

Kalciumtartalmú javítóanyagok oldódása és talajjavító hatása

DARAB KATALIN és RÉDLY LÁSZLÓNÉ

Vízgazdálkodási Tudományos Kutatóközpont és MTA Talajtani és Agrokémiai
Kutató Intézete, Budapest

Számos olyan terület van, ahol a mozgékony (oldható és kicserélhető) kalciumvegyületek hiánya a talajok termékenységének korlátozó tényezője. Ezekben a területeken a kalciumtartalmú vegyületek talajba juttatása a talajok komplex meliorációjának fontos része.

A talajban a mozgékony kalciumvegyületek hiányának okai a következők:

1. A talajképző kőzet kalciumban szegény, és a talaj olyan közeggel, pl. talajvíz stb, ami a kalciumsók forrásaként szolgálna, nem érintkezik.

2. A talaj szervesetlen kalciumvegyületeket, pl. kalcium-karbonátot nem, vagy igen kis mennyiségben tartalmaz, és a talajképződési folyamatokra a ki-lúgzás jellemző, pl. podzol talajok, egyes nem szikes réti és réti öntés talajok, valamint a sztyeppesedő szolonyec talajok „A” szintje (1. táblázat). Ezek a talajok rendszerint gyengén vagy közepesen savas kémhatással és bázistelítetlenséggel bírnak.

3. A talaj szervesetlen kalciumvegyületeket tartalmaz, oldatában azonban a kalciumionok abszolút vagy relatív mennyisége csekély. Ez utóbbi fordul elő például egyes szikes talajokban, ahol a sók mozgékonyságának megfelelően a talajban felhalmozódott nátriumsók mennyisége felülmúlja a kalciumsók mennyiségét.

Előfordulhat az is, hogy a talajban a nátriumsók mennyiségét a kalciumvegyületek abszolút mennyisége felülmúlja. Az utóbbiak oldódását azonban a talaj valamely tulajdonsága gátolja, ezért a talaj oldatában a kicserélhető kationok között valamely más ion pl. a nátriumion uralkodik. Így pl. a Duna-völgy karbonátos szolonszák és szolonszák-szolonyec talajai 15–50% kalcium-karbonát mellett csupán 0,2–1% nátrium-karbonátot tartalmaznak. A szóda jelenléte és az erősen lúgos közeg azonban a kalcium-karbonát oldódását gátolja, a talaj oldatában a nátriumion-koncentráció több nagyságrenddel felülmúlja a kalciumion koncentrációját, és a talaj kicserélhető kationjai között a nátriumion 55–80% aránnyal fordul elő (2. táblázat).

A mozgékony kalciumvegyületek koncentrációjának növelése a talajban kétféle úton valósítható meg:

1. kalciumvegyületek talajba juttatásával;

2. a talaj szilárd fázisában levő kalciumvegyületek mobilizálásával, oldódásának fokozásával.

1. táblázat

Réti talaj telítési kivonatának elemzési adatai és a kicserélhető H⁺-ionok aránya

Szintmélység, cm	Telítési %	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	s	T	$\frac{T-s}{T} \cdot 100$
			mgé/liter								
0—10	66,5	6,9	1,9	1,2	3,5	2,9	3,1	ny	33,3	34,2	2,8
10—20	62,0	7,0	1,3	3,2	5,1	3,1	7,9	ny	25,9	45,7	43,3
20—30	66,0	6,7	3,7	1,1	12,5	4,1	10,8	0,4	27,0	42,4	36,4
30—40	66,0	6,8	1,4	1,0	24,0	6,0	24,4	1,0	28,7	43,5	34,1
40—60	66,5	6,9	1,7	0,6	10,3	5,0	4,4	2,5	28,0	45,6	38,5
60—75	82,0		3,8	2,0	15,7	4,6	12,3	3,4	29,8	44,6	33,3
75—85	92,3	6,8	2,8	2,7	21,4	3,0	16,1	4,8	30,4	48,9	37,8
85—106	75,0	6,9	6,2	5,0	40,2	4,3	44,5	7,6	29,8	39,7	25,0

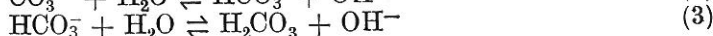
A kalciumtartalmú javítóanyagok hatékonyságának megítélésénél elsőrendű figyelmet érdemel hatóanyagtartalmuk milyensége és mennyisége, a javítóanyagként adott kalciumvegyület kémhatása és oldhatósága.

Hazánkban legáltalánosabban használtak kémiai talajjavításra a kalciumkarbonát-tartalmú anyagok. Hatóanyaguk, a kalcium-karbonát, a vízben rosszul oldódó, lúgosan hidrolizáló sók közé tartozik. Vizes telített oldatában a feloldott kalcium-karbonát mennyisége közelítőleg 10 mg/l. A kalcium- és karbonátiókok koncentrációinak szorzata $\sim 1 \cdot 10^{-8}$ és állandó érték:

$$[Ca^{2+}] \cdot [CO_3^{2-}] = \text{konstans.}$$

Ezért, ha az oldat karbonátkoncentrációja nő, pl. szóda jut a talajba, a kalciumkoncentráció és ezzel együtt a kalcium-karbonát oldódása is csökken.

A CaCO₃ oldódásakor felszabaduló karbonátiókok az oldat széndioxidjával reagálva hidrogén-karbonátiókokat és nem disszociált szénsavat képeznek



A reakciók eredményeként hidroxilion szabadul fel, és az oldat kémhatása lúgos reakciót mutat. Az oldódás és hidrolízis egyenleteiből az oldat kalcium-ion-koncentrációja a következő összefüggéssel adható meg:

$$[Ca^{2+}] = \frac{K_{CaCO_3}}{K_1 K_2} \cdot \frac{[H^+]^2}{[H_2CO_3]} \approx 3,6 \cdot 10^8 \cdot \frac{[H^+]^2}{[H_2CO_3]} \quad (4)$$

Illetve a konstansok értékeit és az ionkoncentrációkat negatív logaritmmussal kifejezve:

$$pH - \frac{1}{2} pCa \approx 4,28 - p[H_2CO_3] = 4,28 - pCO_2 \quad (5)$$

Az (5). sz. egyenlet az oldat kalciumkoncentrációja, pH-értéke és CO₂ koncentrációja között ad meg összefüggést. Savas reakció és nagyobb oldott CO₂-koncentráció a kalcium-karbonát oldódását elősegíti. Ezért a kalcium-karbonát a savas kémhatással bíró talajok javításánál hatékony. Szikes talajoknál a CaCO₃-tartalmú anyagok adagolása ott eredményes, ahol az „A” szint

2. táblázat

Szolónesák szolonyec talaj telítési kivonatának kémiai összetétele és Na-telítettsége

Sztint- mélység, cm	Telítési %	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Nátrium adszorpció- s arány (SAR)	Kicsérhető Na % (ESF)	
			mgé/liter								számi- tott	mért
0–6	41,3	10,1	0,8	0,2	286,2	61,8	56,3	51,4	114,6	415	86,5	78,8
6–14	55,0	10,2	0,3	0,1	165,0	35,5	28,4	29,7	70,0	367	83,0	54,1
14–24	56,6	10,1	0,4	0,4	142,0	25,0	25,0	35,0	57,6	230	77,5	82,4
24–42	44,6	10,1	0,4	0,3	125,0	17,7	22,9	25,0	56,2	213	75,5	
42–55	34,8	10,0	0,3	0,8	92,0	10,7	17,3	20,0	45,1	146	68,0	
55–70	32,1	10,0	0,5	1,1	87,0	8,3	16,7	18,0	42,3	96	58,5	

kilúgzott és gyengén savas kémhatású. Az ionsere rendszerint igen gyorsan végbemenő reakció, ezért a javítás sebességét a kalcium-karbonát oldódásának sebessége szabja meg. Az oldódás sebessége függ az anyag fizikai állapotától, a kísérő anyagok milyenségétől és mennyiségétől, azonban éppen a CaCO₃ rossz oldhatósága miatt rendszerint lassú.

A karbonáttartalmú javítóanyagokat eredetük szerint felosztjuk természetes anyagokra és ipari hulladékokra (3. táblázat). A természetes anyagok közül legtisztább kémiailag a bányamészke, melynek CaCO₃ tartalma 80–95%. Legkevesebb CaCO₃-ot a digó föld tartalmazza (1–17%), gyakran tartalmaz azonban a CaCO₃ mellett vízben ennél sokkal jobban oldódó, s ezért ennél hatékonyabb CaSO₄-ot [3, 5, 9, 12, 16, 20, 21, 22].

A kalciumkarbonát-tartalmú természetes anyagok leggyakoribb kísérője a MgCO₃. A CaCO₃-ot és MgCO₃-ot egyaránt tartalmazó anyagok közül ki kell emelni a dolomitot, amely a Ca- és Mg-karbonátot kettős só formájában tartalmazza 1 : 1 arányban. Eltérő kémiai és kristályszerkezetének megfelelően oldhatósága is eltér a kalcitétől, annál sokkal rosszabb. Ezért annak ellenére, hogy puha közet és könnyen aprózódó, hatása igen lassú. Figyelni kell arra is, hogy alkalmazásakor a kalciummal egyenértékű magnéziumion is megkötődik a talajban.

Az ipari melléktermékek közül leggyakrabban és legeredményesebben használt a cukorgyári mésziszap (3. táblázat). Hatékonyságának egyik magyarázata, hogy benne a kalcium-karbonát igen finom eloszlású, s ezért gyorsabban oldódik, mint a mészkepor kalcium-karbonátja. Nem lehet azonban figyelmen kívül hagyni azt sem, hogy kísérő anyagként jelentős mennyiségű szerves anyagot, s tápelemeket tartalmaz. Így 100 q cukorgyári mésziszap adagolásakor kb. 150 kg P₂O₅-nek, 50 kg N-nek, 350 kg MgO-nak megfelelő P-, N- és Mg-tartalmú anyagot, valamint 900 kg szerves anyagot is a talajba juttatunk. Ezen felül talajjavításra az ipari melléktermékek közül az égetett mész (mész-művek hulladéka), az acetilénygyári mésziszap, a szilikamész és martinsalak is használatosak [3, 5, 9, 12, 16, 17, 20, 22].

A kalciumtartalmú kémiai javítóanyagok másik csoportjával a kalciumot közepesen vagy jól oldódó kalciumsók formájában adagoljuk a talajba. E kalciumsók vizes oldatának kémhatása semleges vagy gyengén savanyú. Ide tartoznak a CaCl₂, Ca(NO₃)₂ és CaSO₄. Közülük a CaCl₂ és Ca(NO₃)₂ vízben jól, a CaSO₄ vízben közepesen oldódik. A természetben leggyakrabban a CaSO₄ fordul elő gipsz vagy gipszanhidrit formájában [1, 4, 5, 6, 9, 12, 21, 22].

3. táblázat

**Talajjavításra használt, lúgosan hidrolizáló természetes anyagok
és ipari melléktermékek főbb jellemzői**

Anyag és előfordulás	Kémiai összetétel, a Ca-vegyület oldhatósága, fő kísérő anyagok	Vizes szuszpenzió pH értéke	Fizikai állapot	Jelenlegi alkalmazási terület
Természetes, kalciumkarbonát-tartalmú anyagok				
Mészkö (kemény és lágy üledékes kőzet)	kalcit ($\text{CaCO}_3 \cdot n \text{H}_2\text{O}$) $L = 0,709 \cdot 10^{-8}$ lágy mészkö: $\text{CaCO}_3 > 70\%$ kemény mészkö: $\text{CaCO}_3 > 80\%$ agyag, kvarc, dolomit $\text{CaCO}_3 > 70\%$	8,9	könnyen aprózható, kemény és lágy kőzet	Savanyú talajok javítása. Szikes talajok (közepes, mély és sztyeppedő szolonyecsek, szolonyeces réti talajok) javítása
Mésztufa (üledékes kőzet)			lágy, könnyen aprózható	Savanyú talajok javítása
Digó föld (meszes altalaj; digóbánya)	CaCO_3 : 1–17% CaSO_4 : >5%	7,5–8,5	közepes mechanikai összetételű, nedves, meszes altalaj	Szikes talajok (közepes, mély és sztyeppedő szolonyecsek, szolonyeces réti talajok) javítása
Bányamészkö (őrlemények)	CaCO_3 : 95–98%	8,0–8,5	különböző szilárdságú és nedvességtartalmú őrlemény	Savanyú és szikes talajok javítása (esetleg más talajjavító anyaghoz, gipsz, savgyanta, stb. keverik)
Lápi (tavi) mész	CaCO_3 : 35–50%		finom eloszlású üledék, szervesanyag-tartalommal	Savanyú talajok javítása
Dolomit (üledékes kőzet; bányatermék,	CaCO_3 MgCO_3 $L = 3,6 \cdot 10^{-17} - 2,7 \cdot 10^{-20}$ MgO : 17–22% CaO : 27–32%	8,2–8,5	könnyen morzsálódó, apró szemű, tömött	Savanyú talajok javítása
Ipari melléktermékek				
Cukorgyári mésziszap	CaCO_3 : 40% P_2O_5 : 1–2% N: 0,5% MgO : 3–4% Szerves anyag: 8–10%		igen finom eloszlású nagy (30–60%) nedvességtartalmú	Savanyú talajok javítása. Szikes talajok (közepes, mély és sztyeppedő szolonyecsek, szolonyeces réti talajok) javítása
Égetett mész (mészművek hulladékanyaga)	CaO : 80% MgO : 6–8%			Savanyú talajok javítása
Acetiléngyári mésziszap	CaCO_3 : 38%			Savanyú talajok javítása
Cementgyári hullópor	CaCO_3 : 75%			Savanyú talajok javítása
Örölt nagyvolvasztó salak (szilikamész)	CaO : 42–45% SiO_2 : 28–30% MgO : 2–6%			Savanyú talajok javítása
Martinsalak (acélgártás mellékterméke)	CaO : 40–50% SiO_2 : 15–20% MgO : 5–10%			Savanyú talajok javítása

A CaCl_2 és $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ rendszerint ipari termékként vagy melléktermékként áll rendelkezésre [5, 9, 20].

A fenti csoportba tartozó javítóanyagok közepes és jó oldódásuk eredményeként viszonylag gyorsan hatnak, és bekeverésük után a talaj oldatában az ionkoncentrációt abszolút és relatív értelemben is a kalciumionok javára tolják el. Ezért alkalmasak olyan esetben is a talaj mozgékony kalciumvegyületei mennyiségének növelésére, ahol a talaj oldatában és a kicserélhető kationok között a Ca^{2+} -ionok relatív mennyisége csekély. A kationok közül a szikes talaj tulajdonságainak alakulásában az oldatban levő és a kicserélhető Na-ionok, valamint a lúgos kémhatás játszanak meghatározó szerepet. A javítóanyagok oldódása a talaj tulajdonságai, a talaj oldatában levő sók mennyiségének és milyenségének függvénye [6].

A talajoldat sókoncentrációjának növekedésével a talajhoz adott gipsz oldhatósága nő. Abban az esetben, ha a talaj oldható sókészletében a szulfátok az uralkodók, a szulfátion koncentrációjának növekedése a gipsz oldhatóságát csökkenti. Különösen jelentős ez olyan esetekben, amikor gipsztartalmú talajréteget agrotechnikai eljárással hozunk a felszínre és keverjük a szikes rétegekkel. Ez az eljárás elsősorban a Szovjetunió egyes szolonyec talajainak javí-

4. táblázat

Talajjavításra használt, savanyúan disszociáló természetes anyagok és ipari melléktermékek főbb jellemzői

Anyag és előfordulás	Kémiai összetétel, a Ca-vegyület oldhatósága, fő kísérő anyagok	Vizes szuszpenzió pH értéke	Fizikai állapot	Jelenlegi alkalmazási terület
Természetes kalciumsulfát-tartalmú anyagok				
Gipsz (üledékes kőzet; bányatermék)	65–90% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ $L = 2,68 \cdot 10^{-3}$ $\text{SiO}_2, \text{MgO}, \text{Fe}_2\text{O}_3, \text{Al}_2\text{O}_3$	6,5	közepesen kemény, jól őrlhető, szabvány szerinti nedvességtartalom ~5%	Szikes talajok (szódás-szoloncsák, szoloncsák-szolonyecek, szolonyecek és szolonye-ces réti talajok) javítása
Anhidrit (üledékes kőzet; bányatermék)	70–90% CaSO_4 $L = 4,78 \cdot 10^{-5}$ $\text{SiO}_2, \text{MgO}, \text{Fe}_2\text{O}_3, \text{Al}_2\text{O}_3$	6,4	nedvesség hatására összecementálódó, közepesen kemény	Szikes talajok (szódás-szoloncsák, szoloncsák-szolonyecek, szolonyecek és szolonye-ces réti talajok) javítása
Gipsztartalmú talajréteg (hidromorf talajok B és C szintjében)	2–3% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$		közepes mechanikai összetételű, tömődött	Szikes talajok (szódás-szoloncsák, szoloncsák-szolonyecek, szolonyecek és szolonye-ces réti talajok) javítása
Őrölt gipszkő (bányagipsz finomra őrlve)	45% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$			Szikes talajok javítása (mélyforgatással)
Lignites gipsz (bányatermékek keveréke)	36% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	4–5		Szikes talajok javítása

4. táblázat folytatása

Anyag és előfordulás	Kémiai összetétel, a Ca-vegyület oldhatósága, fő kísérő anyagok	Vizes szuszpenzió pH értéke	Fizikai állapot	Jelenlegi alkalmazási terület
Ipari melléktermékek				
Foszforgipsz (új technológiával készült foszfortrágya mellékterméke)	70–92% $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ MgO: 0,16–0,75% P_2O_5 : 1–8% F: ~0,6%	2,5–4,9	különböző hidrátaltsági fokú, nedvszívó, képlékeny	Szikes talajok javítása (műtrágya)
Timföldgyári gipsziszap (melléktermék)	50% $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	3–4	közepesen tömör, aprószemcsés, nedves	Szikes talajok javítása
Kénsavgyári gipsziszap (melléktermék)	40% $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	2,5–3,5	közepesen tömör, aprószemcsés, nedves	Szikes talajok javítása
Egyéb Ca-tartalmú vegyületek				
Kalcium-klorid (ipari melléktermék)	CaCl_2 (CaO: 38%)	6,2–6,4	erősen nedvszívó	Szikes talajok (szódás-szoloncsákok és szoloncsák-szolonycécek) javítása
Kalcium-nitrát (műtrágyaipari melléktermék)	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (CaO: 27%) N: ~15% MgO: 2,5%	5,8–6,0	erősen nedvszívó	Szikes talajok (szódás-szoloncsákok és szoloncsák-szolonycécek) javítása (műtrágya)
Kalciumot kísérőanyagként tartalmazó ipari melléktermékek				
Lignitpor (bányaipari melléktermék)	kísérő Ca-vegyület CaSO_4			Szikes talajok javítása
Savgyanta (ipari melléktermék)	CaSO_4 : ~20%	3–4		Szikes talajok javítása
Savgyanta-tőzegkeverék	CaSO_4 : 5–7% Ca: ~1%			Szikes talajok javítása

tásánál alkalmazott. A kalciumsulfát-tartalmú anyagok közül általában a gipszet alkalmazzák, kevéssé alkalmazott az anhidrit, mivel ez nedvesség hatására összecementálódik és nehezebben kezelhető. A kalcium-sulfát adagolása javasolható olyan esetekben is, amikor a talaj kalcium-karbonátot tartalmaz, azonban a közeg lúgos, pH-értéke a talaj kalcium-karbonátjának oldódását gátolja. Ebben az esetben a gipsz adagolása a talajoldat kalciumion-koncentrációját egy közel állandó értékre állítja be. A talajoldat kalciumionja olyan arányban származik a gipszből, illetve a talaj kalciumkarbonát-tartalmából, mint ami oldhatósági szorzatuk viszonyainak megfelel. Vizsgálataink szerint a CaSO_4 termodinamikai oldhatósági szorzatának átlagértéke $3,79 \cdot 10^{-5}$, a CaCO_3 -é $0,709 \cdot 10^{-8}$. Ez azt jelenti, hogy a gipsz, illetve a kalcium-karbonát oldódása során a talajoldatba kerülő Ca^{2+} -ionok mennyiségének aránya ~4000 : 1 [19].

Az ipari hulladékok közül egyre nagyobb mértékben kezdik alkalmazni a foszforgipszet, amelyet a foszfor műtrágyagyártás melléktermékeként kapunk

(4. táblázat). A foszfor-gipsz 70–90% gipszet és 1–8% P_2O_5 -nek megfelelő foszforvegyületet tartalmaz. Említésre méltóak még a gipsztartalmú ipari hulladékanyagok melléktermékei közül a timföldgyári, valamint kénsavgyári gipsziszap [5, 8, 10, 12, 15, 18, 22]. Ipari melléktermékként kapunk olyan savas kémhatású anyagokat, melyek gipsztartalmuk mellett szabad savtartalommal is rendelkeznek és alkalmasak a talaj kalciumkészletének mobilizálására [5, 9, 10, 18] (4. táblázat).

5. táblázat

A talajba adott kémiai anyagokkal bejutó Ca-vegyületek

Műtrágyaféleség	100 kg hatóanyaggal a talajba jutó Ca-vegyület (Ca kg)
Nitrogénműtrágyák	
Pétisó	64
Mészkarbamid	27
Mésznitrogén	18
Kalcium-ciánamid	174
Kalcium-nitrát	124
Foszforműtrágyák	
Szuperfoszfát	96
Trikalcium-foszfát	86
Thomas salak	86
Termofoszfátok	79
Káliműtrágyák	
Kálisók	0,98 (összes hatóanyagra számítva)
Kevert műtrágyák	
Nifosz	25
NPK Karbamid-nitrát	43
NPK Nitrofoszfátok	20

A mezőgazdaság intenzívvé válásával egyre nagyobb mennyiségben és nagyobb választékban alkalmazunk műtrágyákat. A műtrágyák alkalmazásánál sokszor nem vesszük figyelembe azt, hogy hatóanyaguk mellett jelentős mennyiségben tartalmaznak kísérő anyagokat [2, 7, 11, 13, 14]. A nitrogénműtrágyák közül a pétisó, a mész-karbamid és a mész-nitrogén kalcium-karbonátot tartalmaz. A foszforműtrágyák közül a szuperfoszfátban maga a kalcium-dihidro-foszfát lúgosan hidrolizáló kalciumvegyület, ezen felül 40–45% kalcium-szulfátot is tartalmaz. Az 5. táblázatban feltüntettük, hogy 100 kg hatóanyaggal Ca-ban kifejezve milyen mennyiségű kalciumvegyületet juttatunk a talajba. Ez a mennyiség bár jelentős, önmagában rendszerint nem elegendő ahhoz, hogy tartós javító hatást eredményezzen, azonban akkor, amikor a kalciumvegyületeket kalciumtrágyaként alkalmazzuk, figyelembe kell venni a műtrágyákkal a talajba juttatott kalciumvegyületek mennyiségét is.

Irodalom

- [1] Agyagok és zeolitok szerepe a talaj termékenységének megőrzésében és fokozásában. (CaSO₄ oldhatóságának vizsgálata természetes talajkivonatokban.) Jelentés a Központi Földtani Hivatal részére 1978. évben végzett megbízásos munkáról. Készült: MTA TAKI. Budapest. 1978.
- [2] ALMÁSSY, Gy., MÁTÉ, F. & ZÁDOR, Gy.: Műtrágyák. Műszaki Könyvkiadó. Budapest. 1968.
- [3] AVDONYIN, N. Sz.: Savanyú talajok termékenységének fokozása. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1972.
- [4] ÁBRAHÁM, L.: A gipsz mint talajjavító anyag. Agrokémia és Talajtan. **19**. 173—192. 1970.
- [5] ÁBRAHÁM, L. & BOCSKAI, J.: Szikes talajaink hasznosítása és javítása. OMMI. Budapest. 1971.
- [6] DARAB, K., RÉDLY, L.-NÉ & CSILLAG, J.: A kalcium-szulfát oldhatóságának számítása szikes talajok telítési kivonataiban. Agrokémia és Talajtan **28**. 45—64. 1979.
- [7] DEBRECZENI, B., NAGYMIHÁLY, P. & SZALAI, E.: Összetett és kevert műtrágyák. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1972.
- [8] Foszforgipsz alkalmazhatósága a szikes talajok javításában. Tanulmány. Talajművelési Kutató Intézet. Karcag. 1974.
- [9] Gazdálkodás szikeseinken. Szerk.: VEZEKÉNYI, E. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1959.
- [10] Kéntartalmú javítóanyagok felhasználásának lehetőségei a talaj termékenység megőrzésére és fokozására. Jelentés az OMFH és NIM megrendelésére 1978—79-ben végzett megbízásos munkáról. MTA TAKI. Budapest. 1979.
- [11] Ma újdonság, holnap gyakorlat. Szaktanácsok a műtrágyázáshoz. Szerk.: Gyökér, A. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1978.
- [12] Melioráció kézikönyve. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1977.
- [13] Mészammonsalétrom műtrágya. MSZ 3778—73. L 15. 1974.
- [14] Mészsalétrom műtrágya. MSZ 10981—74. L 15 1974.
- [15] OPREA, C. V. et al.: Reclamation of Sodic Soils in Roumania. Agrokémia és Talajtan. **18**. Suppl. 321—328. 1969.
- [16] PRETTENHOFFER, I.: Hazai szikesek javítása és hasznosítása. Akadémiai Kiadó. Budapest. 1969.
- [17] SIPOS, A. & GERŐCZ, E.: A nagyolvasztó-salak (szilikamész) talajjavító hatásának vizsgálata gyengén savanyú barna erdőtalajon. MTA Agrártud. Oszt. Közl. **24**. 347—354. 1965.
- [18] SZABOLCS, I.: European Solonetz Soils and Their Reclamation. Akadémiai Kiadó. Budapest. 1971.
- [19] SZABOLCS, I. & DARAB, K.: Szulfát vegyületek szerepe a szikes talajok képződésében és tulajdonságaiban. Agrokémia és Talajtan. **29**. 113—134. 1980.
- [20] Szikes talajok hasznosításának és javításának korszerű módszerei. Ankét. Szeged. 1965.
- [21] Talajjavításra alkalmas kőzetek kutatása. Tanulmány a Központi Földtani Hivatal részére. MTA TAKI. Budapest. 1972.
- [22] Talajjavító anyagok. Minőségi követelmények, vizsgálati módszerek. MSZ 9693-65. L. 15. 1966.