

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ



ИНСТИТУТ ПО БИОРАЗНООБРАЗИЕ И ЕКОСИСТЕМНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

Милена Кирилова Господинова

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертация за присъждане на
образователната и научна степен “Доктор”
в професионално направление
4.3. Биологични науки (зоология)

ПОПУЛАЦИОННО БИОЛОГИЧНО РАЗНООБРАЗИЕ И БИОИНДИКАТОРНА ОЦЕНКА НА ЛИСИЦАТА (*VULPES VULPES* L., 1758) В ЕВРОПЕЙСКИЯ Й АРЕАЛ

Научен ръководител: проф., дбн Георги Марков

София, 2019 г.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на2019 г. от ч. в зала
....., ИБЕИ – БАН, на открито заседание на Научно жури,
утвърдено със заповед на Директора на ИБЕИ – БАН, в състав:

Председател:

Вътрешни членове:

1. Доц. д-р Ценка Часовникарова
2. Проф. д.б.н. Георги Марков
3. доц. д-р Михаела Недялкова (резервен)

Външни членове:

4. Проф. д-р Даниела Симеоновска-Николова
5. Проф. д-р Николай Спасов
6. Проф. д-р Илиана Велчева
7. Проф. д.б.н. Светослав Герасимов (резервен)

ВЪВЕДЕНИЕ

Съвременните изследвания в зоологията са насочени към цялостното проучване на разпространението, реализираното разнообразие, биологичната изменчивост, адаптация и зоомониторни характеристики в конкретните екологични условия в средата им на обитаване на биологичните видове. Тези направления са с приоритетно значение и при изучаването на популационното биологично разнообразие на бозайниците със съществено от икономическа и стопанска гледна точка значение, каквито са голяма част от хищните бозайници.

Придобитите знания за систематиката, биологията и екологията на тези ловни и стопански важни видове хищници имат научна и практическа значимост, като подпомагат правилната дейност на човека по отношение на ловните хищни бозайници и ползването на естествените биологични ресурси от тези видове за неограничено дълго време.

Тенденция в последните десетилетия при изучаването на хищниците, както в регионален, така и в световен мащаб, е прилагането на неинвазивни методи на проучване на популациите на видовете, които да осигурят хуманно отношение и запазване на числеността на естествените популации на бозайниците при характеризирането и оценката им.

Сред хищните видове бозайници с ловностопанско значение, през последните години важна значимост придобива лисицата, *Vulpes vulpes* L., 1758. Тя е с повсеместно разпространение, високата численост, добра екологична адаптация, богат хранителен спектър и има роля на крайно звено в локалните хранителни вериги, което дава възможността за индиректна екстраполация на данните от проучванията към човека, и добре се приспособява към живот в различна степен антропогенно повлиян ландшафт.

Характеризирането на популационно биологичното разнообразие на вида в неговия обширен европейски ареал би разширило знанията за популационната диференциация и би определило наличието на реално съществуващи популационни групировки. Разкриването на техните биологични характеристики на основата на краниологичния епигенетичен анализ, ще определи степента на тяхното популационно сходство и дивергенция и ще установи реално съществуващото популационно биологично разнообразие при този вид.

Резултатите от установяването на изменчивостта на популационно епигенетичните характеристики, отразяващи в голяма степен генетичната структура на вида, освен като базова информация за разработката на вътревидовата структура на лисицата в Европа, ще послужи и за основа за проследяване на нейните микроеволюционни промени и повлияването ѝ от антропогенното въздействие върху нея.

Оценката на числеността на лисицата в природни условия бива наложено от двойственото значение, което този вид има в природните екосистеми. От една страна той е един от основните природни регулатори на числеността на дребните мишевидни гризачи, вредители в селското стопанство. От друга – причинява значителни щети върху популациите на ценни от икономическа и ловно стопанска гледна точка видове животни и е преносител на редица инфекциозни заболявания, външни и вътрешни паразити. Червената лисица е и обект на спортен лов с

изразено стопанско значение. Всичко това налага необходимостта от познаване на популационната численост на вида с оглед нейното планомерно регулиране.

Установяването на числеността на лисицата в България се осъществява при пролетната ѝ таксация, при която се извършва преброяване на индивидите върху определена територия чрез тяхното прогонване. Редица биологични и екологични характеристики на вида, като скрития му начин на живот, предимно нощната му активност, обитаване в трудно достъпни местности, са само част от причините, които силно затрудняват точното отчитане на числеността на лисицата в определени региони. Във връзка с това оценяването на числеността на лисицата в природни условия на основата на данните за годишното ползване на вида и неговите биологични характеристики ще създаде научна база, чрез която да се осъществява ежегодното проследяване на числената динамика на този важен в ловно отношение вид и планиране на ползването му, осигуряващо запазване на неговите природни ресурси за неограничено време.

Характеризирането на вида като биоиндикатор за качеството на природната среда в естествените му местообитания по пътя на провеждането на анализ на съдържанието на незаменими макробиоеlementи, елементи със зависим от дозата токсичен ефект и елементи с доказан силен токсичен ефект в основни тест системи (органи-“мишени” и космена покривка) и извеждането на нормативна база за оценка на индивидуалните параметри на натоварване на лисиците ще изяви възможността за използването на вида в качеството му на зоомонитор при оценката на качеството на природната среда в условията на естествени природни екосистеми и в територии, намиращи се под различна степен на антропогенно въздействие и урбанизация.

Проучването на специфичната зоомониторна характеристика на космената покривка на лисицата по отношение на проучваните приоритетни замърсители ще определи възможностите за използването на неструктивен метод за определяне на остатъчните количества от тежки метали, с оглед на прилагането на хуманно отношение при използването на лисицата като биоиндикаторен вид за оценка на състоянието на околната среда в България.

Извеждането на корелационни зависимости между свежото и въздушно сухото тегло от тъканите на вътрешните органи на лисицата ще разшири възможностите за сравнителна оценка на натоварване на вътрешните органи на този зоомонитор с тежки метали, получени чрез различни методи на подготовка и анализ на изследваните тъкани.

Създаването на възможност за сравнителна оценка на аналитичните концентрации на токсични елементи във вътрешните органи на този зоомонитор, получена чрез различни методи за подготовка и анализ на изследваните тъкани – свежа и доведена до въздушно суха тъкан, определя възможността за извършването на сравнителен анализ на натрупването на токсиканти в тялото на лисицата от околната среда на местообитанието, както в географски, така и в сравнителен времеви аспект.

ЛИТЕРАТУРЕН ОБЗОР

Извършен е преглед на 210 литературни източника (от които 30 на кирилица и 180 на латиница), отразяващи изследванията върху: еволюцията, географското

разпространение и вътревидовата таксономична структура на червената лисица, нейните биологична, епигенетична, цвetoва и биоиндикаторна характеристики.

III. ЦЕЛ И ЗАДАЧИ

Целта на дисертационната разработка е характеризиране на популационно биологичното разнообразие и уточняване на подвидовата принадлежност на локални популации на червената лисица от характерни по своите физикогеографски условия региони на Европа, установяване на полиморфизма в проявата на цвetoвите признаци в окраската, зоомониторните ѝ характеристики с оглед използването ѝ в биоиндикаторната оценка на качеството на природната среда и анализ на числеността на вида в България.

С оглед извършването на оценка на популационно биологичното разнообразие на червената лисица в европейския ѝ ареал, както и уточняването на подвидовата принадлежност на лисицата от територията на Европейския континент, проучванията ще бъдат насочени както по посока на изследването на локални популации животни, населяващи територии с различни климатични условия в сходен географски район, така и по посока на изучаването на географски отдалечени популации. Ще бъде разрешена следната задача:

- Извършване на сравнително проучване върху епигенетичната характеристика и нейната изменчивост на популациите от лисици, обитаващи характерни по своите екологични условия местообитания на континента и местонаходища на класически възприетите подвидове на червената лисица в европейския ѝ ареал.

С оглед оценката на популационно биологичното разнообразие на червената лисица в България, проучванията ще обхванат изясняването на нейната цвetoва характеристика на космената ѝ покривка, както и биоиндикаторната роля на вида за оценка качеството на околната среда, също ще бъде оценена популационната ѝ численост. Ще бъдат разрешени следните задачи:

- Установяване на полиморфизма в проявата на цвetoвите признаци в окраската на червената лисица в България.
- Проучване на съдържанието на макробиеоементи - K, Na, Ca, Mg и Fe, микроелементи със зависим от концентрацията им токсичен ефект – Cu, Mn, Zn, и с доказан силен токсичен ефект върху живите организми – Cd, Pb, във вътрешните “органи мишени” (черен дроб и бъбреци) и космената покривка на червената лисица и характеризирането на вида като биоиндикатор за оценка на екологичното състояние на природната среда.
- Установяване на оценъчна база за класификация на степента на индивидуалното повлияване от антропогенното въздействие върху червената лисица.
- Оценка на зависимостта между аналитичните концентрации на остатъчните количества на изследваните елементи във свежо и въздушно сухо тегло на вътрешните органи на червената лисица.

- Оценка на популационната численост на червената лисица в България на основата на данните за годишното ползване на вида и неговите биологични характеристики.

МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

IV. 1. Проучени локални популации и признаци

IV. 1. 1. Основни находища на проучваните лисици

IV. 1. 1. 1. Епигенетично изследвани популации на лисици в Европа

Проучването на епигенетичния полиморфизъм на червената лисица в Европа е извършено на базата на изследването на 25 локални популации от основните ѝ местонаходища в Европа. Характеризирането му в 20 локални популации е извършено върху изследвани от нас 938 индивида, а за характеристиката му в останалите 5 популации от Северна Европа (2320 индивида) са използвани литературни данни, разкриващи честотните описания на състоянието на изследваните епигенетични признаци. Тотално епигенетичното изследване е обхванало отчитането на епигенетичния краниален полиморфизъм при 3258 лисици.

Географското местоположение на изследваните 25 локални популации, обхваща значителна част от територията на Европейския континент: 5 локални популации лисици (с общо 2320 индивида), от Северна Европа; 8 локални популации от Централна Европа (с общо 229 индивида), 8 локални популации от Югозападна Европа (с общо 486 индивида) и 4 локални популации от Югоизточна Европа (с общо 223 индивида). Това разположение на местообитанията на проучените локални популации на лисици дава възможност да бъде характеризирана епигенетичната географска изменчивост на вида в Европа.

Анализираните лисици от Северна Европа са от Скандинавския полуостров. Включените в анализа индивиди от Северна Европа произхождат от основните местонаходища на вида на територията на Швеция, включени са планински и равнинни биотопи: Популация SW1 (провинция Сконе; 196 индивида), Популация SW2 (провинция Йостерйотланд; 448 индивида), Популация SW3 (провинция Упсала; 456 индивида), Популация SW4 (провинция Даларна; 448 индивида) и Популация SW5 (провинция Йемтланд; 772 индивида). Краниологичният материал е същият, използван от Sjøvold (1977) при проучването на епигенетичната характеристика на лисицата от Швеция (Фиг. 1).

Епигенетичната характеристика на лисицата от централната част на европейския континент е извършена на основата на проучването на осем локални популации, обитаващи територията на Централна Европа (Австрия) (4 локални популации с общо 144 индивида), Североизточна Централна Европа (Чехия) (2 локални популации с общо 42 индивида) и Югоизточна Централна Европа (Унгария) (2 локални популации с общо 43 индивида) (Фиг. 1).

Изследваните индивиди от територията на Чехия са от две местонаходища на вида в страната – Популация CZ1- от територията на Моравия (13 индивида) и Популация CZ2- от територията Бохемия (29 индивида) (Фиг. 1). Проученият краниологичен материал е от колекцията на Институт по биология на гръбначните животни в Бърно.



Фиг. 1. Локални популации на червената лисица от Европа, проучени по епигенетични признаци: Северна Европа - Популация SW1 (провинция Сконе), Популация SW2 – (провинция Йостерйотланд), Популация SW3 (провинция Упсала), Популация SW4 (провинция Даларна), Популация SW5 (провинция Йемерланд); Централна Европа - Популация CZ1 (Моравия), Популация CZ2 (Бохемия), Популация AU1 (провинция Бургланд), Популация AU2 (провинция Долна Австрия), Популация AU3 (провинция Горна Австрия), Популация AU4 (провинция Щирия), Популация HU1 (провинция Хортобаги), Популация HU2 (равнините в централна Унгария); Югозападна Европа - Популация SP1 (провинция Кантабрия), Популация SP2 (провинция Пиринеи), Популация SP3 (провинция Толедо), Популация SP4 (провинция Гренада), Популация SP5 (провинция Валадолид), Популация SP6 (провинция Бургос), Популация SP7 (провинция Тарагона), Популация SP8 (провинция Западна Галисия); Югоизточна Европа - Популация BG1 (планина Стара планина), Популация BG2 (планина Витоша), Популация BG3 (планина Рило-Родопски масив) и Популация BG4 (равнини в Централна и Североизточна България)

На епигенетично характеризиране от Австрия са подложени лисици от четири локални популации: Популация AU1 (провинция Бургланд; 38 индивида), Популация AU2 (провинция Долна Австрия; 59 индивида), Популация AU3 (провинция Горна Австрия; 33 индивида) и Популация AU4 (провинция Щирия; 12 индивида) (Фиг. 1). Краниологичният материал е от колекцията на Природо-научния музей във Виена и Института за екология на дивите животни във Виена.

Проучените лисици от Унгария са също от две локални популации от територията на Популация HU1 (провинция Хортобаги; 20 индивида) и популация HU2 (равнините в централна Унгария; 23 индивида) (Фиг. 1). Краниологичният материал е от колекцията на Природо-научния музей в Будапеща.

Епигенетичната изменчивост на лисицата от Югозападна Европа е изведена на базата на краниологичната характеристика на локални популации на вида, обитаващи Иберийския полуостров. Проучени са осем локални популации от територията на Испания: Популация SP1 (провинция Кантабрия; 57 индивида), Популация SP2 (от територията на Пиринеите; 73 индивида), Популация SP3 (провинция Толедо; 110 индивида), Популация SP4 (провинция Гренада; 71 индивида), Популация SP5 (провинция Валадолид; 43 индивида), Популация SP6 (провинция Бургос; 62 индивида), Популация SP7 (провинция Тарагона; 15 индивида) и SP8 (територията на Западна Галисия; 28 индивида) (Фиг. 1).

Обхванати са както планински, така и равнинни местонаходища. Краниологичният материал е от колекцията на Природо-научния музей в Мадрид.

Епигенетичната изменчивост на лисицата от Югоизточна Европа е изведена на основата на характеризирането на епигенетичната структура на локални популации, обитаващи Балканския полуостров. Проучени са четири локални популации от територията на България, обхващащи основните ѝ местонаходища в страната: планините Популация BG1 (Стара планина; 16 индивида), Популация BG2 (Витоша; 95 индивида), Популация BG3 (Рило-Родопски масив; 94 индивида) и Популация BG4 (равнинната част на страната в Централна и Североизточна България; 18 индивида) (Фиг. 1). Краниологичният материал е събран основно с помощта на ловци от страната и са използвани индивиди от колекциите на Институт за гората – БАН и Природо-научния музей в Черни Осъм.

IV. 1. 1. 2. Географски региони на Регионалните дирекции по горите (РДГ) в България

Популационната численост на вида е анализирана върху основата на данните за таксациите от териториите, стопанисвани от 16-те Регионални дирекции по горите (РДГ), Съюза на ловците и риболовците в България и ловните територии със специално предназначение.

IV. 1. 1. 3. Локални популации лисици от България, проучени по полиморфизъм в окраската

Полиморфизмът в окраската на лисицата в България е проучен на основата на данните върху изследването на космената покривка на тялото на 408 лисици от седем местообитания на вида в България – 1- равнините на Централна и Североизточна България (125 индивида), 2- Стара планина (66 индивида), 3- Софийско поле (52 индивида), 4- Рила (30 индивида), 5- Родопски масив (55 индивида), 6- Пирин (29 индивида) и 7- Подбалкански равнини (51 индивида). Първоначалният материал е по литературни данни и е същият, използван от Атанасов (1958) при проучването на разнообразието в оцветяването на тялото на лисицата в България.

IV. 1. 1. 4. Локални популации лисици, проучени за съставяне на биоиндикаторната ѝ характеристика в България

Зоомониторните характеристики на лисицата от България са изведени като на анализ са подложени общо 30 индивида от: 1- НП «Рила» (защитена паркова територия) (10 броя, обитавали местността Парангалица), 2- ПП «Витоша» (територия със специфично антропогенно повлияване – начало на урбанизация на парковата територия) (10 броя, обитавали местността «Златни мостове») и 3- агрорегион в североизточна България (територия със специфично антропогенно повлияване – територия със специфично приложение на селскостопанска дейност) (10 броя, обитавали агрорегион в област Шумен).

Всички изследвани лисици са от мъжки пол, с напълно развита зъбна система и в полово зряла възраст. Съгласно първичната ветеринарно-медицинска оценка за тяхното състояние, те са били в нормално общо физиологично състояние.

IV. 1. 2. Изследвани епигенетични краниологични признаци

Краниологичното проучване на всеки екземпляр бе проведено като се отразяваше състоянието на 14 неметрични краниологични признаци (Табл. 1).

Таблица 1. Епигенетични краниологични признаци и проучваното им състояние при червената лисица от Европа

№	Епигенетичен признак	състояние
1	Трети долен молар	липсва
2	Допълнителен вътрешен мандибуларен отвор	присъства
3	Допълнителен ментален отвор	присъства
4	Премаксиларен-фронтален контакт	присъства
5	Допълнителен фронтален отвор	присъства
6	Фронтален канал	присъства
7	Етмоидален отвор	изцяло отделен
8	Допълнителен вътрешен отвор палатине	присъства
9	Допълнителен малък отвор палатине	присъства
10	Отвор емисари	присъства
11	Хипоглосен канал	двоен
12	Кондиларен канал	двоен
13	Кондиларен канал	отворен вентрално
14	Вентрален кондиларен отвор	присъства

Тези признаци са подбрани съгласно методиката, предложена от Sjøvold (1977) при оценката на епигенетичния полиморфизъм на лисицата от Швеция, изведена на основата на 19 признака. Поради вероятността за допускане на грешки от субективен характер при отчитането на състоянието на 5 от признаците, при сравнителния епигенетичен анализ за лисиците от Европа техният брой беше редуциран от 19 на 14. Използваните неметрични краниологични признаци са независими от пола и възрастта на изследваните индивиди (Sjøvold, 1977). Оценката на състоянието на неметричните признаци е извършено върху лявата страна на черепа.

IV. 1. 3. Цветови признаци в окраската на тялото на червената лисица

За всеки индивид са изследвани шест цветови признака на окраската с обособени в тях 20 състояния, установени от Атанасов (1958). При оценката на окраската на лисицата в България всяко от тези 20 състояния са разглеждани в настоящото изследване като самостоятелно проявяващи се морфи на признаците (Табл. 2).

IV. 1. 4. Химични елементи и тест-системи, изследвани за установяване на биоиндикаторните характеристики на червената лисица

Проведен е анализ за съдържанието на три вида химични елементи: 1) макробиоеlementи: K, Na, Ca, Mg и Fe, 2) елементи със зависим от дозата токсичен ефект: Mn, Cu и Zn и 3) елементи с доказан силен токсичен ефект върху организма: Cd и Pb.

Като тест-системи за оценка на остатъчните количества от проучваните елементи са използвани вътрешните органи-“мишени” черен дроб и бъбреци и тест системата космена покривка.

Таблица 2. Цветови признаци и техните състояния в окраската на тялото на червената лисица

Признак	Състояния на признака (морфи)	
	№ на морфа	морфа
I. Общ оттенък на окраската на тялото	1	Жълтеникаво ръждив
	2	Сиво ръждив
	3	Червено ръждив
	4	Кафяво ръждив
II. Окраската на тялото изпъстрена с бяло	5	Много
	6	Средно
	7	Малко
III. Черен цвят на гушата	8	Много
	9	Средно
	10	Малко
	11	Няма
IV. Черен цвят на гушата по-ниско от предните крака	12	Много
	13	Средно
	14	Малко
	15	Няма
V. Черен цвят на опашката	16	Много
	17	Средно
	18	Малко
	19	Бяло
VI. На корема жълто оцветяване	20	Присъства

IV. 1. 5. Оценка на взаимовръзката между свежото и въздушно сухото тегло при вътрешните органи на червената лисицата

На анализ е подложена взаимовръзката между свежото и въздушно сухото тегло на вътрешните органи-“мишени”: черен дроб, бъбреци, мускул, сърце и слезка. От петте вътрешни органи са анализирани по 10 броя.

IV. 2. ИЗПОЛЗВАНИ МЕТОДИ

IV. 2. 1. Методи за определяне възрастта на лисиците

Възрастта на животните е определяна на основата на израстването, смяната и износването на зъбите, съгласно методиките, предложени от Harris (1978) и Habermehl (1985), както и състоянието на шевовете между костите на черепа (Churcher, 1960) – в случаите, когато зъбите са липсвали от черепа.

IV. 2. 2. Методи за оценка на епигенетичния полиморфизъм и епигенетичната дистанция на популациите на лисицата в Европа

Установяването на епигенетичния полиморфизъм и епигенетичната дистанция на групите животни беше проведено в съответствие с предложената от Sjøvold (1977) схема. Определяно е честотното разпределение (p) на всеки от проучваните неметрични краниологични признаци, като то е анализирано за хомогенност по отношение на пола на изследваните животни с използването на χ^2 -тест при ниво на значимост $P = 0.05$. Определяна е епигенетичната изменчивост (V_i) на всяка от анализираните популации лисици (Smith, 1981). Степента на относителната епигенетична дивергенция между изследваните популации е изразена чрез tree clustering – UPGAM, при който са използвани стойностите на

епигенетичните дистанции (MMD) между локалните популации (Sjøvold, 1973). Анализирана е относителната епигенетична уникалност (MU) на проучваните популации (Bergu, 1963). Статистическите анализи - кластер и χ^2 -тест, са извършени с помощта на статистически пакет STATISTICA 2008 версия 8.0.

IV. 2. 3. Метод за анализ на цветовите признаци в окраската на космената покривка на тялото на лисицата

При анализа на популационната изменчивост на цветовите признаци в окраската на тялото на лисицата в настоящото изследване са изследвани честотното разпределение на цветовите признаци и показател на вътрепопулационното разнообразие (Животовский 1982). Графичното представяне на специфичното честотно разпределение на цветовите признаци в окраската на лисицата, е реализирано на звезди-диаграми. Степента на обвързаност между морфите на признаците в оцветяването на тялото на лисицата и степента на сходство по дял на редките морфи в локалните популации са изявени чрез tree clustering – UPGAM анализ на основата на стойностите на дистанциите между тях. Статистическият анализ е извършен с помощта на статистически пакет STATISTICA 2008 версия 8.0.

IV. 2. 4. Методи за аналитично определяне на съдържанието на тежки метали и биоелементи в тест-системите на лисицата

След отпрепарирането на вътрешните органи - черен дроб и бъбреци, се извършва оглед за наличието на сачми или кръвни съсиреци в тях. От чист участък на органа се взима проба от около 5 g. В лабораторни условия се измерва тяхното свежо тегло с точност до 0.001g и се поставят в сушилня за около 5 денонощия на 60°C до достигането на въздушно сухо тегло. От всеки от органите се приготвя хомогенизирана стрита суха проба с тегло 1 g. Концентрациите изследваните елементи - Pb, Cd, Mn, Cu, Zn, K, Na, Ca, Mg и Fe са установени чрез атомно-абсорбционна спектрофотометрия (Perkin-Elmer Model 3030B). Концентрациите на елементите в органите-„мишени“ са изразени в mg/kg въздушно суха тегло.

IV. 2. 5. Метод на статистична обработка на резултатите за концентрациите на изследваните елементи

Установените стойности на концентрациите на всички изследвани химични елементи, във всички проучвани тест-системи бяха тествани за нормалност с помощта на D-статистиката на Колмогоров-Смирнов и за хомогенност на дисперсиите, използвайки теста на Levene.

Основните статистически параметри - средната ($X_{\text{ср.}}$) и стандартното отклонение (SD) - са изчислени за всички изследвани химични елементи във всяка изследвана тест-система на проучваните лисици. За тестване на статистически значителни разлики между средните стойности на концентрациите на изследваните метали в различните тест системи е използван теста на Student. Различията се считат за значими при $p < 0.05$. Всички статистически анализи са извършени с помощта на статистически пакет STATISTICA 2008 версия 8.0.

IV. 2. 6. Метод за определяне на нормативни показатели

За извеждане на оценъчните нормативни групи за диапазонна оценка на средните стойности на анализирания химични елементи, във всяка от тест системите е приложен метод на Мартин в алгоритъм, който е масово използван в спортната и медицинска практика (Брогли & Петкова, 1988).

Разработени са 7 оценъчни нормативни групи за концентрацията на тежки метали в орган-“мишена” и космената покривка на лисицата, спрямо които следва да се класифицират индивидуалните параметри на антропогенно натоварване на всеки отделен екземпляр: 1-^{ва} гр. - Елементът присъства в силно изразено ниско съдържание - под $X - 2\text{ SD}$; 2-^{ра} гр. - Елементът присъства в средно изразено ниско съдържание - от $X - 2\text{ SD}$ до $X - 1\text{ SD}$; 3-^{та} гр. - Елементът присъства в слабо изразено ниско съдържание - от $X - 1\text{ SD}$ до $X - 0,5\text{ SD}$; 4-^{та} гр. - Елементът присъства в нормално съдържание - от $X - 0,5\text{ SD}$ до $X + 0,5\text{ SD}$; 5-^{та} гр. - Елементът присъства в слабо изразено високо съдържание - от $X + 0,5\text{ SD}$ до $X + 1\text{ SD}$; 6-^{та} гр. - Елементът присъства в средно изразено високо съдържание - от $X + 1\text{ SD}$ до $X + 2\text{ SD}$; 7-^{ма} гр. - Елементът присъства в силно изразено високо съдържание - от $X + 2\text{ SD}$ нагоре.

IV. 2. 7. Метод за анализ на взаимовръзката между свежото и въздушно сухото тегло на вътрешните органи-“мишени”

След отпрепарирането на проби от вътрешните органи - черен дроб, бъбреци, мускул, сърце и слезка, в лабораторни условия е измервано първоначално тяхното свежо тегло, а след сушене в сушилня за около 5 денонощия на $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ – и въздушно сухото им тегло с точност до 0.001g . Първоначалните тегловни параметри (свежо и въздушно сухо тегло) и процентното съдържание на течности в органите бяха тествани за нормалност, използвайки D-статистика на Kolmogorov-Smirnov и за хомогенност на разликите, използвайки теста на Levene. Получените стойности показват, че изследваните проби със свежо и сухо тегло и процентното съдържание на течности в петте органа имат нормално разпределение. Това позволи прилагането на "метод на най-малките квадрати за линейна регресия" за анализ на съотношенията на корелация и регресия между независимата променлива "прясно тегло" и зависимата променлива "сухо тегло". Връзката между независимата и зависимата променлива се оценява чрез F-теста. Степента на относителност между изследваните променливи се характеризира с коефициент на корелация Pearson (R) и производния коефициент на определяне ($D = 100 * R^2$). Процентът на съдържанието на течности в двата органа е описан от основните описателни статистически данни. Всички изчисления бяха извършени, като се използва статистическият пакет STATISTICA 2008 версия 8.0.

IV. 2. 8. Метод за обработка на проби от космена покривка

Пробите от космената покривка на червената лисица са събирани през есенно-зимния период. Пробите са вземани от коремната част на индивидите, за да не се наруши търговската стойност на кожата и по този начин да се оцелят ловците, предоставили материала. На място е извършван оглед на пробите, който да предотврати попадането на външни замърсители в тях.

В лабораторни условия пробите от косми са промивани съгласно препоръчаната от IAEA (International Atomic Energy Agency, 1973) процедура, използвайки ацетон и двойно дестилирана вода няколко пъти за пълно премахване на прах, остатъци от пръст и обезмасляване на космите (Zhuang et al., 1990). Всяка проба беше поставяна върху попивателна хартия и изсушавана при $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ за 24 часа. За аналитично определяне на концентрациите на изследваните химични елементи е приложена методиката, прилагана при определяне на съдържанието на тежки метали в органите-“мишени”.

IV. 2. 9. Метод за анализ на популационната численост на лисицата

Като изходни данни за анализ и изчисляване на числеността на лисицата в природни условия са използвани:

- статистическите данни за ползването на лисицата в България в периода 1992-2000 години (регистър на Национално Управление по Горите (НУГ)) (табл. 3);
- таксационната оценка на числеността на лисицата в България в периода 1992-2000 години (регистър на НУГ) (табл. 3);

Таблица 3. Ползване и таксация на червената лисица в България в периода 1992-2000 г.

Година	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
ползване	8272	7977	7796	2038	1701	3016	2212	-	-
таксация	-	2458	2550	3293	17644	-	29779	31714	31661

- биологичните характеристики на лисицата в България (Григоров, 1987): - естествено равнище на смъртност при възрастните индивиди, - реален прираст от един женски индивид, - полово съотношение на индивидите, мъжки/женски индивиди;
- модел на Csanyi (1990) за установяване числеността на диви животни на основата на таксационни данни и биологичните им характеристики.
- модел (Марков & Господинова, 2003) за изчисление на популационната численост на лисицата на основата на данните за годишното ѝ ползване и биологичните ѝ характеристики:

$$N_t = N_t / [1 - d_{t-1} + f_{t-1} \times C_{t-1} - (N_t/N_{t-1})], \quad \text{където}$$

N_t – Численост на популацията в определена година

N_t – Регистрирания брой на отстреляни индивиди в определена година N_{t-1} –

Регистрирания брой на отстреляни индивиди през предходната година $t-1$

D_{t-1} – Естествено ниво на смъртност при възрастните лисици - средно 15%

f_{t-1} – Делът на възрастните женски лисици. При това f_t = брой женски индивиди /обща популационна численост.

C_{t-1} – Среден годишен прираст от една женска лисица - 3,97 индивида.

D – Полово съотношение на индивидите в популацията – мъжки/женски = 1,41.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

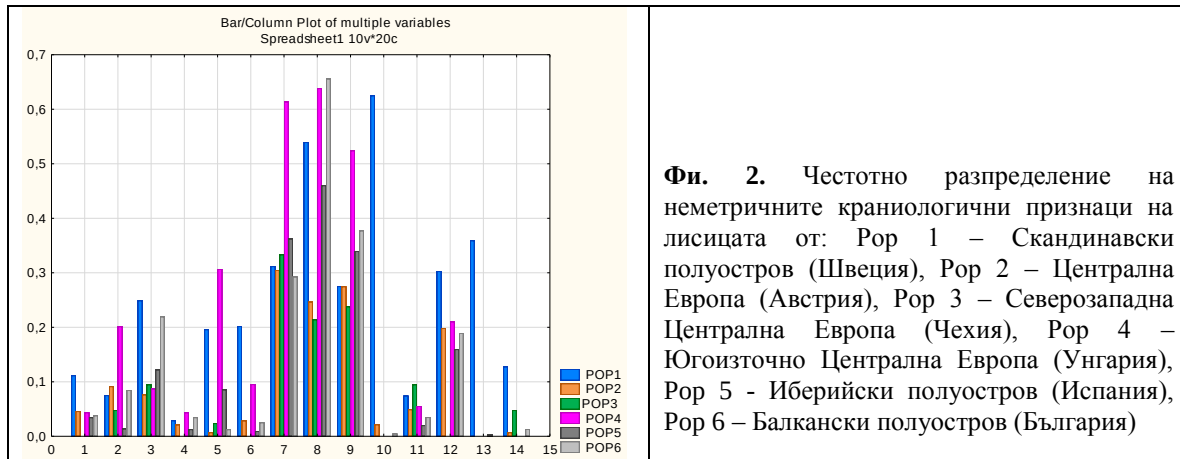
Популационната епигенетична изменчивост и дивергенцията на лисицата в Европа

Резултатите, характеризиращи честотното разпределение на изследваните неметрични признаци при изследваните популации на лисиците от Европейския континент са представени на Фиг. 2.

Анализът на епигенетичната изменчивост на проучените локални популации от Северна, Централна, Югозападна и Югоизточна Европа показва, че лисиците от Северната част на континента имат рязко изразена по-висока епигенетична изменчивост от тези в Централната (2,04 пъти по-висока в сравнение с популацията от Австрия и 2,6 пъти по-висока от популацията от Чехия), Югозападна (2 пъти) и Югоизточната (1,8 пъти) част на континента. Докато епигенетичната изменчивост

на лисиците от Централната и Югоизточната част е сравнително сходна - отношението между тях е 1,13.

Този резултат би могъл да се изтълкува, че за подвида *Vulpes vulpes vulpes* е характерна по-високата епигенетична изменчивост в сравнение с тази, която се реализира при подвида *V. V. crucigera*.



Фиг. 2. Честотно разпределение на неметричните краниологични признаци на лисицата от: Pop 1 – Скандинавски полуостров (Швеция), Pop 2 – Централна Европа (Австрия), Pop 3 – Северозападна Централна Европа (Чехия), Pop 4 – Югоизточно Централна Европа (Унгария), Pop 5 – Иберийски полуостров (Испания), Pop 6 – Балкански полуостров (България)

Резултатите от анализа на епигенетичната дистанция между проучените шест основни географски популации на територията на Европейския континент (Табл. 4) показват, че дистанциите между всички популации и при всички сравнения са статистически значими, но разликата между епигенетичната дистанция на лисиците от Скандинавския полуостров и тези от Централна Европа, Иберийския и Балканския полуострови (Швеция и Чехия, Швеция и Австрия, Швеция и Испания и Швеция и България) е в значителна степен по-голяма, спрямо епигенетичните дистанции при между популационните сравнения на лисиците от Централна Европа, Иберийския и Балканския полуострови (Австрия и Чехия, Чехия и България, Австрия и България и т.н.). Анализът на епигенетичното сходство на изследваните лисици от територията на Европейския континент демонстрират, че разликата между лисиците от Австрия, Чехия, Испания и България спрямо тези от Швеция е от порядъка на 15 %.

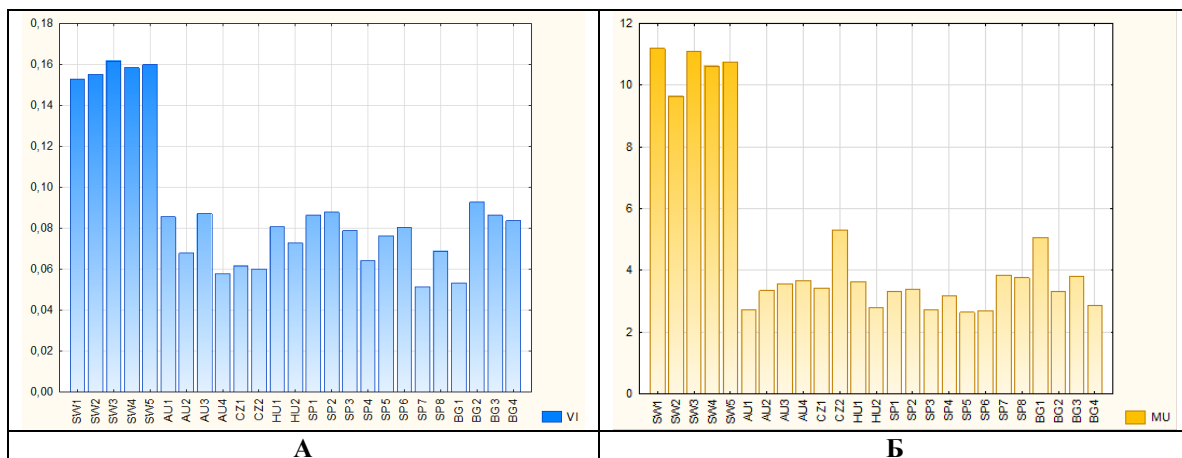
Реализираната относителна епигенетична уникалност на популациите на лисицата от Европа, показва, че тя е най-висока за най-северната част от ареала на вида ($MU=2,3762$), докато за Централна и Южна Европа стойностите на този показател се движат в сходен порядък. За популациите на лисицата от Централна Европа относителната епигенетична уникалност, която се реализира е съответно $MU=0,9852$ за лисицата от Чехия, $MU=0,6008$ за същата от Австрия и $MU=0,5953$ за лисицата от територията на Унгария. Популацията от Иберийския полуостров реализира относителна епигенетична уникалност $MU=0,6351$, а тази от Балканския полуостров - $MU=0,7316$.

Таблица. 4. Епигенетични дистанции (MMD) (горната линия), техните стандартни отклонения (долната линия в италик) и епигенетична уникалност (MU) на проучените популации на лисицата от Европа: 1 – Северна Европа (Швеция), 2 – Централна Европа (Австрия), 3 – Централна Европа (Чехия), 4 – Централна Европа (Унгария), 5 - Иберийски полуостров (Испания), 6 – Балкански полуостров (България)

популации	1	2	3	4	5	MU
6	0.4118* <i>0.0233</i>	0.0591* <i>0.0137</i>	0.1462* <i>0.0342</i>	0.0688* <i>0.0232</i>	0.0392* <i>0.0090</i>	0,7316
1	---	0.4185* <i>0.0297</i>	0.6127* <i>0.0651</i>	0.4711* <i>0.0565</i>	0.4561* <i>0.0217</i>	2,3762
2		---	0.0768* <i>0.0260</i>	0.0246 <i>0.0146</i>	0.0456* <i>0.0115</i>	0,6008
3			---	0.0554* <i>0.0273</i>	0.0942* <i>0.0270</i>	0,9852
4				---	0.0056 <i>0.0064</i>	0,5953
5					---	0,6349

„*“ – статистически значими епигенетични дистанции

Обобщеният анализ на епигенетичната изменчивост на проучените 25 локални популации от Европа показва (Фиг. 3А), че лисиците от Северната част на континента имат рязко изразена по-висока епигенетична изменчивост от тези в южната част на континента. Епигенетичната изменчивост на лисиците от Централна и Южна Европа е сравнително изравнена. От всички локални популации най-висока е епигенетичната изменчивост при лисиците от Витоша планина ($V_i = 0,0928$), а с най-ниска стойност – лисиците от равнинните местообитания в областта на Тарагона ($V_i = 0,0514$).

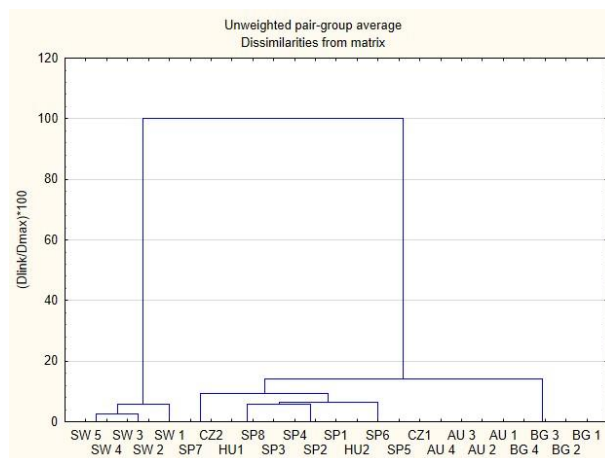


Фиг. 3. Епигенетична изменчивост (V_i) (А) и Епигенетична уникалност (MU) (Б) на 25те локални популации на лисиците от Европа (SW1 – Швеция 1: Сcone, SW2 – Швеция 2: Йостерйотланд, SW3 – Швеция 3: Упсала, SW4 – Швеция 4: Даларна, SW5 – Швеция 5: Йемтланд, CZ1 – Чехия 1: Моравия, CZ2 – Чехия 2: Бохемия, AU1 – Австрия 1: Бургланд, AU2 – Австрия 2: Долна Австрия, AU3 - Австрия 3: Горна Австрия, AU4 – Австрия 4: Щирия, HU1 – Унгария 1: Хортобаги, HU2 – Унгария 2: Будапеща, SP1 – Испания 1: Кантабрия, SP2 – Испания 2: Пиринеи, SP3 – Испания 3: Толедо, SP4 – Испания 4: Гренада, SP5 – Испания 5: Валадолид, SP6 – Испания 6: Бургос, SP7 – Испания 7: Тарагона, SP8 – Испания 8: Западна Галиция, BG1 – България 1: Стара планина, BG2 – България 2: Витоша, BG3 – България 3: Рило-Родопски масив и BG4 - България 4: равнините в централната и североизточната част на страната)

Обобщеният анализ на реализираната относителна епигенетична уникалност на 25^{те} локални популации на лисицата от Европа (Фиг. 3Б), показва че тя е най-висока за най-северната част от ареала на вида - в порядъка от MU=9.6388 за лисиците от провинция Йостерйотланд до MU=11.1916 за локалната популация от провинция Сконне. За локалните популации на лисиците от Централна и Южна Европа стойностите на този показател се движат в сходен по-нисък порядък. Най-ниска е относителната епигенетична уникалност при лисиците от провинция Валядолид на Иберийския полуостров (MU=2,6382), а най-висока се реализира при лисицата от територията на Бохемия в Чехия (MU=5,2995).

Обобщеният анализ на степента на сходство между всички проучени локални популации лисици от територията на Европа, основано на реализираните епигенетични изменчивости (Фиг. 3А), на епигенетичните дистанции между тях (Табл. 4), както и на епигенетичната уникалност на всяка от локалните популации (Фиг. 3Б), потвърждава изявената хомогенност по епигенетичните признаци на популациите, обитаващи териториите на Централна Европа, Иберийския и Балканския полуострови и от друга страна – Скандинавския полуостров (Фиг. 4).

В синхрон с установената от Frati et al. (1998), Teacher et al. (2011), Edwards et al. (2012) Galov et al. (2014) и Statham et al. (2018) висока степен на генетична изменчивост, установената степен на сходство на проучените локални популации на лисиците от Европа, основано на епигенетичните дистанции между тях подкрепя класическите представи за географската изменчивост на червената лисица (*Vulpes vulpes* L.) в Европа (Miller 1912), според които на територията на континента съществуват четири подвида на вида: типичната форма *Vulpes vulpes vulpes* L., разпространена в Скандинавския полуостров; *Vulpes vulpes silacea* Miller разпространена в Иберийския полуостров; *Vulpes vulpes ichtnusae* Miller, разпространена на островите в Средиземно море (Корсика и Сардиния) и *Vulpes vulpes crucigera* Bechst., разпространена в Централна и Южна Европа. По своята епигенетична краниологична характеристика червената лисица от Югоизточна Европа принадлежи към подвида *Vulpes vulpes crucigera*.

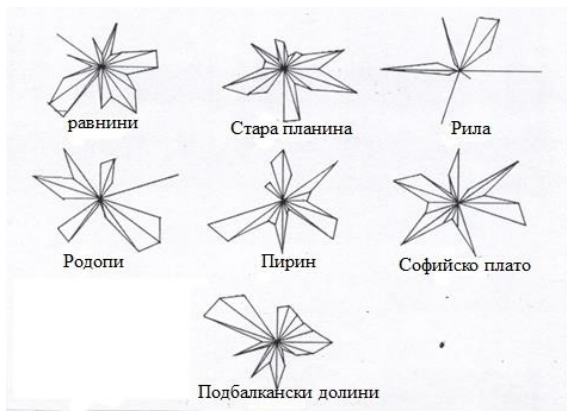


Фиг. 4. Степен на сходство на проучените географски групи на лисиците от Европа, основано на епигенетичните дистанции между тях (SW1 – Швеция 1: Сконне, SW2 – Швеция 2: Йостерйотланд, SW3 – Швеция 3: Упсала, SW4 – Швеция 4: Даларна, SW5 – Швеция 5: Йемтланд, CZ1 – Чехия 1: Моравия, CZ2 – Чехия 2: Бохемия, AU1 – Австрия 1: Бургланд, AU2 – Австрия 2: Долна Австрия, AU3 – Австрия 3: Горна Австрия, AU4 – Австрия 4: Щирия, HU1 – Унгария 1: Хортобаги, HU2 – Унгария 2: Будапеща, SP1 – Испания 1: Кантабрия, SP2 – Испания 2: Пиринеи, SP3 – Испания 3: Толедо, SP4 – Испания 4: Гренада, SP5 – Испания 5: Валядолид, SP6 – Испания 6: Бургос, SP7 – Испания 7: Тарагона, SP8 – Испания 8: Западна Галиция, BG1 – България 1: Стара планина, BG2 – България 2: Витоша, BG3 – България 3: Рило-Родопски масив и BG4 – България 4: равнините в централната и североизточната част на страната

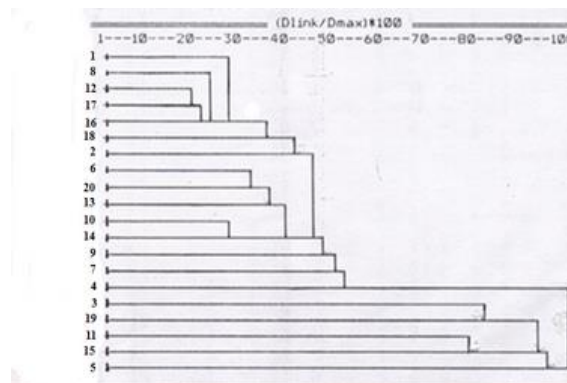
V. 3. Популационна биологична характеристика на лисицата в България

V. 3. 1. Популационна цвetoва изменчивост в окраската на лисицата в България

Графичният израз на честотното разпределение на морфите на изследваните признаци, характеризиращи окраската на лисицата в България, изследвана в основните ѝ местонаходища, е представен на Фиг. 5. Забелязва се специфичното честотно разпределение на морфите на признаците в окраската на индивидите в различните региони. Така например при лисиците от Рила при признак "Черен цвят на гущата" е реализирана само една морфа, при лисиците от Софийското поле морфите за същия признак са три, докато при всички останали изследвани групи лисици са реализирани и четирите морфи. При признака "Общ отенък на тялото" при лисиците от всички изследвани групи, с изключение на тази от Годеч, при която са реализирани три морфи, се наблюдават и четирите морфи на този признак. Отново при групата на лисиците от Софийското поле признакът "Изпъстрен с бяло" е реализиран с една морфа по-малко, отколкото при всички останали изследвани групи лисици. При признака "Черен цвят на гущата по-ниско от предните крака", както и при признака "Черен цвят на опашката" при групата на лисиците от Рила са представени с по една морфа по-малко, отколкото при всички останали.



Фиг. 5. Честотно разпределение на цвetoвите морфи в оцветяването на лисицата (*V. vulpes*) от различни географски региони в България



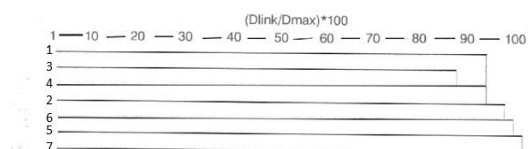
Фиг. 6. Обвързаност между изявата на морфите на цвetoвите признаци в окраската на лисиците (*V. vulpes*) от България

(* цифровите означения съответстват на наименованията на морфите в табл. 2)

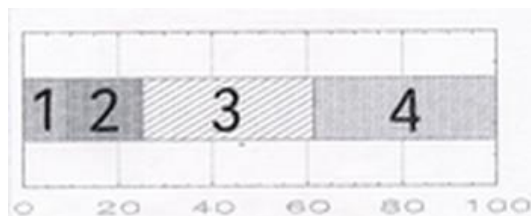
Разнообразието на окраската на лисицата в страната основно се проявява чрез различното съчетание между морфите на признаците, които я характеризират. Стойностите на честотното разпределение на морфите на проучените признаци в седемте географски групи от България, се движи в твърде тесни граници. При това се наблюдава тенденция на обвързаност при изявата на различните морфи (Фиг. 6), характеризиращи отделните признаци. Обобщеният анализ на тези взаимовръзки показва, че появата на силно черно оцветяване в окраската на лисицата в България основно се реализира при лисиците, които имат общ жълтеникаво-ръждива окраска на тялото. При лисиците с общ сиво ръждив отенък на окраската черното оцветяване се реализира със средна сила, докато за тях е характерна жълтата

окраска на корема. За лисиците с червено ръждив и кафяво ръждив общ отенък на окраската на тялото е характерна изпъстреността с бяло, липсата на черно оцветяване на гушата и опашката.

Анализът на цветовата характеристика на окраската на лисиците от България на основата на степента на тяхното сходство на основата на показателя дял на редките морфи в различните местообитания на вида в страната (Фиг. 7) показва че тя е твърде сходна на територията на цялата страна.



Фиг. 7. Сходство в окраската на червената лисица от основните ѝ местонаходища в България: 1- равнини, 2- Стара планина, 3- Рила, 4- Родопи, 5- Пирин, 6- Софийско поле, 7- Предбалкански територии България



Фиг. 8. Цветова окраска (в проценти) на лисиците (*V. vulpes*) от България с: 1- жълтеникаво ръждива, 2- сиво ръждива, 3- червено ръждива и 4- кафяво ръждива окраска на тялото

Прегледът на процентното съотношение на типа окраска, реализирана при проучените лисици в България, показва (Фиг. 8), че най-масово застъпената форма на окраската при лисицата е кафяво ръждивата, следвана почти в същото количество от червено ръждивия, и в двойно по-малко присъствие на сиво ръждивия тип окраска и най-малкия брой индивиди (само около 10%) са с жълтеникаво ръждив отенък, за който е характерно черното оцветяване (Markov & Gospodinova, 1995). Следователно формата "melanogaster" не е типична за територията на нашата страна.

Установяваният нисък процент на срещаемост на индивидите от типа "melanogaster" на окраска на козината, показва че този тип оцветяване на козината не е характерен за България и, че по своята морфологична екстериорна характеристика българската червена лисица принадлежи към подвида, обитаващ Централна Европа – *Vulpes vulpes crucigera*.

V. 3. 2. Червената лисица в България - биоиндикаторен вид за оценка състоянието на околната среда

V. 3. 2. 1. Биоиндикаторно проучване и характеристика на червената лисица в антропогенно неповлияни територии

Резултатите за съдържанието на остатъчните количества тежки метали в черния дроб и бъбреците на лисицата от НП "Рила", са представени в Табл. 5.

Те демонстрират, че въпреки противодействието на биологичните бариери в организма, токсичните елементи от околната среда биват акумулирани в органите на червената лисица и тяхното количество може да се използва за зоомониторна оценка на състоянието на природната среда.

Сравнителният анализ на съдържанието на остатъчните количества от изследваните метали в двата "органа мишени" показва, че се очертава тенденция техните средни стойности (с изключение съдържанието на Cd) са по-високи в черния дроб.

Таблица. 5. Средни стойности ($X_{\text{ср.}}$ [mg/kg в.с.т.]) и абсолютната им изменчивост (SD) на остатъчните количества от тежки метали в черния дроб и бъбреците на червената лисица (*V. vulpes*) от НП Рила и ПП Витоша

елемент	Черен дроб				Бъбреци			
	НП Рила		ПП Витоша		НП Рила		ПП Витоша	
	$X_{\text{ср.}}$	SD	$X_{\text{ср.}}$	SD	$X_{\text{ср.}}$	SD	$X_{\text{ср.}}$	SD
Pb	0.7898	0.9376	0.7427	0.2833	0.4098	0.1697	0.6615	0.2798
Cd	0.1131	0.0616	1.1539	0.0897	0.2096	0.0693	0.2944	0.2357
Zn	12.5225	1.0461	12.5553	3.4808	7.7993	1.7978	10.8230	2.6620
Cu	5.1647	1.4063	2.9539	1.1282	1.6883	0.4589	1.7964	0.1220
Mn	1.2357	0.5325	0.8666	0.6453	0.4417	0.2013	0.3970	0.1509

За установените количества на изследваните елементи и в двата проучвани органа на червената лисица, са характерни големи разлики на индивидуалните концентрации на тези елементи в отделните екземпляри. Сравнителният анализ показва, че в бъбреците по-висока стойност на средното съдържание има само Cd, останалите изследвани тежки метали са с по-високи стойности на средното съдържание в черния дроб (Табл. 5).

Анализът на остатъчните количества на всички изследвани елементи със зависим от дозата биологичен ефект, който при тяхна повишена концентрация преминава в силно изразен токсичен ефект, показва явната необходимост от включването на наблюдение на съдържането им в органите на хищници.

От изследваните тежки метали най-токсични са кадмият и оловото, като наличието дори на следи от тези два елемента в органите на животинските видове се приема за следствие на антропогенно замърсяване на околната среда. Установеното натрупване на Pb и Cd еднозначно изяснява, че животните обитавали проучвания регион се намират под влиянието на антропогенно усилен натиск, свързан с повишеното съдържание на най-токсичните елементи от поредицата на стандартно проучваните тежки метали. То показва и че, глобалното влошаване на екологичната обстановка в природната среда би могло да породи потенциална опасност за живите организми, дори и в териториите притежаващи статут на Национални паркове.

V. 3. 2. 2. Биоиндикационно проучване и характеристика на червената лисица в територии под различна степен на антропогенното повлияване - начало на урбанизация

Със своята близост до София - градът с най-силно развита промишленост в страната, Витоша планина предоставя възможност за сравнителна оценка на антропогенното повлияване на дивите животни в природни екосистеми с различна степен на урбанизация.

Резултатите от количествените изследвания на остатъчните количества от тежки метали в различните органи на лисицата от Витоша, отразяващи средните стойности на концентрацията на изследваните тежки метали в избраните тест системи са представени в Табл. 5.

Средните стойности на съдържанието на силно токсичните Cd и Pb и в двата “органа мишени” се характеризират със сравнително сходни стойности, и те са

значително по-ниски от тези на остатъчните количества от изследваните елементи със зависим от дозата им токсичен ефект.

Анализът на степента на акумулация на изследваните метали в двата проучени органа показва, че се очертава тенденция техните средни стойности (с изключение съдържанието на Zn) да са по-високи в черния дроб (Табл. 5).

Сравнителният анализ на абсолютната изменчивост на съдържанието на остатъчните количества от изследваните метали в двата “органа мишени” показва, че тази изменчивост е със сходен порядък при един и същи елемент в различните органи, но все пак, че тя се реализира с по-голяма стойност при средното съдържание на Cd в бъбреците и е относително по-висока при средното съдържание на Mn, Cu и Zn в черния дроб и твърде близка при остатъчните количества от Pb в двата органа (Табл. 5).

Сравнителният анализ на средното съдържание на остатъчните количества (t- test) от изследваните метали в черния дроб на лисиците обитавали Витоша и тези установени в черния дроб на лисици обитавали Рила планина не изявява статистическа достоверна разлика ($p < 0,05$) в средното съдържание на никой от изследваните метали. Техните средни стойности в черния дроб на зоомонитора и от двата изследвани региона са установени със сходна стойност на абсолютната им изменчивост и грешка на определяне (Табл. 5).

V. 3. 2. 3. Диапазонни оценки за съдържанието на токсични елементи в лисицата от слабо антропогенно повлияни територии в България

Сходството на териториите, обхващащи двете планини Рила и Витоша по отношение на степента на антропогенно повлияване, както и липсата на статистически достоверни разлики по отношение на остатъчните количества тежки метали във вътрешните органи на лисиците от НП „Рила” и ПП „Витоша”, дава основание за разглеждането на животните от двете планини като обобщена група, представителна за биоиндикационната характеристика на този вид в слабо антропогенно повлияни екосистеми.

Определени са средните стойности и стандартните им отклонения на остатъчните количества на тежки метали със зависим от дозата им токсичен ефект (Mn, Cu, Zn) и с доказан силен токсичен ефект (Cd, Pb) в черния дроб и бъбреците на лисицата от България от слабо антропогенно повлияни територии (табл. 6).

Таблица. 6. Средни стойности (X_{cp} , [mg/kg в.с.т.]) и абсолютната им изменчивост (SD) на остатъчните количества от тежки метали в черния дроб и бъбреците на червената лисица (*V. vulpes*) от слабо антропогенно повлияни територии и от агрорегион в България

елемент	Черен дроб				Бъбреци			
	слабо антропогенно повлияни територии		агрорегион		слабо антропогенно повлияни територии		агрорегион	
	X_{cp}	SD	X_{cp}	SD	X_{cp}	SD	X_{cp}	SD
Pb	0.7696	0.6833	0.6710	0.0600	0.5270	0.2381	0.5450	0.1300
Cd	0.1306	0.0711	0.1070	0.0100	0.2310	0.1680	0.0950	0.0400
Zn	12.5366	2.1415	16.3850	3.4900	9.2510	2.4875	8.2770	0.7000
Cu	4.2172	1.6762	2.8380	0.0300	1.7380	0.2961	1.6420	0.0800
Mn	1.1127	0.5383	1.0670	0.3600	0.4240	0.1563	0.5110	0.0700

На тяхна основа за всеки от проучваните елементи са изработени 7^{те} оценъчни диапазонни групи в черния дроб и бъбреците (табл. 7) на лисицата, спрямо които да могат да бъдат сравнявани индивидуалните характеристики на натоварване на всеки изследван индивид, реализирано при конкретните екологични условия на неговото местообитание. В зависимост от установените индивидуални концентрации на изследваните елементи, всеки индивид на вида може да бъде оценен и причислен към някоя от категориите: “под нормата”, “в нормата” или “над нормата” по отношение на съдържанието на токсичния елемент във вътрешния орган-“мишена”.

V. 3. 2. 4. Биоиндикаторно проучване и характеристика на червената лисица в територии със специфично антропогенно повлияване - агрорегион в Североизточна България

Променените екологични условия в агроекосистемите в следствие на целенасочената антропогенна дейност за повишаване на добивите от основните културни растения, предопределят необходимостта от създаването на биоиндикационната характеристика на лисицата в тези агроекосистеми.

Резултатите от количествените изследвания на остатъчните количества тежки метали в черния дроб и бъбреците на лисицата, от агрорегион в Североизточна България, отразяващи средните стойности на концентрацията на Zn, Cu, Mn, Pb и Cd в избраните тест системи, са представени на Табл. 6.

Анализът на резултатите за акумулацията на изследваните метали показва, че средните стойности на всички установени концентрации на остатъчните количества на металите са по-високи в черния дроб (Табл. 6).

Оценката на относителната степен на биоаккумуляция на петте изследвани метала в двата “органа-мишени” показва, че значително по-високо в черния дроб е съдържанието на тежките метали със зависим от концентрацията им токсичен ефект – Zn, Cu, Mn, докато при металите с доказан силен токсичен ефект върху организмите – Pb и Cd е налице тенденция техните средни стойности да имат относително по-изравнено съдържание в двата органа.

Сравнителният анализ на относителната степен на абсолютна изменчивост на съдържанието на остатъчните количества на изследваните метали в двата “органа-мишени” показва, че съдържанието на елементите Zn и Mn се характеризира с най-ниски стойности на относителната степен на абсолютна изменчивост, сравнително по-високи са стойностите на относителната степен на абсолютна изменчивост на силно токсичните Pb и Cd и най-висока стойност по този показател се отбелязва при Cu.

Сравнителният анализ на средното съдържание и абсолютна изменчивост на остатъчните количества от изследваните елементи в “органи-мишени” на червената лисица, обитаваща агрорегион в Североизточна България и тези, установени в организма на лисици, обитавали природни горски екосистеми в Рила и Витоша планини, за които се предполага че природната среда е минимално антропогенно повлияна, позволява да се оцени относителната степен на натоварване с тежки метали на този зоомонитор в изследвания агрорегион. Получените резултати показват (Табл. 6), че средните стойности на съдържанието на металите в черния

Таблица. 7. Средни стойности (X_{cp}) на аналитичните концентрации (mg/kg в.с.т.), стандартното им отклонение (SD) и нормативни групи за съдържанието на тежки метали в черния дроб и бъбреците на лисицата от слабо антропогенно повлияни територии

черен дроб						бъбреци					
елемент	нормативни групи		елемент	нормативни групи		елемент	нормативни групи		елемент	нормативни групи	
Mn	X _{ср} 1.1127	SD 0.5383	Zn	X _{ср} 12.5366	SD 2.1415	Mn	X _{ср} 0.4377	SD 0.1537	Zn	X _{ср} 9.1043	SD 2.3907
	под 0.0361 от 0.0361 до 0.5744 от 0.5744 до 0.8436 от 0.8436 до 1.3819 от 1.3819 до 1.6510 от 1.6510 до 2.1893 над 2.1893			под 8.2536 от 8.2536 до 10.3951 от 10.3951 до 11.4659 от 11.4659 до 13.6074 от 13.6074 до 14.6781 от 14.6781 до 16.8196 над 16.8196			под 0.1303 от 0.1303 до 0.2840 от 0.2840 до 0.3608 от 0.3608 до 0.5146 от 0.5146 до 0.5914 от 0.5914 до 0.7451 над 0.7451			под 4.3229 от 4.3229 до 6.7136 от 6.7136 до 7.9089 от 7.9089 до 10.2997 от 10.2997 до 11.4950 от 11.4950 до 13.8857 над 13.8857	
елемент	нормативни групи		елемент	нормативни групи		елемент	нормативни групи		елемент	нормативни групи	
Cu	X _{ср} 4.2172	SD 1.6762	Pb	X _{ср} 0.7696	SD 0.6833	Cu	X _{ср} 1.7223	SD 0.2834	Pb	X _{ср} 0.5376	SD 0.2270
	под 0.8648 от 0.8648 до 2.5410 от 2.5410 до 3.3791 от 3.3791 до 5.0553 от 5.0553 до 5.8934 от 5.8934 до 7.5696 над 7.5696			под – 0.5970 от - 0.5970 до 0.0863 от 0.0863 до 0.4280 от 0.4280 до 1.1113 от 1.1113 до 1.4529 от 1.4529 до 2.1362 над 2.1362			под 1.1555 от 1.1555 до 1.4389 от 1.4389 до 1.5806 от 1.5806 до 1.8640 от 1.8640 до 2.0057 от 2.0057 до 2.2891 над 2.2891			под 0.0836 от 0.0836 до 0.3106 от 0.3106 до 0.4241 от 0.4241 до 0.6511 от 0.6511 до 0.7646 от 0.7646 до 0.9916 над 0.9916	
		елемент	нормативни групи				елемент	нормативни групи			
		Cd	X _{ср} 0.1306	SD 0.0711			Cd	X _{ср} 0.2207	SD 0.1620		
			под – 0.0116 от – 0.0116 до 0.0595 от 0.0595 до 0.0951 от 0.0951 до 0.1662 от 0.1662 до 0.2017 от 0.2017 до 0.2728 над 0.2728					под 0.0587 от 0.0587 до 0.1397 от 0.1397 до 0.3017 от 0.3017 до 0.3827 от 0.3827 до 0.5447 над 0.5447			

дроб на лисиците от двата сравнявани региона не се различават статистически достоверно ($p < 0,05$).

На основата на средните стойности и стандартните им отклонения на остатъчните количества на тежки метали със зависим от дозата им токсичен ефект (Mn, Cu, Zn) и с доказан силен токсичен ефект (Cd, Pb) в черния дроб и бъбреците (табл. 6) на лисицата, обитаваща агрорегион в Североизточна България за всеки от проучваните елементи са определени 7^{те} оценъчни диапазонни групи.

Създадената възможност за сравнителна оценка на степента на индивидуалната биоаккумуляция на изследваните елементи в условията на специфично антропогенно повлияване на местообитанието на всеки отделен екземпляр на вида, подпомага извършването на системен биомониторинг на антропогенното въздействие на околната среда, както във фоновия, така и в импактния екомониторинг.

V. 3. 2. 5. Средни стойности и диапазонни оценки на съдържанието на биоелементи в червената лисица в България

Определени са средните стойности и стандартните отклонения на съдържанието на всеки от петте анализирани макробиоеlementи K, Na, Ca, Mg и Fe, в черния дроб и в бъбреците на лисицата от България (табл. 8).

Таблица 8. Средни стойности (mg/kg в.с.т.) и стандартните отклонения на съдържанието на макробиоеlementи в черния дроб и бъбреците на лисицата от България

биоелемент	Черен дроб		Бъбреци	
	X _{ср.}	SD	X _{ср.}	SD
K	9811.0729	158.4070	1003.3880	257.5795
Na	433.6100	149.9661	619.6640	203.6995
Ca	105.9370	60.1398	123.6550	112.9643
Mg	77.2956	10.3734	66.1420	21.8939
Fe	91.0786	39.3211	31.5780	12.8269

На тяхна основа, за всеки от проучваните елементи са установени 7^{те} оценъчни диапазонни групи, спрямо които е възможно да се извърши сравнителна оценка на индивидуалното съдържание на тези елементи във органите мишени на всеки ново изследван индивид, реализирано при конкретните екологични условия на неговото местообитание. Така е създадена възможност, в зависимост от установените индивидуални концентрации на изследваните елементи, съдържанието им във всеки индивид да бъде оценено и причислено към някоя от категориите: “под нормата”, “в нормата” или “над нормата” по отношение на тяхната референтна стойност в биоиндикатора, обитавал планински паркови територии в България.

V. 3. 2. 6. Сравнителна биоиндикаторна характеристика на червената лисица от България

Сравнителният анализ на съдържанието на остатъчни количества тежки метали в черния дроб и бъбреците на лисицата от Европа, проучени чрез същия

метод на анализ (остатъчно количество на елемента във въздушно суха тъкан), показва че всички анализирани елементи са със значително по-високи стойности и в двата органа при лисиците от планинските местообитания в Централна България (Georgiev et al., 2018), за Cd и Pb при индивидите обитавали агрорегиони в Унгария (Heltai & Markov, 2012) и градски територии в Италия (Corsolini et al., 1999; Serpe et al., 2016), както и за черния дроб на лисиците от равнинните местообитания в Румъния (Farkas et al., 2017). Остатъчните количества Cd и Pb в двата приоритетни органа-„мишени“ са с по-ниски стойности при лисиците от Полша (Binkowski et al., 2016), Чехия (Jankovská et al., 2010) и Испания (Millán et al., 2008). Сравнението на резултатите от нашите изследвания със стойностите за съдържанието на тежки метали в черния дроб и бъбреците на лисиците от Швейцария (Dip et al., 2001), Хърватия (Bilandžić et al., 2010) и Словакия (Piskorova et al., 2003), проучени в свежа/„мокра“ тъкан, показва че при тези лисици Cd и Pb в черния дроб са с по-високо, а в бъбреците с по-ниско съдържание, отколкото при популацията на вида от България.

V. 3. 2. 7. Неинвазивен метод за определяне съдържанието на антропогенни токсиканти в биоиндикатора червена лисица от България

Данните за средните стойности, абсолютната им изменчивост и 95% им доверителен интервал, на съдържанието на елементи със зависим от концентрацията им токсичен ефект – Cu, Mn, Zn, Ni и Co; и елементи с доказан силен токсичен ефект върху живите организми – Cd, Pb в космената покривка на зоомонитора, обитаващ паркови територии в планините в Югозападна България (северозападна Рила) са представени в Табл. 9.

Таблица. 9. Средни стойности ($X_{\text{ср.}}$ [mg/kg в.с.т.]), абсолютната им изменчивост (SD) и доверителният им интервал ($\pm 95\%$) на тежки метали в космената покривка на лисицата (*V. vulpes L.*) от България

елемент	$X_{\text{ср.}}$	SD	-95% C. I.	+95% C. I.
Pb	4.6454	0.6099	3.45	5.84
Cd	0.2008	0.0391	0.12	0.28
Zn	149.5266	41.5465	68,10	230,96
Cu	13.0482	1.5866	9,94	16,16
Mn	6.3436	3.8530	-	13,90
Co	0.2352	0.0705	0,10	0,37
Ni	0.8714	0.1887	0,50	1,24

Резултатите показват, че точковата оценка на средната стойност е изведена със сравнително ниска степен на абсолютна изменчивост и тесен 95% доверителен интервал. На основата на изведените статистически показатели би могло да се приеме, че установените средни стойности точно характеризират съдържанието на остатъчни количества от Cu (13.0482 mg/kg), Mn (6.3436 mg/kg), Zn (149.5266 mg/kg), Co (0.2352 mg/kg), Ni (0.8714 mg/kg), Pb (4.6454 mg/kg) и Cd (0.2008 mg/kg) в космената покривка на лисиците, обитавали природно чисти територии в планините на Югозападна България.

Сравнението на резултатите с данните за натрупването на остатъчни количества тежки метали в космената покривка и кожата на популация на лисицата, обитаваща подобни по екологичните условия територия в Централна Европа (Filistowicz et al., 2011, 2012), показва сходство в стойностите на проучваните метали в тест системата космена покривка.

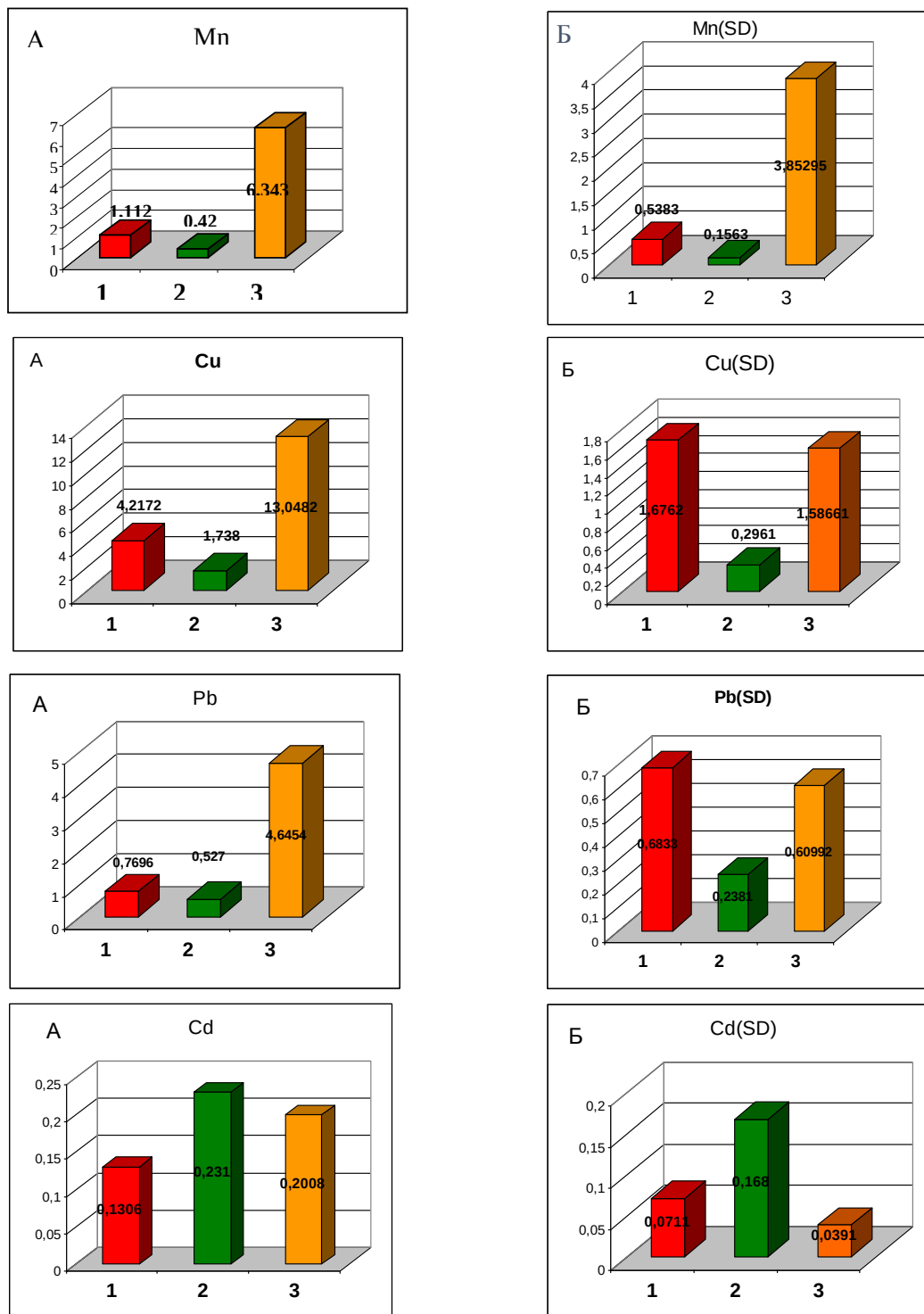
Установени са 7^{те} оценъчни диапазонни групи за съдържанието на елементите в космената покривка на биоиндикаторния вид. Създадена е биологична основа за интерпретация на натоварването с тежки метали в новопредложения тест обект космена покривка, което прави възможно прилагането на хуманно отношение към изследваните индивиди в качеството им на биоиндикатори, без да е необходимо те да бъдат умъртвявани.

V. 3. 2. 8. Сравнителен анализ на съдържанието на тежки метали в космената покривка и вътрешните органи-«мишени» на биоиндикатора червена лисица от България

Сравнителния анализ на съдържанието на елементите със зависим от дозата им токсичен ефект (Cu, Mn) в трите изследвани обекта- черен дроб, космена покривка и бъбреци показва, че: натоварването на Mn в космената покривка на лисиците е 5,7 пъти по-високо спрямо това в черния дроб и 14,95 пъти по-високо спрямо съдържанието в бъбреците, но то е установено с много по-висока стойност на абсолютна изменчивост на средната стойност на Mn в космената покривка (фиг. 9). Установеното съдържание на Cu в космената покривка на лисицата е 3,1 пъти по- високо от това в черния дроб и 7,53 пъти повече спрямо това в бъбреците, при сходна степен на абсолютната изменчивост на средните им стойности в черния дроб и космената покривка ясно изразена по-ниска стойност на абсолютната изменчивост при съдържанието в бъбреците.

Прегледа на съдържанието на остатъчни количества от елементи с доказан силен токсичен ефект (Cd и Pb) в трите обекта черен дроб, бъбреци и космена покривка показва че: Средната стойност на съдържанието на Pb в черния дроб и бъбреците е от един порядък, което е значително по-ниско (6,04 пъти за черния дроб и 8,8 пъти за бъбреците) от това установено в косъма, като абсолютната степен на изменчивост на средното съдържание е сходна при косъма и черния дроб и относително по-ниска при бъбрека (фиг. 9). Съдържанието на средната стойност на кадмий и в трите обекта е близка и е установена с една и съща абсолютна изменчивост при черния дроб и космената покривка и значително по-висока на бъбреците (Фиг. 9).

Сравнителният им анализ на количествата тежки метали в козината с остатъчните количества на тези елементи в традиционно изследваните „органи-мишени” на вида - бъбреци и черен дроб (Господинова & Марков, 2006, 2008; Марков & Господинова, 2006a,b), показва степента на тяхното специфично натрупване в космената покривка на лисицата.



Фиг. 9. Средна стойност на съдържание на Mn, Cu, Pb и Cd (mg/kg) (фигури А) и абсолютната им изменчивост (фигури Б) в черен дроб (1), бъбреците (2) и в космената покривка (3) на лисицата от България

V. 3. 2. 9. Модели на линейна регресионна зависимост “свежо/въздушно сухо тегло” на органите “мишени” на биоиндикатора

Изведени са моделите на линейна регресионна зависимост, даващи възможност за надеждно преизчисляване на свежото и въздушно сухо тегло на тъканите на органите-“мишени” (черен дроб, бъбреци, мускул, сърце и слезка) при биоиндикатора червена лисица, използван за оценка на антропогенно повлияване на природната среда. Установените корелационни зависимости подпомагат извършването на сравнителна оценка на аналитичните концентрации на тежки метали във вътрешните органи на този зоомонитор, получавани чрез различни методи на подготовка на изследваните тъкани.

Параметрите, характеризиращи степента на взаимовръзка между свежото и въздушно сухото тегло на тъканта на изследваните органи и адекватността на изведените линейни регресионни модели спрямо емпиричните данни са представени в Табл. 10.

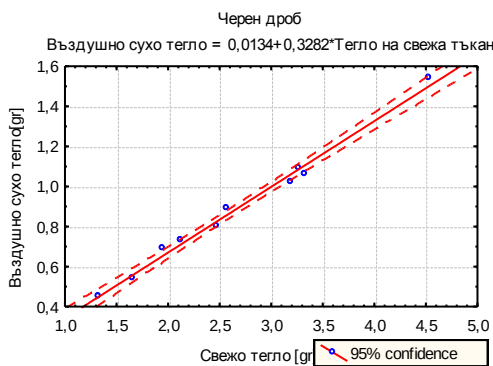
Таблица. 10. Оценки на степента на взаимовръзка и линейните регресионни модели между свежото и въздушно сухото тегло на тъканта на вътрешни органи при червената лисица (*Vulpes vulpes*): R - коефициент на корелация; D - коефициент на определението, F, d.f., p – параметри на F-test

Орган	R	D	F	d.f.	p
Черен дроб	0.9953	98.9390	840.2600	1	0.0000
Бъбреци	0.9134	81.3650	40.2970	1	0.0000
Мускул	0.9919	97.8360	181.8250	1	0.0010
Сърце	0.9967	99.2650	1217.5380	1	0.0000
Слезка	0.9596	91.0980	93.1040	1	0.0000

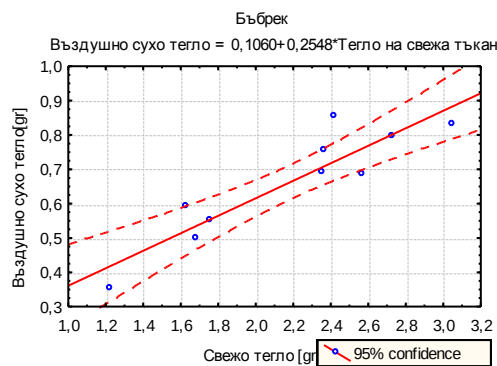
Анализът на корелационната взаимовръзка между свежото и въздушно сухо тегло на органите-“мишени” при лисицата (Табл. 11) показва, че тя е силно изразена и при петте изследвани вътрешни органи. Високите стойности на F-test при оценката на зависимостта между свежото и въздушно сухо тегло на всички изследвани органи, показват доброто описание на емпиричните наблюдения чрез аналитично изведения модел. Всички корелационни коефициенти се поместват в границите от 0.9134 при бъбреците до 0.9967 при сърцето, при което аналогично на силно изявената корелационна връзка при изследваните явления “причина” - Свежо тегло на тъканта и явление “следствие” - Въздушно сухо тегло на тъканта, се формират и Коефициенти на определението с високи стойности.

Графичният и аналитичен (Y въздушно сухото тегло = $a + b \cdot X$ свежо тегло) израз на изведените линейни регресионни зависимости между свежото и въздушно сухото тегло на тъканта на анализирания вътрешни органи и 95 % - ния доверителен интервал на изведените регресионни зависимости са показани на Фиг. 10А-Д.

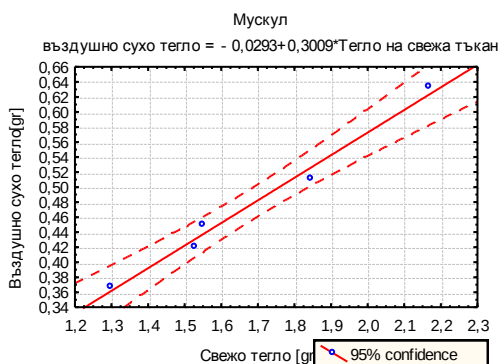
Характерно е, че всички моделни регресионни зависимости са изведени при тесен 95 % - ен доверителен интервал.



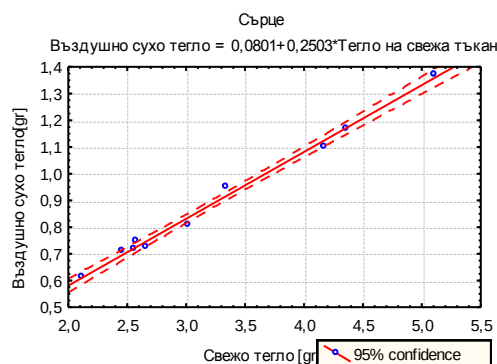
1. А.



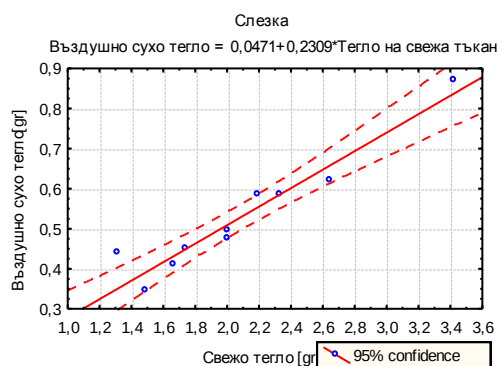
1. Б.



1. В.



1. Г.



1. Д.

Фиг. 10. Графичен и аналитичен израз на линейна регресионна зависимост между свежото и въздушно сухото тегло на: А - черния дроб, Б – бъбреци, В – мускул, Г – сърце, Д – слезка, на биоиндикаторния вид червена лисица

Установените модели на линейна регресионна зависимост, дават възможност за надеждно преизчисляване на свежото и въздушно сухо тегло на тъканите на органите-“мишени” при зоомониторния вид червена лисица. Получените резултати показват доброто описание на емпиричните наблюдения чрез аналитично изведения модел.

Изведените закономерности при тегловните отношения на свежата и въздушно суха тъкан на “органите-мишени” при лисицата разкриват нова възможност за извършване на сравнителен анализ на биоаккумуляцията на тежки метали в тях, с което се разширяват възможностите за оценка на антропогенното

повлияване на природната среда чрез сравнение на аналитичните концентрации на тежки метали във вътрешните органи на този основен зоомонитор, оценявани както в свежо така и във въздушно сухо тегло на тъканите.

V. 3. 2. 10. Зависимост между концентрациите на тежки метали в свежо и въздушно сухо тегло на тъканите

Статистическата оценка на основните описателни статистически данни за средното процентно съдържание на течност в двата изследвани вътрешни органа показва ниска абсолютна и относителна вариация, както и доста ниска стандартна грешка (Табл. 11).

Таблица. 11. Стойностите на съдържанието на течностите [%] на вътрешните органи на червена лисица (*V. vulpes*) и тяхната основна статистика

Описателни статистики (свежо тегло орган_%_течност)						
орган	Valid N	X ср.	Confidence -95,000%	Confidence 95,000%	Std.Dev.	Coef.Var.
сърце	10	72.2995	71.5907	73.0083	0.9908	1.3705
бъбреци	10	69.4026	67.1251	71.6802	3.1838	4.5874
ч. дроб	10	66.5833	65.7496	67.4170	1.1654	1.7503
мускул	5	71.7005	70.7205	72.6806	0.7893	1.1009
слезка	9	75.2609	74.3662	76.1557	1.1640	1.5466

Установените характеристики на съотношението между свежото и сухото тегло в целевите органи, както и базовата описателна статистика за средните проценти на течното съдържание в тях позволяват преизчисляване на относителните концентрации на тежки метали, намиращи се в свежо или сухо тегло на тъканите, използвайки зависимостта:

$$D * (100 - C) * 100^{-1} = W, \text{ където:}$$

D – концентрация на елемента във въздушно суха маса;

C – специфично за органа течно съдържание (%);

W – концентрация на елемента във влажна маса.

Създадена е възможността за лесно преизчисляване чрез формула на аналитичните концентрации на токсични елементи във вътрешните органи на биоиндикатора в свежа и доведена до въздушно сухо тегло тъкан. Това улеснява извършването на сравнителен анализ на натрупването на токсиканти в тялото на лисицата от околната среда на местообитанието, както в географски, така и във времеви аспект.

V. 3. 3. Популационна численост на лисицата в България

Биологичните и екологични характеристики на вида, като скритият му начин на живот, предимно нощната му активност, обитаването на трудно достъпни местности, затрудняват точното отчитане на числеността му чрез стандартния метод (Ботев, 1981) за установяване числеността на лисицата в България -

пролетната таксация. В същото време съществуващите до 1998 г. законови разпоредби и финансовата заинтересованост на ловците, правят възможно сравнително реалното отчитане на ползването на лисиците през всяка година.

Използвайки таксационните данни за числеността и статистическите данни за ползването на лисицата в България в периода 1992-2000, биологичните особености на вида и математическите модели за определяне на предполагаемата численост на лисицата в България, обвързана с годишното ѝ ползване и за установяване на численост на диви животни на основата на таксационни данни и биологичните им характеристики, е изчислена “пресметнатата” численост на лисицата в България за този период (Табл. 12).

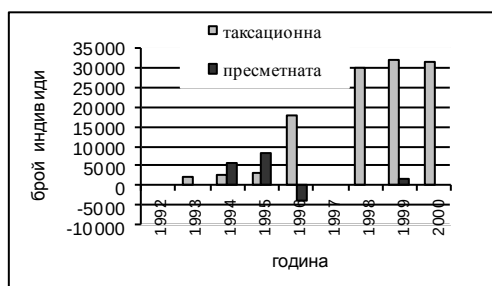
Таблица. 12. Пресметнатата численост (Csanyi, 1990) на лисицата в България, съобразно таксационните данни и биологичните характеристики на вида

Година	Пресметнатата численост	Темп на нарастване	
		по пресметнатата численост	по таксационни данни
1994	5669		1.00374
1995	8349	1.4727	1.2914
1996	- 3817	0.4571	5.3580
1999	1645		1.0650

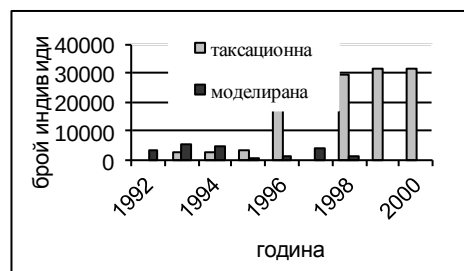
Сравнението на тези стойности с подадената от НУГ таксационна численост за периода 1992-2000г (фиг. 11) показва, че двете числености силно се различават. Забелязва се и получаването на отрицателна стойност за пресметнатата численост за 1996 година: поради това че данните за числеността от таксацията от НУГ за 1996г. е 17644, а за предходната 1995г. година - само 3293 екземпляра. Пресмятайки по математическия модел на Csanyi (1990), в който е заложено сравнение на таксационна численост през настоящата и предходната година, се получава, че за 1996г. пресметнатата численост е била с отрицателна стойност: – 3817 екземпляра. Доказателство, че данните от таксацията на вида не дават възможност за определяне на числеността на лисицата.

Изчисленията на основата на таксационната и пресметнатата численост “темпове на нарастване” също така показват силно разминаване в получените стойности при прилагането на двата подхода за оценката на числеността на вида в природни условия (Табл. 12).

Тези резултати доказват, че използването на данните единствено от таксацията на вида в страната не дават възможност за определяне на реалната численост на лисицата. Те показват също, че е необходимо пролетната таксация да се извършва много по-прецизно и задължително получените данни да се съпоставят и оценяват и в сравнителен аспект с предполагаемата численост на вида, съобразена с неговите биологични и репродуктивни характеристики.



Фиг. 11. Динамика на таксационна и пресметната численост (Csanyi, 1990) на лисицата в България



Фиг. 12. Динамика на таксационна и теоретично моделирана численост на лисицата в България

Извеждането на теоретично изчислена численост на лисицата, основана на по-точно определяемия брой убити екземпляри през дадена година и съобразена с популационно биологичните параметри на вида, би предоставила възможност за по-адекватното ѝ установяване в природни условия.

Трансформирайки изходния модел на Csanyi (1990), за оценка на числеността на дивеча в природни условия съобразно таксационните данни за вида и популационно биологичните му параметри и замествайки в него трудно използваемите данни за таксацията на вида с по-точно определяемите данни за неговото ползване и установените биологични характеристики на лисицата в България (Григоров, 1987), е получен математически модел за изчисление на популационната численост лисицата.

Теоретично изчислената според този модел численост на лисицата (фиг. 12), показва отново силно разминаване между теоретично изчислените стойности и таксационните данни за всяка от годините, за които е възможно това сравнение. Разликите между тях също варират в твърде широки граници – от два пъти по-висока стойност на теоретично изчислената численост за 1993 и 1994 година, до близо 24 пъти по-висока стойност на числеността, установена от таксацията през 1998г. Тези разминавания в двата типа данни за числеността на лисицата в България показват, че използването само на таксационните данни относно числеността на вида в страната не създава достатъчно реална основа за характеристика на действителната численост на вида.

ИЗВОДИ

На основата на цялостния анализ на популационно биологичното разнообразие и подвидовата изменчивост на червената лисица в европейския ѝ ареал, изяснената характеристика на окраската на козината, биоиндикаторната роля на вида и популационната му численост в България, бяха направени следните изводи:

1. При проучените популации на червената лисица от Европа е налице ясно изразен епигенетичен полиморфизъм в изявата на краниологичните

- характеристики. Анализът на епигенетичната изменчивост на лисицата от Европа показва, че тя е най-висока при локалните популации лисици, обитаващи Скандинавския полуостров. Набелязва се тенденция за понижаване на епигенетичната изменчивост в посока юг, като с най-ниска епигенетична изменчивост са лисиците от равнинната част на Иберийския полуостров, а с най-висока – лисиците от планинските местообитания на Балканския полуостров. Въпреки слабите вариации тя остава от един и същи порядък при всички изследвани локални популации от Южна Европа, което потвърждава, че в централната и южната част на континента, въпреки различните екологични условия в основните местообитания на вида, се реализират хомогенни по своите неметрични краниологични характеристики популации.
2. Резултатите от анализа на епигенетичната изменчивост, епигенетичните дистанции и уникалност на проучените популации на лисицата от Европа, подкрепят схващането, че лисиците от територията на Северна Европа (Швеция) от една страна и от друга страна популациите на вида от Централна, Югозападна и Югоизточна Европа притежават добре изявена краниологична обособеност. Липсата на статистически достоверни епигенетични дистанции между по-голямата част от подложените на сравнение локални популации на лисицата в Централна Европа, Иберийския и Балканския полуострови, изявява нейната краниологична епигенетична хомогенност в тази част от европейския континент. На базата на тези резултати, с основание може да се приеме, че лисицата от Балканския полуостров по своята краниологична характеристика принадлежи към Централноевропейския подвид *Vulpes vulpes crucigera*.
 3. Характеризирането на окраската на козината на лисицата и изявеното процентно съотношение между лисици с различен общ отенък на окраската на тялото, показват че тя принадлежи на една хомогенна по своята морфологична характеристика на окраската популация на вида. Установяваният нисък процент на срещаемост на индивидите от типа “melanogaster” на окраска на козината, показва че този тип оцветяване на козината не е характерен за България и, че по своята морфологична екстериорна характеристика българската червена лисица принадлежи към подвида, обитаващ Централна Европа – *Vulpes vulpes crucigera*.
 4. Като биоиндикатор за качеството на природната среда в естествените му местообитания, видът е характеризирал чрез провеждането на анализ на съдържанието на макробиоелементи - K, Na, Ca, Mg и Fe, есенциални елементи със зависим от дозата токсичен ефект - Cu, Mn, Zn, и елементи с доказан силен токсичен ефект - Cd, Pb, в основни органи-“мишени” (черен дроб и бъбреци). Изведена е нормативна база за оценка на индивидуалните параметри на натоварване на лисиците в конкретната среда на местообитанието им. Изявена е възможността за използването на вида в качеството му на биоиндикатор при оценката на качеството на природната среда в условията на естествени природни екосистеми и защитени територии, както и в територии, намиращи се под различна степен на антропогенно въздействие и урбанизация.

5. Установените модели на линейна регресионна зависимост, дават възможност за надеждно преизчисляване на свежото и въздушно сухо тегло на тъканите на органите-“мишени” при биоиндикаторния вид червена лисица. Разкрива се възможността за извършване на сравнителен анализ на биоаккумуляцията на тежки метали в тях в географски и времеви аспект.
6. Разширена е екотоксикологичната характеристика на биоиндикатора червена лисица чрез изявата на съдържанието на тежки метали в космената покривка на вида и е създадена оценъчна скала за индивидуално категоризиране на всеки отделен индивид, независимо от местообитанието му. Потвърждава се възможността за прилагането на хуманно отношение към изследваните индивиди в качеството им на биоиндикатори, без да е необходимо те да бъдат умъртвявани.
7. Оценката на числеността на лисицата в природни условия на основата на данните за годишното ползване на вида, съобразено и с неговите биологични характеристики и значителната разлика от данните за числеността, установена от таксацията в България показват, че използването само на таксационните данни относно числеността на вида в страната не създава достатъчно реална основа за характеристика на действителната численост на вида. Предложеният подход за оценка на числеността на лисицата позволява по-реалистичното следене на популационната ѝ динамика и създаването на научно обоснована база за нейното регулиране. Натрупването на данни относно действителната численост на вида в природни условия улеснява и наблюдаването на цикличността в промяната на тази численост на лисицата с оглед прогнозирането на нейното ежегодно ползване.

ПРИНОСИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Научни приноси

1. На основата на изучената епигенетична краниологична характеристика на 25 локални популации на червената лисица от Северна, Централна, Югозападна и Югоизточна Европа, е потвърдена подвидовата принадлежност на българската лисица към подвида *Vulpes vulpes crucigera*.
2. Лисицата от България принадлежи на хомогенна по своята морфологична характеристика на окраската популация на вида. Типът “melanogaster” на оцветяване на козината не е характерен за България. По своята морфологична екстериорна характеристика българската червена лисица принадлежи към подвида *Vulpes vulpes crucigera*.
3. Установените модели на линейна регресионна зависимост, дават възможност за надеждно преизчисляване на съдържанието на изследваните елементи в свежото и въздушно сухо тегло на тъканите на органите-“мишени” при биоиндикаторния вид червена лисица.

Научно-приложни приноси

4. Оценена е възможността за използването на вида в качеството му на биоиндикатор при оценката на качеството на природната среда в естествени природни екосистеми и защитени територии, както и в територии, намиращи се под различна и специфична степен на антропогенно въздействие и

урбанизация. Анализирано е съдържанието на макробиоеlementи - K, Na, Ca, Mg и Fe, есенциални елементи със зависим от дозата токсичен ефект - Cu, Mn, Zn, и елементи с доказан силен токсичен ефект Cd, Pb, в основни органи-“мишени” (черен дроб и бъбреци).

5. Изведена е нормативна база за оценка на индивидуалните параметри на натоварване на лисиците с изследваните химични елементи в конкретната среда на местообитанието им.
6. Създадена е възможност за прилагането на хуманно отношение при изследването на индивиди в качеството им на биоиндикатори, без да е необходимо те да бъдат умъртвявани - чрез изявата на съдържанието на тежки метали в космената покривка на вида и създадената оценъчна скала за индивидуално категоризиране на всеки отделен индивид.
7. Оценена е популационната численост на червената лисица в природни условия на основата на данните за годишното ползване на вида, съобразено и с неговите биологични характеристики, с оглед нейното планомерно и научно обосновано регулиране.

СПИСЪК НА НАУЧНИТЕ ТРУДОВЕ И ОТКРИТИТЕ ЦИТИРАНИЯ НА ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМАТА НА ДИСЕРТАЦИЯТА

1. Статии в научни списания – 6 броя

1.2. В български издания - 6 броя

1. **Gospodinova, M.**, G. Markov. 2019. Trace element analysis in the hair of red fox (*Vulpes vulpes*) for biomonitoring of environment in Bulgaria. *Acta Zoologica Bulgarica*: (под печат). IF₂₀₁₇:0.369. Rank: Q4.
2. Markov, G., **Gospodinova, M.**, Grigorov, G. 2003. Epigenetic Polymorphism of the Red Fox (*Vulpes vulpes* L.) from Bulgaria. *Acta Zoologica Bulgarica* 55(1): 15-19.
3. **Господинова, М.**, Г. Марков. 2006. Биоаккумуляция на тежки метали в лисицата (*Vulpes vulpes* L.) - зоомониторен вид за оценка състоянието на природната среда в ПП “Витоша”. *Екологично инженерство и опазване на околната среда* 1: 31-36. ISSN: 1311-8668.
4. Марков, Г., **М. Господинова**. 2006. Червената лисица (*Vulpes vulpes*) - кумулативен биоиндикатор на тежки метали в НП “Рила” В: Сборник научни трудове Природни науки, Биология, Университетско издателство “Епископ Константин Преславски”. Шумен, vol. XVI B4: 185-192. ISSN: 1311-834X.
5. **Господинова, М.**, Г. Марков. 2008. Нормативни групи за съдържанието на тежки метали в органи-“мишени” на зоомонитора Лисица (*Vulpes vulpes*) от агрорегион в Североизточна България. Годишник на ШУ “Епископ Константин Преславски”, Природни науки, т. XVIII B6, 145-150. ISSN: 1311-834X.
6. **Господинова, М.**, Г. Марков. 2009. Органи “мишени” на зоомонитора за замърсяване на околната среда червена лисица (*Vulpes vulpes*): съотношение свежо/въздушно сухо тегло. Годишник на ШУ “Епископ Константин Преславски”, Природни науки, Биология, т. XIX B6: 66-72. ISSN: 1311-834X.

2. Статии в сборници от научни конгреси, конференции, симпозиуми – 6 броя

2.1. В чуждестранни и международни издания – 5 броя

7. Markov, G., **М. Gospodinova**. 1995. Colour phenotypes of red fox (*Vulpes vulpes* L., 1758) in Bulgaria. In: XXII Congress of International union of game biologist. Bulgaria, Sofia, Proceedings, p. 139-144.
8. Марков, Г., **М. Господинова**, Г. Григоров. 1996. Лисицата (*Vulpes vulpes* L.) в България - биоиндикаторен вид за токсични замърсители в природната среда. В: Сборник доклади Втора балканска научна конференция по проучване, опазване и използване на горските ресурси. България, София, с. 175-179.
9. Марков, Г., **М. Господинова**. 2006. Остатъчни количества тежки метали в Червената лисица (*Vulpes vulpes* Linnaeus, 1758), обитаваща агрорегион. Във: Втора научна конференция с международно участие “Космос, екология, сигурност”, 14-16 юни, Варна 2006 – SENS2006, с. 1-5.
10. **Господинова, М.**, Г. Марков. 2007. Диапазонни оценки за съдържанието на токсични елементи в лисицата (*Vulpes vulpes*) от България. В: Третата научна конференция с международно участие «Космос, екология, нанотехнологии, сигурност» - SENS2007: 225-227. (ISSN 1313-3888)
11. **Господинова, М.**, Г. Марков. 2008. Диапазонни оценки на съдържанието на биоелементи в червената лисица (*Vulpes vulpes*) - зоомонитор на антропогенно замърсяване на околната среда в България. [Range assessment of bioelements content in the red fox (*Vulpes vulpes*) – zoomonitor of environmental pollution in Bulgaria.] В: Четвърта научна конференция с международно участие «Космос, екология, нанотехнологии, сигурност» - SENS2008: 171-174. (ISSN 1313-3888)

2.2. В български издания – 1 брой

12. Марков, Г., **М. Господинова**. 2003. Численост на лисицата в България: Биологично моделиране на популационната динамика. В: Юбилейна Научна конференция 30 години Шуменски университет Епископ Константин Преславски. България, 30.10 – 1.11. 2001, Шумен, Доклади, с. 8-12.

3. Списък на резюмета от участие в научни прояви – 2 броя

3.1. В чуждестранни и международни прояви – 1 брой

13. Markov, G., **М. Gospodinova**. Epigenetic diversity across red fox (*Vulpes vulpes*) populations in Bulgaria: a focus on craniological variability. 6th International Wildlife and Game Management Symposium: Modern Aspects of Sustainable Management of Game Populations, 13 - 16 June 2018, Sofia, Bulgaria, Book of Abstracts, p. 60.

3.2. В български научни прояви - 1 брой

14. Markov, G. G. Grigorov, **М. Gospodinova**. 1997. Population dynamics and managment of red fox (*Vulpes vulpes*) in Bulgaria. Биоразнообразие и екологични проблеми на Балканската фауна”, Резюмета, София, 26-29 май, 1997, стр.44.

4. Участие в научни конгреси, конференции, симпозиуми – 8 броя

4.1. В чуждестранни и международни прояви – 6 броя

15. XXII Congress of International union of game biologist. Bulgaria, Sofia, Proceedings, 1995.

16. Втора балканска научна конференция по проучване, опазване и използване на горските ресурси. България, София, 1996.
17. Втора научна конференция с международно участие “Космос, екология, сигурност” - SENS2006, 14-16 юни, Варна, 2006.
18. Третата научна конференция с международно участие «Космос, екология, нанотехнологии, сигурност» - SENS2007, Варна, 2007.
19. Четвърта научна конференция с международно участие «Космос, екология, нанотехнологии, сигурност» - SENS2008, Варна, 2008.
20. 6th International Wildlife and Game Management Symposium: Modern Aspects of Sustainable Management of Game Populations, 13-16 June 2018, Sofia, Bulgaria, 2018.

4.2. В български научни прояви – 2 броя

21. Юбилейна Научна конференция 30 години Шуменски университет Епископ Константин Преславски. България, 30.10 –1.11. 2001, Шумен,
22. Биоразнообразие и екологични проблеми на Балканската фауна”, 26-29 май 1997, София.

5. Списък на откритите цитирания на научни публикации по темата на дисертационния труд – 5 броя

Markov, G., **M. Gospodinova**. 1996. Colour phenotypes of red fox (*Vulpes vulpes* L., 1758) in Bulgaria. In: XXII Congress of International union of game biologist. Bulgaria, Sofia, Proceedings, p. 139-144.

1. Пешев, Ц., Д. Пешев, В. Попов. 2004. Фауна на България. Mammalia. Т. 27. Акад. Изд. “Марин Дринов”, София, 632 с.
2. Dip, R., C. Stieger, P. Deplazes, D. Hegglin, U. Müller, O. Dafflon, H. Koch, H. Naegeli. Comparison of heavy metal concentrations in tissues of red foxes from adjacent urban, suburban, and rural areas. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 40 (4) (2001): 551-556. (IF₂₀₀₁: 1.40)

Господинова, М., Г. Марков. 2009. Органи “мишени” на зоомонитора за замърсяване на околната среда червена лисица (*Vulpes vulpes*): съотношение свежо/въздушно сухо тегло. Годишник на ШУ “Епископ Константин Преславски”, Природни науки, Биология, т. XIX В6: 66-72. ISSN: 1311-834X.

3. Murariu, D., G. Chişamera, A. Petrescu, I. Atanasova, I. Raykov. Terrestrial vertebrates of Dobrogea - Romania and Bulgaria. *Travaux du Muséum National d'Histoire Naturelle "Grigore Antipa"*, 53(1) (2010): pp. 357–375, ISSN (Print) 1223-2254, DOI: 10.2478/v10191-010-0027-2

Марков, Г., **М. Господинова**. Остатъчни количества тежки метали в Червената лисица (*Vulpes vulpes*), обитаваща агрорегион. Втора научна конференция с международно участие “Космос, екология, сигурност”, 14-16 юни, Варна 2006 SENS2006, 2006, 1-5.

4. Райчев, Е., Д. Георгиев. Дивечът – индикатор за замърсяването на околната среда, 153-156. В: Яблански, Ц. & Г. Петков (ред.). Наръчник по приложна екология. Стара Загора, 2011, стр. 316.

Markov G., **M. Gospodinova**, G. Grigorov. 2003. Epigenetic Polymorphism of the Red Fox (*Vulpes vulpes* L.) from Bulgaria. *Acta Zoologica Bulgarica*, 55(1): 15-19. ISSN: 0324-0770.

5. Амшокова, Альбина Хасмановна. Морфологическое разнообразие малой лесной мыши (*Sylvemus Uralensis* Pall., 1811) в природных и техногенных условиях на Центральном Кавказе. Диссертация по ВАК 03.00.16, кандидат биологических наук, Екатеринбург, 2009, стр. 169.

БЛАГОДАРНОСТИ

Изказвам искрената си признателност на научния ми ръководител проф. дбн Георги Марков за доверието, съветите, безкрайното търпение, помощ и професионална подкрепа!

Благодаря на всички колеги от секция "Биоразнообразие, популационна биология и ресурси от гръбначни животни" и ИГ "Териология" за отношението и съветите през целия период на съвместна работа.

Благодаря на НС и ръководството на ИБЕИ за предоставената възможност и съдействие за довеждането до край на това дългогодишно изследване!

SUMMARY

On the basis of the overall analysis of the population biodiversity and the subspecies variability of the red fox (*Vulpes vulpes* L., 1758) in 25 local populations in its European areal, the clarified characterization of the fur coloring, the bioindicator role of the species and population size in Bulgaria, were made the conclusions:

In the studied populations of the red fox in Europe, there is a pronounced epigenetic polymorphism in the expression of the craniological characteristics. The analysis of the epigenetic variability of the red fox in Europe shows that it is highest in the local populations of foxes, inhabiting the Scandinavian Peninsula. There is a tendency to decrease of the epigenetic variability towards the south, with lowest epigenetic variability are being the red foxes from the flat part of the Iberian Peninsula, and highest – of the foxes from the mountainous habitats on the Balkan Peninsula. Despite the weak variations, it remains the same order in all investigated local populations in southern Europe. This confirms that in the central and southern parts of the continent, despite the different ecological conditions in the habitats of the species, are realized homogeneous populations in their non-metric craniological characteristics.

The analysis of epigenetic variability, epigenetic distances and uniqueness of the studied red fox populations in Europe, support the notion that foxes from the territory of Northern Europe (Sweden) on the one hand and the populations of the species from Central, Southwestern and Southeast European have well-established craniological distinctness. The lack of statistically significant epigenetic distances among the majority of the local red fox populations in Central Europe, the Iberian and Balkan Peninsula, shows its craniological epigenetic homogeneity in this part of the European continent. On the basis of these results, it can reasonably be assumed that the red fox from the Balkan Peninsula, in its craniological characteristics, belongs to the Central European subspecies *Vulpes vulpes crucigera*.

The characterization of the red fox fur color and the percentages ratio of foxes with different general tint of the body color, indicates that it belongs to the population of the species with homogeneous morphological color characteristic. The established low percentage of "melanogaster" on the fur color, indicates that this type of fur coloring is not typical of Bulgaria and that, according to its morphological exterior characteristic, the Bulgarian red fox belongs to the subspecies inhabiting Central Europe – *Vulpes vulpes crucigera*.

As a bioindicator for the quality of the environment in its habitats, the species was characterized by analyzing of the content of bio-elements - K, Na, Ca, Mg и Fe, elements with a dose-dependent toxic effect - Cu, Mn, Zn, and elements with a strong toxic effect - Cd, Pb, in the organs - "targets" (liver and kidney). It has been developed a normative base for the determination of the individual parameters of the red fox loading in the specific environment of their habitat. It has been showed the possibility of using the species as a bioindicator in the assessment of the quality of the natural environment in natural natural ecosystems and protected territories as well as in areas with different degrees of anthropogenic impact and urbanization.

The established models of linear regression dependency, allow for reliable recalculation of the fresh and air dry weight of the tissues of the "target" organs in the bioindicator species red fox. Was revealed the possibility to perform a comparative analysis of the bioaccumulation of heavy metals in them in a geographical and temporal aspect.

Has been expanded the ecotoxicological characterization of the red fox as bioindicator through the appearance of the content of toxicants in the hair of the species and it has been created a normative base for the individual categorization of each individual indiscriminately from his habitat. It was confirmed the possibility of applying humane attitude to the studied individuals as bioindicators without the need to be killed them.

Has been estimated the population number of the red fox in natural environment on the basis of annual data of the shooted individuals of the species, also with its biological characteristics, in view of its planned and science-based regulation of the number.