
URČENÍ SYMPTOMŮ DEFICIENCE MAKROBIOGENNÍCH PRVKŮ NA ROSTLINÁCH Z VODNÍCH KULTUR

MAKROELEMENTY VE VÝŽIVĚ ROSTLIN

Makroelementy jsou prvky, které se v rostlinném těle vyskytují v milimolárních koncentracích. Jejich nedostatek nebo nadbytek v půdě, zvláště při jejich nevyrovnaném poměru vede k objevení se různých **symptomů** onemocnění. Především deficiencie jsou pak následovány metabolickými a růstovými poruchami. Stres způsobený deficiencí je pek provázen poklesem výnosu. Včasné rozpoznání deficiencie a opatření (obvykle foliární aplikace živiny) může vést k napravení stavu.

Komplikace přináší v symptomatologii **kombinované symptomy** – vliv deficiencie prvku a současného stresu suchem nebo napadení patogenem, poškození herbicidem aj. pak vede ke změně symptomu. Problémem je i **podobnost symptomu** např. symptomy při toxicitě molybdenu či selenu jsou podobné jako při nedostatku fosforu. Mezi **skryté symptomy** náleží např. symptomy deficiencie síry, které se běžně projevují až za nedostatku dusíku.

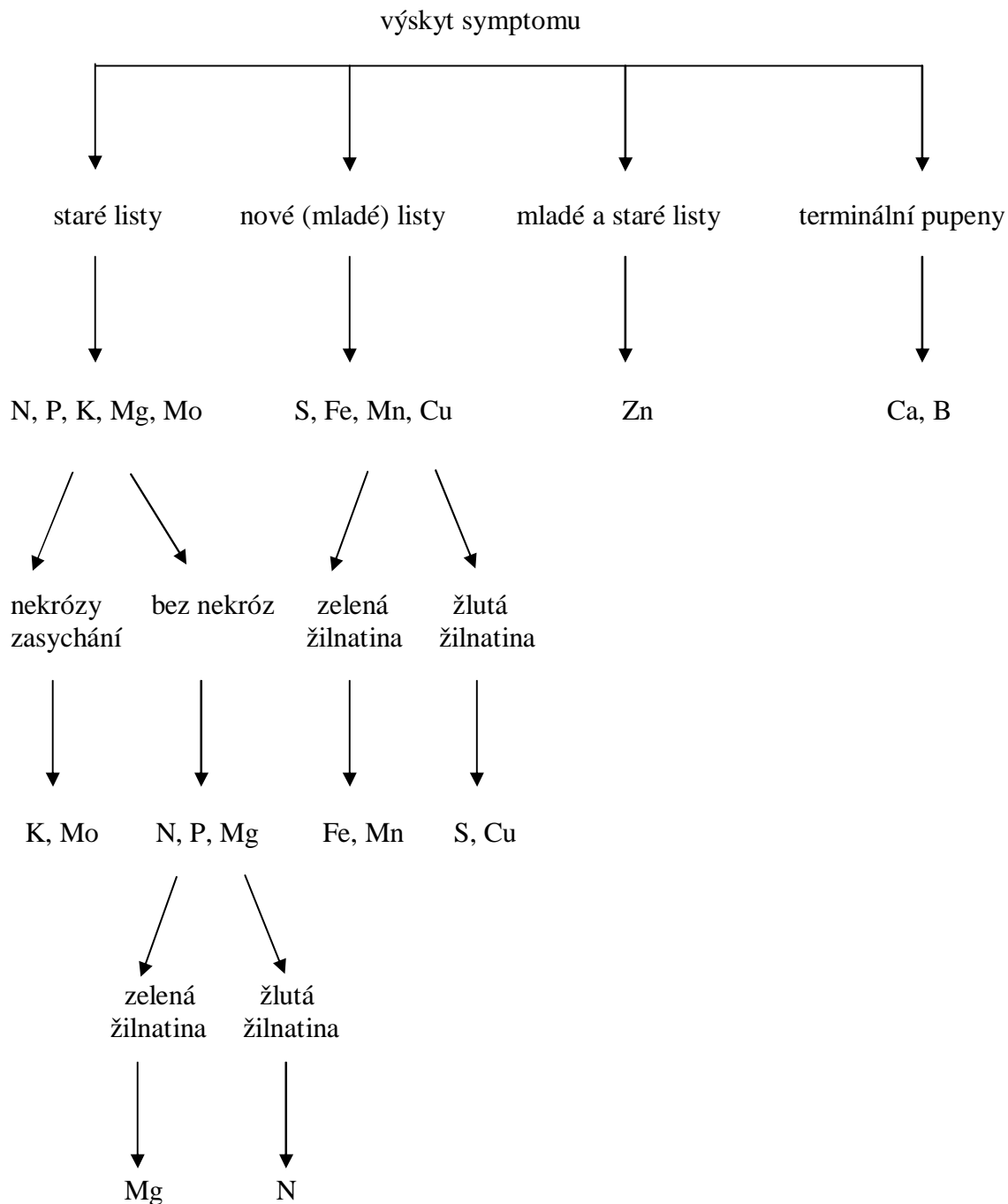
POUŽITÍ VODNÍCH KULTUR

Vzhledem k definovanému složení živných roztoků jsou vodní kultury ideální pro studium tzv. deficiencí prvků. Kromě již dříve zmíněných faktů o nutnosti vybalancování deficitního média jinými živinami (v úloze č. 5) je nutné volit správný počet rostlin do kultivační nádoby a pravidelně deficitní roztok doplňovat. Kultivace v takovém případě není neomezená, neboť v půdním prostředí jsou funkční mechanismy zbrzdňující růst rostlin, v umělé kultivaci postupně rostlina odumírá.

MÍSTA PROJEVŮ SYMPTOMŮ DEFICIENCE

Symptomy nedostatku prvků se na rostlinách projevují s určitou zákonitostí jejich ontogenetického vývoje. S ohledem na fyziologický dopad deficiencie a mobilitu prvku v rostlině jsou symptomy charakteristicky lokalizovány. Obvykle sledovanou částí rostliny je nadzemní část, především mladé a starší listy. Není-li rostlina stresována

kombinovaným působením, je možné symptomy deficiencí odečítat z rostlin pomocí následujícího klíče:



Celá situace však není tak jednoduchá, neboť u různých druhů se mohou projevy symptomů více či méně lišit, stejně tak jako např. mezi odrůdami. Výskyt na starých a mladých listech závisí na mobilitě prvku. Nedostatek dusíku, draslíku a fosforu je provázen retranslokací těchto prvků ze starších listů do nově rostoucích, na nichž se neprojeví deficiencie. U špatně mobilních prvků jsou postiženy mladé listy a apex. Nejtypičtějším příkladem je deficiencie vápníku – poškozující terminální meristém. Klasickým symptomem deficiencí kovových prvků a dusíku jsou chlorózy různého typu.

TYPICKÉ PROJEVY DEFICIENCE MAKROPRVKŮ

Uvedené symptomy jsou pojaty obecně pro širší spektrum rostlin:

- **dusík** – chlorotické listy i v místě žilnatiny, listy vzpřímené, rostliny celkově nižší, menší, pomalu rostoucí, ve vodní kultuře dlouhé kořeny, intenzivně větvené, plodnost je špatná
- **fosfor** – rostliny s temně zbarvenými listy s anthokyany, obtížně nakvétají, abortce plodů nebo netvoří plody, déletrvajícím nedostatek vede k barevným změnám rostlin (žluté, hnědé), průduchy na listech jsou nepohyblivé.
- **draslík** – rostliny malé, s nekrotickými okraji, skvrnami či apexy listů, zasychání listů, nedostatečný vývin mechanických pletiv, keřovitý či metlovitý růst, listnaté dřeviny shazují listy, u brambor - hlíz dochází k hnědnutí dužniny, obecně platí při nedostatku draslíku zvýšená náchylnost k fytopatogenům a k chorobám.
- **hořčík** – intervenální chloróza na listech, mozaikovitě skvrny a mramorovitost starších listů (chlorofyl se kumuluje v místech žilnatiny), listy zpočátku plastické, později křehnou a opadávají.
- **vápník** – projevy nekroz na apexu a nejmladších listech, netvoří se boční kořeny, kořenové špičky odumírají, abortce plodů, nevyvinutá semena.
- **síra** – žlutozelené, chlorotické zbarvení mladých listů (vzácné), listy křehké, vzpřímené
- **železo** – rostlina je deficitní na chlorofyl, netvoří se chloroplasty, žlutá až bílá chloróza, zastavení růstu

FUNKČNÍ ČLENĚNÍ DEFICIENCÍ MINERÁLNÍCH LÁTEK

Na základě fyziologických vlastností, příjmu a mobility prvků v rostlinách lze rozdělit deficiencie do 4 následujících skupin:

1. **deficiencie minerálních látek vázaných na uhlíkaté skelety** – N, S – rostliny musí jak dusičnanové tak síranové ionty redukovat

N - dusík – je v rostlině mobilní a proto jsou chlorózy typické na čepelích starších listů, jestliže má rostlina nedostatek dusíku, tak nedochází k syntéze dusíkatých organických látek, cukry jsou pak využity k syntéze anthokyanů (bez dusíkatá barviva) – proto jsou typickým symptomem fialové stonky a řapíky listů

S – síra – je v rostlině nemobilní, dochází ke chlorózám a akumulacím anthokyanů, obdobně jako u nedostatku dusíku, chlorózy jsou však typičtější na mladých či dospělých listech, ne na starších

2. **deficiencie minerálních látek důležitých v konverzi a uchování energie či v udržení strukturální integrity** – P, Si, B

P - fosfor – je v rostlině mobilní, symptomem je tmavě zelené zbarvení listů, podpořené opět vysokou produkcí anthokyanů (bez chloróz), odumírají starší listy, přechod k reprodukční fázi vývoje je oddálen

Si – křemík – deficientní rostliny mají méně mechanických pletiv, jsou náchylné k napadení houbovými patogeny, křemík je zastoupen v amorfní, hydratované formě nejvíce v buněčné stěně, v intercelulárách, také v endoplazmatickém retikulu, tvoří komplexy s polyfenoly

B – bór – je nemobilní, vzhledem k tomu, že hraje významnou funkci v metabolismu nukleových kyselin a v buněčné elongaci jsou symptomy typické na mladých pletivech (vrcholech, listech a plodech), někdy se rostliny za jeho nedostatku větví, ale vrcholy opět zasychají

3. deficience prvků, které zůstávají v rostlinách v iontové formě – K, Ca, Mg, Cl, Mn, Na

K⁺ - draslík – je v rostlině mobilní a proto jsou okrajové nekrózy (okrajová spála listů) nejprve na starších listech, rostliny mají slabší lodyhy, kratší internodia

Ca^{II+} – vápník – je v rostlině nemobilní, je buď volným iontem či vázaný na bílkovinu kalmodulin (podíl na přenosu signálu), neutralizuje organické kyseliny a je nezbytný pro syntézu střední lamely buněčné stěny, charakteristickým symptomem jsou nekrózy nejmladších pletiv a jejich deformace, rostliny mají intenzivně větvené, ale krátké kořeny

Mg^{II+} - hořčík – je v rostlině mobilní je součástí porfirového jádra molekuly chlorofylu, aktivuje enzymy fotosyntézy a respirace, syntézy DNA a RNA, při deficienci dochází k intervenální chloróze nejprve na starších listech (chlorofyl v chloroplastech buněk poblíž svazků cévních, zvláště u rostlin typu C₄ v pochvách svazků cévních není deficiencí ovlivněn)

Cl⁻ – chlór – je nezbytný pro fotolýzu vody ve fotosyntéze, deficience je vzácná – bronzovitost rostlin (rostliny zakrslé, chlorotické, zbarvení do bronzova), jsou poškozeny kořenové špičky

Mn^{II+} - mangan – aktivuje oxidázy i reduktázy Krebsova cyklu a účastní se fotolýzy vody, symptomy jsou intervenální chlorózy doprovázené nekrózou na mladých i starších listech

Na⁺ – sodík – nezbytný ion pro karboxylaci fosfoenolpyruvátu, tedy u rostlin typu C₄ a CAM, je osmoticky aktivní a zesiluje expanzi buňky, deficience – chlorózy, nekrózy a snížená tvorba kořenů

4. deficience prvků, které jsou kofaktory oxidoreduktáz – Fe, Zn, Cu, Ni, Mo – kovy reverzibilních oxidací, elektronových transportů a transformací energie ve spojitosti s velkými molekulami

Fe^{II+} - železo – podléhá v rostlinách reverzibilní oxidaci Fe^{II+} na Fe^{III+}, není v rostlině mobilní a proto jsou chlorózy typické na nejmladších listech (netvoří se protein-chlorofylové komplexy v chloroplastech), ve starších listech se sráží s fosfáty a vyvazuje se do fytoferitinu

Zn^{II+} – zinek – je nezbytný pro syntézu pyrolových subjednotek chlorofylu a auxinu, při deficienci dochází k redukcí růstu internodií (rozetovitý habitus)

Cu^{II+} - měď – aktivuje v rostlinách oxidázy a reduktázy (dochází k reverzibilní oxidaci Cu^{I+} na Cu^{II+}), v elektronovém transportu aktivuje např. plastocyanin, při deficienci rostou tmavě zelené listy s malformacemi a deformacemi, listy předčasně opadávají

Ni^{II+} – nikel – je v rostlině nezbytný pro činnost ureázy, při deficienci se hromadí v listech močovina – nekrózy špiček listů

Mo^{II+} - molybden – nezbytný kofaktor nitrátreduktázy a nitrogenázy, při deficienci intervenální chloróza listů a nekrózy starších listů, netvoří se květy nebo opadávají

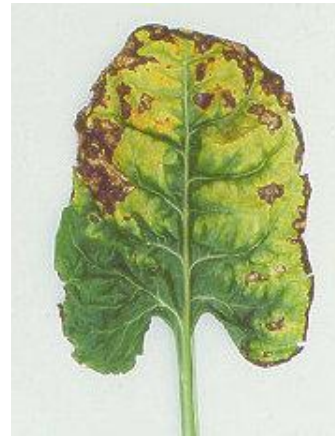
DEFICIENCE V POLNÍCH PODMÍNKÁCH



kukuřice – dusík



cukrovka – fosfor

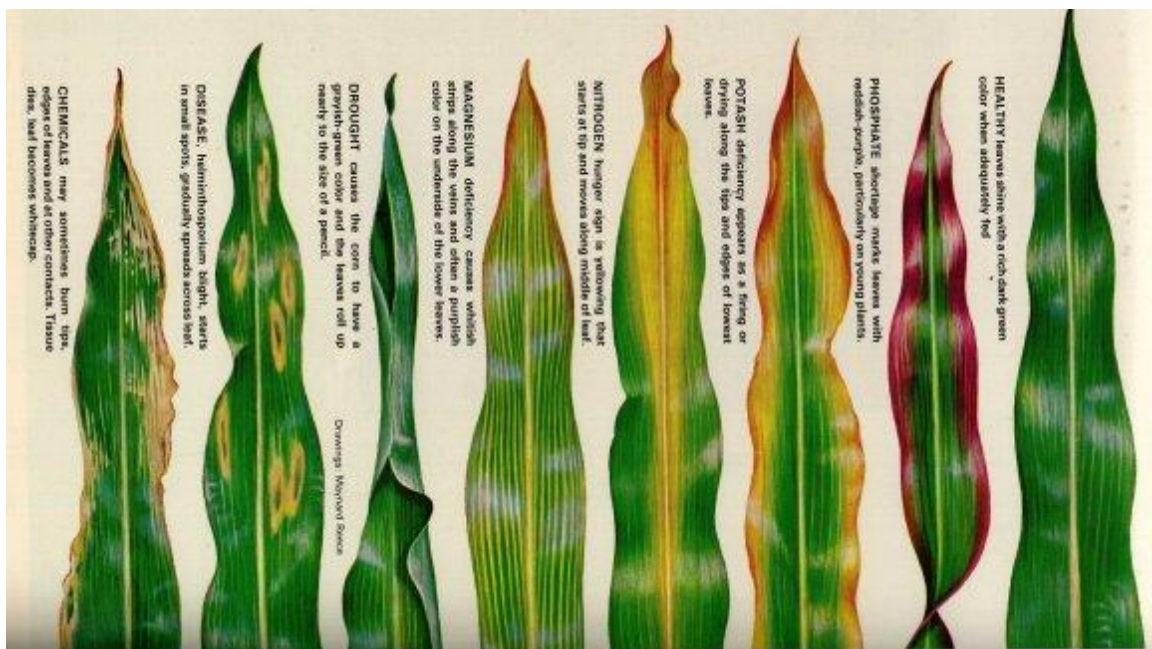


cukrovka - hořčík

Určení symptomů deficiencie v polních podmínkách je obtížné. Nejčastěji se proto používá srovnávání s atlasem či porovnání s tzv. listovou analýzou, analýzou půdy a vody (chemický rozbor). Vedle klasických symptomů deficiencí se projevují ještě symptomy z poškození chemickými postřiky, environmentálními stresory a škůdci. Ke spolehlivému určení deficiencí slouží dnes řada diagnostických metod a určovacích klíčů, experimentálně lze sledovat vliv doplnění živin na ztrátu symptomů na rostlinách.

Symptomy:

herbicid patogen sucho - Mg - N - K -P zdravý list

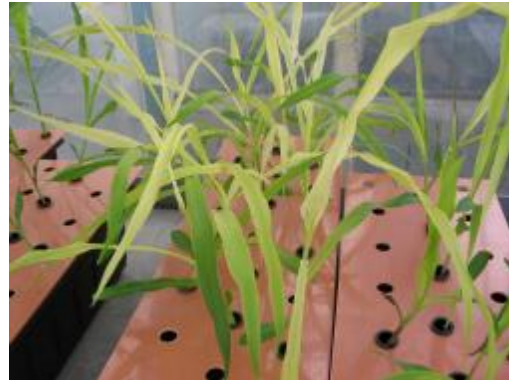


DEFICIENCE VE VODNÍCH KULTURÁCH

Fotodokumentace symptomů:



deficiencie železa na fazolu



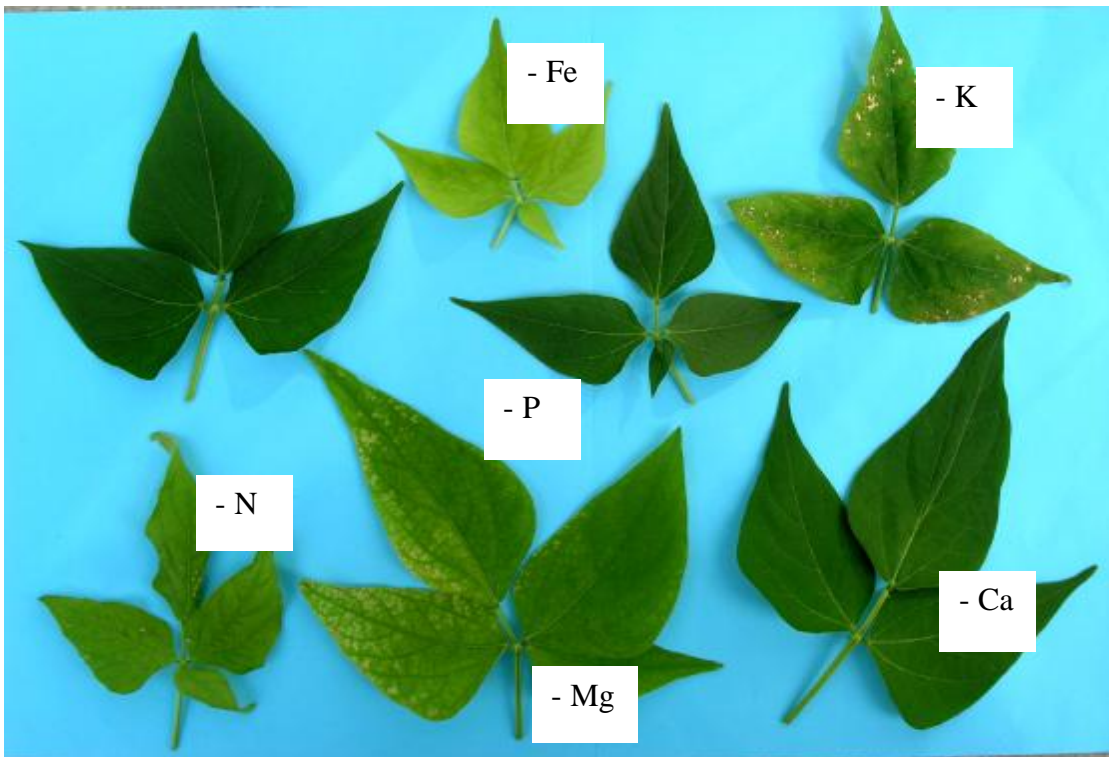
deficiencie železa na kukuřici



srovnání deficiencí na
rostlinách bobu

zprava listy zdravé rostliny, -Fe, -Ca

symptomy deficiencí na listech fazolu



symptomy deficiencí na listech kukuřice



VLIV pH NA PŘÍJEM ŽIVIN Z ŽIVNÉHO ROZTOKU

Optimální hodnota pH pro příjem živin z živného roztoku je v rozmezí 5,5 – 6,5. Nezbytné je volit optimální pH roztoku nejenom z hlediska rozpustnosti živin (a tedy dostupnosti pro rostlinu), ale také z hlediska nároků jednotlivých rostlin. Knopův živný roztok (KNOP 1861) má slabou koncentraci iontů, z hlediska fyziologických nároků rostlin je velmi dobře vybalancovaný, někdy však vytváří jemnou sraženinu fosfátu a vápníku či hořčíku, klesající ke dnu.

Praktické provedení úlohy

Cíl úlohy

Cílem úlohy zaznamenat na rostlinách kukuřice, fazolu a bobu při kultivaci za nedostatku makroprvků v živném roztoku symptomy deficiencí v pátém týdnu kultivace, včetně záznamu habitu rostlin.

Ve výuce budou předvedeny rostliny z kultivace a studenti se pokusí správně určit typ deficience. Pro vizuální porovnávání mohou být použity fotogalerie symptomů deficiencí minerálních látek na internetu:

<http://www.hbci.com/~wenonah/min-def/part4.htm>
<http://www.hbci.com/~wenonah/min-def/list.htm>
<http://www.ipmimages.org/browse/subimages.cfm?sub>
<http://www.plantphys.net/article.php?ch=t&id=289>
http://www.af.mendelu.cz/agrochem/multitexty_2/html/obilniny

V případě použití softwaru pro diagnostiku deficiencí bude popsán postup klíčem určování.

Pro přehlednost budou záznamy z pátého týdne kultivace uvedeny do přehledné tabulky:

	kukuřice	fazol	bob
kontrola			
dvojnásobek živin			
- N			
- P			
- K			
- Ca			
- Mg			
- Fe			

Zpracování protokolu

V protokolu budou uvedeny všechny pozorované symptomy deficience, včetně habitu rostlin (velikost a zbarvení nadzemní části, stav kořenů, nakvétání u fazolu a bobu). Bude uveden termín prvního projevu symptomů, dále zdali symptomy po celou dobu kultivace přetrvávaly. Bude srovnána intenzita projevu deficience na všech třech sledovaných druzích rostlin. Může být pro srovnání uvedena fotrodokumentace. Celá skupina odevzdá jeden protokol.