# Aminokyselina cystin v půdě

CYSTINE AMINO ACID IN SOIL

Jindřich Figala, Pavel Formánek, Klement Rejšek, Valerie Vranová – Mendelova univerzita v Brně

Je už dlouho známo, že aminokyseliny mohou být přijímány rostlinami přímo, bez předcházející mineralizace (1), ale tomuto faktu nebyl přičítán ekologický význam. Pozdější výzkum v alpinských, arktických a boreálních oblastech prokázal nízkou dostupnost minerálního dusíku a zdůraznil roli aminokyselin ve výživě rostlin (2, 3, 4, 5). Tato role aminokyselin byla zkoumána různými metodami včetně výzkumu dostupnosti aminokyselin v půdě ve vztahu k množství minerálního dusíku a preference rostlinných druhů pro příjem určitých forem dusíku. Nejpokročilejší metody použité pro hodnocení přímého příjmu aminokyselin jsou založeny na izotopovém značení aminokyselin, a to jednoduchém ($^{13}C$ nebo $^{14}C$), případně dvojitém ($^{13}C$ a $^{15}N$) (např. 6, 7, 8), kde takto značené aminokyseliny byly injekčně vpraveny do půdy. Owen a Jones (7) prokázali, že kořeny rostlin jsou schopny v podmínkách dostatečného přísunu minerálního N přijmout přibližně 6 % těchto aminokyselin, zbytek je pohlcen mikrobiální biomasou. Použití technik izotopového značení s sebou tedy nese určitá rizika, jak upozorňují např. Rasmussen a Kuzyakov (9) a Näsholm et al. (10), vzhledem k možnosti „degradace“ aminokyselin na $^{15}NH_4^+$, $^{13}CO_2$ a $^{13}HCO_3^-$ před jejich vlastním příjmem rostlinami, a také k transformaci přijatých aminokyselin na formy neodpovídající aplikovaným aminokyselinám. Rasmussen et al. (11) potvrdili nevýhodnost těchto metod svou studií trojitého izotopového značení aminokyselin, neboť podstatná část takto značených aminokyselin byla mineralizována na anorganické sloučeniny ještě než došlo k jejich absorbci a následně byly tyto sloučeniny uvolněny do okolního prostředí.

„Volné“ aminokyseliny jsou z půdy extrahovány různými metodami a obvykle se v těchto extraktech zjišťují proteinogenní aminokyseliny. Diaminokyselina cystin mnohokrát nebyla do těchto analýz zahrnuta (11–17).

Z hlediska chemického složení je cystin sirnou obdobou serinu, s aminokyselinou cysteinem tvoří reverzibilní redoxysystém. Cystin poměrně snadno dehydrogenuje, může vznikat z cysteinu už pouhou oxidací svého vodného roztoku vzdušným kyslíkem, zpětnou redukcí cystin opět přechází na cystein (18).

Cirkulace volného $^{14}C$-cystinu dodaného do půdy byla poprvé zkoumána Monrealem a McGillem (19). Johnson a Pregitzer (20) zmínili přítomnost „volného“ cystinu v půdě jakožto nedominantní aminokyseliny. Některé studie poukazují na cystin jako možná jednu z nejvíce se vyskytujících „volných“ aminokyselin v půdě (20–22). Formánek et al. (23) prokázali výskyt cystinu v koncentracích od 1,4 po 6,27 $\mu g.g^{-1}$ suché půdy z lesů nebo horských luk, extrahované pomocí 0,5M roztoku octanu amonného. V současnosti existuje pouze nemnoho studií o výskytu „volných“ D-aminokyselin v půdě (23, 24). Zastoupení „volného“ D-cystinu v půdě a jeho koncentrace v poměru s jeho L-enantiomerem ještě nebylo prozkoumáno.

Příjem aminokyselin rostlinami byl testován pro celou škálu aminokyselin včetně glycinu, serinu, argininu, fenylalaninu, kyseliny asparagové, alaninu, kyseliny glutamové a glutaminu, prolinu, valinu, leucinu, isoleucinu, methioninu, threoninu, lysinu a tyrosinu (25–32 a další). Zatím není k dispozici jediná studie zabývající se přímo příjmem cystinu. Kinetika příjmu aminokyselin půdními mikroorganismy byla zkoumána v případě některých aminokyselin, jako např. glycin, kyselina glutamová a lysin (např. 33–36).

Cystin může být jednou z dominantních „volných“ půdních aminokyselin v některých terestrických ekosystémech, a přesto byl jeho potenciální význam dlouho přehlížen. Přínos cystinu k zásobě „volných“ aminokyselin v půdě a kinetiku jeho přímého příjmu rostlinami je nutno testovat a doplnit tak poznání o organickém dusíku a jeho významu pro fungování ekosystému.

## Souhrn

Biologicky přijatelné („volné“) aminokyseliny v půdě jsou předmětem zkoumání již několik desetiletí a jejich výzkum je zaměřen na objasnění jejich důležitosti v přímé výživě rostlin. Tato problematika byla zkoumána různými metodami, jmenovitě příjem „volných“ aminokyselin v paralele k dostupnosti minerálního dusíku, preference příjmu různých forem dusíku rostlinami, konkurence mezi rostlinami a mikroorganismy a stanovení podílu aminokyselin přímo přijímaných rostlinami při využití jednoduchého ($^{13}C$ nebo $^{14}C$) nebo dvojitého ($^{13}C$ a $^{15}N$) izotopového značení. Diaminokyselina cystin se vyskytuje v půdě v relativně vysokých koncentracích, avšak dosud nebyla v těchto studiích popsána a ucelený přehled přímého příjmu cystinu rostlinami dosud chybí. Pro lepší pochopení role aminokyselin v přímé výživě rostlin doporučujeme zahrnout cystin do těchto výzkumů.

**Klíčová slova:** cystin, půda, aminokyselina, výživa rostlin, příjem živin.

## Literatura

1. Virtanen, A. I.; Linkola, H.: Organic nitrogen compounds as nitrogen nutrition for higher plants. *Nature*, 158, 1946, s. 515.
2. Rehder, H.; Shafer, A.: Nutrient turnover studies in alpine ecosystems. IV. Communities of the Central Alps and comparitive survey. *Oecologia*, 34, 1978, s. 309–327.
3. Chapin III, F. S.; Moilanen, L.; Kielland, K.: Preferential use of organic nitrogen for growth by a non-mycorrhizal arctic sedge. *Nature*, 361, 1993, s. 150–153.
4. Fisk, M. C.; Schmidt, S. K.: Nitrogen mineralization and microbial biomass nitrogen dynamics in three alpine tundra communities. *Soil Sci. Society of America J.*, 59, 1995, s. 1036–1043.

5. Kaye, J. P.; Hart, S. C.: Competition for nitrogen between plants and microorganisms. *Trends in Ecol. and Evolution*, 12, 1997, s. 139–143.
6. Näsholm, T. et al.: Boreal forest plants take up organic nitrogen. *Nature*, 392, 1998, s. 914–916.
7. Owen, A. G.; Jones, D. L.: Competition for amino acids between wheat roots and rhizosphere microorganisms and the role of amino acids in plant N acquisition. *Soil Biol. Biochem.*, 33, 2001 s. 651–657.
8. Ge, T. et al.: Amino acids as a nitrogen source for tomato seedlings: The use of dual-labeled ($^{13}C$, $^{15}N$) glycine to test for direct uptake by tomato seedlings. *Environ. Experiment. Botany*, 66, 2009, s. 357–361.
9. Rasmussen, J.; Kuzyakov, Y.: Carbon isotopes as proof for plant uptake of organic nitrogen: relevance of inorganic carbon uptake. *Soil Biol. Biochem.*, 41, 2009, s. 1586–1587.
10. Näsholm, T. et al.: Carbon isotopes as proof for plant uptake of organic nitrogen: Relevance of inorganic carbon uptake: Replay to Rasmussen and Kuzyakov. *Soil Biol. Biochem.*, 41, 2009, s. 1588–1589.
11. Rasmussen, J. et al.: Plant uptake of dual-labeled organic N biased by inorganic C uptake: Results of a triple labeling study. *Soil Biol. Biochem.*, 42, 2010, s. 524–52.
12. Németh, K.: The availability of nutrients in the soil as determined by electron-ultrafiltration (EUF). *Advances in Agronomy*, 31, 1979, s. 155–188.
13. Abuarghub, S. M.; Read, D. J.: The biology of mycorrhiza in the *Ericaceae* XII. Quantitative analysis of individual "free" amino acids in relation to time and depth in the soil profile. *New Phytologist*, 108, 1988, s. 433–441.
14. Kielland, K.: Landscape pattern of free amino acids in arctic tundra soils. *Biogeochemistry*, 31, 1995, s. 85–98.
15. Yu, Z. et al.: Contribution of amino compounds to dissolved organic nitrogen in forest soils. *Biogeochemistry*, 61, 2002, s. 173–198.
16. Hertenberger, G.; Zampach, P.; Bachmann, G.: Plant species affect the concentration of free sugars and free amino acids in different types of soil. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 165, 2002, s. 557–565.
17. Warren, C. R.: Rapid and sensitive quantification of amino acids in soil extracts by capillary electrophoresis with laser-induced fluorescence. *Soil Biol. Biochem.*, 40, 2008, s. 916–923.
18. Lukeš, R. et al.: *Organická chemie II.* Praha: Nakladatelství ČSAV, 1962, s. 479–479.
19. Monreal, C. M.; McGill, W. B.: Kinetic analysis of cystine cycling through the solution of a Gray Luvisol and an Andept soil. *Soil Biol. Biochem.*, 21, 1989, s. 671–679.
20. Johnson, R. M.; Pregitzer, K. S.: Concentration of sugars, phenolic acids, and amino acids in forest soils exposed to elevated atmospheric $CO_2$ and $O_3$. *Soil Biol. Biochem.*, 39, 2007, s. 3159–3166.
21. Monreal, C. M.; McGill, W. B.: Centrifugal extraction and determination of free amino acids in soil solutions by TLC using tritiated 1-fluoro-2.4-dinitrobenzene. *Soil Biol. Biochem.*, 17, 1985, s. 533–539.
22. Formanek, P.; Klejdus, B.; Vranova, V.: Bio-available amino acids extraction from soil by demineralized water and 0.5 M ammonium acetate. *Amino Acids*, 28, 2005, 427–429.
23. Formanek, P. et al.: Selected diamino acids in soils of differently managed mountain meadow and forest ecosystems: Assessment of their role in the ecosystem nutrition. In Schäfer, H. A.; Wohlbier, L. M. (Eds.): *Diamino Amino Acids.* New York: Nova Science Publishers, Inc., 2008. s. 182–218.
24. Kunnas, A. V.; Jauhiainen T. P.: Separation and identification of free amino acid enantiomers in peat by capillary gas chromatography. *J. Chromatogr.*, A 628, 1993, s. 269–273.
25. Brückner, H.; Wasthauser, T.: Chromatographic determination of L- and D- amino acids in plants. *Amino Acids*, 24, 2003, s. 43–55.
26. Schobert, C.; Komor, E.: Amino acid uptake by *Ricinus communis* roots: characterization and physiological significance. *Plant Cell Environ.*, 10, 1987, s. 493–500.
27. Persson, J.; Näsholm, T.: Amino acid uptake: a widespread ability among boreal forest plants. *Ecol. Letters*, 4, 2001, s. 434–438.
28. Finzi, A. C.; Berthrong, S. T.: The uptake of amino acids by microbes and trees in three cold-temperate forests. *Ecology*, 86, 2005, s. 3345–3353.
29. Weigelt, A.; Bol, R.; Bardgett, R. D.: Preferential uptake of soil nitrogen forms by grassland species. *Oecologia*, 142, 2005, s. 627–635.
30. Kielland, K.; McFarland, J.; Olson, K.: Amino acid uptake in deciduous and coniferous taiga ecosystems. *Plant Soil*, 288, 2006, s. 297–307.
31. Miller, A. E.; Bowman, W.; Suding, K. N.: Plant uptake of inorganic and organic nitrogen: neighbor identity matters. *Ecology*, 88, 2007, s. 1832–1840.
32. Reeve, J. R. et al.: Soil-based cycling and differential uptake of amino acids by three species of strawberry (*Fragaria* spp.) plants. *Soil Biol. Biochem.*, 40, 2008, s. 2547–2552.
33. Jämtgård, S.; Näsholm, T.; Huss-Danell, K.: Characteristics of amino acids uptake in barley. *Plant Soil*, 302, 2008, s. 221–231.
34. Jones, D. L.; Hodge, A.: Biodegradation kinetics and sorption reactions of three differently charged amino acids in soil and their effects on plant organic nitrogen availability. *Soil Biol. Biochem.*, 31, 1999, s. 1331–1342.
35. Vinolas, L. C.; Vallejo, V. R.; Jones, D. J.: Control of amino acid mineralization and microbial metabolism by temperature. *Soil Biol. Biochem.*, 33, 2001a, s. 1137–1140.
36. Vinolas, L. C.; Healey, J. R.; Jones, D. L.: Kinetics of soil microbial uptake of free amino acids. *Biol. Fertil. Soil*, 33, 2001b, s. 67–74.
37. Jones, D. L.; Kielland, K.: Soil amino acid turnover dominates the nitrogen flux in permafrost-dominated taiga forest soils. *Soil Biol. Biochem.*, 34, 2002, s. 209–219.


## Figala J., Formánek P., Rejšek K., Vranová V.: Cystine Amino Acid in Soil


Soil "free" amino acids have been studied for a number of decades, and research has focused on elucidating their importance in the direct plant nutrition. Different approaches are considered here including "free" amino acids *versus* mineral nitrogen availability, plant preference for N-forms, competition between plants and microorganisms and the proportion of amino acids taken up directly by plants utilizing single- ($^{13}C$ or $^{14}C$) or dual-labeling ($^{13}C$ and $^{15}N$). The diamino amino acid, cystine, is found in relatively high concentrations in soil, but has not been included into these studies and knowledge on the ability of plants to directly uptake cystine is currently missing. For a better understanding of the role of amino acids in direct plant nutrition we suggest including cystine into these studies.



**Key words:** cystine, soil, amino acid, plant nutrition, uptake.

*This text was created within the framework of the Grants TA02020867.*


## Kontaktní adresa – Contact address:


doc. Ing. Valerie Vranová, Ph. D., Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ustav geologie a pedologie, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Česká republika, e-mail: vranova@mendelu.cz