

# Mészigény becslésére alkalmas módszerek összehasonlítása

*Rékási Márk*

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest

E-mail: rekasi@rissac.hu

## Összefoglalás

Egy 23 savanyú talajból álló mintakollekción hasonlítottunk össze néhány „hagyományos” (kötöttségen és hidrolitikus savanyúságon, a csak a hidrolitikus savanyúságon, a talaj telítetlenségén alapuló) mézigény becslésére szolgáló módszert a talajok pH-sztat titrálása során nyert adatok alapján számított mészadaggal. A következőket állapíthatjuk meg. A különböző eljárásokkal számított mészadagok között akár 1,5-szeres eltérés is lehetséges. A pH-sztat titráláson és a talaj telítetlenségén alapuló mészadag esetében a leiszapolható rész egy egységnyi növekedésével a szükséges mészadag 0,2 tonnával emelkedik hektáronként. A kötöttségen és  $y_1$  értéken, illetve csak az  $y_1$  értéken alapuló módszer esetében ugyanez az érték 0,4 tonna. A kötöttségen és a hidrolitikus aciditáson alapuló mészadag több mint 4 tonnával nő hektáronként az  $y_1$  érték 1 egységgel történő növekedésének hatására, míg a talaj telítetlensége vagy a talaj savanyúsága alapján számított mészadag körülbelül 2 tonnával nő hektáronként. A homoktalajok esetében a különbségek nagyobbak az eltérő paramétereken alapuló mészadag-becslések között.

## Summary

In this work three „conventional” method for lime requirement calculation was compared with a new method which is based on pH stat titrations. The number of investigated soils was 23. The three “conventional” methods are based on the value of upper limit of plasticity and hydrolytic acidity; hydrolytic acidity; and the difference between CEC and base saturation of soil. Based on this investigation one can state the followings; the lime volumes calculated by the investigated methods may differ in 50%. The lime amount based on the pH-stat titration and the unsaturation of the soil increased by 0.2 t/ha by one unit clay+silt% increase. In case of the calculation methods based on the value of upper limit of plasticity and hydrolytic acidity and only hydrolytic acidity the increment in function of clay+silt% was 0.4 t/ha. The lime amount based on the value of upper limit of plasticity and hydrolytic acidity increased more than 4 t/ha by 1 unit hydrolytic acidity increase. The lime amount based on the pH-stat titration and unsaturation of soil increased more than 2 t/ha in function of 1 unit hydrolytic acidity increase. On sandy soils the lime amounts calculated by the investigated methods showed greater difference than on heavier textured soils.

## Bevezetés

Savanyú talajok kedvezőtlen tulajdonságainak megszüntetése érdekében – amennyiben szükséges – talajjavítást kell végrehajtani.

A savanyú talajokra jellemző alacsony pH, bázistelítetlenség csökkentése, vagy megszüntetése céljából általában valamilyen  $\text{CaCO}_3$ -tartalmú anyagot

juttatnak a talajba. Ez lehet: mészkőpor, lápi mész, cukorgyári mésziszap, meszes altalajt stb. A javításhoz általában 5-20 t/ha javítóanyag szükséges.

A meszezés céljaként a fentiekén kívül továbbiak is megjelölhetők (NÉMETH & KÁDÁR, 1998):

- a Ca-szolgáltató képesség fenntartása,
- az agyagtalajok, kötöttebb talajok szerkezetének javítása,
- az erózió, rossz vízgazdálkodás elleni védelem,
- a tápelemek felvehetőségének javítása (N, P, K, Ca, Mg, B, Mo, Se),
- a toxikus elemek felvehetőségének gátlása (Fe, Mn, Zn, Cu, Al, Cd, Ni, Pb),
- a talajélet javítása, mikrobiológiai aktivitás növelése.

A meszezéssel elérni kívánt pH érték többféle lehet. Ha csak a savas kémhatás megszüntetése a cél akkor elégséges a pH 6-7 körüli érték elérése. Mezőgazdasági termelés céljaira viszont a gyengén lúgos (pH 7-8,5) kémhatás a legmegfelelőbb (VÁRALLYAY, 1943). A célként kitűzött pH értékét a természetesi kívánt növény igénye is befolyásolja (FILEP, 1999). „Az ún. teljes adagú meszezés, mely a savanyúságot teljes mértékben meg akarja szüntetni, sem kémiai, sem biológiai okok miatt nem a legjobb megoldás” (STEFANOVITS & VÁRALLYAY, 1989).

A mészadag becslésére szolgáló módszerek összehasonlítását több munka is tárgyalja (AITKEN et al. 1990; TRAN & LIEROP 1981, 1982; FILEP & CSUBÁK 1989) Az első kettő kizárólag az ún. puffer-módszerek összehasonlításával, míg utóbbi főként a talajparamétereken alapuló számításokkal foglalkozik. FILEP & CSUBÁK (1990) csoportosítása szerint 3 alapvető típusba sorolhatók a mészadag becslésére szolgáló megoldások. A számítás történhet:

- a talaj egyes kémiai tulajdonságai alapján,
- megfelelő pufferoldattal készített talajszuszpenziók kezdeti és egyensúlyi pH-ja alapján (SCHOEMAKER et al., 1961; WOODRUFF, 1948; MEHLICH, 1976),
- -szabadföldi meszezési kísérletek alapján.

Ezekén kívül a mészadag meghatározható különböző arányú talaj/CaCO<sub>3</sub> keverékek érlelésével is.

A becslésre a leggyorsabb megoldást a talajok laboratóriumban meghatározható paramétereire alapuló számítási módszerek jelentik:

1) A hazai szaktanácsadásban használt képlet módosított változata (FILEP, 1976):

$$\text{CaCO}_3 \text{ t/ha} = y_1 \cdot K_A / 100 \cdot 1,74$$

Ahol:  $y_1$  a hidrolitikus aciditás,  $K_A$  az Arany-féle kötöttségi szám, 1,74 pedig a kh-ról ha-ra történő számítás szorzófaktor.

2) A talaj adszorbeált H-ion-tartalmából kiinduló számítás (FILEP, 1999):

$$\text{CaCO}_3 \text{ t/ha} = (0,62 \cdot y_1) \cdot 1,5$$

Az 1,5-ös érték a következőképpen áll elő:

$$\text{CaCO}_3 \text{ t/ha} = H^+ \cdot \rho \cdot M \cdot E/10,$$

ahol  $H^+$  a hidrogénionok mennyisége (mgeé/100g),  $\rho$  a talaj térfogattömege ( $\text{t/m}^3$ ),  $M$  a javítandó réteg vastagsága (m),  $E$  a  $\text{CaCO}_3$  egyenértéktömege (50). Ha a térfogattömeget  $1,5 \text{ t/m}^3$ -nek, a javítandó réteg vastagságát  $0,2 \text{ m}$ -nek vesszük, akkor  $\rho \cdot M \cdot E/10 = 1,5 \cdot 0,2 \cdot 5 = 1,5$ . Az összes savanyúság  $= 0,62 \cdot y_1$  (FILEP, 1999).

3) A talaj telítetlensége alapján történő számítás:

$$\text{CaCO}_3 \text{ t/ha} = (T - S) \cdot 1,5$$

4) A talaj telítettsége alapján:

$$\text{CaCO}_3 \text{ t/ha} = (X\% - V\%)/100 \cdot T \cdot 1,5$$

Ahol  $X\% = 100; 95$  vagy  $90^*$

FILEP & CSUBÁK (1989) a fenti számítások és az érlelési eljárás eredményeinek – mint standardnak – az összevetéséből a következő megállapításokra jutott. A magyarországi savanyú talajok többségénél a felső 0-20 cm-es réteg 6,5-ös pH-ra történő meszezéséhez a 3. képlet által számítható mennyiség a legalkalmasabb. Homok és vályogtalajoknál az 1 képlet alapján számított dózis fele is elfogadható. Amennyiben 6,8-as pH-érték a cél, a 2. képlet a legmegfelelőbb.

A fent ismertetett módszereken túl a mészigény becsülhető a talaj pH-sztat titrálása során nyert adatok alapján is (CZINKOTA et al., 2002). Ebben a munkában ez utóbbi módszerrel és a hagyományos számítási eljárások segítségével számítható mészadagokat vetjük össze.

## Anyag és módszer

A vizsgálatokhoz Magyarország területéről származó különböző fizikai és kémiai paraméterekkel rendelkező 23 db talajmintát használtunk fel. A tesztelt pH-sztat mérés elve a következő: a talajszuszpenzió pH-ját pH-szelektív elektród segítségével folyamatosan mértük. Az elektród által szolgáltatott jelet másodpercenként erősítés és digitalizálás után számítógép dolgozta fel, amit előzetes kalibrálás alapján pH értékre számított át. A titrálásokat pH = 8,2 értéken végeztük, a pH beállításához  $0,1 \text{ mol/dm}^3$  NaOH-ot használtunk. A reakciók leírására, FILEP & CSUBÁK (1997) nyomán egy kéttagú, különböző

---

\* Az X értéke attól függ, hogy a meszezéssel milyen bázistelítettség-értéket kívánunk elérni: 100, 95 vagy 90 %-ot.

sebességi állandójú, kinetikailag elsőrendű reakció matematikai leírására alkalmas egyenletet használtunk (CZINKOTA et al., 2002):

$$y = C + a_1 \cdot (1 - e^{-k_1 t}) + a_2 \cdot (1 - e^{-k_2 t}) \quad \text{ahol:}$$

y az adagolt sav-, vagy lúgoldat mennyisége, mgeé/100g

C az adott pH eléréséhez szükséges sav, vagy lúg mennyisége, mgeé/100g  
t idő, sec

a<sub>1</sub> a gyorsabb folyamathoz tartozó sav-, vagy lúgfogyasztás, mgeé/100g

a<sub>2</sub> a lassabb folyamat sav-, vagy lúgfogyasztása, mgeé/100g

k<sub>1</sub> a gyorsabb folyamat sebességi állandója, s<sup>-1</sup>

k<sub>2</sub> a lassabb folyamat sebességi állandója, s<sup>-1</sup>.

A talajok fizikai tulajdonságai közül az Arany-féle kötöttségi (K<sub>A</sub>) számot és a leiszapolható részt %-ot (Li%) határoztuk meg. A pH meghatározása 1:2,5 talaj:desztillált víz, illetve 1:2,5 talaj:1 mol/dm<sup>3</sup> KCl-oldat arányú szuszpenziókban, az összekeverést követően 24 órával történt. A humusztartalmat (Hu%) Tyurin módszerével mértük. A hidrolitikus aciditás meghatározása (y<sub>1</sub>) egyszeri egy órás rázatást alkalmazva, 1:2,5 talaj:Ca-acetát (pH = 8,2) arány mellett történt (KAPPEN, 1929). A talajok effektív kationcsere kapacitását (T<sub>eff</sub>) és kicserélhető kation-tartalmát GILLMAN (1979) eljárásával határoztuk meg. A potenciális kationcsere képességet (T<sub>pot</sub>) és kicserélhető kation-tartalmát BASCOMB (1964) eljárásával végeztük.

### Eredmények és értékelésük

Az alábbiakban a mészadag becslésére lehetséges megoldást jelentő, különböző laboratóriumban meghatározható talajparamétereken alapuló számítási eljárásokat vetünk össze a titrálóberendezéssel nyert adatokon alapuló mészadaggal. A vizsgált talajminták néhány jellemző tulajdonságát az 1. táblázat mutatja be.

A pH-sztat titrálás értékelésére használt egyenlet alapján a mészadag a következőképpen számítható:

$$\text{CaCO}_3 \text{ g/kg talaj} = (C + a_1 + a_2) \cdot c / 2m \quad (\text{mészadag1})$$

Ahol C + a<sub>1</sub> + a<sub>2</sub> a fogyott lúg mennyisége ml-ben, c a titráláshoz használt lúg koncentrációja, m a titrált talaj tömege g-ban. Az ilyen módon kiszámított mészadagot t/ha-ra számítottuk át.

A pH-sztat titrálás segítségével kapott mészadagot a következő számítási módszerekkel nyert értékekkel vetettük össze:

$$\text{CaCO}_3 \text{ t/ha} = y_1 \cdot K_A / 100 \cdot 1,74 \quad (\text{mészadag2})$$

$$\text{CaCO}_3 \text{ t/ha} = (0,62 \cdot y_1) \cdot 1,5 \quad (\text{mészadag3})$$

$$\text{CaCO}_3 \text{ t/ha} = (T - S) \cdot 1,5 \quad (\text{mészadag4})$$

1. táblázat. A talajminták néhány tulajdonsága

Talaj	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	Li	Hu	T-érték		S-érték	y <sub>1</sub>
					effektív	pH8,1		
				%	mgeé/100g			
Újfehértó	6,4	5,6	5	0,75	0,6	1,8	0,6	2,1
Rakamaz	5,3	3,9	6	0,67	0,4	2,1	0,3	2,4
Szakoly	6,3	4,8	7	0,64	1,4	2,2	1,3	1,9
Nyírgelse	5,3	4,2	8	0,82	1,7	1,9	1,6	2,0
Balkány	6,1	4,7	9	0,75	4,7	5,6	4,6	1,7
Hajdúsámsón	4,8	3,7	11	0,88	1,3	2,7	1,0	2,4
Vaja	5,6	4,1	20	1,16	3,3	6,1	2,8	3,2
Tanakajd 6	6,1	5,0	23	1,74	3,7	6,0	3,5	2,6
Nyíregyháza 1	6,0	4,5	25	1,23	9,8	12,2	9,3	3,2
Nyíregyháza 2	6,1	4,6	27	1,55	9,1	12,9	8,7	3,1
Kocsord	6,0	4,3	34	1,12	10,4	12,8	10,0	2,9
Bodrogolaszi	5,8	4,8	40	1,20	11,5	13,4	10,9	2,4
Tanakajd 7	5,5	4,5	44	1,78	12,8	17,7	12,6	7,6
Penyige	5,8	4,2	47	1,66	10,4	15,5	10,0	4,0
Tanakajd 4	4,4	3,5	48	2,98	3,3	6,8	0,9	6,1
Tanakajd 1	5,2	3,9	54	1,37	4,8	8,3	3,9	4,3
Tanakajd 3	4,3	3,4	55	0,91	7,7	15,7	1,4	10,2
Tanakajd 5	4,5	3,6	57	0,94	5,2	12,2	2,0	8,3
Tanakajd 2	5,2	3,8	60	3,54	17,8	26,0	16,0	6,1
Ragály	4,5	3,2	61	2,60	8,2	14,3	3,6	9,2
Kérsemjén	6,2	4,6	63	1,92	20,4	24,2	19,8	3,1
Gagyvendégi	5,5	4,2	68	3,10	12,3	18,1	12,2	5,8
Putnok	5,5	4,0	69	1,90	19,5	26,2	18,9	3,4

na – nem mért érték

A különböző módszerekkel kapott értékeket a 2. táblázat mutatja be. Látható, hogy a talaj telítetlensége alapján számított mészsadag átlagosan a fele, vagy kevesebb, mint a fele a másik három számítási eljárással kapott mészsadagnak. A telítetlenségi érték azt mutatja meg, hogy az adszorpciós komplexum hány százalékán találhatóak nem bázikus kationok (Al<sup>3+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, stb). Az ez alapján számított mészsadag csak az ezekkel a nem bázikus kationokkal egyenértékű Ca<sup>2+</sup> ion talajba juttatását jelenti. A másik három számítás esetében viszont a telítetlenséggel szorosan összefüggő savanyúságot a talaj kötöttségével korrigáljuk (mészsadag2), tapasztalati értékkel szorozzuk (mészsadag3), vagy a mért savanyúságértéket extrapoláljuk. Így ezeknél a számítási módszereknél a javításhoz szükséges mész mennyisége meghaladja a kizárólag telítetlenségen alapuló értéket.

Az új eljárással, pH-sztat titrálás alapján kapott mészsadagokat a összehasonlítottuk a hagyományos módszerekkel kapott értékekkel. Az összehasonlításhoz lineáris regressziót alkalmaztunk:

$$\text{mészsadag2} = 1,5 \cdot \text{mészsadag1} - 6,5 \quad R^2 = 0,75$$

$$\text{mészsadag3} = 1,5 \cdot \text{mészsadag1} - 2,4 \quad R^2 = 0,82$$

$$\text{mészsadag4} = 0,7 \cdot \text{mészsadag1} - 3,1 \quad R^2 = 0,86$$

**2. táblázat.** A vizsgált talajok javításához szükséges mészsadag különböző paraméterek alapján, CaCO<sub>3</sub> t/ha (jelmagyarázat a szövegben)

Talaj	mészsadag1 (C + a <sub>1</sub> + a <sub>2</sub> ) · c / 2m	mészsadag2 y <sub>1</sub> · K <sub>A</sub> /100 · 1,74	mészsadag3 (0,62 · y <sub>1</sub> ) · 1,5	mészsadag4 (T - S) · 1,5
Szakoly	5	4	9	1
Tanakajd 6	6	8	12	4
Nyírgelse	8	5	9	1
Hajdúsámson	9	5	11	3
Bodrogolaszi	9	8	11	4
Vaja	9	7	15	5
Kocsord	10	8	13	4
Újfehértó	10	5	10	2
Nyíregyháza 1	11	8	15	4
Nyíregyháza 2	12	7	14	6
Balkány	12	4	8	2
Rakamaz	12	5	11	3
Kérsemjén	13	14	14	7
Penyige	14	14	19	8
Gagyvendégi	15	23	27	9
Putnok	16	15	16	11
Tanakajd 7	16	37	35	8
Tanakajd 4	19	23	29	9
Tanakajd 1	21	14	20	7
Tanakajd 2	21	29	29	15
Tanakajd 5	25	27	39	15
Ragály	27	34	43	16
Tanakajd 3	32	43	47	21
Átlag	14	15	19	7

na – nem mért érték

Fentiek alapján kijelenthető, hogy a vizsgált talajok esetében a hagyományos, kötöttségen és hidrolitikus aciditáson, illetve a csak ez utóbbin alapuló mészsadag-beclsés másfélszeresen felülmúlja a pH-sztat-on alapuló

mészadag értékét. A talaj telítetlensége alapján becsült mészigény viszont csak 70%-a a pH-sztat titrálás alapján számított értéknek.

A talajtulajdonságok és a különböző módon számított mészadagok összefüggését lineáris regresszióval vizsgálva a következő megállapításokat tehetjük.

A pH-sztat titrálás alapján számított mészadag (mészadag1) legszorosabb korrelációt a talaj hidrolitikus aciditásával és a kicserélhető  $Al^{3+}$  mennyiségével mutatta, ami azzal magyarázható, hogy a pH-sztat titrálás alkalmával fogyott lúg mennyiségével is ezek a paraméterek vannak a legszorosabb kapcsolatban. A számítás módja szerint ehhez a mészadaghoz legközelebb álló érték az  $y_1$  alapján számított mészadag lehet (mészadag3), ami viszont ennek ellenére több mint 1,5 - szeresen múlja felül a mészadag1-et.

A kötöttség és a hidrolitikus aciditás alapján számított mészadag (mészadag2) értelemszerűen ezzel a két paraméterrel van a legszorosabb korrelációban. Ezekon kívül a kötöttséggel szoros kapcsolatban lévő humusztartalommal és leiszapolható résszel mutatható még ki szorosabb összefüggés.

Az  $y_1$  értéke alapján számított  $CaCO_3$  mennyiség a humusztartalommal, a kicserélhető  $Al^{3+}$  mennyiségével és a kötöttséggel van szoros összefüggésben.

A talaj telítetlensége alapján számított mészigény a humusztartalommal, a leiszapolható résszel és a kicserélhető  $Al^{3+}$  mennyiségével mutat összefüggést.

A különböző módon számított mészadagok és a talajok fizikai féleségének összefüggését regresszióval vizsgáltuk:

A titráló-berendezéssel mért savanyúságértéken alapuló mészadag és a talaj leiszapolható része között lineáris összefüggést feltételezve a következő egyenleteket kapjuk:

$$\begin{array}{ll} \text{mészadag1} = 0,2 \cdot Li\% + 6,7 & R^2 = 0,47 \\ \text{mészadag2} = 0,4 \cdot Li\% + 1,1 & R^2 = 0,52 \\ \text{mészadag3} = 0,4 \cdot Li\% + 6,9 & R^2 = 0,57 \\ \text{mészadag4} = 0,2 \cdot Li\% + 0,2 & R^2 = 0,60 \end{array}$$

Látható, hogy az új és a talaj telítetlenségén alapuló mészadag esetében a leiszapolható rész egy egységnyi növekedésével a szükséges mészadag 0,2 tonnával emelkedik hektáronként. A másik két módszer esetében ugyanez az érték 0,4 tonna.

A hidrolitikus aciditás esetében a regressziót hasonlóképpen elvégezve az alábbi egyenleteket kapjuk (a regresszióknak a mészadag3 esetében nincs értelme, mivel az csak az  $y_1$  értékén alapul):

$$\begin{array}{ll} \text{mészadag1} = 2,4 \cdot y_1 + 3,9 & R^2 = 0,83 \\ \text{mészadag2} = 4,5 \cdot y_1 - 4,3 & R^2 = 0,94 \\ \text{mészadag4} = 1,9 \cdot y_1 - 1,3 & R^2 = 0,82 \end{array}$$

Ezek az egyenletek azt mutatják, hogy a hidrolitikus aciditás értékének egy egységnyi emelkedésének hatására a talaj telítetlensége vagy a talaj

savanyúsága alapján számított mészsadag körülbelül 2 tonnával nő hektáronként. Ezzel szemben a kötöttségen és a hidrolitikus aciditáson alapuló mészsadag több mint 4 tonnával nő hektáronként az  $y_1$  érték 1 egységgel történő növekedésének hatására.

Ha a regressziókat a mészsadagok és a pH, vagy a humusztartalom vonatkozásában végezzük el, akkor is hasonló módon aránylanak egymáshoz a meredekség értékei. Ezek alapján kimondható, hogy a pH-sztat titráláson, illetve a talaj telítetlenségén alapuló mészsadagok (mészsadag1, mészsadag4) kevésbé érzékenyen változnak a talajtulajdonságok függvényében, mint az  $y_1$  értéket figyelembe vevő számítással kalkulált mészsadagok (mészsadag2, mészsadag3).

A pH-sztat titráláson alapuló mészsadag tehát a talajtulajdonságokkal való kapcsolatát tekintve a telítetlenség alapján számított mészsadaghoz áll a legközelebb, értéke azonban átlagosan kétszerese azének.

Ha a vizsgált talajmintákat két csoportra osztjuk és a 25 %-nál kevesebb leiszapolható résszel rendelkező talajokat külön kezeljük akkor a 3. táblázatban látható átlagos mészsadag-értékek adódnak. Megfigyelhető, hogy homoktalajok esetében a különbségek nagyobbak az eltérő paramétereken alapuló mészsadagbecslések között. A telítetlenségén alapuló mészsadag csak harmad akkora, mint a csak talaj savanyúságát figyelembe vevő értékek. Az új mérési eljáráson alapuló módszerrel homoktalajon közel kétszer akkora mészsadagot javasolunk, mint az általánosan elfogadott, a kötöttségen, illetve a savanyúságon alapuló módszerrel, míg a teljes mintakollekcióra vonatkozó átlagot alapul véve nincs közöttük különbség.

**3. táblázat.** A vizsgált homok-, illetve vályogtalajok javításához szükséges átlagos mészsadagok különböző paraméterek alapján,  $\text{CaCO}_3$  t/ha  
(jelmagyarázat a szövegben)

Talaj	mészsadag1 $(C + a_1 + a_2) \cdot c / 2m$	mészsadag2 $y_1 \cdot K_A / 100 \cdot 1,74$	mészsadag3 $(0,62 \cdot y_1) \cdot 1,5$	mészsadag4 $(T - S) \cdot 1,5$
<b>Homok talajok (n=10)</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>11</b>	<b>3</b>
<b>Vályog talajok (n=15)</b>	<b>18</b>	<b>21</b>	<b>25</b>	<b>10</b>

Így méréseink alapján, homoktalajokon valószínűsíthető nagyobb eltérés a hagyományos módszerekhez képest az új módszer alkalmazása esetén. Ezeket az eredményeket azonban érlelési és szabadföldi meszezési kísérletekkel szükséges igazolni.



### **Irodalomjegyzék**

- AITKEN, L. R., MOODY, P. W. & MCKINLEY, P. G. (1990): Lime requirement of acidic queensland soils I. Relationship between soil properties and pH buffer capacity. *Aust. J. Soil Res.* **28**. 695-701.
- BASCOMB C. (1964): Rapid methods for the determination of cation exchange capacity of calcareous and non calcareous soils. *J. Soil Sci. Food Agri.* **15**. 821-823.
- CZINKOTA, I., GY. FILEP, M. RÉKÁSI & P. CZANIK (2002): An equipment and software for improved estimations of soil acidity. *Agrokémia és Talajtan* **51**. 1-2. 63-72.
- FILEP GY. (1976): Talajtani alapismeretek II. DATE. Debrecen (egyetemi jegyzet)
- FILEP GY. 1999. Talajtani alapismeretek I. Általános talajtan. DATE MTK. Debrecen (egyetemi jegyzet).
- FILEP GY & CSUBÁK M. (1997): A protonátmenettel járó felületi reakciók kinetikája talaj/vizesoldat rendszerekben. *Agrokémia és Talajtan* **46**. 159-170. p.
- FILEP GY & CSUBÁK M. (1990): A savanyú talajok javításához szükséges mérszadag becslésére alkalmas módszerek értékelése. *Agrokémia és Talajtan* **39**. 127-137.
- GILLMAN G. P. (1979): A proposed method for the measurement of exchange properties of highly weathered soils. *Aust. J. Soil. Res.* **17**. 129-139.
- KAPPEN H. (1929): *Die Bodenazidität*. Springer Verlag. Berlin. 363. p.
- MEHLICH, A. (1976): New buffer pH method for rapid estimation of exchangeable acidity and lime requirement of soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **7**. 637-652.
- NÉMETH T. & KÁDÁR I. (1989): A meszezés tápanyaggazdálkodási vonatkozásai. *Gyakorlati Agrofórum* **IX**. 4/M. 13-16.
- SHOEMAKER, H.E., MCLEAN, E.O. & PRATT, P.F. (1961): Buffer methods for determining the lime requirement of soils with appreciable amounts of extractable aluminum. *Soil Science Society of America Proceedings* **25**. 274-277.
- STEFANOVITS P. & VÁRALLYAY GY. (1989): Talajsavanyodás okai, következményei és megelőzésének, megszüntetésének lehetőségei. *Gyakorlati Agrofórum* **IX**. 4/M. 3-7.
- TRAN, T. S. & VAN LIEROP, W. (1981): Evaluation and improvement of buffer-pH lime requirement methods. *Soil Science* **131**. 178-188.
- TRAN, T. S. & VAN LIEROP, W. (1982): Lime requirement determination attaining pH 5.5 and 6.0 of coarse-textured soil using buffer pH method. *SSSAJ*. **46**. 1008-1014.

- ID. VÁRALLYAY GY. (1943): Útmutató a savanyú talajok meszezésére. Magyaróvári M. Kir. Növénytermesztési és Növénynevelési Kísérleti Intézet. Talajtani és Kémiai Osztály 2. sz. kiadványa.
- WOODRUFF, C. M., (1948): Testing soils for lime requirement by means of a buffered solution and the glass electrode. *Soil Science* **66**. 53-63.