUT ŞI NISTRU
- 70 AGROGENESIS: MANIFESTATIONS
IN THE PHYSICAL STATE
OF THE ARABLE CHERNOZEMS
IN THE AREA BETWEEN
PRUT AND DNIESTER
- Maria DUCA, Steliana CLAPCO,
Ion BURCOVSCHI, Rodion DOMENCO,
Rodica MARTEA, Mihail MACHEDON*
INFLUENȚA
HOLOPARAZITULUI
Orobanche cumana Wallr.
ASUPRA UNOR TRASĂTURI
MORFO-ANATOMICE ŞI
FIZIOLOGO-BIOCHIMICE
LA CULTURA *Helianthus annuus* L.
- 78 THE INFLUENCE OF
THE HOLOPARASITE
Orobanche cumana Wallr.
ON SOME MORPHO-ANATOMICAL
AND PHYSIOLOGICAL-BIOCHEMICAL
TRAITS IN CULTURE
Helianthus annuus L.
- Alina GÎSCĂ, Ana POPOVICI,
Gheorghe ŞIŞCANU*
CERCETĂRI PRIVIND
INFLUENȚA BIOSTIMULATORULUI
REGLALG ÎN COMBINAȚIE
CU MICROELEMENTE
ASUPRA ACTIVITĂȚII
PEROXIDAZEI ŞI CATALAZEI
ÎN FRUNZELE
UNOR SOIURI DE PRUN
- 87 RESEARCH ON THE
INFLUENCE OF THE REGLALG
BIOSTIMULATOR IN COMBINATION
WITH MICRO ELEMENTS
ON THE ACTIVITY OF
PEROXIDASE AND CATALASE
IN THE LEAVES OF SOME
PLUM VARIETIES
- 93
- Нина ТИТОВА, Алина ГЫСКЭ,
Николай БУЖОРЯНУ*
ДЕЙСТВИЕ ПРЕПАРАТА
РЕГЛАЛГ В СОЧЕТАНИИ С
МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ
НА ПИГМЕНТНЫЙ ФОНД
РАСТЕНИЙ ГРУШИ И СЛИВЫ
- THE EFFECT OF REGLALG
IN COMBINATION WITH
MICROELEMENTS ON THE
PIGMENT FUND OF PEAR
AND PLUM PLANTS
- Viorica GURDIŞ*
ACȚIUNEA CORIOCENULUI
ASUPRA SCROAFELOR
PARTURIENTE HIPOGALACTICE
- 99 THE ACTION OF CHORIOCENE
ON HYPOGALACTIC
PARTURIENT SOWS

Științe chimice

*Mihai CIOBANU, Tudor LUPAȘCU,
Nina ȚÎMBALIUC, Nina BOLDURESCU*
REGENERAREA CĂRBUNELUI
ACTIV AG-3 UTILIZAT ÎN
PROCESELE DE POTABILIZARE
A APELOR DE SUPRAFAȚĂ

Mariana DÎRU, Natalia TACHI
STUDIUL
2-METIL-8-HIDROXICHINOLINEI
ÎN CALITATE DE IONOFOR PENTRU
ELECTROZI CATION-SELECTIVI

*Elena NEGUȚA, Aurelian GULEA,
Aliona COTOVAIA, Ion BULIMESTRU,
Greta BĂLAN, Sergiu ȘOVA*
SINTEZA ȘI STUDIUL COMPUȘILOR
COORDINATIVI HOMO- ȘI
HETEROMETALICI AI Cu(II) ȘI Bi(III)
CU 4-ETILTIOSEMICARBAZONELE
2-FORMIL ȘI 2-ACETILPIRIDINEI

Chemical sciences

106 REGENERATION OF
AG-3 ACTIVATED CARBON
USED IN SURFACE
WATER PROCESSES

116 THE STUDY OF
2-METHYL-8-HYDROXYQUINOLINES
AS IONOPHORES FOR
CATION-SELECTIVE ELECTRODES

118 SYNTHESIS AND STUDY OF HOMO- AND
HETEROMETALLIC COORDINATION
COMPOUNDS OF Cu(II) AND Bi(III) WITH
4-ETHYLTHIOSEMICARBAZONES OF
2-FORMYL AND 2-ACETILPYRIDINE

Adresa redacției:
str. A. Mateevici, 60
MD 2009, Chișinău, Republica Moldova
Tel. (37322) 24 22 53;
e-mail: studia.universitatis@usm.md
web: <https://studiamsu.md/>

Formatul 60x84^{1/8}.
Coli de tipar 26,3. Coli editoriale 21,0.
Comanda 160. Tirajul 100 ex.
Centrul Editorial-Poligrafic al USM
str. Al.Mateevici, 60. Chișinău, MD 2009