

VÝZNAM MAKRO A MIKROELEMENTŮ VE VÝŽIVĚ SÓJI

IMPORTANCE OF MACRO- AND MICROELEMENTS IN NUTRITION OF SOYBEAN

JAROSLAV ŠTRANC, PŘEMYSL ŠTRANC, DANIEL ŠTRANC

Česká zemědělská univerzita v Praze, FAPPZ, Katedra rostlinné výroby

Summary, Keywords

In article is evaluated importance of crucial macro and microelements for nutrition of soybean. These elements are characterized in terms of their participation in plant cell composition, their metabolism etc. The most attention is given to the usefulness these substances on physiological processes in soybean plants. Describes the form of elements accepted such as roots as leaves of soybean and symptoms of deficiency.

Keywords: soybean, macro elements, microelements, way of income, biochemistry, physiology, symptoms of deficiency

Souhrn, klíčová slova

V příspěvku je hodnocen význam rozhodujících makro a mikroelementů pro výživu sóji. Tyto elementy jsou charakterizovány z hlediska jejich účasti na složení rostlinných buněk, jejich metabolismu apod. Největší pozornost je věnována prospěšnosti těchto látek pro fyziologické procesy rostlin sóji. Je popsána forma elementů přijímaná jak kořeny tak i listy sóji a symptomy jejich deficitu.

Klíčová slova: sója, makroelementy, mikroelementy, způsob příjmu, biochemie, fyziologie, symptomy deficitu

Úvod

Vzhledem k chemickému složení semene sóji, které se vyznačuje vysokým obsahem bílkovin, lipidů, celé řady biologických aktivních látek, minerálií apod., tato plodina zaujímá zvláštní postavení nejen mezi polními plodinami, ale i v rámci luskovin. S touto skutečností souvisí i její nároky na minerální živiny. Vzhledem k symbiotické fixaci atmosférického dusíku je sója velmi náročná nejen na fosfor, draslík a vápník, ale i na celou řadu mikroelementů.

Dusík

V důsledku vysokého obsahu bílkovin nejen v semenech, ale i v ostatních částech rostliny sóji je dusík rozhodující živinou a v podstatě limituje výši výnosu (Rubeš 1974). Dusík je významnou součástí nejen bílkovin, ale i nukleových kyselin, chlorofylu atd. Uvádí se, že na výnos semene 2,5 t/ha sója spotřebuje minerální dusík ve výši asi 180 kg/ha a při

výnosu 5 t/ha již cca 460 kg/ha (Špaar et al. 2000). V příznivých pěstebních podmínkách sója získává až ze 70% jeho symbiotickou fixací z atmosférického dusíku pomocí bakterií *Bradyrhizobium japonicum*, tvořících hlízky na jejích kořenech. Symbiózou získaný amonný dusík sója okamžitě zabudovává do glutamátu a dále do glutaminu. Kořeny přijímá dusík ve formě NO_3^- a NH_4^+ , dále pak v podobě NO_2^- , amidů a aminokyselin. Listy přijímá dusík ve formě NO_3^- , NH_4^+ , močoviny, NO a NO_2 (Jevdokimova et al. 2012). Bylo zjištěno, že porost sóji může fixovat až 300 kg N/ha. Limitujícími faktory efektivní fixace dusíku jsou: nízké pH půdy, deficit vláhy a špatná aerace půdy. Fixaci dusíku brzdí i nízká teplota, vyšší obsah minerálního dusíku v půdě a naopak nedostatek fosforu a draslíku, z mikroelementů hlavně bór a molybden.

Deficit dusíku retarduje růst sóji (všech jejích orgánů). Rostliny jsou malého vzrůstu až zakrslé, světle zelené až žlutavé (nedostatek chlorofylu). Intenzita fotosyntézy je malá, rostliny špatně větví, rychleji dozrávají, výnos je nízký.

Fosfor

Fosfor je součástí nukleových kyselin, fosfatidů, bílkovin, fosfolipidů, ATP, koenzymů NAD, NADP atd. (Jevdokimova et al. 2012). Právě vysoký obsah fytnové kyseliny v semenech sóji je podmíněn zvýšeným zastoupením fosforu. Ten je rovněž nezbytný pro buněčné dělení, růst kořenů, tvorbu květů a plodů. Při nedostatku fosforu dochází k retardaci růstu nejen kořenů, ale celé rostliny sóji. Hnojením fosforem se zvyšuje příjem jak samotného fosforu, tak i draslíku.

Při nadbytku fosforu v půdě se však v rostlinách sóji snižuje pohyblivost železa, spojeného s nedostatkem citrátu (Koškin a kol. 2005). Větší dávky fosforečných hnojiv zvyšují v semenech sóji obsah fosforu, hořčíku síry apod. a naopak se snižuje příjem a zastoupení zinku a některých dalších mikroelementů. Tuto skutečnost vysvětlují někteří autoři (např. Špaar et al. 2000, Koškin a kol. 2005 a další) snížením rychlosti příjmu těchto elementů, působením tzv. zředovacího efektu, retardací jejich pohybu z kořenů do nadzemních částí atd. Fosfor zvyšuje v semenech u sóji obsah bílkovin a naopak obsah oleje snižuje. Mimoto podporuje senescenci rostlin, reguluje transport uhlíku z chloroplastů do cytoplazmy a dále jeho pohyb ve formě sacharózy do semen a ostatních částí rostliny. Při nedostatku fosforu v cytoplazmě se uhlík v procesu fotosyntézy hromadí ve chloroplastech ve formě škrobu. Fosfor má rovněž rozhodující význam v tvorbě a rozvoji hlízek. Je přijímán kořeny i listy sóji ve formě H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} a PO_4^{3-} .

V rostlinách je fosfor velmi dobře pohyblivý. Při jeho deficitu rostliny sóji získávají tmavězelenou barvu. Řapíky a čepele listů se stáčí nahoru (pěstovitě). Rostliny jsou nízké až zakrnělé se slabými načervenalými až nafialovělými lodyhami. Kvetení je slabé.

Draslík

Je základním kationtem cytoplazmy. Kontroluje turgor, membránový transport, stabilitu membrán a další. Aktivuje enzymy fotosyntézy dusíkatého (bílkovinného) i glycidového metabolismu (Jevdokimova et al. 2012). Draslík rovněž zvyšuje efektivitu energie slunečního svitu při chladu a snížené insolaci, což je pro sóju velmi důležité zejména při časném zakládání jejich porostů v našich agroekologických podmínkách. Kromě toho zvyšuje i odolnost sóji k chorobám. Rostlinami (kořeny i listy) je přijímán jako K^+ .

V pletivech rostlin se draslík vyskytuje jako volný kationt, nebo ve formě snadno výměnných sloučenin a vyznačuje se v porovnání s ostatními minerálními elementy největší pohyblivostí. Uvádí se, že při obsahu přijatelného draslíku 25 mg/kg půdy sója poskytuje pouze 50% maximálního výnosu, kdežto při 100 mg/kg již 97%. Největší příjem draslíku rostlinami sóji byl pozorován v době nalévání semen, přičemž největší rychlost jeho příjmu (1,7 kg/ha za den) byla zjištěna 87. až 94. den po vzejití sóji. Mezní koncentrace draslíku v rostlinách jsou 0,3 a 5,7% (Koškin a kol. 2005).

Při deficitu draslíku jsou okraje listů sóji nejprve žlutě stříkané (kropenaté), potom zcela žloutnou a tvoří se souvislý pás (lem) kolem celého listu. Postupně okraje listů nekrotizují, zasychají a rozpadávají se. Růst rostlin se zpomaluje až plně zastavuje.

Vápník

Nachází se v buněčné stěně a membráně. Je nepostradatelný pro normální průběh dělení buněk, podporuje stabilitu membránových struktur a chromozomů. Vápník rovněž aktivuje řadu enzymů (fosfolipázu, argininkinázu) a ATP a současně detoxikuje (neutralizuje) přebytečné organické kyseliny v rostlinách sóji. Na půdách s nižším pH je nutný k normálnímu růstu rostlin sóji, k jejich nodulaci a k příjmu některých živin. V počátečních etapách organogeneze sóji je vápník přijímán pomalu, postupně se však jeho příjem zrychluje a maximum (2,7 kg/ha za den) dosahuje 73. - 80. den. Koškin a kol. (2005) uvádějí, že po vzejití sóji je jeho pohyblivost v rostlinách relativně nízká. Ke zvýšení obsahu dostupného vápníku v půdě a k podpoře počátečního růstu sóji se osvědčuje předsevňová aplikace ledku vápenatého, nebo ledku amonného s vápencem. Kořeny i listy rostlin je přijímán jako Ca^{2+} . Jeho pohyblivost v rostlině je nejnižší ze všech živin.

Deficit vápníku limituje tvorbu a růst kořenů a nodulaci sóji. Špatná nodulace je často se vyskytující fyziologickou poruchou (může však být způsobena i suchem, nízkou teplotou, ulehlostí půdy apod.). Narušení příjmu vápníku, resp. jeho nízký obsah v rostlinách sóji a jejich špatný růst (zvýšený opad květů, pomalá tvorba semen apod.) jsme zaznamenali při aridním průběhu počasí (vysoké teploty, vodní deficit, silná insolace).

Je nezastupitelnou součástí chlorofylu, aktivátorem enzymu glycidového metabolismu rostlin, syntézy nukleových kyselin apod. Současně podporuje příjem a transfer fosforu v rostlinách a translokaci glycidů. Rostlinami sóji je nejrychleji přijímán v období plného květu a počátku tvorby semen. Potom jeho příjem klesá. Ve vegetativních orgánech sóji (především zelených) je zastoupen podstatně více než v semenech. Kořeny i listy sóji je přijímán jako Mg^{2+} . V rostlinách je špatně pohyblivý. Při jeho deficitu pletivo listů mezi hlavními nervy bledne (je světle zelené), potom žlutne. V pozdějších fázích se okraje listů zkrucují směrem dolů, žloutnou, získávají bronzový nádech. Při výrazném nedostatku nekrotizují a postupně opadávají.

Síra

Je důležitou součástí některých aminokyselin (cystin, cystein, methionin) a účastní se metabolismu biotinu, tiaminu, koenzymu A a současně tím podporuje a stabilizuje tvorbu bílkovin, což je podstatné právě u sóji. V rostlinách se nachází ve formě SO_4^- . Kořeny je síra rovněž přijímána v podobě SO_4^- , kdežto listy ji přijímají jak ve formě SO_4^- , tak SO_2 . V rostlinách je velmi dobře pohyblivá (podobně jako dusík a fosfor). Nedostatek síry působí chlorózu, zpomaluje růst sóji a snižuje obsah vázaného (nerozpustného) dusíku v jejích orgánech. Podobně jako při deficitu dusíku jsou rostliny sóji při nedostatku síry tuhé a křehké (Voříšek 1959 in Baudyš a kol. 1959) a poměrně snadno se olamují (zejména při povrchu půdy). Její maximální příjem nastává před začátkem kvetení sóji.

Železo

Je součástí různých enzymů a komponentů řetězce přinášejícího elektrony. Účastní se syntézy chlorofylu a metabolismu nukleových kyselin (Jevdokimova et al. 2012). Podle Koškina a kol. (2005) je železo komponentem cytochromů a některých bílkovin spojených s fotosyntézou, fixací dusíku a účastnících se dýchacích procesů spolu s dehydrogenázami. Při jeho deficitu dochází ke chloróze sóji.

Po příjmu (kořeny i listy jako kationt Fe^{2+} , Fe^{3+}) je železo transportováno ve formě citrátu železa do aktivně se vyvíjejících mladých pletiv rostlin. V rostlinách je špatně pohyblivé. K redukci železa dochází v endodermálních a epidermálních buňkách kořenů, přičemž největší redukční schopností se vyznačují mladé kořeny druhého řádu.

Přihnojení hnojivy obsahujícími železo brzdí příjem a transport zinku a fosforu v rostlinách sóji. Nedostatek železa, hlavně na půdách s vyšším obsahem vápníku a také mědi (po zrušených chmelnicích) způsobuje typickou chlorózu se souvislým žloutnutím listů. Tvorba chlorofylu je narušena především ve vrcholových partiích rostlin sóji. Větší množství chlorofylu zůstává pouze podél nervatury listů.

Zinek

Tento mikroelement je kofaktorem celé řady enzymů (cytochromoxidázy, fenolázy, laktázy atd.). Kořeny i listy je zinek přijímán jako kationt Zn^{2+} . Podporuje syntézu vitamínu A, odolnost rostlin k některým stresovým faktorům (chlad, vodní deficit apod.), dlouhivý růst rostlin apod. U zinku se předpokládá jeho pozitivní korelace s tvorbou či spíše se zvýšenou aktivitou auxinu, anebo s jeho pomalejší degradací. V této souvislosti je možné uvést, že některé výsledky pokusů s ošetřením osiva a rovněž tak i vzešlých rostlin sóji přípravkem s obsahem auxinů (Lexin) a zinkem (např. síran zinečnatý) zvyšuje výšku nasazení prvních lusků, čímž je usnadněná sklizeň sóji a současně dochází ke snížení ztrát semene.

Zinek je v rostlinách sóji dobře pohyblivý, symptomy jeho nedostatku (žluto-zelené zbarvení) se nejčastěji objevují na starých listech. Žluté skvrny na listech postupně nekrotizují, nodulace i dlouhivý růst rostlin jsou zpomalovány až zcela ustávají. Při půdní aplikaci zinku bylo pozorováno blokování příjmu železa s následnou chlorózou sóji, přičemž nedochází k ovlivnění obsahu fosforu, draslíku, vápníku, hořčíku a mědi v jejich semenech (Koškin a kol. 2005).

Bór

Významně ovlivňuje metabolismus sóji jako dvouděložné rostliny v mnoha směrech. Podporuje činnost meristematických pletiv (stimulace dělení buněk), tvorbu a stabilitu buněčné blány, propustnost membrán, transport glycidů, růst kořenů, příjem a asimilaci vápníku, syntézu bílkovin, odolnost rostlin ke sníženým teplotám (význam aplikace bóru na osivo a vzešlé porosty sóji při časných výsevech), tvorbu generativních orgánů apod. Bór rovněž reguluje vzájemný vztah vápníku a draslíku (Jevdokimova et al. 2012) a významně ovlivňuje aktivitu fytochromu (Koškin a kol. 2005). Kořeny i listy je bór přijímán ve formě nedisociované H_3BO_3 . V rostlinách je špatně pohyblivý.

Při deficitu bóru dochází ke zkracování vegetačních vrcholů a základů nových listů, k odumírání vrcholových pupenů (pupeny jsou bělavé nebo i světle-hnědé), žloutnutí až červenání vrcholových listů a ke zkracování internodií (až růžicovitý habitus rostlin). Kvetení je slabé (Musienko, Ternavskij 1989).

Molybden

Je součástí enzymů nitrátoreduktázy a nitrogenázy. Proto je nezbytný k fixaci atmosférického dusíku hlízkovými bakteriemi sóji (Rubeš 1974). Kořeny i listy je přijímán jako aniont MoO_4^{2-} . V rostlinách je špatně pohyblivý. Vyšší pH půdy a fosfor podporuje jeho příjem kořeny. Antagonismus je však mezi molybdenem a mědí. Akumuluje se v dělohách, přičemž v semenech nižších pater je ho vždy více. Bylo zjištěno, že v semenech sóji s vyšším obsahem molybdenu (48 mg/kg) rostliny netrpí jeho nedostatkem ani na půdách špatně zásobených tímto prvkem (Koškin a kol. 2005).

Deficit molybdenu snižuje využití dusíku v rostlinách (hlavně NO_3^-), které potom žloutnou. Významné poruchy jako u brukvovitých rostlin (deformace listů, vyslepnutí srděček apod.) v důsledku nedostatku molybdenu nebyly u sóji pozorovány.

Mangan

Účastní se procesu dýchání rostlin, je součástí enzymu pyruvátkarboxylázy. Aktivuje enzymy, které se podílejí na metabolismu dusíku a syntéze chlorofylu a kontroluje oxidačně-redukční potenciál buňky (Jevdokimova et al. 2012). Kořeny i listy je přijímán jako Mn^{2+} . V rostlinách je špatně pohyblivý.

Při jeho deficitu mají listy světlezelenou až žlutou barvu (určitá analogie s virovou mozaikou, event. po poškození škůdci – např. po sání svilušky, Vaněk a kol. 2012), nervatura však zůstává zelená. Na listech se objevují nekrózy. Po silných deštích chloróza mladých listů může odeznít (Musienko, Ternavskij 1989).

Měď

Je součástí plastocyaninu (bílkovina přenášející elektrony), a enzymů cytochromoxidázy, superoxidodismutázy, fenoloxidázy a askorbát oxidázy (Vaněk a kol. 2012). Tím ovlivňuje celou řadu biochemických, hlavně oxidačně-redukčních a následně fyziologických procesů v rostlinách. Kořeny i listy je měď přijímána jako kationt Cu^{2+} . V rostlinách je dobře pohyblivá (přibližně jako zinek, avšak méně než dusík).

Deficit mědi brzdí růst a produktivitu sóji. Zřejmě v důsledku slabé lignifikace pletiv může nedostatečný příjem mědi způsobit i vadnutí, zasychání a neobvykle silné opadávání mladých listů bez předchozích příznaků chlorózy (Musienko, Ternavskij 1989).

Kobalt

Je kofaktorem řady enzymů, které se podílejí na syntéze nukleových kyselin, resp. na mechanismu aminokyselin (hlavně methioninu), bílkovin aj. Je nezbytný pro fixaci atmosférického dusíku pro nitrogenní, především hlízkové bakterie (pro tvorbu leghemoglobinu i další syntézy - Vaněk a kol. 2012). Proto je kobalt pro všechny bobovité rostliny (vč. sóji) nepostradatelný. Aplikace kobaltu zvyšuje nejen nodulaci, ale i aktivitu hlízkových bakterií a následně produktivitu rostlin.

Závěr

Z celé řady šetření vyplývá, že nejčastější poruchy v minerální výživě sóji způsobuje hlavně nedostatek fosforu a draslíku, často však i nižší pH půdy.

Charakterizované mikroelementy jsou z hlediska svého významu pro rostliny sóji nenahraditelné (esenciální) a jejich deficit vyvolává zmiňované poruchy fyziologických funkcí. Proto se s určitým nadsazením někdy nazývají „minerálními vitaminy“. Účinné jsou již při koncentracích 0,001 až 0,000001%, event. i nižších. Jejich přístupnost z půdy ovlivňují: pH, složení půdní organické hmoty, vlastnost sorpčního komplexu půdy a koncentrace anorganických látek v půdním roztoku (Michalík, Hanáčková 2011).

Nižší pH půdy příznivě působí na příjem Fe, Cu, Zn, Mn, Co a B a negativně ovlivňuje příjem Mo. Nadbytek Ca snižuje příjem Zn a Cu. Optimální podmínky pH pro příjem Fe jsou v rozmezí pH 5,0 – 6,5. V případě příjmu Fe se významně projevuje antagonismus iontů, hlavně Cu (při nižším pH - Michalík, Hanáčková 2011).

K toxicitě mikroelementů dochází při koncentracích, které převyšují v případě: B > 100 mg/kg, Mn > 500 mg/kg, Cu a Zn nad 300 mg/kg a Mo nad 20 mg/kg (Michalík 2005).

Použitá literatura

- BAUDYŠ E. a kol. (1959). Zemědělská fytopatologie, I., ČAZV v SZN Praha, 704 s.
- JEVDOKIMOVA T. V., KULIKOVA N. A., FILIPPOVA O. I. (2012). Dieta dlja rastěnij: sovremennyj vzgljad, agroch. obsl., Gavriš, No 2, s. 16-20
- KOŠKIN E. I. a kol. (2005). Častnaja fyziologija polevyh kultur, izd. „KolosS“, 343 s.
- MICHALÍK I. (2005). Základní aspekty výživy mikroelementy. In Agrochemia, IX., 45, s. 7-10
- MICHALÍK I., HANÁČKOVÁ E. (2011). Agrochémia, Univ. Sv. Cyrila a Metoda v Trnave, 182 s.
- MUSIENKO N. N., TERNAVSKIJ A. I. (1989). Korněvoje pitaniye rastěnij, „Vyšča škola“, Kijev, 199 s.
- RUBEŠ L. (1974). Vliv dusíku a molybdenu na výživu sóje (*Glycine max* L.) Merrill, Rostl. výr. 20, 11, s. 1123-1132
- ŠPAAR D., ELMER F., POSTNIKOV A. a kol. (2005). Zernobobovyje kultury, Minsk: FU Ainform, 264 s.
- VANĚK V. a kol. (2012). Výživa zahradních rostlin, Academia, Praha, 570 s.

Kontaktní adresa

Ing. Jaroslav Štranc, CSc., Katedra rostlinné výroby, FAPPZ - externí pracoviště Žatec, ČZU v Praze, E. Krásnohorské 2497, 438 01 Žatec, E-mail: stranc@af.czu.cz