

Výživa rostlin

Ing. Radoslav Koprna, Ph.D.

Univerzita Palackého v Olomouci

Katedra chemické biologie

2022/23



Doporučená literatura

Použité zdroje literatury

- 1) Vaněk V. a kol. (2007): **Výživa polních a zahradních plodin**. Profi Press, Praha 2007, ISBN 976-80-86726-25-0.
- 2) Richter R., Hlušek J. (1994): **Výživa a hnojení rostlin** (I. obecná část). VŠZ v Brně, 177 s. ISBN 80-7157-138-5
- 3) Vaněk V., Balík J., Němeček R., Pavlíková D., Tlustoš P. (1998): **Výživa a hnojení polních plodin, ovoce a zeleniny**. Farmář-Zemědělské listy, Praha, 124 s. ISBN 80-902413-7-9
- 4) Ryant P., Richter R., Hlušek J., Fryščáková E.: **Multimediální učební texty z výživy rostlin**. Zdroj: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/index.htm
- 5) Procházka S. a kol. (1998): Fyziologie rostlin, Academia Praha, OSBN 80-200-0586-2.

Historie výživy rostlin

1) Starověk – Orient, Persie:

Obnova půdní úrodnosti na základě využívání zvířecích exkrementů.

Zemědělci si vážili hnojiv – rčení „tam kde hnojivy opovrhovali, hlásil se hlad“



Historie výživy rostlin

2) Římané:

Tháles Milétský (625-543 před n. l.) se domníval, že základní výživnou látkou je voda.

Demokritos (460-360 před n. l.) předpokládal existenci atomů.

Lucretius (98-55 před n. l.), který poukázal na koloběh látek v přírodě

System hnojení Římanů byl založen na vypalování lesů, používání zvířecích výkalů (zejména drůbeží trus), vápence, slínu a sádry, příp. zelené hnojení vikvovitými (aniž by věděli o fixaci vzdušného dusíku na kořenech)

Historie výživy rostlin

3) Středověk:

Ve středověku nedošlo k pokroku v přírodních vědách. Teprve v 16. a 17. století nastává rozvoj přírodních věd a spolu s nimi se vyvíjí i chemie užitá v zemědělství.

Palissy (1510-1589) - domněnka, že sůl je základem života a růstu rostlin.

Van Helmont (1577-1644) – první pokus s vrbou, kterou 5 let zaléval čistou vodou. Ačkoli přírůstek hmotnosti vrby činil 82 kg, zeminy ubylo pouze 60 g a tento nepatrný pokles považoval van Helmont za chybu vážení. Protože ještě nebylo známo složení vzduchu, vyvodil z tohoto pokusu, že se vrba živila pouze z vody.

Historie výživy rostlin

3) Středověk:

Glauber (1604-1668) vyslovil hypotézu, že přidáním ledku se silně zvyšuje výnos.

Woodward J. (1665-1678) – první objasnil význam živin - pěstoval mátu ve vodě říční, dešťové a vodovodní, ke které přidal zahradní půdu. Zjistil, že máta nejlépe rostla ve vodě obohacené vyluhovanými látkami.

Rückertova "Teorie vyčerpání půdy" z roku 1789, která navázala na práce Palissyho. Rückert dospěl k názoru, že každá rostlina potřebuje určité složení půdy. Pěstováním rostlin na jednom místě se půda vyčerpává a rostlina pak špatně roste.

Historie výživy rostlin

4) Novověk:

Vliv zákona o zachování hmoty, který vyslovil v Rusku **Lomonosov** (1746) a ve Francii **Lavoasier** (1748).

Lavoasier prokázal, že rostliny čerpají látky ke své stavbě ze vzduchu a z vody. Roku 1772 byl **Pristleym** objeven kyslík a na objasnění procesů přijímání CO₂

A. D. Thaer (1752-1828)- teorie, že je humus vedle vody jedinou látkou, která může sloužit k výživě rostlin a na které závisí půdní úrodnost. Minerální látky pokládal za jakési "kořeni", které dráždí rostliny k vyššímu příjmu humusu. Pravdivost této teorie byla sice postupem času vyvrácena, vycházela z ní však řada praktických postupů, které příznivě ovlivňovaly výživu rostlin.

Historie výživy rostlin

4) Novověk:

Francouz **Bousingault** (1802-1887) prokázal, že rostliny se vyživují minerálními formami dusíku z půdy.

Justus von Liebig (1803-1873) – shrnul experimentální poznatky té doby do logického systému - kniha "Die Organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie" vydaná v r. 1840 způsobila pád humusové teorie a připravila půdu pro vznik nové minerální teorie. Liebig především vyvrátil Thaerem propagovaný názor, že jediným zdrojem uhlíku pro rostliny je humus. Za elementy nezbytné pro tvorbu rostlinných těl považoval kyselinu uhličitou, amoniak a vodu s rozpuštěnými látkami. Formuloval "Zákon minima". Zasloužil se o rozšíření výroby průmyslových hnojiv (superfosfátu) a zakládání pokusných stanic

Historie výživy rostlin

4) Novověk:

Mitscherlich (1874-1956) - řešil zejména vztahy mezi výnosy rostlin a množstvím živin přidávaných do půdy a vyjádřil je matematickými rovnicemi.

Mendělejev (1834-1907) - prováděl rozsáhlé pokusy s tehdy známými organickými a minerálními hnojivy . Jako vynikající chemik rozpracoval metody chemických analýz půd a zjišťování půdní úrodnosti. Zdůrazňoval význam používání hnojiv a využívání domácích surovin i odpadních látek pro výživu rostlin

Historie výživy rostlin

Historie výživy rostlin u nás:

Až v 19. století - zakládání výzkumných stanic pro biochemii půdy a rostlin. **J. Sv. Presl** (1791-1849), **Kodym** (1811-1884) a **F. Farský** (1846-1927), kteří se zabývali zvláště biochemickými vlastnostmi půd.

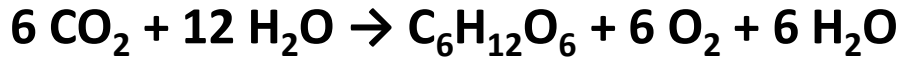
prof. **R. Trnka** (1881-1950) - studium průmyslových hnojiv a zeleného hnojení.

prof. **F. Duchoň** (1897-1975) metody stanovení potřeby hnojení, zákonitostmi výživy rostlin a využíváním živin z průmyslových a statkových hnojiv. Encyklopedie „**Výživa a hnojení kulturních rostlin zemědělských**“ (ČSAV 1948)

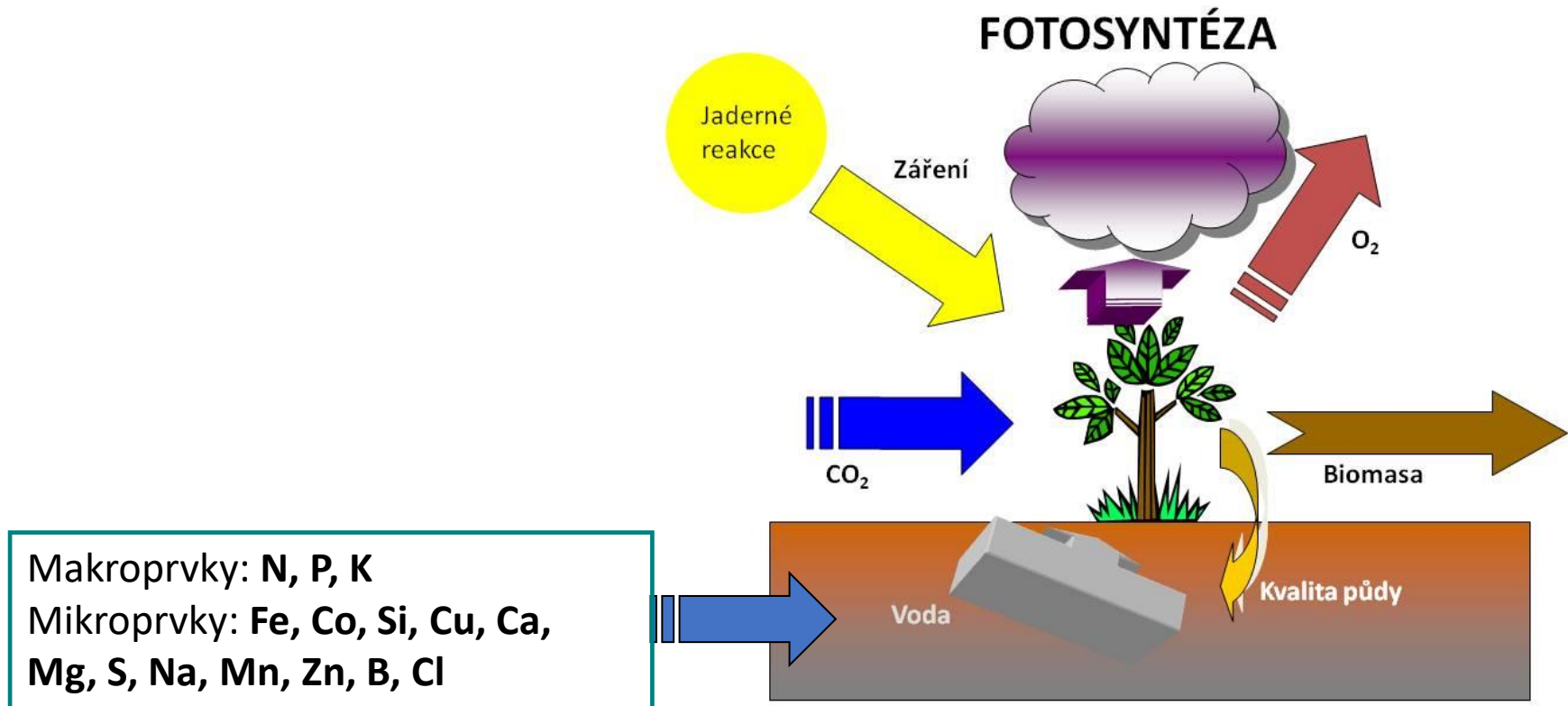
Prof. **J. Hampl** (1895-1970) fyzikální vlastnosti půdy a půdní koloidy ve vztahu k výživě rostlin.

Příjem živin rostlinami

Fotosyntéza:



Tato rovnice se však často zjednodušuje na:



Příjem živin rostlinami

Základní princip:

- Příjem živin rostlinami a jejich asimilace (přeměna) na stavební jednotky rostlin – cukry, bílkoviny, tuky, alkaloidy..
- Fotosyntéza: na 1 kg C vázaného v organické hmotě rostlin se vytvoří 2,7 kg O₂
- Příjem kořeny (příjem všech živin z půdního roztoku - ve vodě) – **základní forma výživy**
- Příjem nadzemními částmi (listy, stonky, květy..) – příjem skrze průduchy a kutikulu, ve formě rozpustných solí určité koncentrace – **doplňková forma výživy**

Příjem živin rostlinami

Význam minerální výživy = asimilace iontů, tj. jejich přeměna ve struktury a účast na procesech rostliny

Obecně platí: prvky nacházející se v půdě jsou přítomny i v rostlinách (výjimky: sladkovodní *Nitella clavata* a mořská *Valonia macrophysa*)

Prvky – rozdělení, výskyt v rostlinách

Živiny u rostlin = anorganické látky, které se stávají živinami většinou až v iontové formě

Charakteristika živin:

Nezbytnost – nepostradatelnost (esenciálnost) – rostliny je potřebují pro své základní životní pochody

Nezastupitelnost - nelze je nahradit jinými živinami

Přímé zapojení do metabolismu - komponenty esenciálních kyselin, bílkovin, enzymů, nukleových kyselin..

Nedostatek některé živiny = projevy deficience, při výrazném deficitu rostlina nemůže dokončit svůj životní cyklus

Prvky – rozdělení, výskyt v rostlinách

Tab. 3.1 Obvyklé obsahy prvků v rostlinách. (Podle Epsteina 1972, převzato z Taize a Zeigera 1991.)

| Prvek | Chemická značka | Relativní atomová hmotnost | Obsah v sušině ($\mu\text{mol g}^{-1}$, $\mu\text{g g}^{-1}$ nebo %) | | Počet atomů ve vztahu k molybdenu |
|--------------------|-----------------|----------------------------|---|----------------------|-----------------------------------|
| | | | $\mu\text{mol g}^{-1}$ | $\mu\text{g g}^{-1}$ | |
| <i>Mikroživiny</i> | | | | | |
| molybden | Mo | 95,95 | 0,001 | 0,1 | 1 |
| měď | Cu | 63,54 | 0,10 | 6 | 100 |
| zinek | Zn | 65,38 | 0,30 | 20 | 300 |
| mangan | Mn | 54,94 | 1,0 | 50 | 1 000 |
| železo | Fe | 55,85 | 2,0 | 100 | 2 000 |
| bor | B | 10,82 | 2,0 | 20 | 2 000 |
| chlor | Cl | 35,46 | 3,0 | 100 | 3 000 |
| <i>Makroživiny</i> | | | | | |
| síra | S | 32,07 | 30 | 0,1 | 30 000 |
| fosfor | P | 30,98 | 60 | 0,2 | 60 000 |
| hořčík | Mg | 24,32 | 80 | 0,2 | 80 000 |
| vápník | Ca | 40,08 | 125 | 0,5 | 125 000 |
| draslík | K | 39,10 | 250 | 1,0 | 250 000 |
| dusík | N | 14,01 | 1 000 | 1,5 | 1 000 000 |
| kyslík | O | 16,00 | 30 000 | 45 | 3 000 000 |
| uhlík | C | 12,01 | 40 000 | 45 | 4 000 000 |
| vodík | H | 1,01 | 60 000 | 6 | 60 000 000 |

Prvky – rozdělení, výskyt v rostlinách

makroelementy vyskytující se od desetin po desítky procent (C, O, H, N, P, K, Ca, Mg, S),

mikroelementy -obsah se pohybuje pod desetinu % (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, ...),

užitečné prvky požadavek na ně je specifický podle druhu rostliny (Na, Cl, Si, Al, Ti, aj.),

ostatní prvky - obsaženy v rostlinách jako důsledek zvýšeného přirozeného obohacení nebo pod vlivem antropogenní činnosti člověka (cizorodé prvky Cd, Pb, Cr, As, Be, Ni aj.).

Význam makro a mikroprvků, projevy deficitu

Chemické složení rostlin:

- Spalitelný podíl (90-95 %) – **C, O, H, N**
- Popeloviny (1-5 %) – **Ca, K, Mg, Na, P, S, Fe ...**

Obsah prvků v některých rostlinných produktech:

| Plodina | Analyzovaná část | % v přirozeném stavu | | | | | |
|--------------|------------------|----------------------|------|------|------|------|------|
| | | voda | N | P | K | Ca | Mg |
| Pšenice | Zrno | 14,4 | 2,00 | 0,37 | 0,45 | 0,04 | 0,13 |
| | Sláma | 14,3 | 0,48 | 0,10 | 0,52 | 0,19 | 0,07 |
| Kukuřice | Siláž | 83,0 | 0,19 | 0,04 | 0,31 | 0,10 | 0,07 |
| | Zrno | 13,0 | 1,62 | 0,27 | 0,31 | 0,02 | 0,12 |
| Cukrová řepa | Bulvy | 81,5 | 0,16 | 0,04 | 0,32 | 0,03 | 0,04 |
| | Chrást | 90,0 | 0,30 | 0,03 | 0,33 | 0,22 | 0,10 |
| Vojtěška | Zelená píce | 74,0 | 0,72 | 0,04 | 0,37 | 0,60 | 0,05 |

Prvky – rozdělení, výskyt v rostlinách

Rozdělení živin podle fyziologických a biochemických vlastností - Mengel a Kirkby (1978)

| Skupina | Živina | Příjem | Biochemické funkce v rostlině |
|---------|--------------------------|---|--|
| 1 | C, H, O, N, S | ve formách CO_2 , HCO_3^- H_2O , O_2 , NO_3^- , NH_4^+ SO_4^{2-} , SO_2 | - hlavní složky organ. látek - základní prvky enzymatických procesů - zúčastňuje se oxidačně redukčních reakcí |
| 2 | P, B, Si | ve formách fosfátů, kys. borité, borátů, silikátů | - esterifikace nativních alkoholových skupin - fosfátové estery se zúčastňují přenosu energie |
| 3 | K, Na, Mg, Ca, Mn, Cl | v iontových formách z půdního roztoku | - vyznačují se nespecifickými funkcemi, které řídí osmotický potenciál - specifikují činnost enzymových proteinů - aktivují enzymy - vyrovnávají nedifúzní a difúzní anionty |
| 4 | Fe, Cu, Zn, Mo | ve formách iontů nebo chelátů z půdních roztoků | - převládají v chelátových formách inkorporovaných do prostetických skupin - umožňují elektronový transport se změnami valence |

Živiny podle fyziologického a biochemic. účinku

| Živina | Skupina | Příjem, transport | Fyziologické a biochemické vlastnosti |
|------------------------------------|------------------------------------|--|--|
| C H O | | V plynné formě (CO ₂ , O ₂), voda | Nejdůležitější stavební kameny molekul |
| N S P B, Si | Nekovy | Příjem – v oxidovaných formách (fosfáty, nitráty, sulfáty..), Transport – jako anorganické ionty, nebo v evazbě do organických molekul | Důležité stavební kameny organických látek, vytváření chelátových vazeb, tvorba OH skupin a tvorba organických molekul (hlavně s cukry) |
| K Na Mg Ca | Alkalické kovy a kovy alkal. zemin | Příjem – jako kationy (K ⁺ , Na ⁺ , Mg ²⁺ ..), Transport – jako kationy | Jsou většinou poutány sorpčně na organické látky, Ca, Mg mohou vstupovat do chelátových vazeb, Mg může v této vazbě vystupovat jako aktivátor enzymů |
| Fe Mn Cu Zn, Mo | Těžké kovy | Jsou přijímány jako kationy, nebo v chelátové vazbě, kromě Mo, který je přijímán jako MoO ₄ ²⁻ | Tvoří kovové složky enzymů, mají významnou schopnost vstupovat do chelátových vazeb. |

| Živina | Skupina | Příjem a transport | Fyziologické a biochemické vlastnosti |
|----------------------------|---|--|---|
| C H O | | Příjem ve formě plynné (CO ₂ nebo O ₂), možnost příjmu C také ve formě jako HCO ₃ ⁻ , voda | Nejdůležitější stavební kameny organických molekul |
| N S P B Si | nekovy | Příjem v oxidovaných formách (fosfáty, nitráty, nitrity, sulfáty, boritany, křemičitany). Dusík přijímán rovněž v redukované formě jako NH ₄ ⁺ . Živiny jsou transportovány v rostlině buď jako anorganické ionty, nebo ve vazbě do organických molekul. | Důležité stavební kameny organických látek. NO ₃ ⁻ a SO ₄ ²⁻ jsou před vazbou na uhlíkaté řetězce org. sloučenin redukovány a vázány homeopolární vazbou. Volné elektronové páry atomů N a S umožňují vytváření chelátových vazeb. Fosforečnany, boritany a křemičitany se neredukují a vytvářejí s OH skupinami organických molekul (hlavně s cukry) estery. |
| K Na Mg Ca | alkalické kovy a kovy alkalických zemin | Jsou přijímány jako kationty (K ⁺ , Na ⁺ , Mg ²⁺ a Ca ²⁺) a také v rostlině jako kationty transportovány. | Většinou jsou poutány sorpčně na organické látky, odkud mohou být vzájemně vytěšňovány. Ca a Mg mohou vstupovat do chelátových vazeb, přičemž Mg může v této vazbě vystupovat jako aktivátor enzymů. |
| Fe Mn Cu Zn Mo | těžké kovy | Jsou přijímány jako kationty nebo v chelátové vazbě, výjimkou je Mo, který je přijímán jako MoO ₄ ²⁻ . | Tvoří převážně kovové složky enzymů, přičemž je významná právě schopnost vstupovat do chelátových vazeb, které umožňují specifické vymezení účinnosti enzymů. Významná je také možnost změny mocenství, která přenosem elektronů umožňuje rovněž průběh enzymatických reakcí. |

Prvky – rozdělení, výskyt v rostlinách

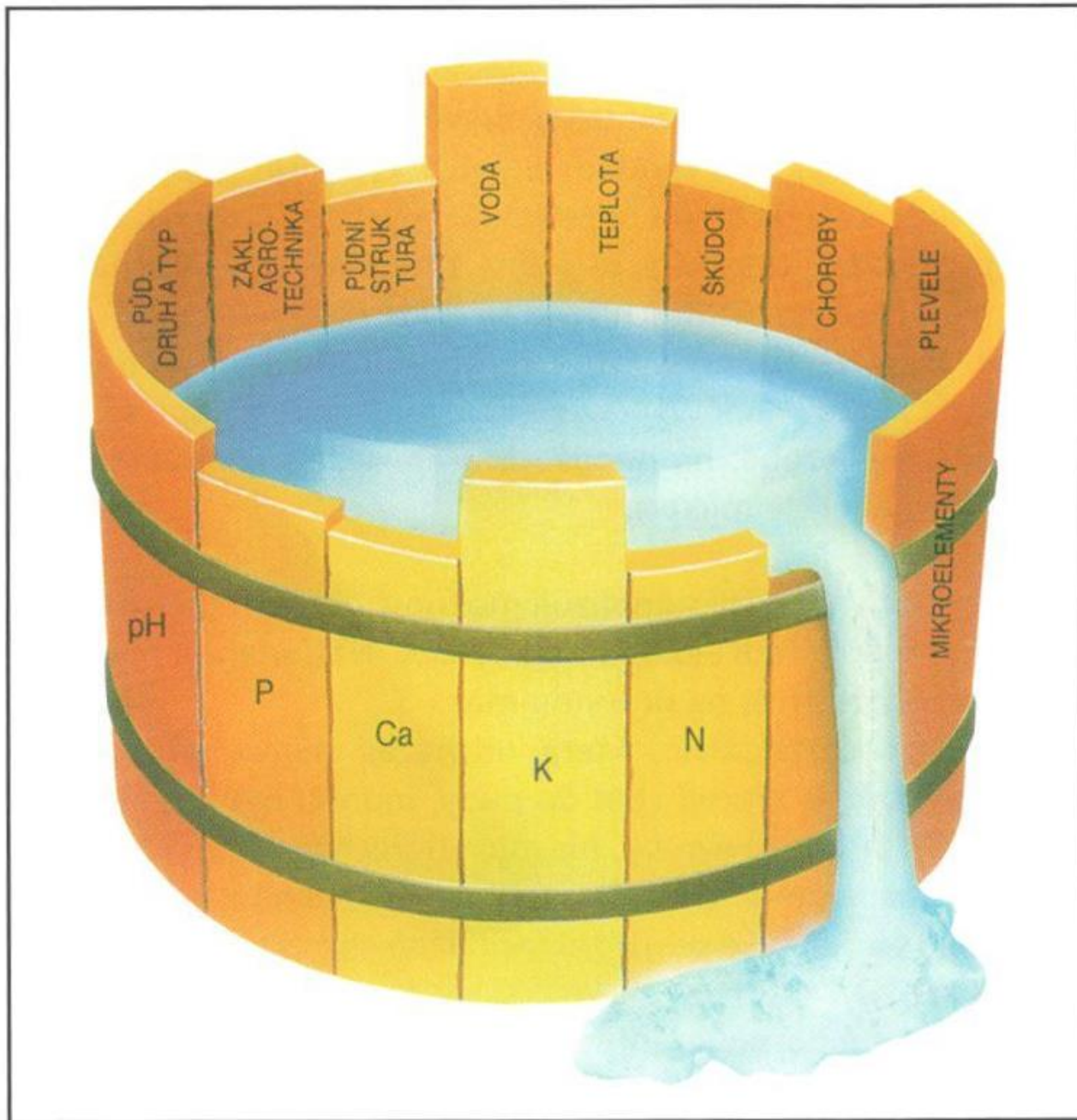
Odhad obsahu živin (deficitu či nadbytku)

-**Saturační hodnota** – vyjadřuje konstantní a optimální průběh fyziologických procesů v rostlině (lze sledovat produkci sušiny, výnosu, rychlost růstu apod.)

-**Kritický obsah živin** – 90 % maximální hodnoty sledovaného procesu

-**Další metody odhadu** – rychlost fotosyntézy, transpirace, aktivita enzymů..

Populární znázornění Liebigova zákona minima



Mechanismus transportu minerálních živin

- Možnosti příjmu živin:

- Příjem živin kořeny – proti koncentračnímu spádu, v rostlině jsou přenášeny přes plazmalemu transportními bílkovinami, poté vloženy do xylému a v listech pak znovu bílkovinovými přenašeči převedeny do symplastu mezofylových buněk

- Příjem živin listy – prostup iontů kutikulou (zvláště při ovlhčení listu). Pektinové látky ve formě struktur mohou dobře prostupovat ve formě roztoků a dostávat se až k buněčným stěnám (těmi pak volně difundují). V praxi – využívají se zejména mikroživiny, makroživiny např. jen při nedostatku vody v půdě.

Příjem živin kořeny

Příjem většiny živin a to ve formě iontů

- Kationty, např. K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+}
- Anionty, např. NO_3^- , SO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$

Fáze příjmu živin:

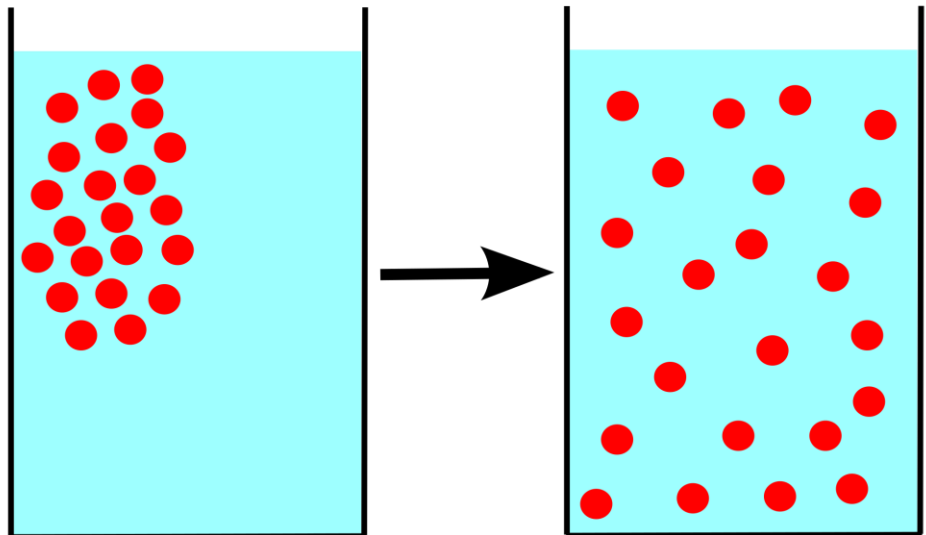
- Přísun živin do bezprostřední blízkosti kořenů
- Průnik živin do volného prostoru buněk kořenů
- Průnik živin do vnitřního prostoru buněk kořenů (průnik plasmalemou do cytoplasmy)
- Následný transport živin v rostlině

Příjem živin kořeny

Na výživě se podílí prvky, které jsou obsaženy v půdním roztoku (PR) poblíž kořenů (v rhizosféře).

Pohyb:

- 1) Hmotovým tokem: (přísun iontů. Které se nachází v PR ve vyšší koncentraci)
- 2) Difuzí: pohyb iontů z míst s vyšší koncentrace na místa s nižší koncentrací



Příjem živin kořeny

Transport živin z půdního roztoku do kořenů – **difuzí**, která je podmíněna osmotickými tlaky

Rychleji a snadněji pronikají skrze membrány ionty a látky:

- Látky bez náboje (než částice s náboji)
- Částice s nižším nábojem než s vyšším
- Látky menší (s nižší atomovou a molekulovou hmotností)

Platí tato permeabilita - pořadí:

- 1) Látky bez náboje
- 2) Anionty⁻ a kationty⁺
- 3) Anionty²⁻ a kationty²⁺
- 4) Anionty³⁻ a kationty³⁺

Příjem živin kořeny

Příjem živin – probíhá jako aktivní a pasivní transport – zvláštnosti:

Příjem živin se děje proti koncentračnímu spádu (*hromadění živin ve vnitřním prostoru – v kořenech a částech rostlin, je většinou mnohonásobně vyšší než ve vnějším prostředí*)

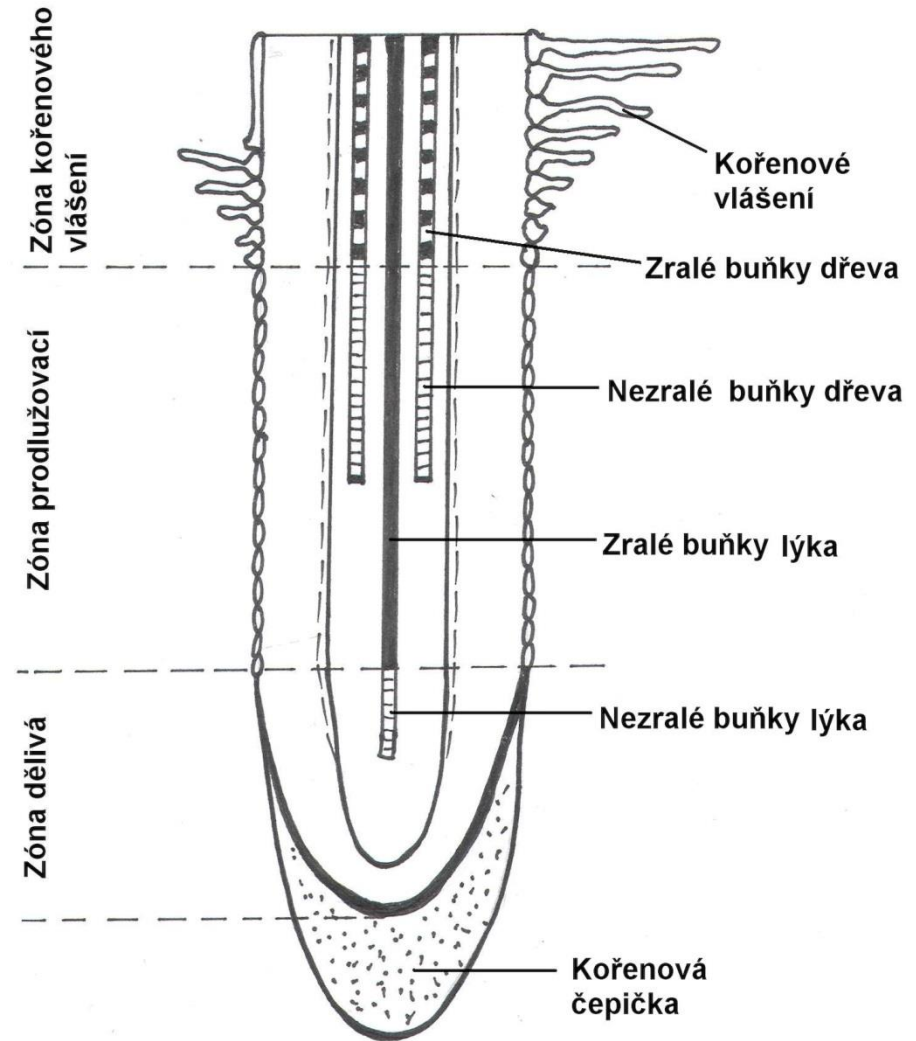
Příklad:

| Živina – prvek | Koncentrace v živném roztoku (ppm) | Koncentrace v rostlině (ppm) | Obohacení (oproti živnému roztoku) |
|----------------|------------------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| K | 78 | 6240 | 80 x |
| Na | 7,4 | 13,8 | 1,9 x |
| Ca | 40 | 120 | 3 x |
| P | 7,8 | 186 | 24 x |
| S | 21,4 | 448 | 21 x |

Příjem živin kořeny

Na příjmu živin kořeny se podílí všechny mladé části kořenů a zvláště zóna kořenového vlášení, která až několik set-krát zvyšuje povrch kořene.

Kořenové vlásky vznikají akropetálně a mají omezenou životnost (asi 10-12 dní). Postupným nárůstem nových vlásků je umožňováno stále nové a nové spojení rostliny s půdním prostředím.



**Stavba kořene
- podélný řez**

Příjem živin kořeny

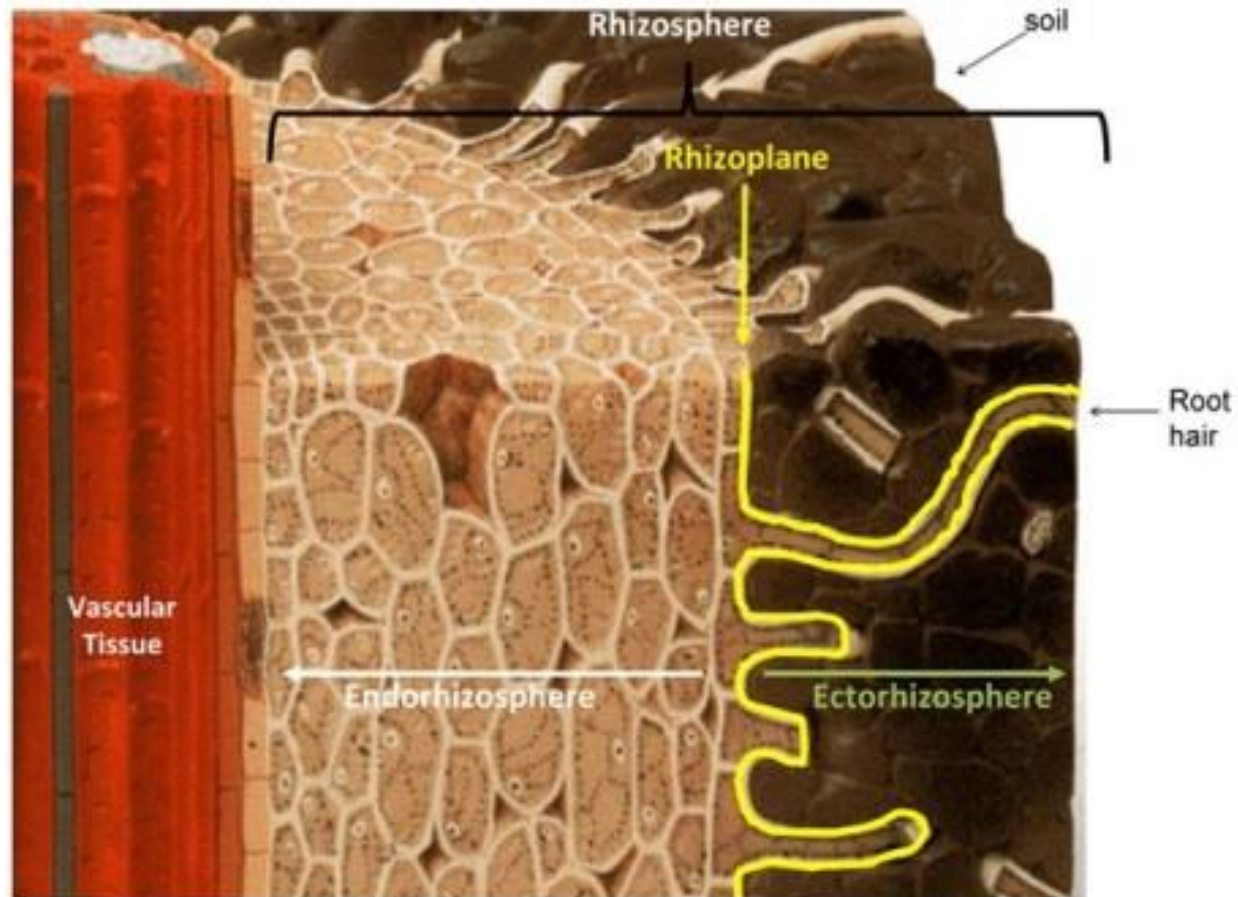
Hlavní kořen

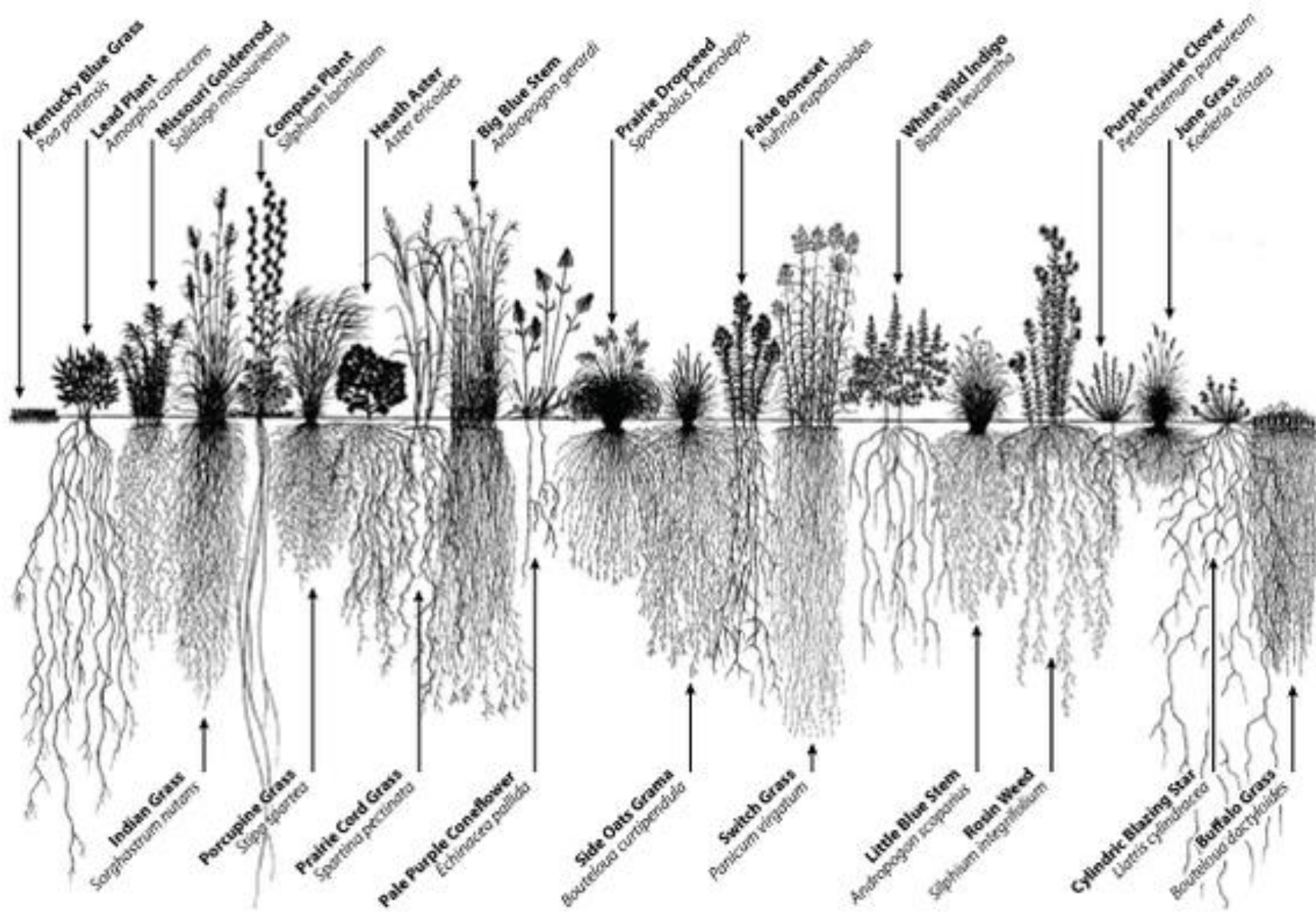
Postranní kořeny

Kořenové vlášení

Růst kořenů:

- Pozitivní geotropizmus
- Negativní fototropizmus
- Pozitivní hydrotropizmus





AGROCHEMICKÉ VLASTNOSTI PŮDY

Z celkového zemědělského půdního fondu České republiky, který zahrnuje 4 280 954 ha, je 3 142 000 tis. ha orné půdy

Nejdůležitějším znakem půdy je její **úrodnost**, kterou definujeme jako schopnost půdy zabezpečit na ní rostoucím plodinám optimální podmínky nutné k dosažení stálých a kvalitních sklizní, t.j. vytváří pěstovaným plodinám vhodné prostředí a zajišťuje jim dostatek živin a vody nutných k růstu a vývinu rostlin.

Řadu půdních vlastností můžeme regulovat vhodně volenými agrotechnickými, hnojařskými a melioračními zásahy, a tím do značné míry působit a ovlivňovat půdní úrodnost.

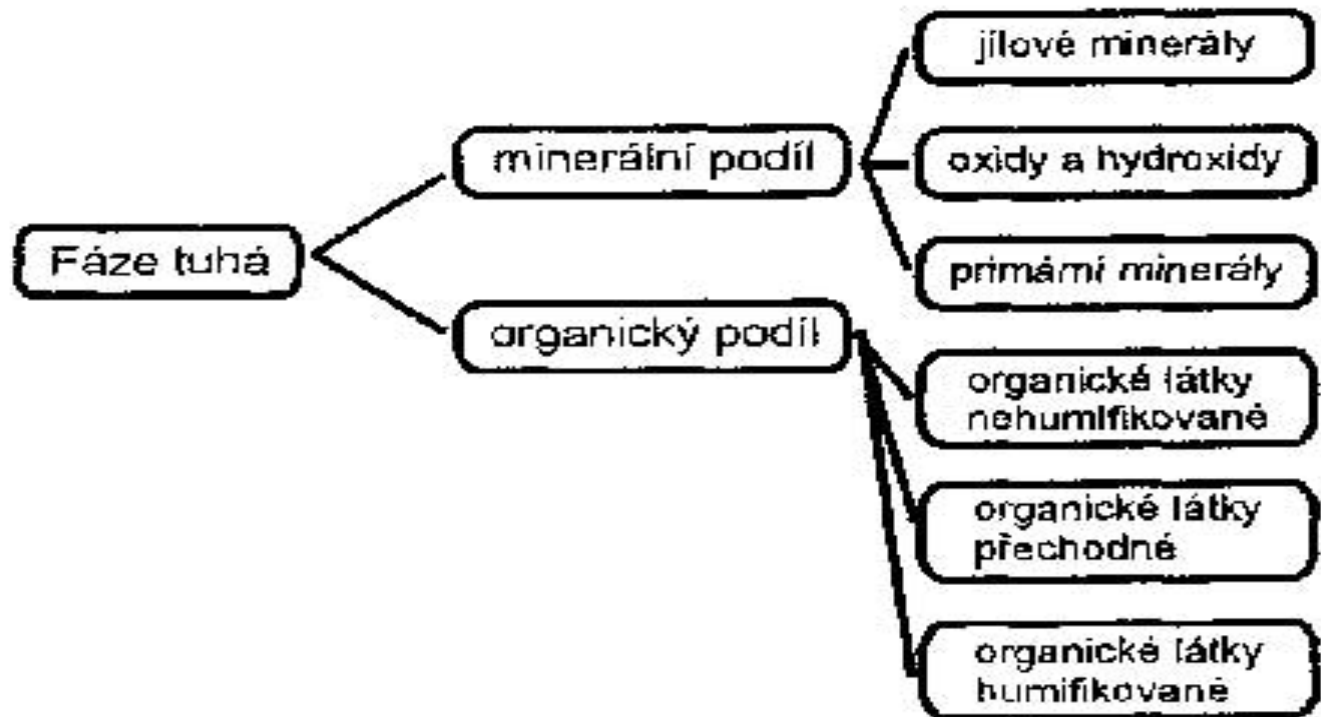
SLOŽENÍ PŮDY

U půd rozlišujeme složení:

- fázové (tuhá, kapalná, plynná fáze)
- zrnitostní
- chemické

TUHÁ FÁZE

Tuhá fáze půdy je tvořena souborem pevných částic půdy nejrozmanitějšího složení a velikostí. Sestává z minerálního podílu, na který připadá u většiny našich půd 95-98% hmotnosti sušiny všech tuhých částic půdy. Podstatně menší část (2-5%) tvoří organický podíl půdy



KAPALNÁ FÁZE

Kapalnou fází půdy rozumíme půdní vodu, která se uplatňuje svými dispergačními, rozpouštěcími, hydrolytickými a transportními účinky. Podmiňuje existenci koloběhu látek jako nenahraditelného faktoru pro edafon a vegetaci. Z hlediska výživy je důležitý nejen transport látek z půdního roztoku do živých buněk kořenového systému rostlin, ale i vertikální transport půdním profilem. Ten je příčinou ztrát živin vymytím do spodních vrstev. Eluovány nejsou pouze živiny dodané hnojivy, ale také živiny půdní zásoby a živiny uvolněné mineralizací půdní organické hmoty i půdotvornými procesy z minerálního matečného substrátu půd. Pokud dochází k přemístění živin do větších hloubek pak tento proces označujeme jako „vymývání“ čili „vyplachování“ živin.

KAPALNÁ FÁZE

Půdní roztok v závislosti od výše uvedených podmínek obsahuje řadu rozpuštěných minerálních i organických látek v různém množství a poměru.

Z minerálních látek jsou to zejména kationty K^+ , Na^+ , NH_4^+ , H^+ , Ca^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} aj., z nichž část může být vázaná v chelátových vazbách.

Aniontovou složku půdního roztoku tvoří především HCO_3^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , $H_2PO_4^-$, OH^- , Cl^- a v nepatrném množství některé sloučeniny molybdenu, bóru aj. Jednotlivé ionty se do půdního roztoku dostávají zvětráváním minerálů, rozkladem organických látek, výměnou ze sorpčního komplexu a z imisí.

PLYNNÁ FÁZE

Oxid uhličitý v půdním vzduchu dosahuje v průměru 0,3%. V podmínkách nedostatečné aerace může obsah CO_2 činit 1-5%.

Obsah kyslíku v půdním vzduchu se pohybuje v rozmezí 10-20% a zajišťuje dýchání všech půdních organismů, slouží k oxidaci organických i minerálních látek. Nedostatek kyslíku vede k redukci zvláště Fe a Mn sloučenin.

Rozpustnost plynů půdního vzduchu v půdním roztoku je závislá na teplotě a parciálním tlaku. Při teplotách kolem 15°C se rozpouští ve vodě asi 1% (objemové) CO_2 , zatímco rozpustnost ostatních složek je podstatně nižší: rozpustnost kyslíku asi 30x, dusíku 60x nižší.

KAPALNÁ FÁZE

Půdní roztok v závislosti od výše uvedených podmínek obsahuje řadu rozpuštěných minerálních i organických látek v různém množství a poměru.

Z minerálních látek jsou to zejména kationty K^+ , Na^+ , NH_4^+ , H^+ , Ca^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} aj., z nichž část může být vázaná v chelátových vazbách.

Aniontovou složku půdního roztoku tvoří především HCO_3^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , $H_2PO_4^-$, OH^- , Cl^- a v nepatrném množství některé sloučeniny molybdenu, bóru aj. Jednotlivé ionty se do půdního roztoku dostávají zvětráváním minerálů, rozkladem organických látek, výměnou ze sorpčního komplexu a z imisí.

PŮDNÍ VLASTNOSTI A JEJICH VÝZNAM VE VÝŽIVĚ ROSTLIN

Složení půdy podmiňuje řadu dalších půdních vlastností, které ovlivňují příjem živin kořeny rostlin. Jsou to:

- sorpční schopnost půdy
- půdní reakce
- pufrovací schopnost půd
- redukčně oxidační poměry v půdě
- biologická aktivita půdy.

SORPČNÍ SCHOPNOST PŮDY

Jde o schopnost půdy poutat (sorbovat) ionty nebo celé molekuly různých sloučenin z půdního roztoku do pevné fáze půdy. Takto poutané látky (živiny) jsou podle druhu a intenzity sorpce chráněny proti vyplavení, vytváří rezervoár lehce přijatelných živin pro rostliny umožňující postupný příjem živin během vegetace a podstatně omezují nežádoucí zvýšení koncentrace solí v půdním roztoku.

Rozlišujeme následující druhy sorpce živin v půdě:

1. mechanická,
2. fyzikální,
3. chemická,
4. fyzikálně chemická,
5. biologická.

MECHANICKÁ SORPCE

Mechanická sorpce se uskutečňuje mechanickým zadržováním disperzních částic nebo velkých agregátů koloidních částic a sražením v povrchových, zúžených nebo slepě končících pórech.

Pro výživu rostlin má omezený význam

FYZIKÁLNÍ SORPCE

Fyzikální sorpce souvisí s povrchovými jevy na fázovém rozhraní. Je daná obsahem jemně disperzních částic, které zvyšují výrazně celkový povrch.

Při fyzikální sorpci dochází k vyvázání iontů i celých molekul vlivem fyzikálních sil. Jsou-li molekuly určité látky půdního roztoku přitahovány k pevným částicím půdy většími fyzikálními silami než-li molekuly vody, jde o kladnou fyzikální sorpci. V opačném případě se jedná o zápornou fyzikální adsorpci, která vede k vyplavování živin do spodních vrstev a ke kontaminaci podpovrchových vod.

CHEMICKÁ SORPCE

Jedná se o schopnost půdy zadržovat některé živiny v důsledku chemických reakcí, při nichž vznikají ze sloučenin rozpustných ve vodě (iontů) sloučeniny ve vodě málo rozpustné nebo nerozpustné (sraženiny).

Např. Ca^{2+} vytváří s anionty CO_3^{2-} a SO_4^{2-} ve vodě rozpustný uhličitan vápenatý CaCO_3 a $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

K chemosorpci a tím i ke snížení přístupnosti pro rostliny dochází i u mikroelementů (B, Fe, Zn, Cu, Mn, Mo) v souvislosti se změnami některých půdních vlastností, např. pH, obsahu organických látek, vlhkosti aj.

Z hlediska praktické výživy rostlin je důležité omezit chemosorpci, při níž vznikají těžce rozpustné sloučeniny, z nichž rostliny nemohou živiny přijmout vůbec nebo v nedostačujícím množství.

BIOLOGICKÁ SORPCE

Jde o živiny poutané v živých i odumřelých tělech půdních mikroorganismů, jejichž hmotnost na 1ha dosahuje 5 i více tun. V průběhu svého životního cyklu spotřebovávají půdní organismy značnou část rostlinných živin nacházejících se v půdě v přijatelném stavu, které kumulují v hmotě svých těl, a tím snižují obsah živin přijatelných rostlinami.

Živiny vázané biologickou sorpcí jsou do přijatelné formy uvolňovány teprve po odumření a úplné mineralizaci organické hmoty.

Biologická sorpce má význam při bilancování živin. Výrazně ovlivňuje zvláště dynamiku N v půdě. Průměrně asi 30% N z hnojiv je zabudováno touto sorpcí. U hnojiv ledkových představuje biologická sorpce 10-20% a z hnojiv amonných 20-40% z dodaného dusíku.

VÝZNAM A VYUŽITÍ SORPČNÍ SCHOPNOSTI PŮD

Za vhodné nasycení sorpčního komplexu se považuje nasycení vápníkem ze 60-80%, hořčíkem z 10-20%, draslíkem 2-5%. Je nutné dodržovat zvláště poměr Mg:K, který by měl být 2:1, resp. 2-3:1.

PŮDNÍ REAKCE (PH)

Půdní reakce je dána přítomností a aktivitou vodíkových iontů, které se ve vodných roztocích spojují s molekulou vody a tvoří s ní anionty H_3O^+ (hydroxoniové nebo oxoniové ionty).

Optimální hodnoty pH minerálních půd

| Půdní druh | Orná půda | | Trvalé travní porosty | |
|---------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|
| | optimální pH | žádoucí rozmezí pH | optimální pH | žádoucí rozmezí pH |
| Písčítá půda | 5,5 | 5,3-5,7 | 5,0 | 4,5 - 5,2 |
| Hlinitopísčítá půda | 6,0 | 5,8-6,2 | 5,0 | 4,5-5,2 |
| Písčitohlinitá půda | 6,5 | 6,3-6,7 | 5,2 | 4,8-5,5 |
| Hlinitá půda až jíl | 7,0 | 6,5-7,5 ¹⁾ | 5,5 | 5,3-6,0 |

Pozn.: ¹⁾ Horní hodnota platí pro půdy karbonátové

PŮDNÍ REAKCE (PH)

K okyselení půdy dochází:

- v důsledku odstranění bází z organických koloidů, jílových minerálů a z amorfních gelů
- z nitrifikačních procesů
- vlivem intenzivní biologické činnosti půdy (tvorba H_2CO_3),
- hnojením fyziologicky kyselými hnojivy,
- kyselými spady (SO_2 , NO_x , HF aj.).

K alkalické reakci půdy přispívá hlavně:

- vysoký obsah Na v prostředí
- vysoký obsah CaCO_3 , respektive $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$,
- intenzivní biologická činnost půdy,
- používání hnojiv s vyšším obsahem sodíku.

PŮDNÍ REAKCE (PH)

Půdní reakce má výrazný vliv na úrodnost půdy. V silně kyselých půdách se nedaří některým užitečným bakteriím velmi důležitým pro optimální průběh biochemických reakcí v půdě (Rhizobia, Azotobacter chroococum, nitrifikační bakterie aj.).

Mineralizační procesy jsou v kyselých podmínkách vesměs zpomaleny a syntetické procesy vedou ke tvorbě méně kvalitních humusových látek (fulvokyselin). Vysoká kyselost půdy nepříznivě ovlivňuje efektivnost využití některých hnojiv.

Účinným opatřením k odstranění půdní kyselosti je pravidelné vápnění.

PŮDNÍ REAKCE (PH)

Nároky vybraných plodin na půdní reakci (pH/KCl)

| Plodina | pH/KCl |
|----------------------|------------------|
| žito ozimé | 4,8 - 7,1 |
| pšenice ozimá | 6,0 - 7,2 |
| ječmen jarní | 6,2 - 7,5 |
| oves | 4,7 - 7,3 |
| brambory | 4,7 - 6,2 |
| cukrovka | 6,7 - 7,4 |
| kukuřice | 5,5 - 6,8 |
| hrách setý | 5,7 - 7,0 |
| bob obecný | 6,0 - 6,6 |
| řepka ozimá | 6,0 - 7,5 |
| mák | 6,3 - 7,2 |
| slunečnice | 5,7 - 6,2 |
| jetel luční | 5,4 - 6,7 |
| vojtěška | 6,7 - 7,8 |

PŮDNÍ REAKCE (PH)

Půdní reakce má výrazný vliv na úrodnost půdy. V silně kyselých půdách se nedaří některým užitečným bakteriím velmi důležitým pro optimální průběh biochemických reakcí v půdě (Rhizobia, Azotobacter chroococum, nitrifikační bakterie aj.).

Mineralizační procesy jsou v kyselých podmínkách vesměs zpomaleny a syntetické procesy vedou ke tvorbě méně kvalitních humusových látek (fulvokyselin). Vysoká kyselost půdy nepříznivě ovlivňuje efektivnost využití některých hnojiv.

Účinným opatřením k odstranění půdní kyselosti je pravidelné vápnění.

Rozdělení hnojiv

Podle původu:

1. Organická (také statková hnojiva)
 - a) Živočišného původu
 - b) Rostlinného původu
2. Minerální
 - a) Jednosložková
 - b) Vícesložková

Podle skupenství:

- Kapalná hnojiva (foliární výživa)
- Tuhá hnojiva (výživa skrze kořenový systém)

Rozdělení hnojiv

Organická (statková) hnojiva: vyznačují se velkým objemem, nižším obsahem živin, jsou produkována v zemědělské prvovýrobě:

hnojiva stájová

- chlévský hnůj
- kejda
- močůvka
- hnojůvka

ostatní

- komposty
- zelené hnojení
- sláma na hnojení
- ostatní organická hmota + posklizňové zbytky

Rozdělení hnojiv

Minerální hnojiva: jsou vyráběna chemickou syntézou, nebo jsou získávány těžbou.

- Dusíkatá
- Fosforečná
- Draselná
- Vápenatá
- Hořečnatá
- Vícesložková (typ NPK a další)

Agrochemické zkoušení půd - AZP

System výživy rostlin vychází z předpokladu dosažení dobré zásoby přijatelných živin v půdě (kromě N).

Princip: Na výživě rostlin se podílí zejména živiny z půdy (stará půdní síla), pak až živiny dodané během vegetace.

Platí zásada: P, K, Mg, Ca – hnojíme půdu
N – hnojíme rostlinu

AZP

- 3-6ti letý cyklus
- Výsledky slouží pro optimalizaci hnojení P, K, Mg, příp. Ca

Stanovuje se:

- půdní druh
- pH
- obsah přijatelného P, K
- potřeba vápnění
- hodnota kationtové výměnné kapacity

Agrochemické zkoušení půd - AZP

| období | délka cyklu | kontrolované kultury | analyzované parametry | hodnocení zásoby (obsahu) |
|-------------|-------------|----------------------------------|--|---------------------------|
| 1961 - 1965 | 5 | zemědělská půda | pH, potřeba vápnění, P, K | M, S, D |
| 1966 - 1970 | 5 | OP, TTP | pH, potřeba vápnění, P, K, Mg 20% | M, S, D |
| 1971 - 1975 | 5 | OP, TTP, vinice, sady, chmelnice | pH, potřeba vápnění, P, K, Mg 50% | M, S, D |
| 1976 - 1980 | 5 | OP, TTP, vinice, sady, chmelnice | pH, potřeba vápnění, P, K, Mg 50% | VM, M, S, D, V |
| 1981 - 1983 | 3 | OP, TTP, vinice, sady, chmelnice | pH, potřeba vápnění, P, K, Mg 50% | VM, M, S, D, V |
| 1984 - 1986 | 3 | OP, TTP, vinice, sady, chmelnice | pH, potřeba vápnění, P, K, Mg 50% 1986-1991 pozemky >10 ha obsah SP - Cu, Zn, Mn, B, Mo | VM, M, S, D, V |
| 1987 - 1989 | 3 | OP, TTP, vinice, sady, chmelnice | pH, potřeba vápnění, P, K, Mg 50% 1986-1991 pozemky >10 ha obsah SP - Cu, Zn, Mn, B, Mo | VM, M, S, D, V |
| 1990 - 1992 | 3 | OP, TTP, vinice, sady, chmelnice | pH, potřeba vápnění, P, K, Mg, Ca, TK - Cd, Pb, Cr, Hg, Cu, Zn, Ni, Be, Co, V Ø 100 ha | VM, M, S, D, V |
| 1993 - 1998 | 6 | OP, TTP, vinice, sady, chmelnice | pH, potřeba vápnění, P, K, Mg, Ca + KVK TK - zahušťování u kontaminovaných pozemků | VN, N, VYH, D, V, VV |
| 1999 - 2004 | 6 | OP, TTP, vinice, sady, chmelnice | pH, potřeba vápnění, P, K, Mg, Ca + KVK TK – zahušťování na kontaminovaných pozemcích a sledování u ekologicky hospodařících zemědělců | N, VYH, D, V, VV |

Typy hnojení – dle živného média

Polní plodiny (přirozené prostředí):

- Výživu rostlinám poskytují živiny v půdním roztoku, mohou poskytnout produkci i bez přihnojení, avšak tato je na úrovni 40 – 80 % ve srovnání s přihnojením
- nadbytek/ nedostatek živin jsou rostliny schopny do jisté míry kompenzovat z půdy, ve které rostou

- 1) Předseťové hnojení (P, K, S, Mg, Ca)
- 2) Produkční hnojení (N)
- 3) Hnojení při deficitu prvků (N, Mn, Mg, Zn, S, Mo, Fe, B)



Typy hnojení – dle živného média

Nádobové pěstování rostlin:

- Výživu jim poskytují živiny v půdním roztoku / sbstrátu (rašelina...), nemohou poskytnout produkci i bez přihnojení. Bez přihnojení rostliny rostou jen do vyčerpání živin.
- půda/ substrát i když je bohatý na živiny, dochází brzy k jejich vyčerpání
- nedostatek živin jsou rostliny schopny do jisté míry kompenzovat z půdy, ve které rostou
- Je nutné dodávat pravidelně N, K, P
- Většinou je potřebné dodat i mikroprvky B, Mg, Ca, Mo, Fe, Mn, Zn, Cu..

3 / 2013
Ověření kapalného hnojiva FOS
a růstových regulatorů

3 / 2013
Ověření účinnosti kapalného hnojiva FOS 2
a růstových regulatorů

Účel zkoušky: Ověření účinnosti kapalného hnojiva FOS 2 a růstových regulatorů

Zadávající organizace a výzkumné skupiny:
VVOA a další instituce
Výzkumný ústav pro zemědělskou výrobu
Ústav pro zemědělskou výrobu
Ústav pro zemědělskou výrobu

Zaměstnaní pracovníci:
Mgr. Jitka Štěpánková, Ing. Jaroslav Štěpáněk, MSc. Ing. Jiří Štěpáněk
Dělníci: Mgr. Jitka Štěpánková, Ing. Jaroslav Štěpáněk, MSc. Ing. Jiří Štěpáněk

Typy hnojení – dle živného média

Hydroponické pěstování:

- Pěstování ve velkoprodukčních sklenících (plodová zelenina, bylinky..)
- Médium pro pěstování je čedičová vata, perlit, hrobozrný říční písek... (tyto neobsahují žádné živiny)
- Výživa formou závlahy (kapénková závlaha, ponorný systém- záplavou)
- Všechny živiny musí být dodány formou závlahy (při každé závlaze, 1x denně, vícekrát týdně..)
- Tato forma výživy je přísně specifická nejen pro jednotlivé druhy plodiny, ale také pro odrůdy, klimatické podmínky apod.
- Vysoké riziko deficitu živin i předávkování





tel/fax: 00420 495 491 309

BOMAT
tel/fax: 00420 495 491 309

BOMAT
tel/fax: 00420 495 491 309

BOMAT
tel/fax: 00420 495 491 309

BOMAT
tel/fax: 00420 495 491 309

BOMAT
tel/fax: 00420 495 491 309

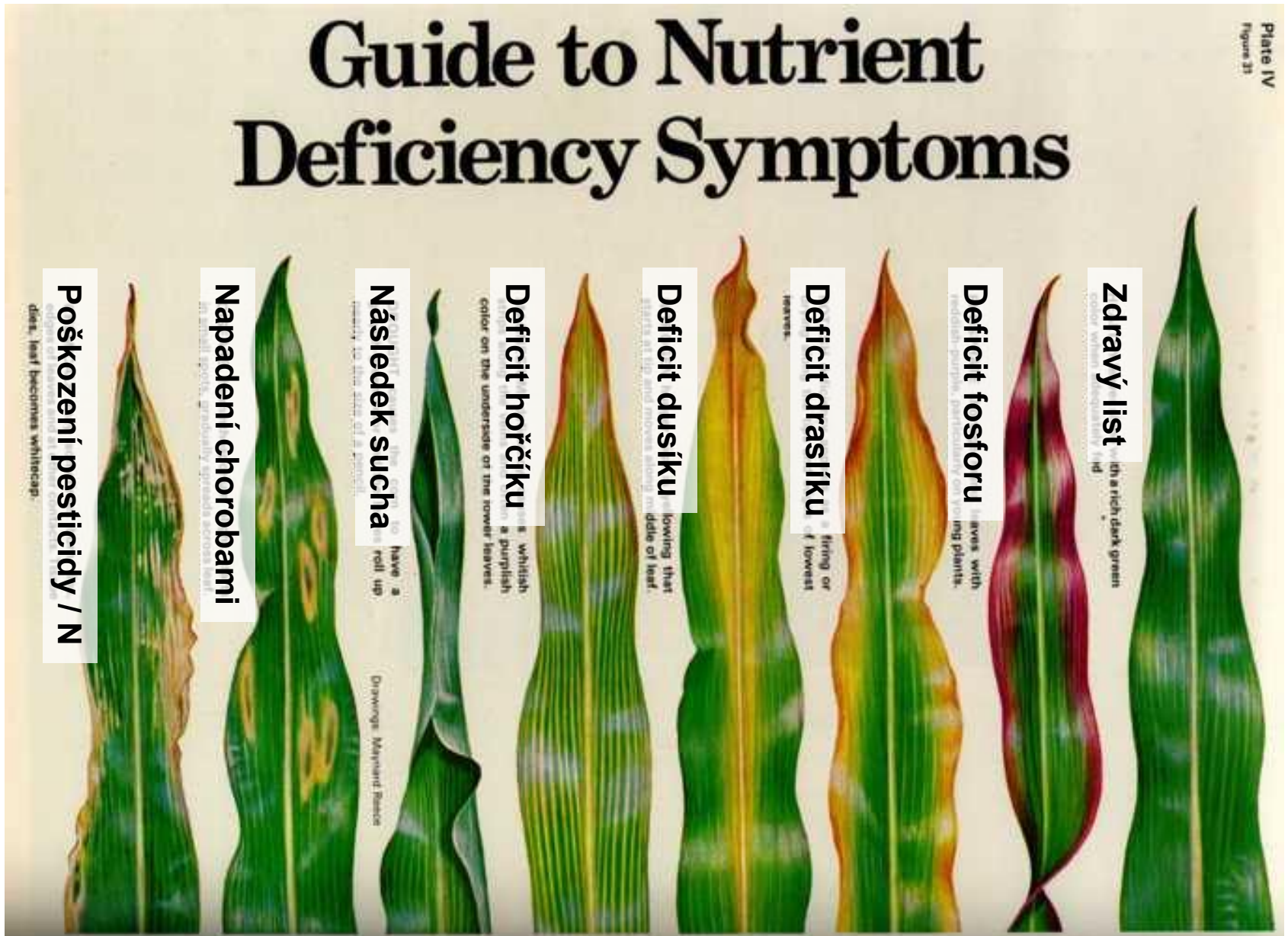


15 10 15 24
500-40
500-504
05-506

RACATA A

A

Vizuální symptomy nedostatku živin



N (dusík)

- Význam:
- Nejdůležitější prvek pro rostlinu
 - obsah N v půdě: 0,1 – 0,2 %

Příjem N v rostlinami:

- ve formě amonného NH_4^+ - *převažuje v kyselejší oblasti*
- ve formě dusičnanu (nitrátu) NO_3^- - *převažuje v neutrální - alkalické oblasti.*
nitrát je častějším a preferovaným zdrojem dusíku pro růst rostlin a jeho příjem je obecně vyšší, avšak velice závislý na rostlinném druhu a dalších faktorech prostředí

Proměna N v rostlinách:

- NH_4^+ - přímo syntéza aminokyselin
- NO_3^- - využití až po redukci na amonný NH_4^+ (za přítomnosti Fe, Cu, Mn, Mg)

N (dusík)

Distribuce N hnojiv po hnojení

| | % |
|-------------------------------------|---------|
| Využito rostlinami (nadzemní hmota) | 40 – 60 |
| Vázáno v organické hmotě v půdě | 20 – 50 |
| Minerální dusík | 5 – 20 |
| Ztráty denitrifikací a volatizací | 2 – 30 |
| Ztráty vyplavením | 2 - 10 |

N (dusík)

Symptomy deficitu

- Omezení růstu rostlin a tvorby všech podstatných orgánů (listy, stébla..)
- světlé, slabé a nevyrovnané rostliny
- předčasné opadávání listů, světlozelené až zažloutlé listy
- kratší klasy (u ječmene není vhodný příjem N v období formování zrna)
- dřívější dozrávání, snížená odnožovací schopnost
- omezená velikost zrn a semen, snížení obsahu NL v semenech, nižší olejnatost apod.

Deficit N – pšenice



Deficit N - kukuřice



Přepočty z oxidů na prvky a naopak

| | | | |
|-----------|---------------------------------|----------|----|
| P x 2,99 | = P ₂ O ₅ | x 0,44 = | P |
| K x 1,20 | = K ₂ O | x 0,83 = | K |
| Ca x 1,40 | = CaO | x 0,71 = | Ca |
| Mg x 1,66 | = MgO | x 0,60 = | Mg |

N hnojiva

Rozdělení N hnojiv

- s dusíkem nitrátovým (ledkovým, dusičnanovým) NO_3^-
- s dusíkem amonným a amoniakálním NH_4^+ , NH_3
- s dusíkem amidovým (organickým) NH_2
- s dusíkem ve dvou i více formách NH_4^+ , NO_3^- , NH_2
- pomalu působící.

N hnojiva

Ledek vápenatý (LV): 15 % N, 20 % Ca

- Účinná složka je dusičnan vápenatý $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
- Granule o vel. 1 – 4 mm
- Zásadité hnojivo s rychlým účinkem
- N je pohyblivý a rostlinami dobře přijatelný
- Vhodný na kyselé půdy
- Dobře rozpustný ve vodě (používá se i k mimokořenné výživě – konc. 1-2 %)

N hnojiva

Síran amonný (SA): 21 % N, 24 % S

- $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – N je v čpavkové formě
- V půdě se dobře rozpouští
- Může docházet ke ztrátám N těkáním – únik čpavku do vzduchu (pokud nedojde k zapravení, nebo po srážkách a rozpuštění)
- Hnojivo má okyselující charakter

N hnojiva

Dusičnan amonný (DA): 34 % N – syn. ledek amonný

- NH_4NO_3 – N je ve dvou formách
- Vhodný pro přihnojení během vegetace
- Forma krystalů, nebo granulí
- Bezpečnostní klasifikace – hořlavina a výbušnina
- Je hlavní surovinou pro výrobu ledku amonného, síranu vápenatého ...

N hnojiva

Ledek amonný s vápencem (LAV): 26-27 % N

- $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$
- Je vyráběn i s přidavkem Mg a S
- Po přidání inertních látek je z hlediska bezpečnosti bezproblémový
- Nejpoužívanější N hnojivo u nás
- Použití: předsetově i během vegetace, vč. přihnojení na list (1-5 %)

N hnojiva

Močovina (MO): 46 % N

- $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
- Amid kyseliny uhličitě
- V půdě velmi pohyblivá, vlivem enzymů a bakterií v půdě se štěpí na amoniak a kyselinu uhličitou
- Podmínka aplikace: rychlé zapravení do půdy
- Dochází k částečným ztrátám čpavku
- Vhodné hnojivo pro předseťovou aplikaci

N hnojiva

DAM 390 (DAM): 39 % N hmotnostní, nebo 30 %objemové %

- Je to vodný roztok dusičnanu amonného (42,2 %) NH_4NO_3 a močoviny (32,7 %) $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
- Celkem: $\frac{1}{2}$ N – amidická forma NH_2
 $\frac{1}{4}$ N amonná forma NH_4
 $\frac{1}{4}$ N nitrátová forma NO_3
- Aplikace: zapravením do půdy (kvůli čpavku), nebo listová aplikace
- Vhodné hnojivo pro jarní regeneraci plodin a intenzivní růst (NE předsetově)

P (fosfor)

- Obsah P v půdě: 0,01 – 0,15 % (vyšší u půdy v větším obsahu org. hmoty)
- převážná část P v půdě je pro rostliny nepřijatelná (příjem prostřednictvím H_3PO_4 , příp. $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ a HPO_4)

Snížený příjem P: při nízkých teplotách, v počátku vegetace (závisí to na velikosti kořenové soustavy)

Příjem P listy: omezený (relativně pomalu proniká povrchem listů)

Aplikace P – zásobně, předseťově

Odběr P rostlinami: 20 – 40 kg P/ha

Význam:

- je stavební prvek nukleových kyselin
- je důležitý pro přenos energie
- součást důležitých kofaktorů enzymů
- aktivátor meziproductů v řadě biosyntéz (např. v biosyntéze aminokyselin při tvorbě bílkovin atd.)

P (fosfor)

Deficit:

- nedostatek je zřetelná méně často než u N
- nedostatečný příjem podporuje chladné a suché počasí
- menší, úzké a vzpřímené listy
- barevné změny – tmavě zelený, načervenalý až fialový nádech (antokyanové zbarvení) = snížená tvorba chlorofylu a zpomalený růst rostlin
- projevy zejména na jaře (rostliny rostou, ale nízké teploty neumožňují plný příjem P)
- omezená odnožovací schopnost



P hnojiva

Jednoduchý superfosfát (SP): 8 % P

- Granule o vel. 1 – 6 mm
- Dále obsahují (kromě P): 20 % Ca a 10 % S
- Fosfor je zde dobře rozpustný ve vodě
- Použití: pro předsetovou přípravu

Trojité seperfosfát (TSP): 20-21 % P

- Téměř veškerý fosfor je vodorozpustný ve formě $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$
- Má stejné vlastnosti jako jednoduchý superfosfát

P hnojiva

Hyperkorn + magnezium (HFP): 11,5 % P + 1,8 % Mg

- Vyrábí se mletím přírodních fosfátů a následným granulováním
- Obsahuje i 36 % Ca!!!
- Fosfor se uvolňuje do půdy pozvolně

K (draslík)

- Obsah K v půdě: 0,5 – 3,2 %
- příjem: jako kationt K^+

Draslík zasahuje do celé řady metabolických procesů. Významná je jeho účast v procesu fotosyntézy a dýchání, kde má dominantní postavení ve světelné fázi.

- Vysoká koncentrace K – v mladých rostlinách, pak se jeho obsah snižuje
- např. u obilnin ve 2. polovině vegetace – příjem K se zastavuje, část K může být dokonce zpětně vylučována kořeny do půdy
- K je v rostlině dobře pohyblivý

K (draslík)

Deficit:

- Narušení vodního režimu listů, popř. celých rostlin, povadlý vzhled
- okrajová nekróza listů (tzv. symptom „spálených listů“)
- žloutnutí a odumírání pletiv
- omezení fotosyntézy
- snížená odolnost vůči houbovým chorobám
- **opad a žloutnutí spodních listů rostlin**



K hnojiva

Draselná sůl (DS): 50 % K

- Ve formě granulované i krystalické
- Jedná se o technický chlorid draselný – KCl
- Obsahuje 47 % Cl + malé množství Ca
- Používá se předsetově, s opatrností se používá u plodin citlivých na Cl (např. brambory)

Kamex (KX): 33 % K + 3,6 % Mg

- Podobné vlastnosti a použití jako draselná sůl

K hnojiva

Magnesia-kainit (KA): 7,5 – 9,1 % K + 2,5 % Mg

- Dále obsahuje 8-10 % S, 15 % Na a 29 % Cl
- Kvůli nízkému obsahu K a vysokému obsahu Ca je vhodné pro travní porosty a pícniny (pasevní porosty)

Síran draselný (SD): 42 % K

- K_2SO_4 – kvalitní hnojivo v krystalické, nebo granulované formě
- Vysoká cena hnojiva, proto je vhodné pro plodiny citlivé na Cl – tj. chmel, vinná réva, rajčata, cibule, hrách, brambory

Ca (vápník)

- Obsah Ca v půdě: 0,15 (až 10 % na karbonátových půdách)
 - Ca se nachází v půdě v těžko rozpustných sloučeninách - nejčastěji vápenec, dolomity, minerál anortit
 - Vápenec se vlivem CO_2 rozpouští na hydrogenuhličitan
- $$\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$$

- Ca má zásadní vliv na půdní reakci (pH) – stabilizující prvek

- Vápník sehrává důležitou úlohu v metabolismu

Příjem Ca rostlinou:

- Ca je převažujícím kationtem v půdním roztoku (kation Ca^{2+})

Potřeba Ca:

- jednoděložné rostliny – nižší potřeba Ca (nízké nároky)
- dvouděložné rostliny – vyšší potřeba Ca

Ca (vápník)

Deficit:

- Zbělení vrcholu listů a růstových vrcholů
- zlomení stonků a květenství
- snížená tvorba kořenů a zakořeňování
- odumírání starších kořenů
- zhoršená skladovatelnost a skvrnitost u dužinatých plodů (jablka..)



Ca hnojiva

Pálené vápno (PV): 57 – 60 % Ca

- Získává se pálením vápence ve vápenkách (při t. 1000 C)
- Konzistence – mletý prach
- Chemicky- oxid vápenatý a oxid hořečnatý
- Obsah Mg do 6 %
- Oxid a hydroxid vápenatý působí jako žíravina, může poškodit pletiva rostlin, proto se používá výhradně mimo vegetaci rostlin!
- Má silný alkalický účinek
- Aplikace – rovnoměrně aplikovat a zaorat do půdního profilu

Ca hnojiva

Mletý vápenec (MV): 30 – 38 % Ca

- Získává se rozemletím přírodního vápence
- Obsahuje 70 – 90 % CaCO_3
- Obsahuje hořčík ve formě MgCO_3 a množství 0 – 46 %
- Působení vápenců je pozvolné

Mg (hořčík)

Obsah Mg v půdě: 0,4 – 0,6%

Příjem rostlinami: jako Mg^{2+} (převážně pasivní příjem)

- Příjem je během celé vegetace, vrcholí však na konci vegetace

Význam:

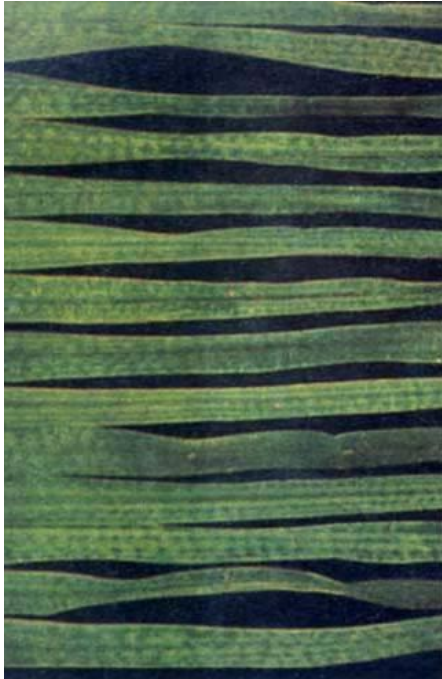
- Mg zasahuje do celé řady enzymatických procesů v rostlině

- Mg je součástí chlorofylu (význam při fotosyntéze)

Mg (hořčík)

Deficit:

- Omezení tvorby nového chlorofylu a zvýšený rozpad „stávajícího“ chlorofylu
- korálková mozaika (obilniny), nebo pruhovitost (kukuřice)
- chloróza listů u 2-děložných rostlin
- viditelná žilnatina listů
- zpomalení růstu



S (síra)

Zdroj síry: půdní zásoba (zbytky rostlin, kořeny, emise SO_2)

Příjem S: jako SO_4^{2-}

Deficit S:

- Omezení syntézy bílkovin a enzymů, snížená fotosyntetická asimilace, žloutnutí listů (od nejmladších směrem k starším) – první příznaky jsou vždy na vrcholové části rostlin
- snížená odolnost rostlin vůči patogenům



Fe (železo)

Obsah Fe v půdě: cca 2 % (většina půd u nás – dostatek Fe)

Příjem rostlinami: jako Fe^{2+} a Fe^{3+} , Fe^{+} v chelátové vazbě

Transport Fe: omezený, zejména v podobě citrátu

- Fe je nezbytnou složkou celé řady enzymových systémů

-Většina přijatého železa se soustřeďuje do chloroplastů, kde dosahuje až 90% celkového Fe listu. Zde je chelátově vázané v porfyrinové struktuře **Deficit:** - poruchy tvorby chlorofylu (chlorózy)

- Žloutnutí vrcholových částí listů

-Nedostatek Fe je většinou vázán na alkalické půdní prostředí

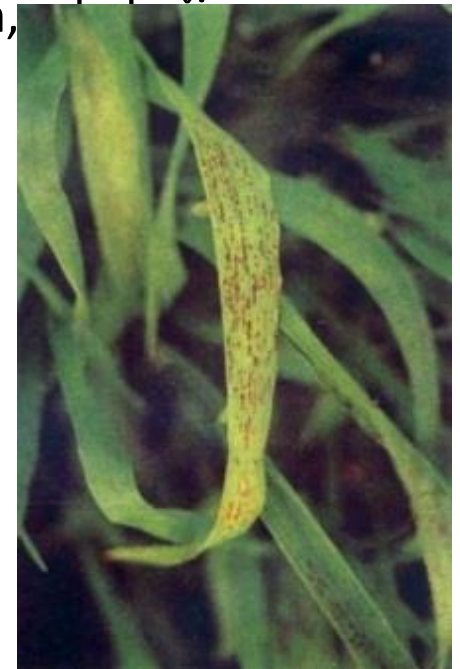
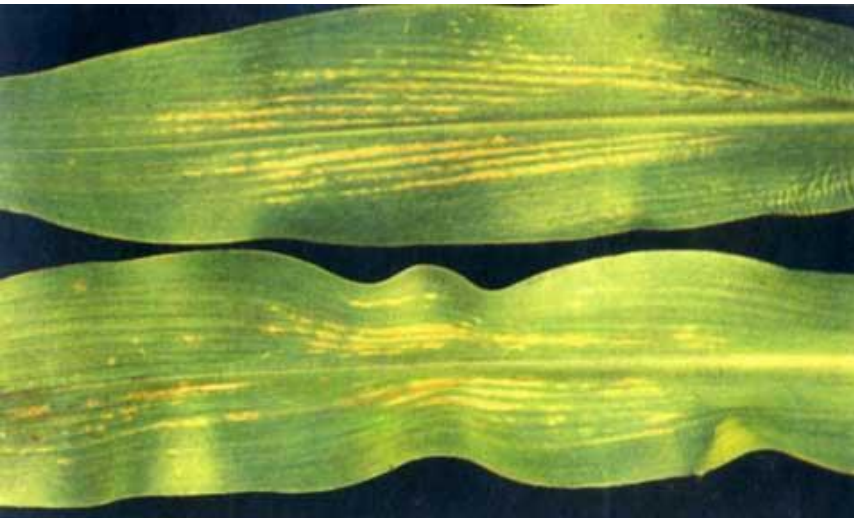


Mn (mangan)

- **Výskyt** Mn v půdě: jako Mn^{2+} , Mn^{3+} , Mn^{4+}
- **Příjem** Mn rostlinami: pouze ionty Mn^{2+}
- **Pohyblivost** Mn v rostlinách: omezená, postřik Mn má význam zejména v období intenzivního růstu
- **Nároky** na Mn: vyšší u rostlin vyžadujících nižší pH půdy

V biochemických funkcích je podobný hořčíku. Zvláště významná je jeho funkce fotosyntetického transportu elektronu (při fotolýze). Má vliv na syntézu vitamínů (např. C)

Deficit: U lipnicovitých – hnědavé protáhlé skvrny, chlorotické protáhlé skvrny



Zn (zinek)

Výskyt v půdě: jako Zn^{2+} , příp. $ZnOH^+$

Pohyb zinku v rostlině: jako Zn^{2+} a je poměrně malý

Příjem Zn negativně ovlivňuje: vysoký obsah P a vyšší hodnota pH půdy

Důležitou úlohu hraje zinek při regulaci metabolismu nukleových kyselin. Zinek inhibuje aktivitu ribonukleázy v rostliných pletivech. Při nedostatku zinku stoupá aktivita ribonukleázy.

Zinek je napojen na metabolismus aminokyselin a bílkovin. Zinek je nezbytný jako aktivátor při tvorbě tryptofanu. Vzhledem k tomu, že zinek ovlivňuje tvorbu tryptofanu nepřímo ovlivňuje i tvorbu indolových auxinů. Zinek ovlivňuje i tvorbu giberelinů. Při nízké hladině pozitivně a při vysoké hladině negativně.

Deficit: zejména u kukuřice – bělavá žilnatina, zakrnělý růst, listy na vegetačním vrcholu jsou stočené, stonek praská, poškození funkce chloroplastů a snížila se intenzita fotosyntézy



Cu (měď)

Výskyt v půdě: jako Cu^{2+}

Příjem rostlinami: jako Cu^{2+} , rostliny mají malé nároky na Cu

Vysoké nároky na Cu: oves, ječmen a pšenice

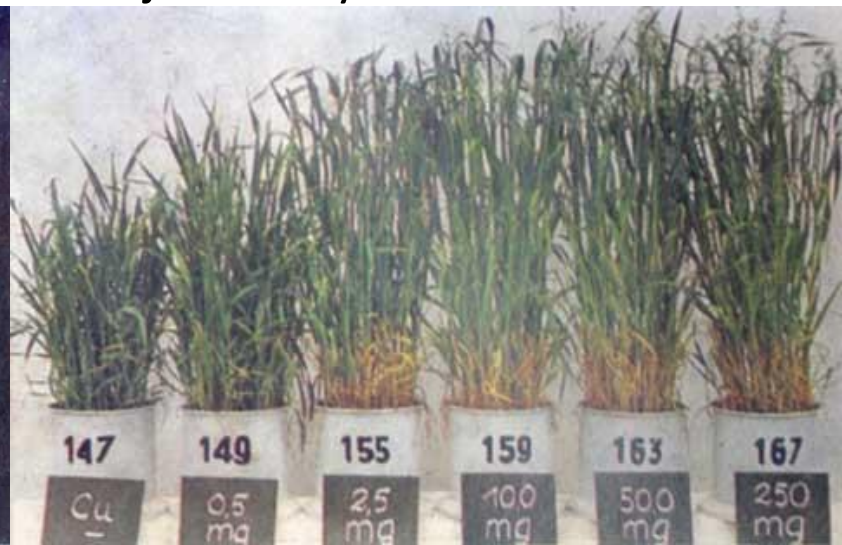
Menší nároky na Cu: žito, len a leguminózy, nejméně citlivé jsou brambory.

Měď potřebují vikvovité rostliny také k symbiotické fixaci N_2

Deficit: - Zejména u obilnin – v období tvorby zrna – snížená HTZ a tvorba zrn

- v pozdějším období ontogeneze dochází k postupnému odumírání apikálních listů, jejich zasychání a změně barvy do silně žlutého odstínu, zastavení růstu, pokles turgoru a vadnutí

Takto jsou postiženy především staré listy, protože měď je ze starých listů transportována do mladých



STATKOVÁ - ORGANICKÁ HNOJIVA

- Digestát (?)
- Hnůj
- Hnojůvka
- Kejda
- Sláma
- Jiné zbytky rostlinného původu vznikající v zemědělské prvovýrobě, nejsou-li dále upravovány

Jedná se o hnojiva, ve kterých hlavní složku tvoří organické látky rostlinného nebo živočišného původu (sacharidy, celulóza, hemicelulóza, lignin, aminokyseliny, bílkoviny, auxiny aj.), které nelze v souvislosti se zvyšováním půdní úrodnosti nijak nahradit. Hlavní jejich význam spočívá tedy v tom, že z nich v půdě vzniká humus a půdní zásoba živin.

STATKOVÁ HNOJIVA - VÝZNAM

Statková hnojiva jsou univerzálními hnojivy. Obsahují kromě organických látek všechny rostlinné živiny a některé z nich i mikroorganismy a řadu biologicky aktivních látek. Jsou to hnojiva objemná s nízkým obsahem živin a vysokým obsahem vody a půda po delší dobu jimi nehnojená ztrácí svou úrodnost a klesají výnosy.

Statková hnojiva umožňují lepší využití živin z minerálních hnojiv i z půdní zásoby. Statkovými hnojivy dodáváme do půdy asi 30 % N, P, K, Ca, Mg potřebných ke tvorbě výnosů.

Jsou zdrojem živin, energie i uhlíku pro půdní mikroorganismy, podmiňující biologickou činnost půdy.

STATKOVÁ HNOJIVA - VÝZNAM

Ovlivňují agrochemické vlastnosti půd, sorpční a iontovýměnné procesy v půdě. Humusové látky vykazují vysokou sorpční schopnost pro živiny (6 – 7x vyšší než koloidy minerální).

Statková hnojiva dodávají půdě schopnost lépe jímat vodu a pomáhat tak rostlinám překonávat období sucha.

Statková hnojiva ovlivňují další půdní vlastnosti, jako je tvorba drobtovité struktury, úprava poměru vzduchu a vody v půdě, zvýšení sorpční schopnosti a ústojčivosti půdy.

Statková hnojiva mají příznivý vliv na obsah přijatelného fosforu v půdě a mohou působit pozitivně na detoxikaci cizorodých prvků

DIGESTÁT

Digestát je odpad z biostanice, z něž byly při výrobě metanu spotřebovány organické složky pro efektivní výrobu metanu.

Digestát je vedlejší produkt z anaerobní digesce, který splňuje kvalitativní požadavky vyhlášky o biologických metodách zpracování biologicky rozložitelných odpadů.

Ačkoliv se může zdát, že jde o organické hnojivo, které obsahuje snadno přístupné rostlinné živiny a relativně vysoký poměr C/N, jsou v digestátu příměsi, které se v půdě rozkládají delší dobu.

Digestát a jeho použití

- Tekutý zbytek po metanogenezi ve fermentoru
- Cenné organické hnojivo (úspora v nákupu hnojiv)
- Obsah živin v substrátu ovlivňuje obsah živin v digestátu
- Nakládání s digestátem – řízeno podle stejné vyhlášky, která platí i pro statková hnojiva
- Dusík se mění na amoniakální formu (cca 20 % N) – nebezpečí vypařování
- Obsah P, K, Ca a Mg se nemění
- Antiseptické účinky, snížení zápachu, klíčivosti semen a nálezových bakterií (vliv na kejdu)

| Substrát | N (kg/t) | P (kg/t) | K (kg/t) |
|--------------------------|------------|-------------|------------|
| Kejda HZ | 4,4 – 6,8 | 0,74 – 1,60 | 2,6 – 5,7 |
| Siláže (kukuřice, trávy) | 4,1 – 10,0 | 0,72 – 1,50 | 4,2 – 14,0 |

Změny v digestátu během fermentace

| Ukazatel | Před fermentací (kg/t) | Po fermentaci (kg/t) | Změna (%) |
|-------------------------------|------------------------|----------------------|-----------|
| Organické látky | 39,3 | 14,4 | - 51 % |
| Sušina | 37,8 | 22,2 | - 41 % |
| N | 3,05 | 3,12 | + 2 % |
| C:N (krátkodobý hnoj.účinek) | 4,80 : 1 | 2,31 : 1 | - 52 % |
| Amoniak | 1,76 | 2,28 | + 30 % |
| S | 0,13 | 0,11 | - 13 % |
| P ₂ O ₅ | 1,01 | 0,66 | - 34 % |
| K ₂ O | 2,08 | 2,44 | + 17 % |

Zdroj: Dostál (2008)

CHLÉVSKÝ HNŮJ

- je zušlechtěná směs podestýlky s tuhými a tekutými výkaly hospodářských zvířat. Chlévská mrva je substrát nezušlechtěný, tj. získaný po vyvezení stájí. Teprve fermentací (zráním) z ní vzniká chlévský hnůj

Chlévský hnůj má pro půdní úrodnost tento význam:

- obohacuje půdu o snadno rozložitelné uhlíkaté a dusíkaté látky, které jsou zdrojem energie, CO_2 a přijatelných forem dusíku i ostatních živin.
- obsahuje v sušině asi 1 – 2 % mikroorganismů, které příznivě ovlivňují biologickou půdní činnost.
- obsahuje růstové látky, hlavně heteroauxin.
- prostřednictvím org.l. zlepšuje fyzikální a fyzikálně chemické vlastnosti půdy

CHLÉVSKÝ HNŮJ

SLOŽENÍ CHLÉVSKÉHO HNOJE

Obsah organických látek, sušiny a živin v chlévském hnoji závisí na použitém krmivu, druhu hospodářských zvířat, podestýlce a způsobu ošetřování chlévské mrvy.

| | |
|-------------------|----------------|
| - Voda | 75 – 80 % |
| - Sušina | 20 – 25 % |
| - Organické látky | 18 % |
| - N celkový | 0,40 – 0,60 % |
| - P | 0,15 – 0,25 % |
| - K | 0,60 – 0,70 % |
| - Ca | 0,40 – 0,60 % |
| - Mg | 0,0,5 – 0,10 % |

CHLÉVSKÝ HNŮJ

Dusík je přítomen ze 70 % v organické formě, 29 % činí N – NH₄ a 1 % N – NO₃

Zrání chlévské mrvy ve hnůj je složitý biochemický proces, při kterém jednotlivé komponenty podléhají částečnému odbourávání činností mikroorganismů, zejména bakterií, aktinomycet a plísní.

O intenzitě odbourávání rozhoduje přístup vzdušného kyslíku, teplota a vlhkost prostředí.

V aerobních podmínkách postupuje odbourávání organických látek mnohem rychleji než bez přístupu vzduchu, čímž dochází k velkým ztrátám.

ZÁSADY PRO POUŽITÍ CHLÉVSKÉHO HNOJE

Ke hnojení se používá hnůj dobře vyztárlý obvykle 1x za 3 – 4 roky v průměrné dávce 30 – 35 t . ha⁻¹. Má-li být optimálně využito, je nutné, aby byl rovnoměrně aplikován na pozemek a ihned orbou zapraven do půdy, jinak dochází ke ztrátám. Zaorávka se provádí na těžkých půdách mělčeji, na lehkých hlouběji.

Dávky hnoje:

- Obiloviny: 20 do 50 t . ha⁻¹
- Okopanina 20 t. ha⁻¹
- Jednoleté pícniny a olejníny: 25 – 30 t. ha⁻¹
- zeleniny 40 t. ha⁻¹

KEJDA

Kejda je částečně prokvašená směs pevných a tekutých výkalů hospodářských zvířat zředěná vodou. Podle původu se může jednat o kejdu skotu, prasat a drůbeže. Kejda vzniká v bezstelivových provozech.

Důležitým kvalitativním znakem kejdy je obsah sušiny. U kejdy skotu a prasat je žádoucí obsah sušiny od 7,5 do 15 %.

Živiny obsažené v kejdě jsou pro rostliny snadno přístupné, 50– 60 % dusíku je ve formě amoniakální.

Složení kejdy:

- Sušina 7 – 8 %
- Organické látky 6 %
- N celkový 0,30 – 0,50 %
- P / K / Ca: 0,10 / 0,40 / 0,05 %

KEJDA

Kejda je částečně prokvašená směs pevných a tekutých výkalů hospodářských zvířat zředěná vodou. Podle původu se může jednat o kejdu skotu, prasat a drůbeže. Kejda vzniká v bezstelivových provozech.

Důležitým kvalitativním znakem kejdy je obsah sušiny. U kejdy skotu a prasat je žádoucí obsah sušiny od 7,5 do 15 %.

Živiny obsažené v kejdě jsou pro rostliny snadno přístupné, 50– 60 % dusíku je ve formě amoniakální.

Složení kejdy:

- Sušina 7 – 8 %
- Organické látky 6 %
- N celkový 0,30 – 0,50 %
- P / K / Ca: 0,10 / 0,40 / 0,05 %

KEJDA

SKLADOVÁNÍ KEJDY

Kejdový provoz vyžaduje některá speciální technická zařízení, jehož základem je skladovací kejdivá jímka. Kvalitní uskladnění kejdy je nedílnou součástí účelného využití kejdy k přímému hnojení.

ZÁSADY POUŽITÍ KEJDY

Kejda by se měla používat homogenizovaná hlavně k přímému hnojení.

Hnojení kejdou je vhodné kombinovat se zaorávkou slámy nebo zeleného hnojení, případně v trojkombinaci

Dávky kejdy se volí podle obsahu dusíku popř. draslíku v hnojivu a podle nároků pěstovaných plodin (kukuřice na zrno 75 t . ha⁻¹, obiloviny 30 t . ha⁻¹)

MOČŮVKA

Močůvka je prokvašená moč ustájených hospodářských zvířat zředěná vodou. Patří mezi stájová hnojiva, i když obsah organických látek v ní je nízký, ale z hlediska obsahu živin je hodnotným dusíkato-draselným hnojivem.

- Sušina: 1 - 2 %
- Organická hmota: 1,0 %
- N: 0,2 %
- P: 0,02 %
- K: 0,30 %

MOČŮVKA

SKLADOVÁNÍ MOČŮVKY

Přímé použití moče je riskantní (obsahuje org.kyseliny, které mohou poškodit rostliny), proto se ukládá do močůvkových jímek, kde dojde k odbourání škodlivých látek a k omezeným ztrátám dusíku. Čím rychleji odtéká moč nezachycená ve stelivu do skladovacích jímek, tím méně je infikována bakteriemi z výkalů a podestýlky. Ty totiž rozkládají org. látky a hlavně močovinu, čímž vznikají především ztráty dusíku.

Minimální skladovací doba činí 6 měsíců.

KOMPOSTY

Komposty jsou organická hnojiva, která definujeme jako směs organických látek a zeminy, oživenou užitečnou půdní mikroflórou, v níž probíhají nebo proběhly humusotvorné procesy.

Kompost se zakládá na utužené a urovnané ploše. Důkladné promíchání org. hmoty se provádí buď ihned při zakládání kompostu, nebo po předchozím uložení do vrstev pomocí mechanizačních prostředků. Před vyschnutím chráníme kompost zálivkou (kejdou, močůvkou, vodou) tak, aby zrání probíhalo při teplotě zhruba $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ uvnitř hromady (teplota by neměla překročit $60\text{ }^{\circ}\text{C}$) – zálivka 3x – 4x během zrání, které trvá obvykle 3 – 4 měsíce. Během této doby je materiál třeba alespoň 1 – 2x překopat. Pokud použijeme těžce rozložitelnou org. hmotu, zrání trvá 1 – 2 roky.

KOMPOSTY

Složení kompostu:

- vlhkost 40 – 60 %, pH 6,0 – 6,5
- minimální obsah organické hmoty 20 %
- obsah organických látek v sušině 50 – 82 %
- dusík nad 2 %
- fosfor nad 0,65 %
- draslík nad 1,25 %
- vápník + hořčík nad 4,5 %

Kompost se používá ke všem plodinám náročným na organické hnojení, dávky volíme od 20 do 100 t; střední dávka je 30 – 40 t jako u hnoje.

ZELENÉ HNOJENÍ

Zeleným hnojením rozumíme zaorávání zelených rostlin, které byly na daném pozemku k tomuto účelu vypěstovány s cílem obohatit půdu o organickou hmotu a živiny.

Patří k nejefektivnějším způsobům náhrady organických látek do půdy.

Přísun organických látek, dusíku a popelovin zeleným hnojením

| Druh zeleného hnojení | zelená hmot t . ha ⁻¹ | org. látky t . ha ⁻¹ | N kg . ha ⁻¹ | popeloviny kg . ha ⁻¹ |
|--------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| Vlčí bob (hl. plodina) | 23 | 3,2 | 115 | 195 |
| Vlčí bob (strn. plodina) | 13 | 2,8 | 95 | 120 |
| Seradella (podsev) | 15 | 2,1 | 100 | 200 |
| Peluška (strništní) | 14 | 2,2 | 70 | 180 |
| Jetel žlutý (strništní) | 15 | 2,8 | 95 | 175 |

ZPŮSOBY POUŽITÍ ZELENÉHO HNOJENÍ

1. Jako **hlavní plodina** – tento způsob se používá se výjimečných případech, protože v roce hnojení dochází ke ztrátě výnosu. Jeho využití připadá v úvahu při rekultivaci devastovaných půd, při odvodňování pozemků, na místech příliš vzdálených od středisek živočišné výroby nebo při nedostatku organických hnojiv. Nejčastěji se pěstuje luskovino-obilní směska, hořčice bílá, komonice aj.

2. Jako **meziplodina**

- formou ***podsevu do krycí plodiny*** – doporučuje se tam, kde je dostatek srážek hlavně po sklizni krycí plodiny.

- jako **strništní meziplodina** – vhodný způsob v oblastech s časným nástupem žní a na zaplevelených pozemcích.

c. jako **podplodina (podkultura)** – pěstuje se v sadech, vinicích (víceleté kultury).

ZÁKLADY PEDOLOGIE

Půdní typy:

Černozem (11 %) – nejúrodnější půdy, v nížinách, nejsušších a nejteplejších oblastech, 450 – 600 mm srážek. Půdotvorný substrát jsou spraše, písčité spraše a slíny.

Hnědozem (13 %) – v nížinách a pahorkatinách, navazují na hranice černozemí, 600 – 650 mm srážek. Půdotvorný substrát jsou spraše a sprašové slíny.

Luvizem (5 %) – méně úrodné než hnědozemě, nadm. Výška 300 – 600 m, 650 – 800 mm srážek. Půdotvorný substrát jsou spraše a sprašové slíny.

Kambizem (45 %)- méně úrodné, u nás nejrozšířenější, je typická skeletovitostí, nadm. Výška 300 – 1000 m. Půdotvorný substrát jsou zvětralinny vyvřelých a metamorfovaných hornin.

Zadání:

- Vypočítejte dávky hnojiv pro rostliny kukuřice seté (výpočet pro 1 rostlinu)
- Hnojiva budou aplikována 3x během vegetace

K dispozici jsou tato hnojiva:

Ledek amonný s vápencem: 27 % N + CaCO₃ (cca 9 % CaO)

Močovina: 46 % N jako CO(NH₂)₂

Trojitý superfosfát: 21 % P jako Ca(H₂PO₄)₂

Draselná sůl (chlorid draselný): 50 % K jako KCl

Síran amonný: 21 % N, 24 % S

Pálené vápno: 60 % Ca

Hořká sůl: 16 % Mg

Mikroprvky:

Mikroprvky (v tekutém stavu – chelatované roztoky)

Zn: 95 g/l

Cu: 100 g/l

Mn: 81 g/l

Mo: 74 g/l

Fe: 77 g/l

B: kyselina boritá

Spotřeba živin

Odběrem 1 t silážní hmoty odčerpá:



- 3,5 – 4,0 kg dusíku
- 0,7 – 0,9 kg fosforu
- 3,0 – 3,7 kg draslíku
- 0,9 – 1,3 kg vápníku
- 0,3 – 0,6 kg hořčíku
- 0,4 – 0,5 kg síry

Předpokládaný výnos: 60 t silážní zelené hmoty

V současné době je v podmínkách ČR kukuřice pěstována jako tzv. širokořádková plodina s meziřádkovou vzdáleností 70 nebo 75 cm, což při dopovídá výsevku **70 000 jedinců na hektar**
- odpovídá vzdálenosti rostlin v řádku 18 cm

Spotřeba živin na 60 t silážní hmoty:

N: 225 kg

P: 48 kg

K: 201 kg

Ca: 66 kg

Mg: 27 kg

S: 27 kg

Síran Amonný: 21 % N, **24 % S**

112,5 kg hnojiva SA – pokrytá potřeba síry

+ pokrytá potřeba 23,6 kg N

Chybí 201,4 kg N

Bude kompenzována ledkem a močovinou

LAV (9 % CaO = $9 \times 0,71 = 6,39$ % čistého Ca)

66 kg potřeby Ca = 1033 kg LAV = 279 kg čistého N

Základy výživy rostlin, mimokořenová výživa

- Příjem aniontů listy: zhoršený (jsou vytěsňovány od průduchů kutikuly)
- Příjem kationtů listy: snadný

Příjem živin listy závisí na těchto faktorech:

- Síla a vlastnosti kutikuly
- Množství a podíl postřiku ulpělého na listech
- Termín a intenzita srážek
- Vlhkost vzduchu a rychlost vysychání postřikového roztoku
- Mobilita živin pro translokaci
- Koncentrace živin (obvykle – max. 1% roztok)

Filozofie listové výživy

Tento způsob výživy rostlin nemá za cíl řešení bilance živin, ale omezení dopadů přechodně sníženého příjmu určité živiny během vegetace. To nastává z různých příčin i na půdách dobře zásobených živinami, např. vlivem sucha, zamokření nebo rozdílem teplot půdy a vzduchu časně zjara, když slunce prohřeje vzduch, ale půda reaguje pomalu. Aplikace živin na list snižuje riziko propadu aktivity rostliny do doby, než pominou podmínky nepříznivé pro příjem živin z půdy.

U mikroživin lze deficit živiny odstranit prakticky úplně, u makroživin dokáže ovlivnit aplikace na list výživný stav velmi významně. V praxi se běžně aplikuje močovina na list pšenice od konce sloupkování.

Listy u rostlin jsou orgány k příjmu plynu (především CO_2), avšak mohou být i místem, kde se zajišťuje **mimokořenová výživa rostlin** - příjem a utilizace minerálních (ale i organických) živin aplikovaných na nadzemní části rostlin ve formě vodných roztoků (foliární výživa).

Filozofie listové výživy

Uvedený druh výživy je třeba chápat jako výživu doplňkovou, která umožňuje operativní korekci výživného stavu rostlin jak podle vizuálních příznaků, tak zvláště na základě chemické analýzy rostlin.

Mimokořenovou výživou nelze zcela nahradit výživu kořenovou, poněvadž množství přijatých živin rostlinou (zvláště makrobiogenních prvků) je malé. Bylo prokázáno, že rostliny odkázané pouze na tento druh výživy zaostávají ve vývoji a silně se omezuje tvorba generativních orgánů. Předností mimokořenové výživy je, že jsou vyloučeny interakce mezi ionty, které při aplikaci živin do půdy by mohly výrazně ovlivnit jejich přijatelnost, a tím i účinnost dodaných živin. Aplikaci živin je možné také spojit (zvláště u hnojiv dusíkatých) s ošetřením porostu herbicidy, pesticidy a morforegulátory.

Hlavní překážkou při vstupu živin do nadzemních částí rostlin je kutikula. Ovlhčení povrchu listů, které je umožněno přidáním detergentů (smáčedel) ke hnojivému roztoku se kutikula rozestoupí a umožní kontakt roztoku s buňkami epidermální části listu.

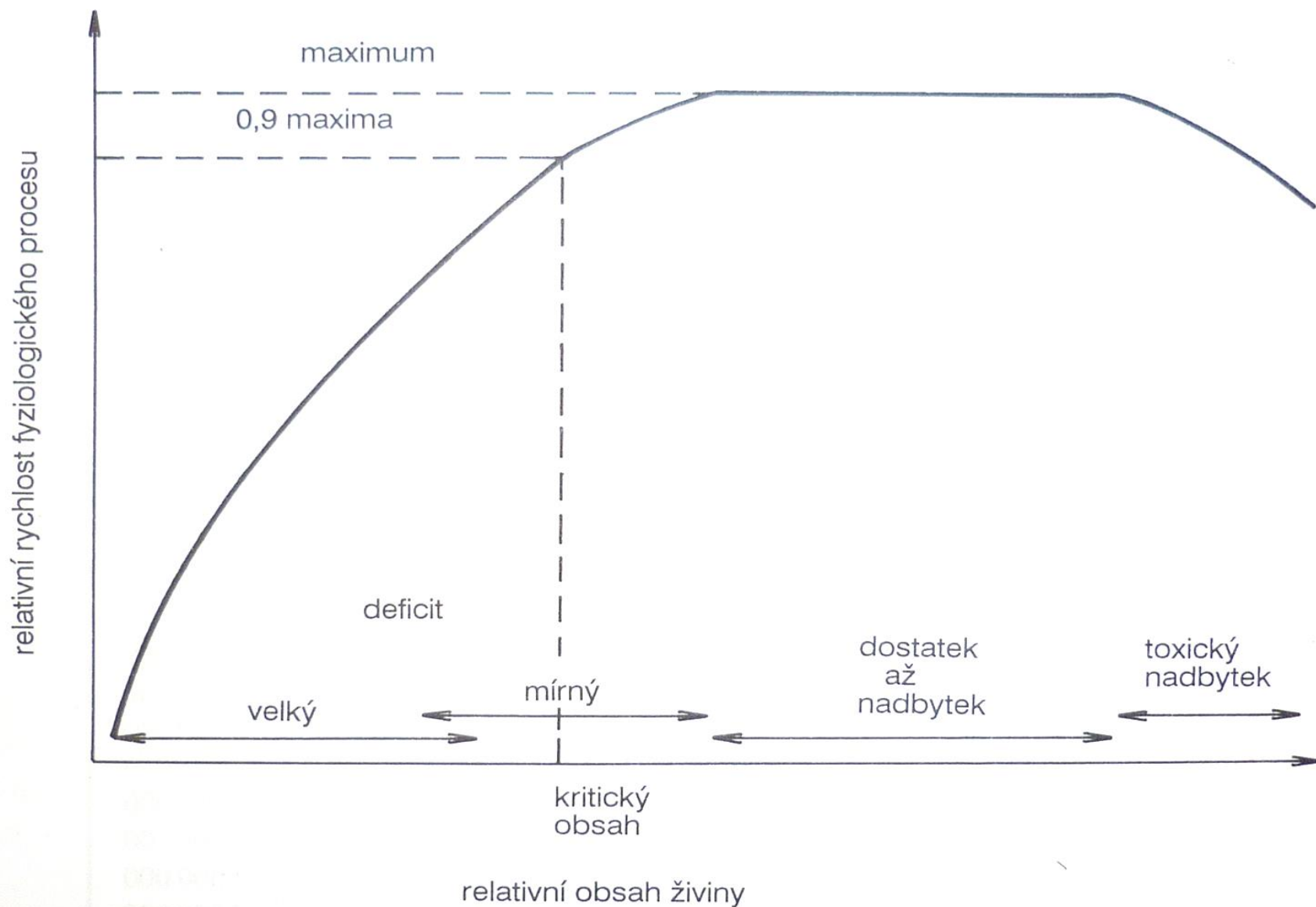
Filozofie listové výživy

Rychlost absorpce jednotlivých živin je značně rozdílná. Kationty pronikají přes membrány rychleji než anionty. Listy rostlin mohou absorbovat všechny hlavní živiny a mikroprvky s rychlostí absorpce uvedenou v tabulce

Rychlost absorpce jednotlivých živin listy rostlin (Hudská 1976)

| Živina | Doba při 50% absorpci |
|-----------------------|-----------------------|
| Dusík v močovině | 1/2 až 2 hod. |
| Hořčík | 2-5 hod |
| Draslík | 10-24 hod. |
| Vápník, mangan, zinek | 1-2 dny |
| Fosfor | 5-10 dnů |
| Železo, molybden | 10-20 dnů |

Základy výživy rostlin, mimokořenová výživa



Základy výživy rostlin, mimokořenová výživa

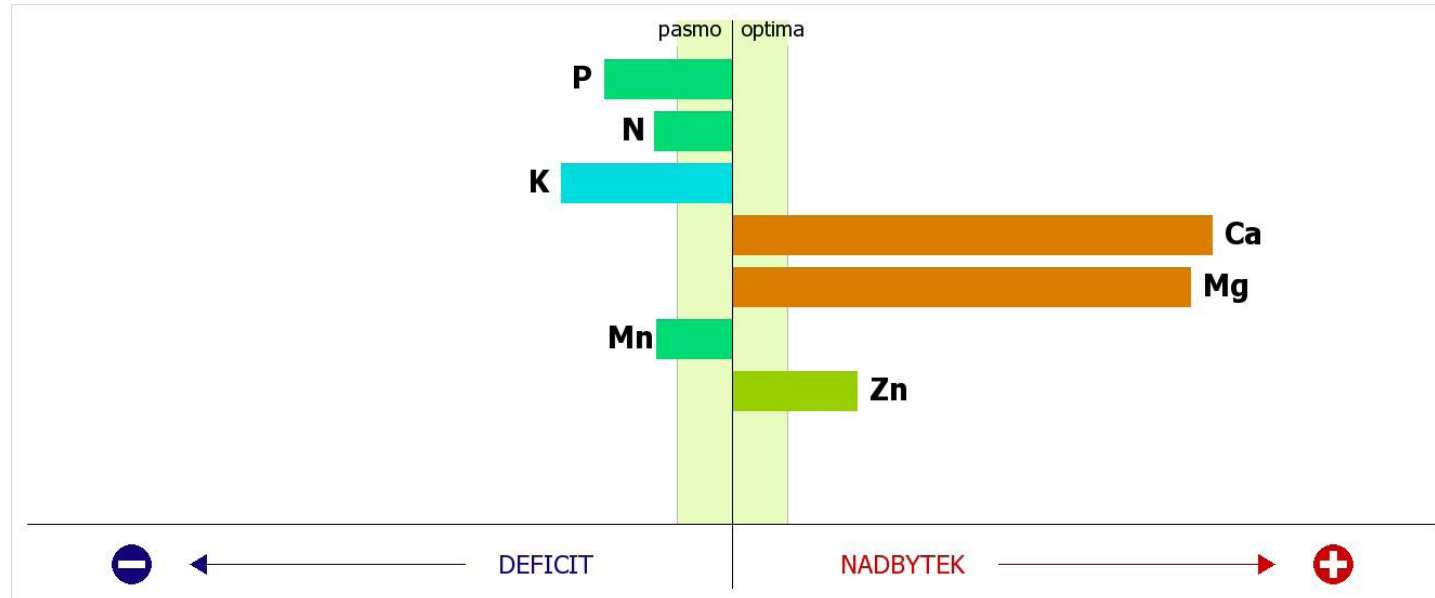
Aby rostlina mohla minerály a stopové prvky skutečně „vstřebat“ a zpracovat, je nutná organická tzv. **chelátová vazba** (*slovo „chela“ je řeckého původu a znamená „klepeto“, které symbolizuje sevření minerálů v aminokyselinách*)

Látky v chelátové vazbě jsou rostliny schopné vstřebat až z 95%.

U anorganické „nechelátové“ vazby vstřebání často nepřesahuje ani 10%

Odhad na základě rozboru rostlinného materiálu

AGRA GROUP a.s., Strelské Hoštice



**Protokol o výživném stavu porostu
pro JJ-Všestary-K 2009**
Číslo protokolu: N000613-090522
Datum vystavení: 22.5.2009
Zemědělský podnik: JJ-Všestary-K 2009

Výsledky rozboru rostlin

prvek obsah [%] hodnocení obsahu

P 0,40 mírný deficit

N 5,07 mírný deficit

K 4,36 střední deficit

Ca 1,54 velmi vysoký nadbytek

Mg 0,25 velmi vysoký nadbytek

obsah [mg/kg]

Mn 55,50 mírný deficit

Zn 51,00 mírný nadbytek

Doporučené řešení:

CAMPOFORT Garant K 10 l/ha

Agronomická

Rozdělení ČR do zemědělských výrobních oblastí

Bonitace půd – na základě průzkumu půd v ČR, stanovištních podmínek, vlastností půd a agroekologických faktorů (klimatické podmínky, reliéf terénu apod.) vznikly tzv. BPEJ – bonitované půdně ekologické jednotky

BPEJ – 5ti místný číselný kód

1. Číslice – klimatický región
2. - 3. číslice – příslušnost k určité půdní jednotce (půdní druh a typ)
4. Číslice svažitost a expozice na světové strany
5. Číslice – hloubka půdy a skeletovisot

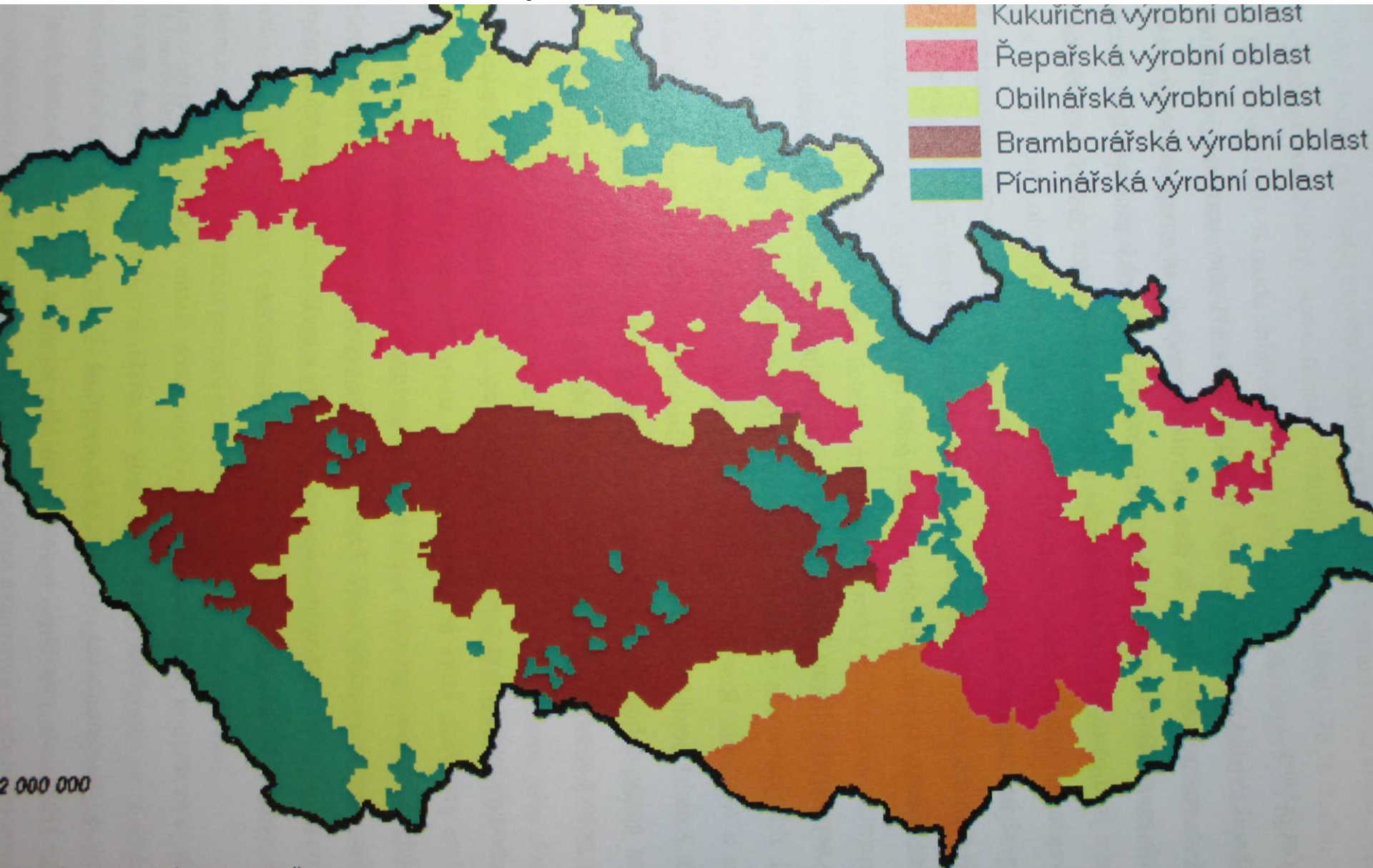
BPEJ jsou důležité pro stanovení úřední ceny zemědělské půdy

Rozdělení produkčního území ČR

5 zemědělských výrobních oblastí

- 1. Kukuřičná**
- 2. Řepařská**
- 3. Obilnářská**
- 4. Bramborářská**
- 5. Pícninářská**

Rozdělení produkčního území ČR



2 000 000

VÝZE připravil Neudert - MZLU v Brně

Rozdělení produkčního území ČR

| | Kukuřičná VO | Řepařská VO | Obilnářská VO | Bramborářská VO | Pícninářská VO |
|------------------------------|--|---|---|---------------------------------|-----------------------------------|
| Nadm. výška | Do 250 m | 250 – 350 m | 300 – 600 m | 400 – 650 m | Nad 600 m |
| Prům. roční teplota | 9 – 10 C | 8 – 9 C | 5 – 8,5 C | 5 – 8 C | 5 – 6 C |
| Úhrn ročních srážek | 500 – 600 mm | 500 – 650 mm | 550 – 700 mm | 550 – 900 mm | Více než 700 mm |
| Hlavní půdní jednotky | Černozem a sprašová hlína | Černozemě, hnědozemě, spraše, fluvizemě | Různé – od hnědozemí až po glejové půdy | Hlavně hlinitopísčité půdy | Většinou glejové kambizemě |
| Stupeň zornění | Nad 80 % | Nad 80 % | Nad 60 % | 50 – 60 % | Pod 50 % |
| Hlavní druhy plodin | Kukuřice na zrno, obilniny, cukrovka, slunečnice | Obilniny, řepka, cukrovka, chmel, silážní | Obilniny, řepka, kukuřice na siláž | Brambory, krmné obilniny, řepka | Louky, pastviny, sadbové brambory |

Změny obsahu živin v rostlinách

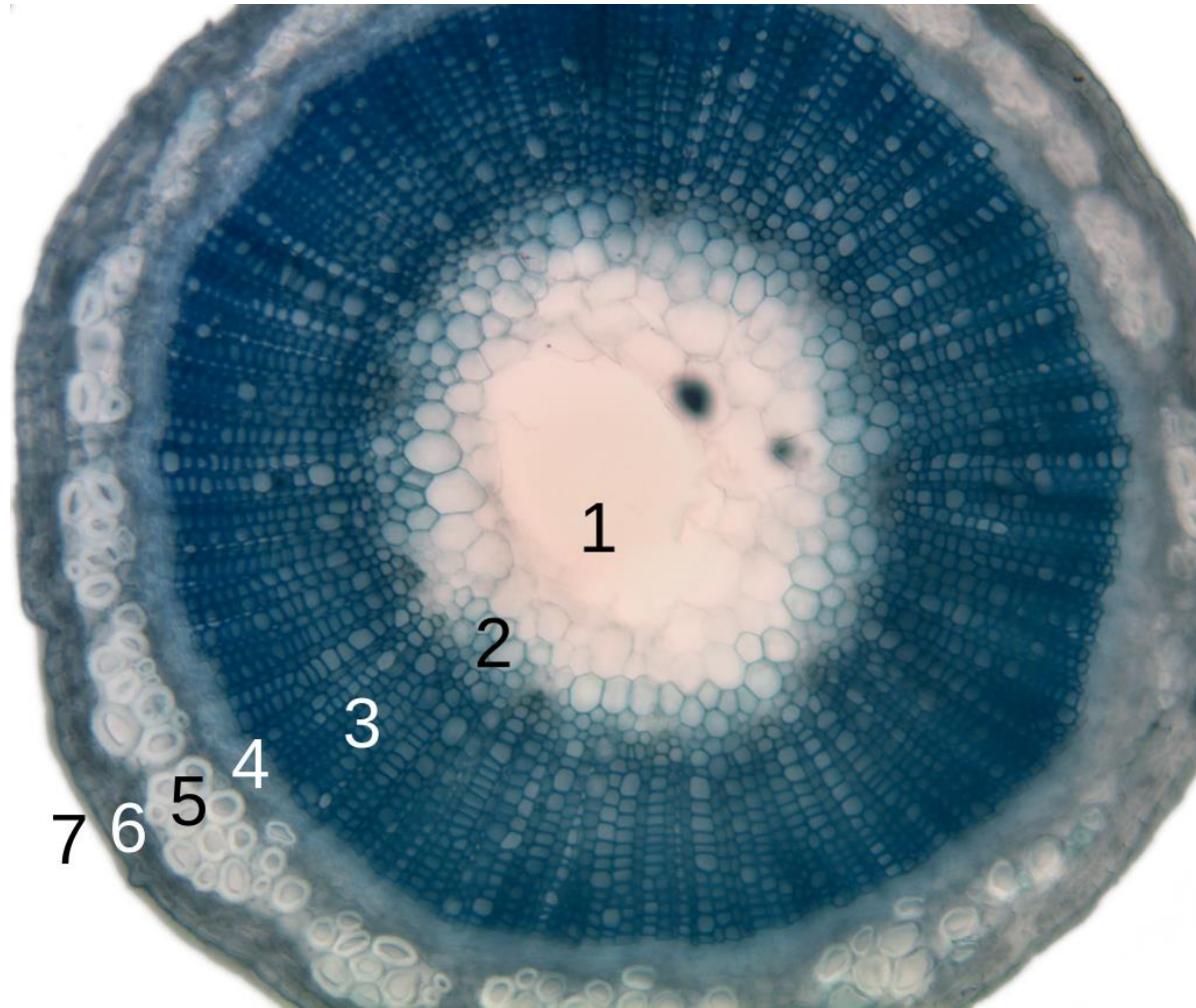
Změny / obsah je dán:

- 1) Geneticky – je dán druhem rostliny (např. trávy – lipnicovité – *Poaceae* obsahují oproti luskovinách nižší obsah Ca, ale mnohem vyšší obsah Si)
- 2) Odrůdové rozdíly – v rámci daného druhu (např. pro fytoremediaci - příjem těžkých kovů)
- 3) Rozdíly v pletivech a orgánech

Vodivá pletiva rostlin

Příčný řez stonkem lnu setého:

1. dřeň
2. protoxylém
3. Primární xylém
4. Primární **floém**,
5. sklerenchym
(lýkové vlákno)
6. primární kůra
7. epidermis (pokožka)



Mechanismy transportu živin

Floém (= **lýko**, **leptom**). U cévnatých rostlin je floém systémem pletiv, která rozvádí organické živiny (produkty fotosyntézy), především sacharózu, do všech částí rostliny. Floém je odpovědný především za transport rozpustných organických látek vytvořených během fotosyntézy.

Xylém (také *dřevní cévní svazek* nebo **dřevo**) je typ pletiva cévnatých rostlin, které přivádí a rozvádí minerální živiny z kořenové soustavy rostlin směrem nahoru do jejích nadzemních částí. Xylém může mít v rostlině funkci mechanickou (opora), transportní (rozvod živin) a zásobní.

Tab. 3.2 Obsah organických a anorganických látek (iontů) stanovených v exudátu floému (pH 7,8–8,0) nebo xylému (pH 5,6–5,9) *Nicotiana glauca*. ND – nebyly přítomny, NA – neprovedeny analýzy. (Podle Blevinse 1994.)

| Látka (ion) | Exudát ($\mu\text{g ml}^{-1}$) | | Poměr koncentrací floém/xylém |
|----------------------|----------------------------------|----------|-------------------------------------|
| | floému | xylému | |
| sušina | 170–196* | 1,1–1,2* | 155–163 |
| sacharóza | 155–168* | ND | – |
| redukující cukry | neobsahuje | NA | – |
| amino- sloučeniny | 10 808,0 | 283,0 | 38,2 |
| NO_3^- | ND | NA | – |
| amoniak | 45,3 | 9,7 | 4,7 |
| K^+ | 3 673,0 | 204,3 | 18,0 |
| PO_4^{3-} | 434,6 | 68,1 | 6,4 |
| Cl^- | 486,4 | 63,8 | 7,6 |
| SO_4^{2-} | 138,9 | 43,3 | 3,2 |
| Ca^{2+} | 83,3 | 189,2 | 0,44 |
| Mg^{2+} | 104,3 | 33,8 | 3,1 |
| Na^+ | 116,3 | 46,2 | 2,5 |
| Fe^{3+} | 9,4 | 0,60 | 15,7 |
| Zn^{2+} | 15,9 | 1,47 | 10,8 |
| Mn^{2+} | 0,87 | 0,23 | 3,8 |
| Cu^{2+} | 1,20 | 0,11 | 10,9 |

* mg ml^{-1}

Mechanismy transportu živin

Příjem živin z půdního roztoku – proti koncentračnímu spádu



V kořenech jsou živiny přeneseny přes plazmalemu za pomoci transportních bílkovin



Tyto živiny jsou dále přeneseny do xylému



V listech jsou tyto živiny za pomoci bílkovinových přenašečů opět převedeny do symplastu (symplast = propojení protoplastů rostlinných buněk tenkými vlákny cytoplazmy, transportní cesta pro anorganické i organické látky na krátké vzdálenosti)

Transportní mechanizmy

- 1) Nespecifický transport
 - Prostá difuze
 - Zprostředkovaná difuze
- 2) Zprostředkovaný transport
 - Primární aktivní transport
 - Sekundární aktivní transport

Transport na dlouhé vzdálenosti

- Platí pro živiny ve formě iontů
- V rostlinách se pro tyto účely nevyvinuly žádné speciální transportní dráhy

Xylém:

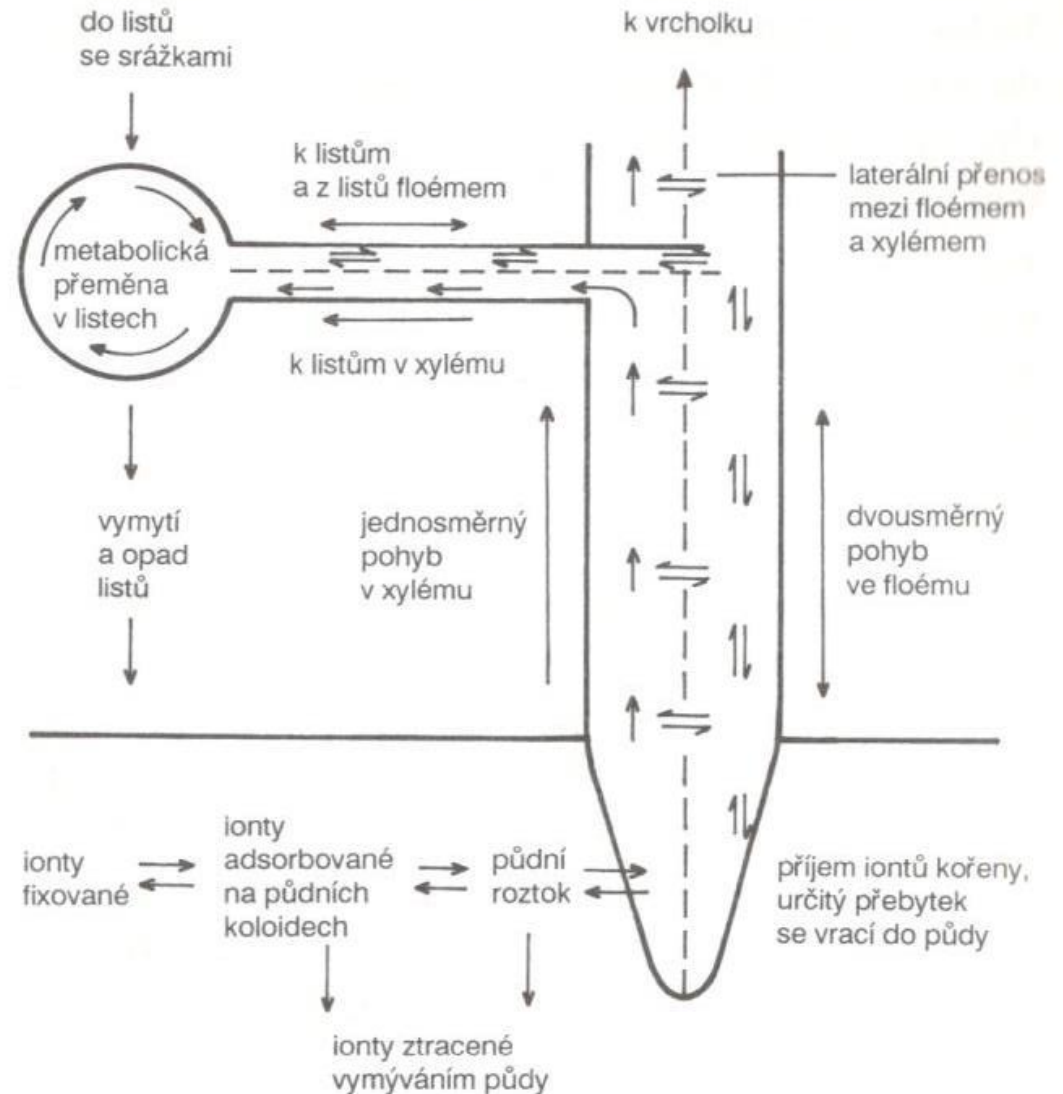
- Pro jejich transport v rostlině je využíván transport vody v xylému
- Transport vody v rostlině je značný, proto je koncentrace látek v tomto vodním roztoku malá

Floém:

- Transport iontů proti transpiračnímu proudu

Transport na krátké vzdálenosti

- Transport **difuzí**
- Tj. spontánní difuze iontů z míst s vyšší koncentrací do míst s nižší koncentrací



Obr. 3.7 Schéma transportu minerálních živin mezi kořeny a listy. (Podle Sutcliffe a Bakera 1981.)

Nespecifická- prostá difuze (nespecifický transport)

Funguje na krátkou vzdálenost na základě difuze látek podle Fickova zákona: látky samovolně difundují z míst o vyšší koncentraci do míst o nižší koncentraci.

Transport ustane, až se koncentrace vyrovnají.

J = Difúzní tok (množství látky, které projde za jednotku času jednotkovou plochou) je přímo úměrný zápornému spádu koncentrace c (zápornému proto, že látka difunduje opačným směrem, než stoupá koncentrace):

D = konstanta úměrnosti - charakterizuje schopnost konkrétní látky difundovat v konkrétním prostředí.

pro tok ze směru osy c do směru x

$$J_x = -D \frac{dc}{dx}$$

Nespecifická- prostá difuze (nespecifický transport)

Příklad:

Difuze malých molekul na vzdálenost 50 μm trvá 0,6 s

Difuze iontů ve vodním prostředí na vzdálenost 1 m (např. z kořene do listů) by trvala několik let

$$x^2 = 4 D_j \cdot t$$

X – délka dráhy difuze

j – látka

D – difuzní koeficient

t – čas difuze

Difuze přes membránu (nespecifický transport)

Zvláštnost:

- Uvnitř membrány je lipofilní prostředí
- Látky mimo membránu – vodní prostředí

Koeficient permeability (propustnosti) přes plasmalemu (buněčnou membránu) je:

Cca 10^{-6} m/s pro malé neelektrolyty, nebo molekuly bez elektrického náboje

Cca 10^{-9} m/s pro ionty s nábojem

Cca 10^{-4} m/s pro molekuly vody

Difuze buněčnou stěnou (nespecifický transport)

Platí zde podobná pravidla, jako při difuzi přes plasmalemu

P – hodnota permeability buněčné stěny, je u buněčné stěny mnohem větší, než tato hodnota u plasmalemy

- P je větší 2 až 3 násobně

Usnadněná – zprostředkovaná difuze

Je zde spoluúčast transportních molekul přes membránu

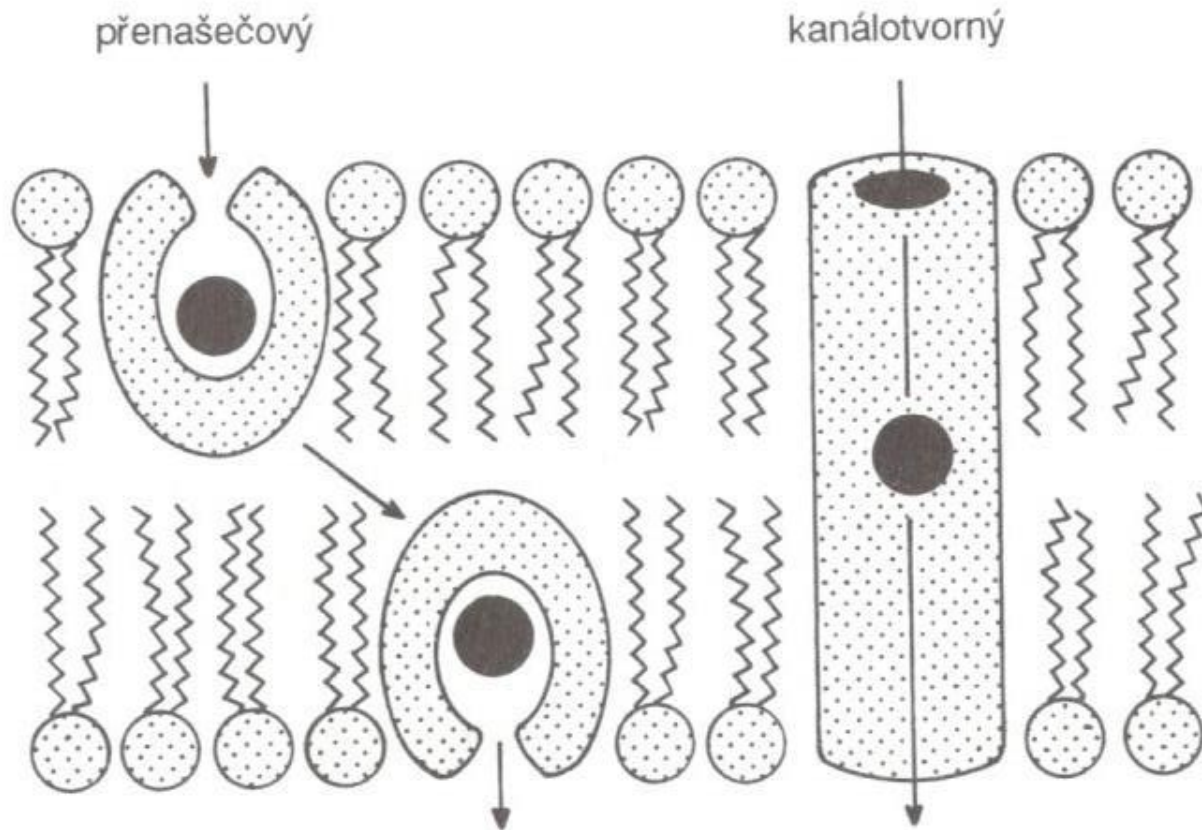
Přenos zajišťují:

- 1) Přenašeče - selektivně poutají ion, ten pak s přenašečem difunduje membránou, na druhé straně membrány je uvolněn. Společnou vlastností přenašečů je rozpustnost v nepolárních rozpouštědlech.
- 2) Kanály – tento přenos je závislý na teplotě (vyšší teploty podporují tento přenos)

Rychlost přenosu je u obou typů vysoká:

K^+ - v případě přenašeče je rychlost přenosu skrze membránu 10 000 iontů, u přenosu kanálky až 30 000 iontů.

Usnadněná – zprostředkovaná difuze



Obr. 3.8 Přenašeče zabezpečující usnadněnou difuzi: (a) přenašečové, které transportují ionty difuzí membránou, (b) kanálotvorné. (Podle Voeta a Voetové 1995.)

Aktivní transport

1. Primární aktivní transport:

- tzv. *endergonické* procesy
- Jsou závislé na hydrolýzu ATP, nebo jiného zdroje volné energie

Typy přenoců:

Elektroneutrální: výsledný rozdíl nábojů transportovaných iontů je nulový

Elektrogení: výsledkem transportu je změna velikosti náboje na obou stranách membrány. Příklad: Tzv. *sodíková pumpa* - (Na^+ , K^+ -ATPáza), která přenáší ionty Na^+ ven a ionty K^+ dovnitř buňky

Aktivní transport

2. Sekundární aktivní transport:

- Pomocí gradientu elektrochemického potenciálu, kterým je např. zajišťována syntéza ATP

Způsoby přenosu látek:

Uniport – je přenášena jedna molekula

Symport – jsou přenášeny souběžně, nebo opačným směrem dvě molekuly, nebo ionty

Antiport - jsou přenášeny opačným směrem dvě rozdílné molekuly

Funkce jednotlivých živin

Rostliny potřebují živiny zejména z těchto důvodů:

1. Substrát pro biochemické reakce (např. PO_4^{3-} , NO_3^- , SO_4^{2-} atd.)
2. Kofaktory enzymů (Mg, Zn, Mn...)
3. Osmotika (K^+ , Na^+ , NO_3^-)
4. Poslové v přenášení signálu (Ca)

Rychlost příjmu živin v rostlinách je regulován jejich obsahem v rostlinách mechanismem tzv. zpětné vazby. **Rychlost příjmu živiny (iontu) v rostlině se zvyšuje při jeho poklesu v rostlině a naopak.** Na příjmu živiny se tedy významně podílejí i nadzemní orgány rostliny.

Příjem dusíku

Hlavní způsob asimilace N = příjem nitrátů kořeny a jeho přeměna z anorganického N na organický N

Limitující při příjmu a utilizaci N je redukce nitrátů **nitrátreduktázou (NR)**, která je regulována především množstvím přijatelného nitrátu.

Nitrátreduktáza je enzym, katalyzující v živých organismech redukci dusičnanových iontů na dusitanové.



Důležitým znakem nitrátreduktázy je to, že se jedná o indukovaný enzym a k jeho syntéze dochází jen tehdy, jsou-li dusičnany přítomny v cytoplasmě. Jeho aktivita je pozitivně ovlivňována intenzitou slunečního světla; naopak klesá s rostoucí teplotou okolí.

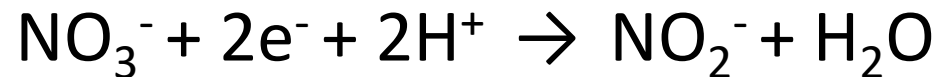
Příjem dusíku

Po vstupu do rostliny je NO_3^- redukován:

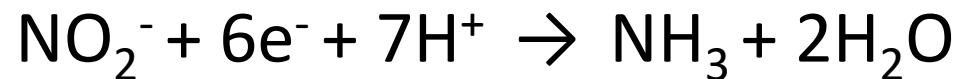
- Ihned v kořenech
- Později v listech

Stupně redukce a utilizace nitrátu:

1. Za působení nitrogenreduktázy:



2. Dále je NO_2^- redukován nitroreduktázou na NH_3



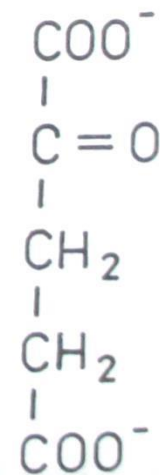
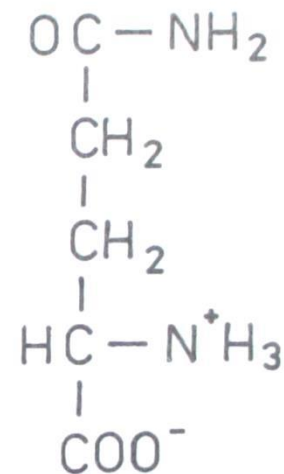
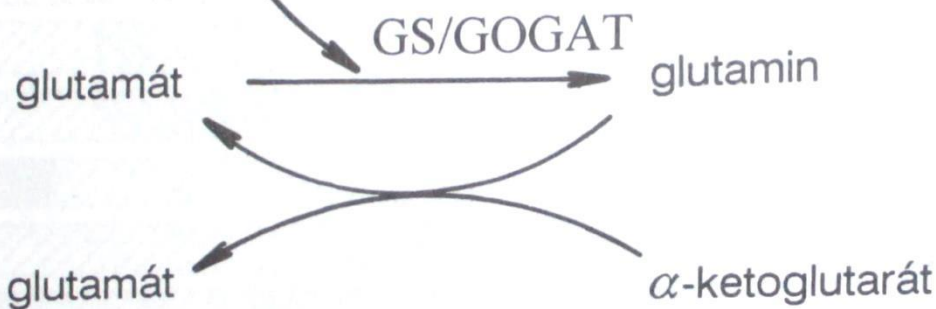
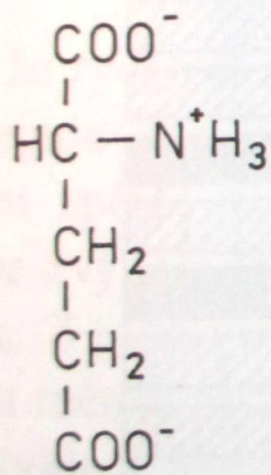
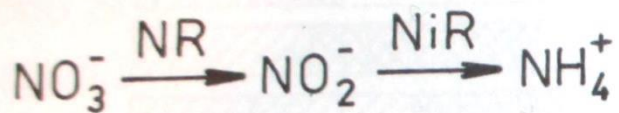
Příjem dusíku

Zabudování amoniaku do aminokyselin – způsoby:

1. Při vyšších koncentracích NH_3 je funkční **glutamátdehydrogenáza**, která katalyzuje reakci α -ketoglutarátu
2. Účinnější systém (a při nižších koncentracích amoniaku) je systém **GS/GOGAT**

GS - glutaminsyntetáza

GOGAT - glutamátsyntetáza



Fixace atmosférického dusíku

Biologická fixace dusíku: schopnost některých organismů redukovat trojnou vazbu v molekule atmosférického N a začlenit jej do organické sloučeniny (amoniaku)

Tento proces probíhá za pomoci enzymu nitrogenázy, a za dodání energie z ATP



Díky této unikátní schopnosti bakterií, které umí fixovat dusík, s nimi mnoho jiných organismů vstoupilo do symbiózy - např. bobovité (fabaceae). Tyto symbiotické bakterie se často označují jako hlízkové bakterie, protože žijí v specializovaných orgánech – hlízkách.

Takto je možno dodat do půdy ročně desítky až stovky kg N.

Fixace atmosférického dusíku

Organizmy, které jsou schopny vázat vzdušný N - **diazotrofní organismy (11 čeledí bakterií a 8 sinic):**

- 1) žijící volně v půdě – např. rod *Azotobacter*
- 2) žijící v asociaci s kořeny rostlin - aerobní (nebo mikroaerofilní) spirily - například rod *Azospirillum*
- 3) žijící v na kořenech bobovitých rostlin – rody *Rhizobium*

Hlízková symbióza.

Tento typ symbiózy se objevuje především v čeledi bobovitých (*Fabaceae*). Bobovité rostliny se často používají za účelem zvýšení obsahu dusíku v půdě.

Bakteriálním symbiontem (fixátorem dusíku) jsou bakterie, souhrnně zvané hlízkové bakterie (rhizobia). Známých je 57 druhů, nejznámější je rod *Rhizobium*

Rostlinné buňky obsahují váčky s bakteroidy, kterým jsou dodávány energeticky bohaté organické látky. Rostlina naopak přijímá NH_4^+ .

Hlízka (*nodul*) - je uměle vytvořený orgán na kořeni, který má vysoký obsah proteinu leghemoglobinu (růžové zbarvení) - je nezbytný při plnění funkce enzymu nitrogenázy.

Přepočty z oxidů na prvky a naopak

| | | | |
|-----------|---------------------------------|----------|----|
| P x 2,99 | = P ₂ O ₅ | x 0,44 = | P |
| K x 1,20 | = K ₂ O | x 0,83 = | K |
| Ca x 1,40 | = CaO | x 0,71 = | Ca |
| Mg x 1,66 | = MgO | x 0,60 = | Mg |

Příklad výpočtu prvků

Hnojivo CERERIT:

| | |
|---|---------|
| Dusík celkový: | 6,9 % |
| Fosfor jako P ₂ O ₅ : | 11,9 % |
| Draslík jako K ₂ O: | 9,9 % |
| Hořčík jako MgO: | 1,0 % |
| Bor: | 0,06 % |
| Molybden: | 0,006 % |
| Měď: | 0,008 % |

Potřeba živin na 1 ha:

Prvky:

Dusík: 160 kg

Fosfor: 30 kg

Draslík: 90 kg

Hořčík: 12 kg

Přihnojení – termíny:

N: během vegetace

P, K, Mg: předseťově

Výpočet dávek hnojiv na 1 ha

Dusík: 160 kg

LAV (27 %) – 3 dávky – 60 – 60 - 40 kg

Tj. $(60/27)*100 = 222$ kg v 1. dávce, 222 kg ve 2. dávce
a 148 kg LAV ve 3. dávce

Fosfor: 30 kg

Superfosfát (20 % P) – tedy...

$(30/20)*100 = 150$ kg (ale zatím forma P₂O₅)

$= 150 * 0,44 = 66$ kg čistého P

Dopočet: $200/0,44 = 340,9$ kg hnojiva superfosfát s obsahem P 20 %

Jarní ječmen

Ječmen jarní přijímá během vegetace poměrně velké množství živin

Vedle vysoké spotřeby N, P, K odčerpá také značné množství Ca, Mg a ostatních prvků.

1 tuna zrna ječmene jarního a odpovídajícího množství slámy se odčerpá:

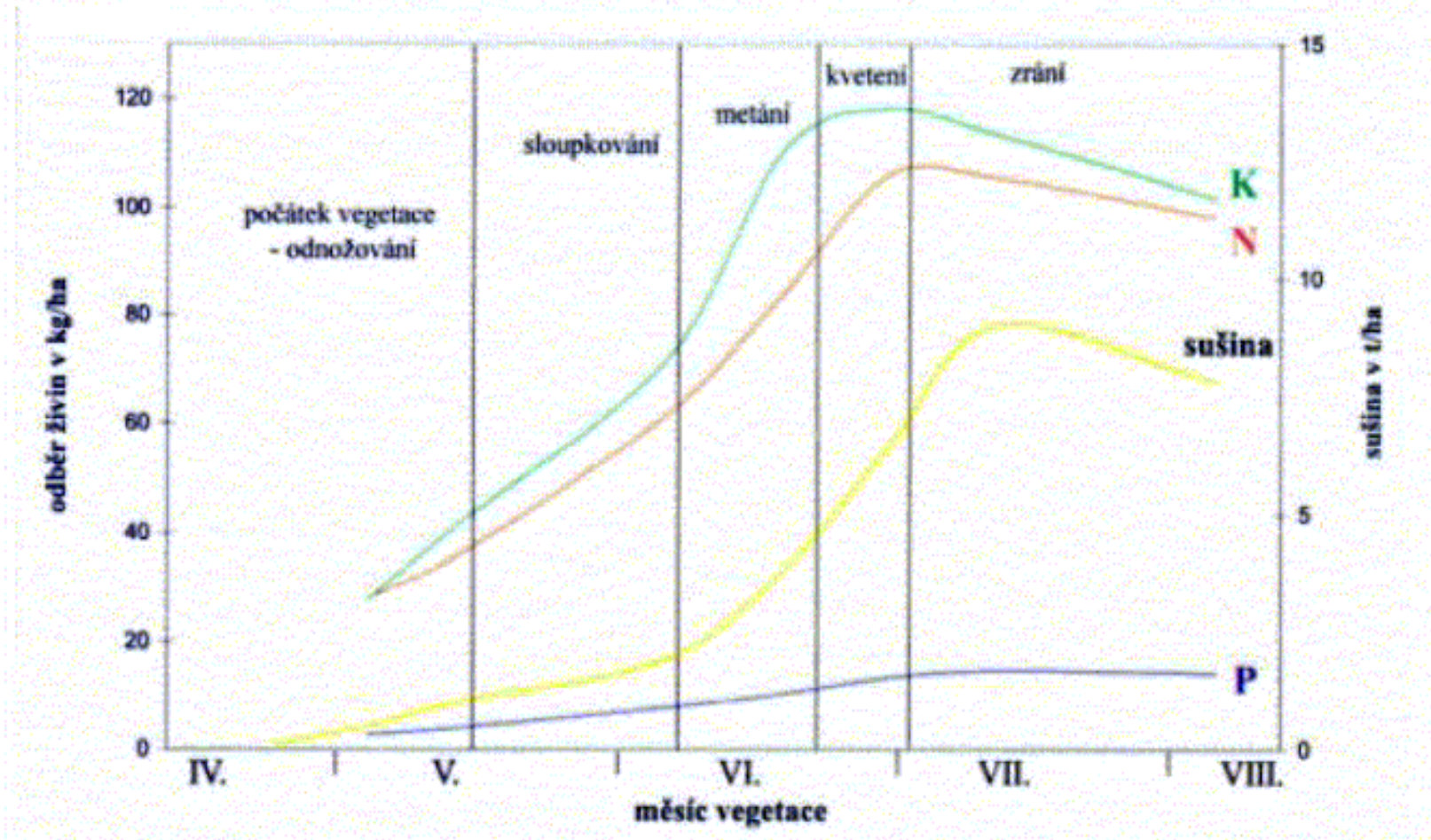
- 20 – 24 kg N
- 3,5 – 6,2 kg P
- 16,6 – 21,0 kg K
- 5,7 – 8,5 kg Ca
- 1,2 – 2,4 kg Mg

Intenzita příjmu živin ječmenem závisí na intenzitě růstu vegetativních orgánů a na zásobenosti půd přístupnými živinami. V průběhu fáze vegetativního růstu podléhá čerpání živin nárůstu sušiny. V generativní fázi růstu je příjem živin relativně nižší než nárůst sušiny.

Jarní ječmen

Odběr živin u jarního ječmene

Obr. 1: Dynamika odběru živin jarním ječmenem a nárůst sušiny (AIGNER cit. VANĚK et al., 2002)



Jarní ječmen

Ječmen jarní přijímá během vegetace poměrně velké množství živin

Vedle vysoké spotřeby N, P, K odčerpá také značné množství Ca, Mg a ostatních prvků. 1 tuna zrna ječmene jarního a odpovídajícího množství slámy se odčerpá:

- 20 – 24 kg N ..6 tun = 110 kg N
- 3,5 – 6,2 kg P 24 kg P
- 16,6 – 21,0 kg K 90 kg K
- 5,7 – 8,5 kg Ca 30 kg Ca
- 1,2 – 2,4 kg Mg 9 kg Mg

Zvláštnost: ječmen má z obilovin horší osvojovací schopnost živin, proto je citlivý na nedostatek živin (zejména z půdní zásoby)

Intenzita příjmu živin ječmenem závisí na intenzitě růstu vegetativních orgánů a na zásobenosti půd přístupnými živinami. V průběhu fáze vegetativního růstu podléhá čerpání živin nárůstu sušiny. V generativní fázi růstu je příjem živin relativně nižší než nárůst sušiny.

Jarní ječmen

- Vzhledem ke krátké vegetační době – musí být dostatek živin v půdní zásobě
- Nepoužívá se často organické hnojení
- zásobní (základní hnojení) P, K, Ca – na podzim podle rozborů půd (AZP)

Hnojení N:

- pokud se pěstuje po obilovině – je nutné zvýšit dávku N

Sladovnický ječmen:

- 1 až 2/3 dávky před setím
- max. 1/3 dávky během vegetace (3. - 4. list)
- vyšší dávky N v pozdějších fázích mají negativní vliv na sladovnickou kvalitu
- Celková dávka = 60 – 80 kg N (SA, močovina, DAM 390, LAV)

Pozdější aplikace NL = zvýšení obsahu NL nad 11 % (hranice pro sladovnické účely)

Jarní ječmen

Vliv půdy a
Zásoby N na
hnojení jarního
ječmene

Tab. 3: Doporučené dávky dusíku pro hnojení sladovnického ječmene na základě obsahu minerálního dusíku (N_{min}) v půdním profilu 0 – 0,6 m (FECENKO, LOŽEK, 2000)

| půdní druh (typ) | N_{min} (mg.kg ⁻¹) | N_{min} (kg.ha ⁻¹) | dávka dusíku (kg.ha ⁻¹) |
|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| černozem hlinitá | < 10 | < 90 | 40 |
| | 11 – 15 | 91 – 135 | 25 |
| | 16 – 20 | 136 – 180 | – |
| | > 20 | nevhodné pro sladovnický ječmen | |
| hnědozem hlinitá | < 10 | < 90 | 50 |
| | 11 – 15 | 91 – 135 | 30 |
| | 16 – 20 | 136 – 180 | 10 * |
| | > 20 | nevhodné pro sladovnický ječmen | |
| hlinitopísčité (diluvium) | < 10 | < 90 | 60 |
| | 11 – 15 | 91 – 135 | 40 |
| | 16 – 20 | 136 – 180 | 20 |
| | > 20 | > 180 | – |
| písčitohlinitá | < 10 | < 90 | 70 |
| | 11 – 15 | 91 – 135 | 50 |
| | 16 – 20 | 136 – 180 | 20 |
| | > 20 | > 180 | – |
| hlinitá – podhorské a horské oblasti | < 10 | < 90 | 80 |
| | 11 – 15 | 91 – 135 | 60 |
| | 16 – 20 | 136 – 180 | 30 |
| | > 20 | > 180 | – |

* podle stavu porostu přihnout na listy, okl. až 24. 11. a 1. 12. 2011, Břeclav



Řepka ozimá

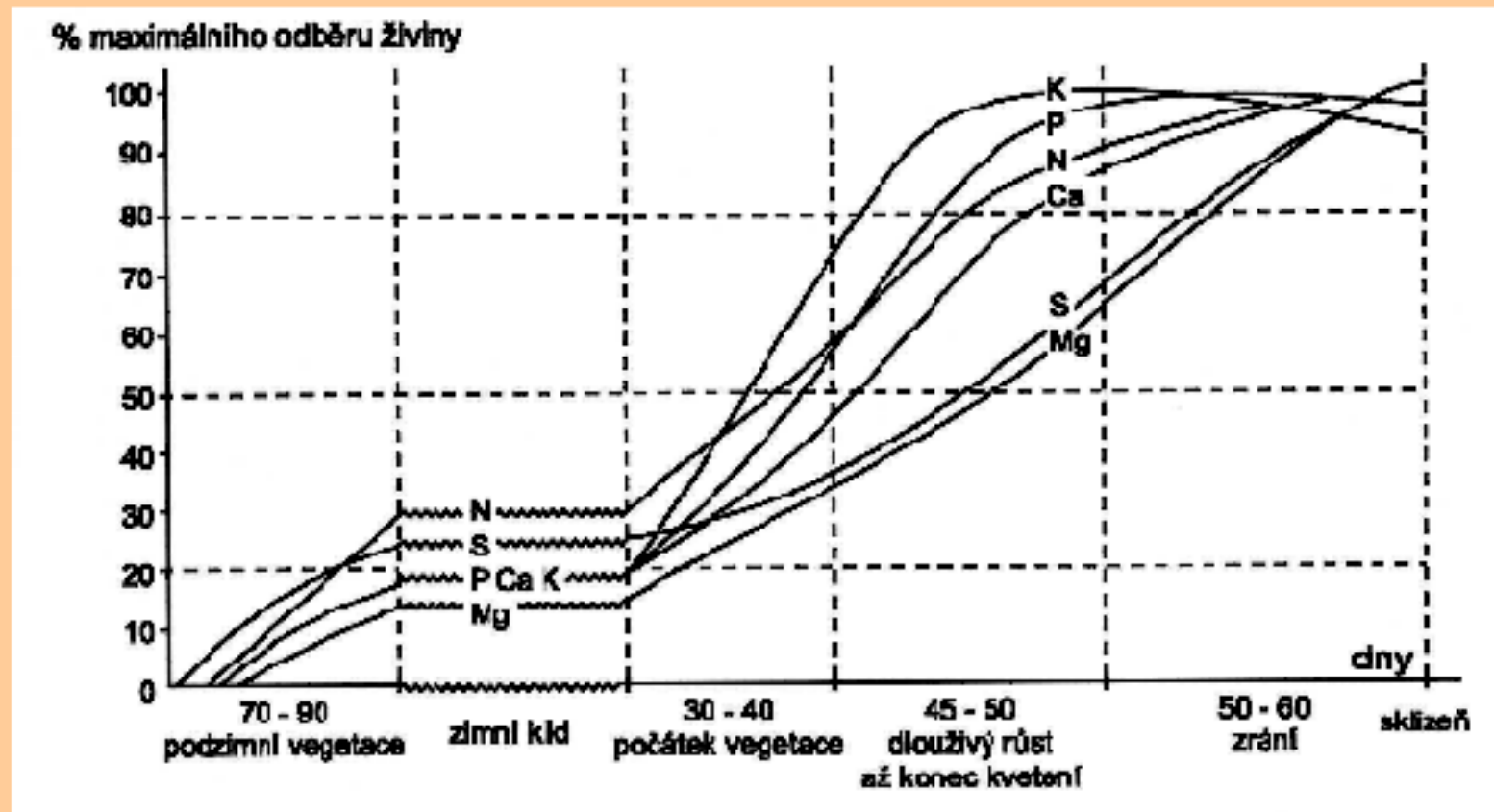
Ve spotřebě živin řadíme ozimou řepku k nejnáročnějším plodinám. Má 2-3 krát vyšší požadavky než obilniny. Vedle tvorby a produkce energeticky náročného oleje vytváří v porovnání s obilovinami vyšší výnosy biomasy.

Spotřeba živin na 1 t semen a slámy / na výnos 3,5 t/ha

| | | |
|------------|-------|-------------------|
| - 55 kg N | 3,5 t | = 160 - 180 kg N |
| - 9 kg P | | = 35 – 40 kg P |
| - 50 kg K | | = 150 – 160 kg K |
| - 45 kg Ca | | = 130 – 150 kg Ca |
| - 7 kg Mg | | = 30 – 38 kg Mg |
| - S !!! | | = 50 – 80 kg S |

Řepka ozimá

Obr. 7 Dynamika odběru hlavních živin u ozimé řepky (CRAMER, 1990)



Nový trend ve výživě řepky – hnojení N na podzim a následné zastavení růstu pomocí růstových regulátorů

Řepka ozimá

Schéma hnojení řepky:

1. Regenerační přihnojení (ihned po zimě – fáze „bílých kořínků“)

- 1a dávka (30 – 60 kg N/ha) ..za 2-3 týdny
- 1b dávka (30 – 60 kg N/ha)

Dávky 1a + 1b – celkem 60 – 90 kg (lze aplikovat jen v 1 dávce)

2. Produkční dávka (období dlouhivého růstu) – 2-3 týdny po dávce 1.

- 50 – 80 kg N/ha

3. Poslední dávka na chudších půdách, nebo v případě intenzivního pěstování (fáze „žlutých poupat“)

- 20 – 30 kg N/ha

1. dávka N = tuny, 2. dávka = metráky, 3. dávka = kilogramy

Pšenice ozimá

Ozimou pšenici řadíme mezi plodiny se střední potřebou živin

Na 1 tunu zrna a odpovídající množství slámy a kořenů odčerpá:

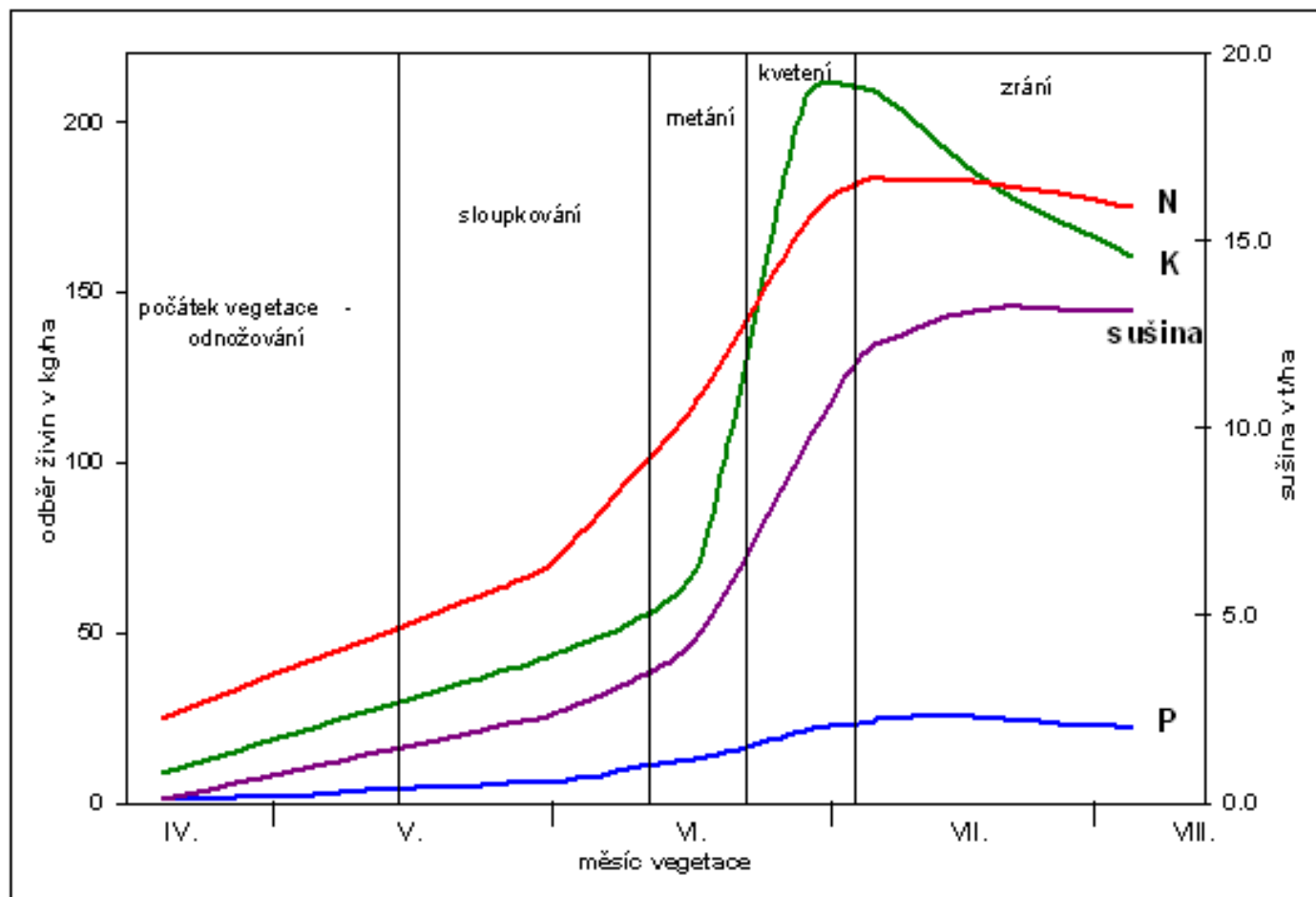
- 25 kg dusíku (N)
- 5 kg fosforu (P)
- 20 kg draslíku (K)
- 2,4 kg hořčíku (Mg)
- 4 kg síry (S)

V podzimním období přijímají rostliny ozimé pšenice relativně málo živin a přes zimu se jejich příjem úplně zastavuje (Max 12% z celkového odběru) - proto vysoké dávky dusíku před setím jsou zbytečné a neekologické. Odběr dusíku se zvyšuje na jaře, kdy rostliny po zimě musí obnovit biomasu.

Pšenice ozimá

Odběr živin u pšenice ozimé

Graf 1 Dynamika odběru živin ozimou pšenicí a nárůst sušiny
(zpracováno dle AIGNERA et al., 1988 cit VANĚK a kol. 2002)



Pšenice ozimá

Celkové nároky na živiny při výnosu pšenice 6 t/ha:

- 144 kg dusíku (N)
- 30 kg fosforu (P)
- 108 kg draslíku (K)
- 12 kg hořčíku (Mg)
- 27 kg vápníku (Ca)
- Základní hnojení podle AZP (předsetové hnojení na podzim)
- Hnojení N na podzim (max. 40 kg) – v případě, že je půda chudá na dusík
- Jarní hnojení N (během vegetace) – 3 dávky

1) Regenerační – (20 – 60 kg) – nejlépe LAV

Termín: brzy na jaře – *urychlení vývoje rostlin, zakořenění a tvorba odnoží*

2) Produkční – (20 – 60 kg) – LAV, DAM390

Termín: po odnožení po začátek sloupkování – *tvorba stébel, podpora tvorby klasů a zrn*

3) Kvalitativní – (20 – 30 kg) – LAV, LV

Termín: metání – *zvýšení HTZ, pozitivní vliv na kvalitu zrna (NL)*

Pšenice ozimá

Deficit N – negativní vliv na pekařskou kvalitu pšenice

Vliv dávek dusíku na kvalitu pekárenských výrobků z pšenice



foto
Hřivna

Odběr prvků na 1 tunu silážní hmoty

N: 3,5 kg

P: 0,8 kg

K: 3,2 kg

Ca: 1,1 kg

Mg: 0,45 kg

S: 0,5 kg

Výnos na 1 ha = cca 50 tun zelené silážní hmoty

Počet rostlin na 1 ha = 80.000 rostlin

Použitá hnojiva

| | |
|----------------------------------|--|
| Ledek amonný s vápencem: | 27 % N + CaCO ₃ |
| Močovina: | 46 % N CO(NH ₂) ₂ |
| Trojitý superfosfát: | 21 % P Ca(H ₂ PO ₄) ₂ |
| Draselná sůl (chlorid draselný): | 50 % K KCl |
| Síran amonný: | 21 % N, 24 % S |
| Pálené vápno: | 60 % Ca |
| Hořká sůl: | 16 % Mg |

Použitá hnojiva

Mikroprvky:

Zn: 95 g/l

Cu: 100 g/l

Mn: 81 g/l

Mo: 74 g/l

Fe: 77 g/l

B: kyselina boritá

Zadání nádobového experimentu

Vypočítejte dávky hnojiv na 1 rostlinu pro tyto varianty:

1. Vyvážená dávka všech prvků + mikroprvky
2. Vyvážená dávka všech prvků **bez mikroprvků**
3. Dávka všech prvků **bez N**
4. Dávka všech prvků **bez K**
5. Dávka všech prvků **bez P**
6. Dávka všech prvků **bez S**
7. Dávka všech prvků **bez Ca**
8. Dávka všech prvků **bez Mg**
9. Varianta **bez výživy jakýmikoliv prvků**

POZ: označte varianty pokusů a navrhnete navážky hnojiv

Založení pokusu

- Nádobový pokus
- Kombinace rašeliny + písek v poměru cca 1:1
- 1 rostlina na nádobu

V případě dostatku rostlin – min. 2 opakování

Fytohormony

- Definice:
- *nízkomolekulární organické sloučeniny*
 - *syntéza – v rostlinách, nebo chemickou syntézou*
 - *vyskytující se v nízkých koncentracích*
 - *význam: regulují veškeré růstové a vývojové procesy*

Působení: *v místě vzniku, ale i v jiných částech rostliny*

Fungují působením na „receptory“ – ty pak přenáší signál pro tvorbu příslušných látek (bílkovin) – tyto

Produkce: *vázána vždy na nějaký orgán rostliny (podobně jako u živočichů)*

Fytohormony

Regulace hladiny fytohormonů: *fytohormony podléhají rychlé metabolické inaktivaci prostřednictvím konjugace, nebo oxidace. Tím je zabráněno, aby se hromadily v aktivní formě v místě působení.*

Koncentrace: *v rostlinných buňkách v koncentraci 10^{-6} až 10^{-9} M*

Tj. Olympijský plavecký bazén má objem 2.500.000 l vody a v něm 0,75 g látky

Princip fungování regulátorů a stimulátorů růstu: *ovlivnění hladiny fytohormonů v rostlině*

Účinek fytohormonů

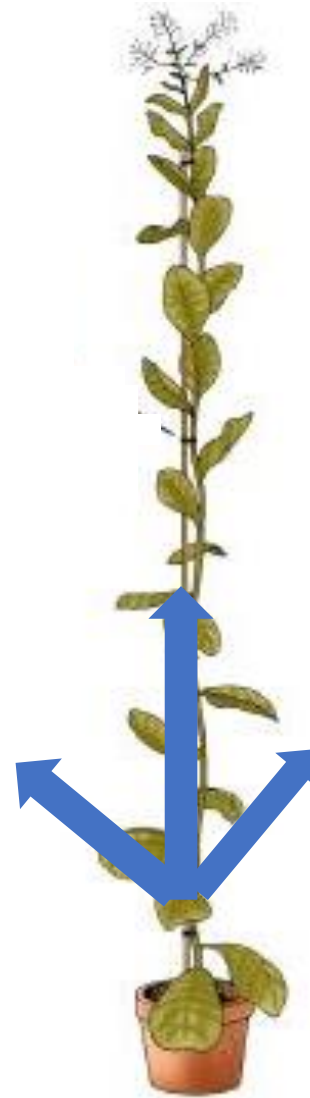
Inhibitory

- Kyselina abscisová
- Etylén
- Jasmonáty



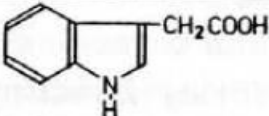
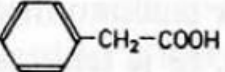
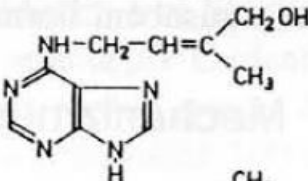
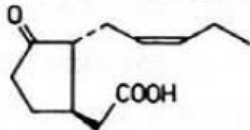
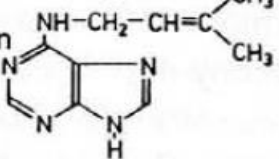
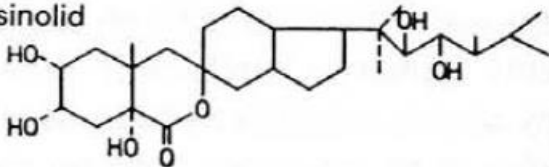
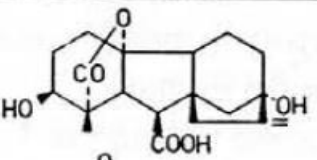
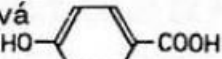
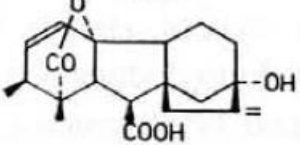
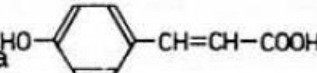
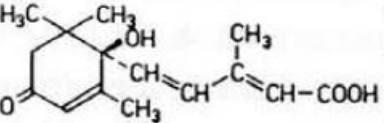
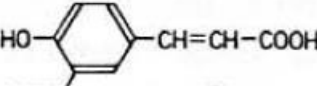
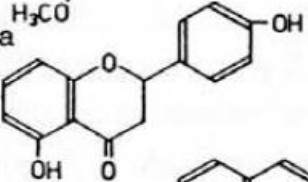
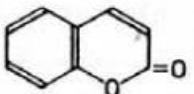
Stimulátory

- Auxiny
- Gibereliny
- Cytokininy
- Auxinoidy
- Karrikininy
- Brassinosteroidy



Rozdělení fytohormonů

Tab. 8.1 Přehled nejdůležitějších endogenních růstových regulátorů.

| SKUPINA | NEJDŮLEŽITĚJŠÍ LÁTKY VZOREC | ZKR. | SKUPINA | NEJDŮLEŽITĚJŠÍ LÁTKY VZOREC | ZKR. |
|--------------------|--|--|--|--|-----------|
| auxiny | indolyl-3-octová kyselina  | IAA | polyaminy | putrescin $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_4\text{NH}_2$ | Put |
| | fenyloctová kyselina  | PAA | | spermidin $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_3\text{NH}(\text{CH}_2)_4\text{NH}_2$ | Spd |
| cytokininy | zeatin (4'-hydroxy-6-izopentenyloaminopurin)  | Z | jasmonová kyselina  | JA | |
| | izopentenyloadenin (6-izopentenyloaminopurin)  | IPA | brassinosteroidy  | | |
| gibereliny | giberelin A ₁  | GA ₁ | fenolické látky | p-hydroxybenzoová kyselina  | pHBA |
| | giberelin A ₃  | GA ₃ | | p-kumarová (4-hydroxy-skořicová) kyselina  | pCA (HCA) |
| abscisová kyselina | abscisová kyselina  | ABA | ferulová (4-hydroxy-3-metoxyskořicová) kyselina  | FA | |
| | etylen | etylen $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$ | — | naringenin  | — |
| | | | kumarin  | — | |

Auxiny

Jsou nejdéle známé fytohormony

Známé auxiny:

IAA – kyselina indolyl-octová

NAA – kyselina naftolyl-octová

2,4-D – kyselina 2,4-dichlorfenoxyoctová

Picloram

Auxin – je syntetizován ve vrcholu koleoptile- odtud je transportován do celé rostliny (transport je bazipetální)

Syntéza – v mladých částech rostliny (listy, květy, vyvíjející se orgány)

Využití v zemědělství: herbicidy, tkáňové kultury, zakořeňování rostlin...

Fyziologické účinky: **stimulace dlouhivého růstu** (souvisí s tím regulace tropizmu), **apikální dominance**, **stimulace zakořeňování**, **stimulace dělení buněk**

Cytokininy

Rozsáhlá skupina fytohormonů – základní CK – N6-adenin

Známé cytokininy:

Adenin

Kinetin

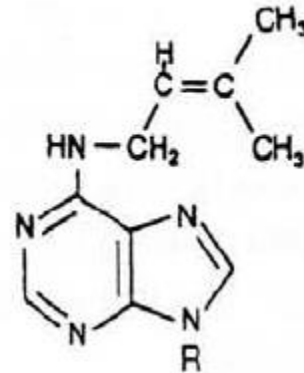
Zeatin

BAP (6-benzyladeninpurin)

Syntéza CK – v kořenech, odtud jsou transportovány xylémem do nadzemní části rostlin

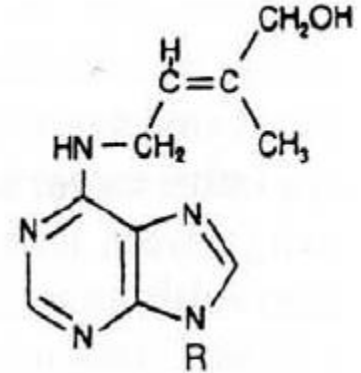
Fyziologické účinky:

- Buněčné dělení
- Antagonistický účinek auxinů
- Podpora větvení, tvorby vedlejších kořenů
- Oddálení senescence
- Antistresový účinek



(R = H) N⁶-(Δ^2 -izopentenyl)-adenin

(R = ribóza) N⁶-(Δ^2 -izopentenyl)-adenozin



(R = H) *trans*-zeatin

(R = ribóza) *trans*-zeatin-ribozid

Gibereliny

Skupina látek známých od 30tých let 20. století

První identifikovaný giberelin: GA₃

Existuje asi 100 různých molekul s giberelinovou strukturou

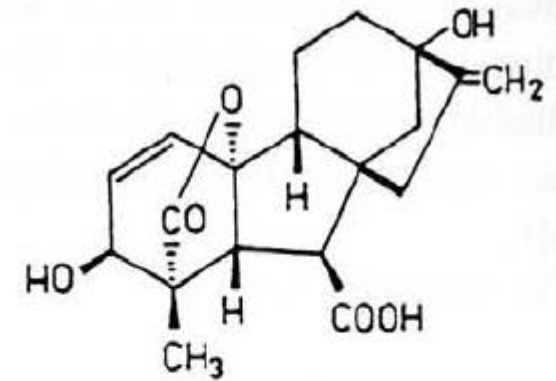
Tvorba – ve všech rostlinných orgánech

Nejvyšší hladina GB – v místě intenzivního růstu

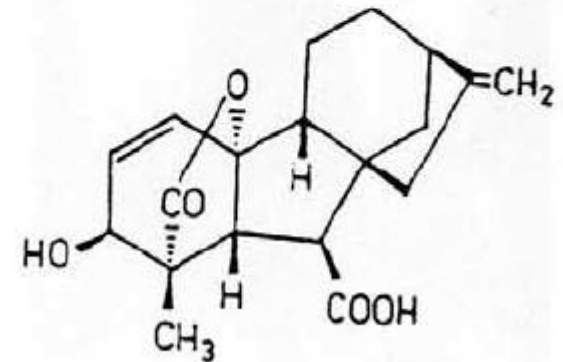
Účinek: **dlouhivý růst, klíčení semen, indukce kvetení, jarovizace**

Inhibitory GB: CCC, AMO-1618, Phosphon D, Paclobutrazol..

Využití v zemědělství: stimulant klíčení (sladovnictví), zvýšení násady plodů (vinná réva, retardanty růstu)



GA₃



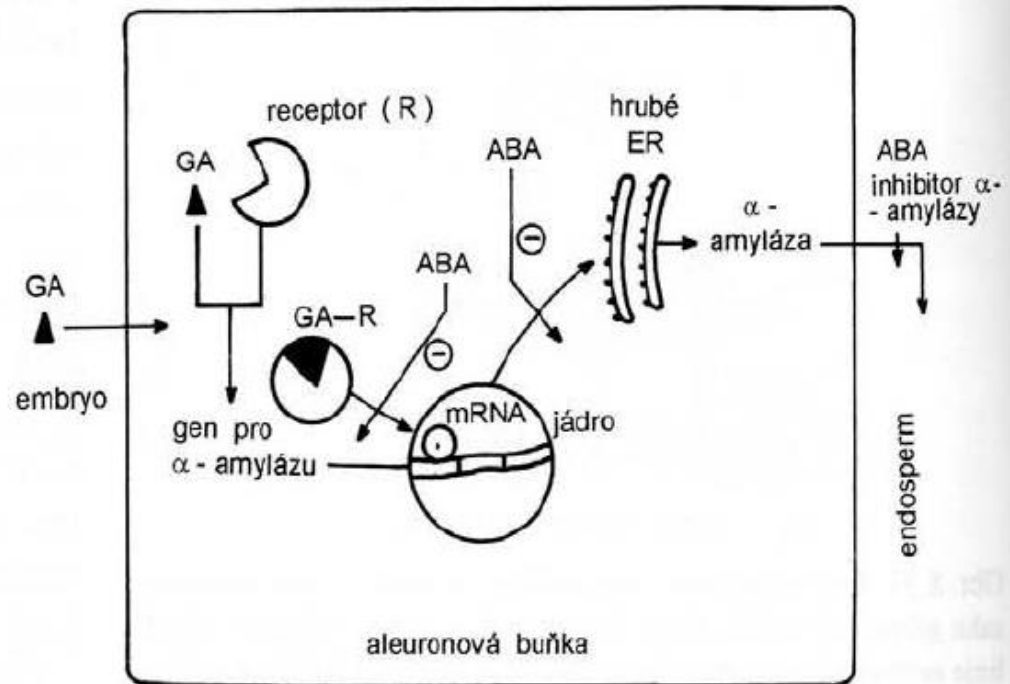
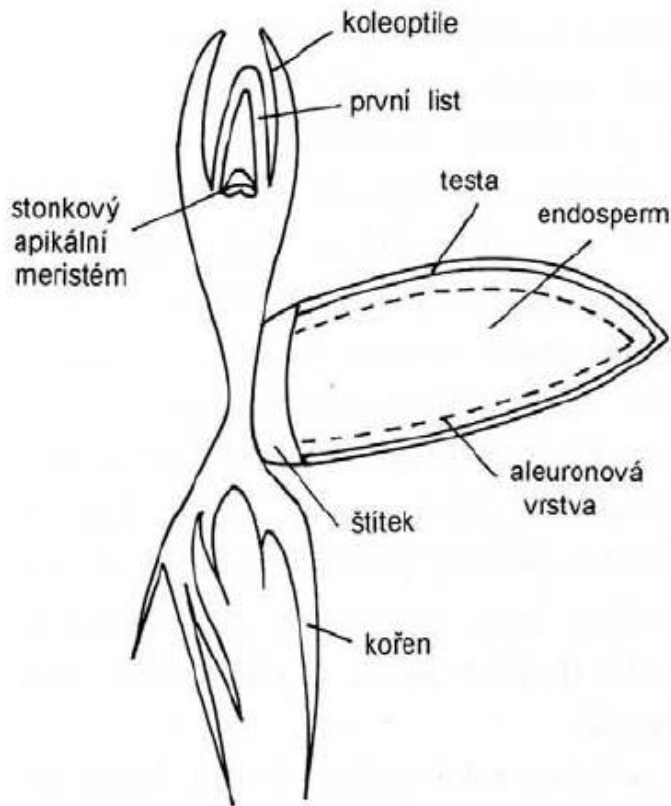
GA₇

Gibereliny

GB – endogenní regulátor klíčení

- V endospermu jsou GB ve vázané formě, po nabobtnání semen se GB uvolní a začne i syntéza *de novo*

ABA – působí jako inhibitor



Obr. 8.38 Schéma působení giberelinů při klíčení. GA se váže v buňkách aleuronové vrstvy na receptor (R) a komplex GA-R aktivuje v jádře syntézu α -amylázy. Tento enzym přechází do endospermu, kde štěpí zásobní škrob. ABA inhibuje syntézu a aktivitu α -amylázy. (Upraveno podle Salisburyho a Rosse 1991.)

Kyselina abscisová (ABA)

Fyziologicky aktivní je její **S-izomer**
a **xantoxin**

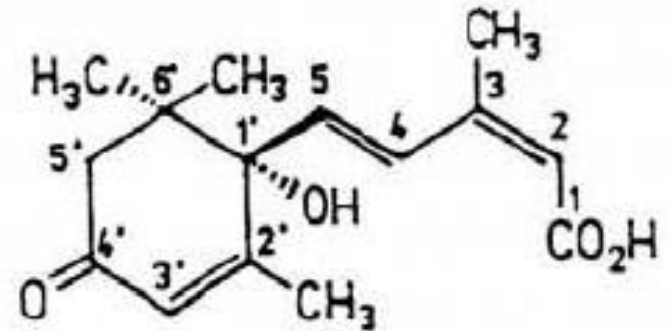
Tvorba ABA: v dormantních orgánech
(semena, pupeny, hlízy), ale i v
Rychle rostoucích pletivech (listy)

Zvýšená tvorba ABA – v období krátké
ho dne a při nedostatku vláhy

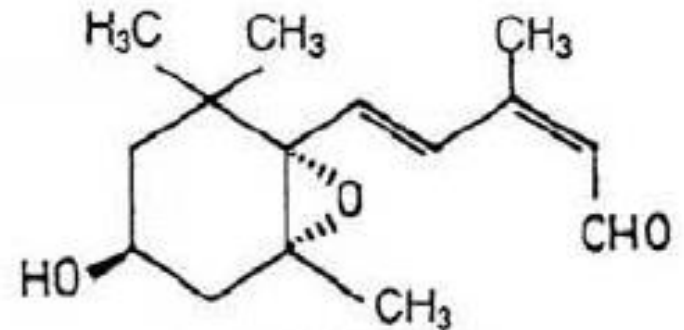
- Jedná se tedy o **stresový hormon**

Hlavní účinky:

- Inhibice dlouhivého růstu, stimulace opadu, urychlení stárnutí
- Regulace dormance (v kombinaci s gibereliny)
- **Regulace vodního stresu** (uzavírání průduchů)



(S)-ABA



xantoxin

Kyselina abscisová (ABA)

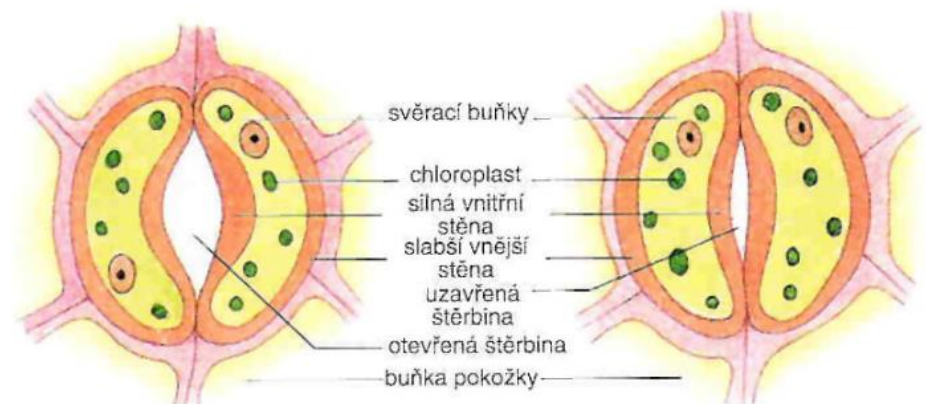
Regulace vodního stresu (uzavírání průduchů)

Mechanismus účinku:

Vazebné místo pro ABA je na vnějším povrchu plazmalemy svěřacích buněk průduchů.

Na tomto místě se váže při nedostatku vody ABA a dochází k uzavření průduchů – jedná se tedy o vazebné místo (receptor)

Mění se tok iontů, zvýší se výtok draslíku ze svěřacích buněk a tím se změní turgor. Svěřací buňky nasávají vodu a průduch se uzavře



průduchy

Etylen

Syntéza v rostlinách: z L-methioninu

Etylen – jediný plynný hormon

Fyziologické účinky:

- Inhibice prodlužovacího růstu
- Stimulace radiálního růstu (ztráta gravitropické reakce) – dochází k reorientaci mikrotubulů
- Inhibice růstu kořenů
- Urychlení zrání plodů (dochází k degradaci celulózy, pektinů a škrobu)

Brassinosteroidy

První Brassinosteroid – izolován z pylu řepky v r. 1979

Znamé látky:

- brassinolid, castasteron

Fyziologický účinek:

- **stimulace dlouživého růstu**
- Odolnost vůči abiotickému stresu

Ostatní růstové regulátory

- Jasmonáty
- Fenolické látky
- Polyaminy
- Oligosacharidy

Pesticidy

Pesticidy jsou přípravky a prostředky, které jsou určeny k tlumení a hubení rostlinných a živočišných škůdců, a k ochraně rostlin, skladových zásob, technických produktů, bytů, domů, výrobních závodů nebo i zvířat a člověka. Na základě tohoto širokého spektra použití pesticidy rozdělujeme na tyto základní skupiny:

Akaracidy – přípravky proti roztočům

Biocidy – přípravky proti živočišným škůdcům

Fungicidy – přípravky proti houbovým chorobám a plísním

Herbicidy – přípravky proti plevelům

Insekticidy – přípravky proti hmyzu

Moluskocidy – přípravky proti plžům a slimákům

Repelenty – přípravky odpuzující škodlivé organismy

Rodenticidy – přípravky proti hlodavcům

Účinek pesticidů

Přípravky kontaktní - účinná látka neproniká do rostlin, zůstává pouze na povrchu v místě aplikace. Při aplikaci je nutné důkladně ošetřit celou rostlinu. Pronikají do těla patogena a zabraňují klíčení spor. Pro dobrou ochranu je zapotřebí vytvořit souvislý film. Doba účinku je 12 dnů, při silném tlaku 5-7 dnů. Při velmi silném tlaku nejsou pro aplikaci vhodné. Po dešti se srážkami nad 25 mm jsou smyté kompletně a nejsou tak dále účinné. Nevzniká zde rezistence. Většina jich jsou pouze preventivní (měďnaté, sirnaté, atd.).

- příklad: většina pyretroidních insekticidů

Přípravky s hloubkovým účinkem - účinná látka proniká do hlubších vrstev rostlinných pletiv, ale není rozváděna v celé rostlině. Někdy také nazývané lokálně systémové. Pronikají do pletiv rostliny a mají lokální účinek, tzn. že se pohybují pouze z jedné strany či části listu na druhou stranu. Doba účinku je 12 dnů a při silném tlaku 5-7 dnů. Při velmi silném tlaku a dlouho přetrvávajících infekčních podmínkách by se musel postřik aplikovat po 4-5 dnech, což není vhodné kvůli vzniku rezistence.

Účinek pesticidů

Přípravky systémové - účinná látka proniká do rostlin a je rozváděna v celé rostlině. Pronikají do pletiv rostliny a prostřednictvím rostlinných šťáv procházejí celou rostlinou a chrání tak i nové přírůstky. Používají se při velmi silných a dlouho přetrvávajících infekčních podmínkách a jejich účinek trvá 12-14 dnů a při silném tlaku 8-10 dnů. Doporučuje se použít je v bloku alespoň 2x po sobě. Nevyžadují pokrytí celé rostliny.

- *příklad: většina půdní a kontaktních herbicidů*

Přípravky translaminární - pronikají do pletiv translaminárně. Obvykle se uvolňují páry, které „obalí“ celou rostlinu a chrání tak i neošetřená místa. Zpravidla však vyžadují dokonalé pokrytí rostliny. Doba účinku je 12-14 dnů a při silném tlaku 8-10 dnů. Při velmi silném tlaku a dlouho přetrvávajících infekčních podmínkách 6-8 dnů.

Herbicidy z hlediska času aplikace

Aplikace preemergentně - většinou se tento pojem vyskytuje u herbicidů, tj. přípravků hubící plevelé. Jedná se o aplikaci přípravku postřikem ještě před vzejitím kulturní rostliny nebo plevelé. Specifikace jsou vždy uvedené na konkrétním příbalovém letáku

Aplikace postemergentně - většinou se tento pojem vyskytuje u herbicidů, tj. přípravků hubící plevelé. Jedná se o aplikaci přípravku postřikem po vzejití kulturní rostliny nebo plevelé. Specifikace jsou vždy uvedené na konkrétním příbalovém letáku.

Selektivní herbicid - přípravek hubící určité druhy plevelů - jednoděložné nebo dvouděložné (nelze hubit obě skupiny zároveň).

Totální herbicid - přípravek hubící všechny druhy plevelů (jednoděložné i dvouděložné), včetně kulturních rostlin (hubí veškerou vegetaci).

Aplikační podmínky

Ochranná lhůta:

- Minimální doba od aplikace do bezpečného použití (krmení, konzum, semenářský porost...)

Další podmínky:

- Vosková vrstva
- Teplota (nízké teploty –nedostatečný Účinek, vysoké- poškození)
- Vývojová fáze (musí být přesně BBCH)
- Kombinace přípravků – tank mix –
.vždy vyšší klasifikace škodlivosti/toxicity
- Aplikace s ohledem na včelstva – min aktivní let včel!!! ..i s ohledem na kvetoucí plevelle (více než 2 kvetoucí rostliny na 1 m²)

Tip: Kliknutím na plodinu v tabulce můžete přejít do atlasu.

| Plodina | Škůdce | Termín aplikace | OL | Dávka | Tank mix | Postřiková kapalina | | Poznámka |
|----------|-----------------------|--|----|---------|----------|---------------------|---------|-------------------|
| | | | | | | Pozemně | Letecky | |
| Brambor | Mandelinka bramborová | | 7 | 0,06 kg | | | | max. 1x |
| Broskvoň | Štítenka zhoubná | podle signalizace v době hromadného rozlézání nymf | AT | 0,25 kg | | | | minor. reg. ÚKZÚZ |
| Cukrovka | Makadlovka řepná | 31–39 BBCH | 28 | 0,12 kg | | | | minor. reg. ÚKZÚZ |
| Hrušeň | Obaleč jablečný | | 14 | 0,025 % | | 1000 l | | max. 1x |
| Hrušeň | Mšice | | 28 | 0,013 % | | 1000 l | | max. 1x |
| Hrušeň | Vlnatka krvavá | | 28 | 0,013 % | | 1000 l | | max. 1x |
| Chmel | Mšice chmelová | | 42 | 0,008 % | | 200–2000 l | | max. 1x |
| Jabloň | Obaleč jablečný | | 14 | 0,025 % | | 1000 l | | max. 1x |
| Jabloň | Mšice | | 28 | 0,013 % | | 1000 l | | max. 1x |
| Jabloň | Vlnatka krvavá | | 28 | 0,013 % | | 1000 l | | max. 1x |

Příklady ze současnosti

Obilniny: látky na krácení stébla

CCC (Chlormequat chlorid)

- Blokuje syntézu giberelinů a tím dochází ke zkrácení stébla

Etephon

- Podporuje syntézu etylénu a tím dochází ke krácení stébla



Současné použití regulátorů a stimulátorů

Regulátory

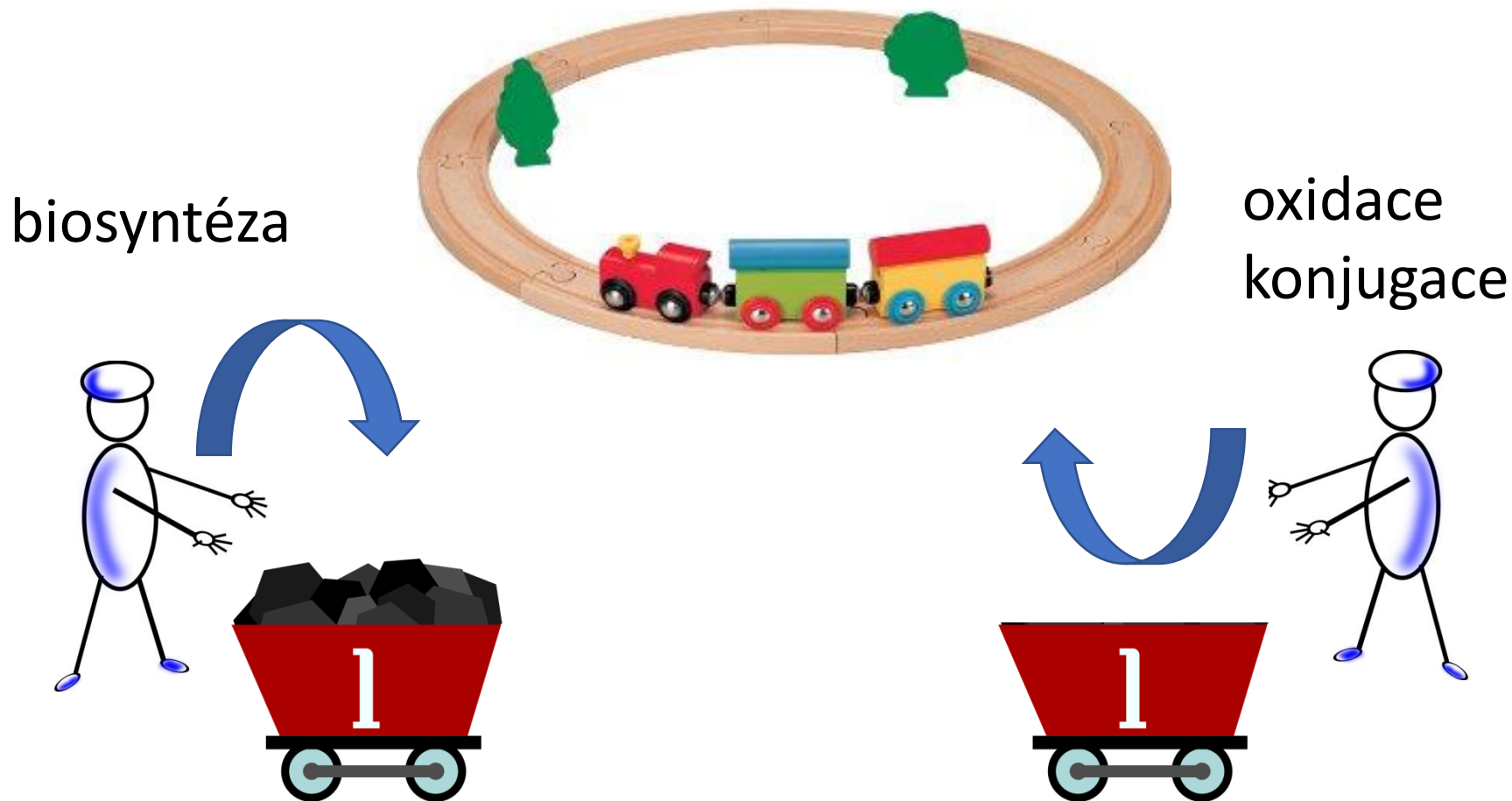
- Řepka podpora větvení, zkrácení stonku
- Obilniny podpora odnožování, zkrácení stébla
- Trávy podpora odnožování, zkrácení stébla
- Okrasné rostliny omezení růstu po přesazení
- Ovocné stromy, rybíz.. usnadnění mechanizované sklizně, urychlení dozrávání
- Brambory inhibice klíčení
- Jabloně retardace letorostů, redukce nadměrné násady plodů
- Zelenina omezení vytahování sazenic
- Mák omezení poléhání

Stimulátory

- Všechny plodiny podpora růstu, klíčení, vzcházení, protistresový účinek
- Antistresový účinek (sucho, po aplikaci pesticidů)



Cyklus biosyntézy a degradace fytohormonů v rostlině – stálý vyvážený koloběh hormonů – v rovnováze





Regulátory růstu

Regulátory

Clomequat-chlorid (CCC)

(přípravky Celstar 750 SL, Cycocel 750 SL, Stabilan 750 EC...)

- Vliv na syntézu giberelinů
- Snižují apikální dominanci rostlin
- Podporují růst a vývoj odnoží

Aplikace

Obilniny:

- Podzim ve fázi BBCH 14-15
- Jaro 14 – 23 (podpora odnožování a zahuštění porostu)
- Jaro ve fázi 25 – 31 (krácení stébla)



kontrola

Medax® Max



Medax[®] Max



neošetřeno

Regulátory růstu

Regulátory

Etephon

(přípravky Cerone 480 SL, Etherel, Terpal, Flordimex...)

- V rostlinách se rozkládá na etylén – hormon, který indukuje dozrávání
- Brzdí prodlužovací růst stébel

Aplikace

Obilniny:

- Jen jarní aplikace: v BBCH 31 – 49 (mnohem později než CCC)



Regulátory růstu

Regulátory

Trinexapax ethyl

(přípravky Moddus, Optimus, Palisade...)

- Ovlivňuje syntézu giberelinů, ale později než CCC
- Má i vliv na podporu a redukci odnoží

Aplikace

Obilniny:

- Jen jarní aplikace: v BBCH 31 – 40 (později než CCC, ale dřív než etephon)

Regulátory růstu

Regulátory

Tebuconazole, propiconazole, metconazole, prothioconazole (přípravky Lynx, Caramba, Caryx, Teson, Sirena...)

- Všechny „AZOLY“ mají antigiberelinový účinek
- Současně mají **fungicidní účinek** – proto je většina z nich registrována jako **fungicid**
- Krácení stonku a podpora větvení, posílení hlavního kořene, omezení poléhání

Aplikace

Olejniný:

- Podzim v BBCH 14-18 – krácení vegetačního vrcholu a kořene = lepší zimuvzdornost
- Jaro – BBCH 30 - 59



Stimulátory růstu

Stimulátory

Podle původu:

- **Organické** (lignohumáty, huminové kyseliny, fulvokyseliny, extrakty z mořských řas, aminokyseliny...)
- **Syntetické** (fytohormony, nitrofenol....)

Podle formy aplikace:

- **Moření osiva** (pro rychlejší klíčení rostlin a lepší zakořenění)
- **Listová aplikace** (nejčastější – často s makro a mikroprvky, tzv. „listová výživa“, podpora růstu, antistresový účinek, prodloužení vegetace...)
- **Zálivka** – většinou do hydroponie
- **Živná média** – při kultivaci pylových zrn, kalusů, meristémů..

Příjem dusíku

Příjem nitrátů kořeny a jeho následná redukce a asimilace = hlavní způsob, jak je anorganický N přeměňován na organický

Rozhodující vliv na tento proces (využití dusíku) má **nitrátreduktáza (NR)**

Nitrátreduktáza je enzym, katalyzující v živých organismech redukci dusičnanových iontů na dusitanové.

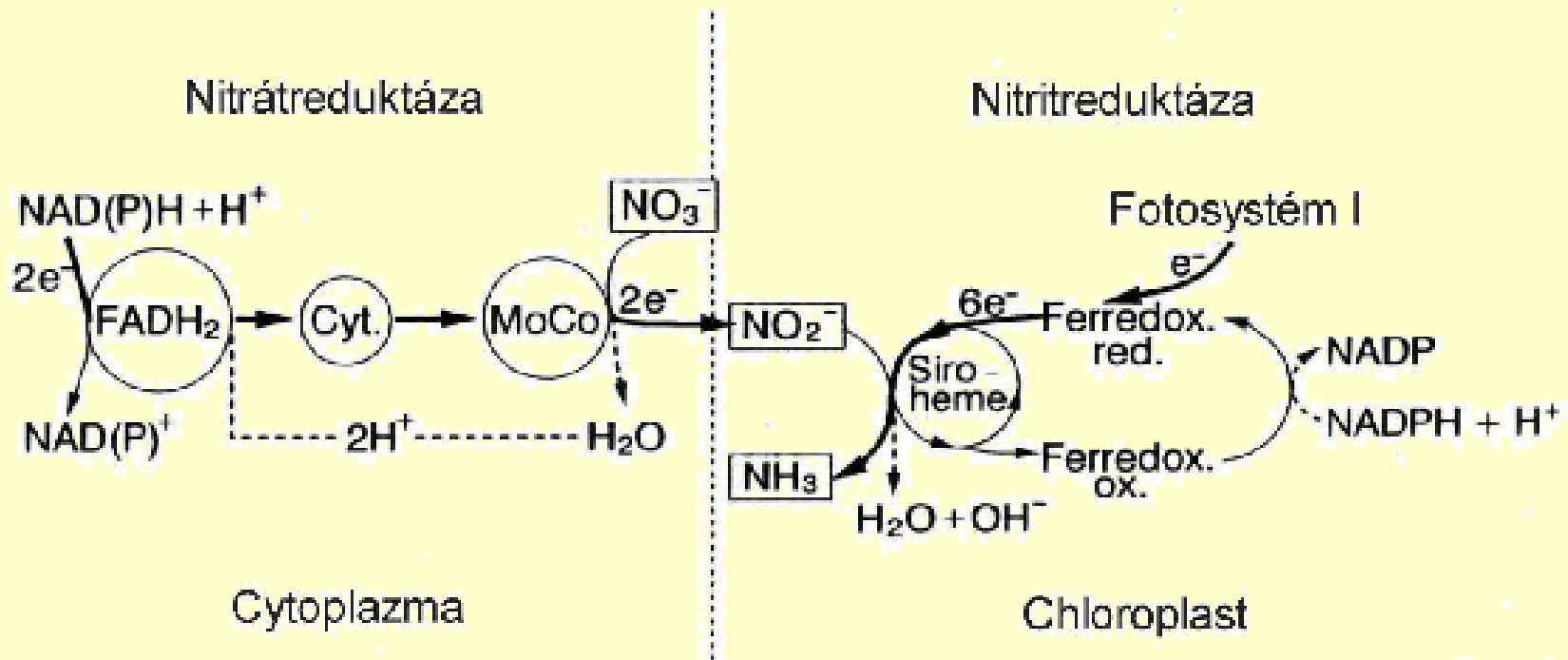
Důležitým znakem nitrátreduktázy je to, že se jedná o indukovaný enzym a k jeho syntéze dochází jen tehdy, jsou-li dusičnany přítomny v cytoplasmě. Maximální koncentrace dosahuje přibližně 6 až 12 hodin po zvýšení koncentrace dusičnanových iontů v buňce. Životnost tohoto enzymu je velmi krátká, poločas jeho rozpadu je pouze několik hodin. Jeho aktivita je pozitivně ovlivňována intenzitou slunečního světla; naopak klesá s rostoucí teplotou okolí.

Příjem dusíku

Asimilace N probíhá ve dvou krocích (tzv. **redukce nitrátů**):

1. krok: redukce NO_3^- (*dusitany*) na NO_2^- (*dusičnany*)
2. krok: redukce NO_2^- na NH_3 (*amoniak*)

listu (BEEVERS, HAGEMAN a WARNER, KLEINHOFs cit. MARSCHNER, 1995)



Příjem dusíku

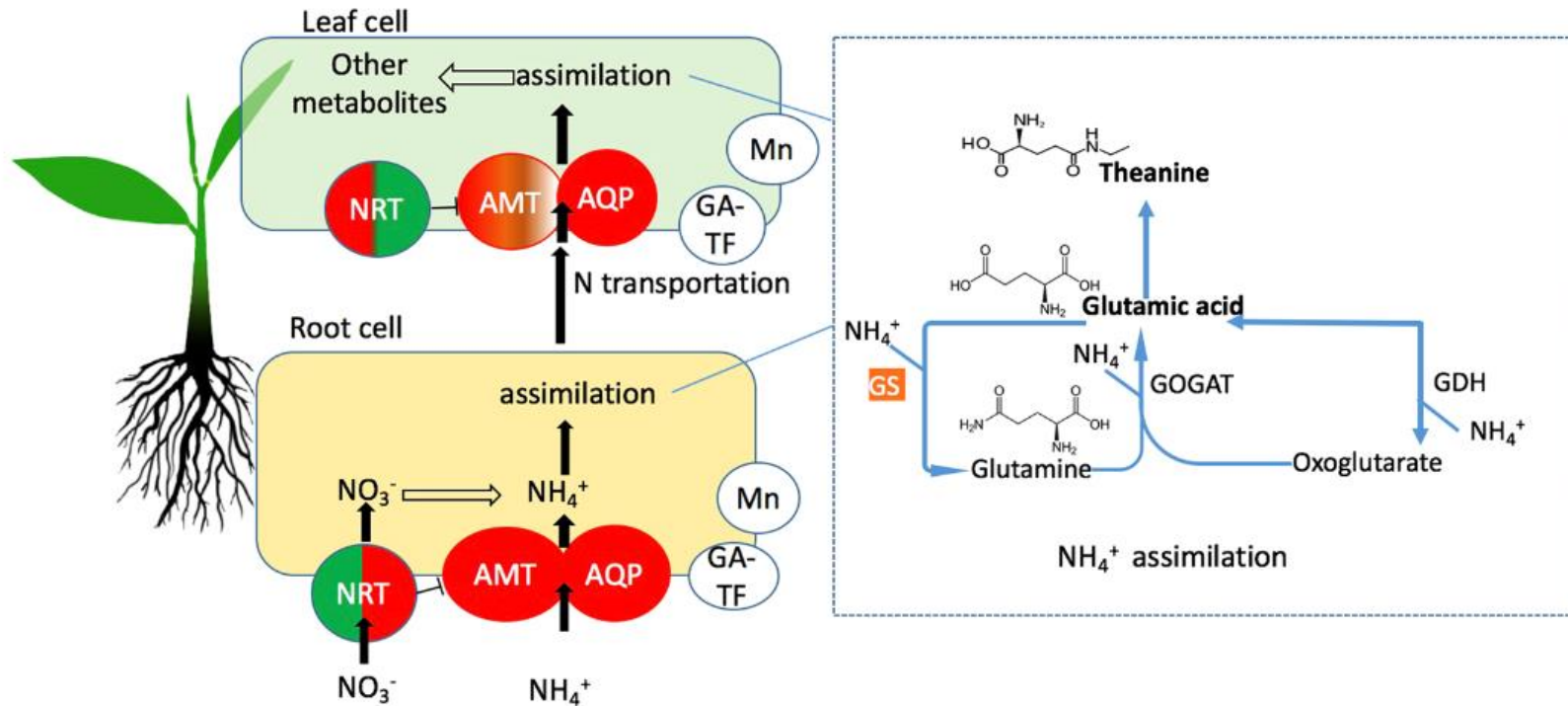


Figure 6. Nitrogen uptake, assimilation in roots and leaves of tea plant. Black and blue arrows represent the movement of ammonium and metabolite pathway, respectively. *AMT*, *NRT*, *AQP*, *GS* and *GOGAT*, represent the genes of the ammonium transporter, nitrate transporter, aquaporin protein, glutamine synthetase, and glutamic acid synthetase, respectively. Mn and GA-TF represent new identified manganese binding protein and gibberellin related transcript factors, respectively. Colors shading the protein show the up-regulated (red) or down-regulated (green) expression. Presence of both red and green colors shows varied regulation between the tea variety HJ and FD.

<https://www.researchgate.net/publication/316844754> Transcriptome and metabolite analysis identifies nitrogen utilization genes in tea plant *Camellia sinensis*

Li, Wei et al. (2017): Transcriptome and metabolite analysis identifies nitrogen utilization genes in tea plant (*Camellia sinensis*), 10.1038/s41598-017-01949-0

Příjem dusíku

Asimilace = začleňování dusíku do těla organismů.

Rostliny přijímají dusík jako dusičnany NO_3^- , případně jako amonné ionty přímo z půdy.

Dusičnany jsou následně redukovány na dusitany NO_2^- a posléze zabudovány do aminokyseliny (prolin, tryptofan, lysin, arginin..) nukleových kyselin (A, T, G, C), chlorofylu apod.

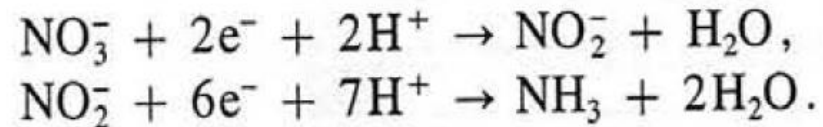
Za normálních podmínek má nitrát pro výživu rostlin největší význam. Kořeny ho přijímají aktivně ve směru elektrochemického gradientu. V protikladu s příjmem je výdej NO_3^- procesem pasivním. Nitrátový dusík je přijímán při pH kyselejších. Při pH 6,8 se příjmem NO_3^- a NH_4^+ v rostlinách může vyrovnat. Amonný iont působí inhibičně na příjem nitrátové formy.

Redukce nitrátů

NO_3^- je po vstupu do rostliny redukován:

- V kořenech (ihned po příjmu rostlinou)
- V listech

Redukce probíhá ve dvou stupních:



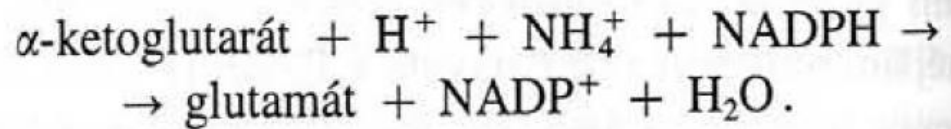
Nitrity (dusitany) – jsou pro buňky škodlivé, proto jsou okamžitě redukovány nitritreduktázou.

Amoniak (NH_3) je pro buňku toxický, protože účinně odpojuje syntézu ATP – koncentrace amoniaku je mikromolární

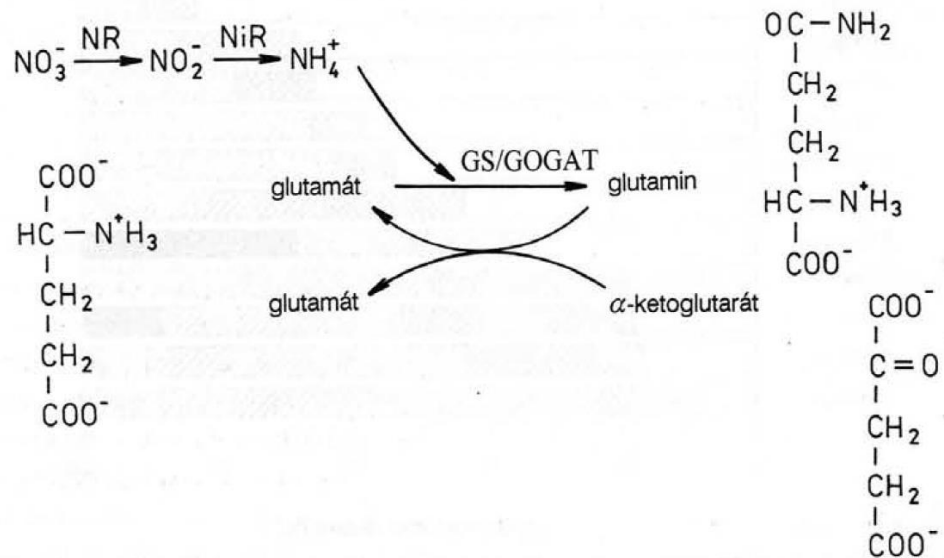
Proces zabudování amoniaku

2 způsoby:

1. Při vyšších koncentracích amoniaku – pomocí glutamátreduktázy



2. Pomocí glutaminsyntetázy



Obr. 3.13 Schéma redukce nitrátu a nitritu s následným zabudováním amoniaku do aminokyselin systémem GS/GOGAT.

NADPH - Nikotinamidadenindinukleotidfosfát

Asimilace dusíku – druhý stupeň

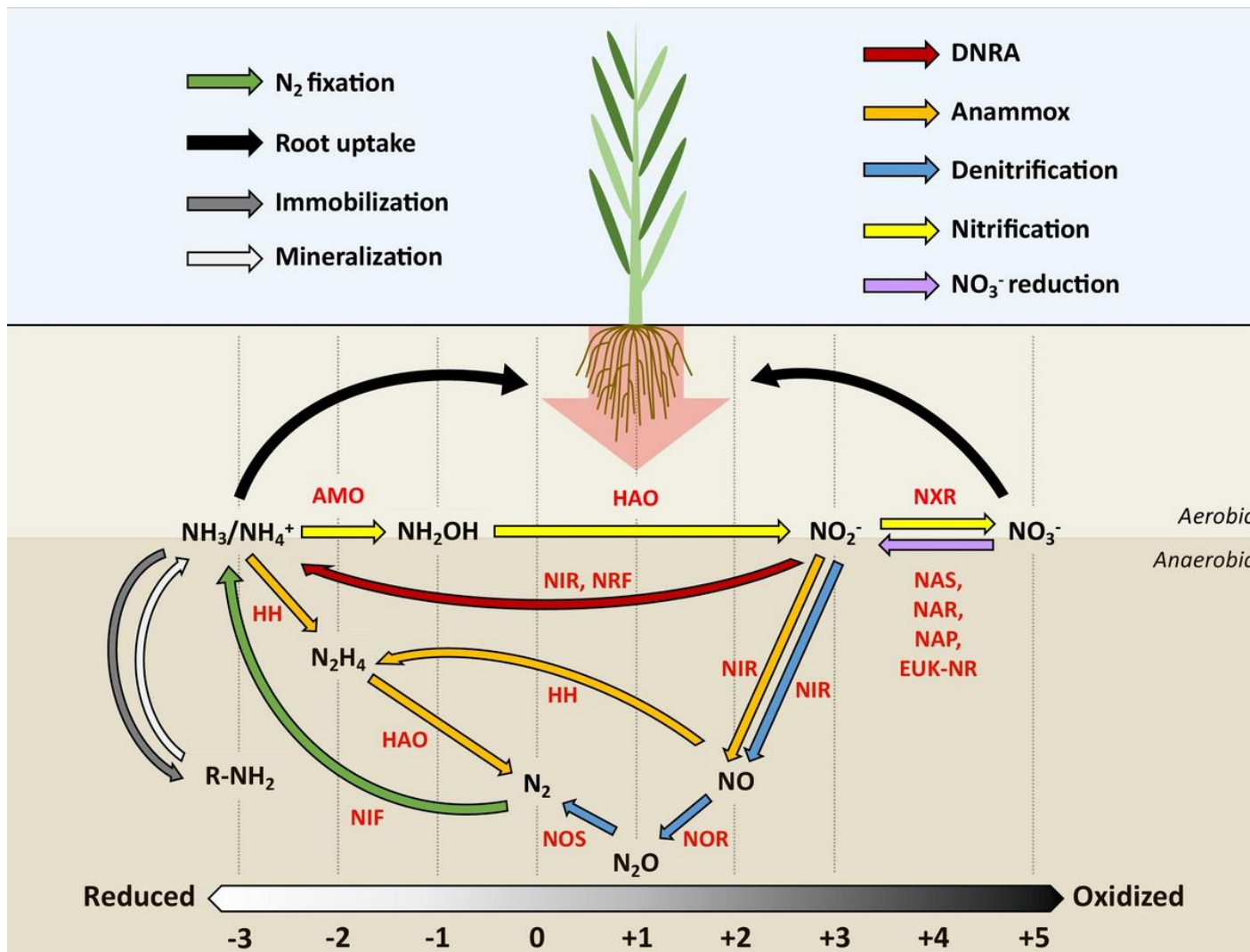
Druhým stupněm procesu asimilace nitrátů je redukce NO_2^- na NH_3 :



Účinek nitrát- a nitritreduktázy může být vyjádřen souhrně takto:



Při této reakci je spotřebováno na redukci 1 molu NO_3^- 8 ekvivalentů elektronů H^+ . Reakce má alkalický účinek, neboť je produkován jeden ekvivalent OH^-



Trends in Plant Science

[https://www.cell.com/trends/plant-science/fulltext/S1360-1385\(17\)30093-6?rss=yes](https://www.cell.com/trends/plant-science/fulltext/S1360-1385(17)30093-6?rss=yes)

Cyklus metabolismu půdního dusíku

Barevné šipky: transformace dusíku

Ovlivnění enzymy: nitrátreduktázy (NAS, NAR, NAP a EUK-NR)

dusitanové reduktázy (NIR, NFR)

reduktáza oxidu dusnatého (NOR)

reduktáza oxidu dusného (NOS)

dusitanáza (NIF)

monooxygenáza amoniaku (AMO)

hydroxylamin oxidoreduktáza (HAO)

dusitan oxidoreduktáza (NXR)

hydrazin hydroláza (HH)

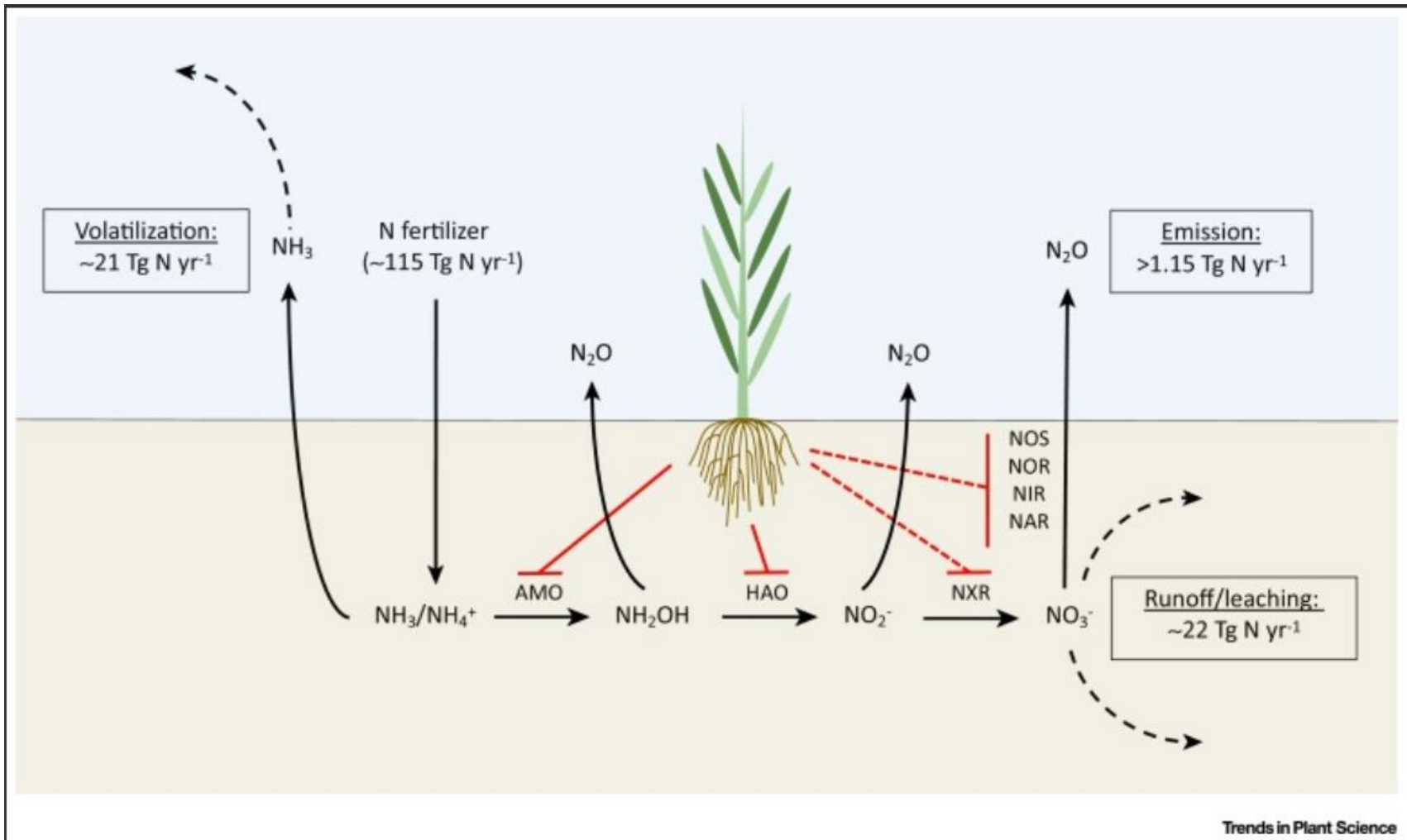
Vlivy na nitrátreduktázový systém

1. **Světlo** – aktivita nitrátreduktázy je potlačena ve tmě, i když je přítomen dostatek NO_3^-
2. **Teplota** – při vyšší teplotě se zvyšuje příjem NO_3^-
3. **Mikroprvky** – přítomnost Mo a Mn zvyšuje aktivitu nitrátreduktázy, protože se přímo účastní fotosystému II
Mg má také výrazný vliv na aktivitu NR

Nitrát, který vstupuje do cytosolu (vnitrobuněčné tekutiny) může být:

- Redukován na amonium
- Dočasně převeden do vakuoly
- Symplastem je transportován do xylému
- Pasivně se převádí zpět do kořenového systému

Využití N hnojiv rostlinou



Využití N hnojiv rostlinou

NO_3^- - produkt nitrifikace, se může ztrácet vyluhováním a odtokem, které podle odhadů představují 19 % celkové aplikace dusíkatých hnojiv

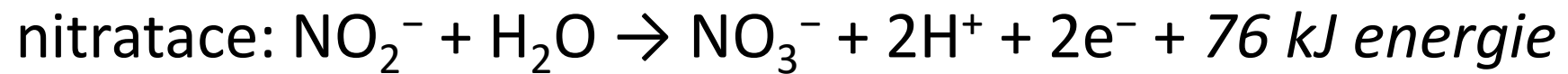
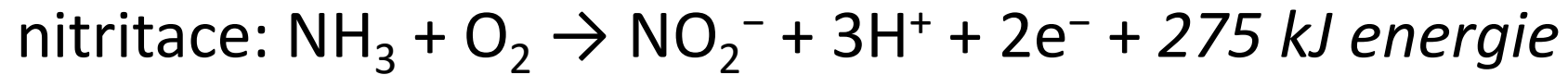
NH_3 – ztráty amoniakálního N těkáním- celosvětově cca 18 %

Redukce příjmu N rostlinami – biologické inhibitory nitrifikace (BNI) – jsou uvolňovány kořeny (kořenové exudáty).

Nitrifikace

Nitrifikace je proces oxidace amoniaku (NH_3 , resp. NH_4^+) na dusičnany (NO_3^-), a to přes dusitany (NO_2^-).

Z tohoto důvodu je proces nitrifikace rozdělen na dvě fáze, **nitritace** a **nitratice**. Souhrnné rovnice nitrifikace jsou následující:



Nitrifikace je důležitým krokem koloběhu dusíku a jsou v něm zapojeny mnohé půdní bakterie (zejména proteobakteria a archea). Při této enzymatické oxidaci se uvolňuje energie. Tento proces vytváří vodíkové kationty, které okyselují půdu (hlavně při přehnojování).

Nitrifikace

Podmínky ovlivňující nitrifikaci:

- množství NH_4^+
- pH půdy 5–8,5
- vlhkost (v kapacitě do 70 %)
- aerobní podmínky – dostatek kyslíku
- teplota půdy 25–35 °C

Fixace vzdušného dusíku

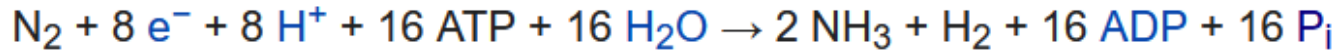
Fixace vzdušného N (diazotrofie):

- Schopnost rostlin redukovat trojnou vazbu v molekule atmosférického N a začlenit jí do amoniakální formy N (NH_4^+)

Reakce se odehrává v několika krocích:



Reakci můžeme také zjednodušit a přidat do rovnice též energetickou potřebu ve formě ATP.



Amoniak – v rostlinách je toxický, proto se ihned zabudovává do formy aminokyselin (např. glutaminu) a pak je rozváděn po celé rostlině.

Při této chemické reakci je potřeba velké množství energie (16 molekul ATP) – až 20 % vyrobené energie.

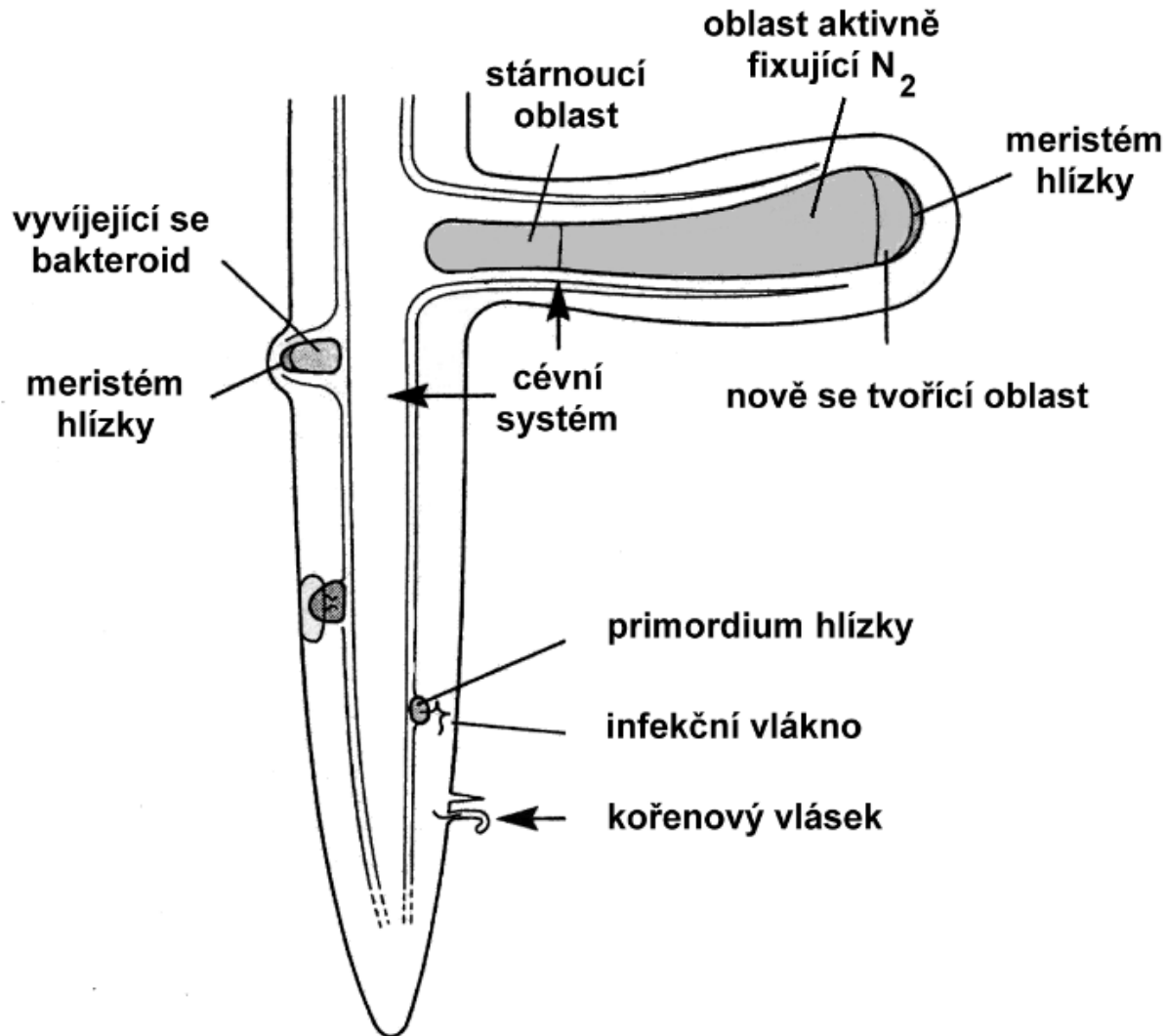
Fixace vzdušného dusíku – hlízkotvorné bakterie

Fixace vzdušného N – především u bobovitých rostlin (*Fabaceae*).

Bakterie: gramnegativní bakterie – tzv. hlízkové bakterie – *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*... (57 druhů bakterií)

Hlízka (nodul) = výrůstek / útvar, který se tvoří na kořeni. Je v něm vysoké množství **leghemoglobinu** (proto růžové zbarvení) – tento je nezbytný pro aktivizaci **nitrogenreduktázy**

Fixace vzdušného dusíku



Fixace vzdušného dusíku

Fixace vzdušného dusíku:

- **volná**
- **Symbiotická**

Volnou fixací se každý rok obohatí ha o 3-12 kg N (v průměru podle půdních podmínek 5-6 kg).

Symbiotickou fixací se u bobovitých váže na ha 50 - 120 kg N u luskovin, u vojtěšky a jetele 200-300 kg, výjimečně i více.



Shluky hlízkových bakterií (Zdroj: Shutterstock)

Hlízky na kořenech komonice



Hlízky na kořenech sóji



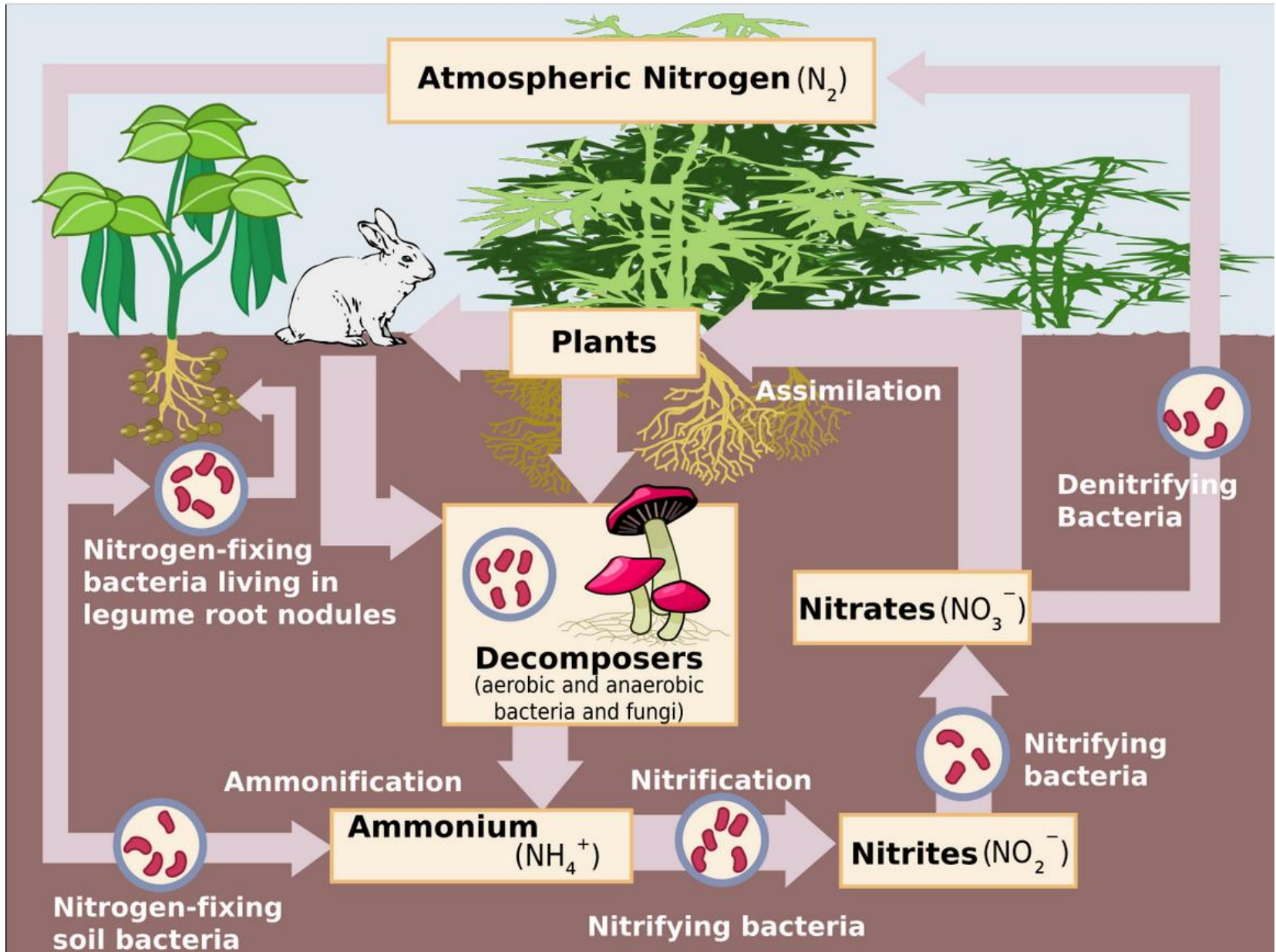
Nesymbiotická fixace dusíku

(Bakterie rodu *Azotobacter*.)

Vedle symbiotických hlízkových bakterií jsou v půdách našeho pásma zastoupeny další prospěšné půdní rhizobakterie, které podporují růst a vývoj rostlin.

Mezi ně patří především volně žijící bakterie rodu *Azotobacter*, které fixují vzdušný dusík. *Azotobactery* se vyskytují především v orných půdách s neutrálním pH a vyšším obsahem organických látek.

Obecně se uvádí, že biologická fixace volně žijícími fixátory dusíku se pohybuje ročně od 5 do 10 kg N na hektar, vyšší fixace až 30 kg N/ha/rok je dosahovaná při vyšší vlhkosti a teplotě půdy a při vyšším zásobení půdy organickou hmotou.



Zabudování amoniakálního dusíku

Výchozí jsou – N₂, nitráty, amoniak a organické sloučeniny

Po přeměně se nitráty, nebo amoniak mění a oxokyseliny a aminokyseliny.

Přítomný enzym – glutaminsyntetáza – vzniká AK Glutamin, příp. kyselina glutamová

Reakce vyžaduje ATP a Mg²⁺

Přítomnost glutaminsyntetázy v chloroplastech zaručuje, že amoniak vzniklý po redukci nitrátu může být utilizován, aniž by došlo k přerušení fosforylace.

Translokace (přesun) dusíku

Prvním stupněm asimilace NH_4^+ iontu v kořeni je jeho inkorporace do amonokyselin a amidů za současné kompenzace H^+ .

Nadzemní části rostlin mají omezenou kapacitu pro protony, a proto všechny NH_4^+ se musí asimilovat v kořeni a dusík se transportuje xylémem ve formě aminokyselin a amidů do nadzemních částí.

Na rozdíl od NH_4^+ dusíku je NO_3^- dusík po přijetí kořeny intenzívně transportován do nadzemních částí v závislosti na aktivitě nitrátreduktázy. Jeho zastoupení v xylémové šťávě se mění podle druhu rostliny a obsahu nitrátu v živném prostředí.

Translokace (přesun) dusíku

U vyšších rostlin jsou aminokyseliny a nitráty hlavními sloučeninami, ve kterých je dusík translokován.

Všeobecně xylémová šťáva obsahuje ze 70-80% aminokyseliny, u kterých je poměr N:C větší než 0,4.

Potvrdilo se, že **glutamin** a **asparagin** jsou hlavní látky, kterými je dusík transportován při minimální spotřebě uhlíku. U rosaceae je to vedle **glutaminu**, **arginin**, u chemopodiaceae **betain**, u papilionaceae **prolin**, **alantoin** (Marschner 1995).