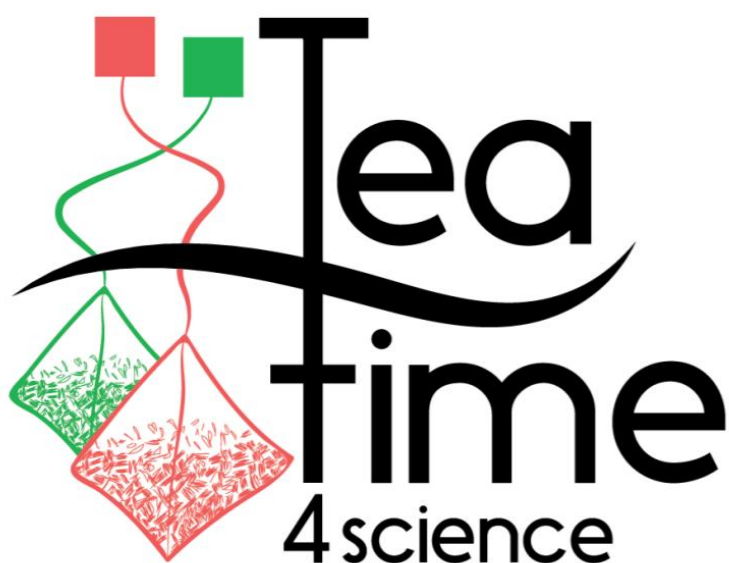


Výukový materiál

TeaTime4science

2019



Pokyny a podkladový materiál

Autor: Adéla Svobodová, Lukáš Chrást

Obsah

Úvod	3
Dekompozice	4
Půdní mikroorganizmy	6
Uhlíkový cyklus	7
Výzkum dekompozice.....	8
Metoda Tea Bag Index.....	8
Zajímavosti	9
Tea Bag experiment – Jak na to?	10
Materiál	10
Časté chyby.....	12
Mezipředmětové vztahy.....	13
Doporučená literatura.....	14

Úvod

Dekompozice neboli rozklad organického materiálu je jedním z nejdůležitějších procesů na planetě Zemi. Dochází k ní činností půdních mikroorganismů, jako jsou například bakterie a houby, její sledování je důležité z několika důvodů. Dekompozicí je významně ovlivněn pomalý uhlíkový cyklus, jelikož je během ní přemísťován uhlík z pevného rezervoáru v půdě do plynné formy do atmosféry v podobě CO_2 , čímž se pomalu zvyšuje teplota vzduchu. Tento proces však zejména znamená rozpad složitých organických látek v půdě na jednoduché, z nichž jsou rostliny schopny čerpat živiny. Z toho vyplývá, že čím vyšší míra dekompozice, tím bohatší je půda na živiny, proto v ní může růst více rostlin, které budou přemísťovat plynný oxid uhličitý zpět do pevných rezervoárů, uvolňovat do ovzduší kyslík a díky jejich kořenovým systémům se v půdě bude zadržovat více vody.

Je tedy důležité sledovat míru dekompozice v různých lokalitách a její změny během roku, protože s tím úzce souvisí množství živin v půdě. Díky měření se také můžeme dozvědět, co výkyvy v rychlosti nejvíce ovlivňuje a v jakých ročních obdobích je v daných biologických lokalitách dekompozice nejvyšší.

Přestože se zdá, že na terénní mikrobiologický výzkum je nutné speciální vybavení, opak je pravdou. Žáci si díky metodě Tea Bag Index mohou zkusit provést monitoring aktivity půdních mikrobiálních společenstev pouze s použitím běžně dostupných pomůcek, jako jsou čajové sáčky, a to kdekoli na světě. Při správném dodržení protokolu mohou žáci nahrát svá data do celosvětové mapy dekompozice a tím se podílet na skutečném vědeckém projektu.

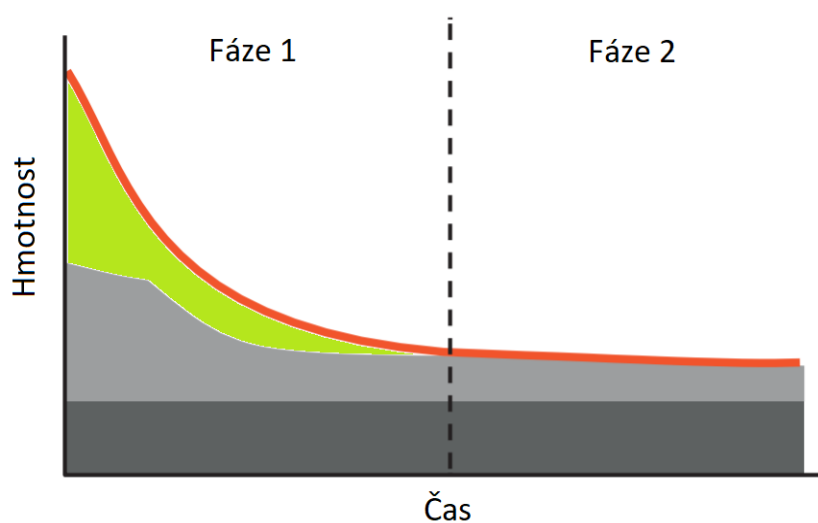
Žáci se mohou podílet na reálném výzkumu a zároveň se naučí, že:

- existuje biologická aktivita v půdě, která přeměňuje mrtvý organický materiál na oxid uhličitý a živiny v půdě.
- rozklad závisí na okolních faktorech, jako je vlhkost a teplota a je důležitým procesem, který má přímý dopad na globální klima.
- a to především, věda může být zábavná.

Dekompozice

Spadené listí, odumřelé rostliny nebo jiná organická hmota, to vše se postupem času mění v procesu dekompozice živiny a plyny, zejména na oxid uhličitý. Vzniklé živiny půda poskytuje rostlinám, které mohou opět vyrůst, a celý proces se opakuje.

Dekompozice organické hmoty je přírodním procesem, který se podílí na recyklaci živin z rostlinných a živočišných zbytků. Na regionální i celosvětové úrovni bylo zjištěno, že rozklad organické hmoty je řízen zejména klimatem a typem organické hmoty (ovlivňuje dekompozici asi z 60-70 %) a činností půdní mikrofauny a mezofauny (ovlivňuje dekompozici asi ze 7 %). Různé typy pletiv a tkání se liší svojí charakteristickou rychlostí rozkladu. Jisté odchylky lze nalézt i při rozkladu jednoho typu pletiva, pouze s mezidruhovými odlišnostmi. Dekompozice se měří jako hmotnostní ztráta během rozkladu a zahrnuje změny způsobené katabolismem, vyluhováním a odstraněním po rozmělnění. U komplexní organické hmoty, jako je čaj, zahrnuje dekompozice celkovou ztrátu hmotnosti, ta se v průběhu času blíží záporné exponenciální funkci.



Obrázek 1: Hmotnost organického materiálu během dvou fází dekompozice

- Červená čára značí dekompozici
- Zelená oblast značí snadno rozložitelné materiály, např. cukry.

- Šedá oblast zobrazuje části, které se obtížněji rozkládají, přičemž zbytky se sotva rozkládají.
- Tmavě šedá oblast zobrazuje složky organického materiálu, které je opravdu těžké rozložit, jako je lignin.

V první fázi se rozkládá veškerý snadno rozložitelný materiál a rychlost dekompozice je vysoká (obrázek 1).

Ve druhé fázi zůstávají pouze odolné materiály a rychlost rozkladu je proto velmi nízká. Tento odolný materiál se stane součástí půdy. Rychlosti rozkladu v obou fázích závisí na třech výše uvedených faktorech (podmínky prostředí, chemické vlastnosti rostlinných materiálů a složení komunity rozkladu).

Když vědci zkoumají rozklad rostlinného materiálu, obvykle počítají rychlost rozkladu nazvanou k . Hodnota k se obvykle pohybuje mezi 0,01 a 0,04, s nejnižší hodnotou v chladném podnebí a nejvyšší v teplém. Další konstanta se nazývá S , což znamená stabilizační faktor. Stabilizační faktor udává, kolik části rostlin se stabilizuje. Stabilizace se obvykle pohybuje v rozmezí od 0,05 do 0,6 s nižšími hodnotami pro teplejší nebo vlhká místa (vypočítání daných veličin je vysvětleno na stránkách Tea Bag index v sekce: Publications).

Hlavní příčinou dekompozice je potřeba rozkladačů získávat energii při rozkladu organických látek a dále získat hmotu na tvorbu vlastních tkání. Rostlinná pletiva se vyznačují vysokým obsahem polysacharidů, zatímco živočišné tkáně jsou bohaté na bílkoviny a tuky. Odumřelá fytomasa (listový či dřevitý opad) se skládá zejména ze dvou hlavních komponent, kterými jsou celulóza a lignin. Většině živočichů však chybí potřebné enzymy na trávení těchto materiálů. Celulázy má pouze několik fytofágů a saprofágů, mezi které patří například několik měkkýšů a žížal.

Půdní mikroorganismy

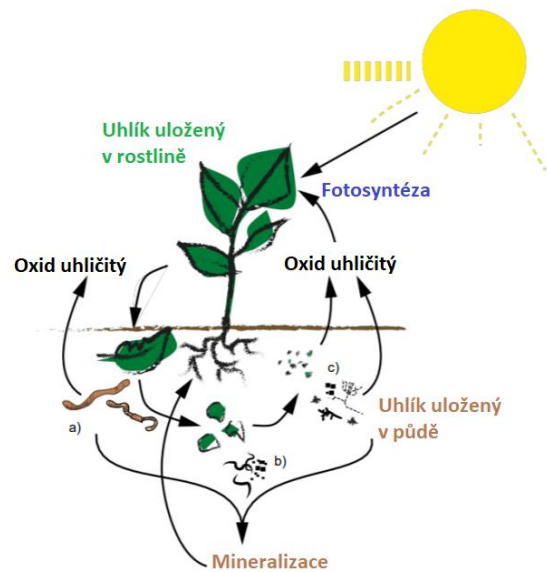
Organismy v půdě lze souhrnně nazvat edafon, ten zahrnuje širokou a taxonomicky bohatou řadu skupin. Jako celek tvoří asi 1 -10 % suché hmotnosti organické hmoty v půdě. Nejpočetnější skupinou jsou bakterie a houby, avšak ostatní skupiny mikroorganismů nemůžeme přehlížet, plní zde totiž nespočet funkcí a společně se podílí na správném fungování půdního prostředí. Jejich hlavní funkcí je rozklad odpadního materiálu i mikroorganismů samotných. Jeden gram půdy může obsahovat až 10 milionů půdních mikroorganismů.

Houby patří mezi heterotrofní půdní organismy, které lze najít zejména ve svrchní humusové vrstvě půdního profilu, jejich výskyt je ovlivněn zejména přítomností kyslíku, který jako aerobní organismy potřebují. Jejich základní úloha tkví ve schopnosti dekompozice organických látek na látky anorganické, které se navrací do půdy a z ní do ovzduší. Tam je mohou opět využívat primární producenti (například rostliny). Mezi jejich další nepostradatelné funkce patří schopnost rozkladu celulózy, ligninu, tuků a dalších látek v koloběhu uhlíku. Při rozkladu proteinů získávají dusík v podobě amoniaku

Mezi heterotrofní půdní organismy patří také bakterie. Bakterie a Archaea jsou nejmenší nezávisle žijící, jednobuněčné organismy na zemi. Typická velikost buňky se pohybuje od 0,5 do 1,0 μm v průměru. Jedná se pravděpodobně o nejvíce zkoumanou skupinu půdních organismů. Jejich nejdůležitější funkcí je bezesporu rozklad organického materiálu vstupujícího do půdního prostředí, v němž hrají důležitou roli zejména v počátečních fázích za přítomnosti dostatečné vlhkosti. Jejich zástupci jsou schopni vázat atmosferický dusík a to anaerobním či aerobním způsobem, jiné přijímají dusík vázaný

Uhlíkový cyklus

Uhlík je jedním z nejrozšířenějších prvků na Zemi, nejrozšířenějším prvkem vesmíru a základem nespočtu organických i anorganických sloučenin. Vyskytuje se v jádrech hvězd, na Zemi je uložen v horninách, oceánech, atmosféře, rostlinách, humusu a fosilních palivech. Uhlík přechází mezi těmito rezervoáry při procesu uhlíkového cyklu, změny v tomto cyklu mohou způsobit jeho nahromadění v určité části. Při nahromadění uhlíku v atmosféře (zejména ve formě CO_2) vzniká tzv. skleníkový efekt, což má za následek globální oteplování.



Sluneční záření ohřívá Zemi a množství skleníkových plynů v atmosféře určuje, kolik tepla přijatého Zemí v atmosféře zůstane a kolik se odrazí zpět. Dalo by se říci, že skleníkové plyny určují, jak hustou teplou dekou kolem naší planety budeme mít. V minulém století začal člověk ve velké míře využívat fosilní paliva (ropa, zemní plyn...), které jsou zásobárnou uhlíku v zemi, a tím výrazně zvýšil množství skleníkových plynů v ovzduší, což vede k rychlému oteplování. Zpomalení globálního oteplování je nyní jednou z největších výzev pro lidstvo.

Obrázek 2: Cyklus uhlíku. Šipky ukazují způsob přeměny uhlíku. Během fotosyntézy rostliny přijímají oxid uhličitý z atmosféry a převádějí jej na organický materiál (např. sacharidy, dřevo nebo tuky). Když se rostliny a jiné organické materiály rozkládají, oxid uhličitý se uvolňuje zpět do atmosféry. Činností mikroorganismů. Organické materiály, které nejsou rozloženy, budou uloženy v půdě. Mineralizace znamená, že rozklad činí minerály dostupné pro rostliny.

Výzkum dekompozice

Pro pochopení a předvídání emisí oxidu uhličitého z půd po celém světě je důležité znát rychlost rozkladu v různých typech půd a otestovat, jak je ovlivněna změnou klimatu. Jaký je rozdíl mezi rašeliništěm v severním Skotsku, smíšeným lesem v Nizozemsku a ornou půdou ve Španělsku? Půdy se budou pravděpodobně měnit, pokud jde o teplotu, vlhkost a množství živin v půdě. Měření rychlosti dekompozice v mnoha různých typech půd pomůže vědcům z projektu Teatime4science pochopit úlohu dekompozice v procesu globálního oteplování.

V minulosti mnoho vědců na mnoha místech planety měřilo rychlost dekompozice, avšak používali různé metody a organický materiál, což znemožňuje následné srovnávání jejich experimentů. Další problém je, že mnohé z těchto metod vyžadují specifický materiál a nejsou jednoduše dostupné.

Někdy se vědci pokouší simulovat klimatické změny umístěním kusu plastové lahve kolem zkoumaných vzorků v půdě. Takové válce se nazývají nekryté komory (open top chambers) a slouží jako mini-skleníky, které mírně zvyšují teploty půdy. Následně porovnají data z těchto komor a data z podobných míst. Výhodou této metody je, že všechny ostatní faktory ovlivňující dekompozici zůstávají stejné.

Metoda Tea Bag Index

V nedávné době byla vyvinuta metoda Tea Bag Index, která využívá obyčejné čajové sáčky s nylonovou sítkou. Čaj uvnitř sáčků je rostlinný materiál a rozkládá se naprosto stejně jako jiná rostlinná pletiva. Použitím jednotných čajových sáčků se stává mnohem snazší provádět experimenty s přesně stejnou metodou a porovnávat získané výsledky.



Metoda Tea Bags Index, ve zkratce TBI, využívá dvou druhů čaje: zeleného čaje a červeného čaje (rooibos). Zelený čaj je složen zejména z listů (celulóza), které jsou snadno rozložitelné mikroorganismy, zatímco červený čaj obsahuje více ligninu, který se rozkládá pomaleji, proto při jeho měření může docházet ke skoro zanedbatelným ztrátám. Porovnáním rozkladu těchto dvou různých druhů čajů se můžeme přesvědčit, že různé materiály se liší rychlostí rozkladu.

Celý proces spočívá v umístění nepoužitých čajových sáčků do půdy. Dané sáčky jsou vyrobeny z nylonu utkaného do velmi jemné sítě, ten umožňuje propustnost půdních mikroorganismů k vnitřnímu obsahu a zpět do okolního prostředí, zároveň znemožňuje vliv makrofauny. Velice pomalu se v půdě rozkládá a díky tomu na něm samotném nedochází k úbytku váhy. Samotná jeho hmotnost je v podstatě zanedbatelná, prázdný nylonový sáček s přichyceným provázkem váží v průměru asi 0,13 g.

Oba typy čaje se zakopou na dobu tří měsíců. Díky přeměně organické hmoty v půdě dochází k jejímu hmotnostnímu úbytku, což měří právě tato metoda. Aby se předešlo variacím v rozkladu čajové biomasy dané rozdílnou dobou sklizně a především rozdíly v obsahu fenolických látek v listech různých odrůd, je nutné používat jeden typ čaje pro celý experiment.

Zajímavosti

- V jednom m³ dřeva je uloženo asi 200 kg uhlíku.
- Rašeliniště ve Skotsku jsou důležitou zásobárnou uhlíku. Částečně proto, že je to spousta rašeliny a částečně proto, že rozklad je v rašelině velmi pomalý, protože mokré podmínky neposkytují dostatek kyslíku pro život mikroorganismů, kteří dekompozici způsobují.
- V tropech je rychlost dekompozice intenzivní a spadený list je rozložen během jednoho měsíce. V chladnějším klimatu, podobně jako v severním Skotsku, to trvá více než deset let.
- Doba rozkladu pomerančové kůry je 2-5 týdnů.
- Trvá nejméně 10 let, než se rozloží dřevěný klacík od zmrzliny. Za posledních 30 let vzrostla průměrná teplota na souši a v oceánech o více než 0,85 °C.
- Různé vědecké modely, které předpovídají nárůst teploty v důsledku změny klimatu, říkají, že globální teplota se během tohoto století zvýší o 1-4 °C.

Tea Bag experiment – Jak na to?

V experimentu si můžete vytvořit svůj vlastní "mini-skleníkový" experiment umístěním části PET láhve na polovinu zakopaných čajových sáčků. Teplota v půdě pod válci do jisté míry vzroste a tímto způsobem můžeme studovat vliv skleníkového efektu na dekompozici. Čajové sáčky s lahvemi a bez nich jsou zakopány stejném místě.

Materiál

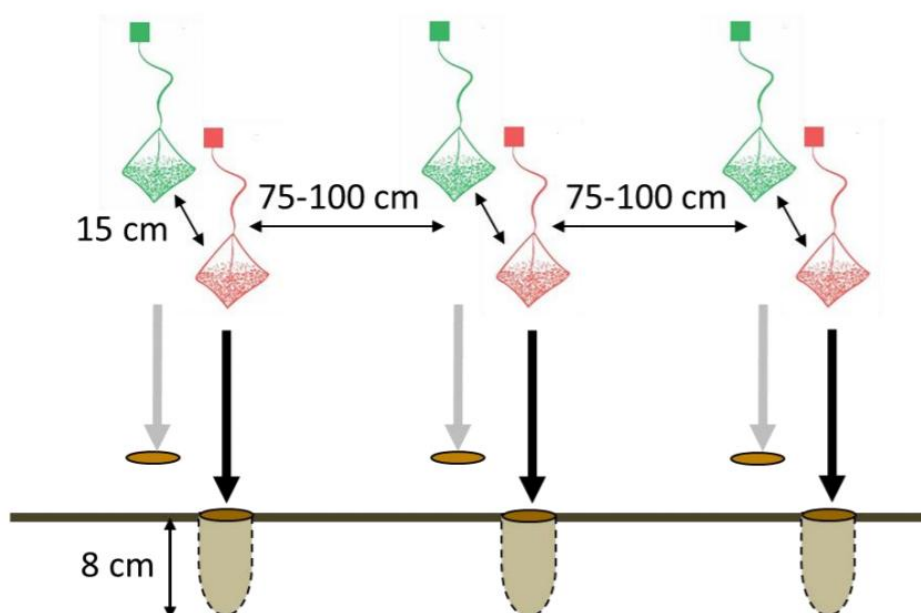
Pro experiment je zapotřebí následující materiál. Většina věcí potřebných k provedení výzkumu je levná a opakovaně použitelná. Jediné potřebné zařízení je váha, která měří s přesností na 0,01 g.

Potřeby pro experiment:

- Čajový sáček Lipton Green: Green tea – Lipton Indonesian tea Sencha tradition: EAN 87 22700 05552 5, nebo Sencha exclusive collection: EAN 8714100770542 (jeden pro každou skupinu žáků).
- Čajový sáček Lipton Rooibos: Lipton Herbal infusion Rooibos – Rooibos and hibiscus: EAN 87 22700 18843 8 (jeden pro každou skupinu žáků).
- Půdní teploměry (lze je levně zakoupit, ale nejsou nezbytně nutné).
- Formulář (viz příloha)
- Prázdné PET lahvi, které jsou vyrobeny z bezbarvého tenkého plastu. (pouze pokud chcete zkusit vliv klimatické změny na dekompozici).
- Váhu, která měří s přesností minimálně na 0,01 g (lze zakoupit, nebo požádat o zvážení v lékárně či klenotnictví)
- Voděodolný fix
- Motyku nebo rýč
- Tyčka k označení zkoumané lokality (pouze při měření ve volné krajině)
- Pravítko
- Slunné suché místo uvnitř k vysušení sáčků po vykopání; lze sušit i v troubě, ideálně 2 hodin při teplotě 60 °C, maximální při teplotě 70 °C.

Práci rozdělte mezi sebe a žáky tak, aby byla úměrná jejich věku a znalostem. Zde je návrh na dělbu práce mezi učitele (U) a žáky (Ž). Pokud chcete sledovat vliv různě využívaných půd, zakopejte sáčky v různých biotopech (např. v lesích, loukách a na orné půdě). Pokud chcete sledovat vliv klimatických podmínek na dekompozici, umístěte polovinu sáčků do nekrytých komor (viz výše).

1. U: Každé skupině žáků sežene nepoužitý sáček Lipton Green tea a Lipton Rooibos tea a připraví vyplňovací formuláře.
2. Ž: Odstraní ze sáčků štítky (dochází u nich k dekompozici, jelikož jsou složeny zejména z celulózy), sáčky zváží s přesností minimálně na dvě desetinná místa, vrátí zpět štítek označený číslem a zapíší hmotnost do formuláře.
3. Ž: Zakopou připravené sáčky do 8 cm hlubokých děr tak, aby označený štítek byl nad povrchem



Obrázek 3: rozmístění čajových sáčků na stanovišti.

4. Ž: Označí sledované místo tyčkou a zajistí ji tak, aby nebyla nebezpečná jiným lidem.
5. Ž: Zaznamenají do formuláře údaje o datu zakopání, zeměpisné poloze a environmentálních vlastnostech stanoviště.
6. Ž: Opatrně vykope sáčky zhruba po 90 dnech, odstraní z povrchu půdní částice, kořínky apod. a vysuší sáčky (na parapetu po dobu min. 3 dnů, nebo v troubě viz výše).
7. Ž: Odstraní to, co zbylo ze štítku a zváží vysušený sáček se šňůrkou stejným způsobem jako poprvé.

8. U: Vypočítá s žáky úbytek hmotnosti, jako počet procent, o který se snížila původní hmotnost. Může k tomu pomoci připravená tabulka na stránkách TBI.
9. U: Vloží naměřená data do celosvětové mapy dekompozice na stránkách TBI.

Časté chyby

- Pro experiment by měly být použity čajové sáčky Lipton Rooibos a Green, protože jiný materiál nemá správné parametry. Zkontrolujte číslo EAN. Jiné typy čajů vám ukáží, že dochází k rozkladu (tj. pozorujete úbytek hmotnosti v čajových sáčcích), ale nebude možné výsledky srovnat s ostatními. V případě, že se rozhodnete použít jinou značku čaje, nemůžete vypočítat parametry TBI a přispívat do celosvětového výzkumu. Ujistěte se, že nepoužíváte sáčky z rozložitelného materiálu jako je např. celulóza, protože ten se rozpadá a nebyli byste schopni přesně změřit ztrátu hmotnosti.
- Před konečným zvážením musí být čajové sáčky zcela suché a očištěné od zbytků půdy, cizích částic apod.
- Pokud jsou čajové sáčky po vykopání poškozené, nelze je použít pro výpočet parametrů TBI. Proto buďte opatrní, když je budete vykopávat! Pokud byla ztracena pouze šňůra a z díry v sáčku nebyl ztracen žádný materiál, můžete ještě stále používat svůj sáček tak, že k němu (z jiného sáčku) zavěsíte novou šňůrku, nebo přidáte hmotnost šňůrky (0,03 g) ke konečné hmotnosti.
- Nezapomeňte označit čajový sáček na bílé straně štítku voděodolným fixem; v opačném případě bude během 3měsíčního zakopání značení s nejvyšší pravděpodobností odstraněno.

Mezipředmětové vztahy

Matematika - výpočet výsledků a statistická srovnání.

Aktivní volný čas - Praktická venkovní část experimentu může být rozšířena na orientační nebo geocachingovou aktivitu.

Biologie – Pochopení fungování ekosystémů, koloběhu prvků v přírodě a činnosti půdních mikroorganismů. Terénní práce může být dále rozšířena například o poznávání rostlinných druhů.

Chemie - Je možné chemicky popsat, jak funguje dekompozice nebo uhlíkový cyklus na molekulární úrovni (jak funguje fotosyntéza a pálení a jak může být energie uložena v organismech).

Obecné - Experiment s čajovým sáčkem vyzývá k diskusi o tom, jak změna klimatu ovlivňuje náš každodenní život. Nebo o nakládání s odpady. Co se stane například se všemi našimi odpady? Jak dlouho trvá doba rozkladu plastového sáčku? Je udržitelné, že používáme materiály, které se přirozeně nerozkládají?

Doporučená literatura

Townsend C.R., Begon M., Harper J.L. (2010) Základy ekologie, 1. vydání. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc. ISBN 978-80-244-2478-1

Lhotský J. (2015) Úvod do studia symbiotických interakcí mikroorganismů. Academia, Praha. ISBN 978-80-200-2480-0

Schindler J. (2008) Ze života bakterií. Academia, Praha. ISBN 978-80-200-1666-9

Němec M., Matoulková D. (2015) Základy obecné mikrobiologie. Masarykova univerzita, Brno. ISBN 978-80-210-7923-6

Klaban V. (2018) Obecná a environmentální mikrobiologie. Gaudeamus, Hradec Králové. 978-80-7435-673-5

Rosypal S. (2003) Nový přehled biologie. Scientia, Mníšek pod Brdy. ISBN 978-80-86960-23-4

Magidan M.T., Martinko J.M., Bender K.S., Buckley D.H., Stahl D.S. (2014) Brock Biology of Microorganisms, Global Edition. Pearson Education Ltd., Harlow, UK. ISBN 9781292018317.

Keuskamp J. A., Dingemans B.J.J., Lehtinen T., Sarneel J.M., Hefting M.M. (2013) Tea Bag Index: a novel approach to collect uniform decomposition data across ecosystems. *Methods in Ecology and Evolution*. 4, 1070-1075.

Teatime4Science – Teabag Index [online]. Copyright ©2016 Tea Bag Index. All Rights Reserved. [cit. 06.03.2018]. Dostupné z WWW: <http://www.teatime4science.org/>

V případě dotazů kontaktujte: adla.svob@gmail.com

Formulář

Jméno:		Číslo sáčku:	
Místo zakopání:			
Typ sáčků:	tkané sáčky	netkané sáčky	
Datum zakopání:		Datum vykopání:	
Původní hmotnost zeleného čaje:		Konečná hmotnost zeleného čaje:	
Původní hmotnost čaje Rooibos:		Konečná hmotnost čaje Rooibos:	
Konečná hmotnost obsahuje:	Pouze čaj	Čaj, sáček, šňůrku, ale ne cedulku	
Stín na stanovišti:			
Lidský dopad na stanoviště:			
Průměrná teplota vzduchu:			
Textura půdy:			
Vegetace na stanovišti.			
Hloubka zakopání:		Hloubka okolních kořenů:	
Orientace svahu (severovýchod, jih...)			
Poznámky:			