

Универзитет у Београду

Шумарски факултет



СЕМИНАРСКИ РАД

**Значај и дејство сумпора на биљке – облици, количине, порекло,
промене и губци сумпорних једињења у земљишту, симптоми недостатка
и сувишка на биљкама**

Студент:

Александар Марковић

Број индекса: 338/14

Ментор:

др Оливера Кошанин, ванр. проф.

Београд, 2016

Садржај

| | |
|--|----|
| 1. Извор и количине сумпора у земљишту..... | 3 |
| 2. Облици и трансформација сумпора у земљишту..... | 5 |
| 2.1. Органски облик сумпора..... | 5 |
| 2.2. Минерални облик сумпора..... | 7 |
| 3. Губици сумпора..... | 8 |
| 4. Симптоми недостатка и сувишка сумпора на биљкама..... | 9 |
| Литература..... | 11 |

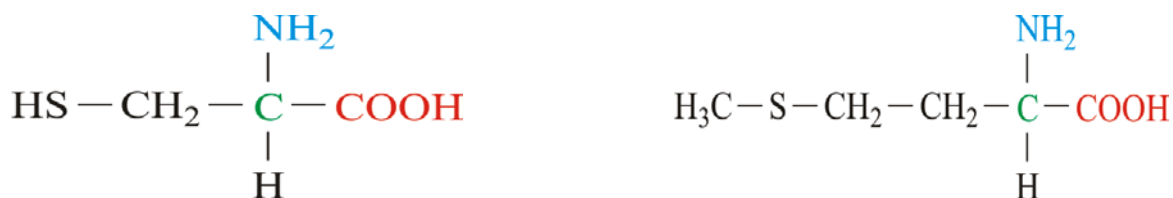
1. ИЗВОР И КОЛИЧИНЕ СУМПОРА У ЗЕМЉИШТУ

По својој заступљености сумпору припада пето место у литосфери (0,06% S), а у педосфери количина сумпора креће се у границама 0,01-0,25%. Код већине земљишта извор сумпора су сулфиди метала који су саставне компоненте вулканских стена (FeS_2 - маркасит; ZnS - сфалерит; CuFeS_2 - халкопирит; CoAsS - кобалтит), тешко растворљиви сулфати ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - гипс; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - епсонит) и други теже и лакше растворљиви сулфати. Распадањем стена и разлагањем минерала (слика 1), сулфиди се оксидишу у сулфате, а сулфати се јављају у облику растворљивих (K_2SO_4 , Na_2SO_4) и нерастворљивих соли (CaSO_4). Одређену количину сулфата биолошком адсорпцијом усвајају биљке и микроорганизми, а уколико су услови средине анаеробни ($< 4\text{-}5\% \text{O}_2$) поново се редукују до сулфида под утицајем микроорганизма.



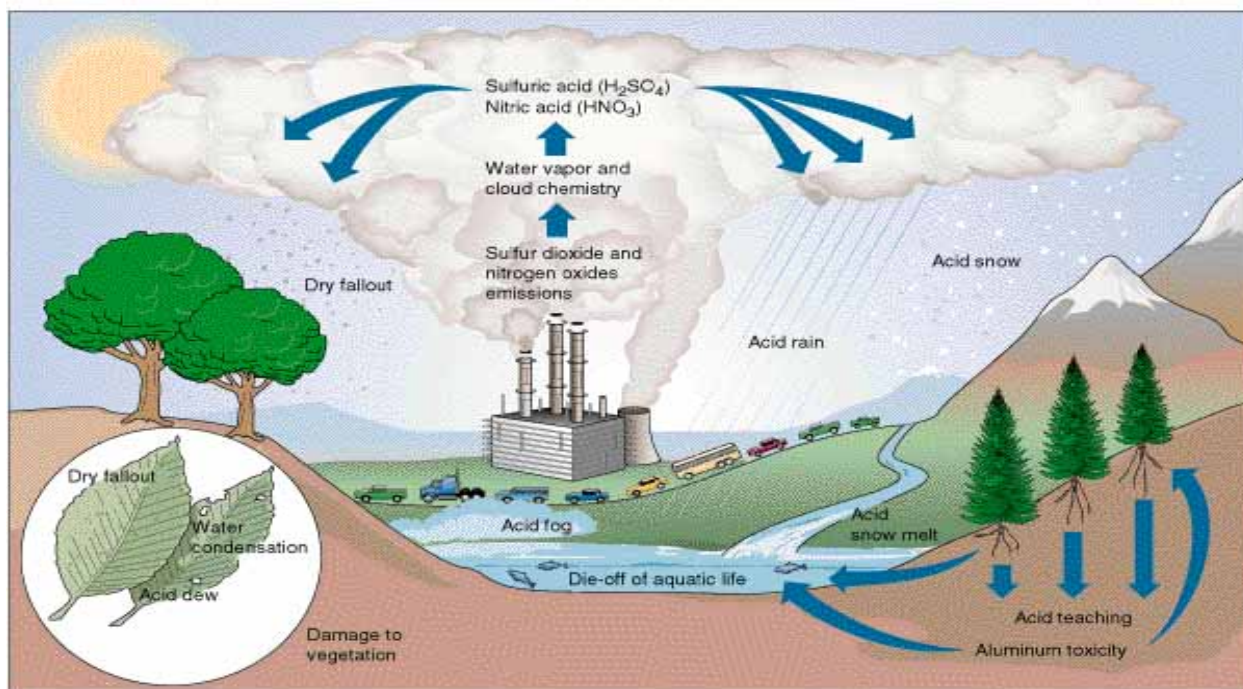
Слика 1. Маркасит, сфалерит и халкопирит

Други извор сумпора у активном слоју земљишта представља органска материја. Остаци биљака, животиња и микроорганизма садрже различита једињења сумпора (беланчевине, аминокиселине – цистин, цистеин, метионин (слика 2), глукозиди, алкалоиди). Сумпор у органској метерији није директно доступан биљкама али под утицајем микроорганизма оксидални облик ($\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$) сумпора са катјонима гради растворљиве и теже растворљиве сулфате. У обрадивим земљиштима од укупне количине сумпора 60-90% налазе се у органским једињењима. Сумпор је присутан и у хумусу са око 1%.



Слика 2. Цистеин и метионин

Атмосфера представља један од значајних извора сумпора у земљишту. Путем падавина у земљиште доспева 5 - 40 kg S/ha годишње, а ако се ради о индустријским центрима та количина је далеко већа (100 kg S/ha у току године). Сем преко падавина сумпор доспева у земљиште и дифузијом сумпорних гасова (SO_2 , SO_3 , H_2S) који доспевају у атмосферу сагоревањем угља и нафте. Сумпорни гасови у непосредној околини рудника (Бор) доводе до опоздољавања земљишта и уништавање вегетације. Последње две деценије сумпорни гасови у руднику Бор преводe се у сумпорну киселину кој се користи за добијање фосфорних ђубрива у ХИП Прахово.



Слика 3. Шематски приказ емисије сумпор диоксида (SO_2) у животну средину

Органска и минерална ђубрива (азотна, фосфорна и калијумова), такође, представљају значајан извор сумпора у земљишту. Сумпор је један од пратећих елемената појединачних и сложених комплексних ђубрива.

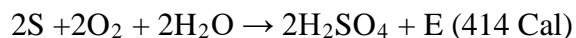
Количина сумпора у земљишту креће се у границама 0,01 – 0,25%. Према испитивањима Ивовића (1988), садржај сумпора у слоју земљишта од 0 – 30 cm креће се у границама 0,011-0,130% (кисело смеђе земљиште – 0,011%; параподзол, псеудоглеј – 0,014%; црвенорудо земљиште – 0,029%; алувијум карбонати – 0,023%; алувијум бескарбонати – 0,070%; рендзина – 0,130%). Биљке користе искључиво минерални облик (SO_4^{2-}), а органска једињења сумпора представљају потенцијалну резерву сумпора за исхрану биљака.

2. ОБЛИЦИ И ТРАНСФОРМАЦИЈА СУМПОРА У ЗЕМЉИШТУ

Сумпор се у земљишту налази у два облика – органском и минералном. Од укупне количине сумпора у земљишту, од 0,01-0,25%, на органски облик сумпора долази 80 – 90%, а минералној форми припада 10 – 20%.

2.1. Органски облик сумпора – Као што је напред изнето сумпор је саставна компонента многих органских једињења (беланчевине, аминокиселине, глукозиди, алкалоиди, тиамини, меркаптани, трипептиди), а саставни је део и хумуса (1%). Органски сумпор у земљишту није приступачан за исхрану биљака, али органска једињења подлежу процесу минерализације под утицајем бројних хетеротрофних микроорганизама, а што је праћено бројним биохемијским реакцијама. Тако, разлагање једињења сумпора у земљишту одвија се преко процеса сулфорификације и сулфофикације. У првом процесу једињења сумпора се разлажу и настаје водоник сулфид (H_2S). То је микробиолошки процес и по реакцијама које се одигравају, одговара процесу амонификације. Процес амонификације и сулфурификације обављају микроорганизми (амонификатори) уз учешће ферментних система који каталишу процесе дезаминације, а разлика је у коначним производима ових процеса (NH_3 и H_2S).

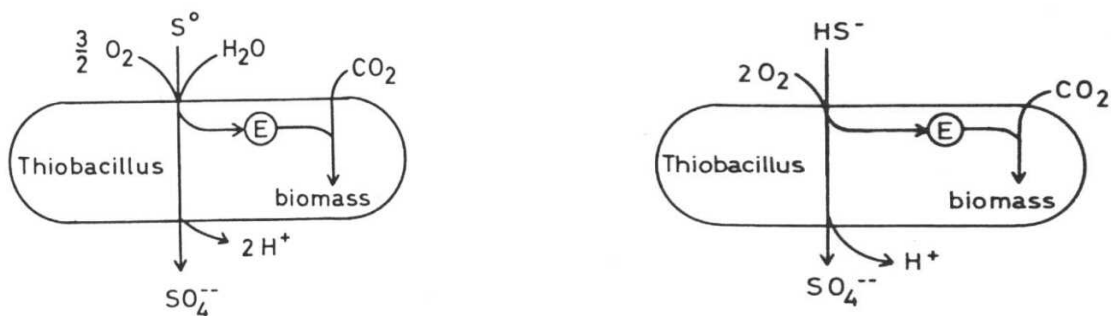
Други процес трансформације органског сумпора – сулфофикација, представља такође микробиолошки процес у коме се H_2S оксидише до елементарног сумпора, а затим преко сулфита настају сулфати. Овај процес може се представити хемијским једначинама.



Ослобођену енергију (E), ови микроорганизми користе за асимилацију CO_2 јер су то хемосинтетски организми. Настајање сулфата из редукованог облика сумпора (H_2S), резултанта је делатности многобројних микроорганизама. Оксидацију сумпора у земљишту обављају углавном две групе микроорганизама – хемотрофне бактерије из рода *Thiobacillus*, и неке групе бактерија, гљивица и актиноцета. Већина бактерија рода *Thiobacillus* су облигтни аутотрофи, који потребну енергију добављају оксидацијом

сулфида (H_2S) и елементарног сумпора до сулфата. Активност сулфикатора у зависности је од температуре, влажности и реакције земљишта (pH). Оптимална температура за активност ових микроорганизама креће се у границама 25-35 °C.

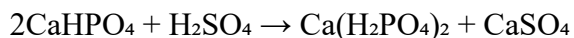
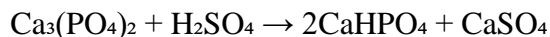
Сулфофикација се одвија у присуству кисеоника па се може истаћи да у превише влажним земљиштима рад ових бактерија своди се на минимум, наине сулфофикација може престати. Најинтезивнија активност сулфофикатора забележена је код земљишта чија влажност одговара пољском водном капацитету. Што се тиче реакције земљишта, може се истаћи да је овај процес интезивнији у киселим земљиштима.



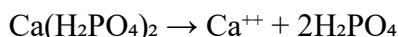
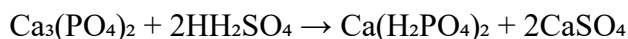
Слика 4. Оксидација елементарног сулфида и водоник сулфида дејством бактерија *Thiobacillus*

Током интезивног разлагања органске материје у земљишту један део сумпора се имобилизира усвајањем од стране микроорганизама – тзв. "микробна синтеза". Под одређеним условима микроорганизми могу бити велики конкуренти биљкама у односу на усвајање доступног сумпора. Ово се нарочито манифестује у земљиштима у којима се уноси велика количина органске материје богате угљеним хидратима, који служе као енергетски материјал. Среће се мишљење да уколико органска материја има однос $\text{C} : \text{S} > 50 : 1$, тада настаје имобилизација земљишног сумпора од стране микроорганизама.

Сумпорна киселина настала у процесу сулфофикације учествује у стварању лакорастворљивих ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, K_2SO_4 , Na_2SO_4) и теже растворљивих соли (CaSO_4 , MgSO_4), а помаже и процес мобилизације тешкорастворљивих фосфата.



Ии



(приступачан јон за исхрану биљака)

Један део SO_4^{2-} - користе микроорганизми за изградњу своје плазме, а део се може испирати дренажним водама и може се нагомилавати у нижим слојевима земљишта.

2.2. Минерални облик сумпора – Сумпор у минералима, сумпор у лако и тешкорастворљивим солима, адсорбовани сумпор и сумпор у земљишном раствору представља минерални облик овог елемента.

Сумпор који се налази у минералима неприступачан је директно за исхрану биљака. Потребно је да минерали претрпе одређене трансформације уз учешће минералних или пак органских киселина, како би сумпор минерала прешао у приступачан облик. Ово су спори, али перманентни процеси. Сумпор у земљишном раствору налази се у облику растворљивих соли као што су: K_2SO_4 , Na_2SO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, и то су најприступачнији облици сумпора.

Сулфатни јон (SO_4^{2-}) подлеже процесу адсорпције уколико земљиште садржи сесквиоксида. Адсорпција сулфата је нарочито изражена у подораничном слоју земљишта и биљке са развијеним кореновим системом могу апсорбовати овај облик сумпора. Адсорпција сумпора се повећава са повећањем концентрације сулфатног јона у земљишном раствору, а забележено је смањење количине овог јона са повећањем рН вредности земљишта. При већој засићености колоидне глине изменљивим Al^{2+} - јоном, адсорпција сулфата је интензивнија.

Органски облик сумпора и све минералне форме овог елемента представљају укупан сумпор земљишта, а биљка користи искључиво SO_4^{2-} - јон за своју исхрану, па према томе сумпор земљишног раствора је најбољи облик за исхрану биљака.

| Екстракционо средство | Критичне концентрације S у ppm |
|-------------------------------|--------------------------------|
| Амонијум ацетат | 11,0 |
| Натријум ацетат | 12,5 |
| 0,15% CaCl_2 | 9,5 |
| Калцијумфосфат 500 mg P/l | 10,0 |
| Калијумфосфат 500 mg P/l | 10,00 |
| Вода | 12,5 |
| 1% NaCl | 16,0 |
| 0,5 M NaHCO_3 pH 8,5 | 20,0 |

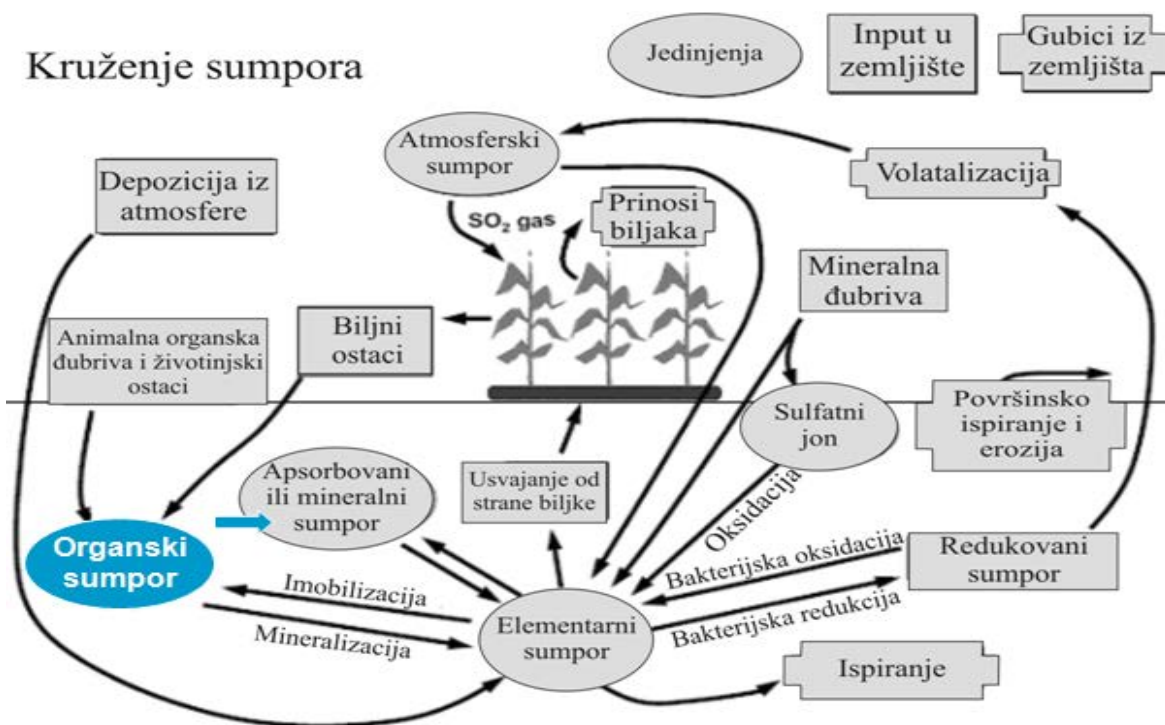
Табела 1. Критичне вредности за утврђивање нивоа обезбеђености земљишта сумпором при употреби различитих екстракционих средстава

3. ГУБИЦИ СУМПОРА

Сумпор се из земљишта губи аналогно осталим елементима – приносима, испирањем и ерозијом. Количина сумпора која се износи приносима првенствено зависи од врсте културе и висине приноса, а свакако и снабдевености земљишта сумпором има одређени утицај на количину изнетог сумпора. Сумпор највише износи из земљишта биљке из фамилије *Brassicaceae* (купус, слачица, уљана репица, лук), и количина изнетог сумпора креће се у границама 70-300 kg S/ha. Најмању количину сумпора износи кромпир (11 kg S/ha), затим долазе жита (12 kg S/ha), а сено ливаде изнесе 12,5 kg S/ha.

Испирање сумпора из земљишта је доста изражено. Сумпор се превасходно испира из лакорастворљивих сулфата (K_2SO_4 , Na_2SO_4 , $(NH_4)_2SO_4$), а мање из тешко растворљивих сулфата калцијума и магнезијума ($CaSO_4$, $MgSO_4$). Губици сумпора су највећи уколико у земљишту доминирају једновалентни јони (Na^+ , K^+), нешто мање ако су присутни сулфати са двовалентним јонима (Ca^{2+} , Mg^{2+}), а најмање је испирање сумпора у киселим земљиштима са израженом количином изменљивог Al^{3+} и Fe^{3+} . Количина сумпора која се губи испирањем зависи од количине и распореда водних талога и од способности земљишта да за себе веже воду, односно да држи воду. Највећа количина сумпора према литературним подацима испира се у хумидним теренима и то нарочито на песковитим земљиштима која немају минерале глине. Тако, на песковитим земљиштима количина SO_4^{2-} јона која се испере из земљишта износи годишње и до 130 kg/ha. Према испитивањима Ивовића (цит. Убовић, Богдановић, 1995) у земљиштима Косова губици сумпора испирањем су следећи: параподзол - 3,6 kg/ha; црвенорудо земљиште - 5,0 kg/ha; смоница - 50,0 kg/ha; алувијум безкарбонати - 1,0 kg/ha; кисело смеђе земљиште - 5,6 и редзина - 12,0 kg S/ha. У условима Косова највеће испирање је на смоницама и карбонатном алувијуму, а најмање на параподзолу и безкарбонатном алувијуму.

Расположиви литературни подаци показују да се ерозијом годишње губин 6-18 kg S/ha. С обзиром да је данас велико издвајање сумпора („киселе кише“) у индустријским рејонима, затим се данас тежи примени целокупне количине стајњака и других органских ђубрива, потом, да је актуелна употреба минералних ђубрива онда се не треба бојати да сумпора неће бити довољно за исхрану биљака.



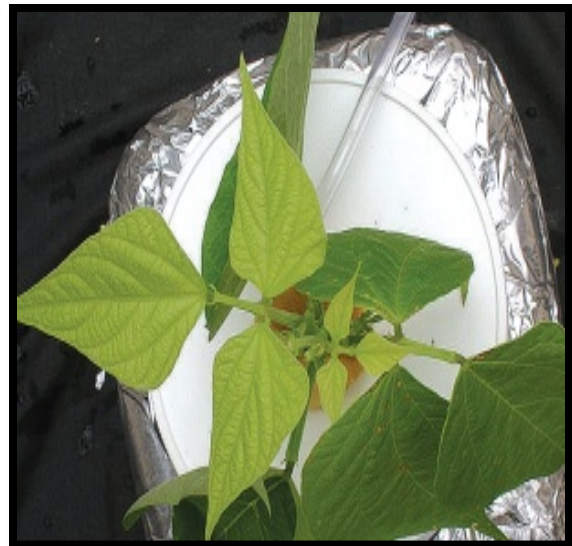
Слика 5. Кружење сумпора

4. СИМПТОМИ НЕДОСТАТКА И СУВИШКА СУМПОРА НА БИЉКАМА

Сумпор је саставни део беланчевина. Има знатан утицај на развој корена и других органа биљака. Редован је састојак неких ђубривима и пестицида.

Мањак сумпора (слика 6), може се одразити на слабији развој кореновог система, али до овога ретко долази. Сумпор је неопходан за синтезу хлоропласта (иако није део молекула хлорофила). Када је недостатак сумпора присутан дуже време, тешко је разликовати симптоме недостатка сумпора од недостатка азота. недостатак се манифестује уједначеном хлорозом ткива која се најпре јавља на најмлађим листовима.

Вишак сумпора манифестује се појавом промена као што су повреде на лишћу и плодовима, нарочито код агрума и то само на киселим земљиштима.



Слика 6. Симптоми недостатка сумпора

ЛИТЕРАТУРА

1. др Ружица Џамић и др Драги Стевановић „Агрохемија“, Партефон, Београд, 2007. год.
2. <http://www.poljoberza.net/AutorskiTekstoviJedan.aspx?ime=PG25093.htm&autor=7>
3. http://vocnesadnice.net/Djubrenje_vocnjaka.html
4. Слике преузете са: <https://images.google.com/>