

LISTOVÁ VÝŽIVA – VÝZNAMNÝ INTENZIFIKAČNÝ FAKTOR PRI PESTOVANÍ POĽNOHOSPODÁRSKÝCH PLODÍN

Ing. Ladislav Varga, PhD., Katedra agrochémie a výživy rastlín, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Schopnosť rastlín prijímať živiny nielen koreňmi, ale aj listami a ďalšími nadzemnými časťami preukázali mnohé výskumné práce už pred viac než sto rokmi. Už v druhej polovici 19. storočia Gris (1844), Mayer (1874) a Bohm (1877) potvrdili, že anorganické soli môžu do rastlín vstupovať aj listami. V súčasnej dobe je táto možnosť veľmi dobre dokumentovaná a využívaná i pri hnojení poľných a záhradných plodín.

Fyziologické aspekty listovej výživy

Po aplikácii roztoku živín prechádzajú jednotlivé ióny najprv pokožkou (epidermis), ktorá je pokrytá takmer nepriepustnou kutikulou. Kutikula je nebunkový viacvrstvový útvar, ktorý sa tvorí na vonkajšom povrchu bunkových stien pokožky. Jej povrch tvoria rôzne, často druhovo špecifické, hydrofóbne mastné kyseliny a vosky súhrne označované ako kutín. Pod ňou uložená kutínová vrstva obsahuje okrem kutínu a celulózoového skeletu i hydrofilné pektíny, a preto je priepustnejšia pre vodu. Špongiovitá štruktúra kutikuly umožňuje pomalý transport vody a v nej rozpustené živiny. Táto priepustnosť je väčšia pri zvýšení vlhkosti povrchu listu, kedy sa zvyšuje hydratácia a bobtnanie kutikuly. Najmä pektínové látky inkrustované v kutikule vytvárajú súvislé štruktúry s dobrou vodivosťou pre roztoky až k povrchom bunkových stien, ktorými voľne difundujú.

Pretože sa kutikula vyvíja po celú dobu rastu listu, je jej povrch hydrofilný u mladých, vyvíjajúcich sa listoch a naopak hydrofóbny u listov dospelých. Bolo dokázané, že kutikula má veľké množstvo ($10^{10}/\text{cm}^2$) pórov o veľkosti menšej než 1nm, ktoré sú priepustné pre vodu a malé molekuly.

Dôležitú súčasť pokožky tvoria prieduchy - stomatá umiestnené prevažne na spodnej strane listu v počte $100-200/\text{mm}^2$. Funkcia prieduchov pri prenikaní a vstupe látok aplikovaných vo vodnom roztoku je zatiaľ málo objasnená. Živiny prenikajú do listov prieduchmi, a to pomerne veľmi rýchlo. Napr. pomocou značkových prvkov sa zistilo, že už za 10 sekúnd preniknú do vnútra buniek mezofylu listu. Tento pasívny apoplastický transport je určitom mieste nahradený aktívnym vstupom do bunky cez plazmalému.

Predpokladá sa, že systém prenosu iónov cez membránu je podobný systému zaisťujúcim príjem iónov v koreni. Jedná sa o mechanizmy, ktoré sa zachovali od predkov dnešných suchozemských rastlín žijúcich pôvodne vo vode. Avšak konkrétne porovnanie prenášačových systémov a ich funkcií v liste a koreni doposiaľ chýba.

Hlavná funkcia listov nespočíva v prijímaní živín. Je to len ich pridružená funkcia. Hlavná funkcia listov je v asimilácii. Prieduchy tvoria zatváracé bunky, a to bunky na spodnej strane (adaxiálnej prevažne), alebo na vrchnej strane (abaxiálnej), prípadne na oboch stranách listov tzv. amfistomatické listy. Prieduchy spĺňajú pri rastlinách okrem prijímania živín najmä dve hlavné funkcie, a to výmenu plynov (prijímanie CO_2 zo vzduchu a odvádzanie O_2 a výdaj vody z rastliny v podobe vodných pár (transpirácia). Nás z hľadiska výživy zaujíma najmä asimilačná činnosť listov. List za spoluúčasti chlorofylov, svetelnej energie, oxidu uhličitého, vody a z koreňa privedených látok vytvára organické látky - asimiláty. Tieto listom vytvorené látky sa potom vodivým pletivom rozvádzajú do ostatných častí tela rastliny. Čím viac listov má rastlina, tým viac asimilátov sa vytvorí. Pravda, ide o charakter týchto asimilátov. Ak by sa v listoch tvorilo veľa látok, ktoré tvoria zasa len ďalšie asimilačné orgány (listy, stonky), nedosiahli by sme náš účel. Treba, aby sa pri asimilačnej činnosti produkovali aj také látky, ktoré dávajú základ pre vznik reprodukčných a zásobných orgánov. Dôležité je, aby bola medzi tvorbou asimilátov a výživou správna súhra. A to nielen medzi výživou jednotlivými prvkami, ale aj v aplikačnom čase dodávania týchto prvkov - výživných látok. Keby sme napríklad vyživovali rastliny najmä prvkami, ktoré podporujú rast (dusíkom a pod.), nadmerne by rástli a mohutneli práve vegetatívne časti rastliny, no málo by sa vyvíjali generatívne a zásobné orgány. Keby sme zasa podporovali určitými živinami len vývin generatívnych a zásobných orgánov, nemali by sa tieto orgány z čoho vyživovať (nedostatok listov) a aj pri prudkom začiatočnom vývine by museli neskôr zakrpatieť alebo odumrieť.

Preto pri každom hnojení - pri každej výžive treba pamätať na zachovanie súladu medzi týmito funkciami jednotlivých orgánov rastlín. Aby však boli tieto živiny dostatočne účinné, je potrebná vhodná vlhkosť. Roztok solí na povrchu listov totiž rýchle zasychá a potom sa živiny prijímajú veľmi pomaly. Až po ich rozpustení (napr. rosou) môžu ich listy znova prijať. Rovnako aj pri nižšej teplote prijímajú listy živiny lepšie ako pri vyššej teplote ovzdušia. Tento poznatok sa využíva pri mimokoreňovej výžive rastlín.

Mimokoreňová výživa rastlín, ako z uvedeného vyplýva, je najracionálnejšia a najlepšie využiteľná pri optimálnej teplote (pri minimálnej transpirácii) a vyššej relatívnej vzdušnej vlhkosti.

Využitie listovej výživy

Praktického uplatnenia sa listová výživa dočkala až v posledných niekoľkých desaťročiach vďaka rozvoju postrekovacej techniky používanej v ochrane rastlín. Za pomerne krátku dobu však táto forma výživy zaznamenala veľmi rýchly rozvoj a v posledných rokoch sa stáva štandardnou súčasťou väčšiny pestovateľských technológií.

V súčasnej dobe je na rastlinnú výrobu neustále stupňovaný tlak najmä v oblasti zvýšenia kvality produkcie. Táto skutočnosť vyžaduje nové prístupy v spôsobe výživy rastlín. Pre dosiahnutie požadovanej kvality produkcie je potrebné okrem základného hnojenia dodať účinné živiny i v priebehu vegetácie. Jedným z možných a v súčasnosti zrejme najviac využívaných spôsobov prihnojovania je aplikácia živín mimokoreňovou – listovou výživou.

Hnojivami určenými na listovú výživu možno progresívnejšie optimalizovať výživu rastlín. Ich aplikáciou s obsahom nielen základných makrobiogénnych prvkov (N, P, K, Mg, Ca a S), ale i mikroelementov a rôznych stimulačných látok, možno dosiahnuť efektívnejšie zhodnotenie makroživín, vyššiu kvalitu produktov, zníženie obsahu nitrátov, zvýšenú biosyntézu dusíkatých látok a pod.

Z makroelementov sa pri listovej výžive najviac uplatňuje dusík. K osvedčeným a veľmi často používaným listovým hnojivám patrí roztok močoviny. Podľa viacerých zdrojov možno za približne rovnako účinné považovať i roztoky močoviny s dusičnanom amónnym (DAM 390) a samostatne aplikovaný roztok dusičnanu vápenatého, ktorý je zároveň významným zdrojom vápnika. V prijímaní P a K úloha listov nie je rovnocenná s koreňmi, pretože listy sú pasívnejšie pri odovzdávaní P a K do iných orgánov rastliny. Vzhľadom k pomalému prenikaniu fosforu do listu je používanie fosforu v listovej výžive obmedzené, za najvhodnejšiu formu je považovaný dihydrogénfosforečnan amónny. Foliárne aplikovaný draslík je lepšie prijímaný z organických solí. Príjem draslíka z anorganických solí je silne závislý na rýchlosti jeho transportu z listu, nie je ovplyvnený sprievodným aniónom (K_2SO_4, KNO_3), ani spoločnou aplikáciou s močovinou. Príjem katiónov z hygroskopických zlúčenín je spravidla účinitejší. Platí to napríklad pre zinok, jeho príjem zo $Zn(NO_3)_2$ je dvojnásobný v porovnaní zo $ZnSO_4$. Podobne príjem horčíka z $MgCl_2$ prebieha už pri 30% relatívnej vlhkosti, zatiaľ čo použitie $MgSO_4$ vyžaduje 80% vzdušnú vlhkosť.

Všeobecne je známa skutočnosť, že použitím listových hnojív nemožno riešiť dlhodobé nedostatky vo výžive rastlín. Foliárna výživa nemôže nahradiť výživu rastliny z pôdy cez koreňovú sústavu. Ani intenzívnym listovým hnojením v 14-dňových intervaloch alebo v 7-dňových intervaloch nemožno pokryť plnú potrebu živín, pretože v listových hnojivách je koncentrácia nízka, a preto v žiadnom prípade nemožno aplikáciu listových hnojív považovať za náhradu základného hnojenia do pôdy. V praxi má listová výživa význam ako účinné doplnkové opatrenie v systéme hnojenia, alebo presnejšie, ako efektívna forma zvyšovania úrovne výživy rastlín počas vegetácie.

O potrebe listovej výživy sa rozhodujeme na základe chemických analýz listov a tiež na základe vizuálnych príznakov deficitu živín. Vizuálne symptómy nedostatku vznikajú až pri dlhobojšom deficite, zatiaľ čo chemickými analýzami možno zistiť už ich začínajúci nedostatok.

Aby sa živiny dostali do systému rastlín, musia prejsť cez prieduchy, alebo cez kryciu vrstvu listu. Prienik rozpustných látok cez kutikulu do listov je tým intenzívnejší, čím dlhšie a rovnomernejšie je povrch listov pokrytý vodným filmom. Rýchlosť vysychania filmu závisí od teploty, vlhkosti vzduchu, rýchlosti jeho prúdenia, a pod. Postriekaný list zasychá v priebehu 15-45 min, pričom za tento čas stačí do listu z roztoku preniknúť len asi 1/5 až 1/3 živín, zvyšok živín, ktoré zaschli na povrchu a vytvorili usadeninu môžu opätovne preniknúť cez kutikulu až po opätovnom rozpustení, napr. účinkom rosy. Rýchlosť príjmu živín cez listy je uvedená v tab. 1.

Rýchlosť príjmu vybraných živín pri ich listovej aplikácii

Tabuľka 1

Živina	Čas potrebný na dosiahnutie 50 % príjmu foliárne aplikovanej živiny
Dusík	0,5 až 4 hodiny
Fosfor	1 až 10 dní
Draslík	1 až 3 dni
Vápnik	1až 4dni
Horčík	2 až 5 hodín
Síra	7až 8 dní
Železo, molybdén	10 až 20 dní
Mangán	asi 2 dni
Zinok	asi 1 deň

Hlavné prednosti používania hnojív na listovú výživu spočívajú v ich rovnomernejšej aplikácii a v použití menších dávok živín (najmä mikroelementov) v porovnaní s pôdnou aplikáciou ako i v uplatnení výživy cez list počas vegetácie. Foliárna aplikácia hnojív umožňuje rýchlejšie využitie živín v porovnaní s ich aplikáciou cez pôdu a korigovanie ich deficiencie. Ďalšou výhodou listovej aplikácie hnojív je možnosť ich miešania a prípravy viaczložkových hnojív s určitou skladbou živín, prípadne sa dajú súčasne využiť ako nosné médium herbicídov a aj rastových stimulátorov.

Ďalšie výhody aplikácie hnojív na list spočívajú v :

- možnosti ich aplikácie aj v suchších obdobiach, keď je príjem živín z pôdy sťažený a tiež v období intenzívneho rastu plodín
- možnosti použitia u plodín, ktoré majú kratšiu vegetačnú dobu, podliehajú viac nástrahám počasia, aj u plodín so slabým koreňovým systémom
- možnosť ich aplikácie aj letecky, čo sa môže využiť pri prihnojovaní zapojených alebo vyšších porastov
- spájanie vstupov na pozemok, čím sa znižuje poškodzovanie porastu a pôdných vlastností najmä za daždivých podmienok
- možnosti podpory regenerácie porastov na jar a porastov prehnojených niektorou živinou
- možnosti použitia hnojív aj pri pestovaní plodín na zasolených pôdach a na málo prevzdušnených pôdach, kde je obmedzená mikrobiálna činnosť a uvoľňovanie živín z pôdnej zásoby
- urýchlenie distribúcie živín v rastline
- zníženie pracnosti pri manipuláciách a aplikáciách a vo zvýšení hygieny práce

Najvýhodnejším spôsobom hnojenia mikroelementmi je ich aplikácia na list. Výhodou takejto aplikácie je:

- väčšia istota účinku hlavne pri nedostatku informácií o obsahu mikroelementov v pôde
- nižšie náklady na hnojivá, pretože pri ich aplikáciách do pôdy je potrebné zvýšiť potrebnú dávku hnojív viacnásobne
- že nedochádza ku kontaminácii pôdy ťažkými kovmi
- saturácia mikroživín pri odrodách s vysokým úrodotvorným potenciálom pestovaných pri vysokých dávkach NPK

Medzi nevýhody foliárnej – listovej aplikácie hnojív patrí, že niektoré hnojivá opotrebovávajú aplikačnú techniku, môžu upchávať dýzy a podobne. Požadovaná nízka koncentrácia živín v aplikačnej dávke má určité obmedzenia týkajúce sa množstva dodaných živín. Pri aplikácií za nevhodných podmienok a pri nesprávnej koncentracii hnojiva môže dôjsť k poškodeniu porastu. V prípade výskytu poaplikačných zrážok sa môže aplikované hnojivo zmyť z povrchu listov a tým sa znižuje ich účinok a zvyšujú sa náklady na pestovanie plodín.

Pravidlá pre doplnenie živín listovou výživou sú nasledovné. Hlavným pravidlom je sústrediť sa na živiny, ktoré sú v deficite. Druhým dôležitým bodom je otázka vhodného termínu aplikácie. S ohľadom na rôzne termíny aplikácie a rôzne nároky rastlín v rôznych podmienkach je potrebné využívať možnosti, ktoré rešpektujú špecifické výživárske a fyziologické potreby rastlín. Hnojiva pre jesenné ošetrovanie ozimín by mali obsahovať najmä P, Mg a S. Zároveň by aplikované hnojivá pred ukončením vegetácie mali mať fyziologicky pozvoľné pôsobenie, aby nedochádzalo k zriedeniu bunkových štiav pred príchodom neskorých mrazov a nezhoršovala sa mrazuvzdornosť rastlín. Hnojivá pre jarnú regeneráciu porastov by naopak mali byť vo fyziologickom účinku razantnejšie a mali by obsahovať rýchlo priateľné formy N, S, Mg a niektorých mikroprvkov ako sú B a Zn.

Na listovú výživu sa v najväčšej miere využívali hlavne kvapalné hnojivá s rozmanitým zastúpením jednotlivých živín, sortiment kvapalných hnojív ponúkaných na trhu je veľký. V posledných rokoch okrem využívania kvapalných hnojív predstavujú perspektívny trend v listovej výžive poľných a záhradníckych plodín vodorozpustné hnojivá, vyznačujúce sa vysokou čistotou, nízkym obsahom balastných látok, so zastúpením makroelementov a dôležitých mikroelementov a veľmi rýchlou rozpustnosťou. Novinkou v oblasti listovej výživy sú gélové hnojivá, ktoré svojim komplexným zložením makrobiogénnych a mikrobiogénnych prvkov spolu s rastovým stimulátorom s výrazným vplyvom na intenzitu fotosyntézy (tzv. ozeleňovacím efektom), budú v budúcnosti predstavovať vážnu konkurenciu klasickým kvapalným listovým hnojivám.