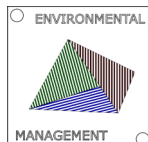


VZORKOVANIE PÔDNEJ VODY Z HĽADISKA SPRÁVNOSTI A BEZPEČNOSTI

Maroš SIROTIK - Lenka BLINOVÁ

SAMPLING OF SOIL WATER WITH REGARD TO ACCURACY AND SAFETY



ABSTRAKT

Informácia o obsahu vody v pôde je nevyhnutná pre poľnohospodársku prax ako aj pre štúdium mnohých vedných disciplín ako sú hydroológia, pedológia, ekológia, meteorológia a agronómia. Je to práve pôdna voda, ktorá zabezpečuje transport látok a energií v systéme pôda – rastlina. Pohyb rozpustených látok v pôde sa obvykle monitoruje vzorkovačmi pôdneho roztoku. Cieľom tohto príspevku je popísať riziká pri vzorkovaní pôdnej vody, navrhnúť preventívne a ochranné opatrenia na ich zníženie, prípadne vylúčenie.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: pôdna voda, vzorkovanie, bezpečnosť

ABSTRACT

Information on soil water content is essential for agricultural practice, as well as for the study of many scientific disciplines such as hydrology, pedology, ecology, meteorology and agronomy. The movement of solutes in the soil is usually monitored by soil solution samplers. The aim of this paper is to describe risks in soil water sampling, propose preventive and protective measures to reduce or eliminate them.

KEYWORDS: soilsolution, rainfall, sampling, safety

ÚVOD

Pôdnou vodu rozumieme kvapalnú fázu pôdy, ktorá svojimi dispergačnými, rozpúšťacími, hydrolytickým a transportnými účinkami podmieňuje existenciu kolobehu látok ako nenahraditeľného faktora pre pôdny edafón a vegetáciu. Chemické zloženie pôdnych roztokov je odvodené z chemizmu príľahlých povrchových a podzemných vôd, pozmenené výsledkom pôsobenia rady fyzikálnych, chemických, fyzikálno-chemických aj biologických procesov prebiehajúcich v pôde v úzkej súvislosti s teplotou, vlhkosťou, aeráciou pôdy a zložením tuhej fázy pôdy.

- **Z katiónov** sa nachádzajú najmä Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ . Silne kyslé pôdy obsahujú ióny H_3O^+ , neutrálne pôdy najmä ióny Ca^{2+} a alkalické Na^+ . Niekedy v závislosti od podmienok sa nachádzajú Fe^{2+} (v redukčnom prostredí) a Fe^{3+} , Al^{3+} vo veľmi kyslom oxidickom prostredí.
- **Z aniónov** sa vyskytujú HCO_3^- , NO_2^- , NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , so stopovými množstvami fosfátov, borátov a bromidov. Anióny SO_4^{2-} , NO_3^- , NO_2^- , Cl^- sa do pôd dostávajú v dôsledku biologických procesov, ktoré prebiehajú v pôde, z rozložených rastlinných zvyškov, zo zvetrávania hornín a z priemyselných hnojív. Dusičnanové a síranové ióny sa importujú aj z atmosféry (acidifikáciou).

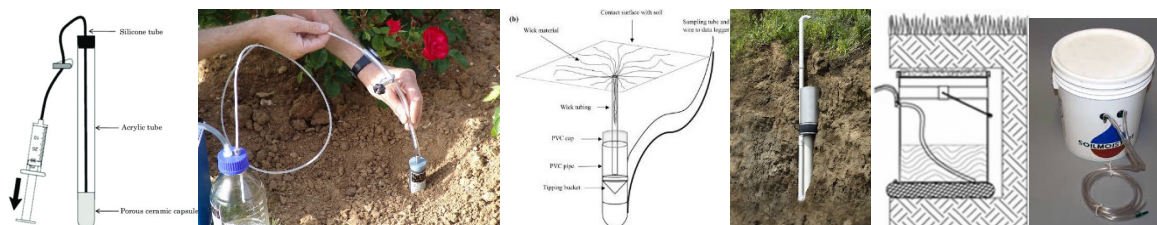
- **Rozpustené plyny** tvoria vo vodách oxidačné (O_2), redukčné (CO_2 , metán) a redukčné sulfidické prostredie pôd (s obsahom H_2S). Rozpustnosť plynov z pôdneho vzduchu v pôdnom roztoku závisí od teploty a ich parciálnych tlakov. Pri teplote okolo $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ sa vo vode rozpúšťa asi 1 % obj. oxidu uhličitého, pričom rozpustnosť ostatných zložiek je podstatne nižšia – rozpustnosť kyslíka je asi $30\times$ a dusíka $60\times$ nižšia. Pri priemernom pomere parciálnych tlakov v pôdnom vzduchu $CO_2 : O_2 = 1 : 60$ a pomere ich rozpustnosti $30 : 1$ je pomer $CO_2 : O_2 = 1 : 2$. Pôdny roztok preto obsahuje viac kyslíka a oxidu uhličitého v porovnaní napríklad s dusíkom ako pôdny vzduch. Vyšší obsah kyslíka vo vodách niektorých aluviálnych oblastí napríklad vplyva na to, že sa v pôdach nerozvíjajú glejové procesy.
- V niektorých pôdnych vodách sa nachádzajú **rozpustené organické látky** (fulvokyseliny, aminokyseliny, cukry, alkoholy a pod.). Tie sú nielen významnými pôdotvornými zložkami, ale určujú aj viaceré pôdne vlastnosti a živinový režim pôd.

Proces vylúhovania týchto látok závisí od vodného režimu pôdy; v severných a miernych oblastiach Európy zrážky prevládajú nad výparom a nadbytok vody sa dostáva do podzemných vôd, a tým aj do potokov a riek. Menšia pútacia schopnosť pre vodu na piesočnatých pôdach v poľnohospodárstve často zapríčiňuje výraznejšie vylúhovanie dusičnanov oproti ílovitým pôdam. Tieto na rozdiel od piesočnatých pôd zadržiavajú výraznejšie rizikové kovy a organické kontaminanty. Samozrejme k určitému vertikálnemu posunu môže dôjsť aj v ťažkých, ílovitých pôdach najmä systémom biopórov a puklín. Tento druh vylúhovania sa tiež nazýva „by passflow“ alebo „shortcircuiting“ (krátke spojenie), pretože voda nemôže prísť do kontaktu s prevažnou časťou pôdneho materiálu. Tento druh perkolácie má za následok rýchle vylúhovanie napr. pesticídov do hlbšie ležiacich zásobární podzemnej vody.

Podzemná voda patrí medzi priamo pôsobiacie pôdotvorné činitele, ale jej vplyv sa prejavuje len v podmienkach, kde je jej hladina pomerne vysoko pod povrchom. Nad hladinou podzemnej vody sa udržiava zvýšená vlhkosť, ktorá spôsobuje vytváranie anaeróbných podmienok, podporuje redukčné procesy a spomaľuje rozklad organických látok, čím napomáha ich hromadeniu. So zvýšenou vlhkosťou v pôde súvisí aj glejový proces, ktorý spočíva v akumulácii ílu a redukcii zlúčenín železa a mangánu. Silne mineralizovaná podzemná voda v podmienkach výparného typu vodného režimu podmieňuje aj akumuláciu solí v pôdnom profile.

VZORKOVNICE A VZORKOVACIE ZARIADENIA

Vzorkovacie nádoby pre odber, transport a skladovanie vzoriek pôdnej vody je v zásadne totožný so vzorkovnicami pre odber vzoriek povrchovej vody. Vzorkovače pôdneho roztoku v závislosti od svojej konštrukcie odoberajú vzorky roztoku z pôdnej matrice (sacie vzorkovače s pórovitými pohárkami), z nasýtených pôdnych pórov, čiže prevažne gravitačnú vodu (panvicové vzorkovače), alebo vzorkujú makropórové aj matricové prúdenie (knôtové vzorkovače).



Vzorkovač s pórovitými pohárkami, knôtový a panvicový vzorkovač

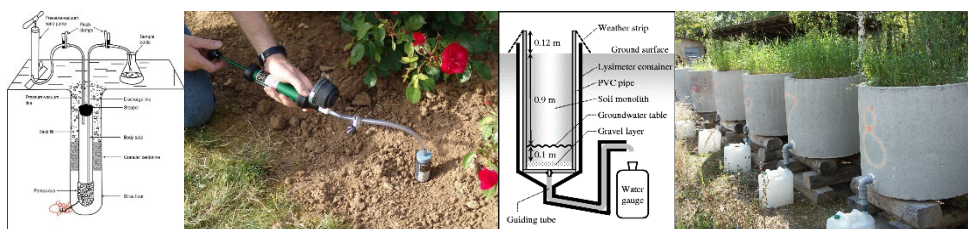
Použitie **vzorkovačov s pórovitými pohárkami** z keramiky alebo frity je najbežnejšou metódou vzorkovania pôdneho roztoku. Vzorkovače slúžia na opakovaný odber vzoriek pôdneho roztoku zo zvolenej hĺbky a tým napr. na meranie prienikovej krivky rozpustenej látky $c = f(t)_L$ v hĺbke L , v ktorej

je umiestnený pohárik vzorkovača. Chyby, zapríčinené týmto spôsobom odberu vzoriek však sťažujú interpretáciu výsledkov meraní. Pôdny roztok môže pohárik obtekať, vzorkovanie nie je možné pri nízkych vlhkostiach a koncentrácia rozpustenej látky vo vzorke je časovo a priestorovo spriemerovaná hodnota. Treba si totiž uvedomiť, že vzorkovanie roztoku v hĺbkach do 3 m trvá asi 3 hodiny a v hĺbke 4,5 m asi 18 hodín, keď sa použije podtlak 2500 – 6000 kPa, pričom vzorky sa odoberajú z objemu pôdy približne tvaru gule s priemerom niekoľkých decimetrov. Okrem toho sa prenos rozpustenej látky smerom k vzorkovaču môže v dôsledku aplikovaného sacieho tlaku zrýchliť (môže vzniknúť prúdenie prstami smerom k vzorkovaču a vzorkovanie môže byť tiež príčinou poklesu koncentrácie rozpustenej látky. Nevýhodou vzorkovačov s pórovitými pohárikmi je aj to, že nie sú schopné odobrať vzorku pôdneho roztoku pohybujúceho sa v makropóroch. Veľké problémy spôsobuje aj požiadavka, aby vzorkovač pôdneho roztoku bol inštalovaný najmenej 1 rok pred začatím vzorkovania, aby sa povrch vzorkovača dostal do rovnováhy s okolitou pôdou. **Knôtové vzorkovače** využívajú na odber vzoriek pôdnej vody kapilárny potenciál zavesených knôtov, vytvorených zo sklenených vlákien. Knôtový vzorkovač je potrebné prispôsobiť typu pôdy, v ktorej bude osadený, čo sa dosahuje zmenou nasýtenej hydraulikej vodivosti materiálu, z ktorého je zhotovený knôt, v rozsahu 220 -1380 cm h⁻¹.

Výhodou knôtových vzorkovačov v porovnaní so vzorkovačmi s pórovitými pohárikmi je, že:

- nevyžadujú vákuové čerpadlá a pasívne ťahajú vodu zo známej plochy pôdy,
- vzorkujú trvalo, zatiaľ čo vzorkovače s pórovitými pohárikmi odoberajú vzorky len vtedy, keď je pripojený poľný zdroj vákua a
- vzorkujú makropórové aj matricové prúdenie, zatiaľ čo vzorkovače s pórovitými pohárikmi nie sú schopné odobrať vzorku pôdneho roztoku pohybujúceho sa v makropóroch.

Disperzivita knôtu je veľmi malá, preto knôtové vzorkovače len nepatrne ovplyvňujú disperziu rozpustených látok v transportných experimentoch. Nevýhodou knôtových vzorkovačov je, že z knôtov treba pravidelne odstraňovať nečistoty žiňaním pri 400 °C v prítomnosti dostatočného množstva kyslíka. **Panvicové vzorkovače** využívajú gravitačnú drenáž na odber vzoriek pôdnej vody do podpovrchového rezervoáru, z ktorého sa odoberajú vzorky na chemické analýzy. Výhodou panvicového vzorkovača je dobre definovaný povrch pôdy, z ktorého sú odoberané vzorky, teoreticky však môže vzorkovať len vodu z pórov, ktoré sú nasýtené vodou. Poľné experimenty ukázali, že aj z jemno textúrnych pôd možno odobrať dostatočné množstvo pôdneho roztoku na chemické analýzy, otáznou je však reprezentatívnosť vzorky, keďže esa nevzorkuje pôdny roztok z nenasýtených pórov.



Sací a perkolačný lyzimeter

Okrem vody v nasýtených zónach pôdy je možné vzorkovať takisto pórov vodu v nesaturovanej zóne pôdneho profilu. Najbežnejším zariadením používaným na tento účel je tzv. **sací (membránový) lyzimeter**. Jedná sa o zariadenie, ktoré sa skladá z keramickej poréznej membrány, ktorá sprostredkúva kontakt s okolitým prostredím, púzdra a dvojitého potrubia, slúžiaceho na vytváranie podtlaku v zariadení a vytlačenie odobratej vody k povrchu. Lyzimeter sa inštaluje priamo do pôdy bez obsypu. Počas pracovného cyklu je v lyzimetri potrubím z povrchu vytvorený podtlak. Pôdna voda je nasávaná cez keramicnú membránu do púzdra vzorkovača a cez spätný ventil do výstupného potrubia. Potom je odsávanie ukončené a druhým potrubím, pripojeným vo vzorkovači k výstupnej vetve tesne nad spätným ventilom je do systému privedený stlačený plyn, ktorý vytlačí vodu vo výstupnom potrubí na povrch do vzorkovnice. Vzhľadom k vytvorenému podtlaku a následnému preplyneniu dochádza k ovplyvneniu obsahu rozpustených plynov, porušenie oxidačno-redukčnej

rovnováhy a tým aj k potenciálnym zmenám obsahov základných iónov. **Perkolačný lyzimetr** je druhým, relatívne jednoducho použiteľným zariadením pre vzorkovanie pôdnej vody. Na rozdiel od predchádzajúceho typu poskytuje časovo závislé súhrnné vzorky. Pracuje navelmi jednoduchom princípe. Do určenej hĺbky horninového profilu je inštalovaná profilovaná a vyspádovaná doska z inertného materiálu, ktorá predstavuje pre presakujúcu vodu nepriepustnú bariéru a odvádza ju do vzorkovnice v kontrolnej šachte. Množstvo vody, ktoré je zariadenie schopné odobrať za daný časový interval, je závislé na množstve vody aktuálne gravitačne infiltrujúcej pôdnym profilom na plochu inštalovanej zbernej dosky.

BEZPEČNOSŤ A OCHRANA ZDRAVIA PRI VZORKOVANÍ

So vzorkovaním pôdnej vody sú spojené riziká, ktoré je možné zmierniť / vylúčiť týmito opatreniami:

- Pre zabezpečenie dodržiavania zásad BOZP je potrebné podstúpiť riadne zaškolenie. Základným ochranným opatrením pri manipulácii so zariadením sú osobné ochranné pracovné prostriedky. Pri závažnejšom zranení treba vyhľadať odbornú lekársku pomoc.
- Pri nevhodných meteorologických podmienkach hrozí prechladnutie. Jedná sa o pravdepodobnú udalosť, ktorej následky môžu byť významné. Navrhované opatrenia sú: personál zabezpečujúci terénne práce musí byť dobre oboznámený s meteorologickými a dopravnými podmienkami, OOPP proti chladu a dažďu.
- Ak pôdnava obsahuje chemické látky, baktérie a vírusy, hrozí intoxikácia chemickými látkami, infekcia a ochorenie prenosným ochorením. Jedná sa o pravdepodobnú udalosť, ktorej následky môžu byť kritické. Navrhované opatrenia sú: pravidelné školenia, OOPP - rukavice, rúška, okuliare.
- Pri používaní elektrických zariadení môže prísť k úrazu elektrickým prúdom. Jedná sa o príležitostnú udalosť, ktorej následky ale môžu byť kritické. Navrhované opatrenia sú: dodržiavanie bezpečnostných pokynov pre prácu s elektrickým zariadením, vhodné OOPP na ochranu pred elektrickým prúdom.

Počas prepravy vzoriek je nevyhnutné narábať so vzorkami so zvýšenou opatrnosťou a používať osobné ochranné pracovné prostriedky.

- Najvýznamnejším rizikom pri preprave vzoriek je možnosť vzniku nehody. Dôležitou požiadavkou je úplná funkčnosť vozidla použitého na transport a tiež musí byť vybavené povinnou výbavou. Počas prepravy vzoriek je nevyhnutné dodržiavať zásady BOZP.
- Pád alebo poškodenie vzorkovnice môže spôsobiť znehodnotenie vzorky, kontamináciu prostredia alebo ohrozenie zdravia možným poranením. Všetky nádoby je nutné pred transportom očistiť. Ak dôjde ku kontaminácii okolitého prostredia prevážanou látkou, treba zasiahnuté prostredie dekontaminovať použitím predpísaného činidla, ktoré dokáže látku úplne rozložiť alebo ju dokáže rozložiť na menej nebezpečné produkty.
- Pri poškodení vzorkovnice a následnom poranení treba dbať na dodržanie zásad prvej pomoci a pri rezných poraneniach vykonať dezinfekciu poraneného miesta proti novej infekcii zo vzorky. Pri závažnejšom zranení treba vyhľadať odbornú lekársku pomoc.

Pri skladovaní vzoriek je potrebné dodržiavať tieto zásady:

- Uskladnenie vzorky musí byť na mieste, ktoré je dobre dosiahnuteľné rukami, nie je príliš vysoko, a ktoré nepredstavuje riziko pádu vzorky a následné rozbitie vzorkovnice.
- Skladovanie vzoriek v sklenených vzorkovniciach predstavuje riziko vyšmyknutia a rozbitia vzorky. Rozbitie môže mať za následok kontamináciu okolia, preto je dôležité aby boli všetky vzorkovnice dôkladne vysušené, čím sa eliminuje možnosť vyšmyknutia. Pri poranení spôsobenom rozbitím vzorkovnice je potrebné dodržiavať zásady prvej pomoci. Pri rozsiahlejšom poranení je nevyhnutné vyhľadať odbornú lekársku pomoc.

- Uskladnenie musí byť na suchom, tmavom a primerane teplom mieste, čím sa zabráni znehodnoteniu vzorky. Ak dôjde ku kontaminácii okolitého prostredia uloženou látkou, treba zasiahnuté prostredie dekontaminovať.

ZÁVER

Kvapalnou fázou pôdy rozumieme pôdnu vodu, ktorá podmieňuje existenciu kolobehu látok ako nenahraditeľného faktora pre edafón a vegetáciu. Z hľadiska výživy je dôležitý nielen transport látok z pôdneho roztoku do živých buniek koreňového systému rastlín, ale aj vertikálny transport pôdnym profilom. Ten je príčinou strát živín spláchnutím do nižších vrstiev. Vymývané nie sú len živiny dodané hnojivami, ale tiež živiny pôdnej zásoby a živiny uvoľnené mineralizáciou pôdnej organickej hmoty i pôdotvornými procesmi z minerálneho substrátu. V príspevku sú uvedené najdôležitejšie zásady jeho vzorkovania, sú tu načrtnuté ohrozenia vzorkujúceho personálu a opatrenia na ich elimináciu.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] ČURLÍK, J. a JURKOVIČ, Ľ. 2012: Pedogeochemia. UK: Bratislava. 229 s. ISBN 978-80-223-3210-1
- [2] HANSEN, H. CH. B. et al. 2001: Environmentálna chémia pôdy. UMB: Banská Bystrica. 107 s. ISBN 80-88784-36-0
- [3] HRDLÍČKA, F. 2007: Vzorkovací práce v sanačnej geológii - Metodický pokyn MŽP. Ministerstvo životného prostredia ČR. 84 s.
- [4] LICHNER, Ľ a HOLKO, L. 2001: Indikátorové metódy v hydropedológii a hydrológii povodí. VEDA, Bratislava. 102 s. ISBN 80-224-0700-3

ADRESY AUTOROV

RNDr. Maroš SIROTIK, PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Ústav integrovanej bezpečnosti, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika
e-mail: >maros.sirotiak@stuba.sk<

Ing. Lenka BLINOVÁ, PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Ústav integrovanej bezpečnosti, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika
e-mail: >lenka.blinova@stuba.sk<

RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU

Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.

REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS

Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.