

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

KATEDRA BOTANIKY



**Interaktivní výuka tématu Vodní provoz rostlin
ve výuce biologie na středních školách**

Diplomová práce

Bc. Lenka Petrášková

Studijní program: Učitelství biologie pro střední školy

Studijní obor: Bi – Ch

Prezenční studium

Vedoucí diplomové práce: PaedDr. Ing. Vladimír Vinter, Ph.D.

Olomouc 2023

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně za použití uvedené literatury podle pokynů vedoucího práce.

V Olomouci dne

.....

Bc. Lenka Petrášková

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu mé diplomové práce PaedDr. Ing. Vladimíru Vinterovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a pomoc při získání potřebných informací a podkladů.

Bibliografická identifikace:

Jméno a příjmení autora: Bc. Lenka Petrášková

Název práce: Interaktivní výuka tématu Vodní provoz rostlin ve výuce biologie na středních školách

Typ práce: Diplomová práce

Pracoviště: Katedra botaniky PřF UP

Vedoucí práce: PaedDr. Ing. Vladimír Vinter, Ph.D.

Rok obhajoby práce: 2023

Abstrakt:

Diplomová práce se věnuje možnostem výuky tématu: vodní provoz rostlin ve výuce biologie na středních školách. Zahrnuje tvorbu výukových materiálů vhodných také k samostudiu žáků, cvičení určených k opakování a dalších materiálů. Důraz je kladen na názornost těchto materiálů s využitím prvků interaktivní výuky. Součástí práce je verifikace vytvořených materiálů v pedagogické praxi.

Klíčová slova: interaktivní výuka, fyziologie rostlin, vodní provoz rostlin

Počet stran: 134

Počet příloh: 0

Jazyk: Čeština

Bibliographical identification:

Author's first name and surname: Bc. Lenka Petrášková

Title: Interactive teaching of the topic Water plant operation in the teaching of biology at secondary schools

Type of thesis: Master's Thesis

Department: Department of Botany

Supervisor: PaedDr. Ing. Vladimír Vinter, Ph.D.

The year of presentation: 2023

Abstract:

Master's Thesis is devoted to the possibilities of teaching the topic: water plant operation in the teaching of biology in secondary schools. It includes the creation of teaching materials suitable for students' self-study, exercises intended for repetition and other materials. Emphasis is placed on the clarity of these materials using elements of interactive teaching. Part of the work is the verification of the created materials in pedagogical practice.

Keywords: interactive education, plant physiology, water plant operation

Number of pages: 134

Number of appendixes: 0

Language: Czech

Obsah

| | |
|---|-----|
| Úvod a cíle | 7 |
| 1 Literární rešerše | 8 |
| 1.1 ODBORNÁ ČÁST | 8 |
| 1.2 ZAŘAZENÍ TÉMATU DO RVP PRO GYMNÁZIUM..... | 8 |
| 1.3 MOTIVACE..... | 9 |
| 1.4 INTERAKTIVNÍ VÝUKA A INFORMAČNÍ TECHNOLOGIE..... | 10 |
| 2 Metodika..... | 12 |
| 3 Výsledky..... | 13 |
| 3.1 VÝUKOVÝ MATERIÁL | 13 |
| 3.2 TESTOVÉ ÚLOHY | 67 |
| 3.3 ŘEŠENÍ TESTOVÝCH ÚLOH..... | 79 |
| 3.4 OPAKOVACÍ ÚLOHY | 80 |
| 3.5 VERZE ÚLOH PRO INTERAKTIVNÍ TABULI..... | 93 |
| 3.6 AUTORSKÉ ŘEŠENÍ OPAKOVACÍCH ÚLOH | 110 |
| 3.7 NÁVRHY PRAKTICKÝCH ÚLOH | 119 |
| 4 Verifikace vybraných materiálů v praxi..... | 124 |
| 5 Diskuze..... | 126 |
| 5.1 PROBLÉMY SPOJENÉ S INTERAKTIVNÍ TABULÍ..... | 126 |
| 5.2 KOMPLIKACE ZPŮSOBENÉ ZAŘAZENÍM TÉMATU DO RVP..... | 126 |
| Závěr..... | 128 |
| Seznam literatury..... | 129 |
| ZDROJE OBRÁZKŮ | 130 |

Úvod a cíle

V současné době prochází české školství značnou modernizací. Tento proces je zcela přirozený a nevyhnutelný, jelikož se mění také nároky na samotné žáky. Do popředí přichází rozvoj žákových schopností v podobě klíčových kompetencí. Důraz je kladen na používání aktivizačních metod ve výuce a zvyšování motivace žáků k samotnému učení.

Jedním ze způsobů, jak zájem žáků zvýšit, je využití prvků interaktivní výuky. K jejich použití je ovšem nutná modernizace samotné školy a její vybavení ICT technologiemi. Ačkoliv mnoho škol je po materiální stránce vybaveno více než dobře, tak samotné využívání moderních technologií často není optimální. Učitelé ne vždy drží krok s moderními technologiemi, ať už je na vině jejich nedostatečná počítačová gramotnost, časové vytížení, nedostatek motivace nebo jejich osobní postoj k modernizaci vzdělávání.

Pandemie covidu 19 v jistých ohledech vzdělávání prospěla, jelikož distanční výuka mnoho učitelů přiměla osvojit si práci s moderními technologiemi a rozšířila tak jejich použití i v prezenční výuce a domácí přípravě žáků. Během pandemie byly zakládány virtuální třídy, ve kterých mohli žáci naleznout vhodné materiály pro samostudium. Tyto třídy často zůstaly součástí škol i po skončení distanční výuky a jsou žákům stále k dispozici. Aby však byly efektivně využívány, je nutné je zaplnit výukovými materiály, jejichž příprava je pro učitele často časově náročná.

Právě tvorbou výukového materiálu se bude tato práce zabývat. Ke zpracování bylo vybráno téma z fyziologie rostlin: vodní provoz rostlin. Ačkoliv je voda pro rostliny naprosto nepostradatelná, tak toto téma často není vyučováno kompaktně a ekologické faktory nebo samotné vlastnosti vody jsou odtrženy od fyziologických procesů v rostlině. Z toho důvodu mají žáci často problém použít naučená fakta v patřičných souvislostech a pochopit podstatu naučených procesů. Výukový materiál je proto sestaven tak, aby vodní provoz rostlin žákům vysvětlil tak, aby byli schopní v souvislostech popsat cestu vody rostlinou.

Mezi stanovené cíle práce patří sestavení literární rešerše, didaktické zpracování výukového celku, verifikace vybrané části materiálu v pedagogické praxi a zpracování výsledků do podoby diplomové práce.

1 Literární rešerše

1.1 Odborná část

Vodní provoz rostlin můžeme v odborné literatuře najít jako jednu z kapitol v učebnicích a skriptech pro vysokoškolské vzdělávání rostlinné biologie a fyziologii rostlin.

Příkladem jsou učebnice *Biology of plants*, kterou napsali Peter Raven, Ray Franklin Evert a Susan E. Eichhorn, a *Plant Physiology and Development*, jejímiž autory jsou Lincoln Taiz, Eduardo Zeiger, Ian Max Möller a Angus Murphy. Obě tyto učebnice vyšly ve Spojených státech amerických v několika vydáních, takže zůstávají aktuální.

Z českých vysokoškolských učebnic byla v roce 1998 vydána publikace, kterou napsal Jan Gloser, a v témže roce vyšla také učebnice napsaná Stanislavem Procházkou, na té se významně podíleli také Ivana Macháčková, Jan Krekule, Jiří Šebánek a další vědečtí pracovníci. Obě publikace nesou shodný název *Fyziologie rostlin*.

Pro potřeby vysokých škol vyšla také skripta, která kromě tištěné podoby můžeme nalézt také online. Příkladem jsou skripta od Libuše Pavlové z Univerzity Karlovy z roku 2006, nebo učební text Jihočeské Univerzity z roku 2004, jehož autory jsou Ivan Šetlík, Frideta Seidlová, Jiří Šantrůček. Vlastní skriptum připravila také Univerzita Palackého v Olomouci v roce 2014. Jejími autory jsou Martin Fellner a Vladimír Vinter. Všechna zmíněná skripta nesou opět název *Fyziologie rostlin*.

1.2 Zařazení tématu do RVP pro gymnázium

Vybrané téma (vodní provoz rostlin) je ve výukovém materiálu rozděleno do jedenácti kapitol:

- Kapitola 1: Obsah vody v rostlinách
- Kapitola 2: Fyzikálně-chemické vlastnosti vody
- Kapitola 3: Význam vody pro rostlinu
- Kapitola 4: Vodní potenciál a mechanismy pohybu vody v rostlině
- Kapitola 5: Voda v půdě
- Kapitola 6: Příjem vody kořeny, radiální transport vody do xylému
- Kapitola 7: Transpirační proud – dálkový xylémový transport
- Kapitola 8: Kořenový vztlak
- Kapitola 9: Transpirace
- Kapitola 10: Vodní bilance rostliny
- Kapitola 11: Adaptace hydrofytů a xerofytů

Tyto kapitoly je možné učit jako celek v rámci fyziologie rostlin, která je v RVP pro gymnázia zařazená do biologie rostlin a obvykle je učena během prvního ročníku gymnázia po probrání anatomie rostlin. Součástí fyziologie rostlin obvykle bývá: fotosyntéza, heterotrofní výživa, vodní režim rostlin, dýchání, minerální výživa, růst, ontogeneze, rozmnožování, pohyby a dráždivost.

Tento způsob výuky tématu ovšem není obvyklý a některé ze zmíněných kapitol jsou tak vyučovány v rámci jiných částí (nejčastěji v ekologii, která je v RVP zařazena jako poslední velká kapitola), nebo jsou zcela vynechány, jelikož jsou vyučovány v jiných předmětech. O konkrétních příkladech pak bude později pojednáno v kapitole diskuze.

Při zařazení tématu do RVP bylo čerpáno ze samotného RVP G vydaného MŠMT a ze středoškolských učebnic: Nový přehled biologie od Stanislava Rosypala, Odmaturuj! z biologie od Mariky Benešové a Biologie pro gymnázia od Jana Jelínka a Vladimíra Zicháčka.

1.3 Motivace

Motivace je samotným předpokladem pro úspěšné učení. Tradičně ji můžeme dělit na vnitřní a vnější, kde vnější motivace pramení z našeho okolí a můžeme ji snáz ovlivnit.

Motivaci se z didaktického hlediska věnuje například Geoff Petty v knize Moderní vyučování, kde klasifikuje jednotlivé motivační faktory, se kterými bychom ve vyučování měli pracovat:

- Naučené se žákům hodí: učivo je v tomto případě v souladu se zájmy žáka a problém s motivací zcela odpadá.
- Studium je předpoklad pro dosažení kvalifikace: žáci vnímají studium jako nutné pro své budoucí povolání. Jedná se o dlouhodobou motivaci a můžeme ji posilovat zdůrazňováním přínosu učení.
- Zažití úspěchu díky dobrým výsledkům: úspěch je pro mnoho žáků hlavním motivačním prostředkem a hnací silou učení. Jeho zažití buduje žákovo sebevědomí a motivuje ho k dalšímu snažení. Je nutné dbát na to, aby každý žák mohl zažít úspěch. Neměli bychom tedy šetřit chválou. Naopak opakovaný neúspěch může vést k demotivaci až k naučené bezmocnosti.
- Snaha kvůli někomu jinému: žáci se snaží držet krok se svými spolužáky, i když je samotné učení nebaví, aby nebyli ve třídě za ty neschopné. V případě dobrého vztahu s učitelem se často žáci učí, aby takového učitele potěšili a získali jeho

uznání. Velký vliv má také rodinné zázemí, kdy se děti snaží potěšit či naplnit očekávání svých rodičů.

- **Probuzení zájmu:** pokud je vyučování zajímavé, uspokojuje žákovu přirozenou zvědavost, nebo jsou zde zábavné aktivity, pak může učitel zbudit zájem žáka i o předmět, který by ho jinak nezajímal. Právě tento motivační faktor mohou učitelé snadno ovlivnit a to například zařazením interaktivních prvků do výuky.

Také v knize *Obecná didaktika* od Aleny Valičové a Miroslavy Kovaříkové, můžeme narazit na kapitolu věnovanou motivaci, což dokládá, že je motivace neodmyslitelnou součástí vyučování.

Zmínit si nepochybně také zaslouží Abraham H. Maslow a jeho hierarchie potřeb. Zjednodušeně můžeme říct, že každý člověk má jisté pudové potřeby, které je nevědomky motivovaný splnit. Mezi tyto potřeby patří také potřeba respektu, tedy touha po úspěchu, která patří mezi motivační faktory zmíněné G. Prettem. Přímo o motivaci pak pojednává jeho kniha *Motivace a osobnost*.

1.4 Interaktivní výuka a informační technologie

Interaktivní výuka patří mezi konstruktivistické metody výuky, kde je hlavní aktivita během výuky přenášena na žáka a učitel ustupuje do pozadí a stává se spíše průvodcem pro žákovo vzdělávání. Hlavní teorie konstruktivismu mají na svědomí Jean Piaget, Gaston Bachelard a Lev Semionovič Vygotskij. Z českých autorů se konstruktivismu věnují například Pavel Doulík, Jiří Škoda, Martin Bílek, Jiří Rychtera a Antonín Slabý.

U interaktivní výuky jsou obsaženy prvky zvyšující názornost výuky. Ty mají často podobu digitálních materiálů, se kterými žáci aktivně pracují. Pro jejich zařazení do výuky je však nutná materiální vybavenost školy informačními technologiemi.

Mezi dnes již zcela běžně používané informační technologie patří dataprojektor. Jeho funkcí je přenos obrazu z monitoru stolního počítače či notebooku na tabuli nebo promítací plátno. Je také nezbytný pro fungování interaktivní tabule.

Právě ta je v současnosti velmi protěžovaná. Dotykový displej interaktivní tabule umožňuje do promítaného materiálu zasahovat přímo před tabulí. Uživatel může přímo do prezentace psát a kreslit, buď pomocí prstů, nebo speciálních barevných per, které jsou součástí příslušenství interaktivní tabule. Pro její fungování je nutný Software a také materiály vytvořené v programu kompatibilním s danou interaktivní tabulí. Práce s interaktivní tabulí je již sama o sobě pro žáky motivační a zvyšuje názornost probírané látky. Žáci si také mohou na interaktivní tabuli zahrát všeobecně velmi oblíbené didaktické hry vytvořené na míru přímo jejich učitelem.

Informace o ní můžeme naléznout především v internetových článcích. Příkladem je článek Interaktivní tabule – významný přínos pro vzdělávání od Jiřího Dostála a Interaktivní tabule – vzdělávací trend i módní záležitost od Ondřeje Neumajera,

Méně často se na školách můžeme setkat s hlasovacím zařízením. Jeho prostřednictvím je možné anonymně ověřit znalosti žáků pomocí testových úloh.

2 Metodika

Praktická část této práce zahrnuje tvorbu výukových a dalších materiálů v digitální podobě.

K tvorbě samotného výukového materiálu byl použit program MS PowerPoint. Výuková prezentace obsahuje pohyblivé animace jakožto interaktivní prvek pro zvýšení názornosti, které vysvětlují některé děje probíhající v rostlině. Konkrétně se jedná o vysvětlení: struktury molekuly vody, kapilárních jevů, procesu rozpouštění, difuze, osmózy a jejího řízení, funkce akvaporinových kanálů, reakce buňky na přítomnost v hypertonickém a hypotonickém prostředí, dostupnosti vody v půdě, symplastické a apoplastické cesty, průběhu transpirace a mechanismu uzavírání průduchů.

Dalšími vytvořenými materiály jsou testové úlohy a opakovací úlohy, které byly vytvořeny v programu MS Word. Pro převod opakovacích úloh do podoby vhodné pro interaktivní tabuli byl využit program ActivInspire.

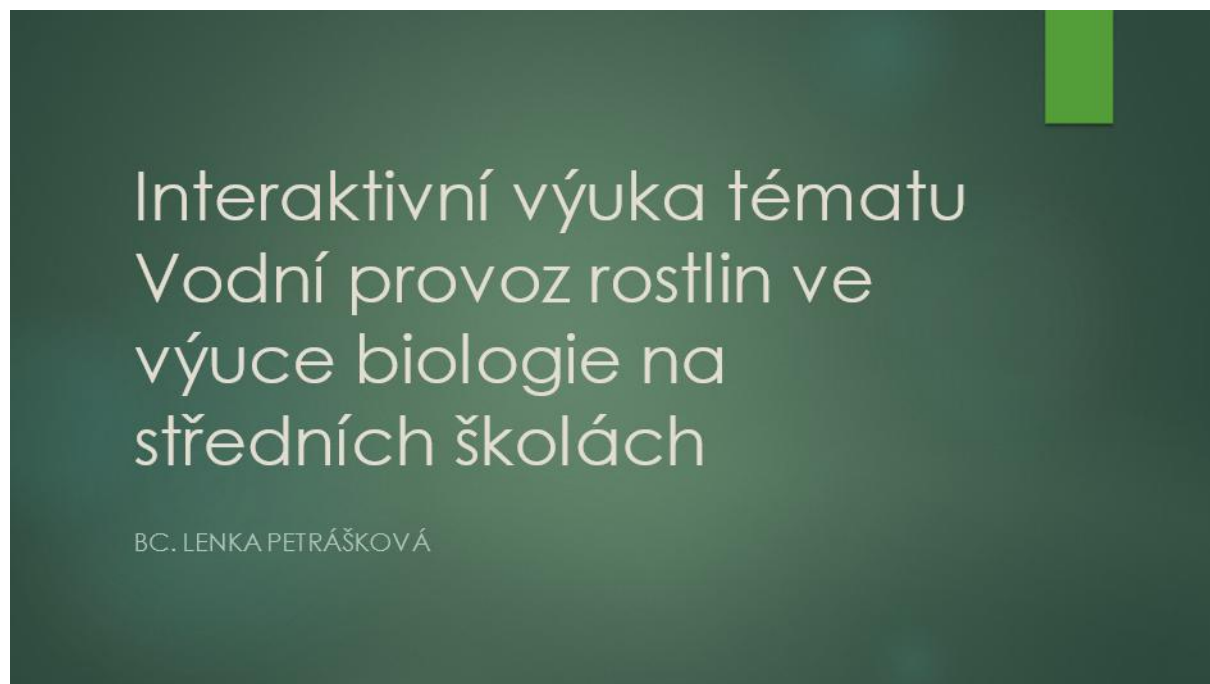
Pro verifikaci vybrané části vytvořených materiálů byla opět vytvořena prezentace v MS PowerPoint. Zpětná vazba od respondentů byla získána prostřednictvím online dotazníku vytvořeného v aplikaci Google Forms.

3 Výsledky

Mezi výsledky jsou zařazeny veškeré vytvořené materiály, což zahrnuje výukovou prezentaci, testové a opakovací úlohy včetně autorského řešení a návrhy praktických úloh.

3.1 *Výukový materiál*

V následující části jsou umístěny printscreany jednotlivých slajdů výukové prezentace.



Kapitoly

| | | | |
|--|--|--|--|
| KAPITOLA 1. Obsah vody v rostlinách | KAPITOLA 4. Vodní potenciál a mechanismy pohybu vody v rostlině | KAPITOLA 7. Transpirační proud – dálkový xylémový transport | KAPITOLA 10. Vodní bilance rostliny |
| KAPITOLA 2. Fyzikálně-chemické vlastnosti vody | KAPITOLA 5. Voda v půdě | KAPITOLA 8. Kořenový vztlak | KAPITOLA 11. Adaptace hydrofytů a xerofytů |
| KAPITOLA 3. Význam vody pro rostlinu | KAPITOLA 6. Příjem vody kořeny, radialní transport vody do xylému | KAPITOLA 9. Transpirace | KAPITOLA 12. Zdroje a citace |

KAPITOLA 1.

Obsah vody v rostlinách

Obsah vody v rostlinných pletivech

- ▶ Rostlinná pletiva obvykle obsahují 70-80 % vody (% jejich hmotnosti).

Biomasa
(100 g)



Obr. 1: Růže

Sušina
(20-30 g)



Obr. 2: Suchá růže

Voda
(70-80 g)



Obr. 3: Sklenice vody

Obsah vody v rostlinných pletivech

- ▶ Nejvíce vody obsahují:

Kořeny
(80-90 % vody)



Obr. 4: Kořeny

Dužiny plodů
(i nad 95 % vody)



Obr. 5: Dužina pomeranče

Vodní rostliny
(i nad 95 % vody)



Obr. 6: Vodní rostliny

Obsah vody v rostlinných pletivech

► Nejméně vody obsahují:

Dřevnaté části rostliny
(maximálně 50 % vody)



Obr. 7: Kmen

Pylová zrna
(6-17 % vody)



Obr. 8: Pyl

Zralá semena
(5-15 % vody)



Obr. 9: Semena

Co má vliv na množství vody v rostlině?

► Největší vliv má životní prostředí, tedy dostupnost vody pro rostlinu.



Obr. 10: Les



Obr. 11: Step

Co má vliv na množství vody v rostlině?

- ▶ Stáří rostliny (čím jsou pletiva starší, tím méně vody obsahují).



Obr. 12: Rostlina hrachu setého

Obr. 13: Plody hrachu setého

Co má vliv na množství vody v rostlině?

- ▶ Roční období (během vegetačního období rostliny obsahují více vody).



Obr. 14: Roční období

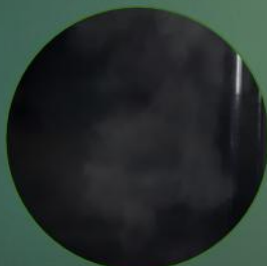
KAPITOLA 2.

Fyzikálně-chemické vlastnosti vody

Základní vlastnosti vody

- ▶ Bezbarvá čirá kapalina bez zápachu.
- ▶ Vyskytuje se ve třech skupenstvích:

Plynné skupenství
(vodní pára)



Obr. 1: Vodní pára

Kapalné skupenství
(voda)



Obr. 2: Sklenice vody

Pevné skupenství
(led)



Obr. 3: Led

Základní vlastnosti vody

- ▶ Je nestlačitelná (důležité pro udržení turgoru v buňkách).
- ▶ Voda je neutrální (pH = 7).
- ▶ Díky rozpuštěným látkám je elektricky vodivá.
- ▶ Nejvyšší hustotu má při teplotě 3,95C. Led má nižší hustotu než voda díky krystalické struktuře obsahující dutiny, proto plave.



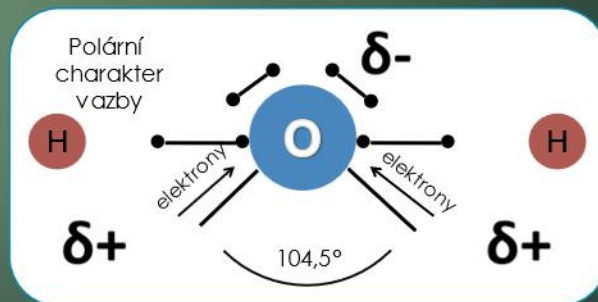
Obr. 4: Vločka



Obr. 5: Plovoucí led

Molekula vody

- ▶ Je tvořena jedním atomem kyslíku a dvěma atomy vodíku, sumární vzorec je tedy H_2O . Atomy jsou spojeny jednoduchou kovalentní vazbou (jeden valenční elektron poskytuje kyslík a druhý vodík).
- ▶ Jelikož jsou využity pouze 2 valenční elektrony kyslíku (ze 6), tak zbývající 4 vytvoří dva volné elektronové páry. Ty ovlivňují tvar molekuly vody, „vytlačují“ vodíky a způsobují, že má molekula vody lomený tvar s úhlem 104,5°.
- ▶ Díky vysoké elektronegativitě kyslíku jsou k němu přitahovány elektrony vodíku. Na vodíku je proto kladný parciální náboj a na kyslíku záporný. Molekula vody je proto polární.



Vodíkové můstky

- ▶ Díky polárnímu charakteru má molekula vody dva opačně nabitě póly. Ty se mohou navzájem přitahovat a vzniká tak vodíkový můstek (někdy též označení vazba) přes volné elektronové páry kyslíku.

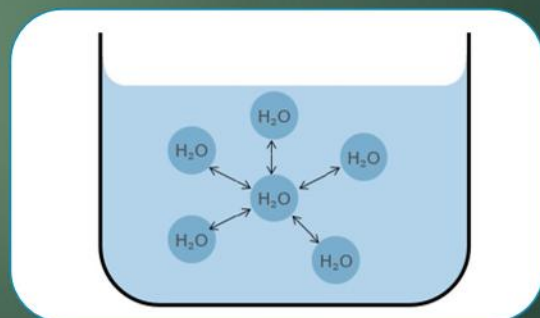


- ▶ Příjem tepla vede k rozbíjení vodíkových můstků, jeho výdej zase k jejich tvorbě.

Koheze (soudržnost)

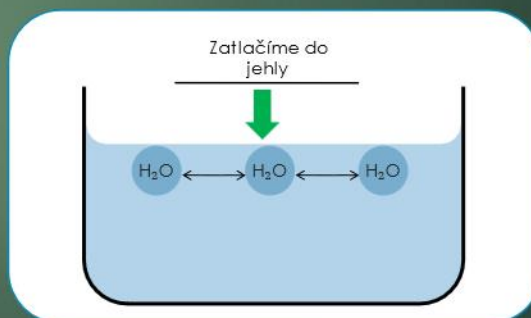
- ▶ Díky vodíkovým můstkům zůstávají molekuly vody u sebe (jsou soudržné).
- ▶ Tuto sílu označujeme jako kohezi.

- ▶ Uplatňuje se například při transportu vody skrz vodivá pletiva. Pokud by molekuly vody nebyly soudržné, nemohla by být voda transportována.



Povrchové napětí

- ▶ Molekuly na povrchu kapaliny jsou k sobě přitahovány kohezní silou a snaží se dosáhnout stavu s co nejmenší energií.
- ▶ Důsledkem toho se povrch kapaliny chová jako elastická blána a pokouší se zaujmout co nejmenší a nejhladší povrch (tvar koule).
- ▶ Díky vysokému povrchovému napětí voda tvoří kapky, nebo je možné položit na její hladinu předmět, aniž by se potopil (například jehlu, která klesne až v případě, že narušíme povrchové napětí).



Povrchové napětí

Vodní kapky zaujímají tvar koule, což je energeticky nejvýhodnější tvar způsobený vysokým povrchovým napětím.



Obr. 6: Kapky vody

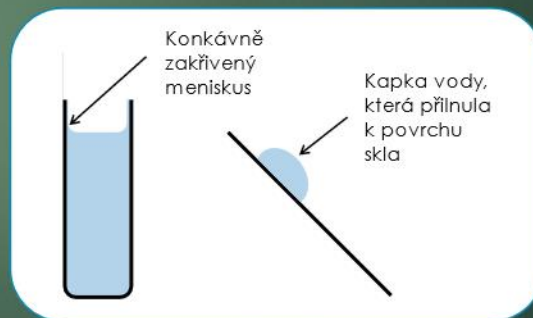
Bruslařka se udrží na hladině díky vysokému povrchovému napětí vody. U jejích nohou je možné vidět, jak voda tvoří elastickou blánu.



Obr. 7: Bruslařka obecná

Adheze (přilnavost)

- ▶ Je schopnost molekul vody přilnout k jiným molekulám a tedy k povrchu (např. nádoby).
- ▶ Adhezi můžeme pozorovat i na skle, kde zůstávají kapky vody. Hladina vody navíc na okrajích přilne k povrchu a tvoří konkávně zakřivený meniskus.
- ▶ Pro rostliny je důležitá například adheze vody k částicím půdy, díky které voda zůstává v malých půdních pórech a je k dispozici pro rostliny.



Adheze (přilnavost)

Kapky vody zůstávají přichycené k povrchu (na skle a v pavučině) díky adhezi k danému povrchu. Jejich kulatý tvar ale způsobuje vysoké povrchové napětí.



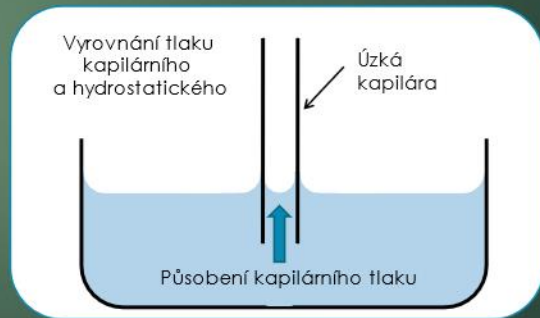
Obr. 8: Kapky na okně



Obr. 9: Rosa v pavučině

Kapilarita (vzlínavost)

- ▶ Je kombinací adheze, koheze a vysokého povrchového napětí vody.
- ▶ Při ponoření kapiláry (tenké trubičky) do nádoby dochází k vystoupení vody nad hladinu v nádobě (proti směru gravitace).
- ▶ Tento jev označujeme jako kapilární elevaci.
- ▶ Mechanismus: pod meniskem se tvoří negativní kapilární tlak, který posouvá vodní sloupec až do vyrovnání tlaku kapilárního a hydrostatického.



Kapilarita (vzlínavost)

Na obrázku můžeme pozorovat kapilární elevaci červené tekutiny. Čím tenčí je průměr dané kapiláry, tím výše dokáže tekutina vystoupat.



Obr. 10: Spojené nádoby

Tepelné vlastnosti vody

▶ Voda zůstává kapalná v rozmezí od 0°C do 100°C a má vysoké hodnoty pro:

▶ Měrou tepelnou kapacitu

▶ Určuje množství tepla/energie, které je potřebné pro ohřátí vody o jeden stupeň.



Obr. 11: Teploměr

▶ Skupenské výparné teplo

▶ Určuje množství tepla/energie, které je potřebné pro změnu skupenství z kapalného na plynné (umožňuje ochlazování rostliny během transpirace).



Obr. 12: Sklenice vody



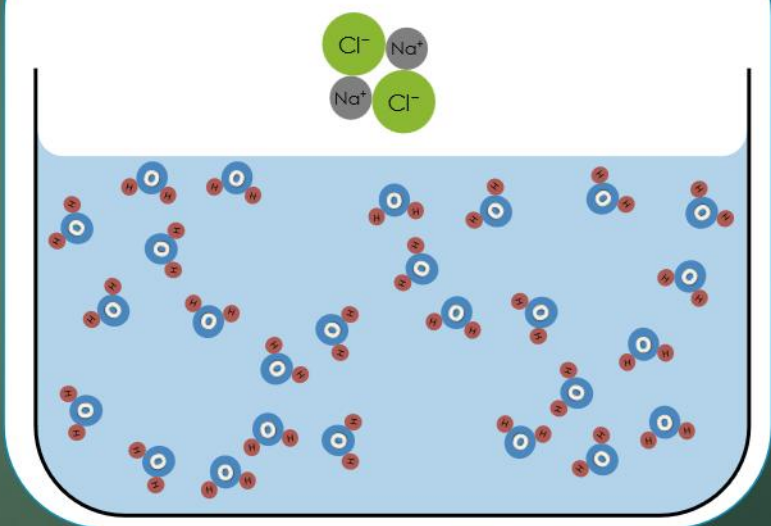
Obr. 13: Vodní pára

Voda jako rozpouštědlo

▶ Voda patří mezi nejdůležitější polární rozpouštědla (rozpouští látky polární i méně polární).

Vytvoření hydratačního obalu kolem iontů, kdy opačně nabitě póly míří k sobě (vodíky s kladným parciálním nábojem se natočí k aniontu chloru a kyslík se záporným parciálním nábojem se natočí směrem ke kationtu sodíku).

Rozpouštění NaCl ve vodě



KAPITOLA 3.

Význam vody pro rostlinu

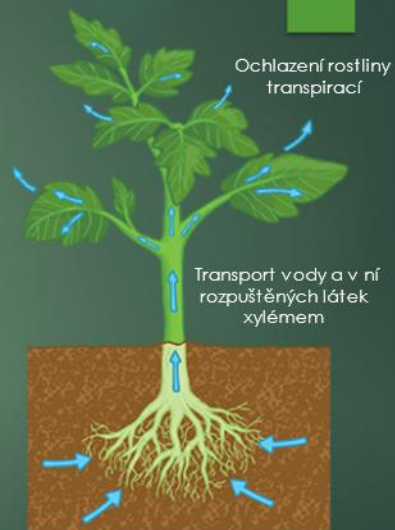
Význam vody

- ▶ Voda je pro rostliny nenahraditelným prostředím (pro buňky a pletiva, díky svým ojedinělým vlastnostem) a zároveň je metabolickou surovinou, například v procesu fotosyntézy.
- ▶ Během fotosyntézy dochází k fotolýze vody (jejímu rozkladu účinkem světla):
 - ▶ Fotosyntéza: $6 \text{ CO}_2 + 12 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$
 - ▶ Fotolýza vody: $2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{ H}^+ + 4 \text{ e}^- + \text{O}_2$

Vzniklý kyslík je pro rostlinu odpadním produktem a odchází z rostliny do atmosféry, čímž rostlina také významně ovlivňuje životní prostředí.

Význam vody

- ▶ Voda se významně podílí na termoregulaci v rostlině. Během transpirace, kdy voda opouští rostlinu v podobě vodní páry, dochází k výraznému ochlazení rostliny (díky vysokému skupenskému výparnému teplu).
- ▶ Voda je pro rostlinu důležitým rozpouštědlem a transportním médiem (pro organické i anorganické látky). Tyto rozpuštěné látky rozváží po celé rostlině (přes vodivá pletiva floému a xylému).

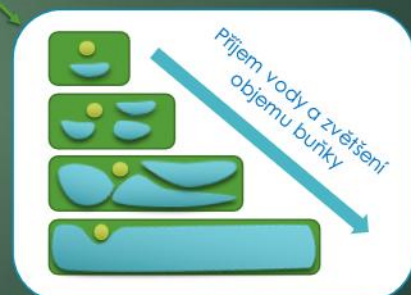


Obr. 1: Průchod vody rostlinou

Udržování turgoru

- ▶ Jelikož je voda nestlačitelná, je možné v buňkách udržovat hydrostatický tlak zvaný turgor, který je významný pro:
 - ▶ Růst rostlin (prodlužovací fáze růstu buněk)
 - ▶ Zajišťuje pevnost nedřevnatých pletiv
 - ▶ Transport látek floémem a v rámci buňky
 - ▶ Otevírání a zavírání průduchů

Buňka přijímá velké množství vody (tvorba vakuol a jejich následné spojení v jednu velkou) a tím zvětšuje svůj objem (200x)



Další uplatnění vody v životě rostlin

- ▶ Hygroskopické pohyby (př. hapterypřesliček, otevírání sporangií).
- ▶ Při oplození výtusných cévnatých rostlin.
- ▶ Hydrogamie (opylení pomocí vody).
- ▶ Hydrochorie (rozšiřování semen pomocí vody).
- ▶ Je životním prostředím vodních rostlin.



Obr. 2: Haptera



Obr. 3: Hydrochorie



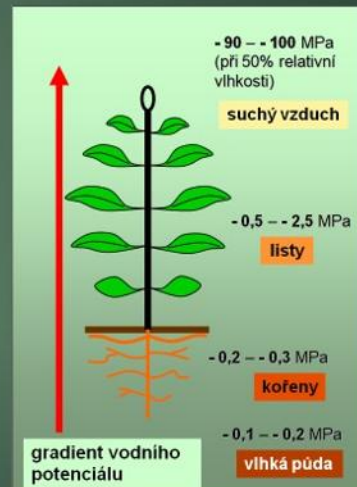
Obr. 4: Leknín

KAPITOLA 4.

Vodní potenciál a mechanismy pohybu vody v rostlině

Co je to vodní potenciál?

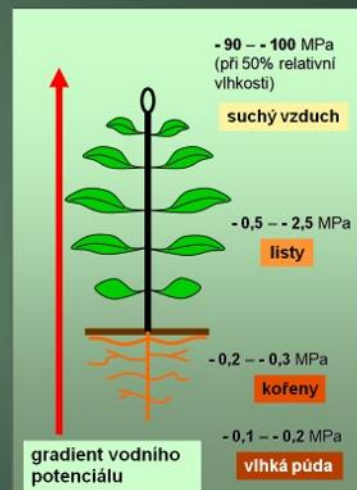
- ▶ Jedná se o termodynamický stav vody v buňce, který rozhoduje o příjmu a výdeji vody (vodní bilanci buňky).
 - ▶ Můžeme ho označit jako sílu, stojící za pronikáním vody do rostliny.
 - ▶ Neboli potenciální schopnost konat práci při pohybu vody.
- ▶ Je značen řeckým písmenem „ ψ_w “, jednotkou jsou MPa (megapascal).



Obr. 1: Gradient vodního potenciálu

Co je to vodní potenciál?

- ▶ Hodnoty vodního potenciálu:
 - ▶ Chemicky čistá (destilovaná) voda má nulový vodní potenciál.
 - ▶ Vodní potenciál v rostlině vždy dosahuje záporných hodnot, jelikož jsou ve vodě rozpuštěné látky.
- ▶ Voda vždy směřuje z místa s vyšším vodním potenciálem do míst s nižším vodním potenciálem. V rámci rostliny tedy vodní potenciál klesá zdola nahoru.



Obr. 1: Gradient vodního potenciálu

Složky vodného potenciálu (Ψ_w)

- ▶ Pro vodní potenciál platí, že je součtem několika složek:

- ▶ $\Psi_w = \Psi_s + \Psi_p + \Psi_m + \Psi_g$
- ▶ Osmotický potenciál (Ψ_s): Odpovídá záporné hodnotě osmotického tlaku (to je tlak způsobený rozpuštěnými látkami). Čím vyšší je koncentrace těchto látek, tím je osmotický tlak vyšší a tím je osmotický (a tedy i vodní) potenciál nižší.
- ▶ Tlakový potenciál (Ψ_p): Může nabývat záporných i kladných hodnot (příkladem turgor – pozitivní hydrostatický tlak v buňce).
- ▶ Matriční (Ψ_m) a gravitační (Ψ_g) potenciál jsou pro výpočet vodního potenciálu v buňce zanedbatelné.

Koncentrace rozpuštěných látek

Zvýšení ↑

Osmotický tlak

Zvýšení ↑

Osmotický potenciál

Snížení ↓

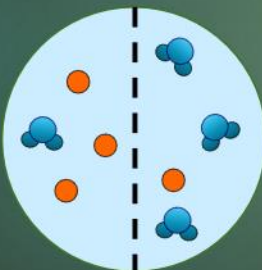
Vodní potenciál

Snížení ↓

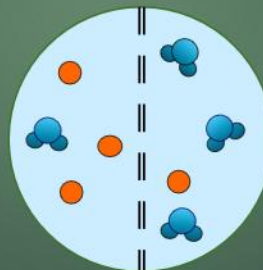
Mechanismy pohybu vody v rostlině

- ▶ Na úrovni buněk a rostlinných orgánů se jedná o tři důležité procesy:

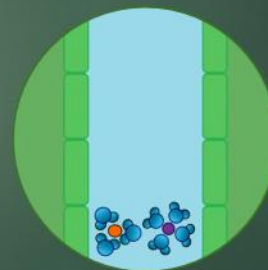
Difuze



Osmóza

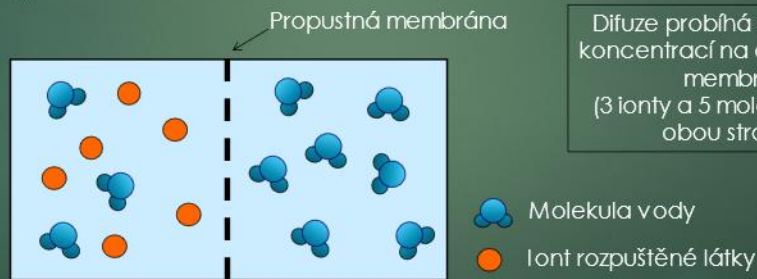


Hromadný tok



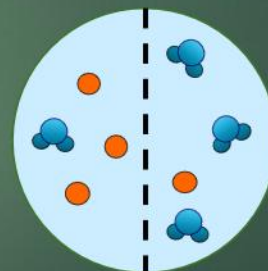
Difuze

- ▶ Je fyzikální děj, při kterém dochází k pohybu částic (molekul a iontů) z míst s vyšší koncentrací dané látky do míst s nižší koncentrací této látky až do vyrovnání koncentrací na obou stranách propustné (permeabilní) membrány.
- ▶ Rozdíl těchto koncentrací označujeme jako koncentrační spád/gradient.



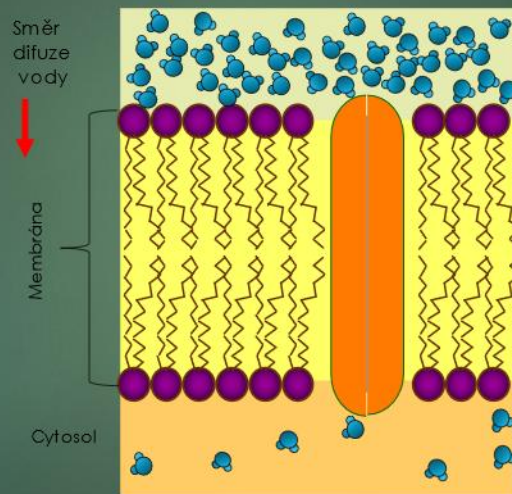
Difuze

- ▶ Její rychlost je přímo úměrná koncentračnímu gradientu.
- ▶ Uplatňuje se pouze na úrovni buněk, tedy jen pro krátké vzdálenosti. V případě transportu na velké vzdálenosti je příliš pomalá.
 - ▶ (V kmeni stromu urazí malá molekula vzdálenost jednoho metru za přibližně 32 let.)
- ▶ Difuze se významně uplatňuje u molekul v plynném skupenství (příkladem je transpirace – difuze vodní páry do atmosféry).
- ▶ Difuzi vody je možné urychlit otevřením akvaporinů



Akvaporiny

- ▶ Jsou bílkovinné kanály usnadňující průchod vody přes membránu.
- ▶ Je možné je regulovat a tím řídit příjem a výdej vody přes membránu buněk.



Obr. 2: Model akvaporinu (upraveno)

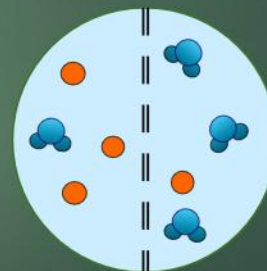
Difuze přes membránu je velmi pomalá kvůli polárnímu charakteru molekuly vody.

K jejímu urychlení dochází otevřením akvaporinového kanálu.

Difuze následně probíhá rychleji skrz kanál až do vyrovnání koncentrací na obou stranách membrány (stejný počet molekul vody).

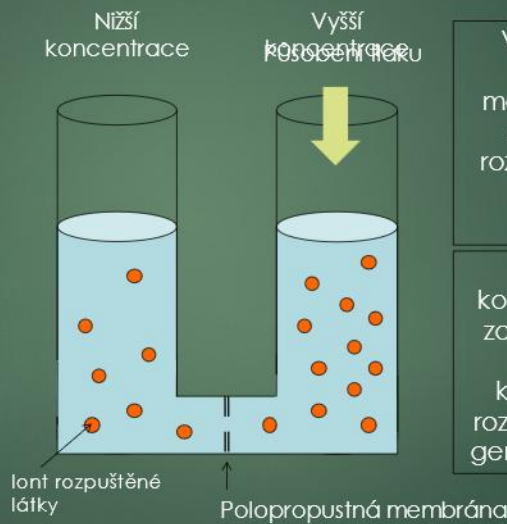
Osmóza

- ▶ Je označení pro difuzi molekul vody. Používáme ho v případě, že ostatní molekuly (ionty rozpuštěných látek) nemohou projít membránou (membrána je tedy semipermeabilní – polopropustná).
- ▶ Mezi polopropustné membrány patří:
 - ▶ Cytoplazmatická membrána (plazmalema)
 - ▶ Membrána vakuol (tonoplast)
- ▶ Voda putuje přes membrány mezi buněčnou šťávou vakuoly, cytoplazmou a okolím buněk.
- ▶ Molekuly vody směřují do míst s vyšší koncentrací rozpuštěných látek (nižším vodním potenciálem).



Osmóza

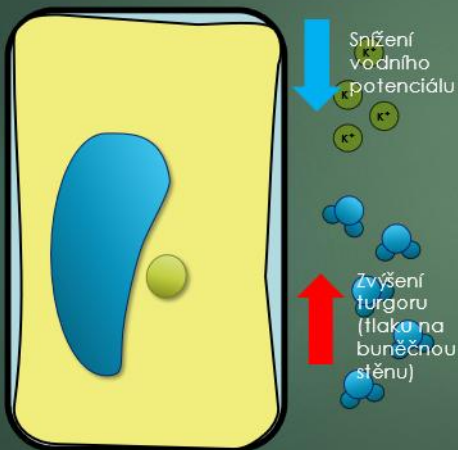
- Pohyb vody osmózou je pasivním dějem (rostlina na něj nespočítává energii) a pokračuje do vyrovnání koncentrace rozpuštěných látek na obou stranách polopropustné membrány.



Voda prochází skrz polopropustnou membránu z prostředí s nižší koncentrací rozpuštěných látek do prostředí s vyšší koncentrací.

Po vyrovnání koncentrací je osmóza zastavena. Objem na straně původně koncentrovanejšího roztoku se zvýšil, čímž je generován tlak (turgor).

Řízení osmózy



Buňky mohou regulovat příjem a výdej vody na základě koncentrace osmoticky aktivních látek. Tuto koncentraci mohou rostlinné buňky měnit pomocí draselných iontů (K^+).

Transportem draselných iontů (K^+) do buňky dochází ke zvýšení osmotického tlaku (zvýšuje se koncentrace a vodní potenciál buňky se tedy sníží).

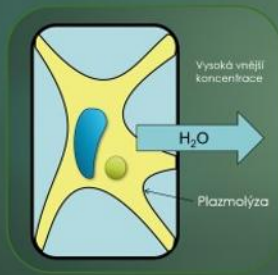
Zvýšením osmotického tlaku dochází k osmóze vody do buňky (a vakuoly), aby došlo k vyrovnání koncentrace vně a uvnitř buňky.

Příjem vody vede ke zvýšení objemu a tedy k turgoru v buňce (obsah buňky působí na buněčnou stěnu).

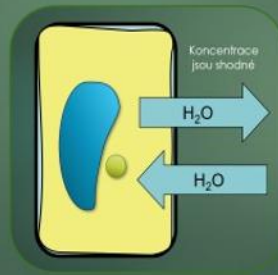
Prostředí buněk

- ▶ Vzhledem ke koncentraci rozpuštěných látek a probíhající osmóze rozlišujeme tři různá prostředí:

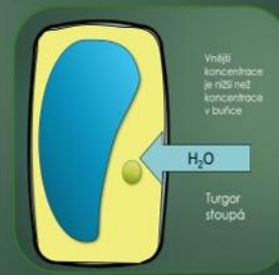
Hypertonické prostředí



Izotonické prostředí

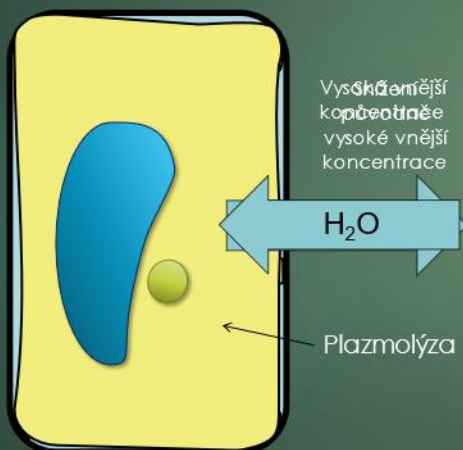


Hypotonické prostředí



Hypertonické prostředí

- ▶ Koncentrace rozpuštěných látek v okolí buňky je vyšší než uvnitř ní.



Díky vysoké koncentraci v okolí buňky dochází k osmóze vody z buňky.

Tím dochází ke zmenšení vakuoly a následně i ke zmenšení objemu cytoplazmy, což vede k odchlípnutí plazmalemy od buněčné stěny.

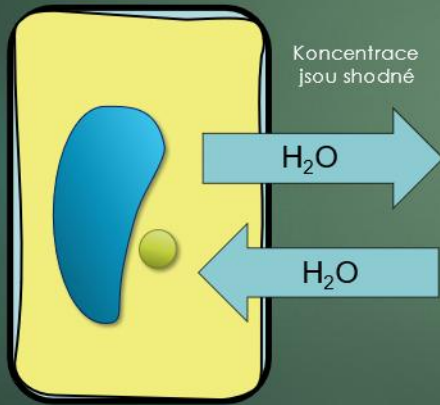
Tento jev označujeme jako plazmolýzu a může vést až ke smrti buňky.

Změnou (snížením) vnější koncentrace dochází k opětovnému příjmu vody do buňky (osmóze).

Objem cytoplazmy (a následně vakuoly) se zvětšuje až plazmalema opět dolehne na buněčnou stěnu. Tento jev označujeme jako deplazmolýzu.

Izotonické prostředí

- Koncentrace vně i uvnitř buňky jsou shodné (osmotický tlak na obou stranách membrány je vyrovnaný).

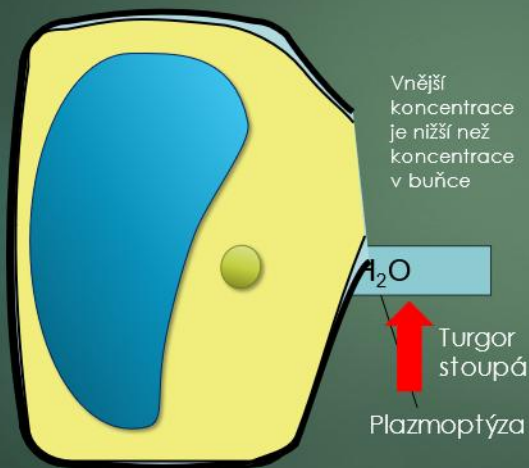


Buňka vodu nepřijímá ani neztrácí, nemění se tedy její turgor.

Poznámka: Jako izotonický roztok označujeme roztok se shodným osmotickým tlakem, jako má porovnávaný roztok. Izotonickým roztokem je například fyziologický roztok (0,9% vodný roztok NaCl), který má shodný osmotický tlak s krevní plazmou a je používán v medicíně.

Hypotonické prostředí

- Koncentrace rozpuštěných látek v okolí buňky je nižší než uvnitř ní.



Vyšší koncentrace uvnitř buňky vede k osmóze vody do buňky.

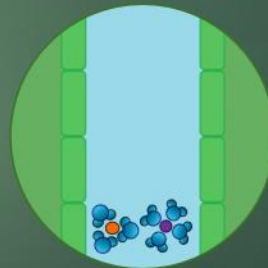
Dochází ke zvětšení objemu uvnitř buňky (zvětšení vakuoly) a buněčná stěna se napíná (vzniká zde turgor – tlak působící na buněčnou stěnu).

Dalším napínáním buněčné stěny (dalším příjmem vody) může dojít k prasknutí buněčné stěny a cytoplazmatické membrány.

Tento jev označujeme jako plazmoptýzu. (U rostlinných buněk s pevnou buněčnou stěnou nebývá pozorován, je ale obvyklý u buněk živočišných, která nemají buněčnou stěnu).

Hromadný tok

- ▶ Jedná se o transport vody společně s látkami v ní rozpuštěnými přes vodivé dráhy xylému a floému (dálkový transport).
- ▶ Rychlost závisí na:
 - ▶ Především na hydraulickém tlaku na začátku a na konci vodivé dráhy.
 - ▶ Na hydraulickém odporu (vodivosti) vodivých drah.
 - ▶ Na vlastnostech kapaliny.
 - ▶ Na poloměru vodivých drah (kapilár).



KAPITOLA 5.

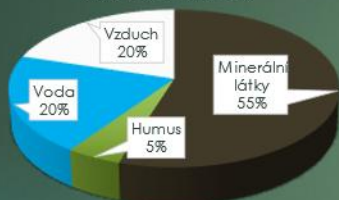
Voda v půdě

Složení půdy

- ▶ 1/2 až 2/3 objemu půdy tvoří pevné částice (minerální a organické látky):
 - ▶ Anorganickou část půdy tvoří pevné minerální částice (jílovitá, hlinitá a písčité půda).
 - ▶ Organická hmota se skládá z biomasy odumřelých organismů v různém stupni rozkladu (humus).
- ▶ Zbývající objem půdy představují póry, které mohou být zaplněny:
 - ▶ Vodným roztokem minerálních látek (zaplní je asi z poloviny).
 - ▶ Vzduchem (je zde více CO₂ a méně O₂ než v atmosféře).
- ▶ Zastoupení složek půd může být odlišné a měnit se v čase.

Složení půdy

Graf 1: Složení půdy

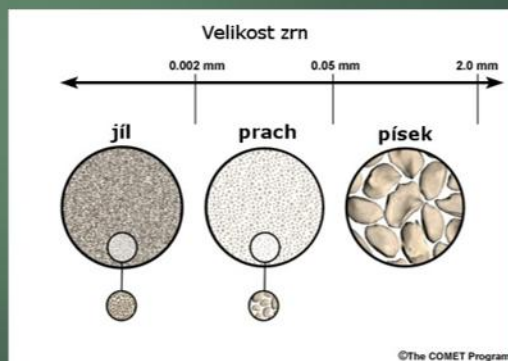


Půda: písčité, hlinitá a jílovitá



Obr. 1: Půda

- ▶ Pro rostliny je důležitá velikost zrn (textura půdy), čím jsou půdní částice menší (jílovitá půda) tím je tok vody pomalejší a voda je pro rostliny méně dostupná.



Obr. 2: Textura

Dostupnost vody pro rostlinu



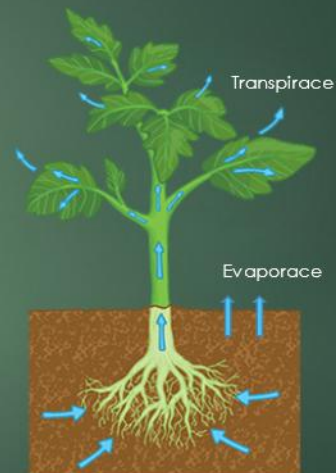
Při dešti se voda vsakuje do půdy. Skrz velké póry mezi půdními částicemi voda protéká do podzemní vody, kterou mohou využít pouze rostliny s dostatečně hlubokými kořeny.

Voda ovšem zůstává zachycena v malých pórech, kde je pro rostliny dostupná (hlavní zdroj vláhy).

Část vody je ovšem pevně vázána (adhezí) na půdní částice a je tedy pro rostliny nedostupná. Voda tvoří vrstvu na povrchu půdních částic. Čím jsou tedy částice menší (jilovitá půda), tím hůře je voda pro rostliny dostupná.

Dostupnost vody pro rostlinu

- ▶ Pohyb vody v půdě závisí na vodním potenciálu – voda míří do míst s nižším vodním potenciálem (z místa vlhčího do suššího).
- ▶ Pokud je vodní potenciál půdy menší (půda je příliš suchá) než vodní potenciál rostliny, nemůže rostlina vodu přijímat, což vede k jejímu vadnutí.
- ▶ Půda ztrácí vodu:
 - ▶ Transpirací: vypařování přes živý organismus (rostlinu).
 - ▶ Evaporací: vypařování vody přímo z půdy.

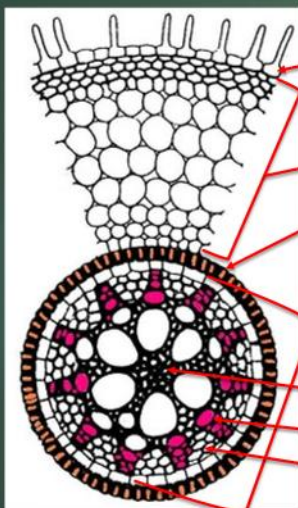


Obr. 3: Průchod vody rostlinou

KAPITOLA 6.

Příjem vody kořeny, radiální transport vody do xylému

Opakování z anatomie – kořen



→ Rhizodermis – pokožka kořene, jedna vrstva těsně přiléhajících buněk, jejich buněčná stěna se vychlipuje a tvoří kořenové vlásky rhiziny.

→ Primární kůra (parenchymatické buňky).

→ Endodermis – tvořena jednou vrstvou buněk bez mezibuněčných prostor, vytváří se zde Caspariho proužky – rámečky kolem buněk, v těchto místech plazmalema těsně přiléhá k buněčné stěně.

→ Střední válec – centrální část kořene, ohraničena vrstvou buněk (pericykl), uvnitř se nachází:

→ Dřeň

→ Xylém (dřevo, cévy a cévice)

→ Floém (lýko, sítkovice)

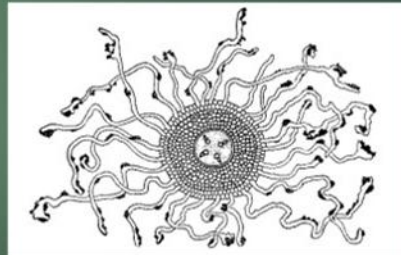
Obr. 1: Schéma řezu kořene kosatce

Příjem vody z půdy

- ▶ Kořen je hlavním orgánem pro příjem vody z půdy. Zajišťují ho kořenové vlásky (délka v μm), které rostou do míst s největší vlhkostí půdy. (Vodní potenciál kořenových vlásků musí být nižší, než vodní potenciál půdy.)
- ▶ Přijatá voda je následně transportována do středního válce (xylému) a putuje do nadzemních částí rostliny (tedy do míst s nižším vodním potenciálem).

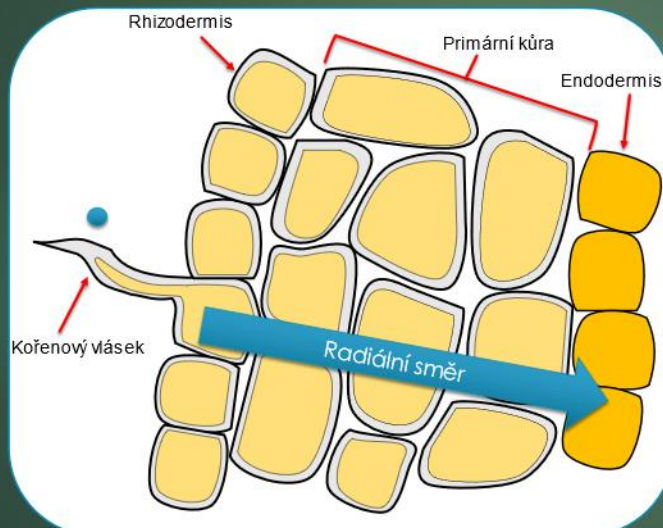


Obr. 2: Kořenové vlásky



Obr. 3: Schéma kořene bobu obecného

Transport vody do rostliny

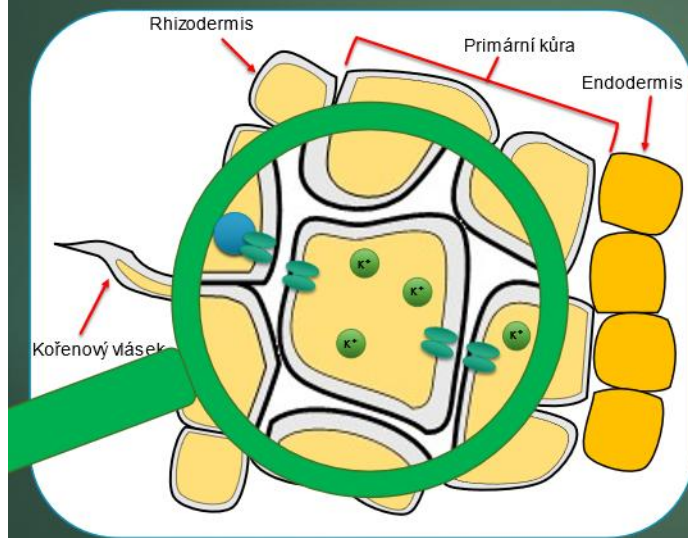


Voda s rozpuštěnými minerálními látkami proniká přes buněčnou stěnu kořenových vlásků do buněk rhizodermis.

Následuje transport vody v radiálním směru přes primární kůru (směrem do středního válce).

Tento transport může probíhat dvěma způsoby:
Symplastickou cestou
Apoplastickou cestou

Symplastická cesta

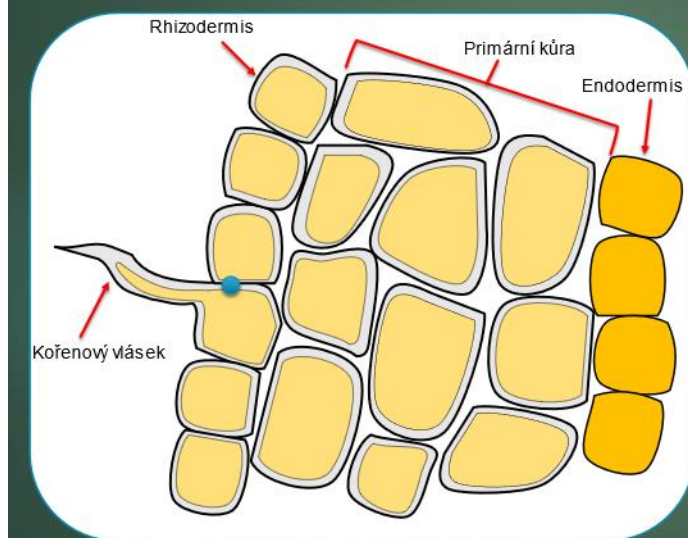


Voda během transportu vstupuje do cytoplazmy buněk (prochází přes membrány).

Tento transport umožňuje vysoký osmotický tlak uvnitř buněk. Rostlina ho zvyšuje nahromaděním osmoticky aktivních látek v buňkách (za spotřeby energie, ATP), příkladem těchto látek jsou draselné ionty (K^+).

Transport je možné urychlit otevřením akvaporinových kanálů v membráně.

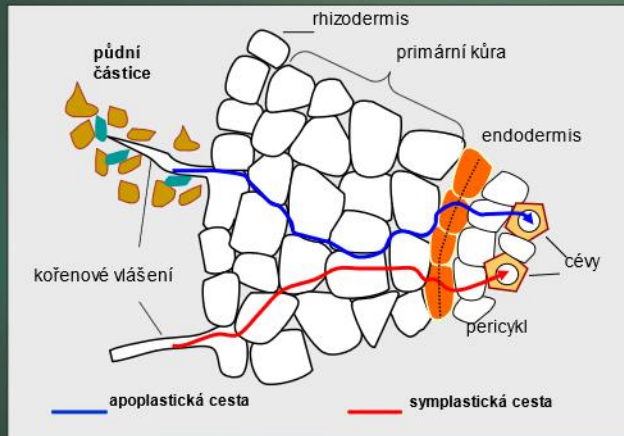
Apoplastická cesta



Voda během transportu prochází pouze přes buněčnou stěnu a mezibuněčné prostory (neprochází tedy membrány).

Voda směřuje do míst s menším vodním potenciálem pomocí difuze (osmózy), aniž by k tomu rostlina vynaložila energii (pasivní děj). Tento transport je navíc rychlejší než transport vody symplastickou cestou. Voda tímto způsobem ale nemůže projít přes endodermis (na rozdíl od symplastické cesty).

Porovnání symplastické a apoplastické cesty

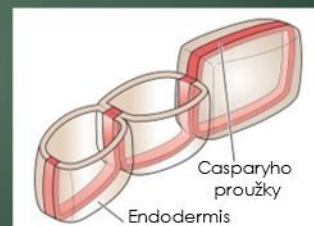


Obr. 4: Symplastická a apoplastická cesta

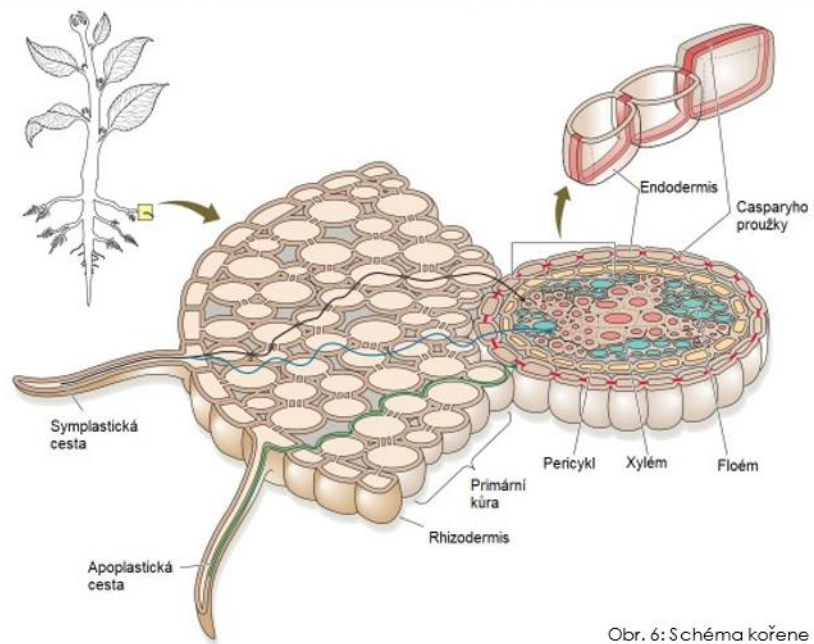
- ▶ Symplastická cesta:
 - ▶ Voda prochází membránou
 - ▶ Je pomalejší
 - ▶ Urychlena akvaporiny
 - ▶ Stojí energii (aktivní děj)
 - ▶ Projde endodermis
- ▶ Apoplastická cesta:
 - ▶ Voda neprochází membránou
 - ▶ Je rychlejší
 - ▶ Nestojí energii (pasivní děj)
 - ▶ Neprojde endodermis

Transport vody přes endodermis

- ▶ Díky absenci mezibuněčných prostor a přítomnosti Casparyho proužků může být voda transportována pouze symplastickou cestou.
- ▶ Endodermis tedy představuje pro transport vody překážku (bariéru či filtr):
 - ▶ Zpomaluje transport vody (možný deficit vody v nadzemní části rostliny).
 - ▶ Umožňuje regulovat transport vody akvaporinovými kanály.
 - ▶ Zabraňuje průniku patogenů.
 - ▶ Zabraňuje zpětnému toku vody z rostliny při nízkém vodním potenciálu půdy.
- ▶ Voda pokračuje do xylému ve středním válci a transpiračním proudem do nadzemních částí rostliny.



Obr. 5: Casparyho proužky



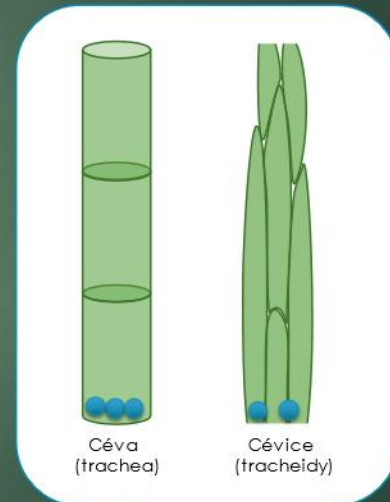
Obr. 6: Schéma kořene

KAPITOLA 7.

Transpirační proud – dálkový xylémový transport

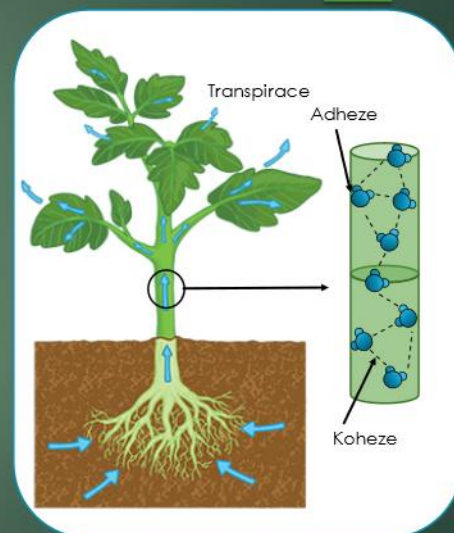
Opakování z anatomie – xylém

- ▶ Dřevní část cévních svazků.
- ▶ Tvořen:
 - ▶ Vodivými elementy (cévy – tracheje a cévice – tracheidy) – tyto buňky jsou mrtvé (bez cytoplazmy a organel) a plní vodivou funkci.
 - ▶ Kolem vodivých elementů je pochva z buněk (parenchym – zásobní funkce a sklerenchym – mechanická funkce), které brání pronikání transportovaných látek do okolních pletiv.



Transpirační proud

- ▶ Neboli dálkový xylémový transport je transport vody a v ní rozpuštěných látek přes vodivá pletiva xylému (hromadný tok).
- ▶ Transport začíná v kořenech a končí v místě transpirace (obvykle v listech), směřuje tedy jen jedním směrem.
- ▶ Vodu v cévách a cévicích xylému označujeme jako vodní sloupec, ten je soudržný díky vlastnostem vody (adhezi a kohezi zajištěné vodíkovými můstky).



Obr. 1: Průchod vody rostlinou

Pohyb transpiračního proudu

- ▶ Kohezní teorie říká, že hlavní hybnou silou transpiračního proudu je záporný hydrostatický tlak (podtlak) v listech, který vzniká transpirací.
- ▶ Rostlina nespotřebovává vlastní energii pasivní děj (využívá však sluneční energii na transpiraci – odpařování vody z listů).
- ▶ Rychlost transpiračního proudu je ovlivněna především aktuálním stavem počasí (proud se v noci a při zatažené obloze téměř zastaví, jelikož je pomalá rychlost transpirace).

Transpirací vzniká v listech podtlak (hnací síla)

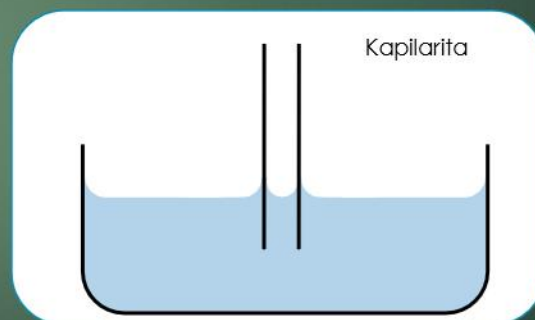


Sluneční záření zvyšuje transpiraci a tedy i rychlost transpiračního proudu.

Obr. 1: Průchod vody rostlinou

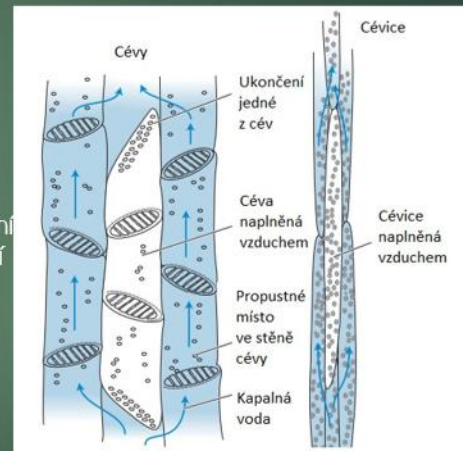
Pohyb transpiračního proudu

- ▶ Kromě záporného hydrostatického tlaku v listech má na pohyb vody v xylému vliv také:
 - ▶ Kapilarita (vzlínavost) vody
 - ▶ Kořenový vztlak
 - ▶ Hydraulický odpor (vodivost) transportních drah.



Narušení transpiračního proudu

- ▶ Pokud dojde v cévě či cévici k přerušení vodního sloupce (kavitaci) a následnému vniknutí bublinek plynu do vodivého elementu (vzduchové embolii), dojde k přerušení transpiračního proudu v daném místě.
- ▶ Funkci zasažené části xylému musí převzít ostatní vodivé elementy. Nebo rostlina využije možnosti reparace, aby dané místo opravila:
 - ▶ Vytlačení vzduchu kořenovým vzlakem.
 - ▶ Osmózou vody z okolních parenchymatických buněk do poškozené části xylému (hnačí silou transport osmoticky aktivních látek – aktivní děj).



Obr. 2: Schéma vzduchové embolie

Kdy dochází ke kavitaci a embolii?

- ▶ Při nedostatku vody v půdě (extrémní sucho, kdy je vodní potenciál půdy nižší než vodní potenciál kořenů a rostlina nemůže vodu přijímat).
- ▶ Pokud rychlost transpirace výrazně převyšuje rychlost příjmu vody (důvodem může být zpomalení transportu v endodermis kořene).
- ▶ Během zimy (změnou objemu vody v xylému vlivem změny skupenství vody – led má větší objem než kapalná voda).
- ▶ Při poranění pletiv.



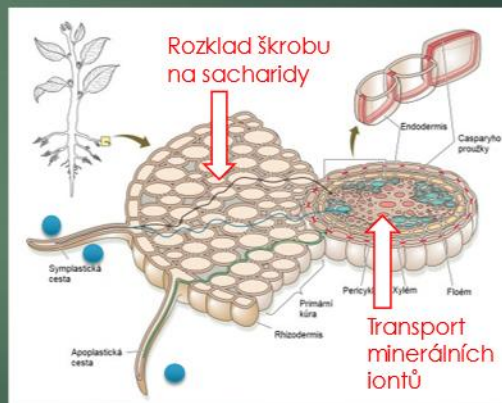
Obr. 3: Led

KAPITOLA 8.

Kořenový vztlak

Kořenový vztlak

- ▶ Je hromadný tok vody a v ní rozpuštěných látek xylémem do nadzemní části rostliny, který pohání pozitivní hydrostatický tlak v kořenech.
- ▶ Ten vzniká při přesycení pletiv kořene vodou, čemuž může rostlina aktivně přispívat:
 - ▶ Rozkladem škrobu v pletivem kořene, čímž vznikají jednoduché sacharidy (osmoticky aktivní látky snižující vodní potenciál kořene a tedy zvyšující příjem vody z půdy).
 - ▶ Transportem minerálních iontů do vodivých drah xylému ve středním válci (tím se snižuje vodní potenciál a zvyšuje příjem vody, zpětnému toku zabraňují Caspariho proužky v endodermis).



Obr. 1: Schéma kořene

Účinnost a význam kořenového vztlaku

- ▶ Sám o sobě může kořenový vztlak vyzvednout vodu do výšky i několika metrů. Maximálních hodnot dosahuje v noci. Je však výrazně pomalejší než transpirační proud.
- ▶ Uplatňuje se především na jaře u opadavých stromů a keřů krytosemenných rostlin (nahrazuje transpirační proud před vyrašením listů).



Obr. 2: Topol bílý

Viditelné projevy kořenového vztlaku

- ▶ Exsudace
 - ▶ Dochází při ní k ronění xylémové šťávy (mízy) v místě poranění vodivé dráhy (míza je vytlačena kořenovým vztlakem).
 - ▶ Můžeme ji pozorovat na jaře na pařezech stromů.
 - ▶ Míza se odebírá například z javorů (javorový sirup).



Obr. 3: Exsudace

Viditelné projevy kořenového vztlaku

▶ Gutace

- ▶ Jedná se o výdej vody v kapalném skupenství skrz hydatody:
 - ▶ Vodní skuliny, jejichž regulace je omezená a zůstávají tak neustále otevřené.
- ▶ Je typická pro rostliny tropů.
- ▶ Pozorujeme ji po dešti, nebo během vlhkých chladných nocí, kdy příjem vody kořeny převyšuje výdej transpirací.



Obr. 4: Gutace na listu jahodníku



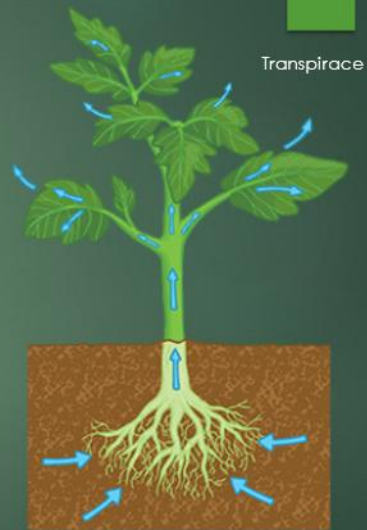
Obr. 5: Schéma hydatody

KAPITOLA 9.

Transpirace

Co je to transpirace?

- ▶ Je to výdej vody povrchem rostliny (převážně se jedná o výdej přes průduchy v listech).
- ▶ Přesněji: je to difuze vodní páry směřující z rostliny do atmosféry (do míst s nižším vodním potenciálem).

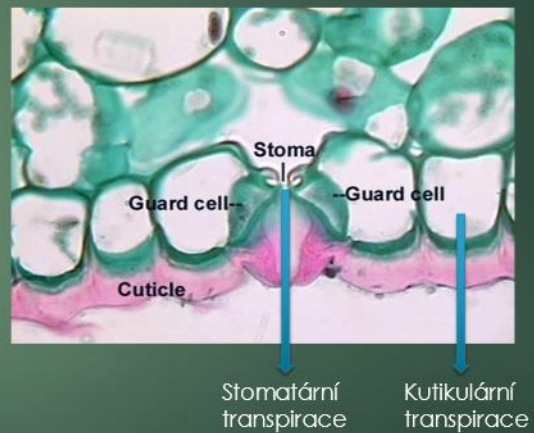


Obr. 1: Průchod vody rostlinou

Typy transpirace

- ▶ Kutikulární transpirace
 - ▶ Výdej vody buňkami epidermis krytými kutikulou. Uplatňuje se hlavně u mladých rostlinných orgánů (rozvíjejících se listů) a v době, kdy jsou průduchy uzavřeny.
- ▶ Stomatární transpirace
 - ▶ Výdej vody prostřednictvím průduchů (stomata) umístěných v epidermis.
 - ▶ Je to nejdůležitější typ transpirace.
 - ▶ Uvádí také do pohybu transpirační proud a ochlazuje listy (termoregulace rostliny).

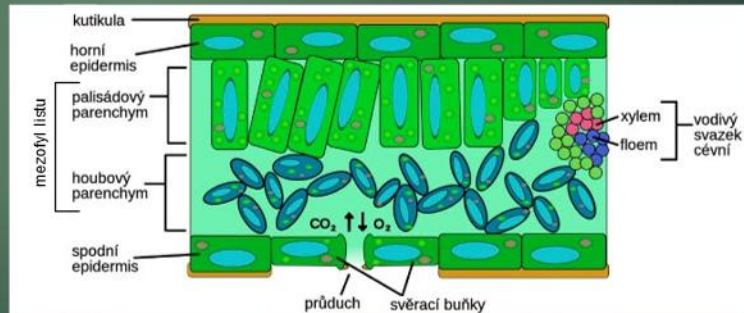
Obr. 2: Pokožka listu



Opakování z anatomie – list (bifaciální)

- ▶ List je krytý jednovrstevným epitelem s kutikulou na svrchní i spodní straně (v ní jsou obvykle přítomny průduchy).
- ▶ Prostor mezi oběma vrstvami pokožky vyplňuje parenchymatické pletivo s cévními svazky zvané mezofyl, ten tvoří:

- ▶ Palisádový parenchym (těsně přiléhající protáhlé buňky na svrchní straně listu, sloužící především k fotosyntéze).
- ▶ Houbový parenchym (buňky různého tvaru s intercelulárami, mezibuněčnými prostory, na spodní straně listu).



Obr. 3: Schéma stavby listu

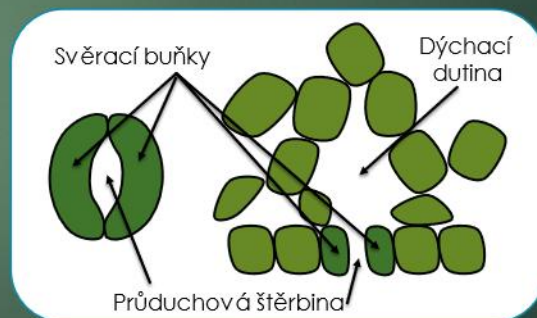
Opakování z anatomie – průduch

- ▶ Průduch tvoří dvě svěrací buňky (obvykle mají ledvinovitý tvar, případně činkovitý/piškotovitý tvar), jejich koncové části jsou pevně spojeny a rozdílná elasticita buněčné stěny umožňuje jejich pohyb (otevření a uzavření).
- ▶ Svěrací buňky uzavírají průduchovou štěrbinu.
- ▶ Pod průduchovou štěrbinou se v mezofylu listu nachází dýchací dutina.



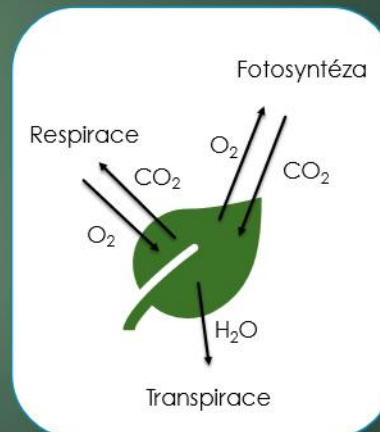
Obr. 4: Průduchy ladoňky sibiřské

Obr. 5: Průduchy bezkolencemodrého

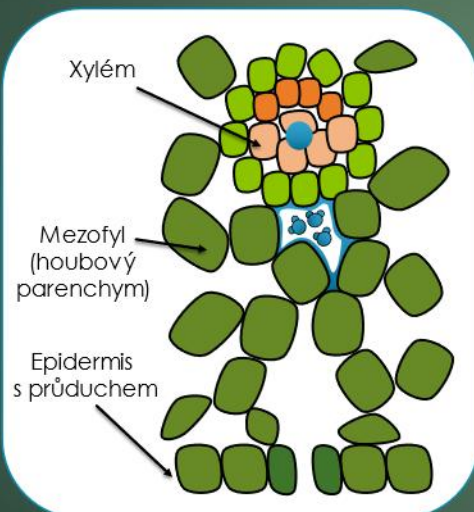


Výměna plynů mezi rostlinou a atmosférou

- ▶ Voda, H_2O (podle vodního potenciálu):
 - ▶ Výdej transpirací v podobě vodní páry
- ▶ Kyslík, O_2 (podle rozdílu parciálního tlaku (koncentrace) kyslíku v rostlině a atmosféře):
 - ▶ Příjem při dýchání (respiraci)
 - ▶ Výdej při fotosyntéze – odpadní produkt
- ▶ Oxid uhličitý, CO_2 (podle rozdílu parciálního tlaku (koncentrace) oxidu uhličitého v rostlině a atmosféře):
 - ▶ Příjem při fotosyntéze
 - ▶ Výdej při dýchání (respiraci)



Průběh transpirace v listu



Voda je přiváděna do listu vodivými elementy xylému a následně vstupuje do mezibuněčných prostor v mezofylu listu.

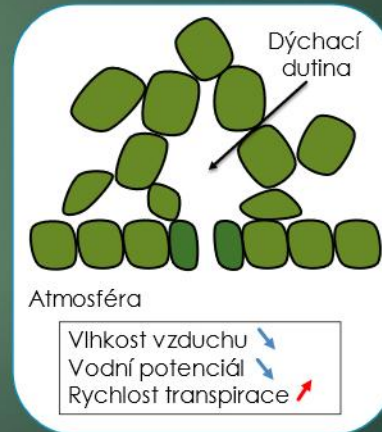
Zde se tvoří vodní film na povrchu buněk mezofylu.

Kapalná voda se z jejich povrchu vypařuje (mění se na vodní páru).

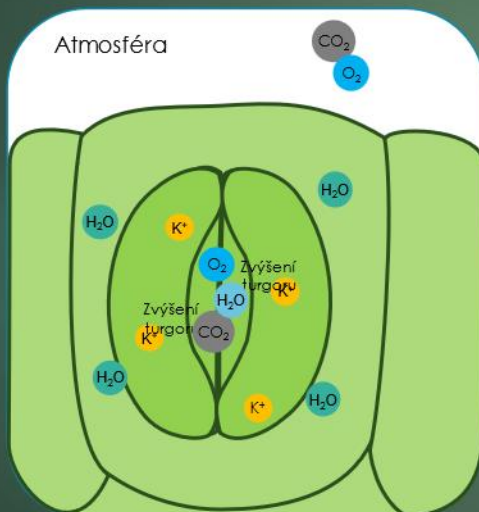
Molekuly vodní páry prochází intercelulárními do dýchací dutiny pod průduchem a následně skrz průduchovou štěrbinu difundují do atmosféry.

Rychlost transpirace

- ▶ Závisí na rozdílu koncentrací vodní páry v dýchací dutině průduchu a ve vnější atmosféře (vlhkost vzduchu).
- ▶ Za běžných okolností je koncentrace ve vzduchu nižší (stejně jako vodní potenciál atmosféry). Čím je nižší (čím méně je vody v atmosféře), tím rychlejší je transpirace.
- ▶ Rychlost ovlivňuje také fyziologický stav rostliny, tvar listu, množství průduchů a především jejich otevřenost (regulace zavírání a otevírání průduchu).



Regulace velikosti průduchové štěrbin



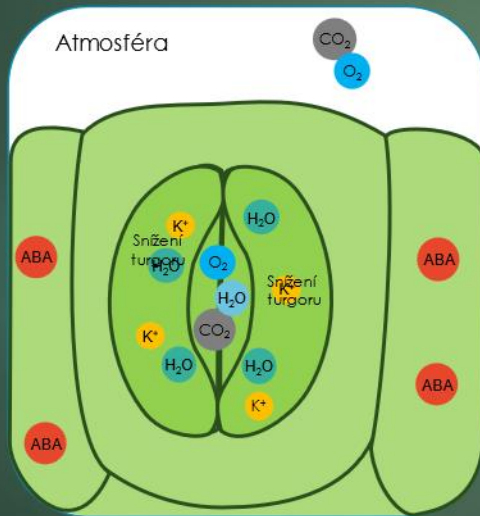
Příjem vody do svěřacích buněk dochází ke zvýšení turgoru.

Turgor působí na buněčnou stěnu svěřacích buněk a způsobí jejich ohýbání, čímž se otevře průduchová štěrba.

Následně může docházet k výměně plynů mezi rostlinou a atmosférou.

Rostlina může otevřenost průduchů aktivně regulovat transportem K^+ . Ty jsou přítomny ve svěřacích buňkách. Zvyšují jejich osmotický tlak (snižují jejich vodní potenciál) a voda je přijímána do svěřacích buněk.

Regulace velikosti průduchové štěrbin



Během sucha (při nedostatku vody v půdě či samotné rostlině) je do svěřacích buněk transportována kyselina abscisová (ABA).

Její přítomnost vede k transportu K^+ ze svěřacích buněk. Tím se sníží osmotický tlak ve svěřacích buňkách (zvýší se jejich vodní potenciál).

To vede k transportu vody ze svěřacích buněk, čímž se sníží jejich turgor.

Následuje uzavření průduchu a přerušení výměny plynů mezi rostlinou a atmosférou.

Proč rostlina reguluje velikost průduchové štěrbin?

- ▶ Důvody k otevření průduchů jsou:
 - ▶ Zajištění transpiračního proudu (mírný vodní deficit způsobený transpirací je nutný pro transport vody xylémem).
 - ▶ Termoregulace (přeměna vody ve vodní páru a její výdej do atmosféry ochlazuje rostlinu a předchází jejímu přehřátí).
 - ▶ Příjem CO_2 (jeho příjem otevřenými průduchy je nutný pro zajištění fotosyntézy stejně jako přítomnost světla, které vede k otevření průduchů).
 - ▶ Výměna dýchacích plynů (O_2 a CO_2)



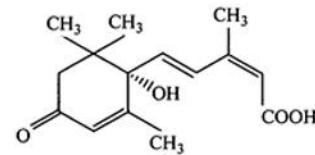
Transpirační proud
Termoregulace
Fotosyntéza
Respirace

- Účinek světla
- Příjem K^+
- Příjem vody
- Vysoký turgor
- Otevření průduchu



Proč rostlina reguluje velikost průduchové štěrbiny?

- ▶ Důvodem k uzavření průduchů je:
 - ▶ Předcházení ztrát vody (rostlina ke svému životu potřebuje dostatek vody, jinak dochází k zastavení růstu, vadnutí až smrti rostliny). Uzavřením průduchů se sníží stomatární transpirace a tedy i ztráta vody. Během sucha proto rostlina uzavírá průduchy (signál pochází již z kořenů při nedostatku vody v půdě – prostřednictvím kyseliny abscisové – ABA).
- ▶ Rostlina tedy musí přistoupit na určitý kompromis mezi těmito potřebami a regulovat otevřenost průduchů.



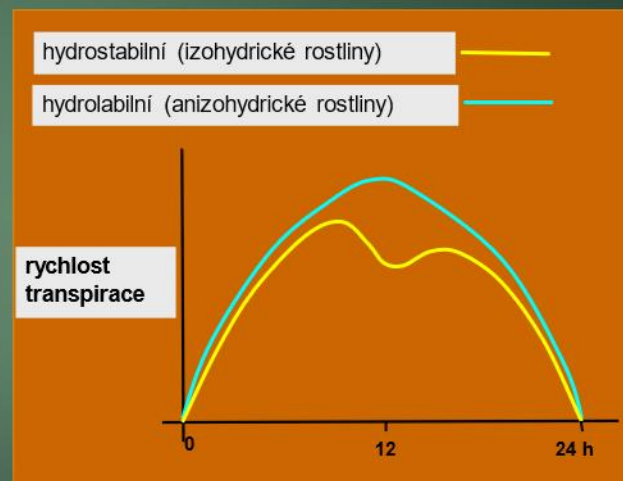
Obr. 6: Vzorec kyseliny abscisové

- Sucho
- Příjem ABA
- Výdej K^+
- Výdej vody
- Nízký turgor
- Uzavření průduchu



Hydrostabilní a hydrolabilní rostliny

- ▶ Hydrostabilní rostliny pečlivě regulují svou transpiraci, která během dne kolísá (přes poledne uzavírají průduchy, aby předešly ztrátám vody, čímž je zastavena fotosyntéza).
- ▶ Hydrolabilní rostliny omezují transpiraci až při značném vyschnutí (přes poledne tedy nechávají průduchy otevřeny a fotosyntéza může probíhat).



Graf 1: Transpirace

KAPITOLA 10.

Vodní bilance rostliny

Vodní bilance

- ▶ Je rozdíl mezi rychlostí příjmu vody a rychlostí její ztráty.
- ▶ Vodní bilance = absorpce vody kořeny- transpirace.

▶ Během dne:

- ▶ Rostlina obvykle více vody ztrácí než přijímá, vodní bilance je tedy záporná.
- ▶ Dochází ke snížení turgoru a vodního potenciálu pletiv.
- ▶ Pokud záporná bilance přetrvává, dochází k vadnutí rostliny (nejprve pozorovatelné na listech).



▶ Během noci:

- ▶ Pokud je v půdě dostatek vody, dochází k doplnění vody do rostliny.
- ▶ Vodní bilance se vyrovnává a je tedy nulová.

Obr. 1: Průchod vody rostlinou

Zhodnocení vodní bilance

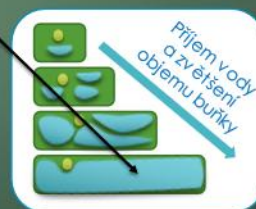
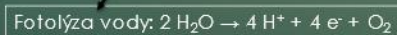
- ▶ Vodní bilanci můžeme posoudit stanovením obsahu vody v rostlině.
- ▶ Udává se v procentech a počítá se z hmotnosti rostliny (čerstvá hmotnost) a hmotnosti její sušiny (rostlinných pletiv zcela zbavených vody).

$$\text{obsah vody [\%]} = \frac{\text{čerstvá hmotnost} - \text{hmotnost sušiny}}{\text{čerstvá hmotnost}} \times 100$$

- ▶ Za běžných podmínek by obsah vody v rostlině měl být 70-80 %.

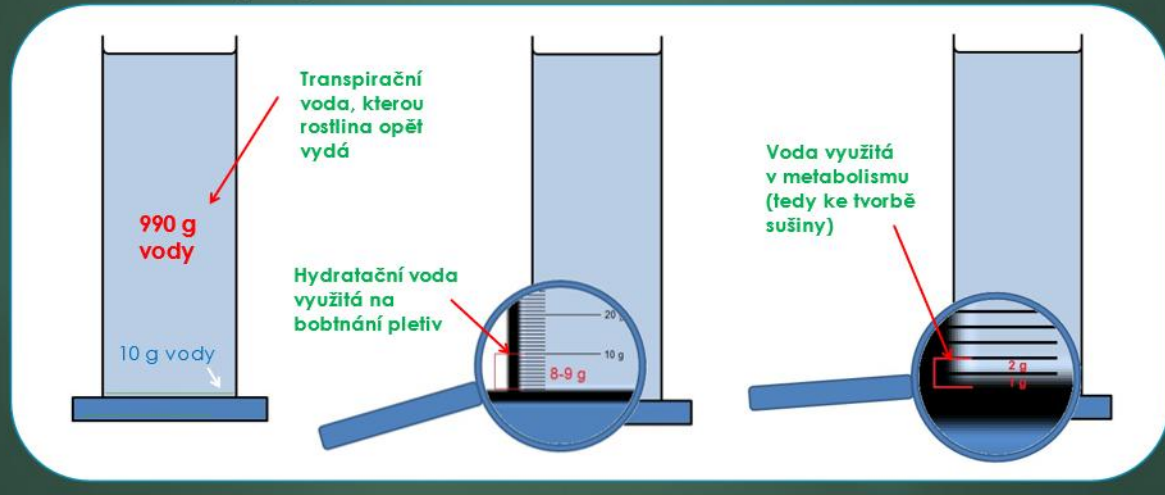
Příjem a výdej vody v porovnání s obsahem vody v rostlině.

- ▶ Příjem vody převyšuje obsah vody v rostlině.
- ▶ Většina přijaté vody (až 99 %) je opět rostlinou vydána při transpiraci. Voda tedy prochází rostlinou od kořenů až k místu transpirace, kde je vodní deficit. (Transpirační voda)
- ▶ Jen 0,9 % přijaté vody rostlina využije na bobtnání pletiv, tedy při růstu a klíčení. (Hydratační voda)
- ▶ Naprosté minimum přijaté vody (0,1 %) je využito v metabolismu, například při fotosyntéze.



Obr. 1: Průchod vody rostlinou

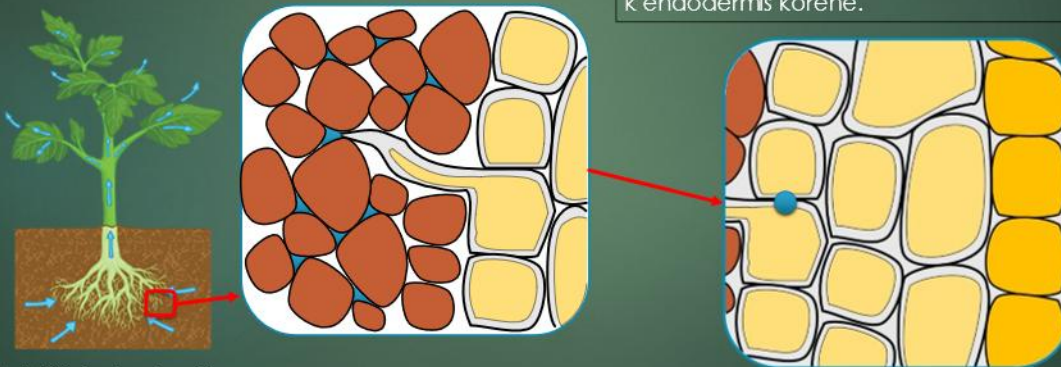
Jak rostlina využije 1000 g (ml) vody, kterou přijala?



Putování vody rostlinou

Příjem vody začíná v kořenech. Kořenové vlásky přijímají vodu z malých půdních pórů do rhizodermis kořene.

Transport vody pokračuje přes primární kůru, symplastickou (skrz buňky a jejich cytoplazmatickou membránu) nebo rychlejší apoplastickou (skrz mezibuněčné prostory a buněčnou stěnu) cestou k endodermis kořene.

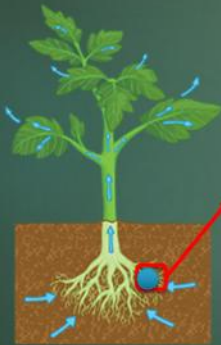


Obr. 1: Průchod vody rostlinou

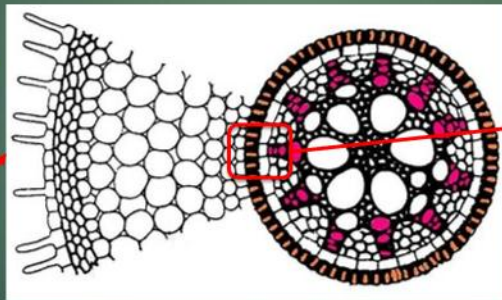
Putování vody rostlinou

Přes endodermis voda prochází pouze symplastickou cestou (kvůli Casparyho proužkům) a vstupuje do xylému ve středním válcí.

Skrz vodivá pletiva xylému je voda transportována transpiračním proudem do nadzemních částí rostliny (do místa transpirace).



Obr. 1: Průchod vody rostlinou



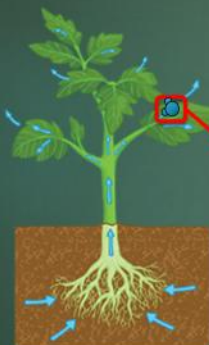
Obr. 2: Schéma řezu kořene kosatce



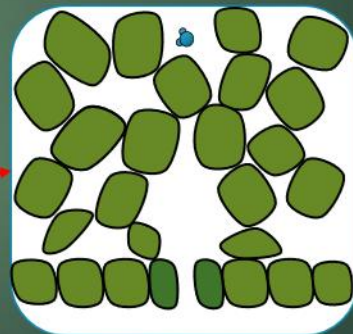
Putování vody rostlinou

Voda je transpiračním proudem (skrz xylém) transportována do mezofylu listu, kde vytváří vodní film na povrchu buněk mezofylu a přechází do plynného skupenství.

Molekuly vodní páry prochází mezibuněčným prostorem do dýchací dutiny a následně opouští rostlinu.



Obr. 1: Průchod vody rostlinou



KAPITOLA 11.

Adaptace hydrofytů a xerofytů

Adaptace

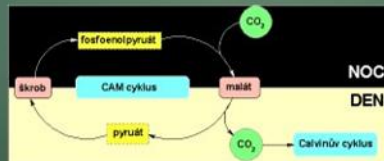
- ▶ Je přizpůsobení rostlin podmínkám okolního prostředí (jsou výsledkem procesu evoluce).
- ▶ Mohou být kódovány geneticky, nebo jsou vyvolány přímým působením ekologických faktorů.
- ▶ Z hlediska dostupnosti vody pro rostliny rozlišujeme dvě skupiny rostlin:
 - ▶ Hydrofyty (vodní rostliny) přizpůsobené na prostředí s dostatkem vody.
 - ▶ Xerofyty (suchobytné rostliny) přizpůsobené na prostředí s nedostatkem vody (aridní oblasti pouští, polopouští a stepí).

Konstitutivní adaptace

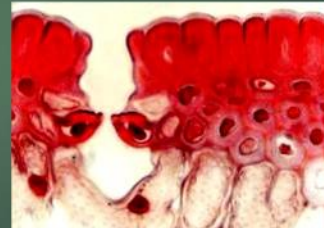
- ▶ Společné pro všechny jedince daného druhu, jsou kódovány geneticky.
- ▶ Příklady adaptací:
 - ▶ Typ fotosyntézy (CAM metabolismus)
 - ▶ Sukulence (dužnaté rostlinné orgány)
 - ▶ Ponořené průduchy do listového mezofylu



Obr. 1: Sukulencelistu aloe



Obr. 2: Schéma CAM cyklu



Obr. 3: Průduch borovice černé

Aklimatizační adaptace

- ▶ Podle podmínek prostředí se jejich míra může lišit mezi jedinci téhož druhu (i v rámci jedné rostliny: stinné a slunné listy), jsou vyvolány přímým působením ekologických faktorů.
- ▶ Příklady adaptací:
 - ▶ Délka a hustota průduchů
 - ▶ Velikost a hustota trichomů
 - ▶ Tloušťka mezofylu listu
 - ▶ Rychlost fotosyntézy



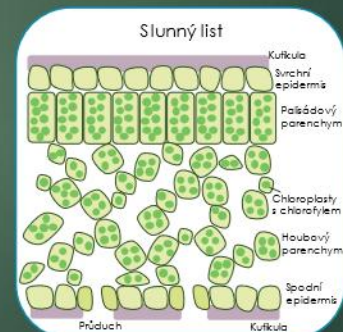
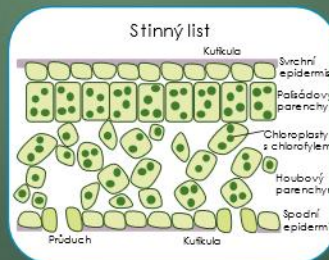
Obr. 4: Průduchy kapradě samec



Obr. 5: Trichomy tykveturka

Slunný list (v porovnání se stinným)

- ▶ Menší listová plocha, ale větší tloušťka (mezofylu listu).
- ▶ Menší vodní potenciál (vyšší koncentrace buněčné šťávy).
- ▶ Větší počet chloroplastů, ale méně chlorofylu.
- ▶ Menší délka průduchů, ale větší hustota.
- ▶ Silnější kutikula a epidermis.



Hydrofyt (vodní rostliny)

- ▶ Mezi jejich adaptace obecně patří:
 - ▶ Redukce kořenového systému, průduchů, vodivých a mechanických pletiv.
 - ▶ Aerenchym (systém intercelulár se zásobárnou plynů) – toto pletivo slouží k nadnášení.
 - ▶ Hydropoty (skupina buněk sloužící k příjmu minerálních látek a příjmu či výdeji vody).
- ▶ Zvláštními skupinami jsou rostliny s plovoucími listy a rostliny stojatých vod.



Obr. 6: Aerenchym listu sifiny

Rostliny s plovoucími listy (nymphaeidy)

- ▶ Jejich listy jsou velké a pevné, na jejich povrchu je kutikula. Průduchy jsou na svrchní straně listů a na spodní straně bývají dýchápoty.
- ▶ Řadíme sem lekníny a stulky:



Obr. 7: Leknín bílý



Obr. 8: Stulík žlutý

Rostliny stojatých vod (izoetidy)

- ▶ Mají mohutný kořenový systém (tvoří až polovinu rostliny), který umožňuje příjem CO_2 ze sedimentů (systémem intercelulár je transportován do mezofylu listů, jeho úniku brání kutikula).
- ▶ Patří sem rod šidlatka



Obr. 9: Systém intercelulár šidlatky



Obr. 10: Šidlatka

Xerofyty (suchobytné rostliny)

- ▶ Mezi jejich adaptace obecně patří:
 - ▶ Redukce transpirační plochy (listů), až jejich úplná ztráta (případně opad listů za sucha).
 - ▶ Silná kutikula, trichomy, ponořené průduchy, jejich přítomnost na spodní (zastíněné) straně listů a uzavírání během sucha.
 - ▶ CAM metabolismus (příjem CO_2 v noci otevřenými průduchy, dochází k jeho uskladnění, průduchy se pak během dne uzavřou, ale fotosyntéza může probíhat – kromě uskladněného CO_2 se využívá také CO_2 z respirace).
 - ▶ Rozsáhlý kořenový systém.
- ▶ Řadíme sem sukulenty (včetně skupiny kaktusů).

Sukulenty

- ▶ Mají schopnost zadržovat a hromadit vodu v pletivech (listů nebo stonků) – listy mají silný a dužnatý mezofyl s velkými vakuolami, malé množství průduchů v epidermis (příkladem je aloe).



Obr. 12: Sukulenty



Obr. 13: Aloe pravá (aloe vera)

Sukulenty (kaktusy)

- ▶ Zvláštní skupinu sukulentů tvoří kaktusy:
 - ▶ Mají kulovitý nebo sloupovitý tvar (optimální poměr mezi objemem a povrchem rostliny).
 - ▶ Schopnost po dešti velmi rychle vytvářet kořeny a nasát vodu (následně tyto kořeny korkovat).
 - ▶ Listy jsou redukovány v trny.
 - ▶ Typický je CAM metabolismus.



Obr. 14: Kaktusy

KAPITOLA 12.

Zdroje a citace

- ▶ FELLNER, Martin a Vladimír VINTER. *Fyziologie rostlin*. Univerzita Palackého v Olomouci; Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-.
 - ▶ Obrázky: Gradient vodního potenciálu, Model vaporinu (upraveno), Kořenové vlásky, Symplastická a apoplastická cesta, Gutace na listu jahodníku, Průduchy ladoňky sibiřské, Průduchy bezkolencemodrého, Vzorec kyseliny abscisové průduch borovice černé, Průduchy kapradě samec, Aerenchym listu sítiny, Systém celulóza šidlatky, Šidlatka
 - ▶ Graf: Transpirace
- ▶ TAI, Lincoln, Eduardo ZEIGER, Ian Max MØLLER a Murphy MURPHY. *Plant Physiology and Development*. Sixth Edition. Massachusetts U.S.A.: Sinauer Associates, 2014. ISBN 978-1-60535-255-8.
 - ▶ Obrázky: Caspariova vláska, Schéma kořene, Schéma vzduchové embolie
- ▶ Kořeny. In: SONNENTOR [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: Zpět ke kořenům - SONNENTOR.com
- ▶ DEEPWOOD, Lilian. Vodní rostliny. In: ELEMENT.CZ [online]. 2014 [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: Kelp - mořská řasa pro zdraví - ELEMENT.CZ
- ▶ Semena. In: Fitplody.cz [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.fitplody.cz/seminka/ibk-dynova-tykev-semena-loupana-1000-g/>
- ▶ Les. In: Deník.cz [online]. Shutterstock [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: Tajemství lesa: stromy mají vrásky a vůně vysílají důležité signály ostatním - Deník.cz (denik.cz)
- ▶ Štep. In: BOTANY.cz [online]. 2007 [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://botany.cz/cs/pouzdranska-step/>

- ▶ Rostlina hrachu setého. In: IReceptář.cz [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.ireceptar.cz/zahrada/hrach-hrasek-pestovani-opory-konstrukce-odrudy-uponky-popinave-20200402.html>
- ▶ Plody hrachu setého. In: Zahradkářská poradna [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://zahradkarskaporadna.cz/clanek-28928-hrasek-ma-svuj-cas-jak-se-od-sebe-lisi-hrach-sety-drenovy-cukrovy>
- ▶ Roční období. In: Wallpapers-fenix.eu [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://cz.wallpapers-fenix.eu/TOP/1072/8654/>
- ▶ Vločka. In: Megapixel.cz [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.megapixel.cz/foto/300019>
- ▶ Kapky vody. In: Magazín M: Zprávy z MUNI [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.em.muni.cz/vite/3778-proc-jsou-kapky-kulate>
- ▶ Bruslařka obecná. In: IReceptář.cz [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.ireceptar.cz/zvirata/bruslarka-hladinatka-a-vodomerka-sportovkyne-v-jezirku.html>
- ▶ Kapky na okně. In: Pixabay.com [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://pixabay.com/cs/photos/sklo-okno-d%C3%A9%C5%A1%C5%A5-kapky-de%C5%A1%C4%9B-mokr%C3%BD-2654887/>
- ▶ Rosa v pavučině. In: Pixabay.com [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://pixabay.com/cs/photos/pavu%C4%8Dina-pavou%C4%8D%C3%AD-s%C3%AD%C5%A5-rosa-4193/>

- ▶ Spojené nádoby. In: *Fyzikální kabinet* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://fyzikalnikabinet.cz/pokus/kapilarita/>
- ▶ Teploměr. In: *Epřstroje.cz* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: https://www.epřstroje.cz/nastenny-bimetalovy-teplomer-30-az-50-c-prumer-120-mm/?gclid=EAlaQobChMIgtLw1Yr_QIVB49oCR1lvQGpEAQYBCABEgJ5O_D_BwE
- ▶ Průchod vody rostlinou. In: *Twinkl* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.twinkl.cz/parenting/wiki/transpiration>
- ▶ Haptera. In: *BOTANY.cz* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://botany.cz/cs/kapradorosty/>
- ▶ HECKER, F. Hydrochorie. In: *Alamy* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.alamy.com/stock-photo/hydrochorie.html?sortBy=relevant>
- ▶ Leknín. In: *Online zahradnictví Flos* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.zahradnictvi.flos.cz/vodni-a-bahenni-rostliny.html>
- ▶ Půda. In: *Keliwood* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.keliwood.cz/aktuality/druhy-pudy-kyselost-pudy-humus-cervenec-dil-prvni>
- ▶ Textura. In: *Runoff Processes* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/runoff_cz/navmenu.php_tab_1_page_4.1.0.htm

- ▶ Schéma řezu kořene kosatce, Schéma kořene bobu obecného. In: *Web2.mendelu.cz* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_211_multitext/obecna_botanika/textyorganologie-primarni_stavba_korene.html
- ▶ Topol bílý. In: *Wikipedie* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Topol>
- ▶ Exsudace. In: *zahradkár.cz* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://zahradkar.cz/kalendarium-zahradkare/okrasna-zahrada/dreviny-se-silnym-mizovym-tokem-prorezeme-pozdejji/>
- ▶ Schéma hydratody. In: *Docplayer.cz* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/93362764Biologie-fyziologie-rostlin-botanika.html>
- ▶ Pokožka listu. In: *Web2.mendelu.cz* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/prijem_zivin/prijem_mimokorenovy.htm
- ▶ Schéma stavby listu. In: *Agromanual.cz* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/index.php?page=clanky/vyziva-a-stimulace/listova-hnojiva/kdy-proc-a-jak-pouzivat-mimokorenovou-aplikaci-zivin>
- ▶ Schéma CAM cyklu. In: *Wikipedie* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CAM-cycle_\(cs\).png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CAM-cycle_(cs).png)
- ▶ Sukulence listu aloe. In: *Green Idea* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.topvet.cz/herbar/aloe-vera>

- ▶ Trichomy tykve turka. In: *Botanika.upol.cz/* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <http://www.botanika.upol.cz/atlas/anatomie/anatomieCR18.pdf>
- ▶ Leknín bílý. In: *Wikipedie* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Nymphaea_alba
- ▶ Stulík žlutý. In: *Gardeo* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://gardeo.cz/produkt/stulik-zluty-nuphar-lutea/>
- ▶ Sukulenty, Kaktusy. In: *InStory.cz* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://hobby.instory.cz/4584-sukulenty-jsou-krasne-rostliny-ktere-zvladne-vypestovat-i-uplny-zacatecnik.html>
- ▶ Aloe pravá (aloe vera). In: *POSHme* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.poshme.cz/clanek/200/vypestujte-si-doma-aloe-vera/>

3.2 Testové úlohy

Testové úlohy obsahují pouze jednu správnou odpověď a obvykle tři distraktory, jejich řešení je uvedeno v *Tabulce č. 1: Řešení testových úloh*. Pomocí nich lze ověřit, jestli žáci tématu porozuměli. Vhodné je úlohy zařadit na konec dané kapitoly a zodpovědět je s pomocí hlasovacího zařízení.

Pokud škola nemá toto zařízení k dispozici, může být použit na internetu volně dostupný Kahoot!, ve kterém je možné úlohy zpracovat do podoby kvízu. Za předpokladu, že by žáci neměli možnost použít tímto způsobem své mobilní telefony či tablety případně samotný internet, je možné jako alternativu hlasovacího zařízení použít mazací tabulky nebo papírky s napsanými možnostmi a, b, c a d, které budou žáci zvedat.

Kapitola 1: Obsah vody v rostlinách

- 1) Kolik vody obvykle obsahují rostlinná pletiva?
 - a) 40–50 %
 - b) 50–60 %
 - c) 70–80 %
 - d) 80–90 %

- 2) Ve které z uvedených částí rostliny se nachází nejvíce vody?

- a) v pylu
 - b) v kořenech
 - c) v kůře stromů
 - d) v semenech plodů
- 3) Které tvrzení je pravdivé?
- a) podmínky okolního prostředí ovlivňují množství vody v rostlině
 - b) ve starých rostlinách je procentuálně větší obsah vody
 - c) zeměpisná délka ovlivňuje množství vody v rostlině
 - d) roční období nemá vliv na množství vody v rostlině

Kapitola 2: Fyzikálně-chemické vlastnosti vody

- 4) Na kterém atomu molekuly H_2O můžeme najít záporný parciální náboj?
- a) na kyslíku
 - b) na vodíku
 - c) na kyslíku i vodíku
 - d) ani na jednom z atomů
- 5) Který z těchto jevů je způsoben především adhezí vody?
- a) rosa uchycená v pavučině
 - b) vodní hmyz cupitající po hladině rybníka
 - c) voda tekoucí v jednom proudu
 - d) voda stoupající navzdory gravitaci přes tenkou trubičku
- 6) Který z těchto jevů je způsoben povrchovým napětím vody?
- a) rosa uchycená v pavučině
 - b) vodní hmyz cupitající po hladině rybníka
 - c) voda tekoucí v jednom proudu
 - d) voda stoupající navzdory gravitaci přes tenkou trubičku
- 7) Který z těchto jevů popisuje kapilaritu?
- a) rosa uchycená v pavučině
 - b) vodní hmyz cupitající po hladině rybníka
 - c) voda tekoucí v jednom proudu
 - d) voda stoupající navzdory gravitaci přes tenkou trubičku
- 8) Jak působí příjem tepla na vodíkové můstky?
- a) vede k tvorbě můstků

- b) způsobuje rozpad můstků
 - c) může vést k jejich tvorbě i rozpadu podle působení tlaku
 - d) nemá na můstky vliv
- 9) Které tvrzení o vodě není pravdivé?
- a) patří mezi polární rozpouštědla
 - b) tvoří kolem rozpuštěných iontů hydratační obal
 - c) rozpouští primárně nepolární látky
 - d) patří mezi nejdůležitější rozpouštědla.

Kapitola 3: Význam vody pro rostlinu

- 10) Které tvrzení o turgoru není pravdivé?
- a) jedná se o hydraulický tlak
 - b) jedná se o sílu, kterou voda působí na buněčnou stěnu
 - c) je umožněn díky stlačitelnosti voda
 - d) je důležitý pro dřeviny
- 11) Díky čemu je zajištěna termoregulace rostliny?
- a) díky transpiraci
 - b) díky hydrochorii
 - c) díky hydrogamii
 - d) díky transportu vody
- 12) Co vzniká při fotolýze vody?
- a) voda
 - b) kyslík, anionty vodíku a protony
 - c) kyslík, kationty vodíku a elektrony
 - d) žádná možnost není správná

Kapitola 4: Vodní potenciál a mechanismy pohybu vody v rostlině

- 13) Které tvrzení o vodním potenciálu není pravdivé?
- a) je to termodynamický stav vody v buňce
 - b) je to potenciální schopnost konat práci při pohybu vody
 - c) voda putuje do míst s vyšším vodním potenciálem
 - d) jedná se o sílu stojící za pronikáním vody do rostliny
- 14) Jakých hodnot dosahuje vodní potenciál v rostlině?
- a) pouze záporných hodnot

- b) pouze kladných hodnot
 - c) nulových hodnot
 - d) kladných i záporných hodnot
- 15) Která složka vodního potenciálu popisuje tlak způsobený rozpuštěnými látkami?
- a) osmotický potenciál, Ψ_s
 - b) tlakový potenciál, Ψ_p
 - c) matriční potenciál, Ψ_m
 - d) gravitační potenciál, Ψ_g
- 16) Která složka vodního potenciálu zahrnuje turgor?
- a) osmotický potenciál, Ψ_s
 - b) tlakový potenciál, Ψ_p
 - c) matriční potenciál, Ψ_m
 - d) gravitační potenciál, Ψ_g
- 17) Jaký je vztah mezi vodním potenciálem a osmotickým tlakem?
- a) navzájem na sebe nemají vliv.
 - b) čím vyšší je osmotický tlak, tím vyšší je vodní potenciál
 - c) čím vyšší je osmotický tlak, tím nižší je vodní potenciál
- 18) Které z těchto tvrzení platí pro difuzi i osmózu?
- a) probíhá pouze přes propustnou membránu
 - b) během ní dochází k transportu rozpuštěných látek přes membránu
 - c) běží z míst s nižší koncentrací vody do míst s vyšší koncentrací
 - d) zahrnuje transport molekul vody přes membránu
- 19) Které tvrzení o řízení osmózy je pravdivé?
- a) na řízení osmózy rostlina nevynakládá energii (pasivní děj)
 - b) je řízena změnou koncentrace draselných iontů
 - c) osmózu nelze řídit
 - d) je řízena změnou turgoru
- 20) O jakém prostředí ve vztahu k osmóze mluvíme, pokud je koncentrace uvnitř i v okolí buňky shodná?
- a) hypotonické prostředí
 - b) hypertonické prostředí
 - c) izotonické prostředí

- d) žádná odpověď není správná.
- 21) O jakém prostředí ve vztahu k osmóze mluvíme, pokud je koncentrace uvnitř buňky vyšší než v jejím okolí?
- a) hypotonické prostředí
 - b) hypertonické prostředí
 - c) izotonické prostředí
 - d) žádná odpověď není správná.
- 22) O jakém prostředí ve vztahu k osmóze mluvíme, pokud je koncentrace uvnitř buňky nižší než v jejím okolí?
- a) hypotonické prostředí
 - b) hypertonické prostředí
 - c) izotonické prostředí
 - d) žádná odpověď není správná.
- 23) V jakém směru probíhá osmóza (transport vody), když je buňka v hypotonickém prostředí?
- a) směrem do buňky
 - b) směrem z buňky
 - c) transport neprobíhá
- 24) V jakém směru probíhá osmóza (transport vody), když je buňka v hypertonickém prostředí?
- a) směrem do buňky
 - b) směrem z buňky
 - c) transport neprobíhá
- 25) V jakém směru probíhá osmóza (transport vody), když je buňka v izotonickém prostředí?
- a) směrem do buňky
 - b) směrem z buňky
 - c) transport neprobíhá
- 26) Které tvrzení o hromadném toku není pravdivé?
- a) jedná se o společný tok vody a v ní rozpuštěných látek
 - b) tento transport probíhá v xylému i floému

- c) jeho rychlost závisí především na hydraulickém tlaku na začátku a konci vodivé dráhy
- d) patří mezi způsoby transportu na krátké vzdálenosti

Kapitola 5: Voda v půdě

27) V jaké podobě se v půdě nachází voda, kterou rostliny nejčastěji využívají?

- a) jako podzemní voda
- b) voda pevně navázaná na půdní částice
- c) voda protékající velkými póry v půdě
- d) voda uchycená v malých pórech půdy

28) Jaký je vztah mezi dostupností vody v půdě a velikostí půdních částic?

- a) navzájem na sebe nemají vliv
- b) čím menší jsou půdní částice, tím je voda pro rostliny méně dostupná
- c) čím menší jsou půdní částice, tím je voda pro rostliny více dostupná

29) Jaký vliv má evaporace a transpirace na vodní potenciál půdy?

- a) snižuje ho
- b) zvyšuje ho
- c) nemá na něj vliv

Kapitola 6: Příjem vody kořeny, radiální transport vody do xylému

30) Která část kořene primárně slouží k absorpci vody z půdy?

- a) endodermis
- b) primární kůra
- c) kořenové vlásky
- d) Casparyho proužky

31) Které tvrzení o kořenových vláscích není pravdivé?

- a) jejich vodní potenciál je nižší, než vodní potenciál vlhké půdy
- b) jsou to vychlípeniny buněčné stěny
- c) jedná se o absorpční trichomy
- d) jsou to buňky na povrchu rhizodermis

32) Jak probíhá transport vody apoplastickou cestou?

- a) voda prochází pouze přes mezibuněčné prostory a buněčnou stěnu buněk primární kůry
- b) voda prochází přes cytoplazmu buněk primární kůry

- c) voda neprochází přes buněčnou stěnu buněk primární kůry, ale pouze přes mezibuněčný prostor
 - d) voda prochází pouze přes mezibuněčné prostory a buněčnou stěnu buněk endodermis
- 33) Jak probíhá transport vody symplastickou cestou?
- a) voda prochází pouze přes mezibuněčné prostory a buněčnou stěnu buněk primární kůry
 - b) voda prochází přes cytoplazmu buněk primární kůry
 - c) voda neprochází přes buněčnou stěnu buněk primární kůry, ale pouze přes mezibuněčný prostor
 - d) voda prochází pouze přes mezibuněčné prostory a buněčnou stěnu buněk endodermis
- 34) Jaký způsob transportu vody přes primární kůru kořene nevyžaduje spotřebu energie?
- a) pouze symplastická cesta
 - b) pouze apoplastická cesta
 - c) obě tyto cesty
 - d) ani jedna z těchto cest
- 35) Jakým způsobem probíhá transport vody přes endodermis kořene?
- a) pouze symplastickou cestou
 - b) pouze apoplastickou cestou
 - c) pomocí obou cest
 - d) ani jednou z těchto cest
- 36) Která část kořene funguje jako bariéra a zabraňuje zpětnému toku vody z rostliny do půdy?
- a) rhizodermis
 - b) kořenové vlásky
 - c) endodermis
 - d) primární kůra
- 37) Které tvrzení o Caspariho proužcích není pravdivé?
- a) nachází se v endodermis
 - b) v místě proužků přiléhá plazmalema k buněčné stěně

- c) neumožňují transport vody symplastickou cestou
- d) vytvářejí rámeček kolem buněk

Kapitola 7: Transpirační proud – dálkový xylémový transport

38) Kde končí transpirační proud?

- a) v místě transpirace
- b) v kořenech
- c) v květech
- d) žádná odpověď není správná

39) Co označujeme pojmem vodní sloupec?

- a) vodu přijatou kořeny
- b) vodu vydanou transpirací
- c) vodu v cévách a cévicích xylému
- d) vodu v odměrném válci

40) Čím je nejvíce ovlivněna rychlost transpiračního proudu?

- a) množstvím vody v rostlině
- b) množstvím vody v půdě
- c) počasím
- d) energií, kterou rostlina vynaloží na transport vody

41) Jakým typem děje je z hlediska energie transpirační proud?

- a) aktivní děj
- b) pasivní děj
- c) neutrální děj
- d) typ děje se mění v závislosti na podmínkách

42) Jak se nazývá teorie, která říká, že hlavní hybnou silou transpiračního proudu je hydrostatický tlak vzniklý transpirací?

- a) kohezní teorie
- b) transpirační teorie
- c) hydrostatická teorie
- d) taková teorie neexistuje

43) Co je to kavitace?

- a) změna tlaku ve vodním sloupci
- b) zpomalení transpiračního proudu

- c) únik vody z xylému do okolních pletiv
- d) přerušeni soudržnosti vodního sloupce

44) Který z těchto jevů nevede ke vzduchové embolii?

- a) mechanické poškození vodivých elementů
- b) nedostatek slunečního záření
- c) nedostatek vody v půdě
- d) změna skupenství vody v rostlině

45) Odkud může rostlina získat vodu, kterou opět zaplní cévu či cévici, ve které došlo ke vzduchové embolii?

- a) přijme ji z floému
- b) odnikud, takovou cévu či cévici již nelze doplnit vodou
- c) voda do cévy zteče vlivem gravitace
- d) přijme ji z okolních parenchymatických buněk

Kapitola 8: Kořenový vztlak

46) Co je hybnou silou kořenového vztlaku?

- a) negativní hydrostatický tlak v nadzemní části rostliny
- b) pozitivní hydrostatický tlak v nadzemní části rostliny
- c) negativní hydrostatický tlak v kořenech
- d) pozitivní hydrostatický tlak v kořenech

47) Jaké rychlosti dosahuje kořenový vztlak v porovnání s transpiračním proudem během slunného odpoledne?

- a) je rychlejší než transpirační proud
- b) je pomalejší než transpirační proud
- c) jejich rychlost je shodná
- d) jejich rychlost nelze porovnat

48) Během kterého ročního období má kořenový vztlak největší význam pro břízu bělokorou?

- a) na jaře
- b) v létě
- c) na podzim
- d) v zimě

49) Co je to exsudace?

- a) difuze vodní páry skrz průduch
- b) ronění xylémové šťávy v místě poškození rostliny
- c) výdej kapalné vody přes hydatody
- d) výdej přebytečné vody skrz kořenové vlásky

50) Co je to gutace?

- a) difuze vodní páry skrz průduch
- b) ronění xylémové šťávy v místě poškození rostliny
- c) výdej kapalné vody přes hydatody
- d) výdej přebytečné vody skrz kořenové vlásky

Kapitola 9: Transpirace

51) Co je to stomatární transpirace?

- a) difuze kapalné vody přes kutikulu
- b) difuze vodní páry přes kutikulu
- c) difuze kapalné vody přes průduchy
- d) difuze vodní páry přes průduchy

52) Kdy se významně uplatňuje kutikulární transpirace?

- a) pouze u mladých rostlinných orgánů
- b) pouze při uzavřených průduších
- c) u mladých rostlinných orgánů a při uzavřených průduších
- d) ani jedna odpověď není správná

53) Které plyny z rostliny odchází přes průduchy?

- a) O_2 , CO_2 a H_2O
- b) pouze O_2 a H_2O
- c) pouze O_2 a CO_2
- d) pouze CO_2 a H_2O

54) Které plyny rostlina přijímá přes průduchy?

- a) O_2 , CO_2 a H_2O
- b) pouze O_2 a H_2O
- c) pouze O_2 a CO_2
- d) pouze CO_2 a H_2O

55) Jaký vliv má turgor na otevřenost průduchu?

- a) nemá na průduch vliv

- b) průduch se otevírá při vysokém turgoru ve svěracích buňkách
- c) průduch se uzavírá při vysokém turgoru ve svěracích buňkách

56) Jaký vliv mají draselné ionty na otevřenost průduchu?

- a) nemají na průduch vliv
- b) jejich přítomnost ve svěracích buňkách vede k otevření průduchu
- c) jejich přítomnost ve svěracích buňkách vede k uzavření průduchu

57) Jaký vliv má ABA (kyselina abscisová) na otevřenost průduchu?

- a) nemá na průduch vliv
- b) její přítomnost ve svěracích buňkách vede k otevření průduchu
- c) její přítomnost ve svěracích buňkách vede k uzavření průduchu

58) Jaký vliv má světlo na transpiraci a otevřenost průduchů?

- a) vede k uzavření průduchů, a tedy ke snížení transpirace
- b) vede k otevření průduchů, a tedy ke snížení transpirace
- c) vede k uzavření průduchů, a tedy ke zvýšení transpirace
- d) vede k otevření průduchů, a tedy ke zvýšení transpirace

59) Které rostliny uzavírají průduchy během poledne?

- a) hydrolabilní rostliny
- b) hydrostabilní rostliny
- c) hydrostabilní i hydrolabilní rostliny
- d) ani hydrostabilní ani hydrolabilní rostliny

Kapitola 10: Vodní bilance rostliny

60) Čemu se rovná vodní bilance rostliny?

- a) součtu příjmu a výdeji vody
- b) součinu příjmu a výdeji vody
- c) podílu příjmu a výdeji vody
- d) rozdílu příjmu a výdeji vody

61) Jakých hodnot obvykle dosahuje vodní bilance během dne?

- a) kladných
- b) záporných
- c) nulových
- d) nelze určit

- 62) Jakých hodnot obvykle dosahuje vodní bilance během noci při dostatku vody v půdě?
- a) kladných
 - b) záporných
 - c) nulových
 - d) nelze určit
- 63) Pomocí jakého vztahu můžeme vypočítat obsah vody v rostlině?
- a) $[m(\text{rostliny}) - m(\text{sušiny})] / m(\text{rostliny}) * 100$
 - b) $[m(\text{rostliny}) - m(\text{sušiny})] / m(\text{sušiny}) * 100$
 - c) $[m(\text{sušiny}) - m(\text{rostliny})] / m(\text{rostliny}) * 100$
 - d) $[m(\text{sušiny}) - m(\text{rostliny})] / m(\text{sušiny}) * 100$
- 64) Které tvrzení nejlépe popisuje skutečnost?
- a) přibližně 75 % přijaté vody je opět vydáno transpirací
 - b) přibližně desetina přijaté vody je využita pro metabolické procesy
 - c) až 99 % přijaté vody je rostlinou opět vydáno
 - d) na metabolické procesy je využito více vody než k bobtnání pletiv

Kapitola 11: Adaptace hydrofytů a xerofytů

- 65) Co nepatří mezi konstitutivní adaptace?
- a) sukulence
 - b) CAM fotosyntéza
 - c) hustota průduchů
 - d) průduchy zanořené do listového mezofylu
- 66) Co nepatří mezi aklimatizační adaptace?
- a) typ fotosyntézy
 - b) hustota a velikost průduchů
 - c) hustota a velikost trichomů
 - d) rychlost fotosyntézy
- 67) Jakou vlastnost mají slunné listy oproti stinným listům?
- a) mají větší listovou plochu
 - b) mají menší vrstvu kutikuly
 - c) mají vyšší vodní potenciál
 - d) mají větší hustotu průduchů

- 68) Co patří mezi obecné adaptace hydrofytů?
- CAM metabolismus
 - aerenchym
 - ponořené průduchy
 - redukce listů
- 69) Jakou adaptací se odlišují rostliny stojatých vod od jiných hydrofytů?
- mohutným kořenovým systémem umožňujícím příjem CO₂ ze sedimentů
 - kutikulou na povrchu listů
 - průduchy na svrchní straně listů
 - redukci vodivých pletiv
- 70) Co patří mezi obecné adaptace xerofytů?
- aerenchym
 - redukce kořenového systému
 - hydropoty
 - redukce transpirační plochy
- 71) Jaká adaptace je typická pro sukulenty?
- mají kulovitý tvar
 - shazují listy během sucha
 - jejich listový mezofyl je dužnatý
 - mají CAM metabolismus

3.3 Řešení testových úloh

| Řešení testových úloh | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|----|-------------------|----|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|----|---|
| Kapitola 1 | 12 | c | 25 | c | 37 | c | 49 | b | 61 | b | |
| 1 | c | Kapitola 4 | 26 | d | Kapitola 7 | 50 | c | 62 | c | | |
| 2 | b | 13 | c | Kapitola 5 | 38 | a | Kapitola 9 | 63 | a | | |
| 3 | a | 14 | a | 27 | d | 39 | c | 51 | d | 64 | c |
| Kapitola 2 | 15 | a | 28 | b | 40 | c | 52 | c | Kapitola 11 | | |
| 4 | a | 16 | b | 29 | a | 41 | b | 53 | a | 65 | c |
| 5 | a | 17 | c | Kapitola 6 | 42 | a | 54 | c | 66 | a | |
| 6 | b | 18 | d | 30 | c | 43 | d | 55 | b | 67 | d |
| 7 | d | 19 | b | 31 | d | 44 | b | 56 | b | 68 | b |
| 8 | b | 20 | c | 32 | a | 45 | d | 57 | c | 69 | a |
| 9 | c | 21 | a | 33 | b | Kapitola 8 | 58 | d | 70 | d | |
| Kapitola 3 | 22 | b | 34 | b | 46 | d | 59 | b | 71 | c | |
| 10 | c | 23 | a | 35 | a | 47 | b | Kapitola 10 | | | |
| 11 | a | 24 | b | 36 | c | 48 | a | 60 | d | | |

Tabulka č. 1: Řešení testových úloh

3.4 Opakovací úlohy

Úlohy jsou určeny k procvičování tématu, jsou rozděleny do jedenácti kapitol podle výukového materiálu. V následující části je uveden jejich seznam, ze kterého je možné sestavit pracovní list dle potřeb učitele. Tyto úlohy jsou také zpracovány v programu ActivInspire pro interaktivní tabuli.

V další části této práce se nachází autorské řešení úloh, které může posloužit žákům k rychlé kontrole. Součástí je také zdůvodnění daného řešení u úloh, které ho vyžadují.

Kapitola 1: Obsah vody v rostlinách

1) Z nabídky vyber části rostliny a rozděl je podle množství obsažené vody:

| Vysoký obsah vody (nad 50 %) | Nízký obsah vody (pod 50 %) |
|------------------------------|--|
| | |
| Nabídka: | semena, dužina plodů, pyl, dužnatý stonek, dřevnatá část rostliny, kořeny, listy |

2) Z dvojice vyber rostlinu s vyšším procentuálním obsahem vody:

Klíčící hrách / Hrách se zralými lusky

Pampeliška rostoucí z pukliny v chodníku / Pampeliška rostoucí na louce u lesa

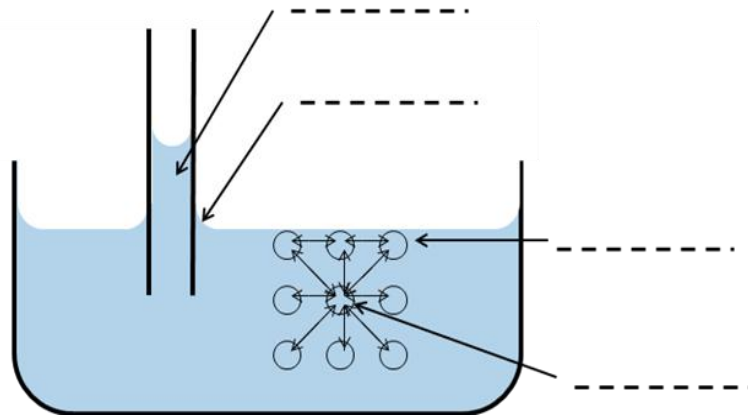
Líska v létě / Líska v zimě

Kapitola 2: Fyzikálně-chemické vlastnosti vody

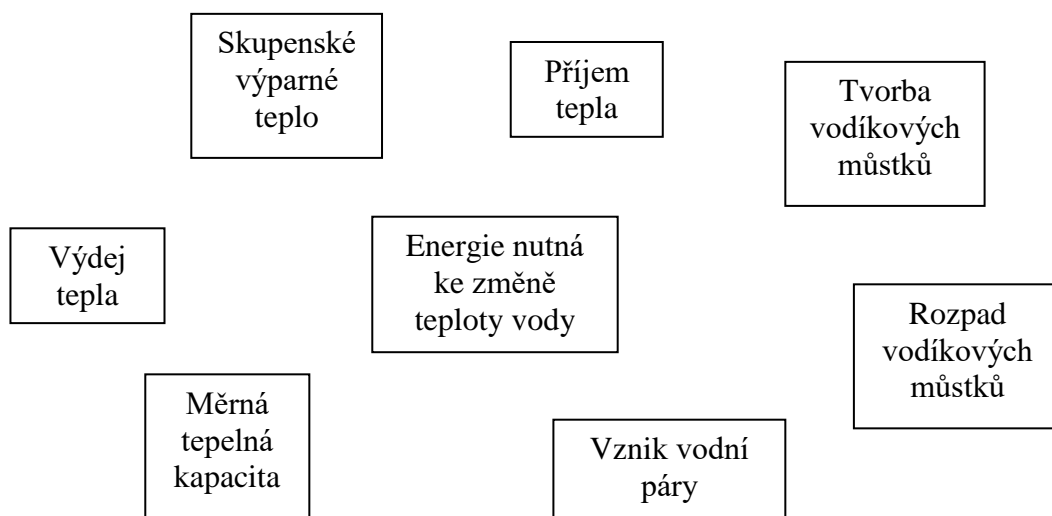
3) Zakresli dvě molekuly vody spojené vodíkovým můstkem (zohledni vazebné úhly a volné elektronové páry):

4) Přiřaď vlastnosti vody k obrázku:

Vlastnosti vody: koheze, adheze, povrchové napětí, kapilarita



5) Utvoř dvojice podle vzájemné souvislosti:



6) Kolem iontů zakresli hydratační obal (molekuly vody ve správné orientaci), který vznikne po rozpuštění kuchyňské soli (NaCl) ve vodě:

Kapitola 3: Význam vody pro rostlinu

7) K uvedeným **pojům** (shrnujícím význam vody pro rostlinu) přiřaď děje odehrávající se v rostlině (využij celou nabídku):

| | |
|-----------------------------|--|
| Udržování turgoru | Prodávovací fáze růstu buněk. |
| Termoregulace | Přepava organických látek xylémem a floémem. |
| Transportní médium | Zajištění pevnosti pletiv. |
| Metabolická surovina | Ochlazování rostliny transpirací. |
| | Fotolýza vody. |
| | Otevírání a zavírání průduchů. |
| | Ochrana rostliny před přehřátím. |
| | Přepava anorganických látek xylémem a floémem. |

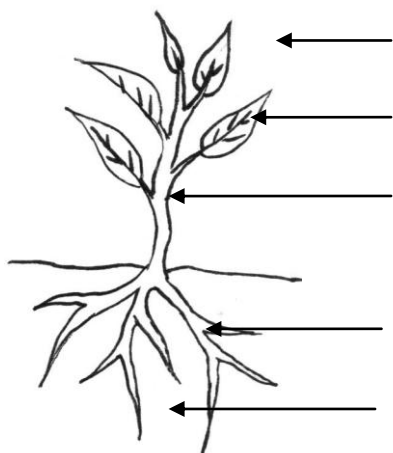
8) Zapiš chemickou rovnicí:

Fotosyntéza:

Fotolýza vody:

Kapitola 4: Vodní potenciál a mechanismy pohybu vody v rostlině

9) Přiřaď hodnoty vodního potenciálu k jednotlivým částem rostliny a jejímu okolí (vlhká půda a suchý vzduch):



Hodnoty vodního potenciálu:

-0,1 MPa

-95 MPa

-2 MPa

-0,2 MPa

-1 MPa

10) Spoj jednotlivé **složky** vodního potenciálu (Ψ_w) s tvrzeními, která se jich týkají:

| | |
|-----------------------------|---|
| | Nejedná se o složku Ψ_w |
| Osmotický potenciál | Jedná se o zanedbatelnou složku Ψ_w Jedná se o důležitou složku Ψ_w |
| Tlakový potenciál | Je značen jako Ψ_p Je značen jako Ψ_o |
| Matriční potenciál | Je značen jako Ψ_s |
| Gravitační potenciál | Patří pod něj turgor Jedná se o tlak způsobený rozpuštěnými látkami Stoupá se zvyšující se koncentrací rozpuštěných látek Klesá se zvyšující se koncentrací rozpuštěných látek |

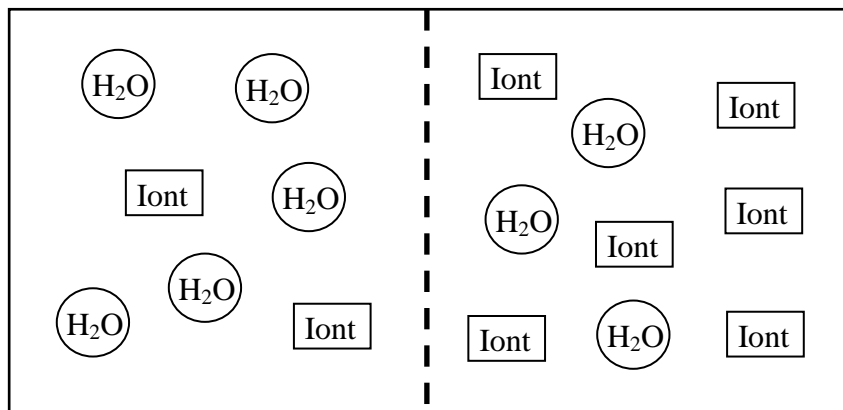
11) Do textu doplň správné slovo z dvojice uvedené v závorce:

Difuze je fyzikální děj, který popisuje pohyb částic. Molekuly vody i rozpuštěné látky se pohybují z míst, kde mají (nižší/vyšší) koncentraci, do míst s (nižší/vyšší) koncentrací až do vyrovnání koncentrací na obou stranách (polopropustné/propustné) membrány.

Její rychlost je (přímo/nepřímo) úměrná koncentračnímu gradientu. Kvůli (vysoké/nízké) rychlosti se obvykle uplatňuje na (dlouhé/krátké) vzdálenosti, tedy na úrovni (buněk/rostlinných orgánů). Díky akvaporinům může být rychlost difuze vody přes membránu (zvýšena/snížena), což umožňuje regulovat příjem a výdej vody (buňkou/rostlinnými orgány).

Difuze je významná především pro molekuly v (plynném/kapalném) skupenství. Příkladem je transpirace, tedy difuze molekul vody (do/z) atmosféry, a transport CO_2 (do/z) listu pro potřeby fotosyntézy.

12) Na obrázku jsou znázorněny dva různě koncentrované roztoky oddělené propustnou membránou, ve kterých probíhá difuze. Pomocí šipek znázorni (zakresli přesun molekul vody případně iontů rozpuštěné látky), jak budou oba roztoky vypadat ve chvíli, kdy difuze přestane probíhat:



13) Ve tvrzeních o osmóze najdi chyby (škrtni chybnou část) a tvrzení oprav:

Osmóza probíhá přes propustnou membránu.

.....
 Dochází během ní k transportu iontů do míst s nižší koncentrací rozpuštěných látek.

.....
 Probíhá až do vyrovnání koncentrace na obou stranách membrány.

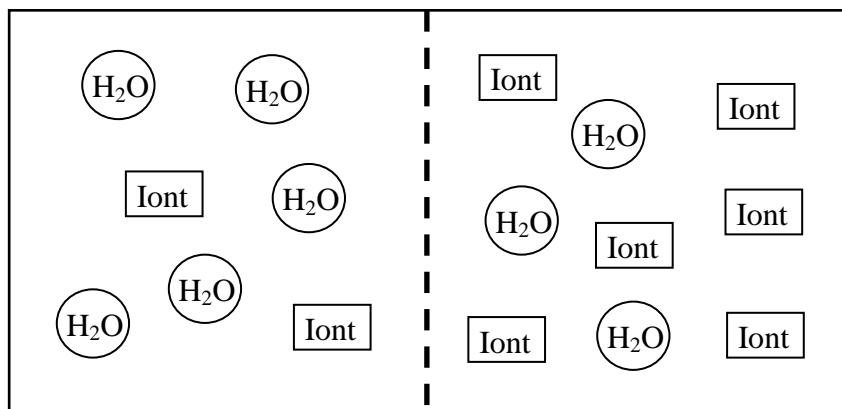
.....
 Jedná se o aktivní děj, takže na něj rostlina nespotřebává energii.

.....
 Tento proces zahrnuje změnu objemu vody a tedy i změnu tlaku (turgoru buněk).

.....
 Rostlina může osmózu regulovat transportem K^+ přes membránu.

.....
 Zvýšením koncentrace K^+ dochází ke snížení osmotického tlaku, čímž je zvýšen vodní potenciál a voda putuje do buňky.

14) Na obrázku jsou znázorněny dva různě koncentrované roztoky oddělené polopropustnou membránou, ve kterých probíhá osmóza. Pomocí šipek znázorni (zakresli přesun molekul vody případně iontů rozpuštěné látky), jak budou oba roztoky vypadat ve chvíli, kdy osmóza přestane probíhat:



15) Schematicky zakresli buňku ve třech možných prostředích (nakresli buněčnou stěnu, cytoplazmatickou membránu a velikost vakuoly), pomocí šipky znázorni směr osmózy (transport molekul vody z nebo do buňky) a zapiš, jak se změnil turgor v buňce:

Izotonické prostředí Hypertonické prostředí Hypotonické prostředí

16) Stručně vysvětli pojmy:

Plazmoptýza:.....

Plazmolýza:.....

Deplazmolýza:.....

Kapitola 5: Voda v půdě

17) Doplně slova do textu, využij k tomu slova z nabídky ve vhodném tvaru:

Evaporace, protéct, vadnout, objem, vodní potenciál, složka, velký, malý, dostupný, nedostupný, prostor, transpirace, póry, organický, půdní částice, textura

Voda je důležitá půdy. Více než polovina půdy je však tvořena pevnými částicemi, tedy minerálními a látkami. Jelikož k sobě tyto částice úplně nepřiléhají, tak zde zůstává prázdný, který označujeme jako půdní Skrz póry dešťová voda jednoduše do podzemní vody. Důležité jsou tedy póry, ve kterých zůstane voda uchycena a je pro kořeny rostlin. Pro rostlinu je ovšem důležitá také půdy. Čím jsou menší, tím pevněji je k nim voda vázána a pro kořeny je tak Problémem pro rostliny je také ztráta vody z půdy. Jednak je na vině vypařování vody přímo z půdy, tedy a také samotné rostliny a jejich Pokud půda ztratí příliš mnoho vody a její je menší než u kořenů, pak nemůže docházet k příjmu vody a rostlina

Kapitola 6: Příjem vody kořeny, radiální transport vody do xylému

18) Seřaď jednotlivé části kořene podle toho, v jakém pořadí přes ně prochází voda přijatá z půdy (pomocí čísel 1 až 5):

Rhizodermis, endodermis, kořenové vlásky, primární kůra, xylém ve středním válci

19) K jednotlivým částem kořene přiřaď tvrzení, která se jich týkají:

| | |
|------------------------|--|
| Rhizodermis | Obsahuje Casparyho proužky. Primárně slouží k příjmu vody z půdy. Je bariérou proti infekci. Tvoří se v místě s největší vlhkostí půdy. |
| Endodermis | Jedná se o vnější vrstvu kořena, která ho chrání. Voda je přes ni transportována výhradně symplastickou cestou. |
| Kořenové vlásky | Její buněčná stěna se vychlipuje. |
| Primární kůra | Nachází se mezi endodermis a rhizodermis. Je bariérou zdržující transport vody do středního válce. Jedná se o vychlípeninu buněčné stěny. Zabraňuje zpětnému toku vody z rostliny do půdy. Voda je přes ni transportována symplastickou nebo apoplastickou cestou. |

20) Pomocí písmen označ, která tvrzení se týkají symplastické cesty (S), apoplastické cesty (A), případně obou cest (SA):

Je umožněna vysokým osmotickým tlakem (přítomností K^+) uvnitř buněk.

Jedná se o způsob transportu vody přes primární kůru kořene.

Molekuly vody při ní prochází přes cytoplazmu buněk.

Jedná se o aktivní transport.

Je rychlejším způsobem transportu vody.

Prochází přes endodermis.

Molekuly vody prochází pouze buněčnou stěnou a mezibuněčným prostorem.

Jedná se o pasivní transport.

Probíhá v radiálním směru (směřuje do středního válce).

Je možné ji urychlit otevřením akvaporinových kanálů.

21) Doplně slova do textu, využij k tomu slova z nabídky ve vhodném tvaru:

| |
|---|
| Regulace, transport, Caspariho proužky, cytoplazmatický, střední válec, buněčná stěna, cytoplazma, akvaporinový, transpirace, endodermis, mezibuněčné prostory. |
|---|

Základním prvkem příjmu vody do rostliny je endodermis s Buňky těsně přiléhají k sobě a nejsou mezi nimi V místě Caspariho proužků přiléhá membrána těsně k, díky čemuž není umožněn apoplastickou cestou. Voda je transportována přes buněk endodermis a urychlují ji kanály. Díky tomu tvoří endodermis transportní filtr, který zabraňuje zpětnému transportu vody a průniku infekce do Zároveň ale zpomaluje příjem vody, což může být při vysoké pro rostlinu problém.

Kapitola 7: Transpirační proud – dálkový xylémový transport

22) K **pojům** přiřaď vysvětlení:

Kavitace a embolie
Transpirační proud
Vodní sloupec

- Transport vody a v ní rozpuštěných látek vedoucí z kořenů do míst, kde probíhá transpirace.
- Voda obsažená v cévách a cévicích xylému. Zůstává soudržná díky kohezi a adhezi molekul vody.
- Narušení soudržnosti vody ve vodivých drahách xylému a následné vniknutí plynu a přerušení transportu vody.

23) V následujícím výpisu různých přírodních podmínek a možných situací podtrhni ty, které mohou vést ke kavitaci a následné vzduchové embolii:

Vysoká vlhkost půdy, vysoká transpirace během poledne, bouřka, teploty pod bodem mrazu, nedostatek vody v půdě, nízká fotosyntéza, nedostatek živin v půdě, mechanické poškození rostliny, zastínění rostliny, přítomnost radioaktivního prvku v půdě.

24) Uveď jeden způsob, jak může rostlina napravit již vzniklou vzduchovou embolii a obnovit transpirační proud v dané cévě či cévici:

Kapitola 8: Kořenový vztlak

25) K **pojům** přiřaď vysvětlení:

Gutace
Exsudace
Kořenový vztlak

- Ronění xylémové šťávy v místě poškození xylému.
- Proces, jímž je vytlačována voda do nadzemních částí rostliny díky pozitivnímu hydrostatickému tlaku.
- Výdej kapalné vody skrz hydatomy.

26) Uveď, pro které rostliny a v jakém ročním období má kořenový vztlak největší význam:

Kapitola 9: Transpirace

27) K jednotlivým plynům napiš, při jakém procesu jsou skrz průduchy přijímány či vydávány:

| / | Příjem do rostliny | Výdej do atmosféry |
|---------------|--------------------|--------------------|
| Oxid uhličitý | | |
| Kyslík | | |
| Vodní pára | | |

28) Z dvojice podtrhni tvrzení, které popisuje přírodní podmínky nebo stav svěřacích buněk při uzavření průduchu:

Noc / Účinek slunečního záření

Suchá půda / Vlhká půda

Vysoký turgor / Nízký turgor

Vysoký osmotický tlak / Nízký osmotický tlak

Vysoký obsah vody / Nízký obsah vody

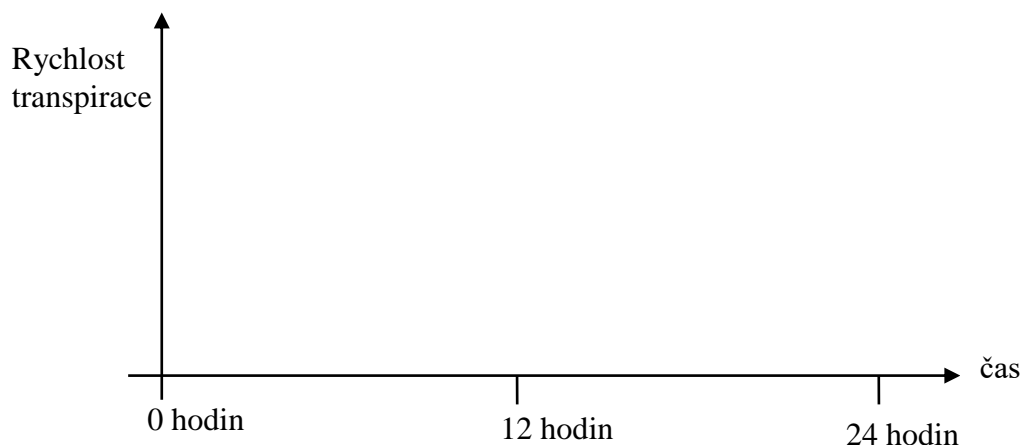
Vysoký obsah K^+ / Nízký obsah K^+

Vysoký obsah ABA / Nízký obsah ABA

29) Seřad' věty tak, aby popisovaly výdej vody přes průduch (číslly 1-6):

- Vstup vody do mezibuněčných prostor v mezofylu listu.
- Vypařování vody z povrchu buněk a vznikl vodní páry.
- Difuze molekul vody skrz průduchovou šterbinu do atmosféry.
- Transport vodní páry skrz mezibuněčné prostory do dýchací dutiny.
- Transport vody xylémem do listu.
- Vytvoření vodního filmu na okolních buňkách.

30) Do grafu zakreslí přibližnou rychlost transpirace pro hydrolabilní a hydrostabilní rostliny (zohledni otevřenost průduchů během poledne a v noci):



Kapitola 10: Vodní bilance rostliny

31) Následující tvrzení zapiš pomocí matematických symbolů (= + - / *):

- Vodní bilance rostliny je rozdíl mezi příjmem tedy absorpcí vody a výdejem tedy transpirací.
- Obsah vody v rostlině vypočítáme jako rozdíl hmotnosti rostliny (čerstvá hmotnost) a její sušiny (pletiva zbavená veškeré vody), vydělený hmotností rostliny. Výsledek se převede na procenta.

32) Vypočítej obsah vody v rostlině, jejíž čerstvá hmotnost je 126 g a hmotnost její sušiny je 32 g:

33) Přiřaď k **pojům** vysvětlení a přibližné procentuální množství přijaté vody, kterou rostlina tímto způsobem využije:

| | | |
|-------|---------------------------|---|
| 99 % | Hydratační voda | Je voda vzniklá dýcháním rostliny. |
| 75 % | | Je voda, která rostlinu zase opouští. |
| 20 % | Voda v metabolismu | Je voda vydaná hydratodami. |
| 5 % | | Je voda využitá k bobtnání pletiv. |
| 0,9 % | Transpirační voda | Je voda využitá pro chemické reakce v rostlině. |
| 0,1 % | | Je voda získaná transpirací. |

34) Seřad' tvrzení v tabulce tak, aby text popisoval průchod vody rostlinou:

| | | | |
|--|--|--|--|
| Voda vstupuje do xylému a transpiračním proudem je dopravena do listů. | | Voda vstupuje do mezibuněčných prostor v mezofylu listu. | |
| Voda je absorbována kořenovými vlásky. | | Molekuly vody difundují do atmosféry. | |
| Vodní pára prochází mezibuněčnými prostory do dýchací dutiny. | | Přechází přes rhizodermis a primární kůru směrem ke střednímu válci. | |
| U endodermis kořene se transport vody zpomaluje před vstupem do středního válce. | | Dochází k tvorbě vodního filmu na buňkách mezofylu a voda přechází do plynného skupenství. | |

Kapitola 11: Adaptace hydrofytů a xerofytů

35) Spoj **typ adaptace** s tvrzeními, která se jich týkají:

| | |
|-------------------------------|--|
| Konstitutivní adaptace | Mohou se lišit u jedinců téhož druhu svou mírou |
| | Přítomné u všech jedinců daného druhu |
| Aklimatizační adaptace | Jsou vyvolané působením ekologických faktorů |
| | Mohou se lišit v rámci jedné rostliny |
| | Patří sem: typ fotosyntézy |
| | Patří sem: délka a hustota průduchů |
| | Patří sem: sukulence |
| | Patří sem: změna tloušťky mezofylu listu |
| | Patří sem: velikost a hustota trichomů |
| | Patří sem: umístění průduchů (např. jejich zanoření do mezofylu) |
| | Patří sem: rychlost fotosyntézy |

36) Vyber správné slovo z dvojice tak, aby text popisoval slunný list:

Listová plocha je (menší/větší), ale jeho tloušťka je (menší/větší) než u stinného listu. Také má (slabší/silnější) vrstvu kutikuly a epidermis. Počet chloroplastů je (menší/větší), ale obsahují (méně/ více) chlorofylu. Mají (menší/větší) délku průduchů s (menší/větší) hustotou. Vodní potenciál v nich je (menší/větší) než ve stinných listech kvůli (nižší/vyšší) koncentraci buněčné šťávy.

37) Pomocí písmene označ, která tvrzení se týkají xerofytů (**X**) a která hydrofytů (**H**):

Obsahují pletivo aerenchym.

Mají redukovanou transpirační plochu.

Je pro ně typický rozsáhlý kořenový systém.

Jsou u nich přítomné hydropoty.

Jejich průduchy bývají zanořené a umístěné na zastíněné straně listů.

Je pro ně obvyklá redukce kořenového systému.

Je pro ně běžná redukce vodivých pletiv.

Mají silnou vrstvu kutikuly a trichomy.

V nepříznivých podmínkách často shazují listy.

Mají CAM metabolismus.

Je pro ně běžná redukce mechanických pletiv.

V nepříznivých podmínkách uzavírají průduchy.

38) Doplně název skupiny k jejímu popisu a napiš, jestli patří mezi hydrofity nebo xerofity:

| |
|--|
| Skupiny: sukulenty, kaktusy, rostliny stojatých vod, rostliny s plovoucími listy |
|--|

Mají velké a pevné listy, na jejich povrchu je vrstva kutikuly. Průduchy jsou umístěny na svrchní straně listů, zatímco na té spodní se nachází hydropoty.

.....

Tvar těchto rostlin zaujímá optimální poměr mezi objemem a povrchem rostliny. Po dešti jsou schopné velmi rychle vytvořit kořeny, které po splnění úkolu korkovají. Jejich listy jsou redukovány v trny.

.....

Jejich listy mají silnou vrstvu mezofylu, který je dužnatý a obsahuje velké vakuoly. Takto přeměněné listy či stonky slouží k zadržení vody a na jejich povrchu jsou malé průduchy.

.....

Tyto rostliny mají rozsáhlý kořenový systém, který jim umožňuje přijímat CO₂ ze sedimentů. Následně dochází k jeho transportu systémem intercelulár do mezofylu listů, kde úniku plynu zabraňuje kutikula.

.....

3.5 Verze úloh pro interaktivní tabuli

Úlohy jsou vytvořeny v programu ActivInspire.

Kapitola 1: Obsah vody v rostlinách

Z nabídky vyber část rostliny a rozděl je podle množství obsažené vody:

| Vysoký obsah vody (nad 50 %) | Nízký obsah vody (pod 50 %) |
|---------------------------------|--------------------------------|
| | |

Nabídka

- Semena
- Dužina plodů
- Pyľ
- Dužnatý stonek
- Dřevnatá část rostliny
- Kořeny
- Listy

Kapitola 1: Obsah vody v rostlinách

Z dvojice vyber rostlinu s vyšším procentuálním obsahem vody:

a)



Klíčící hrách



Hrách se zralými lusky

b)



Pampeliška rostoucí z pukliny v chodníku



Pampeliška rostoucí na louce u lesa

c)



Líska v létě



Líska v zimě

Kapitola 2: Fyzikálně-chemické vlastnosti vody

Sestav dvě molekuly vody spojené vodíkovým můstkem (zohleďni vazebné úhly a volné elektronové páry):

Součásti lze nakopírovat a použít k sestavení molekul

Atom kyslíku



Atom vodíku



Volný elektronový pár



Kovalentní vazba

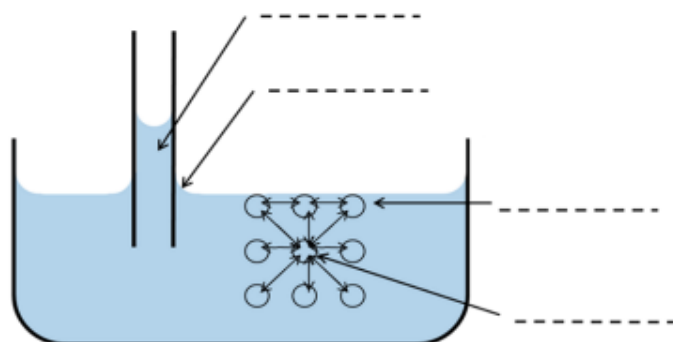


Vodíkový můstek



Kapitola 2: Fyzikálně-chemické vlastnosti vody

Přiřaď vlastnosti vody k obrázku:



Vlastnosti vody

Koheze

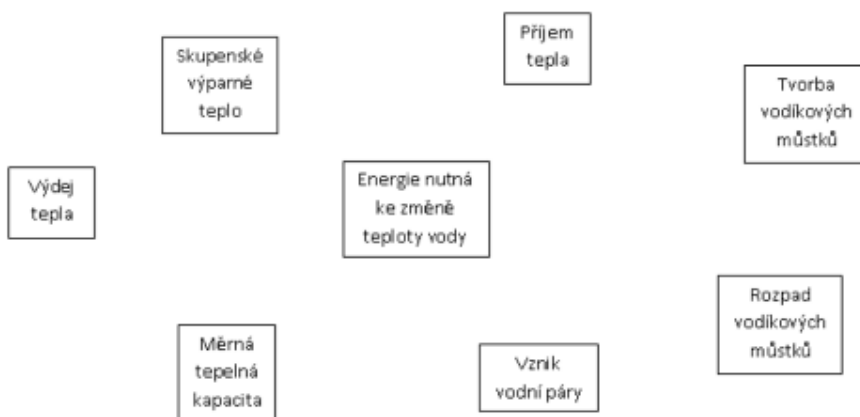
Adheze

Povrchové napětí

Kapilarita

Kapitola 2: Fyzikálně-chemické vlastnosti vody

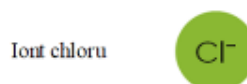
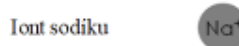
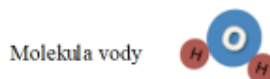
Utvoř dvojice podle vzájemné souvislosti:



Kapitola 2: Fyzikálně-chemické vlastnosti vody

Kolem iontů zakresli hydratační obal (molekuly vody ve správné orientaci), který vznikne po rozpuštění kuchyňské soli (NaCl) ve vodě:

Součásti lze nakopírovat a použít k sestavení modelu



Kapitola 3: Význam vody pro rostlinu

K uvedeným **pojům** (shrnujícím význam vody pro rostlinu) přiřaď děje odehrávající se v rostlině (využij celou nabídku):

Udržování turgoru

Termoregulace

Transportní médium

Metabolická surovina

Nabídka

Prodlužovací fáze růstu buněk.

Přeprava organických látek xylémem a floémem.

Zajištění pevnosti pletiv.

Ochlazování rostliny transpirací.

Fotolýza vody.

Otevírání a zavírání průduchů.

Ochrana rostliny před přehřátím.

Přeprava anorganických látek xylémem a floémem.

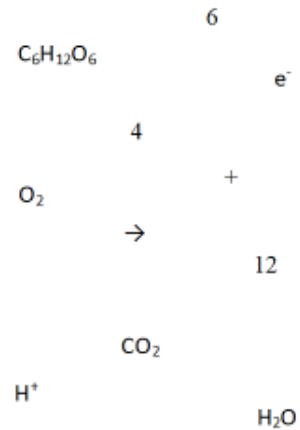
Kapitola 3: Význam vody pro rostlinu

Zapiš chemickou rovnici:

Fotosyntéza:

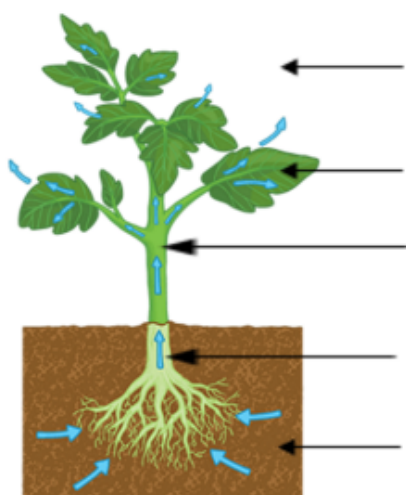
Fotolýza vody:

Reaktanty, produkty
a stechiometrické
koeficienty



Kapitola 4: Vodní potenciál a mechanismy pohybu vody v rostlině

Přřaď hodnoty vodního potenciálu k jednotlivým částem rostliny a jejímu okolí (vlhká půda a suchý vzduch):



Hodnoty vodního potenciálu:

-0,1 MPa

-95 MPa

-2 MPa

-0,2 MPa

-1 MPa

Kapitola 4: Vodní potenciál a mechanismy pohybu vody v rostlině

Spoj jednotlivé **složky** vodního potenciálu (Ψ_w) s tvrzeními, která se jich týkají:

| | |
|-----------------------------|---|
| Osmotický potenciál | Nejedná se o složku Ψ_w Jedná se o zanedbatelnou složku Ψ_w Jedná se o důležitou složku Ψ_w |
| Tlakový potenciál | Je značen jako Ψ_p Je značen jako Ψ_o |
| Matriční potenciál | Je značen jako Ψ_s Patří pod něj turgor |
| Gravitační potenciál | Jedná se o tlak způsobený rozpuštěnými látkami Stoupá se zvyšující se koncentrací rozpuštěných látek Klesá se zvyšující se koncentrací rozpuštěných látek |

Kapitola 4: Vodní potenciál a mechanismy pohybu vody v rostlině

Do textu doplň správné slovo z dvojice uvedené v závorce:

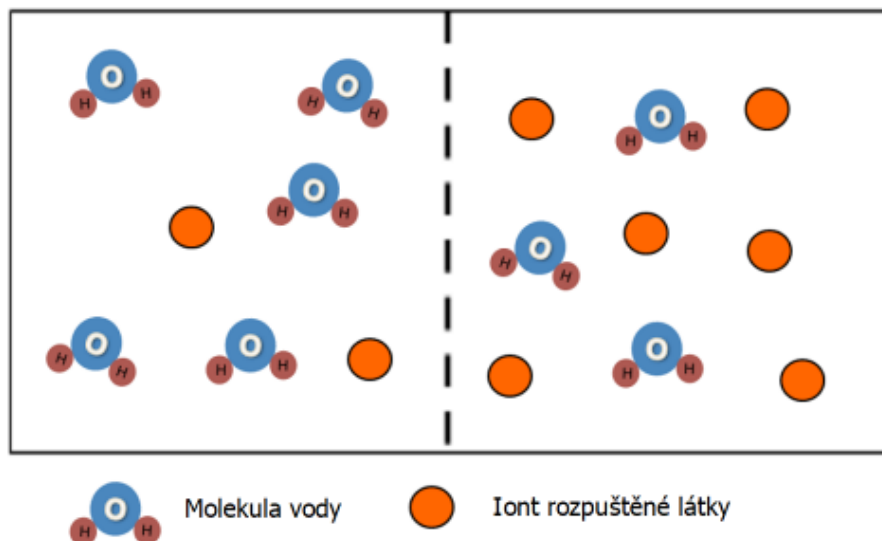
Difuze je fyzikální děj, který popisuje pohyb částic. Molekuly vody i rozpuštěné látky se pohybují z míst, kde mají **(nižší/vyšší)** koncentraci, do míst s **(nižší/vyšší)** koncentrací až do vyrovnání koncentrací na obou stranách **(polopropustné/propustné)** membrány.

Její rychlost je **(přímo/nepřímo)** úměrná koncentračnímu gradientu. Kvůli **(vysoké/nízké)** rychlosti se obvykle uplatňuje na **(dlouhé/krátké)** vzdálenosti, tedy na úrovni **(buněk/rostlinných orgánů)**. Díky akvaporinům může být rychlost difuze vody přes membránu **(zvýšena/snížena)**, což umožňuje regulovat příjem a výdej vody **(buňkou/rostlinnými orgány)**.

Difuze je významná především pro molekuly v **(plynném/kapalném)** skupenství. Příkladem je transpirace, tedy difuze molekul vody **(do/z)** atmosféry, a transport CO_2 **(do/z)** listu pro potřeby fotosyntézy.

Kapitola 4: Vodní potenciál a mechanismy pohybu vody v rostlině

Na obrázku jsou znázorněny dva různě koncentrované roztoky oddělené propustnou membránou, ve kterých probíhá difuze. Pomocí šipek znázorni (zakresli přesun molekul vody případně iontů rozpuštěné látky), jak budou oba roztoky vypadat ve chvíli, kdy difuze přestane probíhat:



Kapitola 4: Vodní potenciál a mechanismy pohybu vody v rostlině

Ve tvrzeních o osmóze najdi chyby (škrtni chybnou část) a tvrzení oprav:

Osmóza probíhá přes propustnou membránu.

Dochází během ní k transportu iontů do míst s nižší koncentrací rozpuštěných látek.

Probíhá až do vyrovnání koncentrace na obou stranách membrány.

Jedná se o aktivní děj, takže na něj rostlina nespotebovává energii.

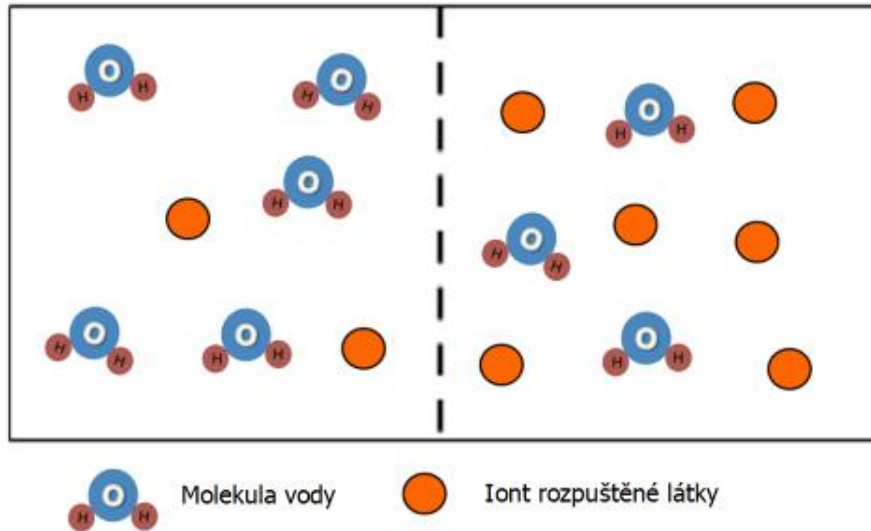
Tento proces zahrnuje změnu objemu vody a tedy i změnu tlaku (turgoru buněk).

Rostlina může osmózu regulovat transportem K^+ přes membránu.

Zvýšením koncentrace K^+ dochází ke snížení osmotického tlaku, čímž je zvýšen vodní potenciál a voda putuje do buňky.

Kapitola 4: Vodní potenciál a mechanismy pohybu vody v rostlině

Na obrázku jsou znázorněny dva různě koncentrované roztoky oddělené polopropustnou membránou, ve kterých probíhá osmóza. Pomocí šipek znázorni (zakresli přesun molekul vody případně iontů rozpuštěné látky), jak budou oba roztoky vypadat ve chvíli, kdy osmóza přestane probíhat:



Kapitola 4: Vodní potenciál a mechanismy pohybu vody v rostlině

Schematicky zakresli buňku ve třech možných prostředích (nakresli buněčnou stěnu, cytoplazmatickou membránu a velikost vakuoly), pomocí šipky znázorni směr osmózy (transport molekul vody z nebo do buňky) a zapiš, jak se změnil turgor v buňce:

Izotonické prostředí

Hypertonické prostředí

Hypotonické prostředí

Turgor:

Turgor:

Turgor:

Stručně vysvětli pojmy:

Plazmoptýza:

Plazmolýza:

Deplazmolýza:

Kapitola 5: Voda v půdě

Doplň slova do textu, využij k tomu slova z nabídky ve vhodném tvaru:

Nabídka: Evaporace, protéct, vadnout, objem, vodní potenciál, složka, velký, malý, dostupný, nedostupný, prostor, transpirace, póry, organický, půdní částice, textura

Voda je důležitá půdy. Více než polovina půdy je však tvořena pevnými částicemi, tedy minerálními a látkami. Jelikož k sobě tyto částice úplně nepřiléhají, tak zde zůstává prázdný, který označujeme jako půdní Skrz póry dešťová voda jednoduše do podzemní vody. Důležité jsou tedy póry, ve kterých zůstane voda uchycena a je pro kořeny rostlin. Pro rostlinu je ovšem důležitá také půdy. Čím jsou menší, tím pevněji je k nim voda vázána a pro kořeny je tak Problémem pro rostliny je také ztráta vody z půdy. Jednak je na vině vypařování vody přímo z půdy, tedy a také samotné rostliny a jejich Pokud půda ztratí příliš mnoho vody a její je menší než u kořenů, pak nemůže docházet k příjmu vody a rostlina

Kapitola 6: Příjem vody kořeny, radiální transport vody do xylému

K jednotlivým částem kořene přiřaď tvrzení, která se jich týkají:

| | |
|------------------------|---|
| Rhizodermis | Obsahuje Casparyho proužky. Primárně slouží k příjmu vody z půdy. Je bariérou proti infekci. Tvoří se v místě s největší vlhkostí půdy. |
| Endodermis | Jedná se o vnější vrstvu kořena, která ho chrání. Voda je přes ni transportována výhradně symplastickou cestou. Její buněčná stěna se vychlipuje. |
| Kořenové vlásky | Nachází se mezi endodermis a rhizodermis. Je bariérou zdržující transport vody do středního válce. Jedná se o vychlípeninu buněčné stěny. |
| Primární kůra | Zabraňuje zpětnému toku vody z rostliny do půdy. Voda je přes ni transportována symplastickou nebo apoplastickou cestou. |

Kapitola 6: Příjem vody kořeny, radiální transport vody do xylému

Seřaď jednotlivé části kořene podle toho, v jakém pořadí přes ně prochází voda přijatá z půdy:

Rhizodermis

Endodermis

Kořenové vlásky

Primární kůra

Xylém ve středním válci

Pořadí

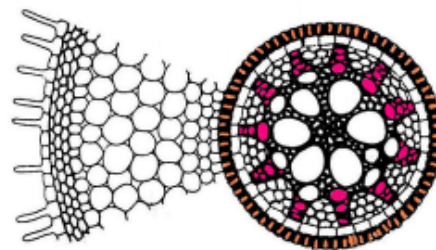
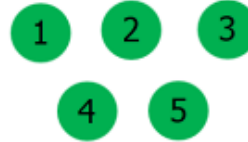


Schéma řezu kořene kosatce

Kapitola 6: Příjem vody kořeny, radiální transport vody do xylému

Pomocí písmen označ, která tvrzení se týkají symplastické cesty (**S**), apoplastické cesty (**A**), případně obou cest (**SA**):

Je umožněna vysokým osmotickým tlakem (přítomností K^+) uvnitř buněk.

Jedná se o způsob transportu vody přes primární kůru kořene.

Molekuly vody při ní prochází přes cytoplazmu buněk.

Jedná se o aktivní transport.

Je rychlejším způsobem transportu vody.

Prochází přes endodermis.

Molekuly vody prochází pouze buněčnou stěnou a mezibuněčným prostorem.

Jedná se o pasivní transport.

Probíhá v radiálním směru (směřuje do středního válce).

Je možné ji urychlit otevřením akvaporinových kanálů.

Kapitola 6: Příjem vody kořeny, radiální transport vody do xylému

Doplň slova do textu, využij k tomu slova z nabídky ve vhodném tvaru:

Nabídka: Regulace, transport, Caspariho proužky, cytoplazmatický, střední válec, buněčná stěna, cytoplazma, akvaporinový, transpirace, endodermis, mezibuněčné prostory.

Základním prvkem příjmu vody do rostliny je endodermis
s Buňky těsně přiléhají k sobě a nejsou mezi nimi
..... V místě Caspariho proužků přiléhá membrána těsně
k, díky čemuž není umožněn apoplastickou cestou.
Voda je transportována přes buněk endodermis a urychlují ji
..... kanály. Díky tomu tvoří endodermis transportní filtr, který zabraňuje
zpětnému transportu vody a průniku infekce do Zároveň ale zpomaluje
příjem vody, což může být při vysoké pro rostlinu problém.

Kapitola 7: Transpirační proud – dálkový xylémový transport

K **pojům** přiřaď vysvětlení:

Kavitace a embolie

Transpirační proud

Vodní sloupec

Přiřaď
vysvětlení:

Transport vody a v ní rozpuštěných látek vedoucí z kořenů do
míst, kde probíhá transpirace.

Voda obsažená v cévách a cévicích xylému. Zůstává soudržná
díky kohezi a adhezi molekul vody.

Narušení soudržnosti vody ve vodivých drahách xylému
a následné vniknutí plynu a přerušení transportu vody.

Kapitola 7: Transpirační proud – dálkový xylémový transport

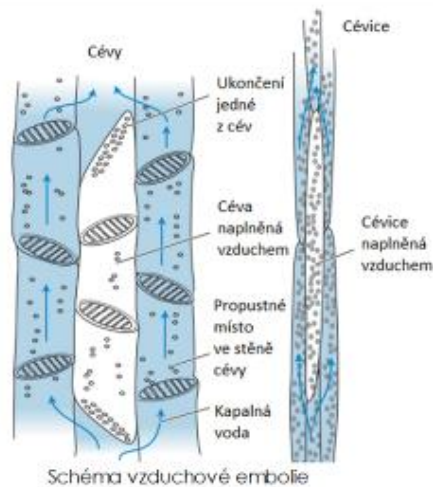
V následujícím výpisu různých přírodních podmínek a možných situací označ ty, které mohou vést ke kavitaci a následně vzduchové embolii:

Ke vzduchové embolii vede:

Vysoká vlhkost půdy,
vysoká transpirace během poledne,
bouřka,
teploty pod bodem mrazu,
nedostatek vody v půdě,
nízká fotosyntéza,
nedostatek živin v půdě,
mechanické poškození rostliny,
zastínění rostliny,
přítomnost radioaktivního prvku v půdě.

Uveď jeden způsob, jak může rostlina napravit již vzniklou vzduchovou embolii a obnovit transpirační proud v dané cévě či cévice:

Způsob nápravy vzduchové embolie:



Kapitola 8: Kořenový vztlak

K **pojům** přiřaď vysvětlení:

Gutace

Exsudace

Kořenový vztlak

Vysvětlení:

Ronění xylémové šťávy v místě poškození xylému.

Proces, jímž je vytlačována voda do nadzemních částí rostliny díky pozitivnímu hydrostatickému tlaku.





Výdej kapalné vody skrz hydatody.

Uveď, pro které rostliny a v jakém ročním období má kořenový vztlak největší význam:

Jsou to:

Kapitola 9: Transpirace

K jednotlivým plynům napiš, při jakém procesu jsou skrz průduchy přijímány či vydávány:

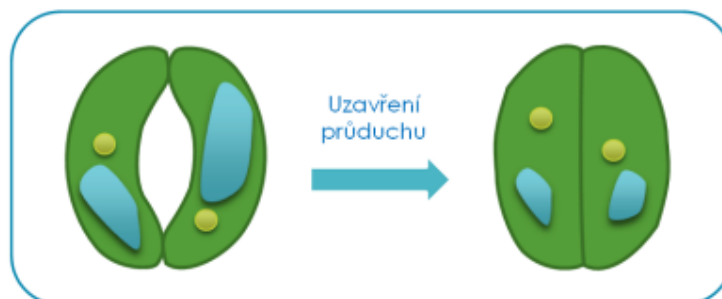
| / |  Příjem do rostliny |  Výdej do atmosféry |
|--|--|---|
| Oxid uhličitý  | | |
| Kyslík  | | |
| Vodní pára  | | |

Kapitola 9: Transpirace

Z dvojice podtrhni tvrzení, které popisuje přírodní podmínky nebo stav svěracích buněk při uzavřeném průduchu:

Noc / Účinek slunečního záření
Suchá půda / Vlhká půda
Vysoký turgor / Nízký turgor

Vysoký osmotický tlak / Nízký osmotický tlak
Vysoký obsah vody / Nízký obsah vody
Vysoký obsah K^+ / Nízký obsah K^+
Vysoký obsah ABA / Nízký obsah ABA



Kapitola 9: Transpirace

Seřad' věty tak, aby popisovaly výdej vody přes průduch

Pořadí

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Vstup vody do mezibuněčných prostor v mezofylu listu.

Vypařování vody z povrchu buněk a vznikl vodní páry.

Difuze molekul vody skrz průduchovou štěrbinu do atmosféry.

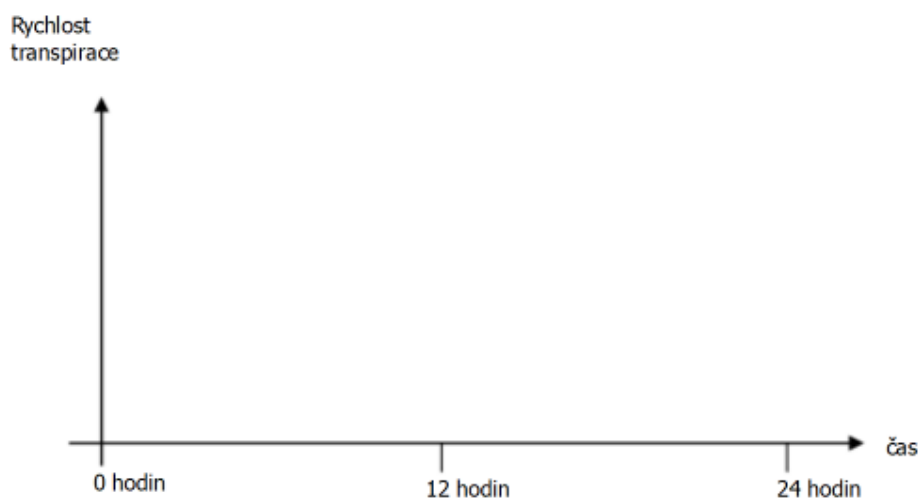
Transport vodní páry skrz mezibuněčné prostory do dýchací dutiny.

Transport vody xylémem do listu.

Vytvoření vodního filmu na okolních buňkách.

Kapitola 9: Transpirace

Do grafu zakresli přibližnou rychlost transpirace pro hydrolabilní a hydrostabilní rostliny (zohleďni otevřenost průduchů během poledne a v noci):



Kapitola 10: Vodní bilance

Následující tvrzení zapiš pomocí matematických symbolů (= + - / *):

a) Vodní bilance rostliny je rozdíl mezi příjmem tedy absorpcí vody a výdejem tedy transpirací.

b) Obsah vody v rostlině vypočítáme jako rozdíl hmotnosti rostliny (čerstvá hmotnost) a její sušiny (pletiva zbavená veškeré vody), vydělený hmotností rostliny. Výsledek se převede na procenta.

Vypočítej obsah vody v rostlině, jejíž čerstvá hmotnost je 126 g a hmotnost její sušiny je 32 g:

Kapitola 10: Vodní bilance

Přiřaď k **pojům** vysvětlení a přibližné procentuální množství přijaté vody, kterou rostlina tímto způsobem využije:

Hydratační voda

Voda v metabolismu

Transpirační voda

Procentuální množství:



Vysvětlení pojmů:

Je voda vzniklá dýcháním rostliny.

Je voda využita k bobtnání pletiv.

Je voda, která rostlinu zase opouští.

Je voda využita pro chemické reakce v rostlině.

Je voda vydaná hydratodami.

Je voda získaná transpirací.

Kapitola 10: Vodní bilance

Seřaď tvrzení tak, aby text popisoval průchod vody rostlinou:

Voda vstupuje do xylému a transpiračním proudem je dopravena do listů.

Voda vstupuje do mezibuněčných prostor v mezofylu listu.

Voda je absorbována kořenovými vlásky.

Molekuly vody difundují do atmosféry.

Vodní pára prochází mezibuněčnými prostory do dýchací dutiny.

Přechází přes rhizodermis a primární kůru směrem ke střednímu válci.

U endodermis kořene se transport vody zpomaluje před vstupem do středního válce.

Dochází k tvorbě vodního filmu na buňkách mezofylu a voda přechází do plynného skupenství.

Pořadí: 1 2 3 4 5 6 7 8

Kapitola 11: Adaptace hydrofytů a xerofytů

Spoj **typ adaptace** s tvrzeními, která se jich týkají:

Konstitutivní adaptace

Aklimatizační adaptace

Tvrzení:

Mohou se lišit u jedinců téhož druhu svou mírou

Patří sem: sukulence

Přítomné u všech jedinců daného druhu

Patří sem: změna tloušťky mezofylu listu

Jsou vyvolané působením ekologických faktorů

Patří sem: velikost a hustota trichomů

Mohou se lišit v rámci jedné rostliny

Patří sem: umístění průduchů (např. jejich zanoření do mezofylu)

Patří sem: typ fotosyntézy

Patří sem: rychlost fotosyntézy

Patří sem: délka a hustota průduchů

Kapitola 11: Adaptace hydrofytů a xerofytů

Vyber správné slovo z dvojice tak, aby text popisoval slunný list:

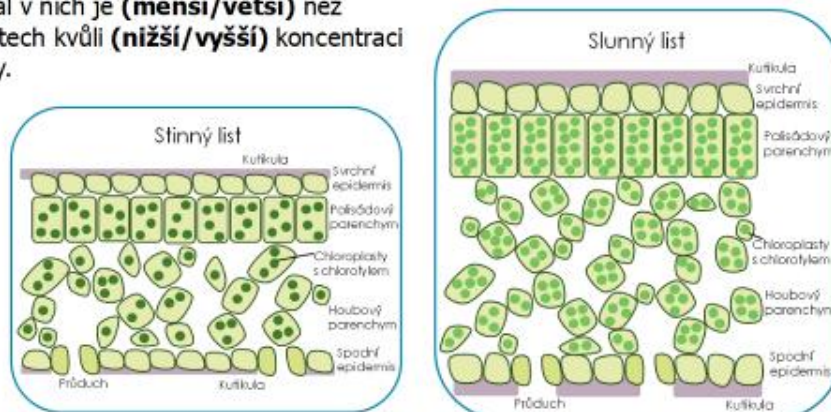
Listová plocha je **(menší/větší)**, ale jeho tloušťka je **(menší/větší)** než u stinného listu.

Také má **(slabší/silnější)** vrstvu kutikuly a epidermis.

Počet chloroplastů je **(menší/větší)**, ale obsahují **(méně/ více)** chlorofylu.

Mají **(menší/větší)** délku průduchů s **(menší/větší)** hustotou.

Vodní potenciál v nich je **(menší/větší)** než ve stinných listech kvůli **(nižší/vyšší)** koncentraci buněčné šťávy.



Kapitola 11: Adaptace hydrofytů a xerofytů

Pomocí písmene označ, která tvrzení se týkají xerofytů (X) a která hydrofytů (H):

Obsahují pletivo aerenchym.

Mají redukovanou transpirační plochu.

Je pro ně typický rozsáhlý kořenový systém.

Jsou u nich přítomné hydropoty.

Jejich průduchy bývají zanořené a umístěné na zastíněné straně listů.

Je pro ně obvyklá redukce kořenového systému.

Je pro ně běžná redukce vodivých pletiv.

Mají silnou vrstvu kutikuly a trichomy.

V nepříznivých podmínkách často shazují listy.

Mají CAM metabolismus.

Je pro ně běžná redukce mechanických pletiv.

V nepříznivých podmínkách uzavírají průduchy.

Kapitola 11: Adaptace hydrofytů a xerofytů

Doplň název skupiny k jejímu popisu. Napiš, jestli patří mezi hydrofyty nebo xerofyty a přiřaď ke skupině obrázků:

Mají velké a pevné listy, na jejich povrchu je vrstva kutikuly. Průduchy jsou umístěny na svrchní straně listů, zatímco na té spodní se nachází hydrotopy.

Tvar těchto rostlin zaujímá optimální poměr mezi objemem a povrchem rostliny. Po dešti jsou schopné velmi rychle vytvořit kořeny, které po splnění úkolu korkovají. Jejich listy jsou redukovány v trny.

Jejich listy mají silnou vrstvu mezofylu, který je dužnatý a obsahuje velké vakuoly. Takto přeměněné listy či stonky slouží k zadržení vody a na jejich povrchu jsou malé průduchy.

Tyto rostliny mají rozsáhlý kořenový systém, který jim umožňuje přijímat CO₂ ze sedimentů. Následně dochází k jeho transportu systémem intercelulár do mezofylu listů, kde úniku plynu zabráňuje kutikula.

sukulenty

kaktusy

rostliny stojatých vod

rostliny s plovoucími listy

| | |
|-----------|----------|
| Hydrofyty | Xerofyty |
| Hydrofyty | Xerofyty |
| Hydrofyty | Xerofyty |
| Hydrofyty | Xerofyty |



3.6 Autorské řešení opakovacích úloh

Kapitola 1: Obsah vody v rostlinách

1) Z nabídky vyber části rostliny a rozděl je podle množství obsažené vody:

Vysoký obsah vody (nad 50 %): **dužina plodů, dužnatý stonek, kořeny, listy**

Nízký obsah vody (pod 50 %): **semena, pyl, dřevnatá část rostliny**

2) Z dvojice vyber rostlinu s vyšším procentuálním obsahem vody:

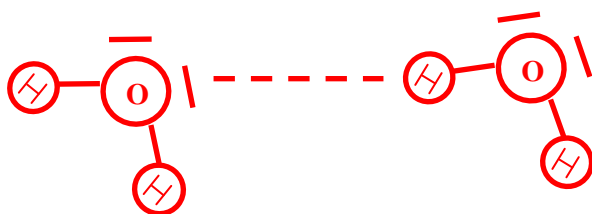
Klíčící hrách – mladá rostlinná pletiva obsahují více vody

Pampeliška rostoucí na louce u lesa – na obsah vody má vliv prostředí

Líska v létě – během vegetačního období rostliny obsahují více vody

Kapitola 2: Fyzikálně-chemické vlastnosti vody

3) Zakresli dvě molekuly vody spojené vodíkovým můstkem (zohledni vazebné úhly a volné elektronové páry):



Kyslík má 6 valenčních elektronů. Má tedy dva volné elektronové páry, které vytlačují atomy vodíků, což vede k úhlu $104,5^\circ$ (lomené molekule).

Díky vysoké elektronegativitě kyslíku a volným elektronovým párům je na kyslíku záporný parciální náboj a na vodíku kladný. Tyto opačné náboje se přitahují a molekuly vody mezi sebou tvoří vodíkovou vazbu (spojením vodíku a volného elektronového páru kyslíku).

4) Přiřaď vlastnosti vody k obrázku:

1. kapilarita (vzlínavost vody v kapiláře)
2. adheze (přilnavost vody k povrchu – tvorba konkávně zakřiveného menisku na povrchu skla)
3. povrchové napětí (povrch kapaliny se chová odlišně – tvoří elastickou blánu)
4. koheze (molekuly vody uvnitř kapaliny se navzájem přitahují – díky vodíkovým můstkům)

5) Utvoř dvojice podle vzájemné souvislosti:

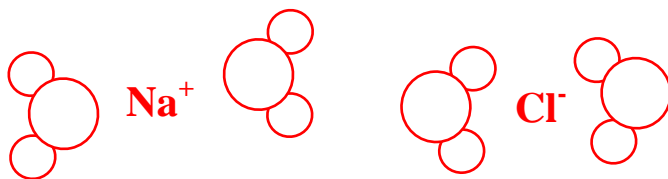
Skupenské výparné teplo – vznik vodní páry

Měrná tepelná kapacita – energie nutná ke změně teploty vody

Příjem tepla – rozpad vodíkových můstků

Výdej tepla – tvorba vodíkových můstků

6) Kolem iontů zakresli hydratační obal (molekuly vody ve správné orientaci), který vznikne po rozpuštění kuchyňské soli (NaCl) ve vodě:



Na kyslíku je záporný parciální náboj. Voda se tedy kyslíkem natočí směrem k sodíku, který má kladný náboj (kationt).

Na vodících je kladný parciální náboj. Voda se tedy vodíky natočí k chloru, který má záporný náboj (aniont).

Kapitola 3: Význam vody pro rostlinu

7) K uvedeným **pojům** (shrnujícím význam vody pro rostlinu) přiřaď děje odehrávající se v rostlině (využij celou nabídku):

Udržování turgoru: Prodlužovací fáze růstu buněk. Zajištění pevnosti pletiv. Otevírání a zavírání průduchů.

Termoregulace: Ochlazování rostliny transpirací. Ochrana rostliny před přehřátím.

Transportní médium: Převaha organických látek xylémem a floémem. Převaha anorganických látek xylémem a floémem.

Metabolická surovina: Fotolýza vody.

8) Zapiš chemickou rovnici:



Kapitola 4: Vodní potenciál a mechanismy pohybu vody v rostlině

9) Přiřaď hodnoty vodního potenciálu k jednotlivým částem rostliny a jejímu okolí (vlhká půda a suchý vzduch):

Pořadí zdola nahoru: -0,1 MPa, -0,2 MPa, -1 MPa, -2 MPa, -95 MPa

Voda míří do míst s nižším vodním potenciálem. Hodnoty je tedy nutné seřadit od nejvyšší (vodní potenciál půdy) po nejnižší (vodní potenciál vzduchu).

10) Spoj jednotlivé **složky** vodního potenciálu (Ψ_w) s tvrzeními, která se jich týkají:

Osmotický potenciál: Jedná se o důležitou složku Ψ_w , je značen jako Ψ_s , jedná se o tlak způsobený rozpuštěnými látkami, klesá se zvyšující se koncentrací rozpuštěných látek

Tlakový potenciál: Jedná se o důležitou složku Ψ_w , je značen jako Ψ_p , patří pod něj turgor

Matriční potenciál: Jedná se o zanedbatelnou složku Ψ_w

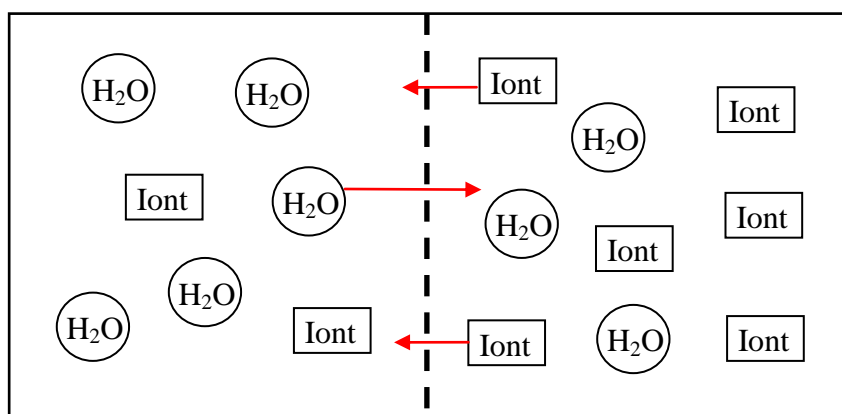
Gravitační potenciál: Jedná se o zanedbatelnou složku Ψ_w

Nevyužitá tvrzení: Nejedná se o složku Ψ_w , je značen jako Ψ_o , stoupá se zvyšující se koncentrací rozpuštěných látek

11) Do textu doplň správné slovo z dvojice uvedené v závorce:

vyšší, nižší, propustné, přímo, nízké, krátké, buněk, zvýšena, buňkou, plynném, do, do

12) Na obrázku jsou znázorněny dva různě koncentrované roztoky oddělené propustnou membránou, ve kterých probíhá difuze. Pomocí šipek znázorni (zakresli přesun molekul vody případně iontů rozpuštěné látky), jak budou oba roztoky vypadat chvíli, kdy difuze přestane probíhat:



Molekuly vody i ionty prochází volně propustnou membránou. Míří z míst, kde mají vyšší koncentraci do míst s nižší koncentrací až do vyrovnání své koncentrace (množství molekul) na obou stranách membrány (4 H₂O a 4 ionty na každé straně)

13) Ve tvrzeních o osmóze najdi chyby (škrtni chybnou část) a tvrzení oprav:

Osmóza probíhá přes ~~propustnou~~ **polopropustnou** membránu.

Dochází během ní k transportu ~~iontů~~ **molekul vody** do míst s ~~nižší~~ **vyšší** koncentrací rozpuštěných látek.

Probíhá až do vyrovnání koncentrace na obou stranách membrány. **(Tvrzení je v pořádku.)**

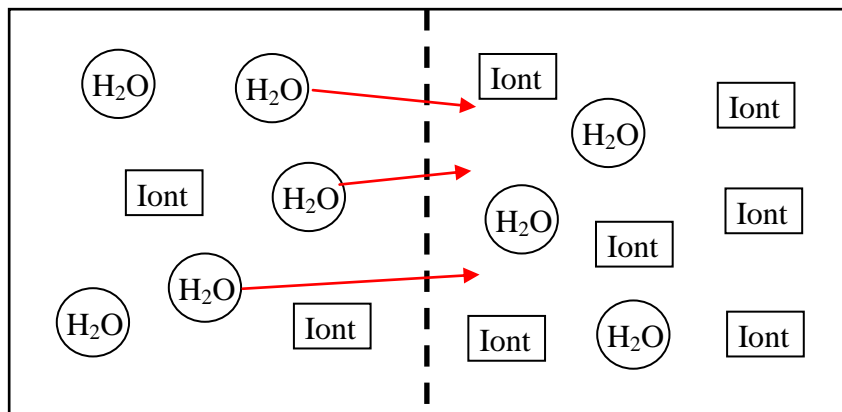
Jedná se o ~~aktivní~~ **pasivní** děj, takže na něj rostlina nespotřebovává energii.

Tento proces zahrnuje změnu objemu vody a tedy i změnu tlaku (turgoru buněk). **(Tvrzení je v pořádku.)**

Rostlina může osmózu regulovat transportem K^+ přes membránu. (Tvzení je v pořádku.)

Zvýšením koncentrace K^+ dochází ke snížení zvýšení osmotického tlaku, čímž je zvýšen snížen vodní potenciál a voda putuje do buňky.

- 14) Na obrázku jsou znázorněny dva různě koncentrované roztoky oddělené polopropustnou membránou, ve kterých probíhá osmóza. Pomocí šipek znázorni (zakresli přesun molekul vody případně iontů rozpuštěné látky), jak budou oba roztoky vypadat ve chvíli, kdy osmóza přestane probíhat:



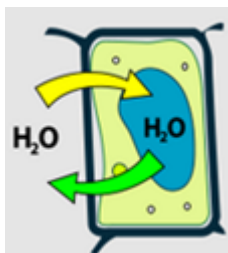
Ionty nemohou projít polopropustnou membránou. Dochází tedy pouze k transportu molekul vody do míst s vyšší koncentrací iontů až do vyrovnání koncentrací na obou stranách membrány (na 1 iont připadá 1 H_2O na obou stranách membrány).

- 15) Schematicky zakresli buňku ve třech možných prostředích (nakresli buněčnou stěnu, cytoplazmatickou membránu a velikost vakuoly), pomocí šipky znázorni směr osmózy (transport molekul vody z nebo do buňky) a zapiš, jak se změnil turgor v buňce:

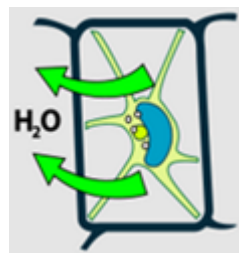
Izotonické prostředí

Hypertonické prostředí

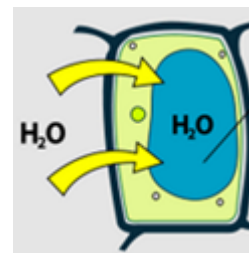
Hypotonické prostředí



Turgor: se nemění



Turgor: se snižuje



Turgor: se zvyšuje

16) Stručně vysvětli pojmy:

Plazmoptýza: **prasknutí buňky (díky vysokému turgoru)**

Plazmolýza: **odchlípnutí membrány od buněčné stěny**

Deplazmolýza: **membrána opět dolehne na buněčnou stěnu**

Kapitola 5: Voda v půdě

17) Doplně slova do textu, využij k tomu slova z nabídky ve vhodném tvaru:

složka, objemu, organickými, prostor, póry, velké, proteče, dostupná, textura, půdní částice, nedostupná, evaporace, transpirace, vodní potenciál, vadne.

Kapitola 6: Příjem vody kořeny, radiální transport vody do xylému

18) Seřaď jednotlivé části kořene podle toho, v jakém pořadí přes ně prochází voda přijatá z půdy (pomocí čísel 1 až 5):

1. kořenové vlásky, 2. rhizodermis, 3. primární kůra, 4. endodermis, 5. xylém ve středním válci

19) K jednotlivým **částem kořene** přiřaď tvrzení, která se jich týkají:

Rhizodermis: Jedná se o vnější vrstvu kořena, která ho chrání, její buněčná stěna se vychlípne.

Endodermis: Obsahuje Caspariho proužky, je bariérou proti infekci, voda je přes ni transportována výhradně symplastickou cestou, je bariérou zdržující transport vody do středního válce, zabráňuje zpětnému toku vody z rostliny do půdy.

Kořenové vlásky: Primárně slouží k příjmu vody z půdy, tvoří se v místě s největší vlhkostí půdy, jedná se o vychlípěnou buněčnou stěnu.

Primární kůra: Nachází se mezi endodermis a rhizodermis, voda je přes ni transportována symplastickou nebo apoplastickou cestou.

20) Pomocí písmen označ, která tvrzení se týkají symplastické cesty (**S**), apoplastické cesty (**A**), případně obou cest (**SA**):

Řešení: S, SA, S, S, A, S, A, A, SA, S

21) Doplně slova do textu, využij k tomu slova z nabídky ve vhodném tvaru:

regulace, Caspariho proužky, endodermis, mezibuněčné prostory, cytoplazmatická, buněčné stěny, transport. cytoplazmu, akvaporinové, středního válce, transpiraci

Kapitola 7: Transpirační proud – dálkový xylémový transport

22) K **pojům** přiřaď vysvětlení:

Kavitace a embolie: Narušení soudržnosti vody ve vodivých drahách xylému a následné vniknutí plynu a přerušení transportu vody.

Transpirační proud: Transport vody a v ní rozpuštěných látek vedoucí z kořenů do míst, kde probíhá transpirace.

Vodní sloupec: Voda obsažená v cévách a cévicích xylému. Zůstává soudržná díky kohezi a adhezi molekul vody.

23) V následujícím výpisu různých přírodních podmínek a možných situací podtrhni ty, které mohou vést ke kavitaci a následné vzduchové embolii:

Vysoká transpirace během poledne, teploty pod bodem mrazu, nedostatek vody v půdě, mechanické poškození rostliny.

24) Uveď jeden způsob, jak může rostlina napravit již vzniklou vzduchovou embolii a obnovit transpirační proud v dané cévě či cévici:

Možnost 1: Transport vody z okolních parenchymatických buněk do cévy/cévice díky zvýšení koncentrace osmoticky aktivních látek.

Možnosti 2: Vytlačení vzduchu kořenovým vztlakem.

Kapitola 8: Kořenový vztlak

25) K **pojům** přiřaď vysvětlení:

Gutace: Výdej kapalné vody skrz hydratody.

Exsudace: Ronění xylémové šťávy v místě poškození xylému.

Kořenový vztlak: Proces, jímž je vytlačována voda do nadzemních částí rostliny díky pozitivnímu hydrostatickému tlaku.

26) Uveď, pro které rostliny a v jakém ročním období má kořenový vztlak největší význam:

Na jaře před vyrašením listů u opadavých stromů a keřů (krytosemenné rostliny).

Kapitola 9: Transpirace

27) K jednotlivým plynům napiš, při jakém procesu jsou skrz průduchy přijímány či vydávány:

| / | Příjem do rostliny | Výdej do atmosféry |
|---------------|---------------------|---------------------|
| Oxid uhličitý | Fotosyntéza | Dýchání (respirace) |
| Kyslík | Dýchání (respirace) | Fotosyntéza |
| Vodní pára | / | Transpirace |

Rostlina prostřednictvím průduchů vodu nepřijímá, pouze ztrácí. K příjmu vody slouží kořeny.

28) Z dvojice podtrhni tvrzení, které popisuje přírodní podmínky nebo stav svěřacích buněk při uzavření průduchu:

Noc / Účinek slunečního záření

Suchá půda / Vlhká půda

Vysoký turgor / Nízký turgor

Vysoký osmotický tlak / Nízký osmotický tlak

Vysoký obsah vody / Nízký obsah vody

Vysoký obsah K^+ / Nízký obsah K^+

Vysoký obsah ABA / Nízký obsah ABA

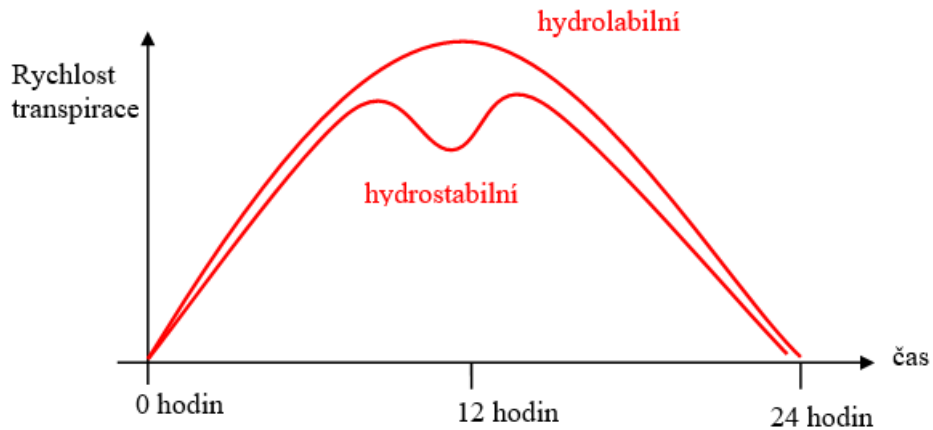
Sluneční záření vede k otevření průduchu, aby mohlo být přijato CO_2 pro fotosyntézu (v noci se tedy průduch opět uzavírá).

Při suchu se zvyšuje koncentrace ABA ve svěřacích buňkách, to vede k transportu K^+ z buňky (snížení osmotického tlaku), následované transportem vody z buňky (nízký obsah vody a tedy nízký turgor) čímž je průduch uzavřen.

29) Seřad' věty tak, aby popisovaly výdej vody přes průduch (čísla 1-6):

Pořadí vět: 2, 4, 6, 5, 1, 3

30) Do grafu zakresli přibližnou rychlost transpirace pro hydrolabilní a hydrostabilní rostliny (zohledni otevřenost průduchů během poledne a v noci):



Hydrostabilní rostliny uzavírají průduchy během poledne (pokles křivky), aby šetřily vodou. Hydrolabilní rostliny mají průduchy neustále otevřené, rychlost transpirace se tedy zvyšuje s teplotou.

Kapitola 10: Vodní bilance rostliny

31) Následující tvrzení zapiš pomocí matematických symbolů (= + - / *):

- a) Vodní bilance = absorpce – transpirace
- b) Obsah vody = $(m_{\text{čerstvá}} - m_{\text{sušina}}) / m_{\text{čerstvá}} * 100$

32) Vypočítej obsah vody v rostlině, jejíž čerstvá hmotnost je 126 g a hmotnost její sušiny je 32 g:

$$m_{\text{čerstvá}} = 126 \text{ g}$$

$$m_{\text{sušina}} = 32 \text{ g}$$

$$\text{Obsah vody} = ?$$

Obsah vody = $(m_{\text{čerstvá}} - m_{\text{sušina}}) / m_{\text{čerstvá}} * 100$ (tento vztah žáci sestavili v předchozí úloze)

$$\text{Obsah vody} = (126 - 32) / 126 * 100 = 74,6 \%$$

Rostlina obsahovala 74,6 % vody.

33) Přiřaď k **pojům** vysvětlení a přibližné procentuální množství přijaté vody, kterou rostlina tímto způsobem využije:

Hydratační voda: 0,9 % Je voda využita k bobtnání pletiv.

Voda v metabolismu: 0,1 % Je voda využita pro chemické reakce v rostlině.

Transpirační voda: 99 % Je voda, která rostlinu zase opouští.

34) Seřad' tvrzení v tabulce tak, aby text popisoval průchod vody rostlinou:

Pořadí v prvním sloupci: 4, 1, 7, 3

Pořadí v druhém sloupci: 5, 8, 2, 6

Kapitola 11: Adaptace hydrofytů a xerofytů

35) Spoj **typ adaptace** s tvrzeními, která se jich týkají:

Konstituční adaptace: Přítomné u všech jedinců daného druhu, patří sem: typ fotosyntézy, patří sem: sukulence, patří sem: umístění průduchů (např. jejich zanoření do mezofylu)

Aklimatizační adaptace: Mohou se lišit u jedinců téhož druhu svou mírou, jsou vyvolané působením ekologických faktorů, mohou se lišit v rámci jedné rostliny, patří sem: délka a hustota průduchů, patří sem: změna tloušťky mezofylu listu, patří sem: velikost a hustota trichomů, patří sem: rychlost fotosyntézy

36) Vyber správné slovo z dvojice tak, aby text popisoval slunný list:

menší, větší, silnější, větší, méně, menší, větší, menší, vyšší

37) Pomocí písmene označ, která tvrzení se týkají xerofytů (**X**) a která hydrofytů (**H**):

Řešení: H, X, X, H, X, H, H, X, X, X, H, X

38) Dopln' název skupiny k jejímu popisu a napiš, jestli patří mezi hydrofyty nebo xerofyty:

1. Rostliny s plovoucími listy, hydrofyty

2. Kaktusy, xerofyty

3. sukulenty, xerofyty

4. rostliny stojatých vod, hydrofyty

3.7 Návrhy praktických úloh

Ke kvalitní středoškolské výuce biologie neodmyslitelně patří laboratorní cvičení. Praktické úlohy, které se v těchto cvičeních realizují, zvyšují zájem žáků o předmět a také názornost samotné výuky. To se týká nejen úloh využívajících mikroskop, ale všech prakticky prováděných úloh. V ideálním případě by praktické úlohy měly doplňovat základní učivo každého tematického celku. Možnosti realizace praktických úloh jsou ovšem závislé na

časové dotaci předmětu, materiální vybavenosti školy a dostupnosti potřebného biologického materiálu.

V tematickém celku vodní provoz rostlin je možné realizovat mnoho cvičení. Některá z nich jsou však časově velmi náročná, neboť zkoumají děje probíhající přímo v rostlině a není možné je urychlit. To může být překážkou pro jejich realizaci během jedné vyučovací hodiny.

1. Pozorování procesu osmózy:

- Příprava okurkového salátu. V případě buněk okurky seté (*Cucumis sativus*) je možné provést makroskopické pozorování osmózy. Po nastrouhání okurky je do směsi přidána sůl a cukr, čímž se zvýší koncentrace okolí. Buňky v hypertonickém prostředí začnou postupně ztrácet vodu, kterou je možné pozorovat po přibližně půl hodině. Vzniklý okurkový salát je možné konzumovat, pokud byla úloha provedena mimo laboratoř biologie (tedy v domácím prostředí nebo ve třídě), jelikož by se jednalo o porušení laboratorního řádu.
- Pokus se slepičím vejcem. Je nutné předem rozpustit skořápku (vejce naložíme na minimálně dva dny do octu). Poté můžeme vejce ponořit do destilované vody (simulace hypotonického prostředí) nebo roztoku s přidaným cukrem – nasycený roztok (simulace hypertonického prostředí). Po čase (nejméně 30 minut) můžeme pozorovat změny na vejci (změnu hmotnosti prokázanou vážením). Pokud bude vejce ponecháno v roztoku po delší dobu (jeden den), budou změny dobře pozorovatelné pouhým okem (výrazná změna velikosti). Je vhodné mít jedno vejce pro každý roztok. Vejce lze také nahradit použitím gumových medvídků.
- Pozorování plazmolýzy buněk cibule. Pod mikroskopem jsou pozorovány buňky pokožky suknice cibule kuchyňské (*Allium cepa*), která byla přibližně patnáct minut ponořena v roztoku s rozpuštěnou solí. Je možné použít řadu roztoků s různou koncentrací a pozorovat míru plazmolýzy buněk cibule.
- Pozorování stonků pampelišky. Stonky pampelišky smetánky (*Taraxacum officinale*) rozřežeme na pásy a vložíme do destilované vody. Po čase dochází k jejich svinutí, neboť buňky na vnější straně jsou kryté kutikulou (nemohou přijímat vodu), zatímco buňky na vnitřní kutikulu nemají (přijímají vodu, turgor se zvyšuje a dochází ke svinutí), po vložení do roztoku s NaCl dochází opět k jejich narovnání kvůli ztrátě vody.

2. Výpočet obsahu vody v rostlině:

- Rostlinu zvážíme (její čerstvá hmotnost) a následně sušíme v exsikátoru a průběžně vážíme až do konstantní hmotnosti (rostlina je zcela zbavená vody – jedná se tedy o sušinu). Obsah vody následně vypočítáme podle vztahu: $[m(\text{rostliny}) - m(\text{sušiny})] / m(\text{rostliny}) * 100$. Tuto hodnotu můžeme porovnávat mezi různými druhy rostlin. Obsah vody můžeme počítat buď pro celé rostliny, nebo pro jejich části. V případě materiálu jako jsou semena nebo dřevní části rostliny, je vhodné rostlinný materiál nejprve rozemlít a až poté sušit. Pokud nemáme k dispozici exsikátor, je možné úlohu zadat žákům na doma a nechat je sušit rostlinný materiál na topení a podobně.

3. Příjem vody u mechů:

- Nasbíráme různé druhy mechů podle možností naší lokality a necháme je vyschnout v teplé místnosti (po dobu dvou dnů). Rozdělíme je na vzorky o stejné hmotnosti (vhodná je hmotnost 5 g) a ponoříme do kádinky s vodou. Po jednom dni vzorky vyjmeme, osušíme a provedeme vážení. Podle rozdílů v hmotnosti je možné porovnat schopnost přijmout vodu u různých druhů mechů.

4. Pozorování kořenového vzlaku:

- V květináči předem vypěstujeme vhodné rostliny (v zimním období se dá použít fuchsie (*Fuchsia*), v létě sazenice rajčete (*Solanum lycopersicum*) nebo bramboru (*Solanum tuberosum*) přibližně 2 měsíce staré). Stonek rostliny uřízneme asi 3 cm nad zemí. Na vzniklý pahýl umístíme pryžovou hadičku se skleněnou trubičkou (musí těsnit, ale nesmí poškodit stonek). Do skleněné trubičky nalijeme vodu tak, abychom viděli hladinu (zaznamenáme si ji pomocí fixu). Rostlinu zalijeme a půdu kolem pahýlu stonku přikryjeme alobalem, aby se zabránilo výparu z půdy. Brzy po založení pokusu je možné pozorovat, jak hladina v trubičce stoupá, jelikož je voda vytlačována kořenovým vzlakem. V případě více rostlin můžeme porovnat množství vytlačené vody podle zalití rostlin, nebo vlivem teploty vody (se stoupající teplotou roste i množství vytlačené vody až do dosažení optimální teploty pro danou rostlinu – obvykle kolem 35–45 °C). Připojením manometru k trubičce je možné přímo odečítat kořenový vzlak.

5. Pozorování gutace:

- Jsou potřeba mladé klíčící rostliny obilovin (pšenice (*Triticum*), ječmen (*Hordeum*) nebo oves (*Avena*) s 2 cm dlouhou koleoptilí – pupenová pochva, bývá zaměňována za první list). Rostlinu zalijeme a přikryjeme skleněnou nádobou

(např. velkou kádinkou). Vnitřek nádoby vyložíme vlhkým filtračním papírem, čímž zvýšíme vlhkost vzduchu v nádobě. Po nějaké době je možné pozorovat kapičky vody na vrcholku koleoptile.

6. Důkaz transpirace:

- Do odměrného válce s vodou dáme větvičku lípy (*Tilia cordata*), šeříku (*Syringa vulgaris*) nebo jiné rostliny s mnoha listy (v zimním období lze použít také větvičku tisu (*Taxus baccata*) nebo borovice (*Pinus*)). Řez na větvičce musí být čerstvý. Poté do válce přilijeme olej tak, aby vytvořil přibližně 1 cm vrstvu na hladině (tím je zabráněno výparu vody z válce), poznačíme si výšku hladiny a celou soustavu zvážíme. Vystavíme listy přímému slunečnímu záření na přibližně 2 až 3 hodiny. Poté soustavu znovu zvážíme a stanovíme úbytek vody také pomocí odměrného válce (pokud jsou tyto hodnoty stejné, pak byl příjem vody shodný se ztrátou vody prostřednictvím transpirace).

7. Důkaz vedení vody cévními svazky:

- Olistěnou větvičku libovolné rostliny (např. bezu černého (*Sambucus nigra*), lípy srdčité (*Tilia cordata*), trnovníku akátu (*Robinia pseudoacacia*), nebo rostliny fazole obecné (*Phaseolus vulgaris*) vysoké asi 50 cm) umístíme na několik hodin do obarvené vody (např. červeným inkoustem, nebo fuchsinem). Rozřežeme (v různé výšce, včetně listů) a pozorujeme, které části rostliny byly obarveny. K pozorování lze využít mikroskop, ačkoliv je obarvení obvykle viditelné pouhým okem. Před umístěním do vody je vhodné nechat rostliny trochu uvadnout a následně je vystavit slunečnímu záření, aby se zesílila transpirace a barvivo proniklo snáze do rostliny.

8. Pozorování anatomických struktur pod mikroskopem:

Výuka fyziologie rostlin a vodního provozu rostlin je úzce spjatá s výukou anatomie rostlin, jelikož popisované děje probíhají v rostlinných orgánech a pletivech, které již žáci znají z anatomie rostlin. Výuku vodního provozu rostlin lze tedy obohatit o mikroskopické pozorování anatomických struktur, ve kterých dochází k příjmu, vedení a výdeji vody.

Mezi pozorování můžeme zařadit:

- Kořen: vhodný k mikroskopickému pozorování je příčný řez kořene kosatce (*Iris*) – předem namočené kousky kořene, hrachu setého (*Pisum sativum*) a bobu obecného (*Vicia faba*) – několik dní naklíčená semena.

- Kořenové vlášení: pomocí lupy pozorujeme kořenové vlášení u semene hořčice bílé (*Sinapis alba*) – naklíčené na vlhké vatě během několika dnů.
- Cévy a cévice dřevin: pozorujeme příčný řez sekundárním vodivým pletivem. Vhodné jsou větvičky borovice (*Pinus*) a lípy (*Tilia cordata*) – šířka tužky, naložené několik dní v glycerolu, aby změkly.
- Aerenchym: zhotovíme příčný řez stonku (vhodný je šáchor střídavolistý (*Cyperus alternifolius*) nebo rdest vzplývavý (*Potamogeton natans*)), zde pozorujeme pod mikroskopem aerenchym a uzavřené kolaterální cévní svazky.
- Epidermis a stomata: pomocí bezové duše zhotovíme příčný řez listem, primárně pozorujeme svěrací buňky a průduchovou štěrbinu. Vhodné jsou listy rostlin: česnek medvědí (*Allium ursinum*), tenura páskovaná (tchýnin jazyk, *Sansevieria trifasciata*), leknín bílý (*Nymphaea alba*) a jehlice borovice černé (*Pinus nigra*).
- Otiskové preparáty stomat: preparát zhotovíme pomocí bezbarvého laku na nehty (naneseme na vybrané místo a necháme zaschnout) a průhledné izolepy (zaschlý lak stáhneme a přilepíme na podložní sklíčko. Pozorujeme pod mikroskopem. Vhodné rostliny jsou: kaprad' samec (*Dryopteris filix-mas*) společně s kosatcem (*Iris*) nebo ladoňkou sibiřskou (*Scilla siberica*).

9. Terénní cvičení:

Praktickou výuku můžeme obohatit také o vycházky do přírody podle možností lokality dané školy. Lze pozorovat hydrofyty a xerofyty v jejich přirozeném prostředí. Ráno a po dešti můžeme pozorovat gutaci a na jaře je možné vidět na pařezech mízu vytlačenou kořenovým vztlakem.

4 Verifikace vybraných materiálů v praxi

V rámci verifikace byla pro žáky ze středních škol připravena část výukového materiálu. Jednalo se o učivo difuze, osmóza a hromadný tok ze 4. kapitoly. Tato část výukového materiálu byla vybrána kvůli malým požadavkům na předchozí znalosti žáků. V úvahu byla brána také délka kapitoly a použité interaktivní prvky.

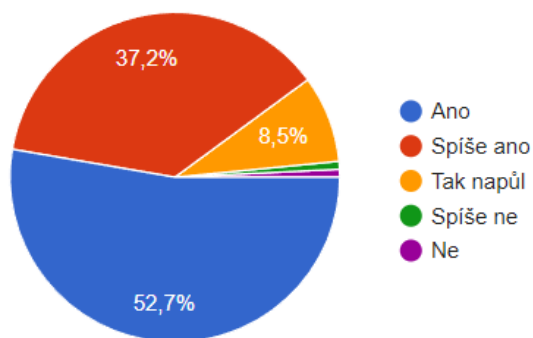
Výukový materiál doplňovaly opakovací úlohy (úloha 12 a 14) kvůli zopakování a upevnění učiva a testové úlohy (úloha 19, 21, 25 a 26).

Verifikace se zúčastnilo 129 žáků. Jednalo se především o žáky Gymnázia Evolution (GEVO) v Praze a další dobrovolníky. Většina zúčastněných navštěvovala první ročník.

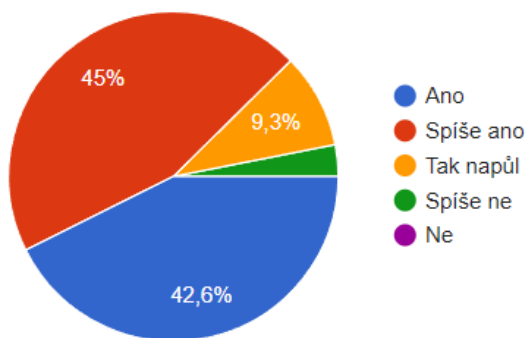
Zpětná vazba od respondentů byla získána prostřednictvím online dotazníku vytvořeného v Google Forms. Podle odpovědí žáci materiál hodnotili kladně včetně interaktivních prvků v podobě animací. I bez asistence pedagoga učivo pochopili a správně odpověděli na většinu testových a opakovacích úloh.

Souhrnné odpovědi žáků jsou uvedeny v grafické podobě vygenerované prostřednictvím Google Forms:

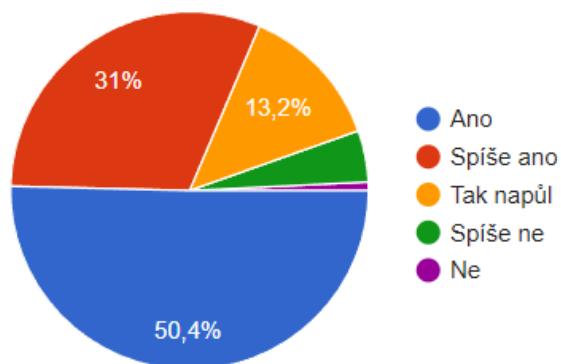
Byl podle tebe výukový materiál přehledně zpracovaný?



Vysvětlil ti výukový materiál učivo tak, abys mu porozuměl/a?



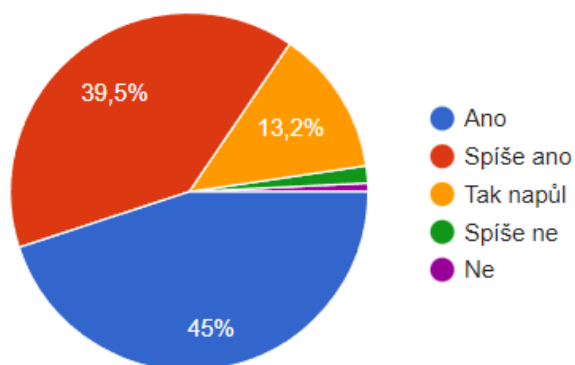
Pomohly ti animace ve výukovém materiálu k pochopení učiva?



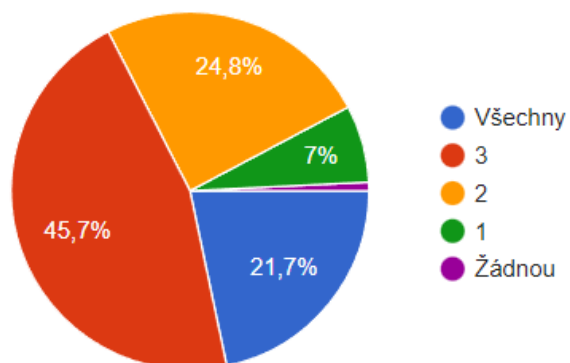
Jak sis vedl/a při zpracování opakovacích úloh?



Pomohly ti opakovací úlohy se zapamatováním učiva?



Kolik testových úloh jsi zodpověděl/a správně?



5 Diskuze

V této části bude pojednáno o několika úskalích spojených s výukou materiálů vytvořených v rámci diplomové práce. Konkrétně se podíváme na problémy spojené s používáním interaktivních tabulí a možné nevýhody plynoucí z rozdělení kapitol výukového materiálu vzhledem k RVP.

5.1 *Problémy spojené s interaktivní tabulí*

V samotném závěru článku od Ondřeje Neumajera (Interaktivní tabule – vzdělávací trend i módní záležitost) můžeme narazit na tvrzení: „Především platí jeden zásadní postulát – není to technika, ale dobře vzdělaný a motivovaný učitel, který dělá učení úspěšným.“ právě to velmi přesně popisuje jeden základní problém spojený s interaktivní tabulí. Ačkoliv jsou školy často dobře technicky vybaveny, tak samotné proškolení pedagogů může pokulhávat. Pokud ředitelé neinvestují čas i prostředky na proškolení pedagogického sboru, tak může potenciálně velmi užitečná a drahá pomůcka skončit jen jako projekční plátno, aniž by byl využit její potenciál. Školení navíc nemůže být omezeno pouze na samotné použití interaktivní tabule, ale musí zahrnovat také práci s programy, ve kterých jsou připravovány materiály pro interaktivní tabuli.

Druhým častým problémem je nedostatečná technická podpora v samotné škole. Pro správné fungování interaktivní tabule je nutný software a konfigurace tabule. Špatné nastavení tabule totiž může vést k tomu, že na nás nebude správně reagovat. Text napsaný přímo na tabuli se zobrazí na jiném místě a podobně. V takovém případě může být tabule často spíše přítěží pro učitele i žáky, než efektivní pomůckou.

5.2 *Komplikace způsobené zařazením tématu do RVP*

Jak bylo zmíněno už dříve, tak téma zpracované v rámci této diplomové práce je možné odučit v rámci biologie rostlin jako celek, nebo ho můžeme rozdělit do více tematických okruhů. Právě při rozdělení tématu nastávají jisté komplikace.

První z nich je ovšem samotné vyřazení kapitoly 2: Fyzikálně-chemické vlastnosti vody. Jak už její samotný název napovídá, tak u této kapitoly máme významnou souvislost rovnou se dvěma dalšími předměty. Voda je jako velký tematický celek vyučována v předmětu chemie, konkrétně v úvodu anorganické chemie, obvykle vyučované na konci prvního nebo začátkem druhém ročníku. Důraz je zde především kladen na molekulu vody a vodíkové vazby. Ve vyučovacím předmětu fyzika jsou vlastnosti vody zařazeny v oblasti stavba a vlastnosti látek. Povrchové napětí a kapilární jevy jsou společně se skupenským teplem zařazeny pod učivo vlastnosti látek, měrná tepelná kapacita je zařazena

do termodynamiky. Toto učivo odpovídá přibližně druhému ročníku gymnázia. Zde se tedy potkáváme s problémem, pokud tuto kapitolu vynecháme během výuky fyziologie rostlin v prvním ročníku biologie. Nejen, že vlastnosti vody žákům nevysvětlíme, ale ani se nemůžeme opřít o práci našich kolegů, jelikož učivo ještě nebylo probráno v chemii ani ve fyzice. Otázky jako: „Proč drží vodní sloupec pohromadě během xylémového transportu? Proč odchod plynné vody do atmosféry ochladí rostlinu?“ pak musíme taktně přeskočit, jelikož se nemůžeme odkázat na princip koheze s adhezí ani na skupenské teplo a maximálně je můžeme zmínit jako pojem. Vynechání fyzikálně-chemických vlastností vody přesto dává v biologii smysl, jelikož bychom tím hodně zasahovali do chemie i fyziky, ačkoliv se tím připravujeme o hlubší pochopení a souvislosti. Možné řešení se pak nabízí v podobě integrace těchto předmětů. Eva Hejnová právě vodu označuje za jedno z témat častých u vnitřní integrace na základních školách ve svém článku: Integrovaná výuka přírodovědných předmětů na základních školách v českých zemích – minulost a současnost. I když se článek věnuje primárně základní škole, tak by samozřejmě bylo možné podobný způsob aplikovat i na střední škole. Právě voda se navíc ideálně hodí k vnitřní integraci, kdy se téma vyučuje z pohledu více předmětů. Žáci by tím pádem získali potřebné znalosti od aprobovaného učitele v danou dobu a mohli je přenést do učiva biologie.

Problematická je také kapitola 4: Vodní potenciál a mechanismy pohybu vody v rostlině. Ačkoliv je vodní potenciál základem pro pohyb vody v rostlině, tak je často z výuky vynechán a žáci se tak s tímto pojmem vůbec neseťkají s výjimkou podrobnějších učebnic, jako je Nový přehled biologie od Stanislava Rosypala. Je to ovšem možné provést, pokud se omezíme na popisování faktorů, které mění vodní potenciál a tím i pohyb vody v rostlině, aniž bychom tento pojem přímo zmínili. Pak tu ale mále ještě mechanismy pohybu vody v rostlině, tedy difuzi a osmózu, které bývají vyučovány podstatně dříve po probrání eukaryotické buňky. V takovém případě je nutné tyto informace žákům vhodným způsobem připomenout a pouze nepředpokládat, že si na ně sami vzpomenou, nebo si je dohledají.

Jsou zde také kapitoly, které zasahují do ekologie, což je poslední biologická oblast uvedená v RVP, často je ovšem vyučována již dříve a v posledním ročníku je prostor věnován pouze biologii člověka a genetice. Pokud bychom se však striktně drželi RVP, pak by kapitola 5: Voda v půdě a 11: Adaptace hydrofytů a xerofytů, byly vyučovány mnohem později než samotný vodní provoz, ačkoliv spolu úzce souvisí. Především kapitola 5 je ovšem nezbytná pro vysvětlení příjmu vody a proto ji alespoň ve stručné podobě obvykle najdeme ve středoškolských učebnicích i u fyziologie rostlin.

Závěr

V rámci diplomové práce byla zpracována literární rešerše, která zahrnovala odbornou část, zařazení tématu do RVP pro gymnázia a didaktickou část pojednávající o motivaci, interaktivní výuce a informačních technologiích. Z výukových materiálů byla připravena výuková prezentace, testové a opakovací úlohy a to včetně autorského řešení a verze pro interaktivní tabuli. Z těchto materiálů byla vybrána část vhodná pro verifikaci, která proběhla na Gymnáziu Evolution v Praze.

Seznam literatury

FELLNER, Martin a Vladimír VINTER. *Fyziologie rostlin*. Univerzita Palackého v Olomouci: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-. [cit. 2023-04-15].

TAIZ, Lincoln, Eduardo ZEIGER, Ian Max MØLLER a Angus MURPHY. *Plant Physiology and Development*. Sixth Edition. Massachusetts U.S.A.: Sinauer Associates, 2014. ISBN 978-1-60535-255-8 [cit. 2023-04-15].

PROCHÁZKA, Stanislav. *Fyziologie rostlin*. Praha: Academia, 1998. ISBN 80-200-0586-2 [cit. 2023-04-15].

RAVEN, Peter H., Ray Franklin EVERT a Susan E. EICHHORN. *Biology of plants*. Eighth edition. New York: W.H. Freeman and Company Publishers, [2013], ©2013. ISBN 14-292-1961-0 [cit. 2023-04-15].

GLOSER, Jan. *Fyziologie rostlin*. 2. rozš. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 1998. ISBN 80-210-1789-9 [cit. 2023-04-15].

PAVLOVÁ, Libuše. *Fyziologie rostlin*. Praha: Karolinum, 2005. ISBN 80-246-0985-. Dostupné z: <http://kfrserver.natur.cuni.cz/studium/prednasky/pavlova/fyzrost/> [cit. 2023-04-15]

ŠETLÍK, Ivan, Frideta SEIDLOVÁ a Jiří ŠANTRŮČEK. *Fyziologie rostlin*. Web.natur.cuni.cz [online]. Jihočeská Univerzita, 2004 [cit. 2023-04-15]. Dostupné z: <http://web.natur.cuni.cz/biochem/kucera/rostliny/is/fyzros.html>

ROSYPAL, Stanislav. *Nový přehled biologie*. Praha: Scientia, 2003. ISBN 978-80-86960-23-4 [cit. 2023-04-15].

BENEŠOVÁ, Marika. *Odmaturuj! z biologie*. 2., přeprac. vyd. Brno: Didaktis, c2013. Odmaturuj!. ISBN 978-80-7358-231-9 [cit. 2023-04-15].

JELÍNEK, Jan a Vladimír ZICHÁČEK. *Biologie pro gymnázia: (teoretická a praktická část)*. 7., aktualiz. vyd. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 2004. ISBN 80-718-2177-2 [cit. 2023-04-15].

Rámcový vzdělávací program pro gymnázia: RVP G [online]. Praha: MŠMT, 2021 [cit. 2023-04-15]. Dostupné z: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcove-vzdelavaci-programy-pro-gymnazia-rvp-g/>

VALIŠOVÁ, Alena a Miroslava KOVAŘÍKOVÁ. *Obecná didaktika a její širší pedagogické souvislosti v úkolech a cvičeních*. Praha: Grada, 2021. Pedagogika (Grada). ISBN 978-80-271-3249-2 [cit. 2023-04-15].

PETTY, Geoffrey. *Moderní vyučování*. 6., rozš. a přeprac. vyd. Praha: Portál, 2013. ISBN 978-80-262-0367-4 [cit. 2023-04-15].

MASLOW, Abraham Harold. *Motivace a osobnost*. Praha: Portál, 2021. ISBN 978-80-262-1728-2 [cit. 2023-04-15].

BÍLEK, Martin; RYCHTERA, Jiří; SLABÝ, Antonín. *Konstruktivismus ve výuce přírodovědných předmětů* [online]. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2008, ISBN 978-80-244-1882-7. [cit. 2023-04-15]. Dostupné z WWW: <http://esfmoduly.upol.cz/publikace/bilek1.pdf>

DOSTÁL, Jiří. *Česká škola* [online]. 28. 4. 2009 [cit. 2023-04-15]. Interaktivní tabule – významný přínos pro vzdělávání. Dostupné z WWW: <http://www.ceskaskola.cz/2009/04/jiri-dostal-interaktivni-tabule.html>

NEUMAJER, Ondřej. *Ondřej Neumajer* [online]. 1. 2. 2008 [cit. 2023-04-15]. Počítačová učebna – opomíjená spotřeba energie. Dostupné z WWW: <https://ondrej.neumajer.cz/interaktivni-tabule-vzdelavaci-trend-i-modni-zalezitost/>

HEJNOVÁ, Eva. *Integrovaná výuka přírodovědných předmětů na základních školách v českých zemích – minulost a současnost*. *Scientia in Education*, 2(2), 77-90. [online]. 20. 12. 2020 [cit. 2023-04-15]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.14712/18047106.24>

Vodní režim rostlin [online]. Akademie věd České republiky [cit. 2023-04-22]. Dostupné z: <https://www.otevrenaveda.cz/cs/kurzy-pro-pedagogy/metodiky-laboratornich-cviceni/>, <https://www.youtube.com/watch?v=nimEwvSta2Y>

VINTER, Vladimír, HAŠLER, Petr. *Praktikum z anatomie vyšších rostlin*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2018. ISBN 978-80-244-5267-8.

GRDIČOVÁ, Bosiljka. *Praktikum z fyziologie rostlin*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1976.

Zdroje obrázků

FELLNER, Martin a Vladimír VINTER. *Fyziologie rostlin*. Univerzita Palackého v Olomouci: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-
Obrázky: Gradient vodního potenciálu, Model akvaporinu (upraveno), Kořenové vlásky, Symplastická a apoplastická cesta, Gutace na listu jahodníku, Průduchy ladoňky sibiřské,

Průduchy bezkolence modrého, Vzorec kyseliny abscisové, průduch borovice černé,
Průduchy kapradě samec, Aerenchym listu sítiny, Systém intercelulár šídlatky, Šídlatka
Graf: Transpirace

TAIZ, Lincoln, Eduardo ZEIGER, Ian Max MØLLER a Angus MURPHY. *Plant Physiology and Development*. Sixth Edition. Massachusetts U.S.A.: Sinauer Associates, 2014. ISBN 978-1-60535-255-8.

Obrázky: Caspariho vlásky, Schéma kořene, Schéma vzduchové embolie

Kořeny. In: *SONNENTOR* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: Zpět ke kořenům - SONNENTOR.com

DEEPWOOD, Lilian. Vodní rostliny. In: *ELEMENT.CZ* [online]. 2014 [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: Kelp - mořská řasa pro zdraví - ELEMENT.CZ

Semena. In: *Fitplody.cz* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.fitplody.cz/seminka/ibk-dynova--tykev--semena-loupana-1000-g/>

Les. In: *Deník.cz* [online]. Shutterstock [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: Tajemství lesa: stromy mají vrásky a vůně vysílají důležité signály ostatním - Deník.cz (denik.cz)

Step. In: *BOTANY.cz* [online]. 2007 [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://botany.cz/cs/pouzdranska-step/>

Rostlina hrachu setého. In: *IReceptář.cz* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.ireceptar.cz/zahrada/hrach-hrasek-pestovani-opory-konstrukce-odrudy-uponky-popinave-20200402.html>

Plody hrachu setého. In: *Zahradkářská poradna* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://zahradkarskaporadna.cz/clanek-28928-hrasek-ma-svuj-cas-jak-se-od-sebe-lisi-hrach-sety-drenovy-cukrový>

Roční období. In: *Wallpapers-fenix.eu* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://cz.wallpapers-fenix.eu/TOP/1072/8654/>

Vločka. In: *Megapixel.cz* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.megapixel.cz/foto/300019>

Kapky vody. In: *Magazín M: Zprávy z MUNI* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.em.muni.cz/vite/3778-proc-jsou-kapky-kulate>

Bruslařka obecná. In: *IReceptář.cz* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.ireceptar.cz/zvirata/bruslarka-hladinatka-a-vodomerka-sportovkyne-v-jezirku.html>

Kapky na okně. In: *Pixabay.com* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://pixabay.com/cs/photos/sklo-okno-d%C3%A9%C5%A1%C5%A5-kapky-de%C5%A1%C4%9B-mokr%C3%BD-2654887/>

Rosa v pavučině. In: *Pixabay.com* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://pixabay.com/cs/photos/pavu%C4%8Dina-pavou%C4%8D%C3%AD-s%C3%AD%C5%A5-rosa-4193/>

Spojené nádoby. In: *Fyzikální kabinet* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://fyzikalnikabinet.cz/pokus/kapilarita/>

Teploměr. In: *Epřístroje.cz* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: https://www.epristroje.cz/nastenny-bimetalovy-teplomer-30-az--50-c--prumer-120-mm/?gclid=EAIAIQobChMIgtLw1Yr__QIVB49oCR1IvQGpEAQYBCABEgJ5O_D_BwE

Průchod vody rostlinou. In: *Twinkl* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.twinkl.cz/parenting-wiki/transpiration>

Haptera. In: *BOTANY.cz* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://botany.cz/cs/kapradorosty/>

HECKER, F. Hydrochorie. In: *Alamy* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.alamy.com/stock-photo/hydrochorie.html?sortBy=relevant>

Leknín. In: *Online zahradnictví Flos* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.zahradnictvi-flos.cz/vodni-a-bahenni-rostliny.html>

Půda. In: *Keliwood* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.keliwood.cz/aktuality/druhy-pudy-kyselost-pudy-humus-cervenec-dil-prvni>

Textura. In: *Runoff Processes* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/runoff_cz/navmenu.php_tab_1_page_4.1.0.htm

Schéma řezu kořene kosatce, Schéma kořene bobu obecného. In: *Web2.mendelu.cz* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z:

https://web2.mendelu.cz/af_211_multitext/obecna_botanika/texty-organologie-primarni_stavba_korene.html

Topol bílý. In: *Wikipedie* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Topol>

Exsudace. In: *Izahradkář.cz* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://izahradkar.cz/kalendarium-zahradkare/okrasna-zahrada/dreviny-se-silnym-mizovym-tokenem-prorezeme-pozdeji/>

Schéma hydatody. In: *Docplayer.cz* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/93362764-Biologie-fyziologie-rostlin-botanika.html>

Pokožka listu. In: *Web2.mendelu.cz* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/prijem_zivin/prijem_mimokorenovy.htm

Schéma stavby listu. In: *Agromanual.cz* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/index.php?page=clanky/vyziva-a-stimulace/listova-hnojiva/kdy-proc-a-jak-pouzivat-mimokorenovou-aplikaci-zivin>

Schéma CAM cyklu. In: *Wikipedie* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CAM-cycle_\(cs\).png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CAM-cycle_(cs).png)

Sukulence listu aloe. In: *Green Idea* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.topvet.cz/herbar/aloe-vera>

Trichomy tykve turka. In: *Botanika.upol.cz* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <http://www.botanika.upol.cz/atlas/anatomie/anatomieCR18.pdf>

Leknín bílý. In: *Wikipedie* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Nymphaea_alba

Stulík žlutý. In: *Gardeo* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://gardeo.cz/produkt/stulik-zluty-nuphar-lutea/>

Sukulenty, Kaktusy. In: *InStory.cz* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://hobby.instory.cz/4584-sukulenty-jsou-krasne-rostliny-ktere-zvladne-vypestovat-i-uplny-zacatecnik.html>

Aloe pravá (aloe vera). In: *POSHme* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.poshme.cz/clanek/200/vypestujte-si-doma-aloe-vera/>

Pampeliška rostoucí z pukliny v chodníku. In: *Flowee* [online]. [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: <https://www.flowee.cz/profily/102-archiv-2017/on-air/blogy/2709-michal-caganek-pampeliska-v-betonu>

Pampeliška rostoucí na louce u lesa. In: *Náš REGION* [online]. [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: <https://nasregion.cz/zluty-plevel-v-travniku-pampeliska-levny-a-chutny-zazrak-169007/>

Líska v létě. In: *Okrasné dřeviny* [online]. [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: <http://www.dreviny-okrasne.cz/listnace/liska/corylus-avellana>

Líska v zimě. In: *Zahrada-cs.com* [online]. [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: <https://www.zahrada-cs.com/ei/cz/01107-05-1%C3%ADska-obecn%C3%A1/>