

## Talaj pH meghatározás hiperspektrális módszerekkel

TOLNER Imre T. <sup>1</sup>, TOLNER László <sup>2</sup>, MILICS Gábor <sup>1</sup>, DEÁKVÁRI József <sup>3</sup>, FENYVESI László <sup>3</sup>, NEMÉNYI Miklós <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Nyugat Magyarországi Egyetem Mezőgazdasági és Élelmiszertudományi Kar H-9200 Mosonmagyaróvár  
Vár 2, [tolner.imre@mtk.nyme.hu](mailto:tolner.imre@mtk.nyme.hu)

<sup>2</sup> Szent István egyetem Talajtani és Agrokémiai tanszék, H-2103 Páter Károly utca 1. Gödöllő, Hungary

<sup>3</sup> VM Mezőgazdasági Gépesítési Intézete, H-2100 Tessedik Sámuel s. 4., Gödöllő, Hungary

### Összefoglalás

A precíziós mezőgazdaság elengedhetetlen feltétele a felszíni termőtalaj ismerete. A jelenleg használatos talajmintavételi eljárások információtartalma nem felel meg a korszerű technológiák nyújtotta kihívásoknak. Kutatásaink célja egy olyan hiperspektrális talaj fizikai és kémiai tulajdonság-meghatározási módszer fejlesztése, mely alkalmas talaj pH meghatározásra. Az előadásban az eddigi eredményeinket ismertetem.

**Kulcsszavak:** hiperspektrális, távérzékelés, talajsavanyúság,

### Bevezetés

A precíziós mezőgazdaság térhódításával fontossá vált az online is használható talajtulajdonság vizsgálati módszerek kifejlesztése. A talajtulajdonságok, a talajokban lejátszódó fizikai, kémiai és biológiai változások befolyásolhatják a talajfelszín optikai tulajdonságait. Ezek nagy hatékonysággal határozhatók meg távérzékelés segítségével.

A talajtulajdonságok minél pontosabb és részletesebb meghatározása egyaránt fontos a geológiai, a mezőgazdasági és a környezetvédelmi tudományok szempontjából. A hiperspektrális távérzékelés technológiája lehetővé teszi, hogy megismerjük a termőtalaj tulajdonságait nagy területeken a gyorsabb és gazdaságosabb módon, mint ahogyan ezt a hagyományos módszerekkel tehetnénk. A Mezőgazdasági Gépesítési Intézet légi hiperspektrális képalkotó szenzora az AISA DUAL és az ASD FieldSpec ® 3 Max hordozható spectroradiometer nagy területen képes a vizsgált felszínről információt gyűjteni. A műszerek spektrális hullámhossz-tartománya a 350 nm és 2500 nm közé esik. A hiperspektrális vizsgálatok során információt nyerhetünk a talaj sajátos ásványi összetételéről. Az ezeket meghatározó információk általában a vizsgált hullámhossz intervallum felső tartományában találhatóak (Kardeván 2000, 2007).

A talaj kémhatásának kimutatása spektrális távérzékeléssel nem könnyű, mert csak a talajfelület pH-jának közvetett hatásait lehet elemezni reflexiós spektrumok mérésével. Kísérletei alapján Seilera et al. (2007) bebizonyította, hogy a kémhatás változás az OH csoport koncentráció változását okozza. Ez a reflexiós spektrum vizsgálatával mérhető. Az OH csoportok mennyisége összefügg a talajban található savas csoportok mennyiségével. A savanyú talajokra jellemző  $\text{CaCl}_2$  tartalmú talajok esetében 1900-2000 nm tartományban található abszorpciós maximumban jelentős eltérések tapasztalhatók a különböző módon szárított talajminták esetében (Tolner et al., 2012).

A magyarországi talajok döntő hányada savanyú talaj. A megfelelő melioráció és talajvédelem miatt fontos megbecsülni a savasodás mértékét. (Várallyay et al., 1980; Várallyay, 2006; Husti, 2006). Vizsgálatok során fontos a talaj savanyúságának minél pontosabb jellemzése. A hagyományos laboratóriumi vizsgálatokon ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ,  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ,  $y_1$ , Buzás 1988) túl a talaj összes savanyúságát a talajsuszpenzió közvetlen titrálásával is meg lehet határozni. A meghatározás azon alapszik, hogy a talajsuszpenzió titrálása során konstans értéken tartjuk a pH-t (Czinkota et al., 2002).

Korábbi vizsgálataink során sósavas kezeléssel különböző pH értékre beállított talajminták esetén azt tapasztaltuk, hogy az megváltoztatja a talaj nedvszívó képességét (Tolner et al., 2012). A minták víztartalma erősen befolyásolja a reflexiós spektrumot (Neményi 2008, Milics 2004), ezért különös figyelmet fordítottunk a vizsgált talajminták száradására.

Jelen kísérletünkben, laboratóriumi körülmények között vizsgáltuk egy talajban különböző pH érték mellett jellemző kalciumásványok hatását a mintákon mért reflexiós spektrumokra.

## Vizsgálati anyag és módszer

Vizsgálatainkhoz homokos fóti talajmintákat használtam. Ennek jellemző tulajdonságai:

- $K_A=28.33$ ,
- Mész tartalom,  $\text{CaCO}_3 \text{ \%}=8 \text{ \%}$ ,  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}=8.2$ ,
- humusztartalom,  $\text{H \%}=1.4 \text{ \%}$ ,
- $\text{AL-P}_2\text{O}_5=95 \text{ ppm}$ ,
- $\text{AL-K}_2\text{O}=120 \text{ ppm}$ .

Háromféle kezelést alkalmaztunk:

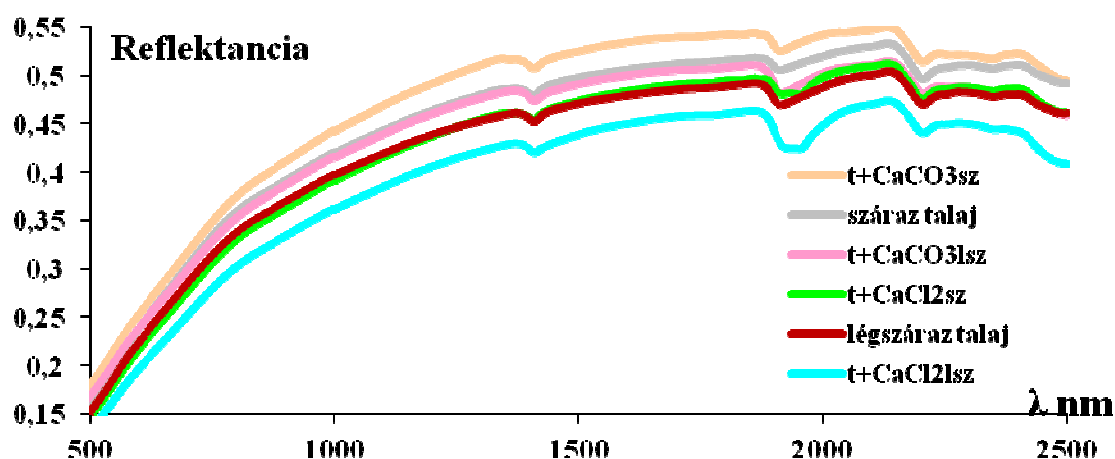
1. talaj: kezelés nélkül
2. t+ $\text{CaCO}_3$ : talaj + hozzáadott  $\text{CaCO}_3$  0,375% (Ca tartalom: 0,15%)
3. t+ $\text{CaCl}_2$ : talaj + hozzáadott  $\text{CaCl}_2$  0,415% (Ca tartalom: 0,15%)

Mind a három kezelés mintáinak reflexiós spektrumát vizsgáltuk száraz és légszáraz állapotban. A száraz állapotot a minták  $105 \text{ }^\circ\text{C}$ -on történő szárításával hoztuk létre. A légszáraz állapot a labor levegőjének páratartalmával egyensúlyt tartó nedvességállapot. Ezt az állapotot a minták 36 óra alatt érték el.

Hasonlóképpen megvizsgáltuk a  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  alt vegyszert is  $105 \text{ }^\circ\text{C}$ -on történő szárítást követően illetve a labor levegőjének páratartalmával egyensúlyt tartó nedvességállapotban is. A spektrumok felvételezése ASD Fieldspec 3 MAX spektrométerrel történt contactprob kiegészítő feltét alkalmazásával 3 pozícióban, pozícionként  $10 \times 20$  mérés átlagával készültek. A reflexiós spectrum adatokat kezelésenként átlagoltuk.

## Vizsgálati eredmények

A reflektancia spektrumok kezelésenként átlagolt adatait az 1. ábrán ábrázoltuk.



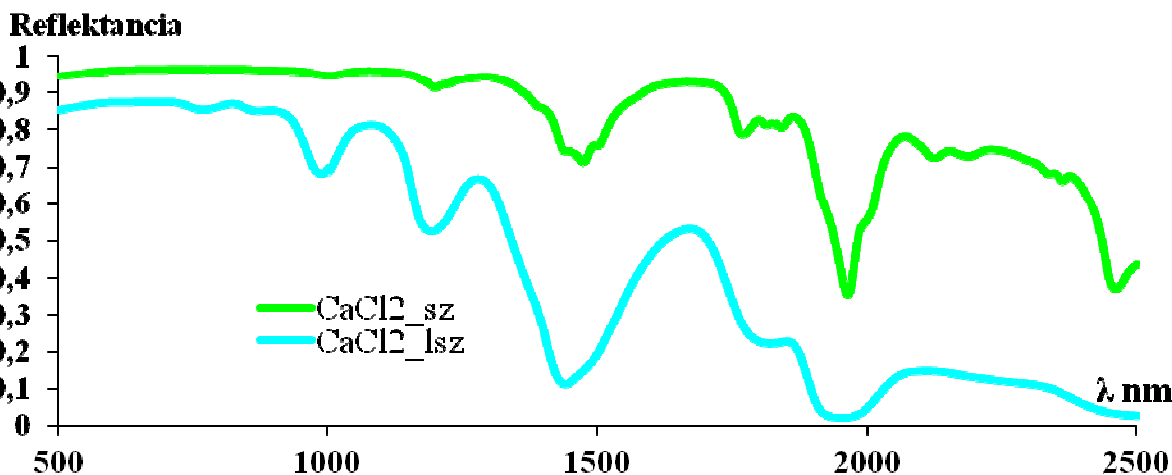
1. ábra A kezelt minták reflexiós spektrumai  $105 \text{ }^\circ\text{C}$ -on szárított („száraz” illetve „sz” jelölés), és a labor levegőjének páratartalmával egyensúlyt tartó nedvességállapotban („légszáraz” illetve „lsz” jelölés)

A spektrumgörbék  $1400\text{-}2400 \text{ nm}$  hullámhossz-intervallumban közelítőleg párhuzamosan futnak és sorrendjük az ábrán feltüntetett jelölések sorrendjének felel meg. Legkisebb

reflektanciát, vagyis a legnagyobb sugárzáselnyelést ebben a tartományban a légszáraz állapotú „t+CaCl<sub>2</sub>sz” jelölésű minta (talaj + hozzáadott CaCl<sub>2</sub>-ot tartalmazó) eredményezte. Legnagyobb reflektanciát, vagyis a legkisebb sugárzáselnyelést ebben a tartományban a 105 °C-on kiszáritott állapotú „t+CaCO<sub>3</sub>sz” jelölésű minta (talaj + hozzáadott CaCO<sub>3</sub>-ot tartalmazó) eredményezte.

A spektrumok mindegyike ugyanott 1400-1500, 1900-2000 és 2200-2300 nm tartományokban lokális reflektancia minimumokat, vagyis adszorpciós csúcsokat mutat.

Mivel a legnagyobb hatást a hozzáadott CaCl<sub>2</sub> okozta, ezért annak reflektanciáját önmagában is megvizsgáltuk (2. ábra)

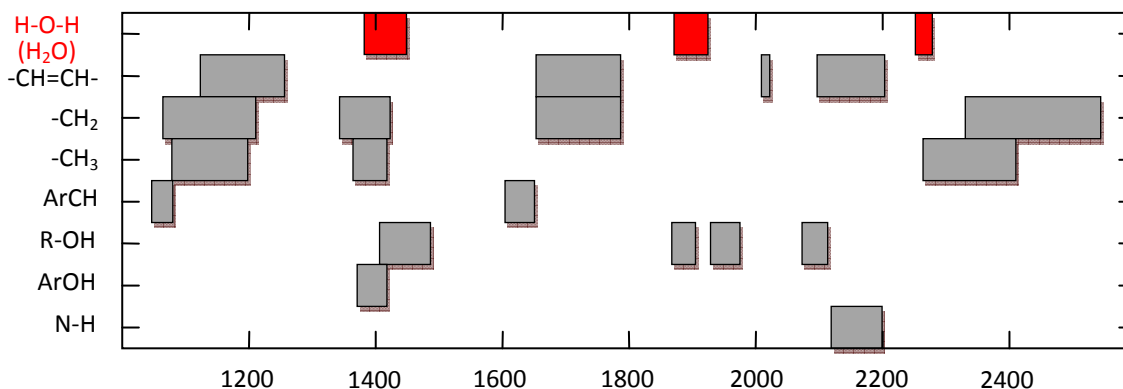


2. ábra A CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O 105 °C-on szárított („sz” jelölés), és a labor levegőjének páratartalmával egyensúlyt tartó nedvességállapotban („lsz” jelölés)

Mindkét spektrum 1400-1500, 1900-2000 nm tartományokban lokális reflektancia minimumokat, vagyis adszorpciós csúcsokat mutat. A labor levegőjének páratartalmával egyensúlyt tartó nedvességállapotban 90%, illetve azt meghaladó sugárzáselnyelést tapasztaltunk.

### Vizsgálati eredmények értékelése, megvitatása, következtetések.

Irodalmi adatok alapján a víz 1400-1500, 1900-2000 és 2200-2300 nm tartományokban mutat jellemző abszorpciós maximumokat (3. ábra)



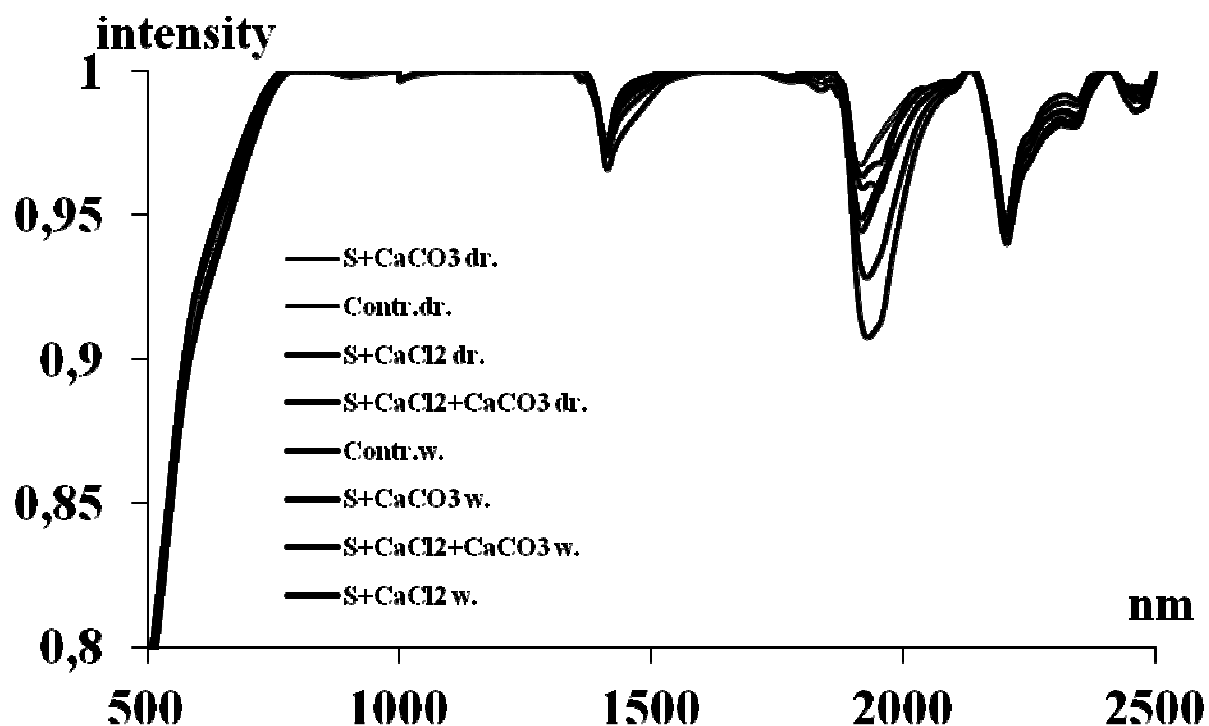
3. ábra a különböző molekulákra, illetve kötésekre jellemző elnyelési sávok az 1000-2500 nm-es hullámhossztartományban (Westand at.al., 2008).

Ez alapján valószínűsíthető, hogy a vizsgált anyagok spektrumai közti eltérések elsősorban a nedvességtartalmuk közötti különbségekre vezethetők vissza. Az azonos szárítási

körülményeknek kitett minták közötti eltérések, azok eltérő nedvességmegkötő illetve nedvesség-visszatartó képesség miatti eltérő nedvességtartalom hatásainak tulajdoníthatóak. Közismert, hogy a kezeléseinkben alkalmazott anyagok közül a  $\text{CaCO}_3$ : nem, míg a  $\text{CaCl}_2$  erősen nedvszívó anyag. A  $105^\circ\text{C}$ -on szárított  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  nem veszi el teljes víztartalmát. Az anyag teljes vízvesztése csak  $260^\circ\text{C}$  felett érhető el. Ezért láthatók vízre jellemző abszorpciós csúcsok a 2 ábrán, a szárított kalcium klorid esetében is.

A kétféle kalciumkezelés közül, melyet alkalmaztunk az egyik a  $\text{CaCO}_3$ . Ez a semleges, vagy gyengén lúgos talajok jellemző alkotórésze. A másik a  $\text{CaCl}_2$ , ami a  $\text{CaCO}_3$ -ból keletkezhet jellemzően kálisó (KCl) alkalmazása eredményeképpen létrejött savanyító hatásra.

Az adszorpciós maximumok különösen élesen rajzolódnak ki kontinuum eltávolítást követő spektrum görbéken (4. ábra).



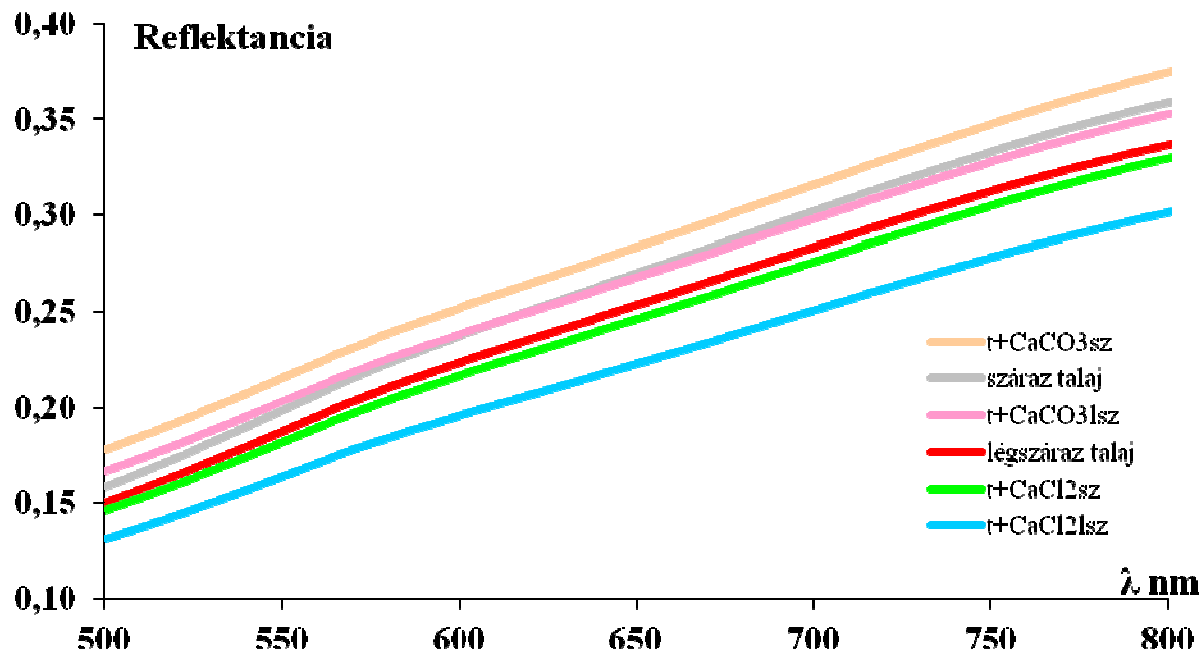
4. ábra A kezelt minták reflexiós spektrumai kontinuum eltávolítást követően. A minták  $105^\circ\text{C}$ -on szárított („száraz” illetve „sz” jelölés), és a labor levegőjének

1900 és 2000 nm között láthatók a legnagyobb különbségek a görbék között. Az ebben a tartományban található negatív csúcsban elkülönülő görbék sorrendje az ábrán levő kezelés megjelölésekkel megegyezik. Legkisebb eltérést a maximális reflexiótól a szárított vízmentes minták („száraz” illetve „sz” jelölés) adták. Ezek közül a legnagyobb reflexiót az „t+ $\text{CaCO}_3$ sz” jelölésű  $\text{CaCO}_3$  kezelést kapott szárított talajminta mutatta.

A legkisebb reflexiót a „t+ $\text{CaCl}_2$ sz” jelölésű minta (talaj + hozzáadott  $\text{CaCl}_2$ -ot tartalmazó) levegő páratartalmával egyensúlyt tartó nedvességű minta eredményezte. A  $105^\circ\text{C}$ -on szárított különböző minták között kicsi eltérést tapasztaltunk. A levegő páratartalmával egyensúlyt tartó minták közül a kezeletlen talaj és a  $\text{CaCO}_3$  kezelést kapott minták reflexiója csak kismértékben tért el egymástól, míg a  $\text{CaCl}_2$  kezelést kapott talajminta reflexiója jelentősen lecsökkent. A vízre jellemző másik két hullámhossztartományban (1400-1500 és 2200-2300 nm) szintén abszorpciós maximumokat találunk, de ezek kevésbé függenek a kezelésektől.

A minták eredeti (kontinuum eltávolítás nélküli) reflektancia spektrumai a teljes vizsgálati tartományban (500-2500 nm) eltéréseket mutatnak (1.ábra) Ezek az eltérések nem

értékelhetők olyan egyértelműen, mint az előbb tárgyalt abszorpciós maximumokban, de mégis hasonló tendenciát követnek. A nagyobb nedvességtartalmúak kisebb, míg a kisebb nedvességtartalmúak nagyobb reflektanciát eredményeznek. Gyakorlati jelentősége ennek a látható fény tartományban lehet (5. ábra).



5. ábra A kezelt minták reflexiós spektrumai 500-800 nm-es tartományban. A minták 105 °C-on szárított („száraz” illetve „sz” jelölés), és a labor levegőjének páratartalmával egyensúlyt tartó nedvességállapotban („légszáraz” illetve „lsz” jelölés) vannak.

A minták nedvességtartalmától függő eltérő nedvességtartalma elsősorban a 700–800 nm-es tartományban értékelhető. Ebben a tartományban a spektrumvonalak a jelmagyarázatban feltüntetett sorrendben (5. ábra) helyezkednek el egymás alatt.

Összefoglalóan megállapítható, hogy a savanyú talajokban előforduló CaCl<sub>2</sub> hatására a talaj száraz és légnedves állapota között a különbség optikai eszköz segítségével meghatározható és ezzel megkülönböztethető a semleges illetve gyengén lúgos talajokban előforduló CaCO<sub>3</sub> hatásától. További vizsgálatok alapján a jelenség felhasználásával lehetővé válhat, hogy száraz és nedves időszakban távérzékeléssel felvett spektrumok elemzése alapján a talaj savanyúságáról információt nyerjünk. Mivel látható tartományban is eltéréseket kaptunk ez felveti annak a lehetőségét is, hogy lehetnek olyan esetek, amikor látható tartományban észlelő egyszerűbb eszközökkel is közelítő eredményeket érhetünk el.

## Irodalomjegyzék

- BEUSELINK, L. G., GOVERS, G., POESEN, J. & DEGRAER, G., (1998): Grain-size analysis laser diffractometry: Comparison with the sieve-pipette method. *Catena* 32.193-208.
- BUZÁS, I., (1988): Talaj és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 2. A talajok fizikai-kémiai és kémiai vizsgálati módszerei. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- CZINKOTA, I., FILEP, GY., RÉKÁSI, M., CZANIK, P., (2002): An Equipment and Software for Improved estimations of Soil Acidity. *Agrokémia és Talajtan*. 51. 63-73.
- HUSTI, I., (2006): The main elements of sustainable food chain management. - *Cereal Research Communications*, 34. 793-797.

- KARDEVÁN, P., RÓTH, L., VEKERDY, Z., (2000):** Terepi spektrométeres mérések a 2000. márciusi, bányászati tevékenység okozta tiszai nehézfém szennyeződések hatásának vizsgálatára. Földtani kutatás, 2000. IV.
- KARDEVÁN, P., 2007.** Reflectance Spectroradiometry – A New Tool For Environmental Mapping, Carpth. J. of Earth and Environmental Sciences, 2. No. 2, p. 29 – 38
- NEMENYI, M., MILICS, G., MESTERHÁZI, P.Á., (2008):** The role of the frequency of soil parameter database collection with special regard to on-line soil compaction measurment. In: Andrea Formato: Advence in Soil & Tillage Research. pp. 125-140. ISBN 978-81-7895-353-3
- MILICS, G., NAGY, V., ŠTEKAUEROVÁ, V., (2004):** GIS applications for groundwater and soil moisture data presentations. - 12. Posterový deň s medzinárodnou účasťou a Deň otvorených dverí na UH SAV. Transport vody, chemikálií a energie v systéme pôda-rastlina-atmosféra, 25. november 2004, Ústav hydrológie SAV, Račianska 75, Bratislava, Slovenská Republika, Konferenčné CD, ISBN 80-89139-05-1
- SEILERA, B., KNEUBÜHLERA, M., WOLFGRAMMB, B., ITTENA, K.I., (2007):** Quantitative Assessment Of Soil Parameters In Western Tajikistan Using A Soil Spectral Library Approach - 10th International Symposium on PHysical Measurements and Signatures in Remote Sensing (ISPMSRS'07) Davos, Switzerland 12 – 14 March 2007
- TOLNER, I.T., SZALAY, K.D., CSORBA, Á., FENYVESI, L., NEMÉNYI, M. (2012):** Evaluating the effect of acidity and humidity on the optical characteristic of a soil sample. Növénytermelés 61. 287-290.
- VÁRALLYAY, GY., SZÓCS, L., MURÁNYI, A., RAJKAI, K., ZILAHY, P., (1980):** Map of soil factors determining the agro-ecological potential of Hungary (1:100 000) II. (In Hungarian). Agrokémia és Talajtan. 29. 35-76.
- VÁRALLYAY, G., (2006):** Life quality - soil - food chain. Cereal Research Communications. 34. 335-339.
- WESTAND, F., SCHMIDT, A., KERMIT, M., (2008):** Incorporating chemical band-assignment in near infrared spectroscopy regression models. Journal of Near Infrared Spectroscopy 16. 265-273