

Maturitní téma č. 11

FYZIOLOGIE ROSTLIN

Studuje životní funkce a individuální vývoj rostlin. Využívá poznatků cytologických, anatomických a morfologických.

VÝŽIVA ROSTLIN

Mezi rostlinou a prostředím probíhá neustálá výměna látek a energie. Rostlina přijímá vodu, kyslík, oxid uhličitý a živiny - tj. látky potřebné pro životní děje. Jsou přijímány jen ve vodných roztocích nebo plynné formě.

ZPŮSOBY VÝŽIVY

- podle zdroje a způsobu získávání uhlíku rozlišujeme u rostlin dva základní způsoby výživy - **Autotrofní** a **heterotrofní**.

1) AUTOTROFNÍ ZPŮSOB VÝŽIVY:

- u rostliny je možná pouze fotoautotrofie - **fotosyntéza**

Průběh fotosyntézy:

- fotosyntetická asimilace CO₂

Fotosyntéza je základním procesem udržujícím život na Zemi, protože je zdrojem kyslíku potřebného pro dýchání. Jde o proces vázaný na chloroplasty živých buněk a na chlorofyl.

= souhrn procesů spojených s přeměnou energie fotonů do volné chemické energie, která je dále využita při biologických syntézách

Procesy fotosyntézy:

- 1) *Fyzikální procesy* = absorpce záření a přenos energie k reakčním centrům
- 2) *Primární fotochemické a redoxní procesy* - spojené s fotolýzou vody a přenosem elektronů redoxními systémy k redukci NADP⁺ (nikotinamidadenindinukleotidfosfát) a k energetické podpoře vzniku ATP z ADP
- 3) *Sekundární biochemické reakce*, při kterých dochází k navázání CO₂ na akceptor a jeho redukce uvolněným vodíkem (fotolýza vody) za vzniku organ. sloučenin

Primární procesy:

- odehrávají se v tylakoidech a to hlavně na membránách, na které se váží asimilační barviva (chlorofyly, karotenoidy) výsledkem jsou protein-pigmentové komplexy, které se dělí do čtyř skupin:

- a) fotosystém I.
- b) fotosystém II.
- c) cytochromový komplex
- d) ATP syntáza

- fotosystémy I., II. = každý z nich má centrální část tzv. jádro fotosystému (= reakční centrum)

Jádro je obklopeno světlosběrným proteinpigmentovým komplexem zachycujícím a předávajícím energii do reakčního centra \Rightarrow v důsledku pohlcení energie dojde k přenosu elektronů.

Asimilační barviva:

Chlorofyl-a = zastoupen asi ze 3/4, vyznačuje se schopností přejít do excitovaného stavu, po příjmu fotonů dojde k předání elektronů

Chlorofyl-b a karotenoidy (hlavně β karoten) = mají pouze funkce přídatnou

Chlorofyl je zelený protože absorbuje zelenou část viditelného spektra nejméně, ale modrou a červenou nejvíce

Xantofyly - především lutein

- Fotosystém I - jeho jádro obsahuje 2 velké polypeptidy, které na sebe váží molekulu chlorofylu-a absorbující záření o vlnové délce 700 nm, proto se jádro fotosystému I. označuje P-700
- Fotosystém II - jádro je tvořeno také 2 proteiny, které na sebe váží chlorofyl-a absorbující vlnovou délku 680nm (označení P-680). V jádře je trvale přítomno několik molekul přenašečů elektronů. Patří sem komplex, ve kterém dochází k fotolýze H_2O ; k přenosu elektronů mezi tímto komplexem a chlorofylem P -980 slouží redoxní změny v molekule aminokyseliny tyrozinu
- Cytochromový komplex - zprostředkovává transport elektronů z fotosystému II na fotosystém I.
- ATP syntáza = najedeme jej v blízkosti fotosystému I a zprostředkuje tvorbu ATP, která je pak jako dodavatel energie nezbytná pro další procesy fotosyntézy

Primární - světelná fáze:

Při dopadu fotonů (kvant záření) na asimilační barviva v tzv. *anténách*, což jsou obaly okolo jádra, dojde v jejich molekulách k excitaci elektronů - platí, že 1 foton excituje 1 elektron v 1 molekule barviva. Excitační energie může být přeměněna na teplo, vyzařena ve formě fluorescenčního záření nebo postupně předávána dalším molekulám barviv až pronikne do reakčního centra k ionizovatelné molekule chlorofylu-a. Proces je jednosměrný z antén v centru - je dáno rozdílem ve vlastnostech barviv způsobeným jejich vazbou k molekulám bílkovin. Čím blíže k reakčnímu centru, tím menší energie je k excitaci potřebná.

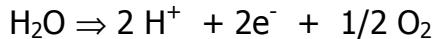
P₁ = elektron odštěpený z chlorofylu P-680 přechází na první akceptor, kterým je *feofytin*, z něj je převeden na molekuly plastochinonů, vázaných k proteinům D₁, D₂. Elektrony opouštějí fotosystém II vázaný na molekuly pohyblivých plastochinonů. Ty se redukcí mění na hydrochinony a směřují k cytochromovým komplexům. K redukcí jsou potřebné 2 elektrony a 2 vodíkové ionty. Ty jsou přejímány z vnější strany membrány tylakoidů, tzv. z gelovité výplně chloroplastu tzv. *stromatu*.

P₂ - první akceptor elektronu z chlorofylu P - 700, následuje několik dalších přenašečů, dále jsou zde proteiny Fe-S proteiny. Elektron, který projde přes tyto

přenašeče přejde na feredoxin = protein s obsahem Fe, který přenáší elektrony ke konečnému akceptoru NADP⁺.

Fotolýza vody:

- molekula vody se energií rozkládá na ionty, uvolňují se vodíky, které se využijí v dalších procesech, dále se uvolní OH⁻ - dodavatel elektronu; v konečné fázi vzniká H₂O a O₂. Fotolýzou z 1 molekuly vody vzniknou 2 vodíkové ionty k redukci



Fotosystém I - P-700 dochází k uvolnění elektronů, chybějící elektron je doplněn z *plastocyaninu* = protein obsahující měď.

Přenos elektronů z H₂O až na NADP⁺ se nazývá **necyklický elektronový transport** (nevracejí se e⁻), **cyklický elektronový transport** - je kratší a není spojen s fotolýzou vody, nedává vznik NADPH, elektrony z fotosystému I jsou při cyklickém transportu přenášeny k ? centru, kde dojde k redukci plastochinonu a elektrony jsou plastocyaninem přeneseny na P-700 - je na fotolýze vody a fotosystému II nezávislý.

V chloroplastech dochází k nahromadění vodíkových iontů do lumentylakoidů, když běží fotosystém tak ve stromatu je asi 1000 x menší koncentrace iontů než na lumenu. Energie, která se vytváří, je využita k tvorbě ATP, enzymem ATP syntázou. Tvorba ATP při necyklickém transportu je označována jako **necyklická fosforylace**, při cyklickém transportu = **cyklická fosforylace**.

Sekundární procesy (temnostní fáze fotosyntézy = fotorespirace):

- vlastní asimilace CO₂ do organ. sloučenin komplexem biochemických reakcí probíhajících ve stromatu chloroplastu. Reakce probíhají v uzavřeném koloběhu = fotosyntet. cyklus redukce uhlíku = **Calvinův cyklus** - proces společný všem fotosyntet. organismům, je evolučně velmi starý a doposud žádný stejně účinný se srovnatelnou funkcí neznáme

Proces probíhá ve 3 etapách:

- Karboxylace - CO₂ je vázán na pětiuhlíkatý cukr, kterým je ribulóza 1,5bisfosfát - pomocí enzymu ribulóza 1,5 bisfosfát karboxyláza oxygenáza - nejdůležitější enzym Calvinova cyklu - může na stejný substrát vnášet CO₂ i kyslík. V listech rostlin - nejvyšší zastoupení ze všech proteinů (30-50%) - jeho katalytické schopnosti jsou aktivovány pouze na světle za přítomnosti Mg a CO₂. Prvním stálým produktem této reakce jsou 2 molekuly kyseliny trifosfoglycerové (není zatím potřebná energie).
- Redukce - na 3 fosfoglycer. kyselinu se napojuje další fosfátová skupina, která se uvolnila hydrolýzou z molekuly ATP. Tím vzniká kyselina 1,3 bisfosfoglycerová. Pak vstupuje do reakce NADPH a dojde k redukci na glyceraldehyd 3 fosfát.
- Regenerace - dochází k syntéze ribulóza 5 fosfátů, který je nutno molekulou ATP převést na ribulóza 1,5 bisfosfát (= výchozí produkt) - slouží jako akceptor CO₂. K

zisku jedné tříuhlíkaté molekuly - glyceraldehyd 3 fosfátu potřebujeme 3 molekuly $\text{CO}_2 \Rightarrow$ cyklus musí běžet 3x. Glyceraldehyd 3 fosfát je zpracováván dalšími syntézami (přímo v chloroplastu, nebo je z chloroplastu transportován do cytoplasmy). K asimilaci 1 molekuly CO_2 je potřeba minimálně 12 fotonů.

V sekundárních procesech fotosyntézy se chemická energie vázaná v ATP a získaná v primárních procesech využívá na vázání CO_2 a k jeho redukci na sacharidy.

Způsoby vázání CO_2 v rostlině:

- Akceptorem molekuly CO_2 je ribulóza 1,5 bisfosfát, po navázání se vzniklý meziprodukt rozpadá na 2 molekuly kyseliny 3-fosfoglycerové - protože má ve své molekule 3 uhlíky. Rostliny, ve kterých se CO_2 váže tímto způsobem, se označují jako **rostliny C3**.
2 molekuly kyseliny 3 - fosfoglycerové jsou redukovány na glyceraldehyd trifosfát, z jeho 1/6 se syntetizují sacharidy a z 5/6 ribulóza 1,5 bisfosfát, naváže CO_2 ..
- Akceptorem molekuly CO_2 sloučenina fosfoenolpyruvát - k tomuto navázání je potřeba enzym - fosfoenolpyruvát karboxyláza. její afinita k CO_2 je větší než \Rightarrow rychleji přijímá CO_2 a tím, že v listu stoupá koncentrace CO_2 , je potlačována oxydázová aktivita a fosfoenolpyruvát se po navázání CO_2 mění na oxalacetát - má u molekuly 4 uhlovodíky = **rostliny C4**. Odlišný mechanismus - odlišný metabolismus - fotorespirace je menší, rychleji přibývá biomasy.
- Sukulenty:- probíhají zde oba procesy, ale neprobíhají ve stejném čase, nejdříve karboxylace zprostředkovaná fosfoenolpyruvát karboxylázou - probíhá pouze v noci. Neprobíhá dekarboxylace - výchozí produkt fos ? by se vyčerpal, ale aby k tomu nedošlo, je doplňován glykolýzou. Z oxalacetátu vzniká kyselina jablečná a ta se během noci hromadí ve vakuolách , za světla je kyselina jablečná transportována do cytosolu, je dekarboxylována, uvolní se CO_2 a chloroplasty ho zapojí do Calvinova cyklu. Protože koncentrace CO_2 je vysoká, je potlačena ox. aktivita- neuplatňuje se fotorespirace.

Faktory ovlivňující rychlost fotosyntézy:

- je ovlivňována řadou faktorů vnitřních i vnějších. V rámci vnitřních faktorů jde kromě strukturních a fyziologických činitelů především o obsah chlorofylu. Množství CO_2 redukovaného na jednotku hmotnosti chlorofylu se označuje jako **asimilační číslo**. Při silném poklesu obsahu chlorofylu v listu se dostavuje tzv. **chlorofylový kompenzační bod**, tj. stav rovnováhy mezi fotosyntézou a dýcháním. Závislost mezi množstvím chlorofylu a rychlostí fotosyntézy není zpravidla přímá. Pro rychlost fotosyntézy je významný i věk listů. Maximální rychlosti fotosyntézy dosahuje list v době, kdy jeho plocha dosahuje 20-80% konečné plochy. V té době je v listu i největší obsah rostlin. hormonů podněcujících růst listu. Nejvyšší rychlost fotosyntézy je v listech z střední části lodyhy.

Vnější faktory:

1. Spektrální složení a intenzita světla

- ovlivňuje fotosyntézu v souvislosti s absorpcí různých vlnových délek světla chlorofylem. Fotosynteticky zvláště účinné je proto světlo červené a modrofialové. Na kvantitu světla jsou velmi náročné **rostliny světlomilné**. U nich se při snížené intenzitě světla záhy dostavuje tzv. **světelný kompenzační bod**, tj. vyrovnání fotosyntézy s dýcháním, takže nedochází k přírůstkům ani úbytkům sušiny. Ve sklenících rychlenou Světlaninou zeleninu přisvětlujeme, např. okurky a rajčata.

2. Oxid uhličitý

- při obsahu 0,01% CO₂ ve vzduchu fotosyntéza začíná. Zvýšení z průměrného obsahu 0,03% CO₂ ve vzduchu na deseti- až dvacetinásobek může zvyšovat rychlost fotosyntézy v závislosti na optimálním zastoupení ostatních faktorů, zvláště teploty, světla, vody a minerální výživy. Z jednoho gramu CO₂ se vytvoří kolem 0,5g sušiny; tento tzv. **koeficient efektivnosti fotosyntézy** je u různých druhů, popř. kultivace různý; kolísá i podle výkonnosti kultivace, stupně závlahy, hnojení, kypření půdy atd. Obohacovat vzduch o CO₂ lze jen v uzavřených prostorech, ale rostliny přijímají i iony HCO₃⁻ kořeny, takže je užitečné obohacovat i vzduch půdní o CO₂ prostřednictvím mikrobů vydechujících CO₂. Z toho plyne veliký význam hnojení organickými hnojivy bohatými na mikroorganismy, zvláště chlévským hnojem.

3. teplota

- ovlivňuje fotosyntézu pronikavě. U většiny rostlin u nás se fotosyntéza zastavuje při -1°C, u tropických rostlin při 4 až 8°C. Maximální rychlost fotosyntézy je u rostlin s Calvinovým cyklem při 25°C, s Hatchův-Slackovým cyklem při 30-35°C. Teplotní optimum je závislé na obsahu CO₂ ve vzduchu. Kolem 40°C nastává většinou nápadný pokles fotosyntézy, ale dýchání ještě pokračuje.

4. Voda

- dostatek vody je pro fotosyntézu nezbytný. Vadne-li rostlina, zavírají se průduchy, kterými do listů proniká CO₂. Během dne se proto jeví většinou pokles rychlosti fotosynt. mezi 11. a 13. hodinou.

5. Prvky minerální výživy

- nejvíce zesiluje fotosyntézu dusík, dále fosfor, draslík, železo, hořčík a měď.

Fotosyntéza a zajištění výnosu:

Listovou pokryvností se rozumí listová plocha v m² půdy. Přesáhne-li tato hodnota 4-6m², dochází v porostu rostlin k poklesu rychlosti fotosynt., neboť se zhoršuje světelný režim rostlin, a spodní listy počnou žloutnout; mimoto se v nadměrné listové ploše zvyšuje obsah tzv. **inhibičních** (růst brzdících) **látek** a roste i **intenzita výdeje vodních par** (transpirace).

Transport asimilátů v rostlině:

Fotosynt. vytvářené asimiláty přecházejí z chloroplastů do cytoplazmy fotosyntetizujících buněk a odtud do lýka cévních svazků. Proudí buď tzv. **volnými prostory** (tj. především prostory mezibuněčnými), nebo od buňky k buňce **plazmodesmami**. První transport se označuje jako **apoplastický**, druhý jako **symplastický**. Lýkem jsou asimiláty dopravovány především ve formě sacharidů, ale i aminokyselin, amidů a bílkovin. Asimiláty z lýka odtékají na místa, kde jsou spotřebovávány nebo ukládány. Místa spotřeby nebo ukládání asimilátů se označují jako **metabolické jímky**. Odběrateli asimilátů jsou hlavně kořeny, hlízy a plody. Na rychlost transportu asimilátů působí **vlivy vnější i vnitřní**. Z vnějších vlivů je to hlavně teplota, voda a minerální výživa, z vnitřních rostlinné hormony.

2) HETEROTROFNÍ ZPŮSOB VÝŽIVY:

Rostliny heterotrofní na rozdíl od autotrofních nepřijímají uhlík z CO₂, ale z organických látek. Z rostlin jsou heterotrofní některé nezelené rostliny, ale i zelené rostliny se vyživují po jistou dobu po vyklíčení heterotrofně ze zásob semen. I kořeny a květy dospělých zelených rostlin se vyživují heterotrofně.

Podle toho, odkud čerpají heterotrofní rostliny organ. látky, se rozlišují rostliny na **saprofity a parazity**:

saprophytismus a parazitismus

Saprofity se živí z odumřelých těl rostlin a živočichů. Ze semenných rostlin sem patří např. hnilák smrkový a hlístník hnízdák, rostoucí ve stinných lesích.

Paraziti odnímají živiny z organismů živých. Tzv. **endoparaziti** žijí v těle hostitelské rostliny buď uvnitř jejích buněk nebo v mezibuněčných prostorech. Tzv. **ektoparaziti**, např. kokotice nebo záraza, žijí na povrchu těla hostitele a z buněk svazků cévních vysávají živiny tzv. **haustorii**, a to jak živiny minerální, tak i organické. Naproti tomu **poloparaziti** odčerpávají živiny jen ze dřevní části hostitele (vodu a minerální látky), neboť jde o zelené rostliny schopné tvorby organ. živin v procesu fotosyntézy. K typickým poloparazitům patří jmelí bílé, přichycující se na větve stromů, nebo kokrhel, všivec.

Obrana rostlin před parazity:

Hostitel klade odpor parazitovi. Mechanický odolnější jsou např. rostliny s tlustší epidermis. Chemickou obranou může být např. **tvorba fenolů**, jimiž je parazit usmrcován. Parazit ovlivňuje fyziologické funkce hostitele tím, že do něj uvolňuje různé zplodiny svého metabolismu - **toxiny**. Tím je ovlivňována rychlost dýchání, fotosyntézy i transpirace a mění se i osmotický potenciál rostliny. Různé druhy a kultivary rostlin i různé orgány téže rostliny jsou v různém stupni odolné vůči parazitům. Imunita má základ genetický.

mixotrofie:

- rozumí se jí způsob výživy na rozhraní mezi autotrofií a heterotrofií. Typickým příkladem jsou **masožravé rostliny**, které jsou zelené, a tedy schopné i autotrofní výživy, ale mají vegetativní orgány přizpůsobeny k lapání hmyzu. Např. orsnata má na povrchu listů **žláznaté trichomy**, vylučující lepkavý sekret s proteolytickými enzymy k trávení těl hmyzu.

Symbiózou se rozumí prospěšné soužití organismů. Bobovité rostliny mají schopnost vázat vzdušný dusík na základě symbiocy s bakteriemi (*Rhizobium leguminosarum*), tvořícími i na kořenech nádorky v podobě hlízek. Rostlina zásobuje bakterie potřebnými živnými látkami a bakterie fixují vzdušný dusík jak pro svou potřebu, tak i pro potřebu rostliny. Tento proces je velmi významný v zemědělství v kultuře bobovitých rostlin a při tzv. **zeleném hnojení**.

Lišejníky jsou symbiózou zelených řas s houbami. Řasa vytváří asimiláty, které dodává houbě, a ta dodává řase vodu a minerální látky.

DÝCHÁNÍ

Základní charakteristika dýchání rostlin:

Dýcháním (aerobní respirací) si rostlina opatřuje energii potřebnou pro syntézu organ. látek, růst, příjem živin a další fyziologické pochody. Kyslík potřebný k dýchání vniká do rostliny celým povrchem těla. Oxid uhličitý a voda uvolňované při dýchání unikají však z nadzemních částí jen **průduchy** nebo **lenticelami**. Dýchacím substrátem jsou hlavně sacharidy vytvářené při fotosyntéze. Štěpení hexózu až na CO₂ a H₂O lze rozdělit na **glykolýzu** a **Krebsův cyklus**. Enzymy glykolýzy jsou umístěny v cytoplasmě, enzymy Krebsova cyklu v mitochondriích. Při oxidaci sacharidů podle souhrnné reakce :



je poměr mezi vydýchaným CO₂ a přijatým O₂ (tzv. respirační kvocient RQ) rovný 1 (tj. 6:6). Rostlina však může oxidovat i tuky, které jsou chudší na kyslík než sacharidy. Klíčí-li např. semeno máku nebo jiné olejninu, spotřeba kyslíku při dýchání stoupá a hodnota RQ klesá, zrají-li ale olejnatá semena, kdy se přeměňují sacharidy v tuky, pak hodnota RQ naopak stoupá.

Vztah mezi fotosyntézou a dýcháním:

Vzájemné vztahy mezi dýcháním a fotosyntézou jsou velmi složité, protože vznikající meziprodukty se mohou dále přeměňovat podle vnitřních a vnějších podmínek. Rostlina dýchá ve dne i v noci, ale ve dne fotosyntéza zpravidla může mnohonásobně převyšovat dýchání, čímž se v rostlině hromadí asimiláty. Jsou-li podmínky fotosynt. nad kompenzačním bodem, je možno stanovit rozdíl mezi celkovou fotosyntet. produkcí sušenou a spotřebou asimilátů při dýchání jako tzv. **čistou fotosyntézu**.

Asimiláty jsou při dýchání odbourávány, a tím se uvolňuje energie, která je využívána k fyziologickým pochodům nebo je jako teplo uvolňována do prostředí.

Vliv vnějších faktorů na rychlost dýchání:

Rychlost dýchání se zpravidla měří jako spotřeba O₂ nebo jako produkce CO₂. Rychlost dýchání (v mg CO₂ na 1 g sušiny rostliny za 24 hodiny při 20°C) činí např. u rostoucích listů pšenice 138, u mladých kořínků pšenice 53,3. Pletiva rostoucích orgánů dýchají mnohem intenzivněji než pletiva částí rostlin, jež jsou v odpočinku.

Čím hlubší je stav odpočinku, tím je nižší rychlost dýchání, rychlost dýchání plodů během jejich růstu postupně klesá, ale konzumní zralost je charakterizována nápadným vzestupem, po němž následuje opětů pokles.

Z vnějších faktorů ovlivňuje dýchání zvláště **voda, teplota, CO₂, světlo a kyslík**. Snižuje-li se v pletivech rostliny obsah vody, rychlost dýchání zprvu roste, ale po určité době začne klesat. Se stoupající teplotou stoupá rychlost dýchání, ale při 45 - 55 °C nastává **teplotní maximum dýchání**, neboť se již narušuje činnost enzymů, a rychlost dýchání prudce klesá. Za **teplotní optimum** dýchání se považují teploty mezi 30 - 40 °C, umožňující trvale značnou rychlost dýchání, ale nenarušující ještě enzymy v buňce. Zvyšující se koncentrace CO₂ a snižující se obsah O₂ ve vzduchu zeslabují rychlost dýchání. Nejnižší koncentrace O₂ ve vzduchu zabezpečující normální dýchání je pro různá rostlin. pletiva rozdílná; v prostředí bez kyslíku u rostliny neustává energet. metabolismus. ATP při tom získávají podobně jako mikroorganismy při alkoholovém kvašení. Při něm vznikají zpravidla látky chudé kyslíkem, nejčastěji alkoholy.

Rostliny **za podmínek anaerobního metabolismu** záhy hynou, protože energet. efekt tohoto dýchání je nízký a tvořící se alkohol vede k otravě pletiv rostliny. Proto je třeba zabezpečit vždy dostatečný přístup kyslíku ke kořenům **kypřením půdy**.

Dýchání na světle a ve tmě není shodné. Na rozdíl od tzv. **temnostního dýchání**, probíhajícího v mitochondriích, probíhá dýchání zelených částí rostlin spojené s asimiláty vytvářenými při fotosyntéze v jiných částech buňky. Toto světelné dýchání se označuje **fotorespirace**. U rostlin, které mají fotosyntet. cyklus C₃ (Calvinův), je intenzita při fotorespiraci vydechovaného CO₂ několikanás. vyšší, než činí dýchání ve tmě. Oxid uhličitý uvolněný při fotorespiraci se tvoří **oxidací kyseliny glykolové**. K vlastní oxidaci. tj. spotřebě O₂, dochází při tom v tzv. **peroxyzómech** buňky. U rostlin fotosyntetického cyklu C₄ (Hatchova-Slackova) je ale fotorespirace podstatně nižší než v cyklu C₃, a tím je i fotosyntet. výkonnost tohoto cyklu vyšší. To vede ke snaze zvyšovat produkci kulturních rostlin šlechtěním na nízkou fotorespiraci, aby se zvýšila čistá fotosyntéza.

MINERÁLNÍ VÝŽIVA

Příjem živin rostlinou:

Kapalná fáze půdy tvoří půdní roztok. Živiny jsou v něm v podobě iontů, které mohou být v půdě do blízkosti kořenů transportovány buď **difúzí**, nebo tzv. **hromadným tokem půdního roztoku** indukovaným transpirací rostlin, deštěm nebo závlahou. Rozhodující význam pro příjem živin kořeny má **kořenové vlášení**. Z půdního roztoku do kořenů mohou být živiny dopravovány především **pasívně** difúzí volnými prostory, tj. prostory zaujímanými v buněčných stěnách a v mezibuněčných prostorech (vně plazmat. membrány), tedy **cestou apoplastickou**. Ionty pronikají pasívně i plazmalemou difúzí, přičemž se uplatňuje i tzv. iontová výměna: přijímané kationty jsou vyměňovány za H⁺ ionty a anionty za OH⁻ ionty. Mimoto mohou živiny proudit cytoplazmat. obsahy jednotlivých buněk od buňky k buňce, plazmat. membránou **aktivně**, tj. **cestou symplastickou** - tento pohyb iontů se uskutečňuje na úkor metabolicky uvolněné energie.

Protože při příjmu živin se spotřebovává energie z molekuly ATP, je rychlost příjmu živin pozitivně ovlivňována rychlostí dýchání. Při teplotě okolo 0°C se v důsledku omezeného metabolismu snižuje příjem živin. Do 40 °C většinou intenzita tohoto příjmu roste. Také kyselost prostředí (pH) ovlivňuje příjem živin. Pro většinu kulturních rostlin se tu optimální hodnota pH blíží **hodnotě neutrální** (7,0). Hnojiva, z nichž rostliny přednostně využívají kationty, označujeme jako **fyzilogicky kyselá**, hnojiva, z nichž přednostně využívají anionty, jako **fyzilogicky zásaditá**.

Význam makrobiogenních prvků ve výživě rostliny:

dusík:

Přestože je ho v atmosféře 78%, jsou schopny tento vzdušný dusík asimilovat jen některé bakterie, žijící v hlízkách na kořenech bobovitých rostlin. Vyšší rostliny přijímají kořeny z půdy buď anion NO_3^- nebo kation NH_4^+ . Obě tyto formy dusíku může rostlina použít jako aminoskupiny - NH_2 k tvorbě aminokyselin, které jsou základem bílkovin. Nejvýznamnější cesta vstupu NH_4^+ do metabolismu rostliny je redukční aminace kyseliny oxoglutarové vznikající v Krebsově cyklu, přičemž se tvoří aminokyselina - kyseliny glutamová. Protože je dusík v chlorofylu, jsou při nedostatku dusíku rostliny bledě zelené; rychlost fotosyntézy i růst rostlin se snižují, rostliny se slaběji větví a zkracují vegetační dobu.

fosfor:

rostliny ho přijímají v podobě aniontů jako H_2PO_4^- nebo HPO_4^- . Fosfor se nachází v rostlinných jako složka nukleových kyselin, fosfolipidů, koenzymů NAD a NADP a adenosin trifosfátu (ATP). Fosfolipidy spolu s bílkovinami jsou důležitou složkou buněčných membrán. Fosfor se koncentruje zejména v meristematických zónách rostlin, kde se podílí na syntéze nukleových kyselin. Při nedostatku fosforu se proto zpomalí nebo zastaví dělení jaderné a omezuje se tvorba plodů.

draslík:

-je přijímán jako kation K^+ . Má velký význam pro vznik a transport asimilátů a ovlivňuje otevírání průduchů. Je nepostradatelný jako aktivátor enzymů participujících na metabolismu sacharidů. Zvyšuje hydrofilnost koloidů cytoplazmy, a tím i její schopnost vázat vodu. Za přítomnosti draslíku rostliny lépe přijímají železo a lépe je využívají pro syntézu chlorofylu.

vápník:

- je přijímán jako Ca^{2+} a pohybuje se snadno apoplasticky, velmi obtížně však symplasticky. Vápník je labilně vázán v cytoplazmat. membráně. Podmiňuje tak její funkce stejně jako funkci membrán mitochondrií a chloroplastů. Při poruchách přísunu Ca^{2+} dochází k destrukci membrán a porušením jejich propustnosti. nedostatek vápníku snižuje transport sacharidů z listů do kořenů a působí poruchy v růstu tím, že se tvoří sloučeniny vápníku s hlavním rostlinným hormonem - auxinem. To vede k jeho inaktivaci. Vápník ovlivňuje také

metabolismus fenolických látek, které mohou aktivovat enzymy inaktivující auxin.

síra:

- je přijímána rostlinou jako anion SO_4^{2-} , zatímco ve formě iontů SO_3^{2-} nebo sirovodíku je pro rostliny jedovatá. Spolu s dusíkem se účastní syntézy bílkovin. V molekule cysteinu je síra přítomna v podobě sulfhydrylové skupiny - SH. Z cysteinu vzniká systín oxidací této skupiny. Vzájemný příměna cystein \Leftrightarrow cystin má tak bezprostřední vliv na oxidoredukční potenciál buňky, který je jedním z regulátorů činnosti proteolytických enzymů. Nejvíce síry potřebují rostliny brukvovité a bobovité.

hořčík:

- je přijímán rostlinou jako kation Mg^{2+} . Je složkou chlorofylu, vázán v protoplazmě a ve formě anorganických solí ve šťávě buněčné. Nejvíce Mg obsahují plastidy, mitochondrie a buněčné stěny.

Význam oligobiogenních prvků ve výživě rostliny:

Z oligobiogen. prvků je nejdůležitější železo, bór, chlór, měď, zinek a mangan.

železo:

- v rostlině prakticky neexistuje ve volné iontové formě, protože snadno oxiduje a přichází v nerozpustné sloučeniny. Je složkou důležitých enzymů. 90% z celkového množství Fe v listu je obsaženo v chloroplastech. Při nedostatku železa trpí proto rostliny žloutnutím listů (chlorózou).

bór:

- nedostatek působí odumírání vegetačních vrcholů

chlór:

je nezbytný pro fotochemické reakce fotosyntézy

měď:

nedostatek se projevuje chlorózou mezi žilkami listů,

mangan:

- na jeho nedostatek je zvláště citlivý oves, u něhož se projevuje tzv. šedá pruhovitost listů

zinek:

je nutný k syntéze aminokyseliny tryptofanu, z něhož se tvoří hlavní rostlinný hormon- auxin:

Hnojiva:

V zemědělské praxi nahrazujeme rostlinami spotřebované biogenní prvky tím, že je dodáváme do půdy při hnojení. Hnojiva se dělí do několika skupin:

1. hnojiva statková: hnůj, močůvka, kompost, kejda, zelené hnojení.

2. hnojiva průmyslová:

- a) dusíkaté (ledky, síran amonný, amoniak, močovina)
- b) fosforečná (superfosfát, Thomasova moučka)
- c) draselná (KCl, podvojný síran K_2SO_4 , $MgSO_2$)
- d) vápenatá (mletý vápenec, pálené vápno, saturační kaly).

Některá speciální hnojiva obsahují i oligobiogenní prvky. Mikrobiálním rozkladem statkových hnojiv se půda obohacuje nejen minerálními látkami, ale také organickými látkami, humusem. Ten je velmi důležitý, neboť zlepšuje fyzikální vlastnosti půdy, a navíc se uplatňuje i přímo ve výživě rostlin.