

Univerzita Hradec Králové

Přírodovědecká fakulta

Katedra biologie

**Adaptace mechorostů na extrémní podmínky v prostředí a  
uplatnění vybraných druhů ve výuce biologie**

Bakalářská práce

Autorka: Michaela Kafuňková  
Studijní program: S19MA006BP / Matematika  
Studijní obor: Matematika se zaměřením na vzdělávání  
Biologie se zaměřením na vzdělávání  
Vedoucí práce: RNDr. Josef Halda, Ph.D.



## Zadání bakalářské práce

<b>Autor:</b>	<b>Bc. Michaela Kafuňková</b>
<b>Studium:</b>	S19MA006BP
<b>Studijní program:</b>	B1101 Matematika
<b>Studijní obor:</b>	Biologie se zaměřením na vzdělávání, Matematika se zaměřením na vzdělávání
<b>Název bakalářské práce:</b>	<b>Adaptace mechorostů na extrémní podmínky v prostředí a uplatnění vybraných druhů ve výuce biologie</b>
<b>Název bakalářské práce AJ:</b>	Adaptation of bryophytes to extreme conditions in the environment and the application of selected species in biology education

### Cíl, metody, literatura, předpoklady:

Cílem práce je přiblížení málo známé skupiny mechorostů a adaptace běžných druhů na extrémní podmínky prostředí ve výuce biologie. Cílem je vytvoření komplexního programu výuky mechorostů a tak poskytnout studentům hlubší porozumění těmto jedinečným organismům a jejich roli v přírodě, a také rozvíjet jejich schopnosti kritického myšlení a vědeckého bádání. The aim of the work is to introduce an interesting group of bryophytes and the adaptation of common species to extreme environmental conditions in biology education. The goal is to create a comprehensive program for teaching mosses, thus providing students with a deeper understanding of these unique organisms and their role in nature, as well as developing their critical thinking and scientific research skills.

Ladrón de Guevara M, Maestre FT. Ecology and responses to climate change of biocrust-forming mosses in drylands. *J Exp Bot.* 2022 Jul 16;73(13):4380-4395. doi: 10.1093/jxb/erac183.  
Deane-Coe KK, Stanton D. Functional ecology of cryptogams: scaling from bryophyte, lichen, and soil crust traits to ecosystem processes. *New Phytol.* 2017 Feb;213(3):993-995. doi: 10.1111/nph.14408  
Cornelissen JH, Lang SI, Soudzilovskaia NA, During HJ. Comparative cryptogam ecology: a review of bryophyte and lichen traits that drive biogeochemistry. *Ann Bot.* 2007 May;99(5):987-1001. doi: 10.1093/aob/mcm030.  
Kulshrestha S, Jibrán R, van Klink JW, Zhou Y, Brummell DA, Albert NW, Schwinn KE, Chagné D, Landi M, Bowman JL, Davies KM. Stress, senescence, and specialized metabolites in bryophytes. *J Exp Bot.* 2022 Jul 16;73(13):4396-4411. doi: 10.1093/jxb/erac085

**Zadávající pracoviště:** Katedra biologie,  
Přírodovědecká fakulta

**Vedoucí práce:** RNDr. Josef Halda, Ph.D.

**Datum zadání závěrečné práce:** 23.1.2020



## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci *Adaptace mechorostů na extrémní podmínky v prostředí a uplatnění vybraných druhů ve výuce biologie* vypracovala pod vedením vedoucího práce RNDr. Josefa Haldy, Ph.D. samostatně a uvedla jsem všechny použité prameny a literaturu.

V Hradci Králové dne 7.5.2024

.....  
Michaela Kafuňková

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala vedoucímu bakalářské práce panu RNDr. Josefu Haldovi, Ph.D. za jeho podnětné rady a čas, který mi věnoval při vedení této bakalářské práce.

## **Anotace**

KAFUŇKOVÁ, Michaela. *Adaptace mechorostů na extrémní podmínky v prostředí a uplatnění vybraných druhů ve výuce biologie*. Hradec Králové: Přírodovědecká fakulta Univerzity Hradec Králové, 2024. 67 s. Bakalářská práce.

Cílem práce je přiblížení málo známé skupiny mechorostů a adaptace běžných druhů na extrémní podmínky prostředí ve výuce biologie. Cílem je vytvoření komplexního programu výuky mechorostů, a tak poskytnout studentům hlubší porozumění těmto jedinečným organismům a jejich roli v přírodě, a také rozvíjet jejich schopnosti kritického myšlení a vědeckého bádání.

Klíčová slova: mechorosty, adaptace mechorostů, extrémní podmínky, biologie

## **Anotation**

KAFUŇKOVÁ, Michaela. *Adaptace mechorostů na extrémní podmínky v prostředí a uplatnění vybraných druhů ve výuce biologie*. Hradec Králové: Faculty of Science University of Hradec Králové, 2024. 67 pp. Bakalářská práce.

The aim of the work is to introduce an interesting group of bryophytes and the adaptation of common species to extreme environmental conditions in biology education. The goal is to create a comprehensive program for teaching mosses, thus providing students with a deeper understanding of these unique organisms and their role in nature, as well as developing their critical thinking and scientific research skills.

Keywords: mosses, adaptation of mosses, extreme conditions, biology

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že bakalářská práce je uložena v souladu s rektorským výnosem č. 13/2017 (Řád pro nakládání s bakalářskými, diplomovými, rigorózními, dizertačními a habilitačními pracemi na UHK)

Datum:

Podpis studentky:

## Obsah

Úvod.....	9
1 Teoretická část práce .....	10
1.1 Význam mechorostů .....	10
1.2 Biologie mechorostů ve vzdělávacích programech .....	11
1.2.1 Předpokládané výstupy RVP ZV .....	12
1.2.2 Předpokládané výstupy RVP G .....	13
1.2.3 ŠVP pro biologii mechorostů.....	13
1.3 Mechorosty ve vybraných učebnicích ZŠ a SŠ .....	14
1.3.1 Učebnice přírodopisu pro ZŠ.....	15
1.3.2 Učebnice biologie pro SŠ .....	19
1.4 Adaptace mechorostů na extrémní podmínky .....	22
1.4.1 Suché oblasti .....	25
1.4.2 Chladné oblasti .....	30
1.4.3 Spáleniště.....	32
1.4.4 Vodní prostředí .....	33
1.4.5 Změna klimatu .....	35
2 Metodika .....	37
2.1 Výukové metody .....	37
3 Výsledky .....	39
3.1 Návrh přípravy vyučovací hodiny s aktivitami.....	49
4 Diskuse.....	53
Závěr .....	54
Seznam použitých zdrojů.....	56

## Úvod

Bakalářskou práci s názvem „Adaptace mechorostů na extrémní podmínky v prostředí a uplatnění vybraných druhů ve výuce biologie“, která je didakticky zaměřená jsem si vybrala z toho důvodu, že na základě vlastních zkušeností mechorosty nejsou ve škole právě nejpopulárnější skupinou rostlin. Přesto mi připadá zajímavá, a ráda bych několik pozoruhodných zástupců využila k popularizaci bezcévných rostlin ve výuce biologie. Mechorosty podobně jako lišejníky patří mezi první kolonizátory nehostinných stanovišť a vytvořily důmyslné adaptace pro nejrůznější extrémní podmínky. Na školách během výuky se přehlíží spousta zajímavostí o mechorostech, které by žákům a studentům pomohli při získávání nových znalostí.

Dle mého názoru je důležité klasickou frontální výuku doplnit o aktivity, které ožíví výuku a znalosti se stanou pro žáky a studenty lépe zapamatovatelné. Proto jsem v bakalářské práci vytvořila několik návrhů na aktivity, které se mohou využít jak ve školách, tak v mimoškolních aktivitách, které jsou zaměřené na biologii. Samotné aktivity jsou zaměřené pouze na téma mechorosty a zástupci mechorostů jsou vybrány podle učebnic tak, aby je mohla využít téměř každá škola či organizace. V závěru bakalářské práce je vypracována příprava na vyučovací hodinu s uplatněním vytvořených aktivit.

V teoretické části práci se věnuji významu mechorostů a jejich adaptacím na extrémní podmínky, ve kterých dokážou žít. Jedná se o hlavní část práce. Zároveň v rámci teorie porovnám kapitoly učebnic, jak základních, tak i středních škol, zaměřené na mechorosty.

Cílů v mé práci je několik. Vysvětlit ekologický význam mechorostů v ekosystému a představit jejich adaptace na extrémní podmínky. Dále zmínit požadavky ve výuce přírodopisu a biologie podle RVP a vybraných ŠVP. Porovnat učebnice jak pro základní školy, tak i pro střední školy. V praktické části jsou dva cíle. Vytvořit aktivity do výuky mechorostů a navrhnout přípravu vyučovací hodiny, s uplatněním vytvořených aktivit.

# 1 Teoretická část práce

## 1.1 Význam mechorostů

Bryophyta, česky mechorosty, patří systematicky mezi terestrické rostliny, které nemají cévy a řadíme je evolučně mezi nejstarší rostliny (Goffinet et Shaw, 2009). Jsou to mnohobuněčné, výtrusné, zelené rostliny rozmanitého vzhledu. Nejpozoruhodnějším znakem mezi rostlinami je jejich dominantní životní forma – haploidní gametofyt. Sporofyt je na rozdíl od vývojově pokročilejších suchozemských rostlin troficky zcela závislý na gametofytu. Největší zástupci (*Dawsonia*) tvoří trsy velikosti do 45 cm, ale běžně rostou i jednotlivě. Na zemi se mechorosty objevily před více než 450 mil. lety v siluru (Lueth et Reski, 2023). Mechorosty jsou zelené výtrusné rostliny, jejichž stélka je mnohobuněčná, u některých druhů hlevíků lupenitá a u mechů je rozdělena na kauloid (lodyžku) a fyloidy (asimilační lístky). Lodyžky nejsou k substrátu upevněny kořeny, přirůstají jednobuněčnými nebo mnohobuněčnými rhizoidy. Chloroplasty mechorostů kromě hlevíků jsou malé a v každé listové buňce jich je velký počet. Fotosyntetizují podobně jako většina cévnatých rostlin, jen pomaleji, protože nemají účinné mechanismy k poutání CO<sub>2</sub> (Perera-Castro et al., 2022).

Mechorosty se rozmnožují s pomocí morfologicky nerozlišených výtrusů (isospor), které jsou produktem diploidního sporofytu. Vývoj mechorostů provází rodozměna, kdy se střídají haploidní a diploidní generace. Z nepohlavního diploidního výtrusu vyrostе zelený prvoklíček, na kterém vzniká pohlavní generace gametofyt, který nese pohlavní orgány. Spermatozoidy se dostávají k zárodečnicům vodou za deště nebo pomocí rosy. Po oplození vzniká zygota, ze které vyrostе nezelený sporofyt, výjimečně u některých zelených (např. šikoušek) (Lueth et Reski, 2023).

Rozlišujeme tři hlavní evoluční linie mechorostů: játrovky, mechy a hlevíky (Vanderpoorten et Goffinet, 2009).

Hlevíky obsahují ve stélce sinice schopné vázat vzdušný dusík a dodávají tak jeden z hlavních prvků významných pro výživu rostlin přímo do půdy. Jako ostatní skupiny mechorostů se podílejí na zadržování vody v krajině a udržují mikroklima stanoviště významné pro vegetaci. Řídí také chemismus a dostupnost živin v půdě pomocí akumulace polyfenolů. Díky extracelulárním enzymům se podílejí na mineralizaci živin. Na holých a suchých substrátech vytvářejí biologickou krustu, čímž zabraňují půdní erozi. Dále slouží jako potrava obratlovcům i bezobratlým (Cornelissen et al. 2007).



Mechorosty můžeme také považovat v určitých podmínkách za konkurenty cévnatých rostlin (Cornelissen et al. 2007).

Významným rysem mechorostů je jejich enviromentální strategie přežití. Přesto, že mechorosty rostou převážně ve vlhkých oblastech, dokážou obývat i nepříznivé suché nebo polární oblasti. U určitých druhů (např. ploníky) se vyvinuly vodivé buňky připomínající xylém cévnatých rostlin. Nemají povrchové tkáně a jejich vodní potenciál je v rovnováze s okolním prostředím. Kvůli těmto vlastnostem jsou mechorosty schopné podstoupit rychlou dehydrataci. Přesto jsou velmi tolerantní k vysychání a jejich přežití napomáhá hyperosmóza nebo LEA protein s cukry. Zároveň mají mechorosty vysokou míru regeneračních schopností. Některé druhy vylučují specifické metabolity, aby ochránili buňky před poškozením suchem a mrazem (Takezawa 2018).

Extrakt mechorostů jsou účinné proti rostlinným, houbovým i lidským mikrobiálním patogenům a hmyzím škůdcům (Kulshrestha et al. 2022).

## **1.2 Biologie mechorostů ve vzdělávacích programech**

RVP je zkratka pro Rámcové vzdělávací programy, které se v dnešní době uplatňují na všech školách v České republice podle zákona č. 561/2004 Sb. (Autorský kolektiv RVP 2022) Jedná se o kurikulární dokument, který je zformulovaný ve školním zákoně a odpovídá novým školským principům (Vinter et Králíček 2016). Jsou v nich vytvořeny rámce pro všechny obory vzdělávání, od předškolních a základních, až po střední vzdělávání, které může být různě zaměřené, například na jazyky (Autorský kolektiv RVP 2022), tedy pro všechny žáky od tří do devatenácti let. Rámcový vzdělávací program je přístupný pro širokou veřejnost (Vinter et Králíček 2016).

Rámcový vzdělávací program stanovuje cíle, formy a obsah vzdělávání, který musí proběhnout na všech školách. Součástí jsou i podmínky průběhu a ukončení vzdělání. Vzdělávací program využívá nejnovější znalosti z oboru pedagogiky a psychologie a zároveň z jednotlivých vědních disciplín. Proto se můžeme setkat s úpravami rámcového vzdělávacího programu, aby vše odpovídalo aktuálním poznatkům (Autorský kolektiv RVP 2022).

RVP se dělí na několik podjednotek. Jsou to RVP PV (pro předškolní vzdělávání), RVP ZV (pro základní vzdělávání), RVP ZUV (pro základní umělecké vzdělávání), RVP G (pro gymnázia), RVP SOV (středního odborného vzdělávání) a RVP spec. vzděl. (pro speciální vzdělávání) (Autorský kolektiv RVP 2022).

Biologie (v RVP G), ale i přírodopis (RVP ZV) jsou zařazeni společně s dalšími přírodními vědami jako je fyzika, chemie geologie nebo geografie do vzdělávacího okruhu Člověk a příroda (Vinter et Králíček 2016).

### 1.2.1 Předpokládané výstupy RVP ZV

Nejnovější aktualizovanou verzí Rámcového vzdělávacího programu je verze z roku 2021. Biologie mechorostů je zařazena do biologie rostlin, nemá tedy svůj vlastní odstavec. Na Obrázku 1 je patrné, že se požadavky k očekávaným výstupům z biologie rostlin na základních školách snížily. Byly vypuštěny kapitoly P-9-3-02 *Žák porovnává vnější a vnitřní stavbu jednotlivých orgánů a uvede praktické příklady jejich funkcí a vztahů v rostlině jako celku* a P-9-3-05 *Žák odvodí na základě pozorování přírody závislost a přizpůsobení některých rostlin podmínkám prostředí*. Úpravy snížily požadavky na minimální doporučené úrovně u podpůrných opatření.

Na Obrázku 1 jsou zároveň červeně označené odstavce, které jsou navrženy nově a doporučují se vložit do výuky. Jedná se tedy o P-9-3-02 a P-9-3-03. Během výuky by žáci měli umět používat klíče a atlasy, pomocí kterých by dokázali určit jednotlivé zástupce. Dále by jim mělo být umožněno pěstování rostlin a jejich pozorování. Výuka je v současnosti více zaměřená na praktické schopnosti žáků.

<b>BIOLOGIE ROSTLIN</b>	
<b>Očekávané výstupy</b>	
žák	
<b>P-9-3-01</b>	<i>odvodí na základě pozorování uspořádání rostlinného těla od buňky přes pletiva až k jednotlivým orgánům</i>
<b>P-9-3-02</b>	<i>porovná vnější a vnitřní stavbu jednotlivých orgánů a uvede praktické příklady jejich funkcí a vztahů v rostlině jako celku</i>
<b>P-9-3-02</b>	<i>vysvětlí princip základních rostlinných fyziologických procesů a jejich využití při pěstování rostlin</i>
<b>P-9-3-03</b>	<i>rozlišuje základní systematické skupiny rostlin a určuje jejich význačné zástupce pomocí klíčů a atlasů</i>
<b>P-9-3-05</b>	<i>odvodí na základě pozorování přírody závislost a přizpůsobení některých rostlin podmínkám prostředí</i>
<b>Minimální doporučená úroveň pro úpravy očekávaných výstupů v rámci podpůrných opatření:</b>	
žák	
<b>P-9-3-02p</b>	<i>porovná vnější a vnitřní stavbu rostlinného těla a zná funkce jednotlivých částí těla rostlin</i>
<b>P-9-3-02p</b>	<i>rozlišuje základní rostlinné fyziologické procesy a jejich využití</i>
<b>P-9-3-02p</b>	<i>uvede význam hospodářsky důležitých rostlin a způsob jejich pěstování</i>
<b>P-9-3-03p</b>	<i>rozliší základní systematické skupiny rostlin a zná jejich zástupce</i>
<b>P-9-3-05p</b>	<i>popíše přizpůsobení některých rostlin podmínkám prostředí</i>

Obrázek 1 - Úprava výstupů Biologie rostlin v RVP ZV (Rámcový vzdělávací program 2021)

Na Obrázku 2 jsou mechorosty zmíněny pouze u systému rostlin. Konkrétně u poznávání a zařazování zástupců běžných druhů mechorostů.

#### Učivo

- **anatomie a morfologie rostlin** – stavba a význam jednotlivých částí těla vyšších rostlin (kořen, stonek, list, květ, semeno, plod)
- **fyzilogie rostlin** – základní principy fotosyntézy, dýchání, růstu, rozmnožování
- **systém rostlin** – poznávání a zařazování daných zástupců běžných druhů řas, mechorostů, kaprad'orostů (plavuně, přesličky, kapradiny), nahosemenných a krytosemenných rostlin (jednoděložných a dvouděložných), jejich vývoj a využití hospodářsky významných zástupců
- **význam rostlin a jejich ochrana**

*Obrázek 2 - Výstupy Biologie rostlin v RVP ZV (Rámcový vzdělávací program 2021)*

## 1.2.2 Předpokládané výstupy RVP G

Obrázek 3 je z Rámcového vzdělávacího programu pro gymnázia. Konkrétně z aktualizované verze z roku 2021. Je vidět, že nedošlo k žádným změnám. Nebyly vyškrtnuty žádné body a zároveň žádný bod nebyl přidán.

Na gymnáziu je výuka biologie odlišná. Zaměřuje se na posuzování, hodnocení problematiky ohrožených druhů, porovnávání a objasňování principů životních cyklů. Součástí je i využití různých druhů rostlin a popis stavby těl.

Biologie mechorostů je opět zařazena do biologie rostlin. Zde však mechorosty nejsou konkrétně zmíněny.

<p><b>BIOLOGIE ROSTLIN</b></p> <p><b>Očekávané výstupy</b></p> <p><b>žák</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ <i>popíše stavbu těl rostlin, stavbu a funkci rostlinných orgánů</i></li><li>➤ <i>objasní princip životních cyklů a způsoby rozmnožování rostlin</i></li><li>➤ <i>porovná společné a rozdílné vlastnosti stélkatých a cévnatých rostlin</i></li><li>➤ <i>pozná a pojmenuje (s možným využitím různých informačních zdrojů) významné rostlinné druhy a uvede jejich ekologické nároky</i></li><li>➤ <i>zhodnotí rostliny jako primární producenty biomasy a možnosti využití rostlin v různých odvětvích lidské činnosti</i></li><li>➤ <i>posoudí vliv životních podmínek na stavbu a funkci rostlinného těla</i></li><li>➤ <i>zhodnotí problematiku ohrožených rostlinných druhů a možnosti jejich ochrany</i></li></ul>
---

#### Učivo

- **morfologie a anatomie rostlin**
- **fyzilogie rostlin**
- **systém a evoluce rostlin**
- **rostliny a prostředí**

*Obrázek 3 - Očekávané výstupy Biologie rostlin v RVP G (Rámcový vzdělávací program 2021)*

## 1.2.3 ŠVP pro biologii mechorostů

ŠVP je zkratka pro Školní vzdělávací program. Ten si vytváří každé škola podle vlastních potřeb. Podmínkou je, že musí splňovat body, které jsou obsaženy v RVP.

Školní vzdělávací programy by měly být dostupné na webových stránkách všech škol (Vinter et Králíček 2016).

Pro zpracování této kapitoly jsem využila ŠVP ze základní školy Javornická v Rychnově nad Kněžnou. Školní vzdělávací program je rychle dohledatelný na internetových stránkách školy a přehledně zpracovaný. Program je poměrně aktuální, platí od roku 2022. Jsou v něm vypracovány jak přírodověda pro první stupeň, tak i přírodopis pro druhý. V šestém ročníku základní školy se učí tematický celek Biologie rostlin. Zaměřený je však na rostlinou buňku a popis tkání. V sedmém ročníku je uveden tematický celek Biologie živočichů a rostlin, kde se probírají nižší i vyšší rostliny. S výukou mechorostů se na této základní škole setkáme v sedmém ročníku (Školní vzdělávací program ZSJRK 2022).

Další Školní vzdělávací program jsem vybrala z materiálů Gymnázia Trutnov. Není zcela aktuální, platí od roku 2015. Ve všech ročnících jsou pro vzdělávací oblast Biologie vyčleněny dvě hodiny týdně. V prvním ročníku studenti probírají biologii rostlin, kde je zařazena systematická botanika stélkatých rostlin. Studenti tedy pojmenovávají zástupce mechorostů a dokážou mechorosty definovat. Teoretickou výuku mají doplněnou o jednu vyučovací hodinu týdně praktických cvičení. Na začátku studia se mohou žáci účastnit exkurze do Krkonoš. Studenti si mohou od třetího ročníku zvolit volitelnou biologii, kde je náplní prohloubení a rozšíření znalostí z biologie (ŠVP čtyřletého studia Gymnázium Trutnov 2015).

### **1.3 Mechorosty ve vybraných učebnicích ZŠ a SŠ**

K výuce biologie či přírodopisu se velmi často využívají učebnice, není to však pravidlem. Pro tuto kapitolu jsem vybrala dvě učebnice pro střední školy a dvě pro základní školy. Vybírala jsem je podle mých předešlých zkušenostech.

U učebnic pro střední školy se jedná o tyto tituly: *Biologie rostlin pro 1. ročník gymnázií* od L. a M. Kincla a J. Jarklové, *Biologie pro gymnázia* od J. Jelínka a V. Zicháčka, které jsou na Obrázku 4.

Tituly k porovnání pro výuku přírodopisu na základních školách jsou: *Přírodopis 7 učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia* od V. Čabradové, F. Hasche, J. Sejpka a I. Vaněčkové (nakladatelství Fraus) a *Přírodopis pro 7. ročník základní školy* od E. Kočárka, které jsou na Obrázku 5.

V práci budou učebnice porovnány dle jejich obsahu, praktičnosti, ale také grafické úpravy. Poukázáno bude na didaktické aktivity, které by bylo možné využít ve výuce.



Obrázek 4 - Přebaly vybraných učebnic (M. Kafuňková, 2024)

### 1.3.1 Učebnice přírodopisu pro ZŠ

Tato podkapitola představí dvě vybrané učebnice přírodopisu pro základní školy. Jedná se o učebnici Přírodopis 7 (Čabrová kočárek et al. 2005) a Přírodopis pro 7. ročník základních škol (Kočárek et al. 1998). V daných titulech jsou kapitoly, které se věnují mechorostům. Vybraným kapitolám se tedy budu věnovat a vzájemně je porovnávat.

#### Přírodopis 7

Učebnice Přírodopis 7 (Čabrová et al. 2005) je pro základní školy a víceletá gymnázia. Konkrétně pro sedmou třídu na ZŠ a sekundu na osmiletých gymnáziích. Titul je vydaný nakladatelstvím Fraus a je druhým ze čtyř dílů učebnic. Jedná se o hojně používanou učebnici přírodopisu.

Kromě kapitoly *Opakování* z prvního dílu obsahuje také kapitoly *Zoologie – nauka o živočiších*, *Botanika – nauka o rostlinách*, *Společenstva* a *Laboratorní práce*, která umožňuje vyučujícím jednoduše pojmut laboratorní cvičení během výuky.

Mechorosty v dané učebnici najdeme pod kapitolou *Botanika – nauka o rostlinách*. Zařazeny jsou do podkapitoly *Výtrusné rostliny* a věnována jim je dvojstrana 62-63.

Učebnice obsahuje na každé straně zelený proužek, ve kterém najdeme různé zajímavosti k tématu a otázky, které připomínají znalosti, které by žáci měli vědět už z předešlého ročníku, pokud používali první díl této učebnice. Doplněná je také spoustou barevných obrázků, které jsou náležitě popsány. Nalezneme tedy v učebnici fotografie jednotlivých druhů, ale i nakreslená schémata stavby stélky mechové rostlinky nebo životního cyklu mechů. Patrné jsou na první pohled symboly, které jsou používány v celé učebnici. Jedná se o ikonky, které značí například zajímavosti, domácí úkoly, shrnutí, otázky a úkoly, věci k zamyšlení nebo mikroskopické snímky. V každé kapitole tak najdeme alespoň jeden symbol, který doplní výuku. Na konci každé kapitoly nalezneme shrnutí látky, která je shrnuta v pár bodech. Závěrem jsou položeny otázky, na které by žáci po zvládnutí dané kapitoly měli umět odpovědět.

Mechorosty mají v učebnici sepsaný úvod a následně jsou rozděleny na dvě skupiny – játrovky a mechy. Játrovkám je věnován krátký odstavec a uveden jeden příklad porostnice mnohotvárné. Téma mechů je obsaženo také do jednoho odstavce, doplněn je však popisem životního cyklu mechů. Jako zástupci mechů jsou uvedeny: bělomech sivý, pokrývatec Schreberův, ploník ztenčený a rašeliník kostrbatý.

Učebnice je velmi příjemně zpracovaná. Je sepsaná srozumitelně, v adekvátním množství obohacena obrázky a schémata. Je tedy pro žáky hezky graficky zpracovaná a umožňuje jim aktivní výuku.

Na konci učebnice v kapitole *Laboratorní práce* můžeme najít jednu práci zaměřenou na mechorosty. Jedná se konkrétně o *Pozorování zástupců mechorostů* na straně 123. Žáci k vykonání laboratorní činnosti potřebují různé druhy mechorostů, atlas a mikroskop. Jejich úkolem je určování jednotlivých zástupců a pozorování chloroplastů v lístku měchu měříku.

## **Přírodopis pro 7. ročník základních škol**

Učebnice Přírodopis pro 7. ročník základních škol (Kočárek et al. 1998) byla vydána nakladatelstvím Jinan. Titul je určen pro sedmou třídu základních škol, dnes však není tolik využívána.

Učebnice je poměrně rozsáhlá, protože obsahuje jak vyšší a semenné rostliny (jako jsou nahosemenné a krytosemenné rostliny), tak i strunatce, ryby, obojživelníky, plazi, ptáky a ochranu rostlin a živočichů.

Mechorostům je v titulu věnována kapitola s názvem *Mechy – zelené koberce lesa* na straně 4-6. Jedná se tedy o kapitolu, kde mechorosty jako takové nejsou vůbec zmíněny. Zároveň zde nenajdeme ani rozdělení mechorostů. Prostor je věnovaný pouze mechům. Jako zástupce jsou uvedeni: Ploník obecný, pokravnatec Schreberův, bělomech sivý, měřík příbuzný, měřík tečkovaný. Dále je zde v posledním odstavci zmíněno i rašeliniště s rašeliníky, jako je rašeliník člunkolistý.

Učebnice obsahuje kreslené obrázky, jak barevné, tak i černobílé. V této kapitole se jedná o životní cyklus mechu, konkrétně ploníku obecného a obrázky našich nejnámějších mechů a rašeliníků. Posledním obrázkem je mapa České republiky, na které jsou vyznačena rašeliniště.

Učebnice je obohacena symboly, které značí otázky a úkoly, pokusy a pozorování nebo věci k zapamatování. S těmito červeně kreslenými symboly se setkáme v každé kapitole. Texty k jednotlivým symbolům jsou však zařazeny v textu, pouze jsou menším písmem, což znesnadňuje orientaci. Jelikož je knížka starší, není nijak barevná (kromě již zmíněných obrázků) a tedy pro dnešní žáky méně atraktivní. Zároveň je poměrně nepřehledná. Zástupci jsou zmíněni v textu, všechny informace se slévají.



## Porovnání učebnic pro základní školy

Tabulka 1 nám zřetelně poukazuje na rozdíly u vybraných učebnicích pro základní školy a víceletá gymnázia. Zaměřena je na porovnání důležitých pojmů, ekologii mechorostů, zástupce, grafickou stránku učebnice, didaktické aktivity a laboratorní práce.

Tabulka 1 - Porovnání kapitol o mechorostech v jednotlivých učebnicích

	<b>Přírodopis 7 (Čabrová et al. 2005)</b>	<b>Přírodopis pro 7. ročník základních škol (Kočárek et al. 1998)</b>
<b>Důležité pojmy</b>	Játrovky, mechy, pohárky, prvoklíček, pelatky, zárodečníky, štět s tobolkou, výtrusy, stélka	Úzké lístky, přichytná vlákna, vodivé pletivo, štět s tobolkou, výtrusy, prvoklíček, rašeliníky
<b>Ekologie mechorostů</b>	Suchozemské nejstarší rostliny, které potřebují vodu k rozmnožování. Drobné a nízké – <b>nemají vodivá pletiva</b> . Křehké – nemají podpurná pletiva.	Ve vlhkých oblastech, zadržují dešťovou vodu – chrání půdy před vysycháním, postupně uvolňují vodu, rašelina – palivo, zemědělství, lázeňské účely, léčba, chráněná, mají uvedeno, že <b>mají vodivé pletivo</b> .
<b>Zástupci</b>	<b>Porostnice mnohotvárná</b> , bělomech sivý, pokryvnatec Schreberův, <b>ploník ztenčený</b> , rašeliník kostrbatý	<b>Ploník obecný</b> , pokryvnatec Schreberův, bělomech sivý, <b>měřík tečkovaný</b> , <b>měřík příbuzný</b> , rašeliník <b>člunkolistý</b>
<b>Grafická stránka učebnice</b>	Barevná se schémata a obrázky, zelené okraje s úkoly navíc, zvýrazněná slova, zástupci pohromadě, symboly, shrnutí	Barevné i černobílé kreslené obrázky, málo poutavá a výrazná, zvýrazněná důležitá slova, zástupci v textu, symboly, text navíc v textu, zmatené a nepřehledné, žlutý rámeček k zapamatování
<b>Didaktické aktivity</b>	Úvodní příběh, otázky, úkoly, zajímavosti, laboratorní práce	Úvodní příběh, otázky, úkoly (podobné jako v laboratorní práci v druhé učebnici)
<b>Laboratorní práce</b>	Laboratorní práce je obsažena. Jedná se o dva úkoly: pozorování chloroplastů u mechorostů a určování druhů	Není, ale úkol je podobný laboratorní práci v druhé učebnici



### 1.3.2 Učebnice biologie pro SŠ

Podkapitola představí dvě učebnice, které jsou určené pro výuku biologie na středních školách, konkrétně na gymnáziích. Téma mechorostů je obsaženo v učebnici Biologie rostlin pro 1. ročník gymnázií (Kincl et al. 2008) a Biologie pro gymnázia (Jelínek a Ziháček 2021) V závěru kapitoly porovnám jednotlivé učebnice podle jejich obsahu, grafiky a didaktických aktivit pro žáky.

#### **Biologie rostlin pro gymnázia**

Učebnice Biologie rostlin pro gymnázia (Kincl et al. 2008) vyšla u nakladatelství Fortuna. Jedná se o jeden z řady učebnic, kdy každá z učebnic je zaměřena na jiný obor spadající pod biologii. Tato učebnice, zaměřená na biologii rostlin, je čtvrtým vydáním ze zmíněné série.

Vývojová větev mechorostů je zpracována na stranách 146 až 152 v deváté kapitole *Systém a evoluce rostlin*. Na začátku je vývojová větev představena svými typickými znaky, ekologií a způsobem rozmnožování. K životnímu cyklu mechorostů je zpracováno schéma pro lepší pochopení. Mechorosty jsou rozděleny na játrovky (*Marchantiophyta*) a mechy (*Bryophyta*). Obě oddělení mají sepsanou základní charakteristiku. U játrovek je uveden pouze jeden zástupce, a to porostnice mnohotvárná. U mechů najdeme zástupců více. Jedná se například o měřík příbuzný, bělomech sivý, zkrutek vláhojevný, ploník ztenčený, dvouhrotec chvostnatý, pramenička obecná a rašeliník.

Na učebnici je na první pohled znát, že je určená pro vyšší ročníky. Není nijak barevná. Přesto je doplněna o spoustu kreslených obrázků a schémat, která jsou pouze černobílá, ale přesto výstižná. Každý obrázek je řádně a pochopitelně popsáný.

Na konci kapitoly věnované mechorostům jsou kontrolní otázky z úkoly, díky kterým si studenti zopakují a utvrdí látku, kterou se naučili. Na závěr jsou sepsané dva náměty pro praktická cvičení k mechorostům.

#### **Biologie pro gymnázia**

Učebnice Biologie pro gymnázia (Jelínek a Ziháček 2021) byla vydána Nakladatelstvím Olomouc. V roce 2021 se jedná již o dvanácté vydání s doložkou MŠMT. Učebnice je velmi obsáhlá, protože obsahuje kapitoly jako *Biologie prokaryot, rostlin a hub, Biologie živočichů, Biologie a fyziologie člověka* a další. Zároveň

je ke konci kapitola Praktická část, která je zaměřená na pozorování a důkazy biologických procesů.

Mechorosty najdeme v kapitole *Biologie prokaryot, rostlin a hub*, zařazené pod Vyšší rostliny na stranách 49 a 50. V úvodu jsou představeny pomocí základní charakteristiky jejich znaků. Mechorosty jsou rozděleny na játrovky a mechy. Co se zástupců týče, k játrovkám je uvedena pouze porostnice mnohotvárná, pomocí které je na schéma znázorněn životní cyklus mechorostů. U mechů je zmíněn pouze ploník a rašeliník.

V dané učebnici nenajdeme obrázek k žádnému druhu mechorostu, i když k jiným skupinám jsou dostupné barevné fotografie a obrázky i přes několik stran. Konkrétně u mechorostů tedy najdeme pouze dvě černobílá schémata k jejich životnímu cyklu.

V učebnici nenajdeme žádné otázky nebo doprovodné úkoly pro studenty. Ani v praktické části není věnována část mechorostům.

### Porovnání učebnic pro gymnázia

Tabulka 2 nám zřetelně poukazuje na rozdíly u vybraných učebnicích pro střední školy, konkrétně pro gymnázia. Zaměřena je na porovnání důležitých pojmů, ekologii mechorostů, zástupce, grafickou stránku učebnice, didaktické aktivity a laboratorní práce.

Tabulka 2 – Porovnání kapitol o mechorostech v jednotlivých učebnicích

	<b>Biologie rostlin pro gymnázia (Kincl et al. 2008)</b>	<b>Biologie pro gymnázia (Jelínek a Ziháček 2021)</b>
<b>Důležité pojmy</b>	Výtrusné rostliny, gametofyt, sporofyt, stélka, cévní svazky, kauloid, fyloid, rhizoidy, rodozměna, prvoklíček, pelatky, zárodečníky, spermatozoid, zygota, štět, výtrusy, střední žebro, hyalocyty, chlorocyty	Gametofyt, sporofyt, gametangia, sporofyt, stélka, prvoklíček, rhizoidy, kauloid, fyloid, pelatky, zárodečníky
<b>Ekologie mechorostů</b>	16 000 druhů, důležitá část vegetačního kratu, extrémní klimatické a stanovištní podmínky, různé podklady, citlivé na ovzduší	Pokrývají velké plochy, nutné vlhko k rozmnožování, chrání půdu před erozí, ovlivňují vodohospodářský režim, rašelina
<b>Zástupci</b>	Porostnice mnohotvárná, rašeliník, měřík příbuzný, bělomech sivý, zkrutek vláhojevný, dvouhrotec chvostnatý, ploník ztenčený	Porostnice mnohotvárná, <b>ploník obecný</b> , rašeliník

<b>Grafická stránka učebnice</b>	Přehledně sepsané informace, důležité pojmy zvýrazněné, doplněné obrázky a schémata	Žádné obrázky, pouze dvě schémata, zmateně rozvrženo – téma není nějak odděleno
<b>Didaktická aktivita</b>	Otázky, úkoly, náměty pro praktická cvičení	Není žádná didaktická aktivita
<b>Laboratorní práce</b>	Dva náměty – pozorování vnější stavby stélky porostnice mnohotvárné a srovnání stavby lístků rašeliníku a ploníku	Není žádná laboratorní práce

## 1.4 Adaptační mechorostů na extrémní podmínky

Rostliny, které rostou na souši, ale i ve vodě, jsou vystavovány mnoha environmentálním stresům během svého života (de Vries a Archibald 2018). Proto vytváří mnoho druhů specifické metabolity, které rostlině pomáhají tolerovat abiotické stresy. Mezi tyto stresy patří například kolísající viditelné světlo, teplota, UV záření nebo sucho (Chen et al. 2018). Pomáhají také se zvládnutím biotických stresů. Mezi biotické stresy můžeme zařadit různé patogeny, škůdce nebo rostlinné konkurenty (Kulshrestha et al. 2022).

Mechorosty jsou netracheofytní skupina (bezcévné rostliny) suchozemských rostlin, která zahrnuje Anthocerotophyta (hlevíky), Marchantiophyta (jätrovky) a Bryophyta (mechy) (Kulshrestha et al. 2022). Mechy a hlevíky jsou schopné růst v polárních oblastech, kdy jsou převládajícími rostlinnými druhy na Antarktidě, a zároveň dokážou žít i v horké poušti (Sakakibara et al., 2019). Jsou tedy schopné života od velmi chladných po velmi teplé oblasti a zároveň od velmi suchých až po velmi vlhké (Gradstein et al. 2001). Důležitou funkcí pro fungování ekosystémů mají například na rašeliništích, studených biomech nebo tropických a mírných ekosystémech (Gorham, 1991). Jsou součástí i biologických krust v suchých a polosuchých biotopech, kdy přispívají k nadzemní produkci biomasy (Cornelissen et al. 2007). Na tyto rozdílné podmínky se dokázali přizpůsobit právě díky terpenoidům a fenolům, díky kterým jsou odolnější vůči stresu. Mechorosty totiž dokážou produkovat jednotlivé specifické látky jako odpověď na okolní podmínky (Kulshrestha et al. 2022).

Sekundární metabolity vytváří mnoho mechorostů. Pomáhají jako chemická a v některých případech i strukturální obrana proti hmyzu, býložravcům či patogenům (Frahm, 2004). Slouží jim také jako chemické clony k minimalizaci poškození tkání a DNA, které je poškozeno vlivem UVB záření (Nybakken et al. 2004). Další látky, které mechorostům pomáhají v přežití jsou rozpustné cukry a LEA proteiny, ale také kyselina abscisová. Tyto složky jsou velmi důležité pro toleranci vůči buněčné dehydrataci. Chrání buněčné membrány a další makromolekuly před jejich poškozením, které by mohlo být způsobeno nedostatkem vody. Zároveň tyto dvě látky umožňují mechorostům růst za příznivých podmínek, a naopak tolerovat nedostatek vody při nepříznivých podmínkách v prostředí, ve kterém mechorosty rostou (Takezawa 2018).

Jätrovky, které jsou rovněž skupinou mechorostů, vytvářejí v buňkách siličnatá tělíčka různé velikosti, barvy a tvaru. Jsou to právě membránové organely a vyskytují

se u mnoha druhů jätrovek. U některých rodů mají význam při determinaci na druhové úrovni. Jiné skupiny mechorostů siličná tělíska netvoří (Crandall-Stotler a Stotler, 2000). Siličná tělíska obsahují různé terpenoidy a aromatické sloučeniny, jako jsou například fenolické látky. Na složení může mít vliv pohlaví gametofytu (samčí, samičí, sterilní), sezónnost nebo ontogeneze (Asakawa, 2004).

Mechorosty tvoří terpenoidy často. Je známo více než 2 000 různých látek (Martínez-Abaigar a Núñez-Olivera, 2021). Tvorbu terpenoidů kódují geny, které se v genomu cévnatých rostlin nevyskytují (Kulshrestha et al. 2022). Terpenoidy způsobují charakteristickou vůni a chuť jednotlivých mechorostů (Asakawa et al., 2013). Dále slouží jako obrana proti patogenům a škůdcům (Kulshrestha et al. 2022).

Flavonoidy pomáhají ve všech fázích životního cyklu rostliny při toleranci vůči stresu, jako je UVB záření, sucho, výkyvy teplot, reaktivní formy kyslíku nebo biotické vlivy (Kulshrestha et al. 2022).

Další, velmi důležitou, skupinou specializovaných metabolitů v mechorostech jsou fenoly (Asakawa et al., 2013). Ty jsou produkovány mechorosty jednak jako bioaktivní látky, tak i jako strukturální složky buněčné stěny a polymery kutikuly. Jeden z nejvýraznějších fenolů v některých mechorostech je kyselina rosmarinová (Vogelsang et al., 2006).

Předchozí tři druhy metabolitů, tedy terpenoidy, flavonoidy a fenoly, patří mezi hlavní. Mechorosty však obsahují i další specializované metabolity. Ty mohou obsahovat dusík nebo síru, což je u mechorostů vzácné (Asakawa et al., 2013). Příkladem může být glukosinolát, který najdeme v jätrovkách (von Reuß a König, 2005), alkaloid anthocerodiazonin nebo červeně zbarvený aminochromový pigment (Busch et al., 2019).

Znalosti o specializovaných metabolitových drahách u mechorostů jsou nedostatečné. Příčinou je druhová a tkáňová rozmanitost (Lautié et al. 2020). Zároveň existují zeměpisné oblasti, kde jsou informace o rostoucích druzích mechorostů omezené nebo chybějí. Význam specifických terpenoidů a flavonoidů je studován poměrně nedávno. Přestože chybí kontrolované studie, vědci zjistili, že jätrovky a mechy jsou mnohem méně náchylné k poškození vlivem stresu než nahosemenné rostliny, přesto že postrádají fyzickou obranu dřevin. Proto působí metabolity mechorostů proti patogenům s vyšší účinností (Kulshrestha et al. 2022).

Dusík je jeden z hlavních faktorů prostředí, které limitují vývoj mechorostů. Proto mechorosty mají několik adaptací, které jim pomáhají optimalizovat příjem a množství dusíku. Některé druhy situaci řeší pomocí obligátního vztahu se sinicemi, které fixují

atmosférický N<sub>2</sub>. Některé asociace mechorostů se sinicemi jsou poměrně specifické a výrazně přispívají k přísunu dusíku do ekosystému, především v chladných severních biomech (Cornelissen et al. 2007). Mechy rodu rašeliník (*Sphagnum*) mohou být hostiteli jak fotosyntetizujících sinic, tak i heterotrofních bakterií schopných poutat N<sub>2</sub> (During a Van Tooren, 1990).

Některé druhy játrovek vytvářejí symbiotické vztahy s houbami, které usnadňují získávání fosforu (případně dusíku) výměnou za asimiláty z mechorostů (Cornelissen et al. 2007).

U akrokarpních (vrcholoplodých) mechů můžeme najít buňky, které jim slouží k vedení vody, jednoduché cévní struktury (Proctor, 2000). Ty se nacházejí ve stoncích a pomáhají jim přijímat a přenášet půdní vodu a s největší pravděpodobností také rozpuštěné živiny. Stav vody v těchto organismech silně určuje jejich ekofyziologii a klimatické reakce. Epifytické mechorosty zase účinně zachytávají živiny ze srážek nebo průsakové vody (Hölscher et al., 2003).

Mechorosty obecně postrádají komplexní systém cibulek a hlízek, přesto tvorbu podzemních hlízek můžeme najít u játrovek (*Fossombronia*), kterým pomáhají přežít klimatické podmínky polopouštních oblastí (Stotler et al., 2003). Na druhou stranu u mechorostů najdeme vegetativní formy, které jsou odolné vůči vysychání. To jim umožňuje přežít méně příznivé období (Kulshrestha et al. 2022).

Mechorosty se rozmnožují pomocí výtrusů. Výtrusy jsou rozmnožovací diaspory analogické semenům, díky kterým jedinec přečká období stresu (Kulshrestha et al. 2022).

Další ochranou mechorostů před stresem je růstový vzorec, kdy tkáň stárne. Dochází tedy k tomu, že apikální část rostliny zůstává fotosynteticky aktivní, zatím co proximální část rostliny je neaktivní a distální oblast stárne nebo se rozpadne. Jedinec v sobě hromadí vodu a živiny z odumřelých oblastí. Tedy fotosynteticky aktivní vrcholová část rostliny roste na rozkládajícím se materiálu, který se postupně může přeměňovat na rašelinu (Kulshrestha et al. 2022).

Mnoho druhů játrovek a mechů reaguje na nadbytek PAR (fotosynteticky aktivní radiace) produkcí červených flavonoidních pigmentů, které se váží na buněčné stěny (Hooijmaijers a Gould, 2007). Některé mechy mohou produkovat i 3-deoxyanthokyany (Bendz et al. 1962), které mají vyšší rozpustnost a mohou se hromadit ve vakuolách (Cohen et al. 2002). Tyto látky posouvají absorpční maximum vlnové délky, které rostlina přijme. Jako odpověď na stres, který je spojený s PAR, vytvářejí mechy bezbarvé fenolické látky, které se vážou na buněčnou stěnu (Clarke a Robinson, 2008). Díky

fenolickým kyselinám je mechorost schopný absorbovat UVB záření (Kulshrestha et al. 2022).

Obecně fenolické sloučeniny zajišťují toleranci k velkému množství stresů, přestože není zatím zcela jasné jak. I jejich pigmentace je variabilní v rámci rostlinných skupin. Dále se liší i podle toho, v jaké části rostliny se hromadí (Kovinich et al. 2014).

Mezi abiotický stres patří život v nepříznivém prostředí s nedostatkem živin, který je nejen pro mechorosty škodlivý. Špatné zásobování živinami se na mechorostech odráží na jejich růstových zvyklostech. Ty mohou omezit přístup k dalším živinám, které jsou mimo dosah rostliny (Bacon et al. 2017). Některé druhy tento problém řeší tak, že odumírají po produkci spor, tedy nastupují do fáze senescence. Senescence může nastat dříve vlivem stresu (Kulshrestha et al. 2022).

Dostupnost vody v prostředí a zároveň obsah vody ve tkáni řídí fixaci C a růst u mechorostů v rozmanitých ekosystémech. Je vědci dokázáno, že výhonky mechorostů, díky jejich morfologii a buněčným anatomickým vlastnostem, ovlivňují zadržování a ukládání vody ve svém okolí. Existují v nich totiž teplotní gradienty, které přímo působí na evaporační ztráty vody a fixaci C. Zároveň se stavem vody v rostlině souvisí i hmotnost hlavičky nebo hustota větví (například u rodu *Sphagnum*) (Deane-Coe 2017).

Možnost předpovídat koloběh C a N je velmi klíčová pro pochopení účinků na měnící se podmínky prostředí v suchozemských ekosystémech. Vyšší teploty pravděpodobně způsobují zvýšené množství rozpuštěného organického C v půdě (Deane-Coe 2017).

Mechorosty mohou dominovat v lesním podrostu, suchých biokoridorech či rašeliništích. Tím se v našich podmínkách stávají zvláště důležitými, pro pochopení vztahů ve funkčním ekosystému (Deane-Coe 2017).

### **1.4.1 Suché oblasti**

Suché oblasti představují největší suchozemský biom, který zaujímá 41% pevninské rozlohy (Cherlet et al. 2018) a 12 % zemského povrchu (Rodriguez-Caballero et al. 2018). Přestože jsou mechorosty typicky vázány na vlhká stanoviště, v prvních centimetrech půdního povrchu několik druhů najdeme (Weber et al. 2016). Jsou významným rysem stresového prostředí, jako jsou suché oblasti. Rostliny žijící v tomto prostředí musí mít specifické adaptace pro zvládání vysokých teplot, oslunění a nízkému množství srážek. Příkladem jsou pouště Sahara nebo Mojave (Warren-Rhodes et al. 2007). Adaptace jsou fyziologické a morfologické odlišnosti, které pomáhají druhům

přežívat stresové faktory. V suchých oblastech převažují malé mechorosty ve srovnání s většími druhy, z vlhčích oblastí (Ladrón de Guevara 2022).

V suchých oblastech mohou mechorosty působit jako ekosystémoví inženýři. Schopností regulace půdních vlastností, ovlivňování mikrobiálních společenstev zpomalují koloběh živin a uhlíku. Zároveň vytváří podmínky pro cévnaté rostliny při sukcesi ekosystému (Ladrón de Guevara 2022).

Hlavním limitujícím faktorem pro růst rostlin v suchých oblastech je voda. Proto musí být rostliny tolerantní k vysychání a k obnovení normálních metabolických funkcí po rehydrataci (Alpert, 2005). Určité druhy mechorostů jsou schopné nasávat více vody než ostatní poikilohydrické organismy, jako je například většina lišejníků (Green et al. 2011). Potřebují delší dobu období hydratace pro příjem vody, ať už z deště, rosy či mlhy (Tao a Zhang, 2012). Na druhou stranu mají vyšší frekvenci dýchání a nižší schopnost fixovat uhlík (Ladrón de Guevara 2022).

Pro přežití mají mechorosty fyziologické a morfologické adaptace, které jim umožňují využívat vodu ze vzduchu a dokážou proto obnovit činnost fotosyntetického aparátu bez zdroje dešťové vody (Slate et al. 2020). Listy mechů a listnatých játrovek mají zakřivené okraje s papilózním povrchem. Mohou tak působit jako kondenzační body pro vodní páry a odvádět vodu směrem k vrcholu výhonku nebo k samotnému listu. Tento jev byl popsán u pouštního mechu *Syntrichia caninervis*, jehož listy efektivně sbírají a zadržují vodu (Pan et al. 2016).

Proti ztrátám a zároveň k udržení vody v gametoforu využívají mechorosty efektu albeda. Jedná se o míru odrazivosti tělesa, tedy množství odraženého elektromagnetického záření při dopadajícím denním záření. Tím nehrozí mechorostu velké zahřátí a udrží si tak větší množství vody v těle (Soldán a Janošik, 2023).

K funkci zadržování vody slouží výběžky na listech, lodyžky nebo trsy (Stanton a Coe, 2021). Bylo zjištěno, že čím silnější jsou lodyžky, tím více zadrží vody (Ladrón de Guevara 2022). I dlouhé střední žebro na listech ovlivňuje mechorosty. Například rourkatec obecný (*Syntrichia ruralis*) nebo děrkavka podušková (*Grimmia pulvinata*), která se vyskytuje u nás na skalkách či betonových zídkách, je na sucho adaptovaná pomocí středního žebra. To na listech způsobuje bělavou barvu v období sucha, čímž dochází k většímu odrazu dopadajícího denního světla (Soldán a Janošik, 2023).

Jako další adaptaci můžeme zařadit krátké či chybějící střední žebro v listu mechorostů. Čepel listu je tedy tvořena bezbarvými, mrtvými buňkami. Takové listy mají například zoubkočepky (*Racomitrium*) a těhovce bezžebřý (*Hedwigia ciliata*). Mohutné



žebro, které je téměř přes celou šíři lístků gametoforu mají zástupci rodu ploníkovitých (*Polytrichaceae*). Zároveň mají i v podélném směru mnoho deskovitých lamel sestavených z několika buněk. Ploníkům slouží jak k zadržení vody, tak i k vedení tekutin (Soldán a Janošík, 2023).

Specificky se před suchem chrání i játrovky. Jejich stélka je rozvinutá a světle zelená, pokud však dojde k dlouhodobému období sucha, stélka se stočí do ruličky. Po svinutí dojde ke změně barvy, kdy útvar je bělavý nebo tmavě fialový. Tímto jevem chrání asimilační pletivo. Tuto adaptaci najdeme u opatky šupinaté (*Oxymitra incrassata*) a mozolky vonné (*Mannia fragrans*) (Soldán a Janošík, 2023).

Další zajímavou morfologickou adaptací jsou specializované struktury na gametofytu, které slouží k lepšímu transportu vody. Příkladem jsou dva typy buněk v listech rašeliníku (*Sphagnum*). Ten obsahuje chlorocyty a hyalocyty. Chlorocyty zajišťují základní životní funkce, zatímco hyalocyty jsou buňky s póry, které přijímají vodu. Neobsahují protoplasty a slouží tak jako zásobníky vody. Podobnou adaptaci má i náš běžný zástupce bělomech sivý (*Leucobryum glaucum*) (Soldán a Janošík, 2023).

Játrovky rodu kovanec (*Frullania*) snášejí sucho pomocí dvoulaločných listů. Laloky se překrývají a spodní vytváří vakovitý útvar ve kterém jsou játrovky schopné uchovávat vodu. Mechy rodu patřásnatka (*Pseudocrossidium*) mají okraje listů stočené, čímž vytvářejí kapiláry. Zároveň mají silnou buněčnou stěnu a velké množství papil. Tím se chrání před možnou ztrátou vody. Dalším možným způsobem jsou jezdivé listy mechů, které najdeme u rodu kronglovka (*Fissidens*) (Soldán a Janošík, 2023).

Tomentum je vakovitá struktura rhizoidálního původu, která se skládá z krátkých a nevětvených vláken. Tyto struktury obalují téměř celou rostlinu. Tomentum najdeme například u dvouhrotce čeřitého (*Dicranum undulatum*) nebo vlasolistce vlhkomilného (*Tomentypnum nitens*) (Soldán a Janošík, 2023).

Mezi další mechorosty, které rostou na suchých oblastech, můžeme zařadit štěrbovky (*Andreaea*), děrkavky (*Grimmia*) nebo křídlečka (*Dicranowisia*). Jedná se o xerické mechorosty, které rostou na skalních stěnách a balvanech, kdy velmi krátké vlhko střídá delší období sucha. Adaptované jsou za pomoci prvků, které jsou uvedené výše. (Soldán a Janošík, 2023).

Suchomilné mechy vyhledávají otevřená stanoviště (Soliveres a Eldridge, 2020). Tyto druhy mají své morfologické a fyziologické vlastnosti, pomocí kterých dokážou čelit intenzivnímu slunečnímu záření, zvláště pokud jsou vysušené (Zheng et al. 2011). Například mech *S. caninervis* dokáže rychle stočit své listy do takového úhlu,

aby minimalizoval nebo maximalizoval zachycené světlo v závislosti na dostupné vodě (Wu et al. 2014). Tento pohyb je umožněn díky mechanismu biofyzikální reverzní změny řízené turgorem listových buněk (Ladrón de Guevara 2022).

Mechorosty se adaptovaly i proti působení UV záření mechanismem produkce fotoprotektivních metabolitů v závislosti na intenzitě záření za pomoci pigmentační plasticity (Ekwealor a Fisher, 2020). Právě fotoprotektivní metabolity v buňkách mechorostů jsou nezbytné pro jejich funkci v daných podmínkách. Se zvyšujícím se stresem z UV záření mohou mechy snižovat obsah chlorofylu k celkovému poměru obsahu pigmentu a zároveň zvýšit hladinu zeaxanthinu (antioxidant) a chlorofylu (Ekwealor et al, 2021). Další mechanismus, který mechorosty používají je disipace přebytečné energie ve formě tepla (Ladrón de Guevara 2022).

Vlastnosti půdy v suchých oblastech jsou důležitými faktory pro růst rostliny. Sádrovec je jedním z častých typů půd v suchých oblastech (Herrero, 2004). Vysoký obsah vápníku (Ca) není vždy limitujícím faktorem pro šíření mechů, některé druhy mechů se však vyskytují pouze na sádrovci (Salmerón et al. 2011). Rostou na izolovaných místech daleko od sebe. Substrát neurčuje přímo jejich kolonizaci, ale mikrostanoviště na sádrovci představují optimální podmínky (Aleffi et al. 2014). Určité druhy mechorostů tolerují vysoké množství Ca a uhličitanu vápenatého (CaCO<sub>3</sub>) (Downing a Selkirk, 1993).

Dalším častým problémem v suchých oblastech je půdní eroze (Kidane et al. 2019). Existují druhy mechů, které zabraňují větrné a vodní erozi (Yang et al, 2014). Hlavně jako fyzická bariéra, ale i rozptýlením energie ve formě tepla po povrchu půdy (Wang et al. 2017).

Mechorosty v suchém období mění svoji strukturu. Začnou se scvrkávat a kroutit a jejich objem se zmenšuje. Po rehydrataci se znovu napřímí a reliéf půdy je členitější (Warren, 2001). Proto se při povrchu půdy snižuje rychlost větru a mechorosty zachycují živiny v podobě prachu (Williams et al. 2012).

Mechorosty neovlivňují půdu jen mechanicky, ale i působením metabolitů. Mění půdní vlastnosti, jako je nárůst organické hmoty v půdě, její soudržnost a texturu a chrání ji před erozivními silami (Gao et al. 2020). Mechy jsou součástí biokrusty, která je klíčová pro půdy v suchých oblastech, protože ovlivňují koncentraci prvků nezbytných pro metabolismus půdních organismů a cévnatých rostlin (Moreno-Jiménez et al, 2020). Působí i na distribuci a zachování vody v půdním profilu, což je důležité pro růst mnoha

organismů. Mechy působí jak na horizontální, tak i vertikální proudění vody (Eldridge et al. 2020).

Mechy, tak jako každé jiné rostliny, potřebují dusík (N) (Brown a Bates, 1990). I přes to, že mají jednoduché rhizoidy a postrádají cévní systém, mohou přijímat dusík z půdy a transportovat jej do nadzemních částí rostliny (Ayres et al. 2006). Pro příjem dusíku mechorosty slouží symbióza se sinicemi, které dusík fixují (Belnap, 2001). Vzájemné působení sinic a biokrust s převahou mechů je však stále málo probádané. Současné studie naznačují, že mechy dokáží zadržet určité množství dusíku, aniž by jim uškodil. Zároveň mohou obohatit půdu dusíkem. Proces je však málo prozkoumaný a závislý na více biotických i abiotických faktorech (Ladrón de Guevara 2022).

Dusík je zároveň primárním omezujícím prvkem pro získávání uhlíku (C). Mechy jsou významné pro fixaci uhlíku prostřednictvím fotosyntézy. Funkční vlastnosti, které u mechů řídí rovnováhu C však nejsou stále dobře pochopeny. Různé druhy mechů mají širokou škálu reakcí na podmínky prostředí, ve kterém žijí (Coe et al. 2019). Mechy mají nejvyšší fotosyntetickou účinnost ve vlhkém stavu (Lan et al. 2017). Dostupnost vody je fyziologicky významnější než například u lišejníků (Ladrón de Guevara 2022).

Biokrusta tvořená mechy zvyšuje početnost a rozmanitost bakterií a hub pod nimi (Maier et al. 2018). Mikroorganismy se účastní N a C cyklů a zvyšují dýchání (Liu et al. 2018). Mechy v biokrustě mění vlastnosti půdy a tím rychlost růstu rostlin v okolí (Doxford et al. 2013).

V nepříznivých oblastech mechorosty brzdí růst cévnatých rostlin (Havrilla et al. 2019). V suchých oblastech s podprůměrnými srážkami převažují ve fytocenóze mechorosty (Ladrón de Guevara 2022).

Dominantními druhy mechů ve společenstvech jsou druhy s rychlým a vysokým vzrůstem (Bowker a Maestre, 2012). Stejně druhy lépe zadržují vodu a přijímají živiny, jako je dusík a fosfor (Li et al. 2019). Dalším způsobem adaptace na nepříznivé podmínky je pozitivní interakce s dalšími rostlinami v biokrustě, například s lišejníky. Bylo zjištěno, že mechy fotosyntetizují rychleji v biokrustě než izolovaně (Bowker a Antoninka, 2016).

Mechorosty přijímají hlavně srážkovou vodu, ale při zvýšení hladiny podzemní vody ji přijímají také rhizoidy a tak zpomalují uvolňování uhlíku z půdy (Ladrón de Guevara 2022). Existuje však druh mechu rostoucí v pouštích, *Syntrichia caninervis*, který postrádá rhizoidy. Na svých lístcích má nepatrné drážky a ostny, které sbírají vodu ze vzduchu či mlhy. Drážky jsou 200 nm široké. Malé ostny pomáhají shromažďovat kapky vody před transportem do lístků (Nature, 2016).

Dlouhodobé období sucha může způsobit pokles populace a následně i snížení metabolitů z fotosyntézy (Ladrón de Guevara 2022). Mechorosty rostou i v tropických deštných pralesech, kde jsou důležitou součástí ekosystémů, a i zde trpí nepříznivými podmínkami pro fotosyntézu. Druhově však nejsou příliš početné. Vysoké teploty velmi ovlivňují všechny poikilohydrické organismy, kam patří společně lišejníky i mechorosty. Vysoká teplota působí negativně na rychlost fotosyntézy i dýchání. Voda se rychle odpařuje, dochází k rychlejšímu vysušení a zkrácení času k aktivní fotosyntéze (Wagner et al. 2013, Zotz & Bader 2009). V těchto podmínkách je teplotní optimum pro fotosyntézu přibližně 26 °C, což naznačuje přizpůsobení mechorostů klimatickým podmínkám (Wagner et al. 2013).

### **1.4.2 Chladné oblasti**

V suchých oblastech s chladnými zimami zakrývá sníh mechy delší dobu. Sníh je pro mechorosty zdrojem vody a tvoří biokrustu během období tání, která je chrání před promrznutím během nízkých zimních teplot. Například v poušti Gurbantunggut v Číně byly studovány pozitivní účinky sněhové pokrývky. Snižuje oxidaci, teplotu a stres z vysychání během zimy a jara (Zhang a Zhang, 2020). Zároveň poskytuje dostupnou vodu, která při tání umožňuje rostlině růst. Sníh ovlivňuje i obsah chlorofylu v buňkách (Ladrón de Guevara 2022).

V chladných suchých oblastech je hlavním faktorem produkce biomasy mechu sněhová pokrývka během zimního období (Bormann et al. 2018). Od konce minulého století se množství sněhu stále snižuje a lze předpokládat postupné snižování druhové diverzity mechorostů. Existuje předpoklad, že budou v budoucnu mechorosty v těchto oblastech nahrazeny společenstvy sinic a řas (Xiao et al. 2019).

S chladnými oblastmi souvisí i poškození mechorostů mrazem. Mráz je přírodní faktor působící v rostlinných tkáních, kde dochází k dehydrataci. Mnoho druhů mechorostů mráz přežívá a je tolerantní k nedostatku vody. Proto jsou hojné v polárních oblastech, kde nízké teploty a krátká vegetační sezóna znemožňuje výskyt dalších rostlin. Proto jsou mechorosty dominující složkou fytoocenóz chladných oblastí. Kromě rychlé regenerace jsou mechorosty schopné pohotově (někdy i za několik minut) obnovit dýchání a fotosyntézu po rehydrataci (Takezawa 2018).

Rozpustné cukry, s nízkou molekulovou hmotností se hromadí v eukaryotických organismech a pomáhají tak s tolerancí k vysychání. Sacharóza je v mechorostech hojně zastoupena, společně s hexózami nebo oligosacharidy (ZúñigaGonzález et al. 2016).

Množství cukru v buňkách však nezaručuje odolnost vůči vysychání. Dva druhy se stejným obsahem cukrů mohou mít různou toleranci. Důvodem jsou neindukované mechanismy, které hromadí a udržují cukr (Takezawa 2018). Společně s cukry zvyšuje i hormon ABA toleranci vůči mrazu a vysychání, protože akumuluje sacharózu v mechorostech (Oldenhof et al. 2006). ABA však není nezbytná pro akumulaci sacharózy (Nagao et al. 2006).

Během dehydratace a rehydratace dochází u mechorostů k charakteristickým strukturálním změnám v buněčných organelách. Změny probíhají především ve vakuolách, chloroplastech, mitochondriích a cytoskeletu, kdy dochází k prostorovému přeskupení v buňce (Pressel et al. 2009). Klíčovou roli má i kyselina abscisová (ABA), která působí při reakcích mechorostů na stres. ABA je fytohormon, který vyvolává například opadání listů, podporuje dormanci a reguluje v široké škále vývojové procesy rostliny (Nambara et al. 2010). Při snížení vodního potenciálu půdy dochází ke zvýšení hladiny ABA, což způsobuje snížení transpirace (Takezawa 2018). ABA byla nalezena u všech třech skupin mechorostů, kdy zvyšuje toleranci k vysušení nebo zamrznutí u gametofytů a uzavírání průduchů u sporofytů (Takezawa et al. 2012). Účinky kyseliny abscisové mají rozdílné účinky na různé druhy (Akter et al. 2014).

Tolerance mechorostů se liší v závislosti na druhu, věku, ročním období a přírodních stanovištích. Co se mrazu týče, některé druhy mechorostů jsou odolné vůči nízkým teplotám do  $-27\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Takezawa 2018), některé druhy snášejí po dobu několika měsíců až do  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Gloser, 2008). Citlivost na mráz je však velmi rozdílná. Co se věku týče, je dokázáno, že zralé listy jsou více odolné vůči mrazu než mladé listy. Například listy mechu *Mnium undulatum* byly zchlazeny na teplotu  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  a suché listy až na  $-130\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Mladé listy však nevydržely teploty pod  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Takezawa 2018).

Mechorosty najdeme i v Antarktidě. Zde se vyskytují v klimaticky teplejších oblastech, jako je pobřeží a přilehlé ostrovy. Zajímavostí je, že mechorosty se v Antarktidě rozmnožují nepohlavně (vegetativně), bez tvorby sporofytu. To je důvodem, proč mechorosty nenajdeme dál od pobřeží. Jejich rozmnožování je podmíněno dostatkem kapalné vody v určitém období (Gloser, 2008).

V Antarktidě dochází k tání sněhu v krátkém tříměsíčním horizontu v letním období. Mechorosty jsou většinu roku vystavovány ztrátám vody. Hospodaření s vodou u antarktických mechorostů probíhá podobně jako u lišejníků. Jejich vnitrobuněčné prostředí má vysokou koncentraci organických sloučenin, díky kterým dokážou udržet funkční buněčné membrány a enzymy. Také obsahují mnoho antioxidantů a stresových

proteinů. Zároveň jsou mechorosty schopné udržet určité množství zásobní vody po delší dobu. Tu uchovávají v úžlabí drobných lístků. Ztrátě vody zamezují také způsobem života, kdy rostou v hustých trsech. Aby nedošlo k mechanickému poškození mechorostů při vysychání, mají jejich buňky pružné stěny. Po nasátí dochází k obnově fyziologických procesů po několika hodinách až dnech (Gloser, 2008).

Poškození mrazem není u mechorostů tak časté, protože mechorosty bývají přes zimu kryty sněhem, který je proti mrazu do určité míry chrání. Vážnější je střídání nočních mrazů a denních vyšších teplot, které vedou k úniku některých důležitých látek do okolí, jako například cukrů (Gloser, 2008).

Dalším charakteristickým rysem mechorostů rostoucích ve velmi chladných oblastech je malý délkový přírůst, který činí okolo 3 mm. Důvodem je hospodaření s asimiláty, které rostlina využívá spíše pro tvorbu sekundárních metabolitů, díky kterým je odolnější vůči patogenům (Gloser, 2008).

Mezi mechorosty, které rostou v Antarktické oblasti patří například srpnatky (*Warnstorfia laculosa*, *Warnstorfia sarmentosa*, *Sanionia uncinata*), baňatka (*Brachythecium austrosalebrosum*), ploník tuhý (*Polytrichum strictum*), *Chorisodontium aciphyllum* nebo klanozoubek (*Schistidium sp.*) (Gloser, 2008).

### 1.4.3 Spáleniště

Mechorosty dokážou růst i na místech, kde působil požár. Ten v oblasti zničil mnoho spor a semen, čímž změnil krajinu. I když byl tedy oheň destruktivní pro okolí, vznikla příležitost pro různé druhy mechorostů (Lepp, 2008).

Chování mechorostů na spáleništích závisí na lokálních podmínkách. Například v Tasmánii v roce 1979 proběhl výzkum rekolonizace mechorostů po požáru. V dané oblasti se začali objevovat tři zástupci, a to játrovka *Marchantia berteroana* a mechy zkrutek vláhojevný (*Funaria hydrometrica*) a *Ceratodon purpureus*. Složení mechorostů na ploše se v průběhu času měnilo (Lepp, 2008). V Českém Švýcarsku po rozsáhlém požáru v roce 2006 začaly po mírné zimě bez sněhové pokrývky růst koberce mechorostů, které byly druhově uniformní. Zjištěna byla pouze jediná játrovka porostnice mnohotvárná (*Marchantia polymorpha*). Mechorosty se nejdříve objevily na mikrostanovištích, která byla vhodná také pro uchycení semen dřevin (Marková et al. 2011).

Zkrutek vláhojevný je hygroskopický mechorost, který se za sucha svinuje, tvoří velké porosty. Pokud dojde k větší vlhkosti (vzdušné i půdní) u mechorostu, napřímí se

(Sádlo, 1994). Není obligátním antrakofytem, vyskytuje se často na narušených místech jako například okraje cest, štěrby skal nebo spáry zdí. Důvodem je preference míst, které jsou bohaté na dusík (N) (Gutzerová, 2001). Toxické prostředí jako je spáleníště tento mechorost nepreferuje, ale úspěšně odolává proto, že jiné potenciálně konkurenční druhy na podobných místech vegetovat nemohou (Sádlo, 1994).

#### 1.4.4 Vodní prostředí

Mechorosty mimo jiné dokážou sezónně, ale také celoročně růst ve vodních biotopech, většinou čistých, studených a pomalu tekoucích vodách (Christy, 2024). Sladkovodních druhů je mnoho, jsou známy také druhy z brakických vod, ale žádné mechorosty nejsou známy z mořského prostředí. Některé druhy dokážou žít mnoho metrů pod vodní hladinou. Dle důkazů se však jedná o suchozemské druhy mechorostů, které mají různé stupně adaptace na vodní prostředí. Většinu druhů, které nalezneme ve vodě rostou i na souši, ale tyto příklady se druh od druhu liší. Důvodem jsou různé požadavky na výměnu plynů a fotosyntézu (Lepp, 2008).

Vodní stanoviště představuje pro mechorosty mnoho anorganických stresorů, jako je vysoká rychlost proudění vody, ledová pokrývka, malé nebo příliš velké ozáření, nedostatek živin, znečištění nebo vysoké teploty. Zároveň na rostliny působí i biotické stresory, jako jsou býložravci nebo patogeny (Hanson, 2013).

Vodní mechorosty jsou spodní částí lodyžky přichyceny k substrátu. Některé druhy rostou i na schránkách živých měkkýšů. Jiné druhy splývají a nemusí být k substrátu přichyceny. Takové v našich podmínkách běžně rostou ve stojatých vodách, například játrovka *Ricciocarpos natans*. Mechorosty byly zjištěny v hloubce až 120 metrů pod hladinou. Příkladem jsou zástupci rodů *Drepanocladus* a *Fontinalis*. Faktorem, který umožňuje mechorostům růst v takových hloubkách je průzračnost vody, protože světlo je limitujícím faktorem (Lepp, 2008). Jsou známy druhy mechorostů, schopné fotosyntetizovat při velmi nízké intenzitě záření (William, 2008).

Většina mechorostů rostoucích ve vodním prostředí nemá žádné významné morfologické adaptace, které by umožnily efektivnější využití záření, vstřebávání živin a fixaci oxidu uhličitého. Nemají kutikulu a ani epidermis, která interferuje výměnu plynů u cévnatých rostlin. Neobsahují ani žádné průduchy (kromě tobolek hlevíků), které by kontrolovaly absorpci oxidu uhličitého. Aerenchym se nachází pouze u *Polytrichaceae* a několika vodních druhů játrovek (Hanson, 2013). Absence vodivých

pletiv způsobuje omezený růst mechorostů (Trempe, 2003). Mechorosty mají chloroplasty ve všech buňkách, a proto jsou schopné fotosyntetizovat efektivně (Hanson, 2013).

Mechorosty jsou ve vodě tolerantní k vysokému tlaku. Rychlost dýchání se zvyšuje s okolní teplotou, což neplatí pro fotosyntézu. Vodou saturované mechorosty však mohou optimálně fotosyntetizovat jen do určité teploty. Příliš vysoká teplota fotosyntézu brzdí. S fotosyntézou souvisí i množství oxidu uhličitého, které je vyšší v chladnějších vodách. Proto obecně najdeme více druhů mechorostů v mírném pásu než v tropech (Lepp, 2008). Vodní prostředí chrání chlorofyl mechorostů před UV zářením. V oblastech, kde je vyšší intenzita světla, mají mechorosty zvýšenou pigmentaci, která jim slouží jako filtr (Hanson, 2013).

Vodní mechorosty absorbují veškerou vodu společně se živinami svými listy (fyloidy). Hydrogenuhlíčitany jako zdroj uhlíku obecně mechorosty přijímat nemohou, a tak jsou často omezené na kyslejší vodní toky, kde je rozpuštěného oxidu uhličitého více (William, 2007). Některé druhy dokážou přeměnit na svém povrchu či uvnitř buněk hydrogenuhlíčitany na oxid uhličitý (Hanson, 2013). Většina vodních mechorostů roste ve vodách s nízkým pH. Přesto existují druhy adaptované na zásadité prostředí. Jsou jimi například *Fissidens grandifrons* nebo *Cratoneuron filicinum* (William, 2007). Ve vápencových oblastech nebo prostředí obohaceném vápníkem dochází u mechorostů k inkrustaci uhlíčitany, které interferují se světlem potřebným pro fotosyntézu. Rod *Didymodon* za pomoci inkrustace vytváří útvary, které jsou označovány jako didymodontolity (Hanson, 2013).

Mechorosty zároveň slouží jako přírodní filtr těžkých kovů ve vodě (Papadia et al. 2020) nebo jako malá hráze (Lepp, 2008). Jedná se například o prameničku obecnou (*Fontinalis antipyretika*). Druh osídluje celoročně zaplavované tůně i čisté rybníky. V nich tvoří rozsáhlé submerzní porosty, které jsou velmi tolerantní k trvalému ponoření, ale i k dočasnému suchu. Ponořené lístky prameničky mají tloušťku okolo 75  $\mu\text{m}$ . V suchém stavu se lístky zúží na 15  $\mu\text{m}$  (Christy, 2024).

V brakických vodách roste mechorost *Taxithelium merrillii*. Tvoří koberce, které snášejí přílivovou mořskou vodu i sladkou vodu z řeky (Lepp, 2008).

Led růst mechorostů nijak neovlivňuje. Vytvoří totiž na hladině izolační vrstvu, která chrání vodu pod sebou. I když led snižuje intenzitu záření, kompenzuje tento fakt ochranou vody před resuspenzí sedimentů, způsobenou větrem (Lepp, 2008).

Do vodního prostředí patří i ekosystém rašelinišť, kde jsou mechorosty dominantními organismy (Cornelissen et al. 2007). Odumřelé stélky rašeliničků vytvářejí



prostředí, kde jsou podmínky pouze pro růst mechů a znemožňují růst jiným druhům rostlin. Brzdí tak koloběh uhlíku. Rašeliník (*Sphagnum*) je označován jako „ekosystémový inženýr“ (Bacon et al. 2017). Rašeliniště představuje chladné, vodou nasycené a kyselé prostředí. Proto lodyžky rašeliníku zadržují vodu za pomoci nefotosyntetizujících mrtvých hyalocytů, buněk, které tvoří převážnou část objemu rostliny. Zároveň mají rašeliníky jiné chemické složení buněčných stěn. Buněčné stěny jsou bohaté na sacharidy a polyfenolické látky, které jsou vylučovány do rašeliniště v podobě monomerů. Například pektinový sacharid sphagnan působí okyselení slatinné vody (Verhoeven a Liefveld, 1997). Dále své prostředí ovlivňuje inhibicí rozkladu a mineralizací. Tyto vlastnosti jsou velmi důležité pro fungování ekosystému a rostlinných společenstev (Cornelissen et al. 2007).

Mechorosty, které nepatří do rodu *Sphagnum* mají také určitý acidifikační potenciál. Přesto otázka mezidruhové variability pH tkání a jejich okyselení není zcela vyřešena. Není totiž jasný způsob a míra, do jaké je mezidruhová variabilita modifikována. Zároveň je otázkou, jaký vliv na pH mají různé faktory daného prostředí. Například, jak se může měnit acidifikační potenciál v závislosti na dostupnost kationtů v půdním roztoku (Cornelissen et al. 2007).

### 1.4.5 Změna klimatu

Klima, ve kterém žijeme, se neustále mění. Zvyšují se teploty a prodlužuje se období sucha. Tyto podmínky mohou způsobit vážné změny v různých ekosystémech. Zvyšuje se abiotický stres na rostliny na rašeliništích, mokřadech a polárních oblastech, kde jsou mechorosty klíčovými druhy. Tam udržují ekosystém v rovnováze (Kulshrestha et al. 2022). Mechorosty jsou citlivé na klimatické změny působící na vodní režim ekosystémů (Cornelissen et al. 2007).

Nadměrná produkce dusíku vlivem antropogenní činnosti také ekosystémy ovlivňuje (Limpens et al. 2011). Předpokládá se, že společenstva mechorostů budou čelit velkým změnám v jejich početnosti, biomase a druhovém složení. Reakcí na klimatické změny může být jejich úbytek. Záleží však druh od druhu a na jejich funkční skupině (Cornelissen et al. 2007). Někteří vědci odhadují, že do roku 2050 bude na Zemi pouze 30 % současných druhů mechorostů z důvodu snižování biologické rozmanitosti. Přesto díky specializovaným metabolitům jednotlivých druhů mechorostů může dojít k jejich přizpůsobení k negativním globálním klimatickým změnám (Kulshrestha et al. 2022).

Úbytek mechorostů, respektive jejich druhového složení, by do budoucna mohl mít závažné dopady na obrat uhlíku a živin v půdě (Cornelissen et al. 2007). Zároveň změny srážkových režimů působící na biokrusty tvořené mechorosty ovlivňují vodní bilanci a cykly vysychání mechorostů. Mechorosty by také kvůli nedostatku srážek a dlouhého období tepla a sucha mohly mít v budoucnu problém s nedostatkem uhlíku, který by vedl k jejich úbytku. Zároveň také velké množství náhlých srážek může způsobit problémy s příjmem uhlíku (Ladrón de Guevara 2022).

## 2 Metodika

Pro metody výuky sloužící pro oživení vyučovacích hodin byl využit uživatelsky příjemný grafický online nástroj Canva (Canva, 2024). Nástroj nabízí různé šablony dokumentů a výsledné aktivity jsou graficky atraktivnější. Pro další aktivity byly využity online stránky Learningapps (Learningapps, 2024), kterou využívám hojně i během své pedagogické praxe. V portálu lze jednoduše vytvořit různé aktivity. Ty se následně mohou vytisknout nebo hrát online. Další využitou aplikací bylo Pexeso (PEXESO, 2024). Na této webové stránce lze vytvořit pexeso, které se může následně stáhnout a vytisknout, nebo po určité době hrát online.

Obrázky do aktivit jsem namalovala sama v mobilní aplikaci Goodnotes (Goodnotes, 2024). Fotografie, které jsou použity v aktivitách, jsem získala z webové stránky Biolib (Biolib, 2024).

### 2.1 Výukové metody

Pro účely tvorby aktivit jsem použila několik různých výukových metod, které slouží k usnadnění vzdělávání, kde mají důležitou roli vyučující, ale i samotní žáci. Společnými silami tak naplňují výchovně–vzdělávací cíle (Maňák a Švec, 2003). Výukové metody dnes řadíme mezi didaktické kategorie (Zormanová, 2014).

Výukové metody plní plno funkcí během výuky. Jedná se například o aktivizační, formativní, výchovnou anebo komunikační funkci. Zároveň se uplatňuje i zprostředkování vědomostí a dovedností, které jsou ve školním prostředí velmi důležité (Maňák a Švec, 2003).

V dnešní době se čím dál častěji setkáváme s oživením klasické frontální výuky. Aktivita samotného učitele tak jde do pozadí a na chodu vyučovací hodiny se podílejí z velké části žáci či studenti, kteří jsou aktivní. Stále však hodina musí plnit předem stanovené cíle. Vyučující hodinu spíše doprovází, radí. Aktivita žáků slouží k osobnostnímu rozvoji a tvůrčím schopnostem (Maňák 2011).

Aktivizační hodiny můžeme rozdělit na diskusní, situační, inscenační, didaktické hry, řešení problémů a speciální metody. Diskusní pomáhají zlepšit komunikaci a dokázat vyjádřit názory a myšlenky žáků. V situačních aktivitách se žáci snaží zamezit problému, navrhují svá řešení. Během inscenačních aktivit dochází k rozvoji sociálních rolí žáků v třídním kolektivu. Didaktické hry podporují spolupráci, ale i činnosti jedince. Při řešení

problémů žáci sami objevují nové poznatky a speciální metody jsou kombinací všech předešlých aktivit (Kotrba a Lacina, 2015).



## Přiřazování

Je aktivita, která donutí žáky vstát ze školních lavic. Slouží jako ujasnění, do jaké třídy konkrétní mechorost patří. Může se udělat jako pohybová aktivita, ale také jako online aktivita v Learningapps.

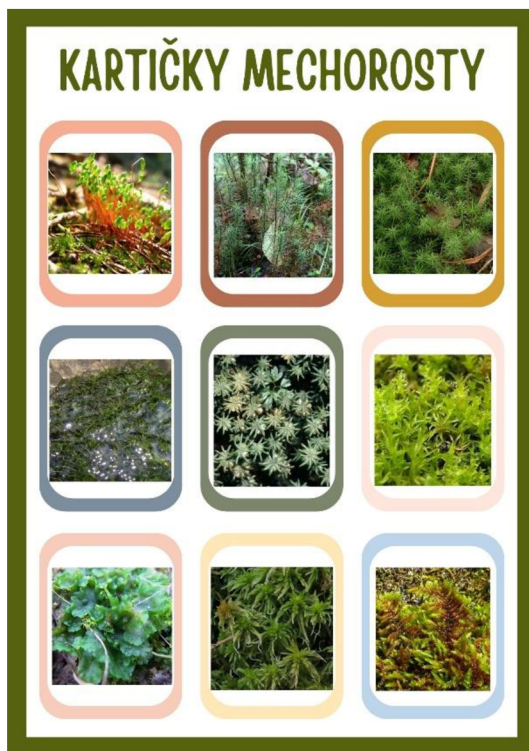
Každý žák dostane jednu kartičku, na které je buď zástupce, obrázek zástupce, název třídy a charakteristika třídy. Úkolem žáků je najít svoji skupinu, do které patří jejich kartička. Výsledkem budou tedy tři skupiny (podle třech tříd mechorostů), v každé z nich bude jeden žák s kartičkou třídy, jeden s kartičkou, na které je popis, a pak další s jednotlivými zástupci a jejich obrázky. Počet lidí v každé skupině je libovolný, záleží podle počtu zástupců.

V aplikaci Learningapps se vytvoří tři skupiny (mechy, játrovky, hlevíky) a žáci přiřadí jednotlivé zástupce k odpovídajícímu oddělení. Aktivita se může hrát společně na interaktivní tabuli. Zároveň lze Learningapps nasdílet přes odkaz či QR kód, proto mohou pracovat ve skupinách, či každý sám na svém mobilním telefonu či tabletu. Aplikace jim na konci ukáže, jestli udělali nějaké chyby nebo ne.

QR kód na aktivitu v aplikaci Learningapps.org:



Obrázek 6 - QR kód na online aktivitu (M. Kafuňková 2024, grafika: Learningapps.org)



**Zdroje:**  
 Paprunka nicí: DOLEŽALOVÁ, Marcela, 2009. Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/image/id148014/>  
 Rašeliník úzkolistý: KESL, Michael, 2018. Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/image/id365346/>  
 Dvouhroteček hrozňavý: KESL, Michael, 2016. Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/image/id333471/>  
 Rokyt cypřišovitý: KAMENÍČEK, Jiří, 2013. Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/image/id209629/>  
 Pramenička obecná: JUREK, Lukáš, Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/image/id70899/>  
 Porostnice mnohotvárná: MOTÝČKA, Vladimír, Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/image/id240918/>  
 Hlevíček hladký: Wikipedie.cz, 2005. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Hle%C3%ADky>  
 Ploník obecný: STEN, 2008. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Plon%C3%ADk\\_obecn%C3%BD#/media/Soubor:Polytrichum-commune-habit.jpg](https://cs.wikipedia.org/wiki/Plon%C3%ADk_obecn%C3%BD#/media/Soubor:Polytrichum-commune-habit.jpg)  
 Dawsonia longifolia: GEICHORN2000, 2013. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Dawsonia\\_longifolia#/media/File:Dawsonia\\_longifolia.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Dawsonia_longifolia#/media/File:Dawsonia_longifolia.jpg)

Obrázek 7 - Kartičky na přiřazování – Mechorosty (M. Kafuňková 2024, grafika: Canva.com)

## Rozmnožování

Rozmnožování mechorostů nepatří mezi jednoduchou část učiva. Je pro žáky složitá, plná pojmů, a tak ztrácí pozornost. Tím látku dostatečně nepochopí a už vůbec si ji nezapamatují.

Obrázky doplňují výklad, pomáhají žákům ucelit a urovnat získané znalosti. Pokud ještě s obrázky sami pracují, dokážou se složitější látku lépe zapamatovat.

Cílem aktivity je aktivně zapojit žáky během získávání nových znalostí. Aktivita se tedy může použít po výkladu rodozměny u mechorostů. Každý žák dostane na záda kartičku, sám netuší, co se na dané kartičce nachází. Úkolem žáka je svému spolužákovi slovně vysvětlit, co má na zádech nalepeného (nesmí použít kořen slova). Když žák uhádne, jakou kartičku má na sobě, jde s ostatními spolužáky utvořit kruh, ve kterém sestaví rodozměnu ve správném pořadí, tak jak probíhá ve skutečnosti. Dále se v kroužku pohovoří a nutných podmínkách rodozměny, a také haploidní a diploidní fázi rodozměny.

Tato aktivita je časově náročnější, ale žáky zcela zapojí. Potřebné je pouze vytisknutí kartiček v takovém počtu, aby si zahrál každý žák (koleček s rodozměnou může být v jedné třídě více).



Obrázek 8 – Kartičky Rozmnožování mechorostů (M. Kafuňková 2024, grafika: Canva.com)

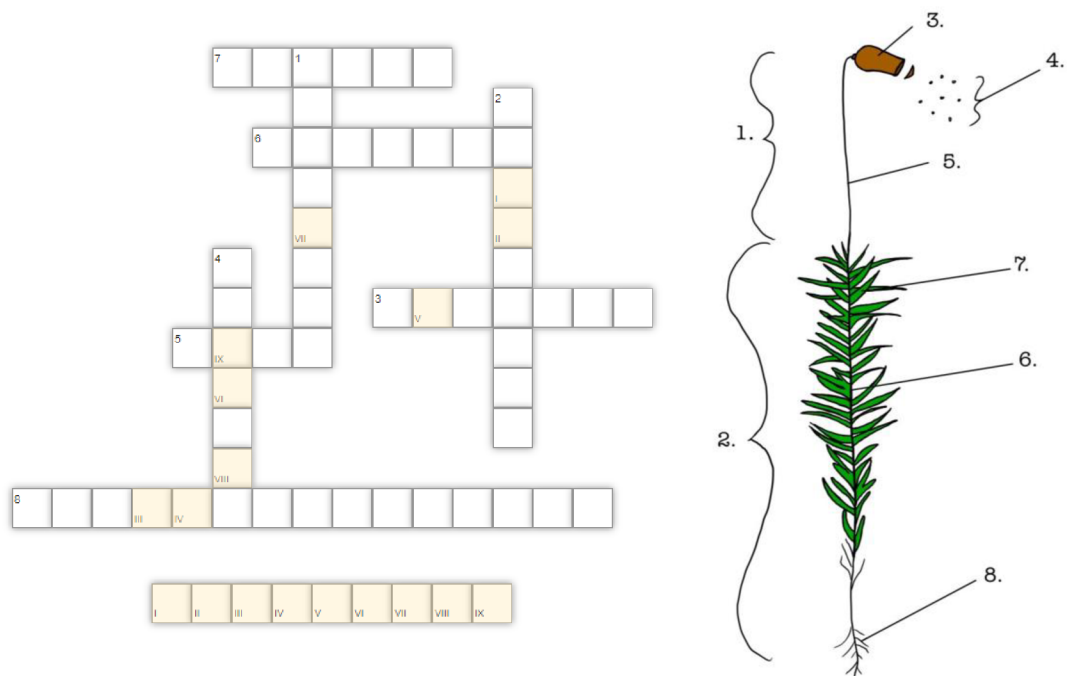


## Stavba mechové rostlinky

Znát stavbu mechové rostlinky je důležité pro pochopení pohlavního rozmnožování, tedy rodozměny u mechorostů. Zařazení této aktivity je jednoduché. Žáci znají pravidla křížovky, a tak ji snáze bez vysvětlování doplní. Navíc si správně vyplněné cvičení mohou nalepit do sešitu a mít tak obrázek mechové rostlinky vždy u sebe.

Cílem aktivity je doplnit správně křížovku. Do ní se vyplňují označené části z mechové rostlinky.

Jako pomůcky jsou potřeba pouze psací potřeby a vytisknutá křížovka pro všechny žáky či jejich skupiny. Zároveň lze hrát aktivitu online na Learningapps.org buď se všemi žáky na interaktivní tabuli nebo každý zvlášť na svém mobilním telefonu či tabletu po nasdílení QR kódu.



Obrázek 9 - Křížovka Popis stavby mechové rostlinky (M. Kafuňková 2024, grafika: Learningapps.org)

QR kód k nasdílení aktivity online:



Obrázek 10 – QR kód k online křížovce (M. Kafuňková 2024, Learningapps.org)

## Pexeso

Hra pexeso lze během hodiny využít jako skupinová práce. Žáci zde využijí získané znalosti z vyučovací hodiny, či z jiných aktivit. Pexeso je navíc hra, kterou zná mnoho dětí, a tak není potřeba dlouze pravidla vysvětlovat. Třidu je potřeba rozdělit do několika menších skupinek, aby si zahrál opravdu každý žák. Pokud by bylo pro žáky pexeso těžké, může jim být poskytnut klíč nebo atlas, který jim pomůže v určování obrázků.

Cílem hry je spojit zástupce s odpovídajícím obrázkem (na kterém je určitý zástupce) a získat tak co nejvíce párů.

Pravidla hry jsou jednoduchá. Vyučující rozdělí žáky do skupinek, například do čtveřic. Každé skupince dá jedno pexeso. Žáci si pexeso rozloží na lavici jednobarevnou stranou nahoru. Hru začne nejmladší žák, který může otočit dvě kartičky. Pokud se zástupce a obrázek shodují, může otáčet další. Pokud se neshodují, pokračuje další žák po pravé ruce prvního hráče. Hra končí otočením všech kartiček. Vyhrává žák s největším počtem dvojic. Hra trvá okolo 10 minut, podle množství kartiček a náročnosti.

Na aktivitu jsou potřeba vytisknuté a zalaminované kartičky pexesa pro několik skupin žáků. Žáci k samotné aktivitě nic nepotřebují. Pro výpomoc je možné poskytnout atlas či klíč na určení mechorostů.





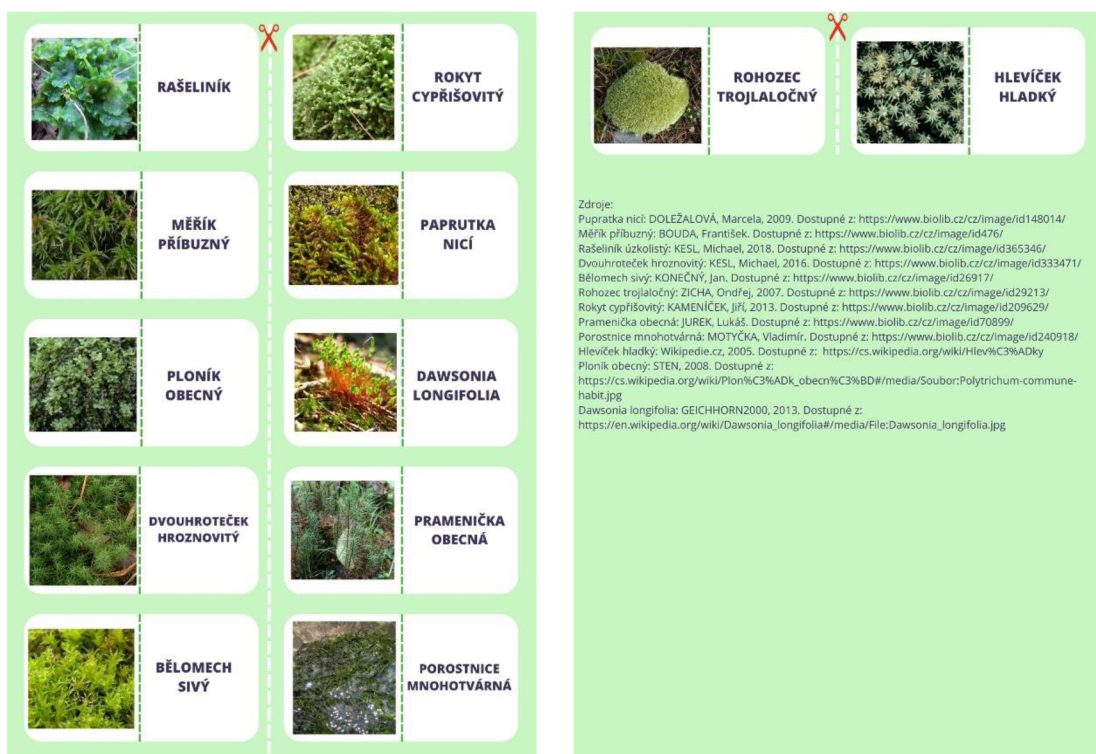
Obrázek 11 - Pexeso Mechorosty (M. Kafuňková 2024, grafika: pexeso.net)

## Domino

Domino je další zábavnou hrou, při které se žáci mohou naučit nové znalosti. Zároveň pravidla zná téměř každý, a tak se během hodiny neztrácí čas dlouhým vysvětlováním. Hrát může žák sám nebo ve skupině.

Cílem hry je přiložit obrázek ke správnému pojmenování daného zástupce. Vytvoří se tak had, který lze lehce zkontrolovat.

Ke hraní je potřeba pouze vytisknout a rozstříhat kartičky domina. Počet sad se určí podle toho, zdali žáci budou hrát sami nebo ve skupině.



Obrázek 12 - Kartičky Domino mechorosty (M. Kafuňková 2024, grafika: Canva.com)

## Pracovní list

Pracovní list je možnost, jak zapojit žáky během výuky či exkurze, kdy se vyučujícímu dostane zpětná vazba o jejich aktivitě (pokud PL vybere). Umožňuje vyučujícímu zaměřit požadované informace podle vlastního uvážení. Pracovní list může být pouze o doplňování informací, anebo doplněný o hravé úkoly.

Cílem je doplnit pracovní list, ať už během výkladu, tak v rámci samostudia či exkurze. Jako pomůcky stačí připravený a vytisknutý pracovní list a psací potřeby.

### PRACOVNÍ LIST

#### MECHOROSTY

1 Na jakých stanovištích se vyskytují mechorosty?

2 Doplní obrázek rodozměny u mechorostů.

3 Vyber správné tvrzení.

- A. Mechorostry **maji/nemají** pravá pletiva.
- B. Sporofyt (S) **nezávisí/závisí** na Gametofytu (G).
- C. Peľatky jsou **samičí/samčí** pohlavní orgány.
- D. K oplózení u mechorostů je **nutná/není** potřeba voda.
- E. Štět s tobolekou je **gametofyt (G)/sporofyt (S)**.

4 Ke každé šípce napiš zástupce, který patří do daného oddělení.

JÁTROVKY      MECHY      HLEVÍKY

5 Popiš mechovou rostlinku.

BONUS: Jak je možné, že mechorosty dokáží žít na rozdílných stanovištích? Jak se přizpůsobily náročným podmínkám?

Obrázek 13 - Pracovní list mechorosty (M. Kafuňková 2024, grafika: Canva.com)

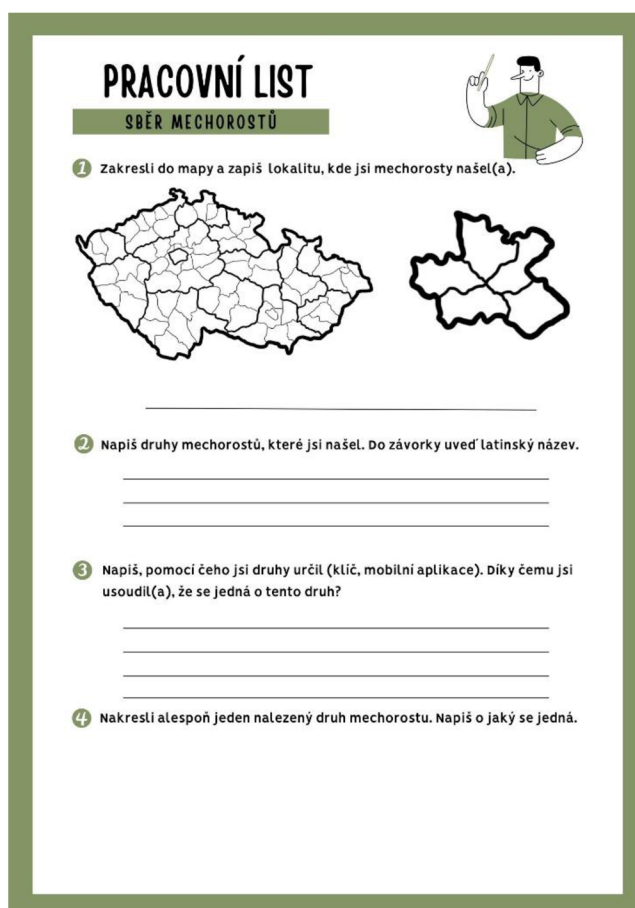
## Aktivní sběr preparátů

Během hodin biologie je možné vyrazit do přírody. Mechorostry se vyskytují na mnoha stanovištích, proto není velký problém některé zástupce najít v okolí školy. Možné je udělat procházku do lesa či parku, pokud se takový objekt nachází v blízkosti školy.




Cílem aktivity je nalézt co nejvíce druhů, se kterými následně žáci budou pracovat buď při laboratorním cvičení, kdy druhy budou moct pozorovat pod mikroskopem anebo při vytváření mechového obrazu. Během sběru preparátů může být pro žáky vytvořen krátký pracovní list, na kterém doplní různé poznatky a informace.



Pomůcky nemusejí být žádné, nebo pouze taška na sebrané mechorosty. Vhodné je však s sebou vzít klíč či atlas (nebo aplikaci v telefonu), díky kterým žáci určí, co sbírají. Pokud se vyučující rozhodne ještě pro pracovní list, je potřeba jej natisknout v dostatečném množství pro každého žáka. V tomto případě je potřeba, aby měl každý žák psací potřeby u sebe.



**PRACOVNÍ LIST**  
**SBĚR MECHOROSTŮ**



1 Zakreśl do mapy a zapiš lokalitu, kde jsi mechorosty našel(a).

\_\_\_\_\_

2 Napiš druhy mechorostů, které jsi našel. Do závorky uveď latinský název.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3 Napiš, pomocí čeho jsi druhy určil (klíč, mobilní aplikace). Díky čemu jsi usoudil(a), že se jedná o tento druh?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4 Nakreśl alespoň jeden nalezený druh mechorostu. Napiš o jaký se jedná.

Obrázek 14 – Pracovní list sběr mechorostů (M. Kafuňková 2024, grafika: Canva.com)

## Mechový obraz

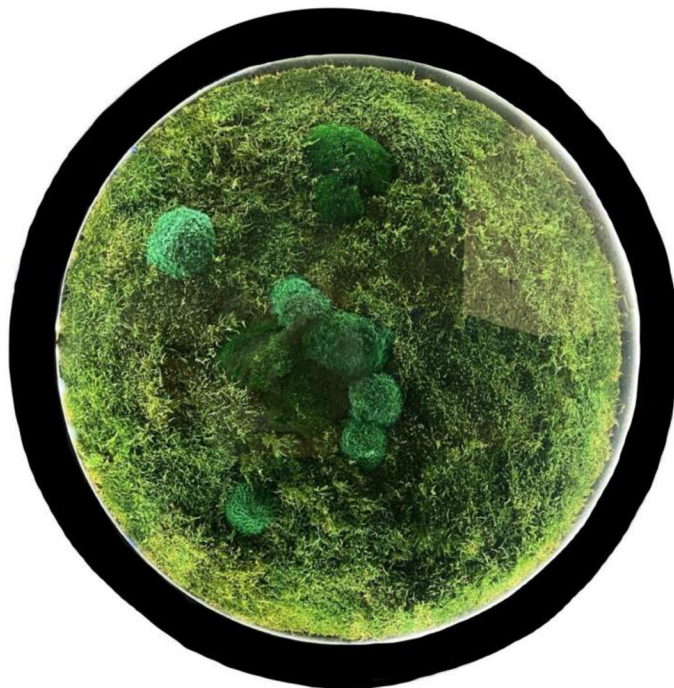
Mechový obraz je v současnosti oblíbeným módním doplňkem do interiéru. Jedná se o obraz, kde jsou nalepeny různé druhy mechů. Díky jejich různým barvám či stavbě je možné tvořit obrazce nebo mozaiku. Hotový obraz žáci vloží do rámu a pověsí na zeď. Tato aktivita navazuje na sběr preparátu a je možné propojit biologii s výtvarnou

výchovou. Vyučující VV tak může žákům poradit, aby jejich mechový obraz vypadal dobře.

Cílem aktivity je vytvořit si vlastní mechový obraz, který se žákům bude líbit a mohou si ho vystavit. Zároveň musí vědět, jaké druhy mechorostů na obraz dávají, proto jednotlivé druhy musí znát, případně je určit.

K aktivitě je potřeba tvrdý karton libovolného rozměru pro každého žáky. Dále rám, do kterého obraz vloží a mechorosty, které si sami nasbírají.

Aktivita je časově náročnější, proto je vhodné ji propojit s výtvarnou výchovou, která většinou trvá dvě vyučovací hodiny.



*Obrázek 15 - Mechový obraz (M. Kafuňková 2024)*

### **3.1 Návrh přípravy vyučovací hodiny s aktivitami**

#### **Příprava vyučovací hodiny s výkladem doplněný aktivitami**

**Název předmětu:** Biologie

**Téma:** Mechorosty

**Časový rámeček:** 45 minut

**Třída:** 1. ročník střední školy

**Edukační cíle:**

Studenti spolupracují ve skupině.

Studenti znají základní charakteristiku mechorostů.

Studenti vysvětlují rodozměnu.

Studenti popisují fáze rodozměny.

Studenti uvádějí zástupce mechorostů.

Studenti vyplňují pracovní list dle výkladu.

**Organizační formy:**

Skupinová výuka – didaktické hry ve výuce

Hromadná výuka – výklad

Individuální výuka – vypracování pracovního listu

**Vyučovací metody:**

Aktivizační – práce ve skupině

Didaktická hra – mnemotechnika, rozmnožování, domino

**Didaktické pomůcky:**

Didaktická hra – mnemotechnika – zapamatování nových pojmů

Pracovní list – doplňování informací a vybírání správných odpovědí

Didaktická hra – rozmnožování – popis stádií a fází rodozměny

Didaktická hra – domino – spojování zástupce se správným názvem

Příprava vyučovací hodiny	Čas	Obsah	Činnost učitele	Činnost studentů	Cíl	Formy, metody a pomůcky	Poznámky
<b>Zahájení + Aktivita (Mnemotechnika viz str. 39)</b>	5 min	Přivítání a vysvětlení pravidel.	Vysvětlí pravidla, spustí aktivitu (stopuje) a запиše do třídní knihy.	Snaží si zapamatovat co nejvíce zástupců.	Pochopení pravidel. Zapamatování si co nejvíce zástupců mechorostů.	Hromadná organizace. Samostatná práce. Závěrem hodnocení činnosti.	POTŘEBY: Prezentace, obrázků na prezentaci, stopky, papír, psací potřeby.
<b>Výklad + Pracovní list (viz str. 45)</b>	10 min	Představení mechorostů, připomenutí již probrané látky ze ZŠ.	Představuje studentům mechorosty, ptá se na otázky.	Dávají pozor. Doplnují PL a dělají poznámky. Odpovídají na otázky.	Představit studentům základní informace o mechorostech.	Výklad vyučovacího. Samostatná práce s PL. DIDAKTICKÉ POMŮCKY: Pracovní list.	POTŘEBY: Prezentace
<b>Aktivita (Rozmnožování viz str. 41)</b>	10 min	Rozmnožování mechorostů.	Vysvětlení pravidel a průběžná kontrola. Na závěr shrnutí aktivity.	Popis kartiček, uhádnutí kartičky a seřazení do kruhu.	Pochopení a zapamatování rodozměny u mechorostů.	Skupinová práce. Závěrem hodnocení činnosti. DIDAKTICKÉ POMŮCKY: Kartičky.	POTŘEBY: Kartičky na lepícím papíru podle počtu studentů.
<b>Výklad + Pracovní list (viz str. 45)</b>	10 min	Představení a prezentace jednotlivých zástupců mechorostů.	Představuje zástupce a sděluje zajímavosti.	Dávají pozor, doplňují PL a dopisují si poznámky.	Představení zástupců mechorostů a jejich charakteristik.	Výklad vyučovacího a samostatná práce. DIDAKTICKÉ POMŮCKY: Prezentace, pracovní list.	POTŘEBY: Prezentace.
<b>Aktivita (Domino viz str. 45)</b>	8 min	Opakování zástupců.	Vysvětlení pravidel, rozdělení studentů do skupin, průběžná kontrola.	Hrají aktivitu ve skupinách.	Zopakování zástupců a jejich vzhledu.	Skupinová práce. Závěrem hodnocení činnosti. DIDAKTICKÉ POTŘEBY: Kartičky.	POTŘEBY: Kartičky podle počtu studentů.
<b>Opakování</b>	2 min	Zopakování nových poznatků.	Ptá se několika vybraných studentů, co si pamatují.	Studenti odpovídají, co si pamatují.	Zopakování a utvrzení nově získaných znalostí.	Rekapitulace vyučovací hodiny, hodnocení hodiny.	Není nic potřeba. Možné alternativy vyvolávání.





## ODDĚLENÍ: MECHY

### BĚLOMECH SIVÝ

- Smrkové lesy, stříbrošedé "poišťáče"
- zhoršené půdní poměry - kyselý humus

### ROKYT CYPŘÍŠOVITÝ

- Kameny, stromy

### PAPRUTKA NÍCÍ

- Skály, lesy, tvoří husté koberce

### DAWSONIA LOGIFOLIA

- Až 70 cm

### PRAMENIČKA OBECNÁ

- Potoky, stojaté vody (ne vyšší t)

## ODDĚLENÍ: MECHY



## ODDĚLENÍ: JÁTROVKY

- Prvoklíček redukovaný
- Stélka lupenitá nebo lodyžka s lístky (lístky bez středního žebra)

- S - nezelený, závislý na G

### POROSTNICE MNOHOTVÁRNÁ

- Vlhká místa
- Laločnaté dvoudomé G: ♂ anteridium a ♀ archegonium

### ROHOZEC TROJLALOČNÝ

## ODDĚLENÍ: JÁTROVKY



## ODDĚLENÍ: HLEVÍKY

- Redukovaný prvoklíček

### HLEVÍK TEČKOVANÝ

- Vlhké pole i zahradní a pokojové druhy



### ZDROJE

- Pupratka nící: DOLEŽALOVÁ, Marcela, 2009. Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/image/id148014/>
- Měřík přibuzný: BOUDA, František. Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/image/id476/>
- Rašelník ozkolistý: KESL, Michael, 2010. Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/image/id365346/>
- Dvouhroteček hrozovitý: KESL, Michael, 2016. Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/image/id26917/>
- Bělo mech sivý: KONEČNÝ, Jan. Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/image/id29213/>
- Rohozec trojlaločný: ZICHÁ, Ondřej, 2007. Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/image/id209629/>
- Rokyty cypřišovitý: KAMENÍČEK, Jiří, 2013. Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/image/id70899/>
- Pramenička obecná: JUŘEK, Lukáš. Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/image/id70899/>
- Porostnice mnohotvárná: MOTYČKA, Vladimír. Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/image/id240918/>
- Hlevíček hladký: Wikipedie.cz, 2005. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Hlev%C3%ADky>
- Ploník obecný: ŠTEN, 2008. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Plon%C3%ADk\\_obecn%C3%BD#media/Soubor:Polytrichum-commune-habit.jpg](https://cs.wikipedia.org/wiki/Plon%C3%ADk_obecn%C3%BD#media/Soubor:Polytrichum-commune-habit.jpg)
- Dawsonia longifolia: GEICHHORN2000, 2013. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Dawsonia\\_longifolia#/media/File:Dawsonia\\_longifolia.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Dawsonia_longifolia#/media/File:Dawsonia_longifolia.jpg)

Obrázek 16 - Prezentace k vyučovací hodině (M. Kafuňková 2024, grafika: Canva.com)

## 4 Diskuse

Rešerší učebnic pro střední školy a základní školy jsem došla k závěru, že obsahují určité nedostatky. Některé učebnice považuji za zdařilejší než jiné. Za nedostatek považuji absenci barevných prvků a aktivizačních zadání pro studenty či žáky. Osobně bych je doplnila větším množstvím barevného obrazového materiálu. Současní studenti oceňují moderní prvky jako jsou QR kódy odkazující na videa či další zajímavé a doplňující materiály. Mohou sloužit jako motivace pro lepší zapamatování a ucelení verbálního výkladu vyučujícího. Také pomáhají v rozvoji dalších důležitých funkcí, jako je například interpretující, transformující nebo motivační (Mareš 1995). Vhodné bude doplnění mimoškolních aktivit o exkurze a terénní cvičení, které vyučující využije pro inspiraci při další tvorbě aktivit. Sama jsem vypracovala několik aktivit, které chci začlenit do výuky. Jsou v souladu s metodami aktivizující vyučování (Kotrba a Lacina 2015). Budou využity jako doprovodný program k informacím učebnic. Využila jsem zástupce obecně známých a dobře dostupných druhů mechorostů a informace o nich, které by studenti měli znát. Aktivity jsou graficky atraktivní a mohou se využít i v online verzi, kterou mnoho současných studentů během výuky oceňuje.

Aktivita doplňuje obvyklou formu frontálního výkladu (Maňák 2011). Studenti pomocí aktivity probírané téma lépe vstřebají a doufám, že někteří z nich budou mechorostům věnovat zvýšenou pozornost. Aktivity slouží jako motivace ke vzdělání, kdy se studenti aktivně zapojují během výkladu a lze je za aktivitu různým způsobem odměňovat. Za pozitivum aktivit při hodině považuji aktivní zapojení studentů a zvýšení jejich pozornosti během hry. Sníží se riziko nudy a průběh výuky bude plynulý.

Vytvořila jsem ukázkovou přípravu na vyučující hodinu, doplněnou o prezentaci, která slouží jako podklad pro vyučujícího a základ doplněný o informace z různých učebnic a odborných zdrojů. Informace v prezentaci byly vybrány na základě zkušenosti s výukou mechorostů na střední škole. Jsou ucelené a neobsahují nadbytečné detaily. Zároveň je výklad doplněn o více zástupců mechorostů z různých stanovišť a informace o jejich adaptace na extrémní podmínky. Výklad je v určitých intervalech doplněn o aktivity, které slouží jako motivace pro studenty k danému tématu. Předejde se tak ztrátě pozornosti ze stran studentů. Jsem si dobře vědoma, že každou hodinu je potřeba přizpůsobit podle potřeb určité třídy. Některé skupiny studentů není možné motivovat ani zábavnými aktivitami nebo je přímo odmítají. Každý pedagog určuje, jak si výuku upraví, aby vyhovovala oběma stranám.

## Závěr

Mechorosty jsou skupina organismů, která má velký význam v přírodních ekosystémech. Zároveň se jedná o zajímavou skupinu z hlediska jejich adaptace na různé životní podmínky. Přesto během výuky biologie na základních a středních školách není látka o mechorostech pojata tak zajímavě, jak by si tato skupina zasloužila. Proto jsem se rozhodla v této bakalářské práci uvést zajímavé adaptace mechorostů a zároveň jsem vypracovala aktivity, které mohou vyučující využít při výuce biologie, a tak zpopularizovat tuto veřejnosti málo známou skupinu rostlin.

Z pedagogického pohledu jsem představila Rámcový vzdělávací programy jak pro základní školy, tak i pro střední školy, a to především gymnázia. Současně jsem shrnula výstupy, které jsou v dle RVP požadovány v rámci výuky mechorostů. Přesto, že na výuku mechorostů není dostatek času, existují na školách semináře a případně kroužky určené studentům, kteří mají zájem rozvíjet svoje znalosti biologie. Proto jsem v praktické části bakalářské práce vytvořila několik aktivit zaměřených na mechorosty. Aktivity je možné využít jak v tištěné podobě, tak některé i online. U online aktivit jsou při výuce využity moderní technologie, které vyučovací hodinu zpestří a rozšíří. Aktivity slouží k motivaci ve výuce biologie, ale také jako doprovodné aktivity k výkladu. Jsou použitelné jako náhrada obvyklé frontální výuky. Lze je využít i mimo školní prostředí, například v biologických kroužcích. V rámci aktivit jsem přichystala i ukázkou vyučovací hodiny na střední školy, ve které jsou využity mé vytvořené aktivity.

Hlavním cílem bakalářské práce bylo představit adaptace mechorostů na extrémní podmínky, ve kterých mechorosty dokážou žít. U mechorostů najdeme mnoho způsobů přizpůsobení životu v nelehkých podmínkách ať morfologicky nebo fyziologicky. Nepříznivé faktory vyvolávají v mechorostech stres, na který reagují například tvorbou siličných tělísek s obsahem různých terpenoidů, flavonoidů a fenolů. Tyto látky jsou součástí buněčné stěny a zvyšují její odolnost. Některé mechorosty dokážou optimalizovat nedostatek dusíku pomocí obligátního vztahu se sinicemi. Symbiotické vztahy jsou známy i s houbami. Další adaptaci představují buňky sloužící k vedení a uchování vody v mechorostech. Adaptace proti nadměrnému záření je také pozoruhodná. Určité druhy mechorostů, zvláště v slunných a suchých oblastech se chrání zbarvením přizpůsobujícím odraz nebo absorpci záření podle. Zvláštní je také stavba lístků s převažujícím obsahem bezbarvých mrtvých buněk. Obsah sacharidů a ABA

hormonů v lístcích zaručuje odolnost vůči mrazu. Přizpůsobení je mnoho a záleží na prostředí, ve kterém konkrétní druh mechorostu roste.

Na tuto bakalářskou práci chci navázat diplomovou prací, která bude opět didakticky zaměřená. Plánuji připravit další atraktivní aktivity do výuky, zejména bryologicky zaměřené exkurze.

## Seznam použitých zdrojů

AKTER K, KATO M, SATO Y, KANEKO Y, TAKEZAWA D (2014) Abscisic acid-induced rearrangement of intracellular structures associated with freezing and desiccation stress tolerance in the liverwort *Marchantia polymorpha*. *J Plant Physiol* 171:1334–1343.

ALEFFI M, PELLIS G, PUGLISI M. 2014. The bryophyte flora of six gypsum outcrops in the northern Apennines (Nature 2000 Network, Emilia Romagna region, Italy). *Plant Biosystems* 148, 825–836.

ALPERT P. 2005. The limits and frontiers of desiccation-tolerant life. *Integrative and Comparative Biology* 45, 685–695.

ASAKAWA Y. 2004. Chemosystematics of the Hepaticae. *Phytochemistry* 65: 623–669.

ASAKAWA Y, LUDWICZUK A, NAGASHIMA F. 2013. Chemical constituents of bryophytes: bio-and chemical diversity, biological activity, and chemosystematics. *Progress in the Chemistry of Organic Natural Products*, vol 95. Vienna: Springer-Verlag.

AUTORSKÝ KOLEKTIV RVP (2021): RVP G\* – Rámcové vzdělávací programy pro gymnázia. Edu.cz [online]. [cit. 2024-19-03]. Dostupné z: <https://www.edu.cz/rvpramcove-vzdelavaci-programy/ramcove-vzdelavaci-programy-pro-gymnazia-rvpg/>.

AUTORSKÝ KOLEKTIV RVP (2021): RVP ZV – Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání. Edu.cz [online]. [cit. 2024-19-03]. Dostupné z: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcovy-vzdelavaciciprogram-pro-zakladni-vzdelavani-rvp-zv/>.

AYRES E, VAN DER WAL R, SOMMERKORN M, BARDGETT RD. 2006. Direct uptake of soil nitrogen by mosses. *Biology Letters* 2, 286–288.

BACON KL, BAIRD AJ, BLUNDELL A, et al. 2017. Questioning ten common assumptions about peatlands. *Mires Peat* 19, 12.

BELNAP J. 2001. Factors influencing nitrogen fixation and nitrogen release in biological soil crusts. In: Belnap J, Lange OL, eds. *Biological soil crusts: structure, function, and management*. Ecological Studies Series 150. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 241–261.

BENDZ G, MARTENSSON O, TERENIUS L. 1962. Moss pigments. *Acta Chemica Scandinavica* 16, 1183–1190.

*Biolib: Biological Library*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/main/>. [cit. 2024-05-03].

BORMANN KJ, BROWN RD, DERKSEN C, PAINTER TH. 2018. Estimating snow-cover trends from space. *Nature Climate Change* 8, 924–928.

BOWDEN B. William, Janice M. GLIME, Tenna RIIS, CHAPTER 18 - Macrophytes and Bryophytes, Editor(s): F. Richard Hauer, Gary A. Lamberti, *Methods in Stream Ecology* (Second Edition), Academic Press, 2007, Pages 381-406, ISBN 9780123329080, <https://doi.org/10.1016/B978-012332908-0.50025-5>.

BOWKER MA, ANTONINKA AJ. 2016. Rapid ex situ culture of N-fixing soil lichens and biocrusts is enhanced by complementarity. *Plant and Soil* 408, 415–428.

BOWKER MA, MAESTRE FT. 2012. Inferring local competition intensity from patch size distributions: a test using biological soil crusts. *Oikos* 121, 1914–1922.

BROWN DH, BATES JW. 1990. Bryophytes and nutrient cycling. *Botanical Journal of the Linnean Society* 104, 129–147.

BUSCH A, DECKENA M, ALMEIDA-TRAPP M, KOPISCHKE S, KOCK C, SCHÜSSLER E, TSIANTIS M, MITHÖFER A, ZACHGO S. 2019. MpTCP1 controls cell proliferation and redox processes in *Marchantia polymorpha*. *New Phytologist* 224, 1627–1641.

*Canva*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.canva.com/>. [cit. 2024-04-26].

CLARKE LJ, ROBINSON SA. 2008. Cell wall-bound ultraviolet-screening compounds explain the high ultraviolet tolerance of the Antarctic moss, *Ceratodon purpureus*. *New Phytologist* 179, 776–783.

COE KK, HOWARD NB, SLATE ML, BOWKER MA, MISHLER BD, BUTLER R, GREENWOOD J, STARK LR. 2019. Morphological and physiological traits in relation to carbon balance in a diverse clade of dryland mosses. *Plant, Cell and Environment* 42, 3140–3151.

COHEN MF, SAKIHAMA Y, TAKAGI YC, ICHIBA T, YAMASAKI H. 2002. Synergistic effect of deoxyanthocyanins from symbiotic fern *Azolla* spp. on hrmA gene induction in the cyanobacterium *Nostoc punctiforme*. *Molecular Plant Microbe Interactions* 15, 875–882.

CORNELISSEN JH, LANG SI, SOUDZILOVSKAIA NA, DURING HJ. Comparative cryptogam ecology: a review of bryophyte and lichen traits that drive biogeochemistry. *Ann Bot.* 2007 May;99(5):987-1001. doi: 10.1093/aob/mcm030.

CRANDALL-STOTLER B, STOTLER RE. 2000. Morphology and classification of the Marchantiophyta. In: Shaw AJ, Goffinet B, eds. Bryophyte biology. Cambridge: Cambridge University Press, 21–70.

ČABRADOVÁ, Věra. Přírodopis 7: učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia. Plzeň: Fraus, 2005. ISBN 80-7238-424-4.

DE VRIES J, ARCHIBALD JM. 2018. Plant evolution: landmarks on the path to terrestrial life. *New Phytologist* 217, 1428–1434.

DEANE-COE KK, STANTON D. Functional ecology of cryptogams: scaling from bryophyte, lichen, and soil crust traits to ecosystem processes. *New Phytol.* 2017 Feb;213(3):993-995. doi: 10.1111/nph.14408.

DOWNING AJ, SELKIRK PM. 1993. Bryophytes on the calcareous soils of Mungo National Park, an arid area of southern central Australia. *The Great Basin Naturalist* 53, 13–23.

DOXFORD SW, OOI MK, FRECKLETON RP. 2013. Spatial and temporal variability in positive and negative plant–bryophyte interactions along a latitudinal gradient. *Journal of Ecology* 101, 465–474.

DURING HJ, VAN TOOREN BF. 1990. Bryophyte interactions with other plants. *Botanical Journal of the Linnean Society* 104: 79–98.

EKWEALOR JT, CLARK TA, DAUTERMANN O, RUSSELL A, EBRAHIMI S, STARK LR, NIYOGI KK, MISHLER BD. 2021. Natural ultraviolet radiation exposure alters photosynthetic biology and improves recovery from desiccation in a desert moss. *Journal of Experimental Botany* 72, 4161–4179.

EKWEALOR JTB, FISHER KM. 2020. Life under quartz: hypolithic mosses in the Mojave desert. *PLoS One* 15, e0235928.

ELDRIDGE DJ, REED S, TRAVERS SK, et al. 2020. The pervasive and multifaceted influence of biocrusts on water in the world's drylands. *Global Change Biology* 26, 6003–6014.

FRAHM J-P. 2004. Recent developments of commercial products from bryophytes. *The Bryologist* 107: 277–283.

GAO L, SUN H, XU M, ZHAO Y. 2020. Biocrusts resist runoff erosion through direct physical protection and indirect modification of soil properties. *Journal of Soils and Sediments* 20, 133–142.



GLOSER, Jan. Antarktické vegetační oázy 3. Mechorosty. Časopis Živa: Rozhled v oboru veškeré přírody. 2008, č. 3/2008, s. 117-120. ISSN 0044-4812.

GOFFINET B. et Shaw A. J. (2009): Bryophyte biology. Second Edition. Cambridge University Press. 581 p. ISBN-13 978-0-511-45577-3.

*Goodnotes*. Online. 2024, 2024. Dostupné z: <https://www.goodnotes.com/>. [cit. 2024-04-26].

GORHAM E. 1991. Northern peatlands: role in the carbon cycle and probable responses to climatic warming. *Ecological Applications* 1: 182–195.

GRADSTEIN SR, CHURCHILL SP, SALAZAR-ALLEN N. 2001. Guide to the bryophytes of tropical America. *Memoirs of the New York Botanical Garden*, volume 86. New York: NYBG Press.

GREEN TGA, SANCHO LG, PINTADO A. 2011. Ecophysiology of desiccation/rehydration cycles in mosses and lichens. In: Lüttge U, Beck E, Bartels D, eds. *Plant desiccation tolerance*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 89–120.

GUTZEROVÁ, Naděžda. FUNARIA HYGROMETRICA Hedw. – zkrutek vláhojevný / skrutok vláhojavný. Online. *Botany.cz*. 2011. Dostupné z: <https://botany.cz/cs/funaria-hygrometrica/>. [cit. 2024-04-11].

GYMNÁZIUM TRUTNOV (2015). Školní vzdělávací program čtyřletého Gymnázia Trutnov (Pro gymnaziální vzdělávání na čtyřletém gymnáziu). [cit. 2024-20-03]. Dostupné z: <https://www.gymnaziumtu.cz/files/g-tu-svp-4g-15-16.pdf>.

HANSON, David T. *Photosynthesis in bryophytes and early land plants*. New York: Springer, 2013. ISBN 978-94-007-6987-8.

HAVRILLA C, CHAUDHARY V, FERRENBURG S, et al. 2019. Towards a predictive framework for biocrust mediation of plant performance: A meta-analysis. *Journal of Ecology* 107, 2789–2807.

HERRERO J. 2004. Revisiting the definitions of gypsic and petrogypsic horizons in *Soil Taxonomy and World Reference Base for Soil Resources*. *Geoderma* 120, 1–5.

HOOIJMAIJERS CAM, GOULD KS. 2007. Photoprotective pigments in red and green gametophytes of two New Zealand liverworts. *New Zealand Journal of Botany* 45, 451–461.

HÖLSCHER D, KÖHLER L, LEUSCHNER C, KAPPELLE M. 2003. Nutrient fluxes in stemflow and throughfall in three successional stages of an upper montane rain forest in Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology* 19: 557–565.

CHEN F, LUDWICZUK A, WEI G, CHEN X, CRANDALL-STOTLER B, BOWMAN JB. 2018. Terpenoid secondary metabolites in bryophytes: Chemical diversity, biosynthesis and biological functions. *Critical Reviews in Plant Sciences* 37, 210–231.

CHERLET M, HUTCHINSON C, REYNOLDS J, HILL J, SOMMER S, VON MALTITZ G. 2018. *World Atlas of desertification: rethinking land degradation and sustainable land management*. Luxembourg: Publication Office of the European Union.

CHRISTY, JA. *Fontinalis antipyretica* (var. *antipyretica*, var. *oregonensis*) Nevaskulární vodní vegetace. Online. Natureserve explorer. 2024. Dostupné z: [https://explorer.natureserve.org/Taxon/ELEMENT\\_GLOBAL.2.686663/Fontinalis\\_antipyretica\\_\(var\\_antipyretica\\_var\\_oregonensis\)\\_Nonvascular\\_Aquatic\\_Vegetation](https://explorer.natureserve.org/Taxon/ELEMENT_GLOBAL.2.686663/Fontinalis_antipyretica_(var_antipyretica_var_oregonensis)_Nonvascular_Aquatic_Vegetation). [cit. 2024-04-17].

JELÍNEK, Jan a ZICHÁČEK, Vladimír. *Biologie pro gymnázia: (teoretická a praktická část)*. 12. vydání. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 2021. ISBN 978-80-7182-345-2.

KIDANE M, BEZIE A, KESETE N, TOLESSA T. 2019. The impact of land use and land cover (LULC) dynamics on soil erosion and sediment yield in Ethiopia. *Heliyon* 5, e02981.

KINCL, Lubomír; KINCL, Miloslav a JAKRLOVÁ, Jana. *Biologie rostlin: pro 1. ročník gymnázií*. 4., přeprac. vyd. Praha: Fortuna, 2006. ISBN 80-7168-947-5.

KOČÁREK, Eduard a Eduard KOČÁREK. *Přírodopis pro 7. ročník základní školy*. Jinan, 1998.

KOTRBA, T., & LACINA, L. (2015). *Aktivizační metody ve výuce: příručka moderního pedagoga*. Brno: Barrister & Principal.

KOVINICH N, KAYANJA G, CHANOCA A, RIEDL K, OTEGUI MS, GROTEWOLD E. 2014. Not all anthocyanins are born equal: distinct patterns induced by stress in *Arabidopsis*. *Planta* 240, 931–940.

KULSHRESTHA S, JIBRAN R, VAN KLINK JW, ZHOU Y, BRUMMELL DA, ALBERT NW, SCHWINN KE, CHAGNÉ D, LANDI M, BOWMAN JL, DAVIES KM. Stress, senescence, and specialized metabolites in bryophytes. *J Exp Bot.* 2022 Jul 16;73(13):4396-4411. doi: 10.1093/jxb/erac085.

LADRÓN DE GUEVARA M, MAESTRE FT. Ecology and responses to climate change of biocrust-forming mosses in drylands. *J Exp Bot.* 2022 Jul 16;73(13):4380-4395. doi: 10.1093/jxb/erac183.

LAMBERS H., CHAPIN F.S. III, PONS T.L. (1998) Plant physiological ecology. Springer, New York, USA.

LAN S, OUYANG H, WU L, ZHANG D, HU C. 2017. Biological soil crust community types differ in photosynthetic pigment composition, fluorescence and carbon fixation in Shapotou region of China. *Applied Soil Ecology* 111, 9–16.

LARIGAUDERIE A., KORNER C. (1995) Acclimation of leaf  $\epsilon$  dark respiration to temperature in alpine and lowland plant species. *Annals of Botany*, 76, 245–252.

LAUTIÉ E, RUSSO O, DUCROT P, BOUTIN JA. 2020. Unraveling plant natural chemical diversity for drug discovery purposes. *Frontiers in Pharmacology* 11, 397.

*Learningapps*. Online. 2024, 2012. Dostupné z: <https://learningapps.org/createApp.php>. [cit. 2024-04-26].

LEPP, Heino. Bryophyte Ecology Fire. Online. Australian National Botanic Gardens. 2008, 2016. Dostupné z: <https://www.anbg.gov.au/bryophyte/ecology-fire.html>. [cit. 2024-04-05].

LEPP, Heino. Watery habitats: Department of Climate Change, Energy, the Environment and Water. Online. Australian government. Roč. 2008. Dostupné z: <https://www.anbg.gov.au/bryophyte/ecology-aquatic.html>. [cit. 2024-04-17].

LI YG, ZHOU XB, ZHANG YM. 2019. Moss patch size and microhabitats influence stoichiometry of moss crusts in a temperate desert, Central Asia. *Plant and Soil* 443, 55–72.

LIU Y, ZHAO L, WANG Z, LIU L, ZHANG P, SUN J, WANG B, SONG G, LI X. 2018. Changes in functional gene structure and metabolic potential of the microbial community in biological soil crusts along a revegetation chronosequence in the Tengger Desert. *Soil Biology and Biochemistry* 126, 40–48.

LUETH VM, RESKI R. Mosses. *Curr Biol*. 2023 Nov 20;33(22):R1175-R1181. doi: 10.1016/j.cub.2023.09.042.

MAIER S, TAMM A, WU D, CAESAR J, GRUBE M, WEBER B. 2018. Photoautotrophic organisms control microbial abundance, diversity, and physiology in different types of biological soil crusts. *The ISME Journal* 12, 1032–1046.

MAŇÁK J. (2011): Aktivizující výukové metody. Metodický portál RVP.cz [online]. [cit. 2023-026-03]. Dostupné z: <https://clanky.rvp.cz/clanek/k/z/14483/AKTIVIZUJICI-VYUKOVE-METODY.html>.

MAŇÁK, J., & ŠVEC, V. (2003). *Výukové metody*. Brno: Paido.

MARKOVÁ, Ivana, et al. Havraní skála u Jetřichovic v národním parku České Švýcarsko: vývoj flóry a fauny na ploše zasažené požárem. Online. *Ochrana přírody*. 2011, č. 1, s. 18-21. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/profile/Martin-Adamek-2/publication/271764121\\_Havrani\\_skala\\_u\\_Jetrichovic\\_v\\_narodnim\\_parku\\_Ceske\\_Svycarsko\\_vyvoj\\_flory\\_a\\_fauny\\_na\\_plose\\_zasazene\\_pozarem/links/54d0dfa80cf20323c21a005a/Havrani-skala-u-Jetrichovic-v-narodnim-parku-Ceske-Svycarsko-vyvoj-flory-a-fauny-na-plose-zasazene-pozarem.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Martin-Adamek-2/publication/271764121_Havrani_skala_u_Jetrichovic_v_narodnim_parku_Ceske_Svycarsko_vyvoj_flory_a_fauny_na_plose_zasazene_pozarem/links/54d0dfa80cf20323c21a005a/Havrani-skala-u-Jetrichovic-v-narodnim-parku-Ceske-Svycarsko-vyvoj-flory-a-fauny-na-plose-zasazene-pozarem.pdf). [cit. 2024-04-11].

MARTÍNEZ-ABAIGAR J, NÚÑEZ-OLIVERA E. 2021. Novel biotechnological substances from bryophytes. In: Sinha RP, Häder DP, eds. *Natural bioactive compounds: technological advancements*. Academic Press, 233–248.

MORENO-JIMÉNEZ E, OCHOA-HUESO R, PLAZA C, ACEÑA-HERAS S, FLAGMEIER M, ELOUALI FZ, OCHOA V, GOZALO B, MAESTRE FT. 2020. Biocrusts buffer against the accumulation of soil metallic nutrients induced by warming and rainfall reduction. *Communications Biology* 3, 325.

NAGAO M, OKU K, MINAMI A, MIZUNO K, SAKURAI M, ARAKAWA K, FUJIKAWA S, TAKEZAWA D (2006) Accumulation of theandrose in association with development of freezing tolerance in the moss *Physcomitrella patens*. *Phytochemistry* 67:702–709.

NAMBARA E, OKAMOTO M, TATEMATSU K, YANO R, SEO M, KAMIYA Y (2010) Abscisic acid and the control of seed dormancy and germination. *Seed Sci Res* 20:55–67.

NYBAKKEN L, SOLHAUG KA, BILGER W, GAUSLAA Y. 2004. The lichens *Xanthoria elegans* and *Cetraria islandica* maintain a high protection against UV-B radiation in Arctic habitats. *Oecologia* 140: 211–216.

OLDENHOF H, WOLKERS WF, BOWMAN JL, TABLIN F, CROWE JH (2006) Freezing and desiccation tolerance in the moss *Physcomitrella patens*: an in situ Fourier transform infrared spectroscopic study. *Biochim Biophys Acta (BBA) – Gen Subj* 1760:1226–1234.

PAN Z, PITT WG, ZHANG Y, WU N, TAO Y, TRUSCOTT TT. 2016. The upside-down water collection system of *Syntrichia caninervis*. *Nature Plants* 2, 16076.

PAPADIA P, BAROZZI F, MIGONI D, ROJAS M, FANIZZI FP, DI SANSEBASTIANO GP. Aquatic Mosses as Adaptable Bio-Filters for Heavy Metal Removal from Contaminated Water. *Int J Mol Sci*. 2020 Jul 5;21(13):4769. doi: 10.3390/ijms21134769. PMID: 32635635; PMCID: PMC7369764.

PERERA-CASTRO AV, WATERMAN MJ, ROBINSON SA, FLEXAS J. Limitations to photosynthesis in bryophytes: certainties and uncertainties regarding methodology. *J Exp Bot*. 2022 Jul 16;73(13):4592-4604. doi: 10.1093/jxb/erac189.

Pexeso.net: tvoříme, hrajeme, sdílíme. Online. 2024, 2011. Dostupné z: <https://www.pexeso.net/>. [cit. 2024-04-26].

PILOUS, Zdeněk. Flora ŠSSR: Bryophyta MECHOROSTY Sphagnidae MECHY RAŠELINÍKOVÉ. 1. 1. Praha: Academia nakladatelství Československé akademie věd, 1971.

PRESSEL S, DUCKETT JG, LIGRONE R, PROCTOR MCF (2009) Effects of de- and rehydration in desiccation-tolerant liverworts: a cytological and physiological study. *Int J Plant Sci* 170:182–199.

PROCTOR MCF. 2000. Physiological ecology. In: Shaw AJ, Goffinet B, eds. *Bryophyte biology*. Cambridge: Cambridge University Press, 225–247.

RODRIGUEZ-CABALLERO E, BELNAP J, BUDEL B, CRUTZEN PJ, ANDREAE MO, POSCHL U, WEBER B. 2018. Dryland photoautotrophic soil surface communities endangered by global change. *Nature Geoscience* 11, 185–189.

SÁDLO, Jiří. Život na spáleništi: antrakofyty a pyrofyty. Online. *Vesmír: věda, příroda, člověk, společnost – časopis s tradicí od roku 1871*. 1994, č. 1994/10. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/1994/cislo-10/zivot-spalenisti-antrakofyty-pyrofyty.html>. [cit. 2024-04-11].

SALMERÓN E, MERLO ME, MOTA JF. 2011. Los briófitos de los afloramientos de yeso. Diversidad vegetal de las yeseras ibéricas. In: Mota JF, Sanchez P, Guirado Romero JS, eds. *Diversidad vegetal de las yeseras ibéricas. El reto de los archipiélagos edáficos para la biología de la conservación*. Almería: ADIF-Mediterráneo Asesores Consultores, 549–567.

SLATE ML, BRINDA JC, COE KK, GREENWOOD JL, Stark LR. 2020. Prehydration mitigates damage accrued from prolonged periods of desiccation in cultured shoot apices of *Syntrichia ruralis*. *Journal of Bryology* 43, 138–149.

SOLDÁN, Zdeněk a JANOŠÍK, Lukáš. Poikilohydrie mechorostů – úspěšná evoluční alternativa. Online. *Časopis Živa*. 2023, article 6/2023, s. 283-286. ISSN 0044-4812. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/poikilohydrie-mechorostu-uspesna-evolucni-alternat.pdf>. [cit. 2024-04-08].

SOLIVERES S, ELDRIDGE DJ. 2020. Dual community assembly processes in dryland biocrust communities. *Functional Ecology* 34, 877–887.

SOLOMON S., QIN D., MANNING M., CHEN Z., MARQUIS M., AVERYT K.B., TIGNOR M., MILLER H.L. (2007) Climate change 2007: the physical science basis contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

STANTON DE, COE KK. 2021. 500 million years of charted territory: functional ecological traits in bryophytes. *Bryophyte Diversity and Evolution* 43, 234–252.

STILLMAN J.H. (2003) Acclimation capacity underlies susceptibility to climate change. *Science*, 301, 65–65.

STOTLER RE, BRAY JR, CARGILL DC, KRAYESKY D, CRANDALL-STOTLER BJ 2003. Typifications in the genus *Fossombronia* (Marchantiophyta). *The Bryologist* 106, 130–142.

TAKEZAWA D. Mechanisms Underlying Freezing and Desiccation Tolerance in Bryophytes. *Adv Exp Med Biol.* 2018;1081:167-187. doi: 10.1007/978-981-13-1244-1\_10. PMID: 30288710.

TAKEZAWA D, KOMATSU K, SAKATA Y (2012) ABA in bryophytes: how a universal growth regulator in life became a plant hormone? *J Plant Res* 124:437–453.

TAO Y, ZHANG YM. 2012. Effects of leaf hair points of a desert moss on water retention and dew formation: implications for desiccation tolerance. *Journal of Plant Research* 125, 351–360.

TREMP H (2003) Ecological traits of aquatic bryophytes and bioindication. [http://www.uni-hohenheim.de/www320/german/homepages/horst/image/pdfs/aquatic\\_bryophytes.pdf](http://www.uni-hohenheim.de/www320/german/homepages/horst/image/pdfs/aquatic_bryophytes.pdf). 31 Oct 2003.

VANDERPOORTEN et Goffinet. *Introduction to Bryophytes*. Cambridge University Press. 2009. 312 p. ISBN 9780521877121.

VINTER, Vladimír a KRÁLÍČEK, Ivo. *Začínající učitel biologie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2016. ISBN 978-80-244-5021-6.

VOGELSANG V, SCHNEIDER B, PETERSEN M. 2006. Production of rosmarinic acid and a new rosmarinic acid 3'-O-β-D-glucoside in suspension cultures of the hornwort *Anthoceros agrestis* Paton. *Planta* 223, 369–373.

VON REUB SH, KÖNIG WA. 2005. Olefinic isothiocyanates and iminodithiocarbonates from the liverwort *Corsinia coriandrina*. *European Journal of Organic Chemistry*, 6, 1184–1188.

WAGNER, S., ZOTZ, G., & BADER, M. Y. (2013). The temperature acclimation potential of tropical bryophytes. *Plant Biology*, 16(1), 117–124. doi:10.1111/plb.12037.

WANG L, ZHANG G, ZHU L, WANG H. 2017. Biocrust wetting induced change in soil surface roughness as influenced by biocrust type, coverage and wetting patterns. *Geoderma* 306, 1–9.

WARREN SD. 2001. Synopsis: influence of biological soil crusts on arid land hydrology and soil stability. In: Belnap J, Lange OL, eds. *Biological soil crusts: structure, function, and management*. Ecological Studies Series 150. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 349–360.

WARREN-RHODES K, WEINSTEIN S, PIATEK JL, et al. 2007. Robotic ecological mapping: Habitats and the search for life in the Atacama Desert. *Journal of Geophysical Research, Biogeosciences* 112, doi:10.1029/2006JG000301.

WEBER B, BÜDEL B, BELNAP J (eds). 2016. *Biological soil crusts: an organizing principle in drylands*. Ecological Studies Series 226, Cham: Springer International Publishing.

WILLIAMS AJ, BUCK BJ, BEYENE MA. 2012. Biological soil crusts in the Mojave Desert, USA: micromorphology and pedogenesis. *Soil Science Society of America Journal* 76, 1685–1695.

WISE MJ, TUNNACLIFFE A (2004) POPP the question: what do LEA proteins do? *Trends Plant Sci* 9:13–17.

WU N, ZHANG YM, DOWNING A, AANDERUD ZT, TAO Y, WILLIAMS S. 2014. Rapid adjustment of leaf angle explains how the desert moss, *Syntrichia caninervis*, copes with multiple resource limitations during rehydration. *Functional Plant Biology* 41, 168–177.

XIAO B, HU K, VESTE M, KIDRON GJ. 2019. Natural recovery rates of moss biocrusts after severe disturbance in a semiarid climate of the Chinese Loess Plateau. *Geoderma* 337, 402–412.

YANG Y, BU C, MU X, SHAO H, ZHANG K. 2014. Interactive effects of moss-dominated crusts and *Artemisia ordosica* on wind erosion and soil moisture in Mu Us Sandland, China. *The Scientific World Journal* 2014, 649816.

YONEKURA-SAKAKIBARA K, HIGASHI Y, NAKABAYASHI R. 2019. The origin and evolution of plant flavonoid metabolism. *Frontiers in Plant Science* 10, 943.

ZÁKLADNÍ ŠKOLA JAVORNICKÁ RYCHNOV NAD KNĚŽNOU (2022). Školní vzdělávací program. [cit. 2024-20-03]. Dostupné z: [https://www.zsjrk.cz/images/soubory/dokumenty/Skolnivzdelavaciprogram\\_11\\_2021\\_3.pdf](https://www.zsjrk.cz/images/soubory/dokumenty/Skolnivzdelavaciprogram_11_2021_3.pdf)

ZHANG J, ZHANG Y. 2020. Ecophysiological responses of the biocrust moss *Syntrichia caninervis* to experimental snow cover manipulations in a temperate desert of central Asia. *Ecological Research* 35, 198–207.

ZHENG Y, XU M, ZHAO J, ZHANG B, BEI S, HAO L. 2011. Morphological adaptations to drought and reproductive strategy of the moss *Syntrichia caninervis* in the Gurbantungut Desert, China. *Arid Land Research and Management* 25, 116–127.

ZORMANOVÁ, L. (2014). *Obecná didaktika: pro studium a praxi*. Praha: Grada.

ZOTZ G., BADER M.Y. (2009) Epiphytic plants in a changing world: Global change effects on vascular and nonvascular epiphytes. *Progress in Botany*, 70, 147–170.

ZÚÑIGA-GONZÁLEZ P, ZÚÑIGA GE, PIZARRO M, CASANOVAKATNY A (2016) Soluble carbohydrate content variation in *Sanionia uncinata* and *Polytrichastrum alpinum*, two Antarctic mosses with contrasting desiccation capacities. *Biol Res* 49:6

Edu.cz: Jednotný metodický portál MŠMT. Online. Dostupné z: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/>. [cit. 2024-02-13].

How desert moss drinks from air. *Nature* 534, 155 (2016). <https://doi.org/10.1038/534155d>.

### **Zdroje použitých obrázků**

BOUDA, František. Měřík příbuzný. Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/image/id476/>.

DOLEŽALOVÁ, Marcela. Pupratka nicí, 2009. Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/image/id148014/>.

GEICHHORN2000. *Dawsonia longifolia*, 2013. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Dawsonia\\_longifolia#/media/File:Dawsonia\\_longifolia.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Dawsonia_longifolia#/media/File:Dawsonia_longifolia.jpg).



- JUREK, Lukáš. Pramenička obecná.  
Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/image/id70899/>.
- KAMENÍČEK, Jiří. Rokyt cypřišovitý, 2013.  
Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/image/id209629/>.
- KESL, Michael. Dvouhroteček hroznovitý, 2016.  
Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/image/id333471/>.
- KESL, Michael. Rašeliník úzkolistý, 2018.  
Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/image/id365346/>.
- KONEČNÝ, Jan. Bělomech sivý. Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/image/id26917/>.
- MOTYČKA, Vladimír. Porostnice mnohotvárná.  
Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/image/id240918/>.
- STEN. Ploník obecný, 2008.  
Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Plon%C3%ADk\\_obecn%C3%BD#/media/Soubor:Polytrichum-commune-habit.jpg](https://cs.wikipedia.org/wiki/Plon%C3%ADk_obecn%C3%BD#/media/Soubor:Polytrichum-commune-habit.jpg).
- Wikipedie.cz. Hlevíček hladký, 2005.  
Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Hlev%C3%ADky>.
- ZICHA, Ondřej. Rohozec trojlaločný, 2007.  
Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/image/id29213/>.

