

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA EKOLOGIE



Působení stresu na ptactvo

The effects of stress on birds

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: prof. RNDr. Karel Šťastný, CSc.

Bakalant: Ludmila Doušová

2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Ludmila Doušová

Krajinářství
Územní technická a správní služba

Název práce

Působení stresu na ptactvo

Název anglicky

The effects of stress on birds

Cíle práce

Cílem práce je přiblížit problematiku působení stresu na ptactvo, jež zapříčiňuje psychické i fyziologické změny ptáků. Rovněž ovlivňuje neurohumorální systém a obranyschopnost organismu vůči virům, bakteriím a vnějším podnětům, které by za normálních okolností, bez ovlivnění stresu nepředstavovaly riziko nemoci či dokonce úmrtí. Předkládá možnosti řešení, jak eliminovat dopady této psychické i fyzické zátěže.

Metodika

Analyzování výsledků studií, jež prokazují konkrétní změny, především zvýšení sekrece adrenokortikosteroidních hormonů, změny v kardiovaskulárním a oběhovém systému, rovněž v trávicí soustavě. Zkoumání nejen chování a fyzických změn, ale především vzorků krve a odběrů genetického materiálu, které jsou klíčové, protože nám poskytují přesný obraz o vnitřním stavu organismů ptactva.

Doporučený rozsah práce

30 – 40 stran, včetně fotografií, obrázků, map a grafů.

Klíčová slova

Stres, ptactvo, imunitní systém, viry, bakterie, odolnost organismu.

Doporučené zdroje informací

<https://doi.org/10.1002/jez.1402640407>

John C. Wingfield, Carol M. Vleck, Michael C. Moore, 1992: Seasonal changes of the adrenocortical response to stress in birds of the Sonoran desert

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FŽP

Vedoucí práce

prof. RNDr. Karel Šťastný, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie

Elektronicky schváleno dne 24. 3. 2021

prof. Mgr. Bohumil Mandák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 24. 3. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 27. 03. 2021

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma:

Působení stresu na ptactvo

vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila, a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou, a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze 28. 3. 2021

.....

Ludmila Doušová

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla poděkovat svému vedoucímu práce prof. RNDr. Karlu Šťastnému, CSc. za jeho odbornou pomoc a cenné rady. Děkuji i mým nejbližším, kteří mi byli při studiu velkou oporou.

Abstrakt

Každý tvor na této planetě je ovlivňován stresem již od pradávna. Stres je přirozená reakce organismu na vnější i vnitřní podněty. Děje se tak na základě vrozené potřeby těla o zachování vnitřní rovnováhy, která je nezbytná pro zachování zdraví a život. Zejména dlouhodobé působení stresorů je příčinou mnoha destruktivních změn u všech jedinců, ptáků nevyjímaje. Aby k tomu nedocházelo a dopad stresu na organismus byl co nejmenší, chrání nás imunitní systém. K tomu slouží imunitní buňky a orgány, které eliminují cizorodé látky. Rovněž snižují dopady oxidačního stresu.

Tato bakalářská práce je zpracována formou literární rešerše a jejím cílem bylo prokázat, že krátkodobé působení stresu nepředstavuje vážná rizika a v podstatě je do jisté míry potřebný pro přežití. Naproti tomu chronický stres způsobuje oslabení, destruktivní fyziologické i psychické změny a hrozí i uhynutí. Klíčovou roli v tom sehrává i osobnost jedince, protože odolnost vůči stresu se liší v závislosti na povaze ptáka a také na konkrétním druhu.

Byly popsány výsledky studií zaměřené na působení stresorů, jako je například zajištění, predace, světelné znečištění nebo antropogenní hluk, které značně ovlivňují kvalitu života ptáků žijících nejen ve městech, ale i ve volné přírodě.

Klíčová slova: Stres, ptactvo, imunitní systém, stresory, stresové hormony

Abstract

Every creature on this planet has been affected by stress since ancient times. Stress is a natural reaction of the body to external and internal stimuli. This is based on the body's innate need to maintain the internal balance that is necessary to maintain health and life. In particular, the long-term effects of stressors are the cause of many destructive changes in all individuals, including birds. To prevent this and keep the impact of stress on the body as small as possible, the immune system protects us. This is done by immune cells and organs that eliminate foreign substances. They also reduce the effects of oxidative stress.

This bachelor's thesis is processed in the form of a literature search and its aim was to prove that the short-term effects of stress do not pose serious risks and are in fact to some extent necessary for survival. In contrast, chronic stress causes weakness, destructive physiological and psychological changes, and there is a risk of death. The individual's personality also plays a key role in this, as resistance to stress varies depending on the nature of the bird and also on the specific species.

The results of studies focusing on the effects of stressors, such as captivity, predation, light pollution or anthropogenic noise, have been described, which significantly affect the quality of life of birds living not only in cities but also in the wild.

Keywords: Stress, birds, immune system, stressors, stress hormones

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíle práce	2
3	Stres	3
3.1	Generální adaptační syndrom.....	3
3.2	Eustres	4
3.3	Distres	4
4	Osa hypothalamus-hypofýza-nadledviny	6
5	Imunitní systém	7
5.1	Nespecifická imunita.....	7
5.1.1	Komplementy	8
5.1.2	Interferony	8
5.2	Specifická imunita.....	8
5.2.1	Fagocytóza.....	8
6	Imunitní buňky	10
6.1	Lymfocyty	10
6.2	NK-buňky.....	11
6.3	Dendritické buňky	11
6.4	Makrofágy.....	11
7	Imunitní orgány	12
8	Oxidační stres	13
8.1	Biomarkery oxidačního stresu.....	13
8.2	Hormony.....	14
9	Dopady stresu na ptactvo – vrabec domácí	17
10	Městské stresory	19
11	Zajetí a jeho dopady	24
12	Predace a simulace predace	25
13	Vliv stresu na tetřeva hlušce	27
14	Vliv stresu na papoušky	29
15	Papoušci – zajetí	30
16	Diskuze	31
17	Závěr	32
18	Seznam použitých zdrojů	33
19	Seznam obrázků	37

1 ÚVOD

Úbytek přirozeného prostředí, následná urbanizace a industrializace má neblahý vliv na krajinný ráz, předměstí i města. Ptáci se stali nedílnou součástí mnoha měst po celém světě. Vnímáme jejich přítomnost, slyšíme jejich zpěv, ale už si možná tolik neuvědomujeme, jakou proměnou museli projít, aby byli schopni adaptace v městském prostředí. Každý den musí čelit mnoha stresorům, a to nejen v souvislosti s urbanizací. Také v přírodě se setkávají s ohrožením, např. predací, která je jedním z nejsilnějších stresorů.

Literární rešerše je zaměřena na pojetí stresu a jeho rozdělení. Rovněž na základní členění imunitního systému, který spolu s endokrinním systémem zásadně ovlivňuje imunitní reakce organismu na vnější i vnitřní podněty. Jedná se o eliminaci patogenů různého původu, také odstraňování odumřelých, starých a nepotřebných buněk organismu, a to prostřednictvím imunitních buněk. To je klíčové pro zachování stálého a rovnovážného vnitřního stavu, který se nazývá homeostáza.

Cílem této práce je analýza studií, zabývajících se působením stresu na ptactvo, rovněž stresory, které souvisí s environmentálními změnami po zásahu člověka do přírodních biotopů a věnuje se výsledkům výzkumů, rovněž následným doporučením, jak eliminovat faktory, které významně ovlivňují život ptactva, a to nejen ve městech, ale i ve volné přírodě.

2 CÍLE PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je přiblížit problematiku působení stresu na ptactvo, jež zapříčiňuje psychické i fyziologické změny ptáků. Rovněž popisuje funkci imunitních buněk, které jsou klíčové pro obranyschopnost organismu vůči virům, bakteriím a vnějším podnětům. Dále popisuje působení stresorů, které negativně ovlivňují kvalitu života ptáků.

3 STRES

Stres má velmi zásadní dopad na tělesné funkce každého jedince. Oslabuje imunitní systém, který je velmi důležitý pro zachování zdraví a života. Rovněž může přispívat ke vzniku nemocí (Touma & Palme, 2005).

Lze ho definovat jako obranný mechanismus organismu na vnější nebo vnitřní změny. Ty mohou ohrozit vnitřní rovnováhu, která se nazývá homeostáza, a tím narušit správnou činnost životních funkcí, nebo způsobit destruktivní změny vedoucí až k zániku (Jelínek, 2003).

Fyziologická zpětná vazba na stresové reakce zahrnuje akutní a chronický stres. Akutní stres, způsobený náhodnými stresovými podněty se může změnit v chronický stres, jestliže působení stresoru přetrvává po delší dobu. Chronický stres často mění imunitní systém a snižuje schopnost jedince reagovat na patogeny (Chávez-Zichinelli et al., 2013).

Vyvolat silný stres může např. bolest, infekce, manipulace s ptáky, především nešetrná, nadměrné fyzické a duševní zatížení. Tyto příčiny sehrávají významnou roli, neboť ptáci jsou velmi citliví a reagují na každou neobvyklou situaci jako na ohrožení života (Toman et al., 2000).

První, kdo se začal podrobně zabývat problematikou týkající se stresu a reakcí nazvanou „útok nebo útěk“ byl americký fyziolog Walter B. Cannon (1871–1945). Předmětem jeho studií se stala snaha organismu navrátit vnitřní prostředí do rovnováhy, nejen fyziologické, ale i psychické (Večeřová-Procházková & Honzák, 2008).

Tuto rovnováhu nazval homeostáza a již více než sto let se tento pojem používá. Homeostáza je klíčová pro zachování zdraví a udržení stabilního stavu organismu, díky vzájemnému souladu fyziologických procesů v těle (Selye, 1975).

3.1 Generální adaptační syndrom

Rozšířený pojem stres zavedl lékař Hans Selye (1907–1982). Navázal na výzkum Cannona a pokračoval v bádání. Již při studiích prováděl pokusy na myších a zjistil, že i když je stresor různého původu, reakce organismu je stále stejná. Na základě výsledku pojmenoval tento jev Generální adaptační syndrom (Večeřová-Procházková & Honzák, 2008).

Generální adaptační syndrom zahrnuje dva hlavní regulační systémy:

- autonomní nervový systém, zejm. sympatikus,
- endokrinní systém osa hypothalamus-hypofýza-nadledviny (Večeřová-Procházková & Honzák, 2008).

3 stadia stresu – rozvoj syndromu:

1. Fáze poplachová (alarmová) reakce. V této fázi se organismus snaží eliminovat působení stresorů. Je řízená především autonomním nervovým systémem.
2. Pokud se nepodaří odstranit stresor v první fázi, nastává druhé stadium – rezistence. To je řízeno systémem osa hypothalamus-hypofýza-nadledviny.
3. Jestliže se ani v této fázi nepodaří odstranit rušivé elementy, přichází na řadu poslední fáze, a tou je vyčerpání. To může být buď částečné, organismus má tedy ještě stále šanci na regeneraci a obnovení homeostázy. Nebo nastává celkové vyčerpání a pokusy o zachování životních funkcí selhávají (Večeřová-Procházková & Honzák, 2008).

3.2 Eustres

Každý živý tvor potřebuje neustále nějaké podněty, které ho stimulují, udržují jeho pozornost a obezřetnost. Je to důležité především v situacích, kdy hrozí nebezpečí nebo se musí jedinec rychle rozhodovat a vyhodnocovat nejlepší možné řešení situace. Přiměřená dávka stresu (eustresu) je v podstatě žádoucí. Nabudí organismus k aktivitě, činu, působí motivačně a v případě ohrožení zachraňuje. Eustres by se dal nazvat pozitivním stresem, protože ačkoli dochází v organismu k vyplavování stresových hormonů a dočasným fyziologickým změnám, nejsou destruktivní (Večeřová-Procházková & Honzák, 2008).

3.3 Distres

Naproti tomu distres působí destruktivně. Je to již taková dávka stresu, která má negativní dopad na organismus. Již nemotivuje a nepodněcuje k lepším výkonům, spíše ubírá sílu na regeneraci a opětovné navrácení rovnováhy organismu. Míra zátěže stresu je individuální a liší se v závislosti na konkrétním jedinci a jeho

genetické výbavě, co do snášenlivosti stresorů po fyzické i psychické stránce, ale obecně platí, že nadměra stresu má negativní dopad na kterýkoli organismus na planetě (Večeřová-Procházková & Honzák, 2008).

Jestliže budeme pozorovat chování několika ptáků při stejné stresové zátěži, setkáme se s různou odezvou, a to na základě povahy, emocionálního stavu jedince a již prožitých zkušeností. Tzv. „paměťová“ banka hraje zásadní roli v tom, jak jednatlivec zareaguje. V případě, že jde o novou zkušenost, vyhodnocuje se stupeň nebezpečí. A nemusí jít jen o situace, které ohrožují život. Hodnotí se také míra bolesti, emoční zátěž atd. (Večeřová-Procházková & Honzák, 2008).

Druhy stresorů

Stresory můžeme rozdělit na:

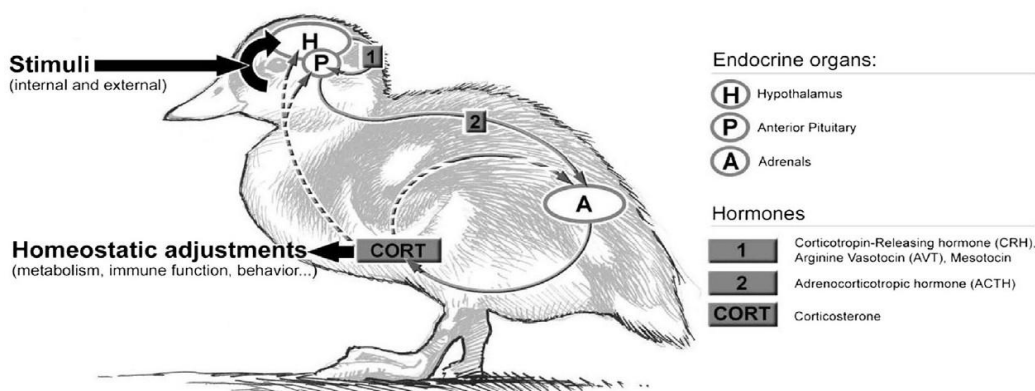
- Fyzikální – chlad, horko, hluk, oslnění, vibrace, klimatické změny atd.,
- Biologické – úrazy, zranění,
- Chemické – otrava, hlad, žízeň, zánět (Jelínek, 2003).
- Psychické (mentální, emoční) – strach, úzkost, pocit ohrožení, obavy o mláďata (Toman et al., 2000).

4 OSA HYPOTALAMUS-HYPOFÝZA-NADLEDVINY

Ptáci čelí každý den výzvám, reagují na podněty a stresory ve svém okolí, a pokud je vnímají jako ohrožující, spustí se reakce s aktivací osy hypotalamus-hypofýza-nadledviny. Tento endokrinní systém reaguje i na takové reakce, které jsou spojeny s emocionálním vzrušením, např. námluvy nebo sexuální chování ptáků. Osa hypotalamus-hypofýza-nadledviny se tedy účastní i procesů, které nemusí přímo souviset s ohrožením života (Touma & Palme, 2005).

Stresující situace aktivuje hypotalamus, a to včetně paraventrikulárního jádra, ve kterém se spustí produkce kortikoliberinu. Ten následně stimuluje hypofýzu k vylučování adrenokortikotropního hormonu, který aktivuje kůru nadledvin a začne se uvolňovat kortikosteron (Večeřová-Procházková & Honzák, 2008).

Během reakce na stres využívá organismus dva hlavní hormonální systémy: uvolňování glukokortikoidů, v případě ptáků kortikosteronu a uvolňování katecholaminových hormonů (adrenalin a noradrenalin). To vede ke zvýšení aktivace sympatického nervového systému. Při akutní stresové reakci se kortikosteron váže na receptory v celém těle, což ovlivňuje metabolismus, využívání energie, všechny systémy v organismu, reprodukci, růst, přežití a zotavení. Uvolňování katecholaminů z dřeně nadledvin vede k velmi rychlému zvýšení srdeční frekvence a ke změnám v dýchacím, cévním a trávicím systému. Tyto dva systémy jsou u ptáků regulovány nezávisle, ale vzájemně se ovlivňují (Fischer & Romero, 2016).



Obr. 1: Sturkie's Avian Physiology (Scanes, 2014)

5 IMUNITNÍ SYSTÉM

Je to komplexní soustava, ve které hraje zásadní roli interakce jednotlivých obranných reakcí. Spolu s nervovým a endokrinním systémem udržuje obranyschopnost organismu. Tento propojený a velmi složitý systém udržuje tělesné funkce v rovnováze, a tím zachovává homeostázu (vyvážené vnitřní prostředí). Skládá se z buněk, molekul, které mají na svém povrchu receptory schopné reagovat na jiné buňky a molekuly. Rovněž z imunitních tkání a orgánů, které se nacházejí v celém organismu. Komunikují mezi sebou, buď přímo, nebo prostřednictvím signálních molekul – cytokinů. Tvoří tzv. cytokinovou síť (Toman et al., 2000).

Imunitní systém umí velmi dobře detekovat antigeny, a to jak cizí, tedy z vnějšího prostředí, tak vlastní, vznikající uvnitř organismu (Toman et al., 2000). Jeho funkce spočívá v eliminaci těchto antigenů, rovněž mikroorganismů, choroboplodných zárodků, či cizorodých látek. Nejedná se jen o viry nebo bakterie, ale např. i o plísňe, alergeny apod. Má také za úkol odstraňovat vlastní buňky, a to např. odumřelé, přestárlé nebo jinak nepotřebné, které již neplní svou funkci (Jelínek, 2003). Takových buněk se organismus zbavuje apoptózou (Toman et al., 2000). To je výraz pro geneticky naprogramovanou smrt buňky. V podstatě se buňka zahubí sama, a to i s cizorodými látkami, které obsahuje. Aktivace a trvání apoptózy trvá několik desítek minut (Ferencík, 2005).

Nespecifická a specifická imunita

Imunita se dělí na nespecifickou (neboli přirozenou, vrozenou) a specifickou (získanou), která se rozvíjí až během života. Jedna bez druhé nemůže existovat. Je to komplexní, propojený a ucelený systém. Pokud není něčím oslabený, velmi účinně atakuje vše, co by mohlo vést k nemoci, poškození nebo dokonce k úmrtí (Jelínek, 2003).

5.1 Nespecifická imunita

Je zapsána již v DNA, to znamená, že je vrozená a cizorodé látky dovede ničit již od narození. Obranné buňky kolují v krevním oběhu neustále, proto jsou schopné reagovat na antigeny okamžitě a dokáže je zahubit v řádech několika minut, hodin. Vnější bariéru tvoří např. neporušená kůže, také sliznice. Ty mají zároveň schopnost produkovat látky, které brání přilnutí bakterií, virů k jejich povrchu nebo je

přímo ničí např. lysozym, což je enzym vyskytující se v slizích atd. Tato imunita nemá imunologickou paměť. Efektorovými buňkami jsou monocyty, granulocyty a makrofágy na buněčné úrovni a na úrovni humorální to jsou komplementy a interferony (Jelínek, 2003).

5.1.1 Komplementy

Tvoří zhruba 30 rozpustných a membránových proteinů. Jsou součástí plazmy a tělních tekutin. Existují dva způsoby, jakými se aktivují. První možnost je klasickým způsobem, že se protilátky navážou na cizorodé buňky či bakterie. Druhá varianta je, že se komplement aktivuje určitým povrchem virů, plísni, bakterií, parazitů atd. Aby se neaktivovaly vlastní buňky, existují kontrolní proteiny, které rozlišují, jaké komplementy se aktivují (Jelínek, 2003).

5.1.2 Interferony

Jsou to proteiny produkované buňkami po virové infekci. Umí se navázat na speciální receptory zdravých buněk a vytvořit v nich proteiny, které brání množení virů. Tento jev se nazývá antivirový stav (Toman et al., 2000).

5.2 Specifická imunita

Rozvíjí během života a reaguje cíleně na konkrétní antigeny. Nemá okamžitý nástup jako vrozená imunita, ale nastupuje v řádu dnů. Její nástup je pomalejší, avšak trvalý, protože si pamatuje setkání s konkrétním antigenem. Velmi účinně zamezuje nejen rozvinutí nemoci, ale brání i destruktivním změnám uvnitř organismu. Jestliže se někdy opět setká se stejným antigenem, rozpozná ho a okamžitě reaguje. Má tedy imunologickou paměť. Efektorovými buňkami jsou T-lymfocyty (buněčná imunita) a B-lymfocyty (humorální imunita) (Jelínek, 2003).

5.2.1 Fagocytóza

Určitě je podstatné zmínit tento důležitý jev. Objevil ho biolog Ilja Mečnikov (Toman et al., 2000) v roce 1882. Když ve své laboratoři prováděl pokusy s larvami ježovek, zjistil, že jsou schopné zbavovat se škodlivin. Tuto skutečnost si potvrdil tím, že do larvy aplikoval cizorodou látku (trn z keře). Po chvíli se trn snažily pohltit buňky, které zmobilizoval imunitní systém. Pojmenoval je fagocyty a v roce 1908 za tento objev získal Nobelovu cenu (Toman et al., 2000).

Fagocytóza se řadí mezi vývojově nejstarší obranný mechanismus nespecifické imunity (Jelínek, 2003). Účastní se reakce, kde probíhá zánět a má za úkol pohlcovat nemocné, nepotřebné, odumřelé buňky či cizorodé látky, mikroby atd. Buňky s touto schopností jsou makrofágy, dendritické buňky, žírné buňky (Toman et al., 2000).

Využívají k tomu receptory a disponují látkami, které umožňují rozložit pohlcenou škodlivinu (Toman et al., 2000).

Cytokiny

Velmi důležitou roli mají cytokiny. Jsou to proteiny, produkují je T-lymfocyty, makrofágy. Jsou vylučovány do oběhu a zprostředkovávají komunikaci mezi imunitními buňkami. Působí ve velmi nízkých koncentracích a na poměrně krátkou vzdálenost. Plní úlohu jak stimulační, což je aktivace imunitní odpovědi na antigen a rovněž tlumící, tedy reguluje míru odpovědi buněk, a to z důvodu, aby se zachovala homeostaza. Cytokiny jsou nezbytné pro obě imunity, vrozenou i specifickou (Jelínek, 2003).

6 IMUNITNÍ BUŇKY

Povrch imunitních buněk pokrývá množství molekul, které slouží jako receptory. Bez nich by nebylo možné předávat informace a vázat se na jiné molekuly, např. antigeny, imunoglobuliny, cytokiny atd. Tyto procesy jsou nedílnou součástí imunitní reakce. Imunitní reakce na jednotlivé antigeny je značně rozdílná, využívá k obraně široké spektrum protilátek, proto je tento systém tak složitý (Toman et al., 2000).

Bílé krvinky

Jsou nepostradatelné pro imunitní systém. Vyznačují se pohyblivostí, rovněž přilnavostí k endotelu kapilár. Bílé krvinky se dělí na granulocyty, monocyty a lymfocyty.

Granulocyty se ještě dělí na:

1. Neutrofilní granulocyty (neutrofilny)

Pohlcojí mikroorganismy především při zánětech. V podstatě je jejich hlavní funkcí fagocytóza. V krevním oběhu se zdržují 4–5 hodin.

2. Eozinofilní granulocyty (eozinofily)

Uplatňují se při alergických a parazitárních onemocněních. Fagocytují komplexy alergen-protilátka.

3. Bazofilní granulocyty (bazofily)

Obsahují histamin a heparin. Účastní se alergických reakcí.

Monocyty

Řadí se k makrofágům. Kromě fagocytózy jsou schopné produkovat prvky komplementu (Jelínek, 2003).

6.1 Lymfocyty

Lymfocyty se člení na T-lymfocyty, B-lymfocyty, NK-buňky a vznikají v thymu (Jelínek, 2003).

T-lymfocyty

Neustále cirkulují mezi krví a lymfou. Jsou to specializované buňky, které se účastní mnoha imunitních procesů v organismu. Prekurzorem lymfocytů jsou lymfatické kmenové buňky (Jelínek, 2003). Jejich význam spočívá v odhalování infikovaných buněk, např. viry (Hořejší et al., 1998).

B-lymfocyty

Vznikají v kostní dřeni. Za spoluúčasti T-lymfocytů se dokážou po setkání s antigenem přeměnit na plazmatickou buňku, která dovede vytvářet protilátky, nebo mají schopnost dělit se na paměťové buňky. Kdykoli se v budoucnu setkají s antigenem, jsou schopné vytvořit protilátky (Jelínek, 2003).

6.2 NK-buňky

Označují se také jako přirození zabíječi (natural killers). Objeveny byly v sedmdesátých letech 20. století. Řadí se mezi lymfocyty a jsou součástí nespecifické imunity. Buňky, které mají být zničeny, rozpoznávají pomocí receptorů. NK – buňky likvidují intracelulární patogeny, zejména viry a nádorové buňky (Toman et al., 2000).

6.3 Dendritické buňky

Jsou považovány za nejúčinnější buňky (Fučíková et al., 2019). Vznikají v kostní dřeni. Působí jak na specifickou, tak na nespecifickou imunitu. Nezralé dendritické buňky se nachází v nelymfatických tkáních, což je např. kůže, sliznice. Po setkání s antigenem dozrávají na zralé dendritické buňky, které se přemístí do lymfatických orgánů. To je velmi zásadní pro aktivování T-buněk, které eliminují antigeny (Toman et al., 2000).

6.4 Makrofágy

Patří k významným fagocytujícím buňkám. Hrají zásadní roli v zachování homeostázy v organismu tím, že odstraňují mrtvé buňky, již nepotřebné. Dále ničí patogeny, hojí rány, regulují záněty atd. Vyvíjejí se z kmenové hemopoetické buňky kostní dřeně. Poté putují do krevního oběhu jako monocyty. V případě potřeby pronikají do tkáně, kde probíhá zánět a tam se změň v makrofágy, které jsou schopné fagocytózy (Toman et al., 2000).

7 IMUNITNÍ ORGÁNY

Thymus

Thymus (brzlík) se řadí mezi centrální lymfatické orgány. Je to velmi důležitý imunitní orgán. Vzniká již při nitroděložním vývoji. Již v této rané fázi vývoje se objevují makrofágy, které jsou schopné fagocytózy. Dozrávají zde T-lymfocyty, a to z prekurzorů, které se vytvářejí již v prenatální fázi (Jelínek, 2003). Ačkoli se thymus přímo neúčastní imunitních procesů, jeho mikroprostředí je vhodné na dozrávání T-lymfocytů, zejména díky epitelovým buňkám (Toman et al., 2000).

Fabriciova burza

Dalším centrálním lymfatickým orgánem u ptáků je Fabriciova burza (*bursa Fabricii*) ve které dozrávají B-lymfocyty. Říká se jí také kloakální burza (*bursa cloacalis*) (Jelínek, 2003).

Slezina

Je sekundárním lymfatickým orgánem. Hlavní funkce sleziny spočívá v odstraňování antigenů z krevního oběhu a aktivaci systémové imunitní odpovědi. Je místem, kde vznikají paměťové B-buňky a plazmatické buňky (Jelínek, 2003).

Lymfatické tkáně

U ptáků se více vyskytují lymfatické tkáně, které se nazývají germinální centra. Najdeme je téměř ve všech orgánech. Ve střevech se nachází vyvinutá tkáň tzv. Peyerovy plaky a ve slepém střevě cekální tonzily (Toman et al., 2000).

8 OXIDAČNÍ STRES

Organismus je neustále vystavován atakům reaktivních forem kyslíku (Burton & Jauniaux, 2011). Oxidační stres nastává, když hladiny prooxidantů převyšují kapacitu antioxidantních obranných látek. Pokud dojde k oxidačnímu poškození lipidů a bílkovin, změní se jejich funkce a může se projevit jejich nefunkčnost. Silná akumulace oxidačního poškození vede k buněčné dysfunkci a apoptóze (naprogramovaná buněčná smrt). Zvýšený oxidační stres je spojen s patologií mnoha chorob. Činnosti, které zvyšují buněčné dýchání a infekci, tedy pravděpodobně zvyšují vnitřní oxidační stres (Isaksson, 2015).

K ochraně těla před škodlivými účinky reaktivních forem kyslíku existuje rozsáhlý a komplexní obranný systém. Jedním z nich je zánět. Je to reakce cévních tkání na škodlivé podněty, které mohou být cokoli, od fyzického poškození organismu patogeny až po vdechování znečišťujících látek nebo např. alergeny. Zánětlivá reakce je první obrannou linií v boji proti škodlivému stimulu, ale také k léčení poškozené tkáně (Isaksson, 2015).

Jestliže probíhá zánět rychle a je krátkodobý, nezanechá stopy. V případě dlouhodobějšího působení může být příčinou poškození buněk, tkání, orgánů atd. (Toman et al., 2000). Zánět a oxidační stres jsou tedy úzce propojeny. Po zvýšení oxidačního stresu následuje zesílení zánětu a naopak (Isaksson, 2015).

8.1 Biomarkery oxidačního stresu

Vzhledem ke složitému vztahu mezi různými prvky tvořící systém oxidačního stresu, musí být pro správnou interpretaci výsledků stanoveno alespoň několik biomarkerů oxidačního poškození a antioxidantní kapacity. Pro vyhodnocení rovnováhy oxidačního stresu vrabce domácího (*Passer domesticus*) se stanovila antioxidantní kapacita plazmy, oxidační poškození a aktivita některých antioxidantních enzymů v erytrocytech. Celková antioxidantní kapacita plazmy je spolehlivým ukazatelem globální oxidační a antioxidantní rovnováhy jednotlivců (Herrera-Deñas, 2017).

Porovnání městských a venkovských vrabců ukázalo rozdíly. U venkovské populace se zjistila vyšší antioxidantní kapacita, zřejmě díky kvalitnější stravě, bohatší na vitamíny a minerály. To představuje nízké oxidační poškození, vyšší imunitní ochranu organismu a i v případě reprodukce méně komplikací. U městské populace se naopak zjistilo oxidační poškození lipidů, proteinů aj. Antioxidantní kapacita byla

nižší, zejména v období rozmnožování. Látky znečišťující ovzduší, jako jsou částice (PM) nebo těžké kovy, byly uvedeny jako prooxidační prvky a jejich škodlivé účinky na rovnováhu oxidačního stresu byly popsány u některých městských druhů ptáků (Herrera-Dueñas, 2017).

Podle studií bylo prokázáno, že má na tento stav zásadní vliv potrava, která není ve městech tak kvalitní, postrádá dostatek antioxidantů, jako jsou karotenoidy, vitamíny a minerály. U venkovských vrabců byla zjištěna vyšší koncentrace vitamínu E, karotenoidů a celkově lepší tělesná kondice, v porovnání s městskými ptáky. To dokazuje, jak zásadní vliv má strava a jak se může lišit na základě prostředí. Nedostatek antioxidantů (kvalitní stravy) během období rozmnožování může vést u městské populace k horšímu zdravotnímu stavu narozených mláďat vrabců domácích a následnému úhynu. Rovněž k nedostatečnému vývoji antioxidační kapacity, která je v dospělosti klíčová, nejen pro správné fungování organismu, ale i pro předávání kvalitní genetické výbavy dalším generacím (Herrera-Dueñas, 2017).

Tato studie ukázala, jak ptáky ovlivňují důsledky znečištění nebo nekvalitní stravy. Je nezbytné eliminovat oxidační stres pro zachování a zvyšování populace vrabců v mnoha evropských městech. Proto je zjišťování množství znečišťujících látek z krve populace vrabce domácího užitečným parametrem pro potvrzení této hypotézy v budoucnu (Herrera-Dueñas, 2017).

8.2 Hormony

Hormony jsou nepostradatelné pro život. Podílí se prakticky na fungování všech tělesných funkcí. Jsou potřebné pro normální činnost organismu, včetně regulace reprodukce, vývoje jedinců a mají vliv i na chování. Zejména stresové hormony jsou v souvislosti se stresem velmi důležité. Patří sem glukokortikoidy (u ptáků kortikosteron) a katecholaminy. Účastní se stresových reakcí. Tyto hormony byly zkoumány již v historii a doposud jsou předmětem mnoha studií (Touma & Palme, 2005).

S genetickými, environmentálními a sociálními změnami se mění i nároky na organismus živočichů a stoupá míra zatížení. S tím je spojena široká škála endokrinních procesů, které jsou potřebné pro zvládnutí stresových situací. Když je jedinec konfrontován se stresem (environmentálním, fyziologickým nebo psychickým), obvykle projevuje stresovou reakci, skládající se z řady fyziologických

a behaviorálních změn, které mají pomoci k tomu, aby se s danou situací vyrovnal (Touma & Palme, 2005).

Katecholaminy

Jsou to hormony, které se tvoří v dřeni nadledvin a v organismu působí jako neurotransmitery. V podstatě mají za úkol předávat informace mezi buňkami, a to i vzdáleně. Přenáší nervové vzruchy, které následně spouštějí reakce, a to v závislosti na konkrétních hormonech. Mezi katecholaminy řadíme adrenalin a noradrenalin (Jelínek, 2003).

V případě stresové situace aktivuje noradrenalin sympatickou část autonomního nervového systému, následně začne dřeň nadledvin produkovat i adrenalin a poté se oba vylučují do krevního oběhu. Buňky v těle obsahují čidla, která se nazývají adrenergní receptory. Oba katecholaminy na tyto receptory působí a spouští známé reakce (Večeřová-Procházková & Honzák, 2008).

Mezi ně patří zrychlený dech, zvýšený tlak, mají značný vliv na metabolické procesy, např. termogenezi nebo zvýšení bazálního metabolismu a další. Adrenalin také zpomaluje peristaltiku střeva, tlumí produkci šťáv v trávicí soustavě atd. (Jelínek, 2003).

Glukokortikoidy

Glukokortikoidy jsou steroidní hormony uvolňované osou hypotalamus-hypofýza-nadledviny v reakci na stresory (Liebl & Martin, 2012). Jejich primární funkcí je zmobilizovat organismus k přežití v biotických a abiotických podmínkách. Fungují jako klíčové metabolické a behaviorální regulátory při dodávání energie. Stresem uvolněné glukokortikoidy jsou do organismu vylučovány během několika minut po zahájení stresové reakce a rychle podporují řadu procesů v organismu (Casagrande, 2018).

Vykazují katabolický účinek. Významně působí na metabolismus sacharidů, bílkovin a tuků. Mají vliv na činnost ledvin, krevní oběh a činnost srdce, zánětlivé a alergické reakce atd. (Jelínek, 2003).

Ptačím glukokortikoidem je kortikosteron a vzniká v kůře nadledvin. Cirkuluje v krvi na nízké úrovni a reguluje energetickou rovnováhu. Krátkodobý účinek je prospěšný, ale dlouhodobé zvýšení poškozuje organismus, negativně ovlivňuje orgány a funkce jednotlivých systémů v těle (Martin & Rubenstein, 2008).

Získávání vzorků koncentrace glukokortikoidu z trusu

Koncentrace glukokortikoidů se proto široce používají k hodnocení stresu odpovědi u různých druhů ptáků. Odběr krve či dalších tekutin je však v případě ptáků příliš invazivní metoda. Představuje určitá omezení. Nejen samotný odchyt bývá stresující. Nevýhodou invazivního odběru je, že hladiny cirkulujících hormonů jsou rychle ovlivňovány z reakce na právě prožitý stres. Manipulace s ptákem, jeho fyzické omezení a samotný postup odběru krve, může podstatně měnit fyziologické a behaviorální zkoumané parametry (Touma & Palme, 2005).

Obecně platí, že cirkulující steroidní hormony jsou metabolizovány játry a vylučovány ledvinami do moči nebo žlučí do střeva. Metabolizované steroidní hormony lze detekovat z trusu ptáků, proto se využívá metoda sběru vzorků exkrementu přímo v terénu. Je to neinvazivní metoda, která je šetrná. Díky ní je možné snadno získávat informace, potřebné pro hodnocení endokrinních funkcí u ptáků (Touma & Palme, 2005).

Výkaly lze sbírat velmi snadno, odběr vzorků ptáka nestresuje, protože není třeba odchytu a následné manipulace s ním. Je možný opakovaný odběr, bez ovlivnění chování ptáka nebo jeho endokrinního stavu, což je další výhodou. V posledních letech se začala tato zcela neinvazivní technika využívat u mnoha druhů živočichů. Nejen volně žijících, ale i u jedinců v laboratorních podmínkách nebo např. v zoologických zahradách. Nyní se široce používá ke zkoumání vztahů mezi hormony a chováním ptáků, působení stresu a jeho dopady na organismus, životní podmínky ptactva, reprodukční chování atd. (Touma & Palme, 2005).

Tato metoda umožňuje sledování krátkodobých hormonálních změn, v reakci na konkrétní situace, stejně tak se ale uplatní u hodnocení vzorků v souvislosti s dlouhodobým výzkumem nebo studii. Kromě toho jsou integrovány hladiny cirkulujících hormonů v trusu po určité období. Na rozdíl od krevních vzorků jsou vzorky trusu méně ovlivňovány výkyvy sekrece hormonů. V důsledku toho mohou koncentrace steroidů metabolitu měřené ve výkalech představovat hormonální stav ptáka přesněji než jeden vzorek plazmy (Touma & Palme, 2005).

9 DOPADY STRESU NA PTACTVO – VRABEC DOMÁCÍ

Vrabec domácí je rozšířený druh v mnoha zemích. Přestože se dobře přizpůsobil městským podmínkám, existují příčiny, které stojí za snížením jejich populace v Evropě. Nejsou zcela přesně definovány, ale jedna z hypotéz ukazuje na oxidační stres, jeden z environmentálních stresorů, který souvisí s toxicitou znečištění v městských oblastech. Při studiu této problematiky byly odebrány vzorky krve vrabců domácích z lokalit, které se lišily stupněm urbanizace. Porovnávala se tedy městská a venkovská populace. Výsledky ukázaly, že měli vrabci z městské lokality vyšší oxidační poškození a vyšší aktivitu antioxidantních enzymů, ale nižší antioxidantní kapacitu v porovnání s vrabci z venkovského prostředí. Tyto rozdíly mohou být zásadní při úbytku populace vrabců ve městech, protože vysoká míra znečištění a s tím související stres ovlivňují i reprodukci (Herrera-Dueñas, 2017).

Protože se v posledních několika desetiletích městské prostředí rozšiřuje, a to na úkor přírodních a venkovských oblastí, znamená to z ekologického hlediska nové výzvy pro ptactvo, např. odlišná flóra, noví predátoři, přítomnost lidí, jiná potrava, vysoká úroveň chemického, světelného a zvukového znečištění. Přestože jsou to potenciálně stresující aspekty, mohou některým druhům přinášet užitek. Výhodami tohoto prostředí se jeví nižší míra predace, vyšší teploty prostředí, hojnější nabídka zdrojů potravy, v porovnání s neantropogenními oblastmi v blízkém okolí. Právě vrabec domácí se dokázal městskému prostředí přizpůsobit. Ale i přes jeho vysokou míru adaptace jeho populace poklesla (Herrera-Dueñas, 2017).

Aby bylo možné objektivně posoudit výsledky výzkumu, je nutné stanovit několik biomarkerů. U vrabců domácích se pro vyhodnocení rovnováhy oxidačního stresu stanovila antioxidantní kapacita plazmy, rovněž oxidační poškození a aktivitu některých antioxidantních enzymů v erytrocytech, aby se zjistilo, jaké dopady má oxidační stres na organismus ptáků (Herrera-Dueñas, 2017).



Obr. 2: Vrabec domácí (*Passer domesticus*) (Anderle, 2020)

10 MĚSTSKÉ STRESORY

Městské prostředí obsahuje řadu environmentálních stresorů, které mohou zvýšit oxidační stres a zánětlivé reakce. Chemické znečištění, hlukové znečištění, znečištění umělým nočním světlem, infekční onemocnění a kvalita stravy. Těchto pět faktorů ukazuje výrazné rozdíly mezi městským a venkovským prostředím (Isaksson, 2015).

1. Chemické znečištění

Mezi nejběžnější městské chemické znečišťující látky patří různé těžké kovy, oxidy dusíku, prachové částice a polycyklické aromatické uhlovodíky, všechny s negativním účinkem na zdraví. Vysoký příjem těžkých kovů vyvolává zánětlivé reakce, a tím i oxidační stres. Oxidy dusíku působí přímo jako prooxidanty. Při vdechování způsobují reakce v dýchacích cestách a spouštějí antioxidační i zánětlivou odezvu. V poslední době se více než na účinky oxidů dusíku více soustředily na toxické účinky prachových částic. Je to proto, že toxicita prachových částic je méně známá a mnohem komplexnější než oxidy dusíku. Závisí např. na velikosti částic a povrchu. Míra toxicity konkrétních znečišťujících látek a jejich ekologických dopadů není ještě přesně známá. Chybí stanovení toxicity inhalovaných nanočástic různých velikostí také pro savce a ptáky. Metabolismus u ptáků je jiný než u savců a může ovlivnit absorpci nanočástic i jejich detoxikaci. Navíc se ptáci žijící ve městě pohybují ve vzdušném prostoru v různých výškách, což je může vystavovat výrazně odlišnému složení nanočástic, v porovnání s druhy žijícími na zemi (Isaksson, 2015).

2. Antropogenní znečištění hlukem

Podobně jako chemické znečištění je chronický antropogenní hluk spojen hlavně s dopravními sítěmi, jako jsou dálnice, městské silnice a železnice. Jiné lidské činnosti však mohou krátkodobě zvýšit hladinu hluku (např. stavba, festivaly a hřiště). Mezi účinky chronické expozice městskému hluku patří u lidí hypertenze, ischemická choroba srdeční, zvýšené stresové hormony a úzkost a snížená hloubka a doba spánku. U ptáků bylo prokázáno, že hlukové znečištění zhoršuje reprodukci a teritoriální komunikaci spolu s lokalizací kořisti. Další možnou cestou, jak může antropogenní hluk ovlivnit oxidační stres a zánět, je působení stresových hormonů, např. kortikosteron (Isaksson, 2015).

Vliv antropogenního hluku jako stresoru na ptačí zpěv

Antropogenní hluk je nepřiměřený svou vysokou amplitudou, nízkou frekvencí a rozptýlenou periodicitou. Způsobuje stres a narušuje šíření akustických informací a je tak spojen s různými důsledky, které ovlivňují chování. Bylo prokázáno, že chov vrabců (*Passer domesticus*) má za příliš hlučných podmínek významné důsledky ve zhoršené komunikaci mezi rodiči a mláďaty. Další studie naznačují, že několik druhů ptáků mění temporální a akustické rysy zpěvu. Snaží se tak o silnější a hlasitější projev, především ptačí druhy s nízkofrekvenční vokalizací, které by měly potíže komunikovat v přítomnosti antropogenního hluku. Možnou strategií by mohlo být opuštění těchto hlučných, ale jinak vhodných stanovišť, což by vedlo ke změně složení ptačí komunity v hlučných oblastech (Nordt & Klenke, 2013).

Studie prokázala, že antropogenní hluk významně přispěl k časnějšímu rannímu zpěvu. Čím vyšší byla hladina hluku, tím dříve začali kosi (*Turdus merula*) zpívat. To lze vnímat jako možnou adaptaci na hluk města. Kromě toho je několik druhů, včetně kosů, schopno hlasových úprav. V městském prostředí zpívají hlasitěji, s větší intenzitou. Tyto změny mohou být důsledkem plasticity chování (Nordt & Klenke, 2013).

3. Světelné znečištění

Městské umělé světlo v noci je často spojováno s dopravními sítěmi, ale také s uměle osvětlenými cestami, budovami atd. Hlavní rozdíl mezi chemickým, hlukovým a nočním světelným znečištěním spočívá v tom, že světelné znečištění působí jako stresor pouze v nočních hodinách, zatímco ostatní stresory mohou mít vliv po celý den. U savců i ptáků ovlivňuje umělé světlo v noci nejen chování. Pokud jde o fyziologii, studie na ptácích prokázaly, že umělé světlo v noci potlačuje buněčně zprostředkované a humorální imunitní funkce. Například zvýšená úroveň aktivity v nočních hodinách narušuje spánek (Isaksson, 2015).

Většina druhů se totiž vyvinula v přirozeném cirkadiánním a cirkanuálním rytmu, se schopností synchronizace svých vnitřních hodin s fotoperiodou, a to za účelem vhodného načasování hledání potravy, komunikace, reprodukce a migrace. Světelné znečištění, změna přirozeně tmavých míst umělým světlem narušuje chování zvířat, ovlivňuje délku a hloubku spánku, fyziologii a ekologické interakce v široké škále. Intenzivně osvětlená místa také způsobují dezorientaci stěhovavých ptáků, čímž narušují jejich orientační schopnosti (Nordt & Klenke, 2013).

Vliv světelného znečištění jako stresoru na zpěv ptáků

U mnoha zpěvných ptáků kulminuje pěvecká aktivita před východem slunce, aby přilákali partnery a bránili svá teritoria. Tento zpěv za úsvitu je úzce spojen s měnicí se intenzitou světla. Noční zpěv je v blízkosti umělých světelných zdrojů často považován za důsledek světelného znečištění. Ptáci ve městech začínají zpívat mnohem dříve než jedinci ve volné přírodě, kteří se řídí přirozenými biorytmy (Nordt & Klenke, 2013).

Jako modelový příklad byl studován kos. Ten původně obýval husté lesy ve volné přírodě, ale postupně se rozšířil do evropských měst, kde je dnes jedním z nejběžnějších druhů. Zjistilo se, že u kosů žijících ve městech, způsobuje umělé noční světlo časnější ranní zpěv. Podobně reagovaly další raně zpívající druhy ptáků. V této studii byly porovnávány městské části, které se podobají centru města. V oblastech bez umělého nočního světla nebo dopravního hluku kosi nezpívali v noci. V místech, kde bylo díky umělému osvětlení vidět i v noci, začali kosi zpívat časněji. V centru města začali ptáci zpívat výrazně dříve než kosi v parcích a lesích (Nordt & Klenke, 2013).

Městští kosi vykazují některé rysy, které jsou považovány za adaptaci života ve městě, kde se setkávají s více stresory než ve volné přírodě. Diskutuje se o tom, zda jsou tyto rysy založeny na genetické diferenciaci mezi městskými a venkovskými populacemi nebo zda má vliv plasticita chování. U městských kosů je vyšší reprodukce, delší reprodukční období, jsou odolnější vůči stresu a krotší než venkovští kosi a vykazují snížené migrační chování z důvodu nepřetržité dostupnosti potravin a vyšších teplot ve městě během zimy (Nordt a Klenke, 2013). Jedinci z městských a venkovských oblastí se liší ve zvládnutí adaptace měnících se životních podmínek (Costantini, 2014).

Antropogenní faktory hluku a nočního světla tedy nejsou od sebe zcela oddělitelné. Analýza dopadu pouze jednoho nebo druhého nemůže přispět ke komplexnímu pochopení základních vzájemných souvislostí (Nordt & Klenke, 2013).

4. Infekční nemoc

V mnoha případech není rychlost přenosu patogenů v městských oblastech stejná, ale závisí na několika faktorech, např. teplota, při které se patogen přenáší atd. Tyto informace jsou nezbytné proto, aby bylo patrné, jak fyziologická omezení, spojená s městskými teplotními a vlhkostními režimy ovlivňují jednotlivé parametry, které

ovlivňují přenos. U ptáků jsou např. zbytky potravy ze stolů zdrojem přenosu *Salmonella typhimurium*. Během infekčního onemocnění je první odpovědí vrozené imunity ochrana před reaktivní formou kyslíku. Tato odpověď je nespecifická a okamžitá. Onemocnění významně ovlivňuje oxidační stres, a to navzdory vlivu dalších faktorů prostředí. Bez ohledu na druhy patogenů způsobují infekční choroby změny v oxidačním stresu a zánětlivých reakcích v kontextu měst a venkova (Isaksson, 2015).

5. Kvalita stravy

Mnoho druhů městských savců a ptáků se živí zbytky lidské potravy, a to buď přímo z odpadkových košů, popelnic nebo např. u venkovních restaurací, kde nachází zbytky lidské potravy. Také jsou dokrmovány přímo lidmi. Bohužel, většina těchto zdrojů krmení má špatnou kvalitu a chybí mnoho základních makro a mikroživin. I samotné přírodní městské zdroje potravy mohou mít špatnou kvalitu. Například koncentrace karotenoidů a flavonoidů jsou nižší u městské zeleně ve srovnání s koncentracemi na venkovských stanovištích. Jsou hlavními antioxidanty v potravě ptáků. Bylo prokázáno, že konkrétně flavonoidy snižují škodlivý účinek působení reaktivních forem kyslíku a inhibují prozánětlivé cytokiny, čímž brání další produkci oxidačního stresu. Takže potrava bez dostatečného množství flavonoidů může zvýšit oxidační stres a zánět (Isaksson, 2015).

Kombinované efekty

Ve volné přírodě a v městském prostředí je zřejmé, že stresory jen málokdy působí izolovaně. Kombinované působení více stresorů může vykazovat synergické účinky. Ačkoli je pravděpodobné, že největší vliv bude mít chemické znečištění, může znečištění hlukem a nočním světlem snížit detoxikační kapacitu organismu natolik, že budou škodlivé účinky nevyhnutelné. Zvýšený oxidační stres způsobený znečištěním může mít za následek sníženou odolnost vůči infekčním chorobám. Kvalita stravy navíc ovlivňuje fyziologické reakce takovým způsobem, že při vystavení např. parazitům, bakteriím a nebo PM může být eliminace obtížnější, jestliže strava neobsahuje dostatek antioxidantů (Isaksson, 2015).

Navzdory více městským stresorům, jejich kombinovanému působení na oxidační stres a zánětlivé reakce, žije v městském prostředí spousta zvířat. Vyvíjí se a postupně aklimatizují. Některým druhům se daří, řadí se mezi ně i mnoho druhů ptáků. Kromě genetické adaptace se určité druhy a populace mohou přizpůsobit městskému prostředí bez jakékoli genetické změny v průběhu času. Pravděpodobně

bude hrát klíčovou roli, jak dobře se jednotlivci aklimatizují na městské prostředí. I když se časem přizpůsobí, není vyloučené, že to bude na úkor snížené reprodukce, předčasného stárnutí a zvýšené úmrtnosti (Isaksson, 2015).

11 ZAJETÍ A JEHO DOPADY

Volně žijící ptáci musí po zajetí čelit mnoha změnám, jaké doposud nezažili. Patří k nim držení v omezeném prostředí, umělé osvětlení, odlišná strava, přítomnost lidí, hluk, manipulace s nimi a další okolnosti, které ovlivňují jejich životní podmínky, psychický a fyzický stav. U mnoha druhů se proto rozvíjí chronický stres. Ten nastává, když zažívají ptáci opakované působení stresorů. V té chvíli se začínají fyziologické systémy, důležité pro přežití, zotavení a regeneraci organismu měnit. Vlivem prožívaného stresu je obtížnější nastolit rovnováhu potřebnou pro zachování zdraví bez destruktivních dopadů (Fischer & Romero, 2016).

Zajetí je jeden ze silných stresorů. Do organismu se při něm vyplavují nejen glukokortikoidní hormony, ale i katecholaminy. Jestliže ptáci produkují více katecholaminů během prvních několika dnů v zajetí, může to způsobit dysregulaci produkce těchto hormonů. Mohou jich produkovat příliš mnoho, což vede k příliš rychlé srdeční frekvenci. Nebo příliš málo v případě, když by to bylo potřeba. Nesprávně regulovaná produkce adrenalinu a noradrenalinu může mít potenciálně negativní zdravotní dopad na organismus (Fischer & Romero, 2016).

12 PREDACE A SIMULACE PREDACE

Predace je jedním z nejdůležitějších stresorů v přírodě. V souvislosti s ním by mohl mít imunitní systém značný vliv na fyziologické funkce organismu a tím i schopnost zvýšit pravděpodobnost přežití kořisti na útok dravce. Velmi často se s predací setkávají mláďata v období hnízdění (Roncalli et al., 2020).

Byly zkoumány účinky zvuků predátorů na imunitní systém mláďat kosa černého v období hnízdění. Mláďatům byly pouštěny zvuky predátorů různé intenzity. Reakce se lišila v závislosti na konkrétním zvuku. Riziko predace vyvolalo zvýšení imunoglobulinu, lymfocytů a eozinofilů. Také bylo prokázáno, že riziko predace v období hnízdění může mít vliv na růst a celkový vývoj jedinců (Roncalli et al., 2020).

Další studie, tentokrát u populace volně žijících vrabců prokázala tentýž výsledek. Jako u kosů, byly pouštěny zvuky volání dravců vrabcům a bylo zjištěno, že vnímání fiktivního predacího rizika snížilo počet potomků o 40 % za rok. Tento pocit ohrožení je tedy dostatečně silný na to, aby ovlivnil dynamiku volně žijících ptáků (Zanette et al., 2011).

Roncalli et al. (2018) prokázal, že zvuk predátora může aktivovat imunitní reakce stejně jako samotný útok a že pouze vysoká a extrémní úroveň rizika způsobila imunologické změny, což naznačuje spojitost mezi mírou hrozby a imunitní odpovědí. Vnímání potenciálního dravce by tak mohlo stimulovat mobilizaci imunitního systému mláďat a umožnit organismu pohotově reagovat na podněty související s útokem predátorů (Roncalli et al., 2018).

Skutečnost, že mohou predátoři ovlivnit jedince i bez přímého útoku ukazuje, jaké destruktivní účinky může mít i nepřímá forma ohrožení. Podněty mohou mít trvalé následky, a to nejen na fyzické úrovni, rovněž na psychické, kdy mohou přispívat k úzkostem (Clinchy et al., 2013).



Obr. 3: Kos černý (*Turdus merula*) (autorka práce)

13 VLIV STRESU NA TETŘEVA HLUŠCE

Stres nepůsobí jen na druhy žijící v městském prostředí, ale často se projevuje i u druhů žijících v málo dotčené přírodě. Protože je tetřev hlušec (*Tetrao urogallus*) velmi citlivý na hluk, byly prováděny zajímavé výzkumy, týkající se působení stresu na jeho volně žijící populace (Thiel et al., 2008).

Jeho pokles je zvláště výrazný ve střední Evropě, kde již mnoho populací vyhynulo nebo jim hrozí vyhynutí. Kriticky ohrožený je v ČR. Ve Švýcarsku se počet tetřeva snížil na méně než polovinu za posledních 30 let a stále se snižuje. Pokles je způsoben zejména ztrátou stanovišť a jejich degradací. Vážným důvodem poklesu jeho populací jsou narůstající venkovní aktivity lidí. Dlouhodobé nebo opakované narušování jejich lokalit způsobuje časté fyziologické stresové reakce, které mohou mít za následek dlouhodobé negativní účinky, jako je nízká reprodukce nebo snížená imunokompetence (Thiel et al., 2005).

Chování lidí, způsobující rušení zbytkových populací, spolu se zhoršováním stavu stanovišť a fragmentací lesů jsou hlavními potenciálními příčinami úbytku jedinců tohoto druhu. Lidská přítomnost může způsobit, že zvířata dočasně nebo trvale opustí svá stanoviště. Takové chování může ovlivnit riziko predace, příjem energie a energetický výdej zvířete a ovlivňovat tím jeho kondici (Thiel et al., 2005).

Byly zkoumány účinky lyžařské turistiky, která narušuje teritoria tetřeva hlušce a jeho adrenokortikální aktivitu (Thiel et al., 2008). U volně žijících tetřevů je nemožné odebrat krev, aniž by odchyt nezpůsobil silný stres. Rovněž manipulace s ním by byla velmi stresující (Thiel et al., 2005). Proto se v tomto případě volí jako vhodná neinvazivní metoda posouzení endokrinního stavu měření hladiny stresového hormonu z trusu (Thiel et al., 2008). Výhoda této metody spočívá v tom, že nepůsobí stres, odběr trusu je možný na více místech a je možné u tetřevů opakované měření (Thiel et al., 2005).

Během tří zim, 2003–2006, byly v jižním Schwarzwaldu v Německu odebrány před a po zahájení lyžařské sezóny vzorky trusu těchto jedinců. Byla testována intenzita zimních rekreačních aktivit člověka, jak ovlivňují místa jejich výskytu a identifikovaly se faktory, které ovlivňují koncentraci kortikosteronových metabolitů (CM) v trusu, stresory – hluk, pohyb lidí atd. (Thiel et al., 2005).

Hladiny metabolitů kortikosteronu ve stolici tetřevů, v oblastech s nízkou rekreační intenzitou, byly významně nižší než hladiny v oblastech se střední nebo vysokou

rekreační intenzitou během celého sledovaného období. Chronicky zvýšené a dlouhodobě vysoké hladiny kortikosteronu mohou být fyziologicky škodlivé pro jednotlivce, což ovlivňuje imunitní funkci, růst, reprodukci a přežití. Vysoké koncentrace kortikosteronu tedy mohou naznačovat, že zvíře je ve stresu, i když nelze detekovat zjevné změny chování (Thiel et al., 2005).

Autoři dospěli k závěru, že lyžařská turistika negativně ovlivňuje jak teritoria druhu, tak endokrinní stav tetřeva, s možnými negativními dopady na tělesné funkce a celkovou kondici. Rovněž jiné venkovní rekreační aktivity působí negativně. Důvodem je hluk vytvářený lidmi, ve spojení s těmito aktivitami. Tetřev je na něj velmi citlivý (Thiel et al., 2005).

Na základě dosažených výsledků je doporučeno zabránit vytváření nových lyžařských oblastí v místech, kde by mohlo dojít k rušení tetřeva. Rovněž aby se stávající rekreační oblasti dále nerozvíjely v jejich biotopech nebo v jejich blízkosti. V oblastech, kde se stanoviště tetřeva hlušce překrývá s lidskými zimními rekreačními činnostmi, by plány péče měly zajistit ochranu těchto lokalit, bez přístupu člověka (Thiel et al., 2008). Také zavést předpisy, vyžadující, aby turisté zůstávali na značených stezkách a zabránit činnostem mimo stezku v hlavních oblastech tetřeva hlušce (Thiel et al., 2007).



Obr. 4: Tetřev hlušec (*Tetrao urogallus*) (Laakso, 2020)

14 VLIV STRESU NA PAPOUŠKY

Papoušci jsou oblíbenými společníky. Protože si vybírají jen jednoho člena jako svého partnera, dávají najevo kromě lásky i žárlivost. Zcela se oddají druhému, ale totéž očekávají na oplátku i oni. V případě, že si připadají opuštění, necítí zájem, nevěnuje se jim dostatek pozornosti, může být škrábání jedním z projevů strádání (Cussen & Mench, 2015).

Stejně jako lidé, tak i papoušci mají totiž různou povahu a stres zvládají po svém. Jestliže bude žít ve stejných podmínkách více papoušků, nebude mít každý jedinec stejnou reakci a nebude vykazovat stejnou míru stresu. Úzkosti, smutek, deprese, zažívají ptáci náchylnější k neurotickým projevům, stejně jako lidé, kteří jsou všeobecně citlivější a vše vnímají intenzivněji. Zatímco ptáci projevující extrovertní chování vykazují větší odolnost vůči stresu. Záleží tedy na jednotlivci, typu osobnosti a rovněž na genetické výbavě. To jsou aspekty, které ovlivňují zvládání stresu (Cussen & Mench, 2015).



Obr. 5: Aratinga žlutý (*Guaruba guarouba*) (Společnost Laguna, 2020)

15 PAPOUŠCI – ZAJETÍ

Nedávný výzkum využívající záznamy zoo ukázal, že zatímco někteří papoušci se v zajetí mohou dožít vysokého věku (v některých případech více než 20 let), střední maximální délka života je u většiny druhů obvykle méně než 30 % této doby. Zdá se, že pokrok v chovu ptáků má za následek delší životnost papoušků v zoologických zahradách. A přestože se jim dostává kvalitní péče, mohou někteří papoušci strádat, protože jejich životní potřeby nemusí být uspokojeny. Tento způsob života má vliv nejen na psychiku ptáků, ale i na fyziologické změny jako je např. nízký počet spermií, nízká kvalita spermií nebo vaječ a úmrtnost embryí. Rovněž obezita, nedostatek pohybu a špatná výživa mají dopad na reprodukční výkon, zdraví, přežití a jsou běžné u zvířat chovaných v zajetí (Larcombe et al., 2015).

Ptáci chovaní v zajetí, mají ve srovnání s ptáky divokými oslabené reakce stresových hormonů. Stres způsobený ptákům chovem v zajetí lze částečně eliminovat vhodnými podmínkami chovu. Jako zásadní se považuje kvalitní strava, bohatá na vitamíny, antioxidanty. Ty jsou důležité pro správnou obranyschopnost organismu, odolnost vůči virům, parazitům, bakteriím, snižují oxidační stres. Stejně důležité jsou velké klece, které ptákům umožňují volnější pohyb. Ten je důležitý nejen pro snižování fyziologického stresu, ale i pro psychickou pohodu ptáků (Larcombe et al., 2015).

16 DISKUZE

Z provedené rešerše vyplývá mnoho zajímavých poznatků. Mezi ty zásadní řadím vliv lidské populace na přirozená stanoviště tetřevů ve volné přírodě. Tito ptáci jsou velmi citliví na hluk a špatně snáší přítomnost lidí v místech jejich výskytu. Během několika desítek let se populace tetřeva rapidně snížila, a to bohužel v důsledku neohleduplného chování lidí, rovněž nerespektování jejich přirozených potřeb.

Tento stres měl za následek nejen fyziologické změny v organismu, ale především se projevil změny v chování. Tetřevi se přesouvali na jiné lokality, protože se cítili ohroženi ve svém teritoriu. Dále se zjistilo, že chronický stres ovlivňuje i jejich reprodukci, což má za následek snížení populace, která je už i tak nízká. Hladina stresových hormonů se měřila pomocí odběru vzorků trusu. Tato metoda se považuje za nejvhodnější, a to z důvodu šetrnosti. Snižuje se riziko stresování ptáků, protože např. při odběru krve jsou jedinci vystaveni stresu z důvodu manipulace s nimi, což není žádoucí.

Dále mě zaujaly studie související s predací, přesněji simulace útoku dravce na ptáky, za použití nahrávek jejich volání a křiku. Už jen pouhý zvuk vyvolal stejnou stresovou reakci jako reálný útok. To dokazuje, jak osa hypotalamus-hypofýza-nadledviny reaguje shodně, jestliže vyhodnotí situaci jako ohrožující. Bez ohledu na to, zdali je útok skutečný nebo jen fiktivní, spouští se v organismu stejná reakce. Téměř okamžitě se do krevního oběhu vyplavují stresové hormony, především kortikosteron, dále pak adrenalin a noradrenalin. Působení těchto hormonů připravuje ptactvo na případné ohrožení a útok predátora.

Nezanedbatelná je i problematika šubání peří ptáků ve stresu. Děje se tak zejména u papoušků, kteří se chovají jako domácí mazlíčci. Nevhodné zacházení či nedostatek pozornosti působí negativně na jejich psychiku, což může snížit imunitu a přispívat k fyzickému onemocnění. Šubání peří tedy představuje velmi vážný problém. Tímto sebedestruktivním chováním projevují úzkost, osamělost atd. Důsledkem tohoto chování jsou holá místa na těle papouška a porušená kůže, což může vést k závažným infekcím. Léčba se proto netýká jen fyzických projevů papouška, ale především jeho psychiky.

17 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývala analýzou výsledků studií působení vlivu stresu na ptáky. S tím související zvyšování sekrece adrenokortikosteroidních hormonů, vylučovaných ve stresových situacích, které ovlivňují fyziologické procesy v organismu.

Výsledky analýz prokazují spojitost vlivu stresu a snížené obranyschopnosti. Rovněž, že oxidační stres oslabuje imunitní systém a v případě nedostatečné eliminace volných radikálů dochází k destruktivním změnám v buňkách, což vede k předčasnému stárnutí, snížené obranyschopnosti, negativním fyziologickým změnám a může vést dokonce i k zániku jedince.

V této práci bylo předloženo, že krátkodobé působení stresu nepůsobí závažnější poškození organismu a dokonce je tzv. eustres potřebný pro udržení pozornosti, obezřetnosti pro zachování zdraví a život. Rovněž, že působení dlouhodobého stresu oslabuje organismus, stává se chronickým a působí destruktivně jak na tělo, tak na psychiku a chování ptáků. Může způsobovat úzkosti, deprese, stejně jako u lidí. Do jaké míry, to závisí na více okolnostech a také na povaze jedince. Každý pták je osobnost a rodí se s určitými predispozicemi, jak bude odolný vůči stresu.

Po analýze výsledků studií, týkajících se působení stresorů shledávám jako závažný problém právě v této oblasti. Konkrétně světelné znečištění a antropogenní hluk se ukazují jako zásadní problematika, zejména ve městech a příměstských oblastech. Tyto stresory škodí nejen ptactvu, ale i lidem. Bylo by proto vhodné uvažovat o změnách, které by byly prospěšné pro zdraví nejen fyzické, ale i psychické.

Hluk a umělé světlo ovlivňují biorytmy. To má mimo jiné vliv i na spánek, který je velmi potřebný, dochází při něm k obnově buněk, což je naprosto klíčové pro regeneraci organismu a celkový dobrý zdravotní stav nejen ptáků, ale každé živé bytosti.

18 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Burton, G. J., et Jauniaux, E., 2011: Oxidative stress. Best practice & research Clinical obstetrics & gynaecology 25(3): 287–299.

Casagrande, S., Zsolt Garamszegi, L., Goymann, W., Donald, J., Francis, C. D., Fuxjager, M. J.,... Hau, M., 2018: Do seasonal glucocorticoid changes depend on reproductive investment? A comparative approach in birds. Integrative and comparative biology 58(4), 739–750.

Clinchy, M., Sheriff, M. J., Zanette, L. Y., 2013: Predator-induced stress and the ecology of fear. Functional Ecology 27(1): 56–65.

Costantini, D., Greives, T. J., Hau, M., Partecke, J., 2014: Does urban life change blood oxidative status in birds? Journal of Experimental Biology 217(17): 2994–2997.

Cussen, V. A., et Mench, J. A., 2015: The relationship between personality dimensions and resiliency to environmental stress in orange-winged amazon parrots (*Amazona amazonica*), as indicated by the development of abnormal behaviors. PLoS One 10(6): e0126170.

Ferencík, M., 2005: Imunitní systém: informace pro každého. Grada, Praha.

Fischer, C. P., et Romero, L. M., 2016: The use of α - or β -blockers to ameliorate the chronic stress of captivity in the house sparrow (*Passer domesticus*). Conservation physiology 4(1): cow049.

Fucikova, J., Palova-Jelinkova, L., Bartunkova, J., Spisek, R., 2019: Induction of tolerance and immunity by dendritic cells: mechanisms and clinical applications. Frontiers in immunology 10: 2393.

Herrera-Dueñas, A., Pineda-Pampliega, J., Antonio-García, M. T., Aguirre, J. I., 2017: The influence of urban environments on oxidative stress balance: a case study on the house sparrow in the Iberian Peninsula. Frontiers in Ecology and Evolution 5: 106.

Hořejší, V., Bartůňková, J., Brdička, T., Špíšek, R., 1998: Základy imunologie. Triton, Praha.

Chávez-Zichinelli, C. A., Macgregor-Fors, I., Quesada, J., Talamás Rohana, P., Romano, M. C., Valdéz, R., & Schondube, J. E., 2013: How Stressed are Birds in an Urbanizing Landscape? Relationships Between the Physiology of Birds and Three Levels of Habitat Alteration: ¿ Qué Tan Estresadas Están las Aves en un Paisaje Urbanizado? Relaciones Entre la Fisiología de las Aves y Tres Niveles de Alteración de Hábitat. *The Condor* 115(1): 84–92.

Isaksson, C., 2015: Urbanization, oxidative stress and inflammation: a question of evolving, acclimatizing or coping with urban environmental stress. *Functional Ecology* 29(7): 913–923.

Jelínek, P., et Koudela K., 2003: Fyziologie hospodářských zvířat. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno.

Larcombe, S. D., Tregaskes, C. A., Coffey, J., Stevenson, A. E., Alexander, L. G., Arnold, K. E., 2015: Oxidative stress, activity behaviour and body mass in captive parrots. *Conservation physiology* 3(1).

Martin, L. B., et Rubenstein, D. R., 2008: Stress hormones in tropical birds: patterns and future directions. *Ornitologia Neotropical* 19, 207–218.

Nordt, A., et Klenke, R., 2013: Sleepless in town—drivers of the temporal shift in dawn song in urban European blackbirds. *PloS one* 8(8): e71476.

Palme, R., Rettenbacher, S., Touma, C., El-Bahr, S. M., Möstl, E., 2005: Stress hormones in mammals and birds: comparative aspects regarding metabolism, excretion, and noninvasive measurement in fecal samples. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1040(1): 162–171.

Roncalli, G., Colombo, E., Soler, M., Tieleman, B. I., Versteegh, M. A., Ruiz-Raya, F., ... Ibáñez-Álamo, J. D. (2018). Nest predation risk modifies nestlings' immune function depending on the level of threat. *Journal of Experimental Biology* 221(10).

Roncalli, G., Soler, M., Tieleman, B. I., Versteegh, M. A., Ruiz-Raya, F., Colombo, E., ... Ibáñez-Álamo, J. D., 2020: Immunological changes in nestlings growing under predation risk. *Journal of Avian Biology* 51(4).

Scanes C. G., ed., 2014: *Sturkie's avian physiology*. Elsevier.

Selye, H., 1975: Homeostasis and heterostasis. In Trauma (pp. 25–29). Springer, Boston, MA.

Thiel, D., Jenni-Eiermann, S., Braunisch, V., Palme, R., Jenni, L., 2008: Ski tourism affects habitat use and evokes a physiological stress response in capercaillie *Tetrao urogallus*: a new methodological approach. *Journal of applied ecology* 45(3): 845–853.

Thiel, D., Jenni-Eiermann, S., Palme, R., 2005: Measuring corticosterone metabolites in droppings of capercaillies (*Tetrao urogallus*). *Annals – New York Academy of Sciences* 1046: 96.

Thiel, D., Ménoni, E., Brenot, J. F., Jenni, L., 2007: Effects of recreation and hunting on flushing distance of capercaillie. *The Journal of Wildlife Management* 71(6): 1784–1792.

Toman, M., Bárta, O., Dostál, J., Faldyna, M., Holáň, V., Hořín, P., 2000: *Veterinární imunologie*. Grada, Praha.

Touma, C., et Palme, R., 2005: Measuring fecal glucocorticoid metabolites in mammals and birds: the importance of validation. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1046(1): 54–74.

Večeřová-Procházková, A., et Honzák, R., 2008: Stres, eustres a distres. *Interní medicína pro praxi* 10(4), 188–192.

Zanette, L. Y., White, A. F., Allen, M. C., Clinchy, M., 2011: Perceived predation risk reduces the number of offspring songbirds produce per year. *Science* 334(6061): 1398–1401.

Internetové zdroje - fotografie

Laakso T., 2020: *Tetrao urogallus*. Creative Commons (online) [cit. 2021.03.01], dostupné z <<https://search.creativecommons.org/photos/0317323f-0c0c-4873-8844-54fd3da945c4>>.

Společnost Laguna, 2020. (online) [cit. 2021.03.01], dostupné z <<https://www.spolecnostlaguna.cz/cs/>>.

Ostatní

Anderle M., 2020: autor fotografie (obr. 2).

Doušová L., 2019: autorka fotografie (obr. 3).

Sturkie's Avian Physiology (Scanes, 2014) obrázek v knize str. 770.

19 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Sturkie's Avian Physiology (Scanes, 2014)	6
Obr. 2: Vrabec domácí (<i>Passer domesticus</i>) (Anderle, 2020)	18
Obr. 3: Kos černý (<i>Turdus merula</i>) (autorka práce, 2019)	26
Obr. 4: Tetřev hlušec (<i>Tetrao urogallus</i>) (Laakso, 2020)	28
Obr. 5: Aratinga žlutý (<i>Guaruba guarouba</i>) (Společnost Laguna, 2020)	29