

ZNAČAJ PRAVILNE ISHRANE KRMNIH LEGUMINOZA FOSFOROM NA KISELIM ZEMLJIŠTIMA

Dalibor Tomić¹, Vladeta Stevović¹, Dragan Đurović¹, Milomirka Madić¹, Miloš Marijanović¹, Aleksandar Simić², Jasmina Knežević³

Izvod: U Republici Srbiji kisela zemljišta obuhvataju oko 60% ukupnih obradivih površina. Na takvim zemljištima, veliki broj mikro i makro elemenata su teško dostupni biljkama. Dovoljna obezbeđenost leguminoznih biljaka fosforom je veoma značajna za procese njihovog rasta i razvića, nodulacije i azotofiksacije. Cilj ovog rada je bio da se analizira značaj pravilne ishrane leguminoznih biljaka fosforom na kiselim zemljištima i da se ukaže na probleme koji u takvim uslovima postoje, kao i na moguće načine njihovog rešavanja.

Ključne reči: fosfor, kisela zemljišta, leguminoze

Uvod

Fosfor je važan makroelement koji čini oko 0,2% suve mase biljke. Komponenta je biološki aktivnih molekula kao što su nukleinske kiseline, fosfolipidi i šećer-fosfatni intermedijari disanja i fotosinteze. Fosfor je konstitutivni element najvažnijih makromolekulskih i fiziološki aktivnih jedinjenja u biljci, kao što su ADP i ATP. On je i sastavni deo metabolizma važnih bioloških procesa uključujući i fotosintezu, disanje, membranski transport. Fosfor ma važnu ulogu u organogenezi, naročito razvoju generativnih organa. Neophodan je za ćelijsku deobu, razvoj meristemskih tkiva i ima stimulatívno dejstvo na razvoj i povećanje broja cvetnih pupoljaka i plodova. Fotosintetska aktivnost i efikasnost stominog aparata su smanjeni usled nedostatka fosfora. Fosfor je važan element u procesima fiksacije N višegodišnjih leguminoza. U skladu sa tim, jedna od prepreka za normalan rast i razvoj biljaka iz porodice *Fabaceae* takođe predstavlja nedostatak pristupačnog fosfora.

U Republici Srbiji, na oko 60% obradivih površina su zastupljena kisela zemljišta. Kisela zemljišta se odlikuju visokim prisustvom lako pristupačnih formi aluminijuma, gvožđa i mangana i smanjenim sadržajem lako pristupačnog fosfora, kalcijuma i molibdena. Cilj rada je bio da se analizira značaj pravilne ishrane leguminoznih biljaka fosforom na kiselim zemljištima i da se ukaže na probleme koji u takvim uslovima postoje, kako bi se agrotehničkim merama negativni uticaji smanjili na minimum i povećali prinosi biljaka.

¹Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, Čačak, Srbija (dalibort@kg.ac.rs);

²Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, Zemun, Beograd, Srbija;

³Univerzitet u Prištini, Poljoprivredni fakultet, Kopaonička bb, 38219, Lešak, Srbija.

Značaj fosfora kod krmnih leguminoza

Nizak nivo fosfora u zemljištu prepreka je za normalan rast i razvoj biljaka iz porodice *Fabaceae*. Dobra obezbeđenost leguminoznih biljaka fosforom je važna za proces azotifikacije, bilo direktno (Cassman et al., 1980.) ili indirektno (Yahiya, 1995.). Fosfor utiče na povećanje broja nodula po biljci i količine fiksiranog azota po biljci kod mediteranske deteline (Robson, 1981.), graška (Jakobsen, 1985.), soje (Argaw, 2012.), vigne (Linu et al., 2009.), na pojačanu aktivnost nitrogenaze (Høgh-Jensen and Schjoerring, 2002.) i bolju mikorizu korena (Merryweather and Fitter, 1996.), a time i jači porast korena i nadzemnog dela leguminoznih biljaka. Fosfor primenjen preko zemljišta pozitivno je uticao na broj nodula po biljci, sadržaj suve materije u nodulama i specifičnu nitrogenaznu aktivnost kod crvene deteline (Hellsten and Danell, 2000.). Autori ukazuju da je fosfor imao veći direktan uticaj na N₂-fiksaciju, u odnosu na indirektan uticaj preko povećanog rasta biljaka.

Đubrenje goveđe deteline (*Medicago polymorpha* L.) fosforom je uticalo na značajno povećanje prinosa zrna, zahvaljujući povećanju broja mahuna po biljci (Muir et al., 2001.). Adekvatna snabdevenost biljaka aleksandrijske deteline (*Trifolium alexandrinum* L.) fosforom je uticala na povećanje mase izdanaka i korena, dužine korena i akumulacije fosfora u korenu i stablu biljaka (Nadian et al., 2005.). Prema Yoneyama et al. (2012) nedostatak fosfora je negativno uticao na rast izdanaka, prinos nadzemne mase biljaka i broj listova leguminoznih biljaka, a pozitivno na rast korena i njegovo izduživanje.

Đubrenje soje sa fosforom je uticalo na značajno povećanje broja grana po biljci, mase hiljadu zrna, broja mahuna po biljci, broja semena po mahuni i prinosa semena (Xiang et al., 2012.). Prema Aise et al. (2011.) adekvatna ishrana soje fosforom je uticala na povećanje lisne površine, fotosintetske aktivnosti, asimilacije organskih materija, sadržaja fosfora u izdancima, suve mase izdanaka, mase hiljadu zrna, broja mahuna po biljci i prinosa semena. Lewis and Hawthorne (1996.) navode da prinos boba (*Vicia faba*) u velikoj meri zavisi od snabdevenosti biljaka fosforom.

Adekvatna ishrana fosforom je uticala na značajno povećanje neto površine listova, sadržaja hlorofila, fotosinteze, kao i na bolji metabolizam azota kod klaster pasulja (*Cyamopsis tetragonoloba* Taub.), što je dovelo do značajnog povećanja rasta biljaka i prinosa semena u sušnim uslovima (Burman et al., 2004.). Prema Singh et al. (1997.), đubrenje fosforom doprinosi povećanju tolerantnosti krmnih leguminoza prema suši. Nedostatak fosfora u ranoj fazi razvoja biljaka je uticao na odlaganje cvetanja mediteranske deteline (*Trifolium subterraneum* L.) (Rossiter, 1978.) i lupine (Ma et al., 1997.).

Usvajanje fosfora na kiselim zemljištima

Ukupna dinamika fosfora u sistemu biljka-zemljište je funkcija integralnog uticaja transformacije fosfora, njegove pristupačnosti za biljku, vezivanja za zemljište rizosfere i biljnih procesa (Turner et al., 2002.). Na kiselim zemljištima usvajanje fosfora je otežano, jer je on vezan u teško rastvorljivim jedinjenjima. Takođe, mala

difuzija fosfora u zemljištu ograničava njegovu dostupnost u rizosferi (Raghothama and Karthikeyan, 2005.). Fosfora đubriva su mobilna u obliku ortofosfata, ali se 80% primenjene količine fosfornih đubriva brzo imobilize u druge oblike. To uglavnom rezultira njegovom akumulacijom u zemljištu u oblicima koji su teško dostupni biljkama ili je to tzv. "nepristupačan" fosfor. Vremenom dolazi do njegovog gubljenja putem ispiranja ili preko površinskih voda. Na taj način dolazi do zagađenja životne sredine, naročito vode (Jianbo, 2011.).

Prema Furihata et al. (1992.) kod viših biljaka, najveća stopa usvajanja fosfora je pri pH vrednosti zemljišta između 5 i 6 kada se on nalazi uglavnom u obliku $H_2PO_4^-$. U kiselijim zemljištima fosfor može biti dominantno adsorbovan na aluminijum i gvožđe oksidima i hidroksidima. Sa povećanjem pH vrednosti, rastvorljivost gvožđe i aluminijum fosfata raste, ali rastvorljivost kalcijum fosfata opada (Hinsinger, 2009.). Prema Osztóics et al. (2006.) đubrenje kiselog zemljišta fosforom je uticalo na značajno povećanje prinosa krme crvene deteline, ali je veći efekat postignut na glinovitim u odnosu na peskovita zemljišta. Prema Ribera et al. (2010.), pri đubrenju crvene deteline fosforom na kiselom zemljištu, utvđena je značajna pozitivna korelacija između pH vrednosti zemljišta i pristupačne količine fosfora, kao i između količine dostupnog fosfora u zemljištu i njegovog sadržaja u izdancima. Međutim, dostupnost fosfora nije značajno zavisila od kalcizacije zemljišta kao ni prinos krme crvene deteline. Prinos krme crvene deteline je povećan sa povećanjem količine primenjenog fosfora na varijanti sa i bez kalcizacije. Dostupnost molibdena za crvenu detelinu povećava sa đubrenjem fosforom (López et al., 2007.).

Za fosfor je karakteristična niska rastvorljivost i mobilnost u zemljištu kao i visoka fiksacija od strane matičnog tla (Jianbo, 2011.). U biljci je fosfor mobilan, tako da mladi listovi i generativni organi mogu biti obezbeđeni fosforom koji je dostupan u starijim biljnim tkivima (Crozier et al., 2004.).

Alternativni načini snabdevanja leguminoznih biljaka fosforom

Veći broj studija ukazuje da je folijarna primena fosfora dobar način da se biljke obezbede dovoljnom količinom fosfora potrebnom za rast i razvoj (Noack, 2011.; Tomić i sar., 2020.). Prema Koontz and Biddulph (1957.) folijarna primena fosfora je najbolji način za ishranu pasulja. Količina translociranog fosfora u roku od 24 sata nakon folijarnog tretmana zavisi od lisne površine i koncentracije fosfora na površini tretiranih listova. Više fosfora je bilo translocirano sa donjih starijih listova u odnosu na mlađe gornje listove. Veoma mladi listovi nisu usvajali fosfor. Količina dopremljenog fosfora do korena zavisila je od udaljenosti listova. Najjače usvajanje fosfora je bilo u vidu NaH_2PO_4 , znatno veće u odnosu na $K_2HPO_4 > K_3PO_4 = Na_2HPO_4 = NH_4H_2PO_4 = (NH_4)_2HPO_4 > H_3PO_4 > KH_2PO_4 = Na_3PO_4$. Translokacija fosfora je zavisila i od brzine sušenja na površini lista.

U prirodi postoji ogromna genetička varijacija biljaka u pogledu efikasnosti usvajanja fosfora. Zbog toga se danas razvijaju strategije kao što su prirodna selekcija biljaka na bolje usvajanje fosfora iz zemljišta, genetički inženjering (kojim se uvode

geni koji poboljšavaju usvajanje fosfora) i primena inokulacije korena biljaka sojevima mikroorganizama za bolje iskorišćavanje fosfora (Ramaekers et al., 2010.).

Zaključak

Obezbeđenost leguminoznih biljaka fosforom je važna za procese nodulacije i azotofiksacije. Đubrenje leguminoza fosforom utiče na povećanje broja grana po biljci, broja mahuna po biljci, broja zrna po mahuni, broja cvetova po biljci i mase hiljadu zrna. Fosfor je veoma važan element za proces fotosinteze, pozitivno utiče na sadržaj hlorofila, povećanje broja listova i lisne površine kod leguminoza. Zahvaljujući tome, pravilna ishrana fosforom dovodi do povećanja prinosa krme i semena leguminoznih biljaka.

Previše kisela kao i previše bazna reakcija zemljišta otežava usvajanje fosfora. U kiselim zemljištima fosfor je dominantno adsorbovan na aluminium i gvožđe oksidima i hidroksidima. Sa povećanjem pH vrednosti, rastvorljivost gvožđe i aluminium fosfata raste, ali rastvorljivost kalcijum fosfata opada, što takođe otežava njegovo usvajanje. Zbog toga se u poslednje vreme sve više preporučuje korekcija đubrenja fosforom folijarnim tretmanima. Takođe se traže alternativna rešenja za snabdevanje biljaka fosforom alatima selekcije i oplemenjivanja biljaka, kao i selekcije različitih vrsta i sojeva simbiotkih mikroorganizama, koji bi se koristili za inokulaciju korena.

Napomena

Istraživanja u ovom radu su finansirana od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, ugovor broj 451-03-9/2021-14.

Literatura

- Aise D., Erdal S., Hasan A., Ahment M. (2011). Effects of different water, phosphorus and magnesium doses on the quality and yield factors of soybean (*Glycine max* L.) in Harran plain conditions. *International Journal Physical Sciences*. 6(6): 1484-1495.
- Argaw A. (2012). Evaluation of Co-inoculation of *Bradyrhizobium japonicum* and Phosphate Solubilizing *Pseudomonas spp.* Effect on Soybean (*Glycine max* L.) in Assossa Area. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 14: 213-224.
- Burman U., Garg K.B., Kathju S. (2004). Interactive effects of thiourea and phosphorus on clusterbean under water stress. *Biologia Plantarum*. 48(1): 61-65.
- Cassman K.G., Whitney A.S., Stockinger K.R. (1980). Root growth and dry matter distribution of soyabean as affected by phosphorus stress, nodulation, and nitrogen source. *Crop Science*. 20: 239-244.
- Crozier C.R., Walls B., Hardy H.D., Barnes S.J. (2004). Response of cotton to P and K soil fertility gradients in North Carolina. *Journal of Cotton Science*. 8: 130-141.
- Furihata T., Suzuki M., Sakurai H. (1992). Kinetic characterization of two phosphate uptake systems with different affinities in suspension-cultured *Catharanthus roseus* protoplasts. *Plant and Cell Physiology*. 33: 1151-1157.

- Hellsten A., Huss-Daness K. (2000). Interaction Effects of Nitrogen and Phosphorus on Nodulation in Red Clover (*Trifolium pratense* L.). *Acta Agriculturae Scandinavica*. 50: 135-142.
- Hinsinger P., Bengough A.G., Vetterlein D., Young I.M. (2009). Rhizosphere: biophysics, biogeochemistry, and ecological relevance. *Plant and Soil*. 321: 117-152.
- Høgh-Jensen H., Schjoerring J.K., Soussana J.F. (2002). The influence of phosphorus deficiency on growth and nitrogen fixation of white clover plants. *Annals of Botany*. 90: 745-753.
- Jakobsen I. (1985). The role of phosphorus in nitrogen fixation by young pea plants (*Pisum sativum*). *Physiology Plantarum*. 64: 190-196.
- Jianbo S., Lixing Y., Junling Z., Haigang L., Zhaohai B., Xinping C., Weifeng Z., Fusuo Z. (2011). Phosphorus dynamics: from soil to plant. *Plant Physiology*. 156: 997-1005.
- Koontz H., Biddulph O. (1957). Factors affecting absorption and translocation of foliar applied phosphorus. *Plant Physiology*. 32: 463-470.
- Lewis D.C., Hawthorne A.W. (1996). Critical plant and seed concentrations of phosphorus and zinc for predicting response of faba beans (*Vicia faba*). *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 36(4): 479-484.
- Linu M. S., Stephen J., Jisha M. S. (2009). Phosphate Solubilizing *Gluconacetobacter* sp., *Burkholderia* sp. and their Potential Interaction with Cowpea (*Vigna unguiculata* L.). *International Journal of Agricultural Research*. 4(2): 79-87.
- López R., Alvear M., Gianfreda L. Mora M. (2007). Molybdenum availability in Andisols and its effect on biological parameters of soil and red clover (*Trifolium pratense* L.). *Soil Science*. 172(11): 913-924.
- Ma Q., Longnecker N., Dracup M. (1997). Nitrogen deficiency slows leaf development and delays flowering in narrow-leafed lupin. *Annals of Botany*. 79: 403-409.
- Merryweather J., Fitter A. (1996). Phosphorus nutrition of an obligatory mycorrhizal plant treated with the fungicide benomyl in the field. *New Phytologist*. 132: 307-311.
- Muir P.J., Pitman D.W., Coombs F.D. (2001). Seeding Rate, Phosphorus Fertilization, and Location Effects on 'Armadillo' Burr Medic. *Agronomy Journal*. 93: 1269-1275.
- Nadian H., Barzegar R.A., Rouzitalab P., Herbert J.S., Hashemi M.A. (2005). Soil compaction, organic matter, and phosphorus addition effects on growth and phosphorus accumulation of clover. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 36: 1327-1335.
- Noack R.S., McBeath M.T., McLaughlin J.M. (2011). Potential for foliar phosphorus fertilisation of dryland cereal crops. *Crop and Pasture Science*. 61(8): 659-669.
- Osztoics E., et al. (2006). Effect of five phosphate rocks on red clover (*Trifolium pratense* L.) yield in pot trial. *Communications in Soil Science Plant Analysis*. 37: 2713-2724.
- Raghothama G.K., Karthikeyan S.A. (2005). Phosphate acquisition. *Plant and Soil*. 274: 37-49.
- Ramaekers L., Remans R., Rao M.I., Blair W.M., Vanderleyden J. (2010). Strategies for improving phosphorus acquisition efficiency of crop plants. *Field Crops Research*. 117: 169-176.
- Ribera E.A., Mora L.M., Ghiselini V., Demanet R., Gallardo F. (2010). Phosphorus-molybdenum relationship in soil and red clover (*Trifolium pratense* L.) on an acid soil. *Revista de la Ciencia del Suelo Nutricion Vegetal*. 10(1): 78 - 91.

- Robson A.D., O'Hara W.G., Abbarr K.L. (1981). Involvement of phosphorus in nitrogen fixation by subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.). Australian Journal of Plant Physiology. 8: 427-436.
- Rossiter R.C. (1978). Phosphorus deficiency and flowering time in subterranean clover *Trifolium subterraneum*. Annals of Botany. 42: 325-330.
- Singh D.K., Sale P.W.G., McKenzie B.M. (1997). Water relations of white clover (*Trifolium repens* L.) in a drying soil, as function of phosphorus supply and defoliation frequency. Australian Journal of Agricultural Research. 48: 675-681.
- Tomić D., Stevović V., Simić A., Đurović D., Radovanović M., Madić M., Knežević J. (2020). Foliar fertilization with phosphorus and potassium in red clover seed production on an acidic soil. Acta Agriculturae Serbica. 25(49): 51-57.
- Turner L., Paphazy J.M., Haygarth M.P., McKelvie D.I. (2002). Inositol phosphates in the environment. PTRSL Biological Sciences. 357: 449-469.
- Xiang D.B., Yong T.W., Yang W.Y., Wan Y., Gong W.Z., Cui L., Lei T (2012). Effect of phosphorus and potassium nutrition on growth and yield of soybean in relay strip intercropping system. Scientific Research and Essays. 7(3): 342-351.
- Yahiya M., Samiullah M., Fatma A. (1995). Influence of phosphorus on N₂-fixation in chickpea cultivars. Journal of Plant Nutrition. 18: 719-727.
- Yoneyama K., Xie X., Kim H., Kisugi T., Nomura T., Sekimoto H., Yokota T., Yoneyama K. (2012). How do nitrogen and phosphorus deficiencies affect strigolactone production and exudation? Planta. 235: 1197-1207.

THE IMPORTANCE OF PROPER NUTRITION OF FORAGE LEGUMES WITH PHOSPHORUS ON ACID SOILS

Dalibor Tomić¹, Vladeta Stevović¹, Dragan Đurović¹, Milomirka Madić¹, Miloš Marijanović¹, Aleksandar Simić², Jasmina Knežević³

Abstract

In the Republic of Serbia, acid soils cover about 60% of the total arable land. On such soils, numerous micro and macro elements are hardly accessible for plants. Sufficient supply of leguminous plants with phosphorus is very important for the processes of their growth and development, nodulation and nitrogen fixation. The aim of this study was to analyze the importance of proper nutrition of leguminous plants with phosphorus on acid soils and to point out the problems that exist in such conditions, as well as the possible ways to solve them.

Key words: acid soils, legumes, phosphorus

¹University of Kragujevac, Faculty of Agronomy, Cara Dušana 34, Čačak, Serbia (dalibort@kg.ac.rs).

²University of Beograd, Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, Zemun, Beograd, Serbia;

³Univerzity of Priština, Faculty of Agriculture, Kopaonička bb, 38219, Lešak, Serbia.