

Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra ekologie a životního prostředí



Preferovaný listový opad vybraných druhů suchozemských stejnonožců

Tereza Królová

Bakalářská práce

předložená

na Katedře ekologie a životního prostředí

Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků

na získání titulu Bc. ve studijním programu

Biologie a environmentální výchova pro vzdělávání/Geografie pro vzdělávání

Vedoucí práce: doc. RNDr. Mgr. Ivan Hadrián Tuf, Ph.D.

Olomouc 2023

Krůlová T. 2023. Preferovaný listový opad vybraných druhů suchozemských stejnonožců [bakalářská práce]. Olomouc: Katedra ekologie a životního prostředí PřF UP v Olomouci. 39 s. 1 příloha, česky.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se věnuje potravním preferencím suchozemských stejnonožců, kteří se podílejí na koloběhu živin rozkladem listového opadu. Pro experiment byly vybrány tři druhy, konkrétně synantropní druhy stínka obecná a stínka zední a lesní druh stínka Rathkeho. Těmto druhům byly v potravních testech nabídnuty čtyři druhy listového opadu (dub, javor, olše a líska). Dřeviny, vybrané pro sběr opadu, byly použity z důvodu skladby lesa na lokalitě lesního druhu. Během osmi týdnů konzumace lesního druhu byla poměrně vyrovnaná a tato stínka konzumovala všechny čtyři druhy opadu. Synantropní druhy postupně konzumaci nabídnuté potravy snižovaly a zcela odmítaly opad dubu. V potravních testech vyšla u všech druhů jako nejvíce preferovaná dřevina olše, zatímco dub bohatý na třísloviny a lignin byl konzumován nejméně po celou dobu experimentu.

Klíčová slova: listový opad, *Oniscus asellus*, *Porcellio scaber*, potravní preference, Střeň, suchozemští stejnonožci, *Trachelipus rathkii*

Krůlová T. 2023: Preferred leaf litter of selected woodlice species [bachelor's thesis]. Olomouc: Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacký University Olomouc. 39 pp., 1 Appendices. In Czech.

Abstract

This work aims to study the food preference of terrestrial isopods that participate in the nutrient cycle by decomposing leaf litter. Three species were selected for the experiment, namely the synanthropic species *Porcellio scaber* and *Oniscus asellus* and the forest species *Trachelipus rathkii*. Four types of leaf litter (oak, maple, alder, and hazel) were offered in the food tests. The wood species selected for litter collection have different chemical structures and were chosen based on the age of the forest at the site in Střeň village. The isopods were kept in a thermostat during the experiments. A total of 15 measurements took place. The results were evaluated using the statistical method ANOVA and the Tukeyho test. In the food tests, alder proved to be the most preferred tree, while oak, rich in tannins and lignin, was the least consumed throughout the experiment.

Key words: leaf litter, *Oniscus asellus*, *Porcellio scaber*, food preferences, Střeň, terrestrial isopoda, *Trachelipus rathkii*

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením doc. RNDr. Mgr. Ivana Hadriána Tufa, Ph. D., a jen s použitím citovaných literárních pramenů.

V Olomouci 8. května 2023

Obsah

Seznam obrázků	vii
1. Obecná charakteristika suchozemských stejnonožců.....	1
1.1. Stavba těla	1
1.2. Potravní preference.....	4
2. Cíle práce	6
3. Metodika	7
3.1. Lokalita.....	7
3.2. Suchozemští stejnonožci	8
3.3. Opad	9
3.4. Experimenty	11
3.5. Statistická analýza dat	11
4. Výsledky	12
4.1. Stínka zední	12
4.2. Stínka obecná	13
4.3. Stínka Rathkeho	14
5. Diskuze.....	16
6. Závěr	19
7. Zdroje	21
Příloha A	26

Seznam obrázků

Obrázek 1: Schéma stavby těla Porcellio scaber (Frankenberger, 1959).....	2
Obrázek 2: Mapa vybrané lokality	8
Obrázek 3: Graf konzumace jednotlivých druhů listového opadu stínkou zední	12
Obrázek 4: Průměrná konzumace jednotlivých druhů opadu stínkou zední během experimentu (průměr a rozptyl).....	13
Obrázek 5: Graf konzumace jednotlivých druhů listového opadu stínkou obecnou	14
Obrázek 6: Průměrná konzumace jednotlivých druhů opadu stínkou obecnou během experimentu (průměr a rozptyl).....	14
Obrázek 7: Graf konzumace jednotlivých druhů listového opadu stínkou Rathkeho.....	15
Obrázek 8: Průměrná konzumace jednotlivých druhů opadu stínkou Rathkeho během experimentu (průměr a rozptyl).....	15

Poděkování

Na prvním místě ráda bych poděkovala doc. RNDr. Mgr. Ivanu Hadriánu Tufovi, Ph. D. za odborné vedení, spolupráci a veškeré poskytnuté rady, které mi pomohly k dokončení této bakalářské práce. Chci také poděkovat všem, kteří se mnou měli trpělivost po dobu tvorby bakalářské práce a podporovali mě.

1. Obecná charakteristika suchozemských stejnonožců

Skupina suchozemských stejnonožců (Oniscidea) patří do řádu stejnonožci (Isopoda), ten náleží do třídy rakovci (Malacostraca) a vše zařazujeme do podkmenu korýši (Crustacea) (Hornung, 2011). Tato skupina stejnonožců je známá pod všeobecným názvem stínky (Tajovský a Mlejnek, 2015).

Celosvětově je známo přes 10 000 druhů stejnonožců (Wilson, 2008), suchozemští stejnonožci zabírají asi třetinu celkového počtu druhů (Schmalfuss, 2003). Stejnonožci se vyskytují ve vodách (sladkých i slaných) a na souši (Smrž, 2015).

Stejnonožci podřádu Oniscidea se v průběhu evoluce začali přizpůsobovat suchozemskému způsobu života a postupně opustili vodní prostředí (Hornung, 2011). Pozdní prvohory byly období prvních stejnonožců, největší rozmach nastal až v křídovém období (Lins a kol., 2012). Nemají srostlé zadečkové články, mají pouze jeden viditelný pár tykadel, dosahují velikostí od 2 do 30 mm (König, 2006). Pro příjem kyslíku se u suchozemských stejnonožců vyvinuly během adaptace na suché prostředí vzdušnicové plíce. Jejich povrch je zvětšován vnitřními záhyby (Hoese, 1982a).

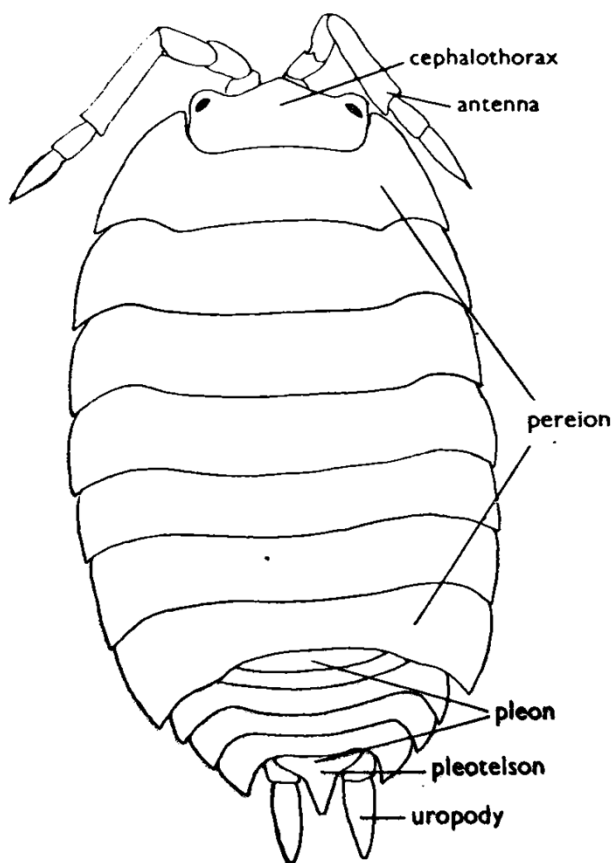
Rozšíření suchozemských stejnonožců se pohybuje od pouští až k mořským pobřezím a obývají také vysoké nadmořské výšky (Vandel, 1960). Jedná se o organismy stínomilné, během dne se skrývají před slunečním svitem na spodní straně kamenů, pod kůrou, u synantropních druhů je můžeme nalézt i pod cihlami (Anděra, 2003). Suchozemští stejnonožci se snaží minimalizovat ztráty vody tím, že tisknou svou břišní stranu těla do vlhkého podkladu (půda, tlející dřevo) – jsou to hygrofilní organismy. Některé druhy zvládnou přežít krátkodobě suché prostředí, např.: svinka obecná je aktivní i za plného dne a vysušení se brání volvací – svinutí svého těla do kuličky (König, 2006).

Mezi druhy naší fauny můžeme zařadit například svinku obecnou (*Armadillidium vulgare*), stínku zední (*Oniscus asellus*), či stínku obecnou (*Porcelio scaber*).

1.1. Stavba těla

Tělo stejnonožců dělíme na hlavohrud' (cephalothorax, někdy také hlava), hrud' neboli pereion a zadeček neboli pleon. Samotná hlavohrud' je tvořena sedmi segmenty, horní strana je mírně klenutá a tvoří tak temeno. Na hlavě jsou po stranách umístěny

dvě složené oči s počtem omatidií (jednotlivá očka) mezi 20 a 30, u menších druhů jsou očka tři či jedno, některé druhy oči nemají. Z hlavy vyrůstají tykadla dva páry tykadel, první pár (antennulae) je zakrnělý, tvořen 1–3 články, jejich povrch je pokryt drobnými brvami. Druhý pár je nápadně dlouhý. Pereion je tvořen sedmi volnými články, předchozí hrudní článek splývá s články hlavy – vytvořena hlavohruď. Kutikula suchozemských stejnonožců je silně chitinizována a inkrustována vápenatými solemi. Končetiny jsou rozděleny na dva oddíly – vnitřní (endopodit) a vnější (exopodit). Dorzální strana může být hladká, lesklá nebo pokrytá výstupy kožních žláz, ovšem barevně se jedná o odstíny šedé, hnědé a černé (Frankenberger, 1959). Drobné půdní druhy jsou bez pigmentu, pokožkou často prosvítá narůžovělá či oranžová barva hemolymfy.



Obrázek 1: Schéma stavby těla *Porcellio scaber* (Frankenberger, 1959)

Svalová soustava stejnonožců je tvořena příčně pruhovanými svaly. Svazky pruhovaného svalstva se upínají na skelet za pomoci tonofibril (plasmatických drobných vláken). Žebříčkovitá nervová soustava s uzlinami je typická pro stejnonožce. Cévní soustava je otevřená, srdce uloženo v perikardiální dutině v pleonu (Frankenberger, 1959).

Jako všichni korýši i Isopoda mají tělní pokryv ze tří vrstev. První vrstva je chitinová (tzv. exoskelet), druhá vrstva je pokožka (epidermis) tvořená chitinogenním epitelem a poslední vrstva je vazivová. Samotný chitonogenní epitel tvoří vnější povrch těla, a to chitinovou vrstvu – síla vrstvy se liší podle tělních částí, např.: nejsilnější je na kusadlech, ale také podle jednotlivých druhů. Ve vazivové vrstvě můžeme nalézt pigmentové buňky (melanofory), které ovlivňují barvu organismu (Frankenberger, 1959).

Svlékání je nutnou podmínkou pro růst živočicha (Verhoeff, 1940, Arcangeli 1943-1948a). Suchozemští stejnonožci se svlékají i v dospělém stavu, kdy už dosáhli své plné velikosti. Živočich, který se chystá svlékat, přestává přijímat potravu a nepohybuje se. Suchozemští stejnonožci svlékají nejprve zadní část exoskeletu a po 24–48 hodinách svleče přední část. Suchozemští stejnonožci požírají své svlečené exuvie jako snahu doplnit uhličitan vápenatý ztracený svlékáním (Frankenberger, 1959).

Trávicí soustava

Trávicí soustava stejnonožců je vlastně pouze přímá trubice skládající se z předního střeva, středního střeva a zadního střeva. Přední střevo a zadní střevo jsou stejného původu, a to z ektodermu, zatímco střední střevo je mezodermálního původu (Schmitz a Schulz, 1969). Oniscidea je nejúspěšnější skupina v kolonizaci souše mezi korýši mimo jiné proto, že mají ve střevě symbiotické bakterie, jež pomáhají samotnému trávení (Horváthová, 2014).

Přední střevo je situováno od ústní dutiny přes jícen až k žaludkům (srdeční a pylorická komora). Navíc střevo vyztužuje chitinová vrstva (Schmitz a Schulz, 1969) Přední střevo má mechanickou a filtrační funkci (Štrus, 2008). Střední střevo je přímé spojení předního a zadního střeva, má dva páry hepatopankreatických slepých laloků, které pomáhají při trávení a vstřebávání živin. Hepatopankreas suchozemských stejnonožců je bohatý na intracelulární bakterie (Štrus, 2008), má trávicí a vstřebávací funkci (Hassall a Jennings 1975; Hames a Hopkin 1989). V hepatopankreatu stejnonožců žijí dvě hlavní skupiny mikrobiální fauny: „*Candidatus* Hepatoplasma crinochetorum“ a „*Candidatus* Hepaticola sp.“ (Wang, 2004). Tyto bakterie se nevyskytují společně a nejpravděpodobnější infekce do střev stejnonožců je tím, že se krmí mrtvými stejného druhu, neboť tyto bakterie nebyly nalezeny ve výkalech, půdě ani v listovém opadu (Brandstädter a Zimmer, 2008).

Zadní střevo je krátké a vyústuje v řitní otvor (Schmitz a Schulz, 1969). Úlomky potravy jsou sežvýkány, stlačují se a filtrují do zadního střeva, kde jsou smíchány se

sekrety z hepatopankreatu (Hames a Hopkins, 1989; Hassall a Jennings 1975; Hryniewiecka-Szyfter a Storch, 1986).

1.2. Potravní preference

Suchozemští stejnonožci patří mezi efektivní makrodekompozitory. Krmí se převážně listovým opadem, houbami, řasami, všechno ovšem musí být ve fázi rozkladu. Jsou to rozkladači hmoty a zaujmají tak místo v dekompozičním řetězci transformace organické hmoty v půdním prostředí. Některé druhy mají schopnost přežít i v znečištěném prostředí, kde by jiné druhy bezobratlých nepřežily, a v daném místě by byl nízký počet dekompozitorů. Stejnonožci si vytvořili různé potravní strategie, zahrnující koprofáгии a v některých případech i kanibalismus (König, 2006).

Listový opad

Pro les je listový opad významný, protože se jedná o odumřelou biomasu s obsahem živin, které rostlinám opět během dekompozice zpřístupňuje edafon. V jehličnatých lesích je opad tvořený hlavně těžko rozložitelnými jehlicemi, obsahujícími hlavně vosky a fenolické látky, při rozkladu tak okyselují půdy a saprofágni bezobratlí dosahuje nižších abundancí i diverzity než v lesech listnatých či smíšených. Při příznivé diverzitě listového opadu (opad z více druhů stromů) se zvýší biodiverzita půdní fauny.

Rozkladači, mikroorganismy a bezobratlí živočichové, se podílejí na mělnění odumřelé biomasy a žijí v povrchových vrstvách půdy. Tyto organismy zajišťují uvolňování živin do půdy, aby byly dostupné pro další rostliny (Šantrůčková, 2021). Nejvíce obývané vrstvy mezofaunou a makrofaunou v lese jsou právě organické vrstvy, vlhké vrstvy listového opadu listnatých lesů (Schlaghamerský a kol., 2020).

Koprofágie

Saprofágni organismy žijící v půdě (včetně suchozemských stejnonožců) významně přispívají k výživě rostlin, kromě toho také projevují koprofágni chování; pojídají výkaly, které vyprodukovali sami nebo jiní živočichové. Živiny jsou snadněji uvolňovány z výkalů saprofágniho hmyzu než z listového opadu (Zimmer, 2002). Koprofágie může být významným způsobem pro získání mědi a dalších prvků, které nemohou být stejnonožci získány z listového opadu (Wieser, 1968). Na druhou stranu mohou být výkaly pro stejnonožce lákavé díky mikrobiálním enzymům, vytvořených mikroorganismy, vhodných pro odbourávání těžko stravitelných sloučenin (Hassall a Rushton, 1982; Ullrich a kol., 1991). Někdy nejsou schopni stejnonožci dostávat

dostatek potřebných živin z potravy v okolí, a proto se uchylují ke koprofágii bez ohledu na to, zda jsou výkaly kolonizovány mikroorganismy. Výkaly jsou pro ně nutričně přínosnější než listový opad, ze kterého výkaly pocházejí. Ovšem záleží na samotné stravitelnosti listů (Kautz a kol., 2002).

Druhy jako je stínka obecná upřednostňují agregační chování: ve skupině mají dostatek potravy, jelikož využívají sekundární zdroj potravy – výkalů (Hassall a kol., 2005; Hassall a Rushton, 1982)

Je známo, že ekskrementy obsahují více bakterií než běžná strava a že stejnonožci s možností požírat vlastní trus rostou rychleji v porovnání s těmi, kteří přístup k výkalům nemají (Carefoot, 1993). Toto tvrzení je v souladu s výzkumem Ullricha a kol. (1992), kteří zkoumali vliv koprofagie na růst druhu stínky zední. U juvenilních jedinců chovaných bez přístupu k vlastním výkalům došlo k podstatně nižšímu nárůstu tělesné hmotnosti než u kontrolních skupin. Kautz a kol. (2002) ve své studii uvedli, že koprofágní chování u stínky obecné ovlivnilo rychlost spotřeby, růst a stravitelnost, ale pouze po konzumaci naočkovaných zdrojů potravy. Na tuto strategii je možné se dívat jako na vícefaktorovou, vyvinutou za účelem optimalizace využívání živin suchozemskými stejnonožci (Ullrich a kol., 1992).

2. Cíle práce

Cílem bakalářské práce je ověřit, zda jednotlivé druhy pokusných organismů preferují v laboratorním prostředí listový opad ze specifického druhu stromu či konzumují veškerou nabídnutou potravu, zda je rozdíl v potravní preferenci mezi lesním druhem a druhy městskými. Otázkou je, zda lesní druhy preferují stromy, které jsou v lese dominantní nebo stromy méně časté, ale s „měkčí“ stavbou listů.

3. Metodika

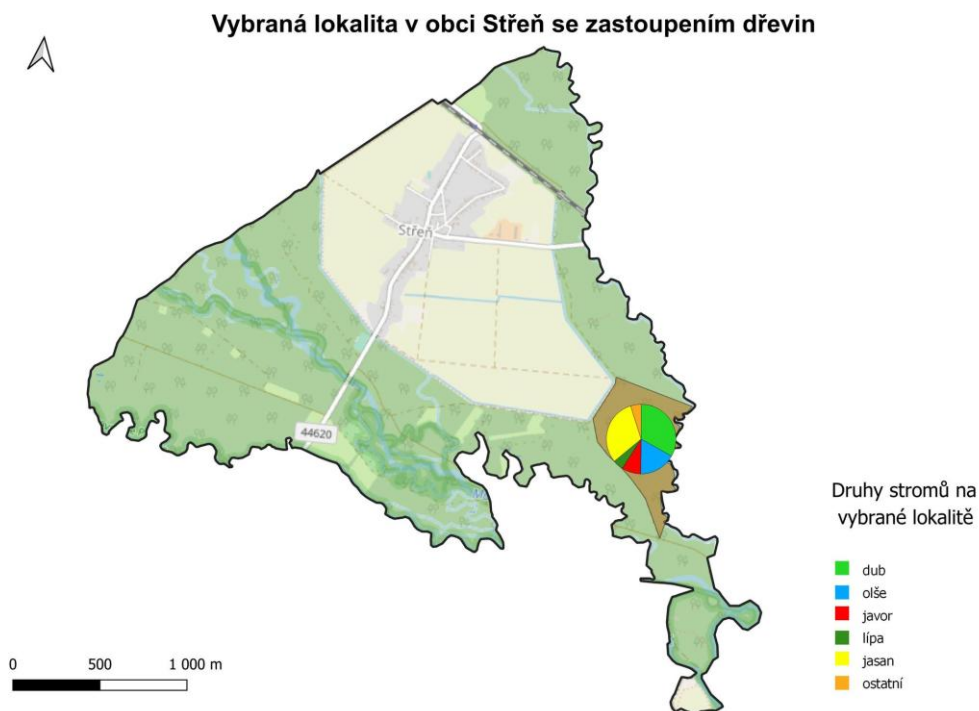
Pro výzkum v laboratoři byla zvolena metoda, kdy je jedincům předkládán různý listový opad a je pozorováno, který je nejvíce preferován. Nejprve proběhl v listopadu sběr jedinců ve smíšeném lese, ze stejné lokality byl posbírán i listový opad. Synantropní druhy byly nasbírány na zahradním kompostu.

3.1. Lokalita

Lokalita byla vybrána na území obce Střeň v okrese Olomouc na základě informací o dřevinném složení lesa z geoportálu Lesů ČR a její snadné dostupnosti vlakem z Olomouce. Nacházejí se zde lužní lesy, jimiž kolem vybrané lokality protéká Benkovský potok a tvoří tak jeho hranici (Geoportál, 2023).

Střed lokality leží na souřadnicích 49°40'56.70" s. š. a 17°10'18.92" v. d., plocha je 21,5 ha, z toho 20,93 ha (obvod 2,1 km) patří do CHKO Litovelského Pomoraví a tím do druhého zóny CHKO (Hospodářská kniha, 2020) – to lze vysvětlit tím, že plocha není celistvá a část území se nachází za Benkovským potokem a nepatří již do CHKO, v této oblasti také nebyli sbíráni bezobratlí. Les u obce Střeň, kde byl prováděn sběr bezobratlých je řazen jako EVL (Evropsky významná lokalita) a také jako ptačí oblast.

Celistvá vybraná oblast lužního lesa je tvořena listnatými stromy, hlavně duby (zastoupení 33,11 %), jasanů (31,1 %), olšemi (17,15 %) a javory (8,84 %). Lísky byly zastoupeny pouze shlukem několika málo stromů na okraji lesa blíže potoku. Les byl vybrán z důvodu stáří stromů, kdy duby dosahují průměrného věku 50 let, olše 22 let a javory 31 let, což odkazuje na poměrně starý les (Hospodářská kniha, 2020).



Obrázek 2: Mapa vybrané lokality

3.2. Suchozemští stejnonožci

Pro pokus byly na základě dostupnosti vybrány druhy stínka zední (*Oniscus asellus*), stínka obecná (*Porcellio scaber*) a stínka Rathkeho (*Trachelipus rathkii*). Na lokalitě bylo původně nasbíráno větší množství stejnonožců několika dalších druhů, tyto ale během experimenty uhynuly.

Stínka zední

Zbarvení stínky zední je matné, s nezřetelným tečkováním (Verhoeff, 1908c, Wächter, 1937). Stínka zední má ráda vlhká prostředí, hledá úkryty pod kameny, kůrou nebo spadlými kmeny. Synantropně se vyskytuje i ve sklepích či kompostech (Urbaňský, 1950). V ČR se vyskytují převážně na severozápadě, několik výskytů bylo potvrzeno i na severní Moravě a v Olomouckém kraji (Orsavová a Tuf, 2018). U nás druh obecně rozšířen, směrem na východ se jejich počet ztenčuje a populace se stávají vzácnější (Frankenberger, 1959).

Stínka obecná

Stínka obecná je synantropní druh (ve sklepích i sklenících) vyskytující se v každém kraji České republiky, nejhojněji zmapována je v severních a v severozápadních Čechách (Orsavová a Tuf, 2018). Stínky se hojně vyskytují po celé Evropě, nejvíce potom v teplejších a vlhkých oblastech, například oblast Středomoří. Podobná prostředí

jsou pro stínky vhodná, a tak je lze nalézt i v oblastech jižní Afriky či západní Austrálie (Broly a kol., 2012).

Zbarvení stínky obecné je variabilní od světlé hnědé až po černou, často mramorované zbarvení jedinců (Frankenberger, 1959). Dokáže inkrustovat svůj krunýř solemi, které získává z prostředí, jedná se především o vápenaté soli (Warburg, 1993). Ve svém těle – konkrétně v lysozomálních váčcích hepatopankreatu – jsou stínky obecné schopny kumulovat těžké kovy, jako jsou kadmium, měď, zinek a olovo (Dallinger a Rainbow, 1991). Až 3 % sušiny hmoty těla tvoří měď a zinek (Wieser, 1961).

Stínka Rathkeho

Stínky Rathkeho dosahují velikosti 15 mm, samci jsou o trochu menší než samice. Jsou skvrnitě žlutošedé s třemi nenápadnými pruhy (Sutton, 1980). Jedná se o druh obývajících hlavně lesní ekosystémy a rašeliniště. Některé druhy rodu *Trachelipus* jsou tolerantnější ke kyselému prostředí více než jiné druhy stejnonožců, patří mezi ně stínka lesní (*Trachelipus ratzeburgii*) i stínka Rathkeho (*Trachelipus rathkii*) (Antonović a kol., 2012). Rozšíření hojně v zalesněných oblastech jako jsou oblasti Ústeckého kraje, Litovelské Pomoraví, NP Podyjí, CHKO Poodří či v oblasti jižní Moravy (Orsavová a Tuf, 2018).

3.3. Opad

Pro experiment v laboratoři byly vybrány čtyři druhy dřevin hojně se vyskytující v místě sběru – dub, javor, líska a olše. Listů nejvíce zastoupených dubů představuje nejdostupnější potravu pro stejnonožce v lese na rozdíl od řídce zastoupené olše a lísky. Jednotlivé listy stromů také mají odlišnou stavbu listu.

Dub

Duby jsou vysoké (až 50 metrů) statné opadavé dřeviny s širokou nepravidelnou korunou a silnými větvemi. Borka stromu je načernalá, u některých druhů narezlá. Plodem je žalud (Musil, 2002). Jsou to dřeviny tolerantní k suchu, patří do naší původní flory, dnes jsou zastoupeny v naší krajině zhruba 7,6 % (ÚHUL, 2021) a je významnou hospodářskou dřevinou (Novák a kol., 2017).

Areálem rozšíření je Kavkaz, Ural a Evropa (do 63° s. š.). Duby zvládají i kyselé podloží, někdy rostou v nížinných luzích nebo sušších pahorkatinách

Dub letní (*Quercus robur*) má široce laločnaté obvejčité lysé listy se slabě viditelnou žilnatinou. List někdy lesklý, hladký se spoustou drobných žilek, díky nimž je list pevný (Musil, 2002).

Javor

Javory jsou opadavé jednodomé dřeviny převážně závislé na entomogamii. Dosahují výšky 20–40 m a dožívají se až 400 let. Kmen je přímý a válcovitý, borka je šedé barvy. Plodem je křídlatá dvounažka zelené až červené barvy. Listy jsou laločnaté.

Existuje 120–150 druhů rodu *Acer*, vyskytují se na severní polokouli od subtropického pásu k mírnému. Dřeviny lesnický i krajinářský významné (okrasné sadovnictví). V ČR máme tři původní druhy, introdukované druhy byly přivezeny do zahrad a parků. V lesích ČR byly javory zastoupeny 0,9 % (2001). Javory nemají dobrou regenerační schopnost a jsou ohrožovány okusováním a ohryzáváním dveře.

Javor klen (*Acer pseudoplatanus*) patří mezi naše nejvýznamnější dřeviny v lesnictví. Je dřevinou, která patří do polostínu, má vysoké nároky na vzdušnou i půdní vlhkost a je citlivý na teploty pod nulou. Dřevo kleny je tvrdé a jeho listy tuhé a pevné, velké od 7 cm do 20 cm. Menší větve s listím tzv. oklestí se kdysi využívalo do krmelců ke krmení (Musil, 2005).

Líska

Lísky jsou dřeviny s hladkou borkou šedé barvy a hnědými lenticelami. Lísky jsou stromy i keře s širokou korunou. Rovné kmene dosahují výšky 2–20 m. Plodem je 2 cm dlouhý oříšek. Rostou především v Evropě, v Asii a na severu Afriky do nadmořských výšek 1300 m. Preferují především okraje lesů či křoviny. Líska obecná (*Corylus avellana*) má okrouhlé listy se 6–7 páry silných postranních žilek (Musil, 2002).

Olše

Olše jsou opadavé keře nebo stromy. Kmeny dosahují výšky 0,5–20 m. Kmen je přímý a štíhlý – někdy vícekmenný, borka je šedohnědá až černohnědá. Plodem jsou drobné ploché nažky rezavě hnědé nebo červenohnědé barvy. Jsou známé jako pionýrské dřeviny.

Areál výskytu je v Evropě (ne na jejím severním okraji) a v Asii roste na Kavkazu. Olše mají rády vlhké půdy a hojně se vyskytují v luzích, na březích stojatých i tekoucích vod. Olše lepkavá (*Alnus glutinosa*) má obvejčité lepkavé listy s pilovitým okrajem. Na podzim opadávají ještě zelené listy velké 3–9 cm. Okolo žilek je list chlupatý (Musil, 2002).

3.4. Experimenty

Experimenty probíhaly v experimentálních boxech vyrobených z plastových lékárnických kelímků o průměru dna 6 cm a výšce 5 cm. Na dně takového boxu byl písek, který pomáhal udržovat dostatečnou vlhkost. Na písku ležel kruh filtračního papíru, obyčejnou tužkou rozdělený čarami na čtvrtiny. Do každého oddílu byl předkládán jiný typ potravy.

Listový opad čtyř uvedených druhů dřevin byl vysušen za pokojových podmínek. Z listů posléze byly běžnou kancelářskou děrovačkou na papíry vysekány kruhové terčíky. Každého druhu potravy byly stejnonožcům předloženy čtyři tyto terčíky, které byly rozprašovačem v experimentálním kelímku navlhčeny.

V každé krabičce byli 3–4 jedinci, jelikož použité druhy stejnonožců vykazují agregační chování a samostatně by mohli věnovat více času hledání jiných jedinců než konzumaci potravy. Boxy se stejnonožci byly umístěny v termostatu při konstantní teplotě 9 °C od 21. listopadu 2022 do 12. ledna 2023. Každé pondělí byl dáván do krabiček nový listový opad. Pokud byl ve čtvrtek zkonsumován, byl doplněn, pokud nebyl, zůstával až do dalšího měření v pondělí. Celkem bylo provedeno 15 měření. Zaznamenávanými hodnotami byl počet žijících/mrtvých stejnonožců a kvantita zkonsumované potravy každého druhu. Míra konzumace byla hodnocena jako odhad plochy zkonsumovaných koleček, u každého kolečka na škále 0 %, 1–25 %, 26–50 %, 51–75 % a 76–100 %. Do vyhodnocení se používaly pro dané intervaly hodnoty 0, 0,25, 0,5, 0,75 a 1.

3.5. Statistická analýza dat

Míra konzumace jednotlivých druhů opadu v jednotlivých experimentálních boxech byla zapisována do programu Excel. V tomto programu byly poté vytvořeny grafy znázorňující průběh konzumace během kontrol a grafy s průměrnou konzumací opadu jednotlivých druhů. Spojnice trendu byla využita pro analýzu změn míry konzumace. Analýza variance (ANOVA) byla v programu Excel vypočítána pro srovnání odlišností míry konzumace opadu pro jednotlivé druhy stínek. Tukeyho test byl následně vypočten pro dvojice opadů pro nalezení signifikantních rozdílů v jejich konzumaci na pětiprocentní hladině statistické významnosti

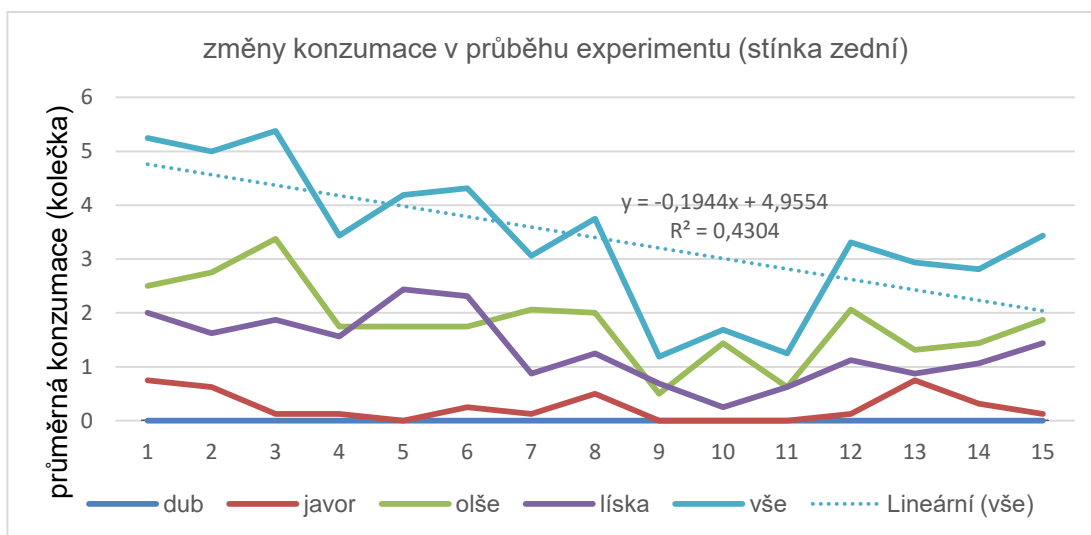
4. Výsledky

V této práci byla hodnocena míra konzumace listového opadu čtyř druhů dřevin, předkládaného v experimentálních boxech třem druhům stejnonožců.

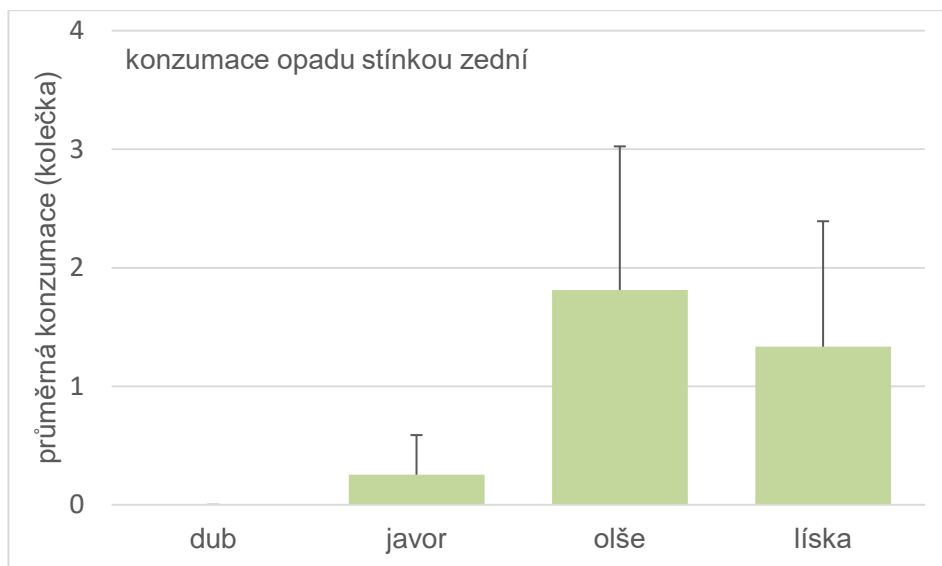
4.1. Stínka zední

Stínka zední konzumovala zpočátku poměrně velké množství opadu (obr. 3), jde o průměry ze čtyř boxů po třech jedincích. Celkové množství opadu jednotlivých dřevin v průběhu experimentu převážně klesalo, klesající trend mělo i celkové množství konzumovaného opadu (koeficient determinace R^2 je 0,43, takže proměnné sdílejí 43 % rozptylu), mezi délkou experimentu a množstvím celkové zkonzumované potravy byla signifikantní negativní závislost ($r = -0,656$, $p = 0,008$).

Průměrná konzumace konkrétního druhu dřeviny byla nejvyšší pro olšový opad, následovaná lískový opadem a opadem javoru (obr. 4), dubový opad konzumován nebyl. Analýza rozptylu (ANOVA) ukázala, že konzumace se signifikantně lišily ($F = 68,759$, $p < 0,001$). Tukeyho post-hoc test ukázal, že signifikantní rozdíly byly na pětiprocentní hladině významnosti mezi všemi dvojicemi opadu, vyjma dubu a javoru, jejichž konzumace se signifikantně nelišila.



Obrázek 3: Graf konzumace jednotlivých druhů listového opadu stínkou zední

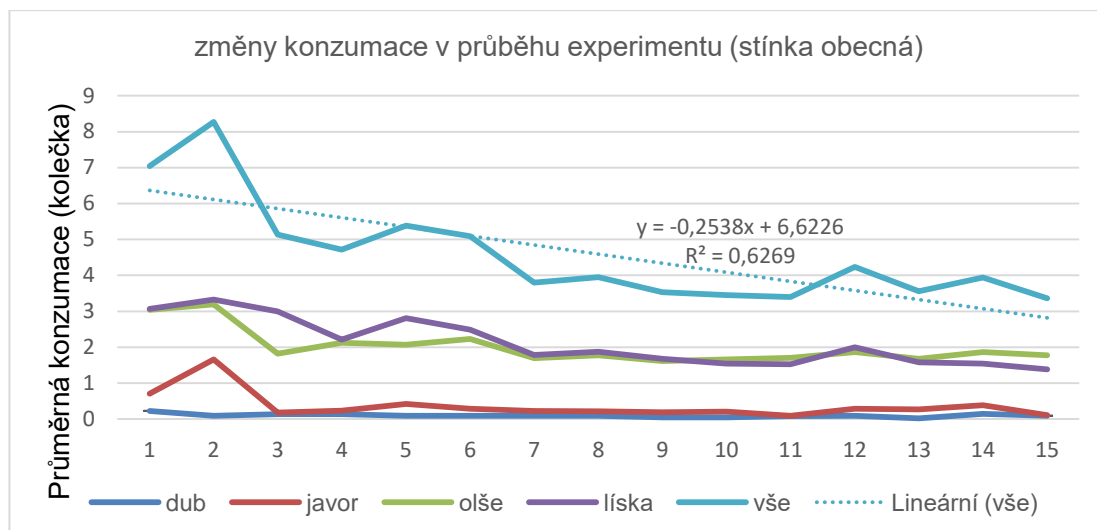


Obrázek 4: Průměrná konzumace jednotlivých druhů opadu stínkou zední během experimentu (průměr a rozptyl)

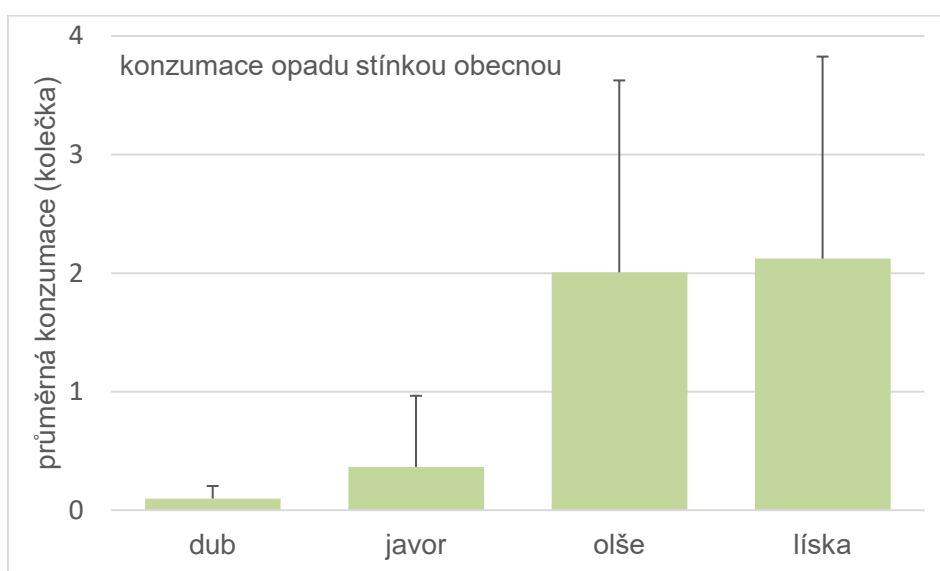
4.2. Stínka obecná

Tohoto druhu bylo testováno největší množství jedinců, 22 boxů s celkovým počtem 66 jedinců. Stínka obecná konzumovala zpočátku relativně velké množství opadu, nicméně množství postupně klesalo a od 7. kontroly už zůstalo stabilní (obr. 5). I celkové množství konzumovaného opadu mělo klesající tendenci (koeficient determinace R^2 je 0,63, takže proměnné sdílejí 63 % rozptylu), mezi délkou experimentu a množstvím celkové zkonzumované potravy byla silná signifikantní negativní závislost ($r = -0,792$, $p < 0,001$).

Průměrná konzumace konkrétního druhu dřeviny byla nejvyšší pro lískový a olšový opad, opad javoru a dubu byl konzumován v malém množství (obr. 6). Analýza rozptylu (ANOVA) ukázala, že konzumace se signifikantně lišily ($F = 371,270$, $p < 0,001$). Tukeyho post-hoc test ukázal, že signifikantní rozdíly byly na pětiprocentní hladině významnosti mezi všemi dvojicemi opadu, vyjma olše a lísky, jejichž konzumace se signifikantně nelišila. Při měření č. 7, 9 a 10 byla pozorována koprofágie v některých krabičkách (listový opad zůstal v některých boxech nedotčen, zatímco exkrementy mizely), což snížilo celkovou konzumaci listového opadu. Zároveň v měření číslo 12 v jednom boxu stínky měly málo potravy a začaly pojídat filtrační papír.



Obrázek 5: Graf konzumace jednotlivých druhů listového opadu stínkou obecnou



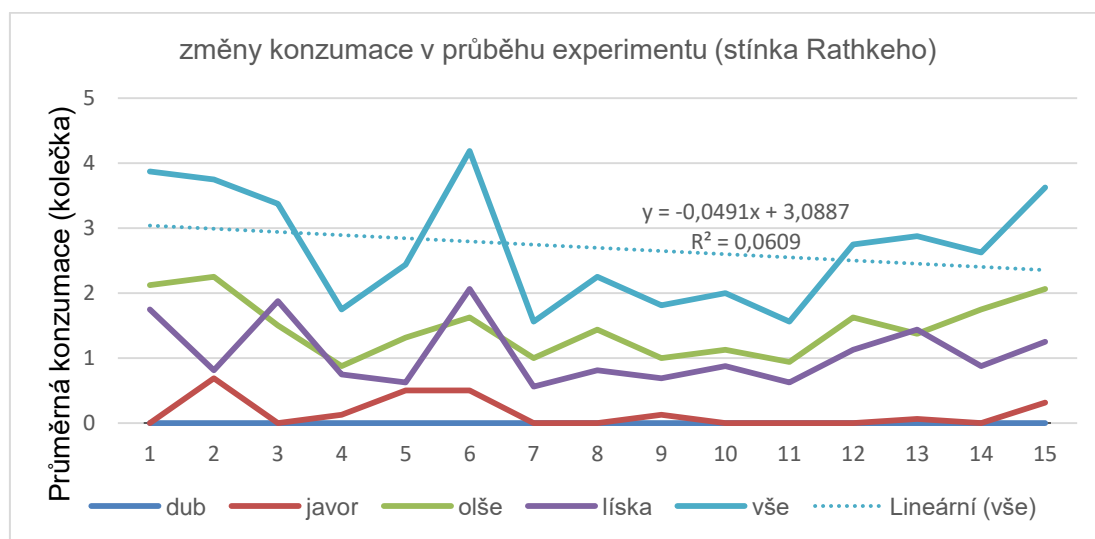
Obrázek 6: Průměrná konzumace jednotlivých druhů opadu stínkou obecnou během experimentu (průměr a rozptyl)

4.3. Stínka Rathkeho

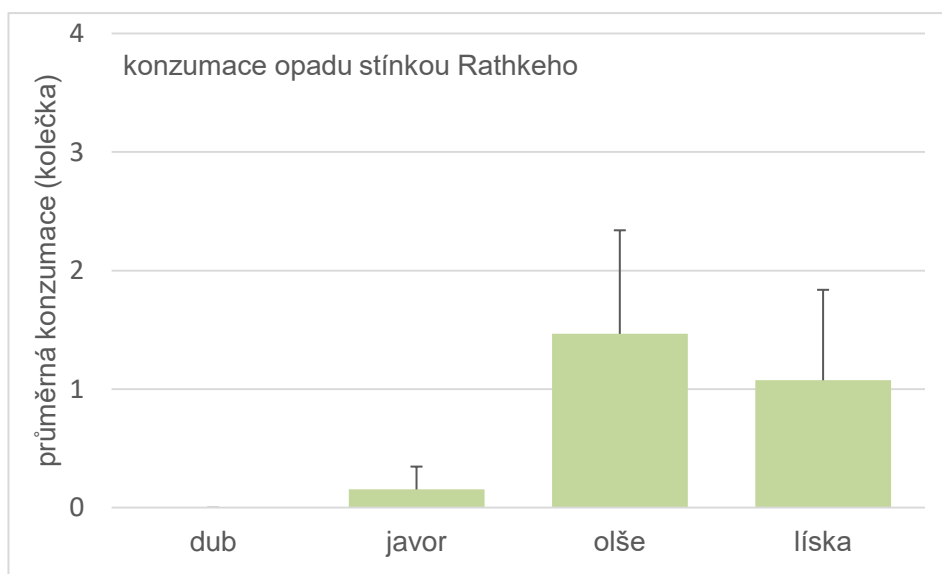
Experimenty se stínkou Rathkeho probíhaly s využitím 13 jedinců rozdělených do čtyř boxů. Tyto stínky konzumovaly relativně se stejnou intenzitou předložený opad po celou dobu experimentu (obr. 7). Celkové množství konzumovaného opadu mělo mírně klesající tendenci (koeficient determinace R^2 je pouhých 0,06, takže proměnné sdílejí jen 6 % rozptylu), mezi délkou experimentu a množstvím celkové zkonsumované potravy byla slabá nesignifikantní negativní závislost ($r = -0,247$, $p = 0,375$).

Průměrná konzumace konkrétního druhu dřeviny byla nejvyšší pro olšový opad, následovaná těsně konzumací opadu lískového, opad javoru příliš konzumován nebyl a dubový opad byl odmítán (obr. 8). Analýza rozptylu (ANOVA) ukázala, že konzumace

se signifikantně lišily ($F = 66,162$, $p < 0,001$). Tukeyho post-hoc test ukázal, že signifikantní rozdíly byly na pětiprocentní hladině významnosti mezi všemi dvojicemi opadu, vyjma javoru a dubu, jejichž konzumace byla mizivá či nulová.



Obrázek 7: Graf konzumace jednotlivých druhů listového opadu stínkou Rathkeho



Obrázek 8: Průměrná konzumace jednotlivých druhů opadu stínkou Rathkeho během experimentu (průměr a rozptyl)

5. Diskuze

Byla testována potravní preference pro čtyři druhy listového opadu tří druhů suchozemských stejnonožců. Dub byl v průběhu pokusu nejméně konzumovanou dřevinou, zatímco olše a líska byly velmi preferovanou potravou pro všechny tři druhy stínek. V malém množství byl spotřebováván i javor, u kterého byl zaznamenán největší úbytek u druhu stínka obecná. Lesní druh, stínka Rathkeho, si držel v průběhu experimentu zhruba stejnou míru konzumace, na rozdíl synatropních druhů (stínky zední a stínky obecné), jejichž konzumace v čase klesala.

Stínky zední v experimentu nezkonzumovaly jediné kolečko dubového opadu, zatímco olše byla konzumována alespoň částečně v každém prováděném měření. Konzumace klesala od třetího měření. Stínky obecné v pokusu nejvíce preferovaly lísku (zbylé dva druhy olši), nejméně pak dub, projevily zájem i o javor (snědly ho ale 20× méně než olše). V čase klesla průměrná konzumace zhruba o polovinu oproti prvnímu měření. Stínky obecné konzumovaly všechny druhy dřevin, přesto byly patrné jejich preference. Stínky Rathkeho dávaly přednost olšovému opadu (javorového opadu zkonzumovali 9,5× méně). Dubový opad nebyl stínkou Rathkeho konzumován (na rozdíl od stínky obecná, která jej v malém množství konzumovala).

Výběr druhů souvisel s tím, že dobře přežívají v laboratorních podmínkách. Pro testy potravních preferencí je nejčastěji vybírána stínka obecná a svinka obecná z důvodů jejich snadného nalezení v přírodě a jednoduchého chovu v laboratoři (Nair a kol., 1994; Weissenburg a Zimmer, 2003). K experimentům je vhodné využívat původní druhy (např.: stínka Rathkeho, stínka lesní), nikoli introdukované, které mohou mít jiné potravní nároky. V dalších experimentech lze porovnat druhy původní s druhy introdukovanými ve stravovacích preferencích nebo krmit původní druhy nepůvodními dřevinami (Gerlach a kol., 2014). Na začátku experimentu bylo nasbíráno více druhů suchozemských stejnonožců, nicméně stínka mokřadní (*Ligidium hypnorum*) a stínka vypouklá (*Cylisticus convexus*) měly v úvodní fázi experimentu vysokou mortalitu. Tři vybrané druhy se z počátku také potýkaly s úmrtností, ovšem ta byla velmi nízká. Navíc krabičky, ve kterých bylo zaznamenáno nějaké úmrtí, se vyřadily v průběhu experimentu a nebyly zaznamenávány do výpočtů a výsledků.

Dub je dominantním stromem evropských smíšených lesů a je důležitý nejen z environmentálního hlediska, ale i z ekonomického (Andrzejczyk, 2009). Jeho listový opad je tedy v evropských lesích hojný, avšak řídké konzumovaný, protože je bohatý na

třísloviny (Loranger-Merciris a kol., 2008). V dubových listech se jich nachází vysoké množství a prokazatelně způsobují při konzumování nežádoucí účinky až dokonce smrt zvířat (Negi a kol., 1979). Dubový opad je nízké kvality, má vysoký obsah ligninu náročného na rozklad, tříslovin a nízký obsah dusíku nutný pro růst organismů a rostlin. Kutikula dubového opadu přispívá k tvrdosti. Lignin přítomný v listech dubu a třísloviny snižují chutnost samotného opadu oproti dalším nabízeným dřevinám v pokusu. Pokud je potrava pro stínky chutná, ovlivňuje to jejich shromažďování v půdě blíže preferovanému listovému opadu (Loranger-Merciris a kol., 2008).

Listy olše jsou snadno zpracovatelné pro rozkladače, zatímco dubové listí je tvrdé a méně výživné (Alonso a kol., 2022). Líska je středně odbouratelná pro prostředí (rychle se rozkládá, listy nejsou pokryty silnou vrstvou kutikuly jako je tomu u dubu) a houževnatá díky žilkám tvořenými pevnými ligninovými a celulóзовými vlákny. I přes žilnatinu je líska preferovaným zdrojem potravy (Sanpera-Calbet a kol., 2009). Ztráta lískových porostů v Evropě zapříčinila snížení dekompozice rostlinného materiálu houbami a dekompozitory. Líska je vysoce kvalitním listovým opadem a zdrojem uhlíku a živin (Alonso a kol., 2021).

Líška byla nejpreferovanějším zdrojem potravy u dvou ze tří druhů stínek. Druhy zanechávala lískové žilky v krabičkách, avšak stále dávali tomuto druhu opadu přednost před dubovým listím s kutikulou.

Látky, které snižují kvalitu listového obsahu, jsou fenolické sloučeniny. Listy s nízkým obsahem těchto látek jsou pro stejnonožce méně toxické. Navíc se obsah fenolických látek v opadu může zvyšovat s postupem času a působením mikroorganismů (Wood a kol., 2012). Listový opad je primárním zdrojem organické hmoty v půdě, jeho složení a objem jsou faktory pro tvorbu půdní organické hmoty za pomoci dekompozice (Swift a kol., 1979; Scholes a kol., 1997). Navíc polyfenoly, ke kterým patří třísloviny neboli taniny, společně s obsahem ligninu ovlivňují rozklad listového opadu a uvolňování živin (Swift a kol., 1979). Taniny se nenacházejí pouze v listnatých stromech, ale také kře, ovoci, dřevě a kořenech a jsou spojovány s ochranou před spásáním zvířat (Hassanpour a kol., 2011).

Pro dekompozitory je snadnější konzumovat dřeviny, které neobsahují mnoho fenolických látek (Loranger-Merciris a kol., 2008). Do tohoto experimentu byl zařazen i dub, který je bohatý na fenolické sloučeniny a v potravních testech se tedy nemohl rovnat olši či lísce, které mají nižší hladinu těchto látek v listech. Tedy méně zastoupené dřeviny mohou být pro stínky mnohem zajímavější, než početnější druhy v lese, protože

mají jiné chemické složení listů a obsah dusíku. Nemusí tedy nutně být nejvíce preferovanou dřevinou ta, která je v lese dominantní. Snadná dostupnost nemusí pozitivně korelovat s potravní preferencí druhu.

6. Závěr

Tématem mé bakalářské práce byl laboratorní experiment zaměřený na potravní preference suchozemských stejnonožců. Stínky byly uchovávány v krabičkách v termostatu při teplotě 9 °C a krmeny kolečky vystřiženými z listů listového opadu.

V pokusu se využily tři druhy stínek (dva synantropní druhy a jeden lesní druh), kterým byl předkládán listový opad ze čtyř druhů dřevin. Les, ve kterém byl sbírán lesní druh stínky, se využil také ke sběru opadu listů dubu, javoru, olše a lísky. Synantropní druhy konzumovaly nejvíce dva druhy dřevin a to olši a lísku, druhy charakteristické měkkou stavbou listů, drobnými žilkami v nich (stínky nemají problém je konzumovat) a snadnou rozložitelností a stravitelností. Stínka obecná a stínka zední v průběhu experimentu snižovala konzumaci listového opadu, zatímco lesní druh měl konzumaci konstantní. Stínka obecná konzumovala všechny druhy dřevin. Stínka Rathkeho preferovala listy s měkčí stavbou listů, přestože se v její stravě vyskytoval i javor. Lesní druh tedy nekonzumoval všechny lesní dřeviny. Dub a javor jsou druhy dominantní na vybrané lokalitě, stínky však preferovaly vzácnější a méně běžné dřeviny v lese.

Díky potravní preferenci můžeme snadněji předpovědět, pod kterými stromy se častěji budou vyskytovat sledovaní stejnonožci a tím i největší dekompozice rostlinného materiálu. Například pod olšovými stromy šlo nasbírat nejvíce stínek v lese v obci Střeň, lze tedy předpokládat, že je láká chutnost listů, a proto se zde shromažďují. Snadněji je lze vyhledat pro případný sběr pro další experimentální/didaktické účely. Navíc je experiment probíhající v laboratoři možno různě obměňovat, například porovnat potravní preference druhu nasbíraného v monokultuře a druhu ze smíšených lesů. Lze také provádět testování na dalších druzích suchozemských stejnonožců nebo se zaměřit pouze na listový opad sadových dřevin. Možnosti obměny experimentu se skrývají také ve variabilitě listového opadu, kdy lze pozorovat pouze jeden druh stromu avšak s různým stářím opadu.

Pro jednoduchost pokusu je vhodné vytvořit pro žáky pozorování potravní preference stejnonožců a zapojit je do samotného pokusu. Stínky jsou snadno dostupné, lze je nalézt v kompostu či v lese, a proto jsou vhodné do výuky. Nejsou náročné na prostor, péči ani potravu. Takovéto praktické cvičení lze využít pro střední školy, kde si žáci mohou založit vlastní experiment a pracovat na něm například v rámci SOČ

(středoškolské odborné činnosti), i základní školy, kde se žáci učí práci na experimentu a zodpovědnosti tím, že pravidelně sledují a zaznamenávají výsledky pokusu.

Výsledky práce mohou sloužit pro didaktické účely, avšak využít se dají také pro inspiraci či jako vzor krmení stejnonožců v hobby chovech či využívaných v dnes oblíbených ekosystémech ve sklenici. Tito drobní bezobratlí se vkládají do miniaturních ekosystémů (často společně se žížalami) pro svou schopnost rozkládání rostlinné hmoty a protože aktivně neničí zasazené rostliny v estetických nádobách.

7. Zdroje

- Alonso A., López-Rojo N, Pérez J. and Boyero L. (2022). Functional consequences of alder and oak loss in stream ecosystems. *Freshwater Biology*. 67(9):1618–1630.
- Alonso A., Pérez J., Monroy S., López – Rojo N., Basaguren A., Bosch J. & Boyero L. (2021). Loss of key riparian plant species impacts stream ecosystem functioning. *Ecosystems*. 24, 1–14.
- Anděra M. (2003). *Encyklopedie naší přírody I.: Fauna*. Praha: Libri. 368 s.
- Andrzejczyk T. (2009). Dąb szypułkowy i bezszypułkowy. *PWRiL, Wąsoszawa*. p. 301.
- Antonović I., Brigić A., Sedlar Z., Bedek J., Soštarić R. (2012). Terrestrial isopod community as indicator of succession in a peat bog. *Zookeys*. 176:171–188.
- Arcangeli, A. (1943-1948a). Osservazioni sopra la muta dei Crostacei Isopodi terrestri. *Boll. Dell'Ist. e Mus. Zool. Univ. Torino*, 1.
- Brandstädter M. and Zimmer M.. (2008). Infection of *Porcellio scaber* with 'Candidatus *Hepatoplasma crinochetorum*', an environmentally transmitted bacterial symbiont. *Proc. Int. Symp. Terr. Isopod Biol.* 131–135.
- Broly, P., Deville, P. and Maillet S (2013). The origin of terrestrial isopods (Crustacea: Isopoda: Oniscoidea). *Evol Ecol* 27:461–476.
- Carefoot T. H. (1993). Physiology of terrestrial isopods. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*. 106: 413–429.
- Dallinger R. a Rainbow P. S. (1991). *Ecotoxicology of Metals in Invertebrates*. Sheffield, United Kingdom: SETAC Special Publications Series. 461 pp.
- Frankenberger Z. (1959): *Stejnonožci suchozemští – Oniscoidea*. Fauna ČSR, svazek 14. NČSAV, Praha. 215 s.
- Gerlach A., Russell D. J., Jaeschke B. and Rombke J. (2014). Feeding preferences of native terrestrial isopod species (Oniscoidea, Isopoda) for native and introduced leaf litter. *Applied soil ecology*. 83:95–100.
- Hames C. A. C. and Hopkin S. P. (1989). The structure and function of the digestive system of terrestrial isopods. *Journal of Zoology*. 217: 599-627.
- Hassall M and Jennings J. B. (1975). Adaptive features of gut structure and digestive physiology in the terrestrial isopod *Philoscia muscorum* (Scopoli). *Biol Bull.* 149(2):348–64.

- Hassall M., Tuck J. M. and James R. (2005). Effects of density and spatial heterogeneity on foraging behaviour and fitness correlates of *Armadillidium vulgare* (Isopoda Oniscidea). *Ethology Ecology & Evolution*, 17(3):233–247
- Hassall M. and Rushton S. P. (1982). The role of coprophagy in the feeding strategies of terrestrial isopods. *Oecologia*. 53: 374-381
- Hassanpour S., Maheri – Sis N., Eshratkhah B., Mehmandar F. B. (2011). Plants and secondary metabolites (Tannis): A Reviw. *International Journal of Forest, Soil and Erosion*. 1(1)
- Hoese B. (1982a). Morphologie und Evolution der Lungen bei den terrestrischen Isopoden (Crustacea, Isopoda, Oniscoidea). *Zoologische Jahrbücher , Abteilung für Anatomie und Ontogenie der Tiere* 107 : 396 - 422.
- Hornung E. (2011). Evolutionary adaptation of oniscidean isopods to terrestrial life: structure, physiology and behavior. *Terr Arthropod Rev* 4:95–130.
- Horváthová T., Kozłowski J. and Bauchinger U. (2015): Growth rate and survival of terrestrial isopods is related to possibility to acquire symbionts. *European Journal of Soil Biology*. 69: 52–56.
- Hryniewiecka-Szyfter Z. and Storch V. (1986). The influence of starvation and different diets on the hindgut of isopoda (*Mesidotea entomon*, *Oniscus asellus*, *Porcellio scaber*). *Protoplasma*. 134: 53–59.
- Kautz G., Zimmer M. and Topp W.(2002). Does *Porcellio scaber* (Isopoda: Oniscidea) gain from coprophagy? *Soil Biology & Biochemistry*. 34: 1253–1259.
- König H. (2006). *Intestinal Microorganisms of Termites and Other Invertebrates*. Berlin: Springer. 484 pp.
- Lins L. S. F., Ho S. Y. W., Wilson G. D. F. and Lo N. (2012) Evidence for Permian-Triassic colonisation of the deep sea by isopod crustaceans. *Biol Lett*. 8(6):979–982.
- Loranger-Merciris G., Laossi K-R. and Berndhard-Reversat F. (2008). Soil aggregation in a laboratory experiment: Interactions between earthworms, woodlice and litter palatability. *Pedobiologia*. 51(5-6):439–443.
- Musil I. a Hamerník J. (2002). *Lesnická dendrologie 4: návody do cvičení*. Praha: Česká zemědělská univerzita. 151 s.
- Musil I. a Möllerová J. (2005). *Lesnická dendrologie 2*. Praha: Česká zemědělská univerzita. 216 s.

- Nair G. A., Attia F. A. and Saeid N. H. (1994). Food preference, feeding and growth-rates of the woodlouse *Porcellio-scaber* Latreille, 1804 (Isopoda, Oniscidea, Porcellionidae). *African journal of ecology*. 32(1):80–84.
- Negi S. S., Pal R. N. & Ehrich C. (1979). *Tree Fodders in Himachal Pradesh*. Germany Agency for Technical Co-operation, Eschborn. FRG, p. 41.
- Novák J., Hlásný T., Marušák R., Dušek D. a Slodičák M. (2017). Využití dubů při adaptaci lesů ČR na změnu klimatu: pěstování a hospodářská úprava lesa: certifikovaná metodika. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. Lesnický průvodce. 51 s.
- Sfenthourakis S, Taiti S (2015) Patterns of taxonomic diversity among terrestrial isopods. In: Taiti S, Hornung E, Štrus J, Bouchon D (Eds) *Trends in Terrestrial Isopod Biology*. *ZooKeys* 515: 13–25.
- Schlaghamerský, Jiří a kolektiv. (2020) *Živá půda 4.: Půdní mikrofauna a mezofauna*. *Živa*. 2020(4):181-185.
- Schmalfuss H. (2003) *World catalog of terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea)*. *Stutt Beitr Naturk Ser A* 654:1–341.
- Schmitz E. H. and Schultz T. W. (1969). Digestive Anatomy of Terrestrial Isopoda: *Armadillidium Vulgare* and *Armadillidium Nasatum*. *The American Midland Naturalist*. 1969(82), no. 1: 163–181.
- Scholes M. C., Powlson D., Tian G. (1997). Input control of organic matter dynamics. *79 (1 -4): 25 – 47*.
- Smrž J. (2013). *Základy biologie, ekologie a systému bezobratlých živočichů*. Praha: Karolinum. 192 s.
- Sanpera – Calbet I., Lecerf A., Chauvet E. (2009). Leaf diversity influences in – stream litter decomposition through effects on shredders. *Freshwater Biology*. 54 (8): 1671–1682.
- Sutton S. (1980). *Woodlice*. 2nd edition. Oxford: Pergamon press. 144 pp.
- Swift M. J., Heal O. W. & Anderson J. M. (1979). *Decomposition in terrestrial ecosystems*. Berkeley and Los Angeles. 363.
- Šantrůčková H. (2021). Jak jsme na tom s lesními půdami. *Ochrana přírody*. 2021(5), 33–35.
- Štrus J., Klepal W., Repina J., Tušek-Žnidarič M., Milatovič M. a Pipan Ž. (2008). Ultrastructure of the digestive system and the fate of midgut during

- embryonic development in *Porcellio scaber* (Crustacea: Isopoda). 37(4), 287–298.
- Tajovský K. a Mlejnek R. (2015). Suchozemští stejnonožci (Oniscidea) v jeskyních České republiky. *Ochrana přírody*. 2015(06):6–9.
- Ullrich B., Vollmer M., Stöcker W. and Storch V. (1992): Hemolymph protein patterns and coprophagous behaviour in *Oniscus asellus* L. (Crustacea, Isopoda). *Invertebrate Reproduction & Development*. 21: 193–200.
- Ullrich B., Storch V. and Schairer H. U. (1991). Bacteria on the food, in the intestine and on the faeces of the woodlouse *Oniscus asellus* (Crustacea, Isopoda). Species composition and nutritive value. *Pedobiologia*. 35: 41–51.
- Urbanški J. (1950). Równonogi (Isopoda, Crust.) Pomorza. Badanie fizjograficzne nad Polską zachodnią, 2. Poznań.
- ÚHUL a kolektiv autorů (2022). Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství české republiky 2021. Praha: Ministerstvo zemědělství. 144 s.
- Vandel A. (1960). Faune de France 64: les Isopodes terrestres, première partie. Lechevallier, Paris. 416 pp.
- Verhoef K. W. (1908c). Über Isopoden. *Archiv f. Biontologie*. 2(15).
- Verhoeff K. W. (1940). Über die Doppelhäutung der Landisopoden. *Ztschr. f. Morphol. u. Ökol. d. Tiere*. 37(74).
- Wang Y., Stingl U. a Anton-Erxleben F., et al (2004). 'Candidatus *Hepaticola porcellionum*' gen. nov., sp. nov., a new, stalk-forming lineage of Rickettsiales colonizing the midgut glands of a terrestrial isopod. *Arch Microbiol*. 181:299–304.
- Warburg M. R (1993). Evolutionary biology of land isopods. New York: Springer Science & Business. 172 s.
- Wächtler W. (1937). Ordnung: Isopoda, Asseln. Die Tierwelt Mitteleuropas II. Leipzig.
- Weissenburg M. and Zimmer M. (2003). Balancing nutritional requirements for copper in the common, woodlouse, *Porcellio scaber* (Isopoda:Oniscidea). *Applied soil ecology*. 23(1):1–11.
- Wieser W. (1961). Copper in isopods. *Nature*. 2(191):1020.
- Wieser W. (1968). Aspects of Nutrition and the Metabolism of Copper in Isopods. *American Zoologist*. 8(3):495–506.
- Wilson G. D. F. (2008) Global diversity of isopod crustaceans (Crustacea; Isopoda) in freshwater. *Hydrobiologia* 595:231–240.

Wood C. T., Schlindwein C. C. D., Soares G. L. G. and Araujo P. B. (2012). Feeding rates of *Balloniscus sellowii* (Crustacea, Isopoda, Oniscidea): the effect of leaf litter decomposition and its relation to the phenolic and flavonoid content. *Zookeys*. (176): 231–245.

Zimmer M. and Topp W. (2002). The role of coprophagy in nutrient release from feces of phytophagous insects. *Soil Biology and Biochemistry*. 34(8):1093–1099

INTERNETOVÉ ZDROJE

Geoportál LČR (2023): <https://geoportal.lesycr.cz/itc/?serverconf=default&wmcid=882>
(04. 04. 2023)

Příloha A

Didaktická část

CO STÍNKY RÁDY ŽEROU?

1. Úvod

Obohatit výuku žákům lze za pomoci experimentu prováděného v této bakalářské práci. Experiment je jednoduchý, nenáročný a pro snadný sběr stínek je vhodný i pro mladší žáky. Korýši jsou probíráni v druhém pololetí 6. ročníku základní školy v přírodopisu, pedogeneze je probírána v přírodopisu v 9. třídě základní školy. Téma půd a biomů se také probírá v zeměpise v druhé polovině 6. třídy, což tématu potravních preferencí dává přesah do více předmětů a ročníků. Potravní preference suchozemských stejnonožců lze probírat také společně s dvouděložnými rostlinami, konkrétně stromy, neboť i toto téma se protíná s daným experimentem. Doplnit výuku konkrétní ukázkou napomáhá k zapamatování si probíraného tématu, navíc to zapojuje žáky do výuky a neprobíhá tak pouze frontální výuka.

2. Cíle

- Získat znalosti o korýších a půdách.
- Provádět jednoduchý experiment pod dohledem vyučující.
- Porozumět chování suchozemských stejnonožců.
- Aplikovat znalosti o dané problematice v širším kontextu půdy a koloběhu živin.

3. Věková skupina

Experiment bych zařadila hned na vyšší stupeň a to do 6. ročníků, aby žáci mohli následné poznatky využít v dalších tématech i jiných předmětech. Vhodné by bylo sbírat organismy na začátku dubna, aby experiment mohl probíhat alespoň 8 týdnů.

4. Pomůcky

- Krabičky od margarínu, popřípadě pomazánkového másla
- Písek či zemina
- Filtrační papír
- Listový opad
- Papírové tašky

- Děrovačka
- Měkké pinzety
- Nádobky pro sběr stejnonožců (lze využít kelímky od jogurtu i Petriho misky)
- Rozprašovač
- Popisovací fix

5. Časový plán

Pro přípravu lze využít dvou vyučovacích hodin, ovšem délka pokusu je odlišná; lze pozorovat pokusné organismy 2 týdny nebo klidně také 2 měsíce – záleží na vnějších podmínkách a vyučujícím. Obecně platí, že delší doba experimentu vede k přesnějším a zajímavějším výsledkům. V první hodině by se nasbíraly organismy a listový opad, v druhé hodině by probíhalo založení experimentu.

6. Postup

- SBĚR STÍNEK
 - Vhodné organismy lze sbírat v lese, v okolí školy, ale také v parku či zahradě. Záleží na umístění školy a blízkém okolí. Vhodným organismem pro experiment je stínka obecná (*Porcellio scaber*) nebo stínka zední (*Oniscus asellus*), jedná se o synantropní druhy, které lze snadno nalézt i pod špalky dřeva, prkny, cihlami nebo kameny.



(1) stínka obecná (snímek @ Milan Kořínek), (2) stínka zední (snímek @ Marek Velechovský);

- Pokud má škola zahradu, lze zde nasbírat stínky, nebo lze vyjít na venkovní hřiště či do lesa, pokud je poblíž. Je vhodné, aby vyučující měl ověřeno, že jsou stejnonožci na místech, kam chce vzít žáky, v hojném počtu nebo minimálně zda jsou přítomni.
- Vhodné je sbírat suchozemské stejnonožce na podzim (nejlépe září nebo říjen), avšak zde s ohledem na učební plán jsem zařadila sběr stínek až na duben.
- Po důkladném vysvětlení, jak se stínky chytají (naplocho, zboku), je mohou žáci za pomoci měkkých pinzet sbírat do připravených nádobek. Důležité je, aby byl vyučující připraven na to, že žáci žádné stínky nenajdou a měl by mít nějaké nachytané předem.
- Vhodné je zvážit i možnost, že vyučující nasbírá stínky sám a přinese je do hodiny žákům.
- SBĚR LISTOVÉHO OPADU
 - Listový opad se nachází kdekoli na zemi na podzim, není těžké jej získat. Avšak v dubnu je vhodné využít nasbíraný listový opad z podzimu. (Během zimy dochází v přírodě k rozkladu a vymývání opadu, což snižuje jeho chutnost.) Na podzim shromážděný listový opad lze bez problémů usušit (na půdě, ve sklepě, na chodbě) a skladovat v papírových taškách do jara. Listy mohou být nasbírány v okolí školy či v lese. Je důležité si na začátku experimentu určit, které listy dřevin budou použity. Vhodné je využít dub, buk, javor, olši, lísku, platan, lípu – stromy, které lze snadno najít v okolí škol, v parcích a v lesích. Případně lze sbírat listy ovocných stromů ze školní zahrady (jabloně, švestky, třešně, hrušně, ryngle, meruňky).
 - Je vhodné mít vícero druhů dřevin.
 - Pro snadnou kvantifikaci zkonsumovaného množství lze listy stříhat na stejně velké kousky, nebo z nich děrovačkou vystříhovat kolečka.
 - Koleček listového opadu by mělo být dostatek pro všechny a podle délky experimentu. Ze zkušenosti lze říct, že žáky bude děrování listů bavit. Doporučuji, aby každý žák děroval, a práce zabere pouze několik minut v případě dostatku děrovaček.
- PŘÍPRAVA EXPERIMENTŮ

- Nejvhodnější je, aby příprava probíhala venku. Pokud není možnost jít ven například kvůli počasí, lze přípravu udělat i ve třídě – nejlépe na nějaké plachtě, aby případný nepořádek šel snadno uklidit.
- Vhodná je práce žáků ve trojicích (případně čtveřicích), tak bude větší pravděpodobnost, že vždy bude alespoň jeden žák ve škole (kdyby byli nemocní, na soutěži), aby zapsal údaje a navlhčil stínkám prostředí.
- Plastové krabičky je nutné naplnit do jedné třetiny pískem a zavlažit vodou (písek musí být vlhký, ale nesmí zde stát voda – došlo by k rozvoji plísní). Na povrch se vloží vystřižený filtrační papír podle tvaru a velikosti nádoby.
- Filtrační papír se předtím tužkou rozdělí na čtvrtiny (každá čtvrtina bude popsána daným druhem listů, které zde budou ukládány).
- Stínky jsou sociální zvířata, proto je nutné je do připravených krabiček ukládat ve vyšším počtu (5–7 jedinců). Z každého druhu listového opadu se vloží deset koleček (či pět čtverečků o velikosti 1×1 cm). Množství se případně při dalších kontrolách navýší, pokud by na týden nepostačovalo.
- Každá krabička bude popsána jmény žáků či symboly, aby si je žáci poznali.
- ZAČÁTEK EXPERIMENTU
 - Po umístění zvířat a listového opadu do připraveného prostředí mohou být krabičky umístěny ve třídě, aby na ně žáci mohli dohlížet a zaznamenávat úbytky jednotlivé nabídnuté potravy. Tyto experimentální nádoby nesmějí být vystaveny přímému slunečnímu záření – stínky mají rády stín!
 - Experiment započne v den, kdy je hodina přírodopisu a pak každý týden ve stejný den bude docházet k doplňování listového opadu a zaznamenání konzumace, odkládání exkrementů (obvykle poblíž konzumované potravy) a podobně (viz *tabulka č. 1*).
- PRŮBĚH EXPERIMENTU
 - Při každé kontrole žáci vymění nakousaná kolečka či jejich zbytky za nová tak, aby vždy stínky měly k dispozici dostatek potravy.
 - Je nutné při každém počítání sněžených koleček navlhčit/orosit prostředí. Vhodné by bylo, aby si žáci zapisovali poznatky, které získali o svém projektu, snadno tak vypracují krátký referát/výstup. Jedná se o poznatky o množství trusu, srovnání konzumace jednotlivých druhů opadu, nalezení svleček, případně rozmnožení se stínek ad.

- UKONČENÍ EXPERIMENTU

- Vyučující probere s žáky experiment, nejlépe tak, že je nechá vypracovat krátký výstup s poznatky a v diskuzi s nimi shrne, co zjistili a doplní jejich vědomosti. Stínky budou vypuštěny zpět do přírody, případně na školní zahradu (na nějaké stinné místo, například poblíž kompostéru).

7. Závěr

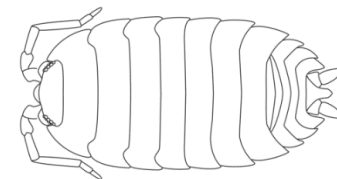
Experiment je jednoduchý, lze jej obměňovat (výběr saprotrofních živočichů nebo typu potravy). Po ukončení lze sklenice i se stínkami vysypat na kompost.

Žáci se naučí pracovat na dlouhodobém projektu, který může ukotvit jejich lásku k přírodě. Navíc musí spolupracovat se spolužáky a starat se o stínky a jejich prostředí, což je vede k zodpovědnosti.

Tabulka č. 1: záznamový arch

C O S T Í N K Y R Á D Y Ž E R O U ?

Pracovní skupina:



datum	druh opadu		druh opadu		druh opadu		druh opadu		další poznámky
	počet sněžených koleček	počet odložených exkrementů	počet sněžených koleček	počet odložených exkrementů	počet sněžených koleček	počet odložených exkrementů	počet sněžených koleček	počet odložených exkrementů	