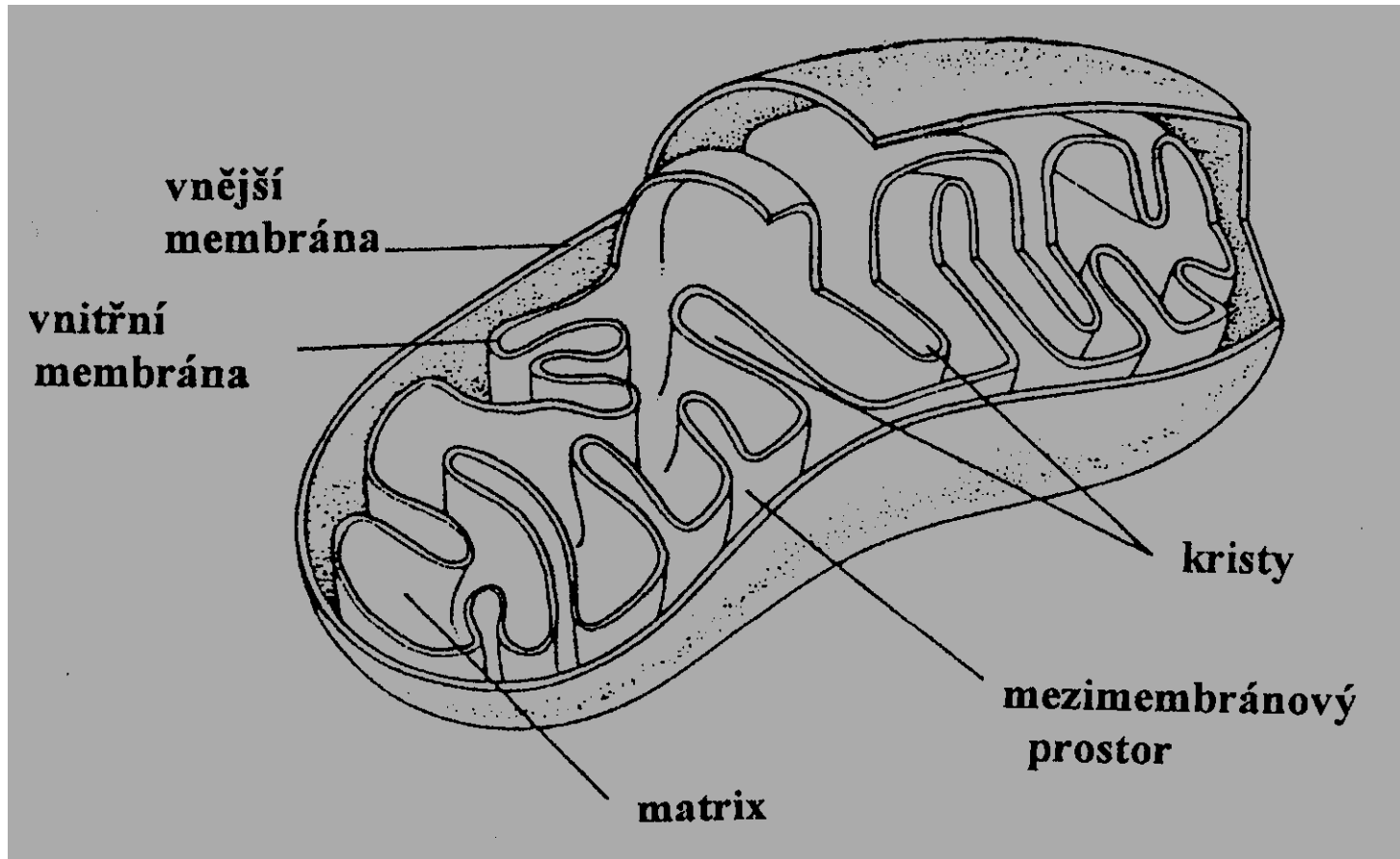

DÝCHÁNÍ ROSTLIN

- systém postupných oxidoredukčních reakcí v živých buňkách, při kterých se z organických látek uvolňuje energie, která je zachycena jako krátkodobá energetická zásoba v ATP,
 - umožňují enzymatické systémy živé protoplazmy, nezbytný je kyslík,
 - v průběhu procesu se uvolňují redukční ekvivalenty a vytvářejí se meziprodukty - uhlíkové skelety,
 - jeho všechny produkty jsou nezbytné pro zabezpečení růstu rostliny, udržení jejích struktur a funkcí, pro transport látek a příjem iontů.
-

Mitochondrie



- Stavba mitochondrie (dle Taize a Zeigera 1991, upraveno).

Obecná charakteristika dýchání

Dýchání lze rozdělit na dva procesy:

1. Uvolnění redukčních ekvivalentů ze substrátů bohatých na vodík za vzniku CO_2 :



2. Redukce molekulárního kyslíku vodíkovými ionty za vzniku vody:



kde:

e^- jsou volné elektrony a H^+ vodíkové ionty.

Základní schematické vyjádření procesu dýchání

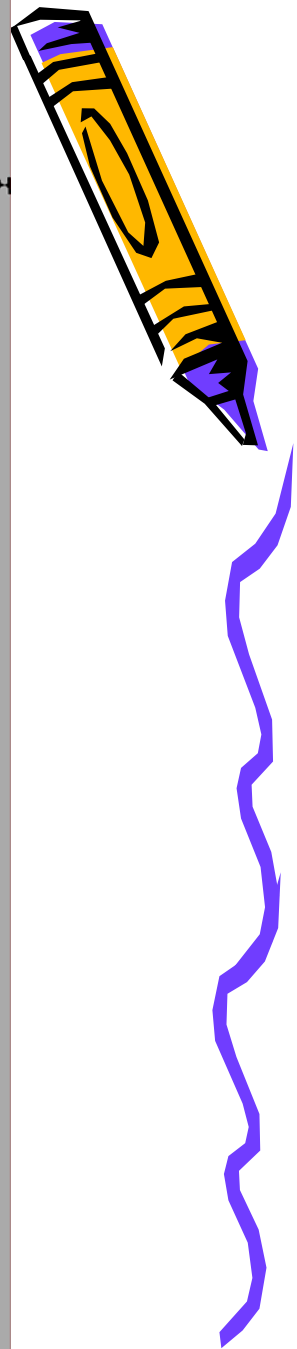
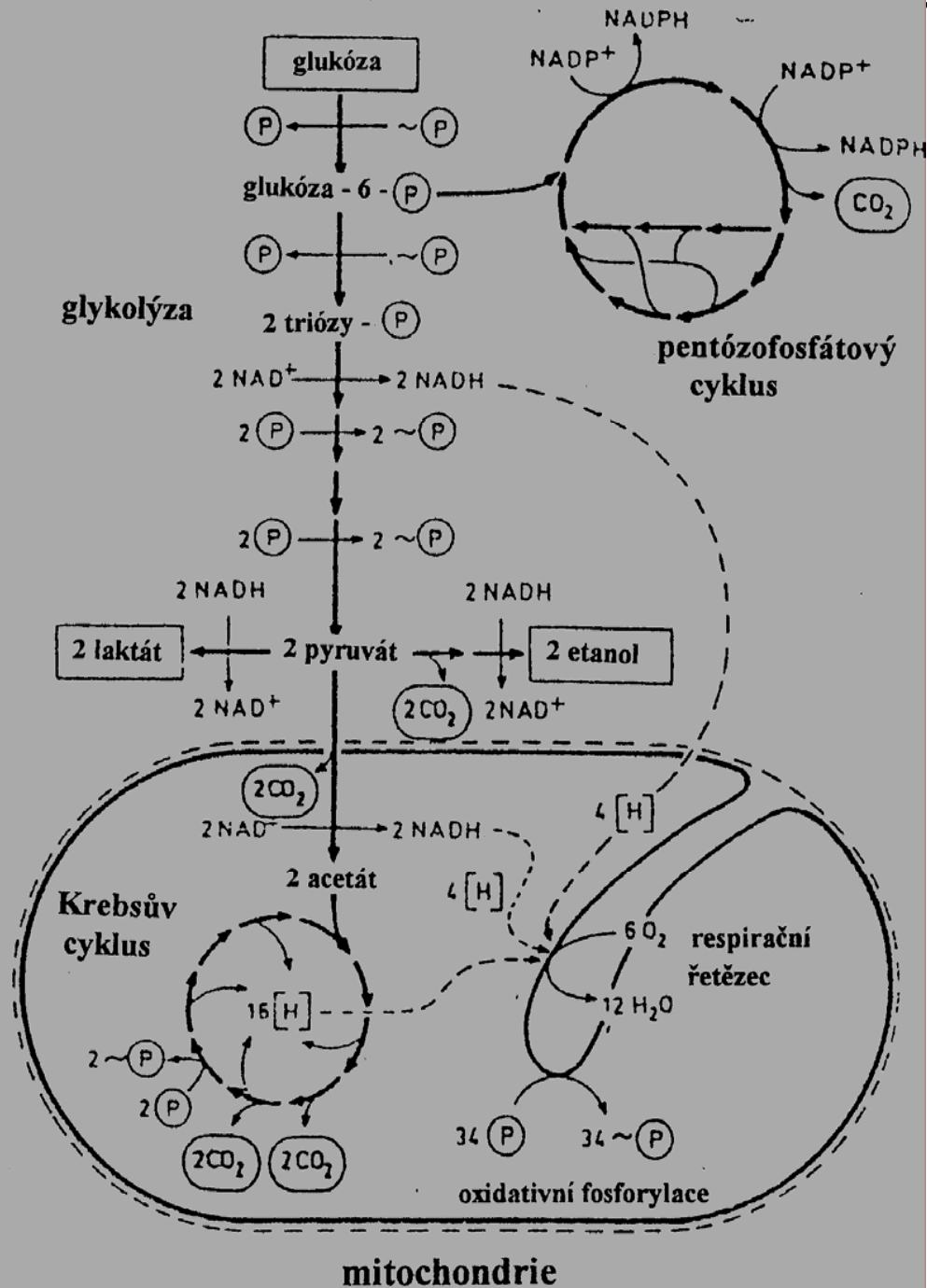
Pro většinu rostlin jsou hlavním substrátem pro dýchání cukry. Schematicky lze vyjádřit dýchání následujícím vztahem:



Základní fáze dýchání

- glykolýza - první fáze dýchání,
 - Krebsův cyklus - druhá fáze dýchání,
 - dýchací řetězec a oxidační fosforylace – třetí fáze dýchání.
-

Schéma celkového rozkladu glukózy (upraveno dle Mohra a Schopfera 1995).



Glykolýza - první fáze dýchání

- rozklad glukózy na pyruvát v cytozolu rostlinné buňky,
- jako základní substráty ke glykolýze jsou využívány zejména glukóza a fruktóza, které vznikají rozkladem sacharózy a škrobu,
- probíhá bez potřeby kyslíku,
- je společnou cestou dýchání i kvasných procesů,
- souhrnně při glykolýze vznikají z 1 molekuly hexózy 2 molekuly ATP a 2 molekuly NADH,
- při reakcích glykolýzy vznikají kromě pyruvátu také další důležité sloučeniny pro metabolismus rostliny, např. celulóza, tuky a mastné kyseliny, bílkoviny, fytohormony (gibereliny, ABA apod.).

Krebsův cyklus - druhá fáze dýchání

- probíhá v aerobních podmínkách **v matrix mitochondrie**,
 - aerobní oxidace pyruvátu, který do cyklu vstupuje ve formě acetylkoenzymu A,
 - acetyl-CoA vzniká kromě tohoto způsobu ještě při odbourávání aminokyselin a při oxidaci mastných kyselin,
 - acetyl se nejprve váže na oxalacetát za vzniku citrátu, jeho postupná oxidace přes řadu meziproductů (trikarbonové kyseliny) je doprovázena odštěpováním atomů vodíku a molekul CO_2 , výsledným produktem této oxidace je opět oxalacetát,
 - stupňovitá oxidace pyruvátu v Krebsově cyklu uvolňuje energii, kterou uchovává ve formě **2 ATP, 8 NADH+H⁺ a 2 FADH+H⁺**,
 - produkty Krebsova (citrátového) cyklu jsou prekurzory vzniku dalších důležitých sloučenin, zejména bílkovin, aminokyselin a porfyrinů jako chlorofylů, fytochromů, cytochromů a dalších.
-

Dýchací řetězec a oxidační fosforylace – třetí fáze dýchání

- umístěny na vnitřních membránách mitochondrií,
 - elektrony a vodíkové ionty jsou z $\text{NADH} + \text{H}^+$ a $\text{FADH} + \text{H}^+$ přenášeny přes flavinové enzymy a cytochrom na kyslík, který je takto redukován na H_2O ,
 - volná energie přenosu elektronů je využita pro tvorbu makroergických vazeb při využití anorganického fosforu a ADP a vzniká ATP (**oxidační fosforylace**),
 - při oxidaci 1 molekuly NADH se získají 3 molekuly ATP a při oxidaci 1 molekuly FADH vznikají 2 molekuly ATP. Celkově při oxidační fosforylaci vznikne **34 molekul ATP**.
-

Při úplném rozkladu 1 molu (180 g) glukózy na oxid uhličitý a vodu je uvolněna energie, která je vázána v **38 molekulách ATP**. Jestliže na fosforylaci jedné molekuly ATP je potřeba 29,3 kJ energie, pak při vzniku 38 ATP je zachyceno 1.114 kJ energie. Jak již bylo uvedeno, v molekule glukózy je vázáno 2.884,5 kJ energie, což znamená, že biologickou oxidací jedné molekuly glukózy se získá **40% energie využitelné v biologických procesech**, zbytek tvoří ztrátu ve formě tepla.

Význam dýchání pro rostliny

Dochází při něm dochází k tvorbě následujících produktů:

- energetického zdroje ve formě ATP,
 - různých meziproductů, které slouží jako substráty k tvorbě rostlinného těla,
 - část energie je degradována a uvolňuje se do okolního prostředí ve formě tepla.
-

Substráty pro dýchání a respirační koeficient (RQ)

- respirační koeficient je definován jako poměr mezi množstvím vytvořeného CO_2 ku množství spotřebovaného O_2 ,
- hodnota respiračního koeficientu se snižuje, pokud je substrát pro dýchání tvořen látkami chudšími na kyslík a bohatšími na vodík,
- tak lze určit, který substrát byl prodýchán:
 - $\text{RQ} > 1$ org. kyseliny
 - $\text{RQ} = 1$ cukry
 - $\text{RQ} = 0,7$ bílkoviny
 - $\text{RQ} = 0,4$ tuky

Metody měření rychlosti mitochondriálního dýchání (R_D)

Metody gravimetrické - např. terčíková metoda,

- jsou založeny na měření úbytku hmotnosti sušiny během sledovaného období.

Metody gazometrické

- podstatou je sledování rychlosti výdeje CO_2 nebo spotřeby kyslíku,
- rostlina nebo její část musí být umístěna v uzavřeném prostoru.

Metody biochemické

Metody stanovením tepla uvolněného při dýchání rostlinného materiálu

Vliv vnitřních faktorů na dýchání

Udržovací a růstové dýchání

Vliv vnitřních faktorů na rychlost dýchání

- Dýchání a fotosyntéza
 - Dýchání a obsah vody v rostlině
 - Dýchání a vývoj rostliny
-

Udržovací a růstové dýchání

Udržovací dýchání

- slouží k udržení existence dospělých buněk a jejich životních pochodů v podmínkách, kdy rostlina neroste.

Růstové dýchání

- je spojeno s přeměnou organických látek při vytváření nových buněčných struktur během růstu rostliny.
-

Dýchání a fotosyntéza

- jsou-li podmínky fotosyntézy nad kompenzačním bodem, je možné stanovit rozdíl mezi celkovou fotosyntetickou produkcí sušiny a spotřebou asimilátů při dýchání jako tzv. **čistou fotosyntézu**,
 - rychlost výdeje CO_2 v noci odpovídá asi 14% denního příjmu při fotosyntéze,
 - za předpokladu rovnoměrného dýchání i během dne je za 24 hodiny prodýcháno asi 25% vytvořených asimilátů,
 - v průměru ztrácí rostlina za 24 hodiny 1 až 2% svého obsahu uhlíku na udržovací složku dýchání.
-

Dýchání a obsah vody v rostlině

- např. při zvýšení vlhkosti semen obilí na 14 až 15% se zvyšuje rychlost jejich dýchání asi 4 - 5krát a při vlhkosti 30-35% až tisíckrát.



Dýchání a vývoj rostliny

Rychlost dýchání (R_D) není stálou hodnotou, je ovlivňována **druhem rostliny, fází růstu a vývoje.**

- Suchá semena vers. klíčící semena,
 - dormance vers. období aktivního růstu,
 - mladé rostoucí orgány vers. staré části kořenů, dospělé listy apod.,
 - v období rychlého růstu dýchají intenzivně celé rostliny, rychlost dýchání se ještě zvyšuje v období kvetení, a potom klesá v období tvorby a zrání semen,
 - dýchání vlastního plodu se rovněž snižuje až do fáze klimakteria, kdy dochází k prudkému zvýšení respirace.
-

Vnější faktory ovlivňující dýchání rostlin

- anaerobní podmínky (nedostatku kyslíku)
 - světelné záření
 - teplota
 - zasolení půdy
 - kontaminace těžkými kovy
 - napadení patogeny
-

Vliv anaerobních podmínek (nedostatku kyslíku)

- rostliny mohou být vystaveny buď tzv. **hypoxii** (sníženému množství O_2 v půdě) nebo tzv. **anoxii** (úplnému nedostatku O_2 v půdě)
 - alkoholové kvašení – produktem je etanol a CO_2
 - mléčné kvašení – produktem je laktát, neprodukuje CO_2
 - v menší míře mohou probíhat i máselné kvašení, octové kvašení a jiné fermentační procesy
 - kvašením dochází k uvolnění téměř 20x menšího množství energie než u aerobního dýchání,
 - produkty těchto metabolismů jsou pro buňky toxické a mohou při dlouhodobějším působení vést až k odumírání buněk.
-

Vliv světelného záření

- dýchání světlomilných rostlin je intenzivnější než u rostlin stínomilných.

Vliv teploty

- Za teplotní optimum pro dýchání se u většiny rostlin považují teploty mezi 30 až 40°C,
 - Ke snížení rychlosti dýchání dochází až při teplotách nad 40 – 45°C. Při těchto teplotách se již narušuje činnost enzymů a rychlost dýchání prudce klesá.
 - Teplotní minimum pro dýchání závisí na druhu rostliny:
 - rostliny přezimující, pupeny stromů s opadavými listy a jehlice konifer dýchají ještě při teplotách -20 až -25°C,
 - teplomilné rostliny jsou poškozovány i teplotami nad bodem mrazu.
-

Vliv zasolení

- rostliny intenzivněji dýchají, protože mají vyšší energetické vydání na pohon iontových pump k transportu iontů solí z cytoplazmy do vakuol a vydávají vyšší energii na tvorbu osmoticky aktivních látek
-

Kontaminace těžkými kovy

- kontaminace způsobuje buď porušení membrán, nebo narušuje enzymatický systém buněk,
 - rostliny se brání škodlivému vlivu zvýšenou rychlostí dýchání,
 - takto získaná energie je využita na tvorbu speciálních proteinů fytochelatinů, které tvoří s těžkými kovy nerozpustné komplexy, a snižují tak toxicitu jejich působení.
-

Napadení rostliny patogeny

- zvyšuje se dýchání, přičemž vzniklá energie je využita na tvorbu imunobílkovin a enzymů, které brání působení patogena a pomáhají hojení poškozených pletiv,
 - v některých případech se zvyšuje tvorba např. fenolických látek, které mohou otrávit část pletiva, jež odumře i s patogenem a zabrání jeho dalšímu šíření.
-

Ztráty způsobené dýcháním

- snížení cukernatosti u bulev cukrovky na skládkách,
 - zahřátí skladovaného zrna při jeho vyšší vlhkosti,
 - zvýšená náchylnost skladovaných bramborových hlíz k chorobám,
 - u ovoce skladovaného při vyšších teplotách prodýchání cukrů, ztráta kvality a zvýšené nebezpečí napadení chorobami.
-