

Szerves folyadékok kapilláris emelkedése a talajban

MAKÓ ANDRÁS és MÁTÉ FERENC

Pannon Agrártudományi Egyetem, Agrokémiai és Talajtani Intézet, Keszthely

Napjainkban egyre gyakrabban előfordul, hogy nagy mennyiségű szerves folyadék - leginkább kőolajszármazék - kerül a talajba, főleg a tároló- és szállítóeszközök sérülése következtében /BARÓTFI, 1982; ERDŐS és LEHMANN, 1984/. A szakirodalomban sok közlés található az e folyadékok mikrobiológiai lebontását előmozdító eljárásokról. Keveset tudunk azonban e folyadékoknak a talaj szilárd fázisával való kölcsönhatásairól, mozgásának törvényszerűségeiről /BOTTA et al., 1979/.

Célszerűnek látszik ilyen jellegű ismeretek szerzése, mert szerves folyadékok nemcsak az említett módon /baleseti jellegű események folytán/, hanem - igaz kis mennyiségben, ám rendszeresen - gépekből, járművekből is kerülnek a talajba. Tudunk eseteket szerves oldószerekkel történt talajszennyezésről is. A szerves folyadékokkal szennyezett talajok dekontaminációjához fenti ismeretek birtokában dolgozhatunk ki módszereket.

A szerves folyadékoknak a talajban való viselkedésére vonatkozó ismeretek szerzésének elméleti érdekessége is van. A talajfizika a talajban a folyadékfázist mindeddig - teljesen érthetően - mint vizes oldatot tartotta számon, minthogy a természetben ez az eset szinte kizárólagos. Mivel azonban a talaj szilárd fázisa és a víz /mint poláros és adott molekulaméretű folyadék/ távolról sem tekinthetők egymással indifferensnek, a talaj-hidrofizikai törvényszerűségek legtöbbje csak korlátozottan érvényesülhet. Nehézségekbe ütközik pontosan leírni például a víz mozgását, mert a víz és a talaj szilárd része közötti kölcsönhatás miatt folyamatosan változik a porozitás és pórustér méret szerinti megoszlása /VÁRALLYAY, 1978/. Különböző szerves folyadékok használatával találhatunk olyan rendszereket, amelyekben ilyen folyadékfázis - szilárd fázis kölcsönhatások gyakorlatilag nem zavarják a folyadékmozgás egzakt leírását.

Összegezve: szükségesnek látszik a desztillált vízzel /mint folyadékfázissal/ felírt összefüggések, modellek érvényességének kiterjesztése a desztillált víztől eltérő folyadékokra, illetve e modellek egzaktabb leírása az újabb ismeretek birtokában.

A fenti megfontolásból tájékozódó jellegű előkísérleteket végeztünk néhány, talajfizikai szempontból egymástól meglehetősen eltérőnek ismert talajon, néhány szerves folyadékkal, amelyek molekulaméretük, polaritás, viszkozitás és egyéb fizikai tulajdonságaik tekintetében különbözőek.

A háromfázisú talajban végbemenő folyadékmozgás szerves folyadékokra történő szabatos leírása jelen munkánknak nem lehetett a célja. Ehhez a meglévő információink sem elégségesek. Néhány módszertani változtatás is szükségesnek látszik ezen vizsgálatokhoz a szerves folyadékok vizes oldatoktól eltérő sajátosságai miatt /pl. a nagy molekulájú szerves anyagok hagyományos pF-boxokon való átjárhatatlansága/.

Vizsgálataink jelenlegi szakaszában tapasztalatszerzés céljából egyszerű talajfizikai vizsgálati módszereket alkalmaztunk, azzal a módosítással, hogy folyadékfázisként szerves folyadékok szerepeltek. Ebben a közleményünkben az öt órás kapilláris folyadékemelésre vonatkozó megfigyeléseinket adjuk közre. E módszer a talajfizikai vizsgálatokban ma már elvesztette korábbi jelentőségét, mindazonáltal a víz és a szerves folyadékok kapilláris viselkedésének összehasonlításához egyik lehetséges útként kínálkozott, és mint az eredmények bizonyítják, kellő számú párhuzamos mérés esetén lehetővé tette megbízható következtetések levonását.

Anyag és módszer

Mivel hazai viszonyok között még csak szórványosan találhatók adatok a szerves folyadékok különböző talajtípusokkal való kölcsönhatásáról /DARAB et al., 1956/, célul tűztük ki néhány főbb talajtípus ilyen irányú vizsgálatát. A kísérletsorozat céljára olyan talajokat választottunk ki, amelyek mind fizikai féleségükben, mind agyagásvány-összetételükben jelentősen eltérnek egymástól. A mintavételi helyek kijelölését STEFANOVITS /1989/ - a talajok agyagásvány-készletére vonatkozó - kutatási eredményeire támaszkodva végeztük. A talajszelvények felső 20 cm-éből gyűjtöttünk mintát /1. táblázat/.

A mintázott szintek rendelkezésünkre bocsájtott ásványtani és talajfizikai vizsgálati eredményeit /STEFANOVITS, 1989/ a 2. táblázatban foglaltuk össze.

A légszáraz állapotig szárított, darált és 2 mm-es szitán átrostált talajokat 20 mm belső átmérőjű, kb. 100 cm hosszú üvegcsővekbe töltöttük - gumidugóhoz való óvatos ütögetés mellett. A megtöltött üvegcsőveket szitaszövettel bekötött alsó végükkel a vizsgálatba vont különféle folyadékokba ál-

1. táblázat

Mintavételi helyek közet- és talajleírása /STEFANOVITS, 1989/

/1/ Minta száma	/2/ Mintavételi hely	/3/ Talajtípus	/4/ Talajképző közet
1.	Vigántpetend	a/ Fekete nyirok	f/ bazalt
2.	Herend	b/ Fekete rendzina	g/ dolomit
3.	Kabhegy	c/ Agyagbemosódásos barna erdőtalaj	h/ bazaltos lejtőhordalék
4.	/Zsófiapuszta Csopak	d/ Bamaföld	i/ penni vörösgyagos üledék
5.	Hegyesd	d/ Bamaföld	j/ bauxitos vörösgyag
6.	Mariettagyapuzta	c/ Agyagbemosódásos barna erdőtalaj	k/ savanyú homok
7.	Pusztaszentgyörgy	e/ Ramann-féle barna erdőtalaj	l/ homokos lösz

lítottuk, majd meghatározott időközönként /0,5; 1,5; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 óra/ lemértük a kapilláris folyadékemelés magasságát /BALLENEGGER és DI GLÉRIA, 1962/. A méréseket kb. 20 °C hőmérsékleten végeztük.

A kísérletekhez négyféle folyadékot használtunk: desztillált víz; etil-alkohol; széntetraklorid és izooktán. Kiválasztásukat jól különböző polaritásuk, molekulaméretük és fizikai paramétereik indokolták /3. táblázat/.

2. táblázat
A vizsgált talajok néhány fizikai és ásványtani paramétere
/STEFANOVITS, 1989/

/1/ Jellemző talajparaméterek	/2/ Talajminták száma						
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
a/ Mechanikai összetétel							
0,25 <	16,26	8,29	6,65	16,47	0,61	6,89	6,30
0,25-0,05	1,99	15,75	15,45	18,93	0,42	45,93	13,47
0,05-0,01	29,58	72,04	50,58	24,83	2,52	28,44	42,87
0,01-0,005	9,93	0,26	9,82	5,44	3,22	4,82	9,69
0,005-0,001	22,00	0,97	14,82	14,59	5,32	7,22	16,23
0,001 >	20,20	2,66	2,65	19,74	87,91	6,70	11,41
b/ Leiszapolható rész /Li %/	52,13	3,89	27,29	39,77	96,45	18,74	37,33
c/ Arany-féle kötöttség /KA/	66	39	61	45	61	29	34
d/ Sík-féle higroszkó- posság /hyl/	3,63	1,26	5,33	2,32	3,14	0,65	1,34
e/ Az agyagos rész kris- tályos fázisának ás- ványi összetétele %/							
f/ Illit	20,00	-	35,00	38,00	5,00	59,00	40,00
g/ Kaolinit	0,00	-	0,00	44,00	95,00	0,00	0,00
h/ Klorit	22,00	-	28,00	7,00	0,00	25,00	25,00
i/ Szmektit	51,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00
j/ Vermikulit	7,00	-	1,00	0,00	0,00	0,00	13,00

3. táblázat
A vizsgálat számára kiválasztott folyadékok néhány jellemző paramétere
/ERDEY-GRÚZ, 1963; FREUND, 1973; MAZOR, 1966; WEAST et al., 1964/

/1/ Folyadékparaméterek	/2/ Desztillált víz	/3/ Etanol	/4/ Széntetra- klorid	/5/ Izooktán
a/ Molekulatömeg	18,02	46,07	153,04	114,0
b/ Sűrűség /20 °C/	0,998	0,789	1,592	0,692
c/ Olvadáspont °C	0,0	-117,0	-22,8	-107,5
d/ Forráspont, °C	100,0	78,4	76,8	99,5
e/ Felületi feszültség	-	22,75	26,8	21,8
f/ Viskozitás /cp/ /20 °C/	1,00	1,19	0,97	0,54
g/ Dipólusmomentum / $\cdot 10^{18}$ /	1,85	1,70	0,00	0,00
h/ Gőznyomás /mm/ /20 °C/	30,0	40,0	100,0	40,0

Az izooktánt /2,2,4-trimetil-pentán/ az SZKFT /Százhalombatta/ Kőolaj-feldolgozási Főosztályától kaptuk kísérleteinkhez. A kőolajipari temékek talajban történő mozgásának tanulmányozásához választottuk ezt a viszonylag nagy szénatomszámú oktánizomert.

A négyféle folyadékkal, hét különböző talajjal /három ismétlésben/ végzett kísérletek mérési eredményeinek feldolgozására és értelmezésére a következő lépésekben került sor:

Elvégeztük a kapilláris folyadékemelés mért értékeinek egymintás statisztikai elemzését /FISZ, 1963; LEHMANN, 1959/, majd az esetleges összefüggések mélyebb feltárásához variancia-analízis segítségével elemeztük mérési eredményeinket. A különböző talajféléseket különböző kezeléseknél tekintve egytényezős variancia-analízissel összehasonlítottuk egy adott leolvasási időponthoz és egy kiválasztott folyadékhoz tartozó kapilláris emelkedések mért értékeit. Ezután a különböző - vizsgálatokba vont - folyadékféléseket választottuk különböző kezeléseknél és így hasonlítottuk össze egytényezős variancia-analízissel az eltérő talajfélésegekhez tartozó öt órás kapilláris folyadékemeléseket. Mindkét esetben az egymástól szignifikánsan / $P = 5\%$ / különböző kezeléseket a DUNCAN-tesztel értékeltük.

Feldolgozásunk következő része az alapeloszlások vizsgálatából állt. A talajok fizikai és agyagásványtani paramétereinek eloszlását összehasonlítottuk a kapilláris folyadékemelés értékeinek eloszlásával. Vizsgáltuk, hogy az adott paraméter meghatározott intervallumába eső minták milyen kapilláris folyadékemelési átlagértéket érnek el. Ezáltal az esetleges függvényszerű kapcsolatokat igyekeztünk feltárni a további feldolgozások számára. /Az eloszlás-táblázatokat azok nagy helyigénye miatt dolgozatunkban nem közöljük./ Az elemzések alapján kiválasztottuk azokat a talaj- és folyadék-paramétereket, amelyekkel a kapilláris folyadékemelés értékek valamiféle kapcsolatát sejtettük. Az alapvető összefüggések kimutatására ezek után a paraméterek bevonásával lineáris és parciális korrelációs táblázatokat számoltunk. Így előzetes információkat kaptunk azzal kapcsolatban, hogy mely változók között, mely mintákon, milyen erős az összefüggés.

A fent vázolt elemzésekre támaszkodva az agyagásványtani és talajfizikai paraméterek, valamint az öt órás kapilláris folyadékemelés értékek között lineáris regresszió-analízist végeztünk. A független változók számát addig csökkentettük, míg azoknak a kapilláris folyadékemelésre való hatásának szignifikanciáját igazolni tudtuk /MUNDRÓCZÓ, 1981/.

A fentiekhez hasonló regressziós számításokat végeztünk különböző talajok 5 órás folyadékemelése és a vizsgálatba vont folyadékok néhány jellemző fizikai paramétere között.

Az adatfeldolgozás utolsó lépcsőjében a kapilláris folyadékemelés időfüggését vizsgáltuk. A szakirodalomból ismert, hogy a különböző talajok kapilláris vízemelését leginkább az ún. Freundlich-féle egyenlet írja le, mely függvénynek az adatok értékelésénél használatos alakja a következő:

$$h = a \times t^b \quad /1/$$

ahol: h : a t időponthoz tartozó vízemelés /mm/;

t : a vízemelés mérésének időpontja /óra/;

a , b : az egyenlet állandói.

Az egyenlet állandója egybeesik az 1 órás vízemelés értékével, míg a b állandó matematikailag a kapilláris vízemelés sebességét jelzi /DI GLÉRIA et al., 1957/.

Elemzésünkben ezzel - a kapilláris vízemelést leíró - összefüggéssel kívántuk jellemezni talajainkban az egyéb folyadékokkal megfigyelhető kapilláris emelkedést.

A különböző leolvasási időpontokban mért folyadékemelések ismétlésátlagait függő változónak y /, a leolvasási időpontokat pedig független vál-

tozónak /x/ tekintve az eltérő folyadékokkal mért adatsorokra a Freundlich-féle időfüggvényt illesztettük regresszió-analízissel. Regresszió-analízissel vizsgáltuk végül a Freundlich-egyenlet a és b állandóinak és a talajok fizikai féleségének, valamint a mozgó folyadékok viszkozitásának összefüggését.

Az eredmények ismertetése

A kapilláris folyadékemelés vizsgálatok adatainak kiértékelésével kapott eredményeink a következőkben foglalhatók össze:

4. táblázat

A különböző talajok kapilláris folyadékemelési értékeinek egytényezős variancia-analízise

/1/ Talajmín- ták száma	/2/ Mérési időpontok /óra/					
	0.5	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0
<u>A. Desztillált víz</u>						
1.	67 c	107 c	123 d	141 c	157 c	170 c
2.	90 b	148 a	173 b	208 a	237 a	260 a
3.	24 f	39 e	46 f	54 e	59 e	64 e
4.	32 e	48 e	50 f	59 e	63 e	69 e
5.	56 d	75 d	82 e	87 d	98 d	102 d
6.	71 c	117 b	145 c	171 b	188 b	206 b
7.	97 a	148 a	183 a	212 a	231 a	249 a
<u>B. Etanol</u>						
1.	80 ab	123 b	140 a	165 b	184 bc	203 bc
2.	76 b	130 ab	152 a	184 ab	210 a	235 a
3.	52 d	79 d	95 a	111 d	124 e	136 e
4.	56 cd	91 cd	103 bc	124 cd	143 de	157 e
5.	64 c	99 c	111 bc	131 cd	145 de	162 de
6.	54 d	100 c	116 b	141 c	165 cd	185 cd
7.	87 a	138 a	157 a	186 a	207 ab	228 ab
<u>C. Széntetraklorid</u>						
1.	96 c	141 de	152 cd	172 b	188 c	197 d
2.	100 b	168 ab	184 a	215 a	240 a	259 a
3.	98 c	143 cde	157 c	174 b	194 bc	206 cd
4.	95 c	149 cd	162 bc	184 b	204 b	213 c
5.	93 c	131 e	141 d	155 c	168 d	177 e
6.	96 c	155 bc	174 ab	204 a	225 a	243 ab
7.	117 a	173 a	186 a	209 a	225 a	238 b
<u>D. Izooktán</u>						
1.	146 a	194 ab	207 ab	224 bc	239 bc	250 d
2.	123 d	194 ab	225 a	262 a	299 a	323 a
3.	140 ab	193 ab	215 ab	239 bc	267 ab	277 c
4.	136 bc	193 ab	219 ab	248 b	274 ab	292 bc
5.	128 cd	172 c	185 b	204 c	219 c	229 e
6.	118 d	187 bc	179 b	222 bc	257 abc	317 a
7.	148 a	211 a	231 a	259 b	280 ab	297 b

Az egymintás statisztikai elemzések során az adatok eloszlását normálisnak találtuk, akár az azonos folyadékkal mért kapilláris emelkedés értékeit, akár az azonos talajféleségek folyadékemelésait választottuk azonos minta elemeinek.

A variancia-analízisek eredményeit a 4. és 5. táblázatban mutatjuk be. /A táblázatokban a kezeléscsoportok mellett különböző kisbetűkkel jelöltük a

5. táblázat
A különböző folyadékok kapilláris emelkedési értékeinek egytényezős variancia-analízise

/1/ Folyadékok megnevezése	/2/ Mérési időpontok /óra/					
	0.5	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0
<u>A. 1. sz. talajminta</u>						
a/ desztillált víz	67 d	107 c	123 c	141 c	157 c	170 c
b/ etanol	80 c	123 bc	140 bc	165 b	184 b	203 b
c/ széntetraklorid	96 b	141 b	152 b	172 b	188 b	197 bc
d/ izooktán	146 a	194 a	207 a	224 a	239 a	250 a
<u>B. 2. sz. talajminta</u>						
a/ desztillált víz	90 c	148 c	173 b	208 b	237 b	260 b
b/ etanol	76 d	130 d	152 c	184 c	210 c	235 c
c/ széntetraklorid	100 b	163 b	184 b	215 b	240 b	259 b
d/ izooktán	123 a	154 a	225 a	262 a	299 a	323 a
<u>C. 3. sz. talajminta</u>						
a/ desztillált víz	24 d	39 d	46 d	54 d	59 d	64 d
b/ etanol	52 c	79 c	95 c	111 c	124 c	136 c
c/ széntetraklorid	98 b	143 b	157 b	174 b	194 b	206 b
d/ izooktán	140 a	193 a	215 a	239 a	264 a	277 a
<u>D. 4. sz. talajminta</u>						
a/ desztillált víz	32 d	43 d	50 d	59 d	63 d	69 d
b/ etanol	56 c	91 c	103 c	124 c	143 c	157 c
c/ széntetraklorid	95 b	149 b	162 b	184 b	204 b	213 b
d/ izooktán	136 a	193 a	219 a	248 a	274 a	292 a
<u>E. 5. sz. talajminta</u>						
a/ desztillált víz	56 c	75 d	82 d	87 d	98 d	102 c
b/ etanol	64 c	99 c	111 c	131 c	145 c	162 b
c/ széntetraklorid	93 b	131 b	141 b	155 b	168 b	177 b
d/ izooktán	128 a	172 a	185 a	204 a	219 a	229 a
<u>F. 6. sz. talajminta</u>						
a/ desztillált víz	71 c	117 c	147 ab	171 bc	188 bc	206 c
b/ etanol	54 d	100 d	116 b	141 c	165 c	185 d
c/ széntetraklorid	96 b	155 b	174 a	204 ab	225 ab	243 b
d/ izooktán	118 a	187 a	179 a	222 a	257 a	317 a
<u>G. 7. sz. talajminta</u>						
a/ desztillált víz	97 c	148 c	183 b	212 b	231 b	249 b
b/ etanol	87 c	138 c	157 c	186 c	207 c	228 b
c/ széntetraklorid	117 b	173 b	186 b	209 b	225 b	238 b
d/ izooktán	148 a	211 a	231 a	259 a	280 a	297 a

DUNCAN-teszt alapján egymástól szignifikánsan különbözönek / $P = 5\%$ / tekintetöket./ A variancia-analizisek eredménytáblázatait értelmezve a következőket mondhatjuk:

- A különböző talajok kapilláris folyadékemelési közötti különbségek a mérések kezdetekor még jóval elmosódottabbak, mint a mérések vége felé. /Ez a megállapítás leginkább a széntetrakloridra, legkevésbé pedig a desztillált vízre igaz./

- Az egymáshoz több tulajdonságukban /pl. polaritás, viszkozitás stb./ is közelálló desztillált víz és etanol esetében a kapilláris folyadékemelések sorrendje a különböző talajokon igen hasonló. /Mindkét folyadéknál pl. általában a 3. sz. talajon a legalacsonyabb; a homokos 2. és 7. sz. talajon a legmagasabb./ Ugyanakkor - az előzőktől fizikai és kémiai sajátágaikban jelentősen különböző - széntetraklorid és izooktán kapilláris emelkedésének sorrendje az eltérő talajokon az előbbi csoporttól egyrészt jelentősen eltér, másrészt ez a sorrend a leolvasási időpontoknál is nagyon változó.

- Valamennyi folyadék esetében erősödik a mérések vége felé az a tendencia, hogy a legmagasabb kapilláris emelés a homokos talajokat jellemzi.

- A kis molekulájú, poláros desztillált víz és etanol a magasabb klorit- és illittartalmú, duzzadásra hajlamos 3. és 4. sz. talajmintán emelkedett 5 óra elteltével a legkisebb mértékben. A magas agyagtartalmú, ám duzzadásra nem képes, kaolinit domináns 5. sz. talajminta ezeket a folyadékokat az előbbi talajoknál magasabbra emelte.

Mást tapasztaltunk az apoláros, nagy molekulájú széntetraklorid és izooktán esetében. Ezekkel a folyadékokkal nem lép fel, vagy csak kismértékű az agyagásványok duzzadása /DI GLÉRIA et al., 1957; NEMECZ, 1973/, így a kapilláris folyadékemelést főként nem az agyagminőség, hanem az agyagtartalom befolyásolja. Ennek megfelelően a legagyagosabb 5. sz. talajminta /lásd 2. táblázat/ kapilláris folyadékemelése a legalacsonyabb, a sorban utána következő, magasabb kapilláris emelésű 1., 3. és 4. sz. minta agyagtartalma már lényegesen kisebb.

- Az összes talajminta esetében /valamennyi leolvasási időpontnál/ az izooktán kapilláris emelkedése volt a legnagyobb. Az agyagos talajokon a desztillált víz és az etanol emelkedett kapillárisan a legkisebb mértékben, homokosabb talajoknál viszont - ahol a duzzadás az eredményeket gyakorlatilag nem befolyásolja - a széntetraklorid emelkedése általában a desztillált víz kapilláris emelkedéséhez hasonlított.

- A szemtít-domináns 1. számú talajminta kapilláris folyadékemelési értékei sok esetben rendhagyóak, mások mint amit az irodalmi adatok alapján várnánk. /Így például, az etanol kapilláris emelkedése ezen a duzzadó agyagot nagy mennyiségben tartalmazó talajon a homoktalajokéhoz hasonló./ Az eltérések okát részben a mintázott talajszint magas növényi maradvány és humusztartalma is indokolhatja, valójában azonban a jelenség okát nem tudjuk magyarázni.

A különféle folyadékok 5 órás kapilláris emelkedésének a talajok ásványtani és talajfizikai paramétereivel való kapcsolatát vizsgáló regressziós számításaink eredményét a 6. táblázatban mutatjuk be. A táblázatból kitűnik, hogy a folyadékemeléssel tényleges regressziós kapcsolatba csupán az agyagtartalom, illetve az illit- és vermikulit-tartalom hozható. Az agyagtartalom növekedésével az 5 órás kapilláris emelkedés - az eltérő folyadékoknál eltérő mértékben - csökken. Ugyanakkor a nagyobb illit- és vermikulit-tartalmú talajok 5 órás kapilláris folyadékemelése is nagyobb.

Vizsgáltuk a különböző talajok 5 órás folyadékemelése és a folyadékok jellemző fizikai paramétereinek közötti kapcsolatot is. Igazolható összefüggést csupán a kapilláris folyadékemelés és a viszkozitási értékek között találtunk /7. táblázat/. Megállapítható, hogy a folyadékok viszkozitásának növeke-

désével az 5 órás kapilláris folyadékemelés - az eltérő talajokon eltérő mértékben - csökken. A regressziós kapcsolat homokos talajokon erősebb, az agyagtartalom növekedésével gyengül.

6. táblázat

A különböző folyadékok kapilláris emelkedését leíró

$$y = \beta_1/X + \beta_2/X^2 + \beta_n/X^n + c$$

alakú regressziós egyenletek

/1/ Folyadékok	/2/ Beta paraméterek			/6/ Kons- tans /c/	/7/ R	/8/ F-próba
	/3/ Li%	/4/ Illit	/5/ Vermikulit			
a/ desztillált víz	-1.29	-	-	57,8	0,80	***
	-	1,52	10,15	210,7	0,46	*
b/ etanol	-	-	5,28	159,7	0,79	***
c/ széntetraklorid	-0.86	-	-	252,6	0,84	***
	-	1,26	1,41	165,8	0,93	***
d/ Izooktán	-1.07	-	-	325,4	0,88	***
	-	1,72	-	220,2	0,95	***

Jelmagyarázat: P = *: 5 % **: 1 % ***: 0,1 %

7. táblázat

A különböző talajok kapilláris folyadékemelésének a folyadék viszkozitásától való függését leíró $y = \beta X + c$ típusú regressziós egyenletek /X: viszkozitás/

/1/ Y /függő változó/	/2/ a reg- resszi- ós e- gyenlet paramé- terei	/3/ Talajminta száma						
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
a/ 5 órás ka- pilláris folyadék- emelés	d/ beta e/ c f/ r g/ F-próba	-92,07 289,9 0,70 *	-137,24 396,4 0,97 ***	-248,98 401,1 0,74 **	-248,82 413,0 0,72 **	-132,08 289,6 0,68 *	-207,27 429,5 0,97 ***	-108,32 353,0 0,92 ***
b/ a folya- dékemelés idő függ- vényének a-ténye- zője	d/ beta e/ c f/ r g/ F-próba	-119,29 232,8 0,89 ***	-87,36 213,8 0,98 ***	-176,39 262,7 0,79 **	-163,63 254,6 0,79 **	-118,87 214,7 0,86 ***	-115,26 223,6 0,94 ***	-103,61 240,6 0,98 ***
c/ a folya- dékemelés idő függ- vényének b-ténye- zője	d/ beta e/ c f/ r g/ F-próba	0,28 0,08 0,92 ***	0,09 0,36 0,69 *	0,18 0,19 0,79 **	0,12 0,25 0,63 *	0,18 0,13 0,70 *	0,09 0,36 0,57 *	0,17 0,19 0,77 **

Jelmagyarázat: P = *: 5 % **: 1 % ***: 0,1 %

8. táblázat
A kapilláris folyadékemelés Freundlich-féle regressziós
egyenletei /y: mm; x: óra/

/1/ Folyadék	/2/ Talajminta száma	/3/ Függvény /y = ax ^b /	/4/ r	/5/ n	/6/ F-próba
a/ Desztillált víz	1.	$y = 90x^{0.40}$	0.99	6	***
	2.	$y = 124x^{0.46}$	0.99	6	***
	3.	$y = 33x^{0.42}$	0.99	6	***
	4.	$y = 41x^{0.33}$	0.99	6	***
	5.	$y = 67x^{0.25}$	0.99	6	***
	6.	$y = 100x^{0.46}$	0.99	6	***
	7.	$y = 130x^{0.41}$	0.99	6	***
b/ Etanol	1.	$y = 105x^{0.41}$	0.99	5	***
	2.	$y = 107x^{0.49}$	0.99	5	***
	3.	$y = 69x^{0.42}$	0.99	5	***
	4.	$y = 76x^{0.45}$	0.99	5	***
	5.	$y = 84x^{0.40}$	0.99	5	***
	6.	$y = 81x^{0.51}$	0.99	5	***
	7.	$y = 117x^{0.42}$	0.99	5	***
c/ Széntetraklorid	1.	$y = 121x^{0.31}$	0.99	5	***
	2.	$y = 136x^{0.41}$	0.99	5	***
	3.	$y = 124x^{0.32}$	0.99	5	***
	4.	$y = 125x^{0.35}$	0.99	5	***
	5.	$y = 114x^{0.28}$	0.99	5	***
	6.	$y = 129x^{0.40}$	0.99	5	***
	7.	$y = 148x^{0.31}$	0.99	5	***
d/ Izooktán	1.	$y = 174x^{0.23}$	0.99	5	***
	2.	$y = 165x^{0.42}$	0.99	5	***
	3.	$y = 172x^{0.30}$	0.99	5	***
	4.	$y = 171x^{0.34}$	0.99	5	***
	5.	$y = 154x^{0.25}$	0.99	5	***
	6.	$y = 158x^{0.43}$	0.99	5	***
	7.	$y = 184x^{0.30}$	0.99	5	***

Jelmagyarázat: P = ***: 0.1 %

A kapilláris folyadékemelések általunk parametrizált Freundlich-féle időfüggvényeit a 8. táblázatban közöljük. Az egyenletek a állandója /vagyis az 1 órás kapilláris emelés értéke/ az idevonatkozó szakirodalom szerint az agyagfrakcióval fordítottan arányos /DI GLÉRIA et al., 1957/. Kísérleteinkben ezt statisztikai módszerekkel csak a széntetrakloriddal végzett mérések esetében tudtuk igazolni $r = -0,59$ /.

Az egyenletek b tényezője /a kapilláris folyadékemelés sebessége/ valamennyi folyadék esetében a homok fizikai féleségű talajokon volt a legnagyobb /0,40-0,51/. Az agyagtartalommal /illetve a leiszapolható résszel/ szoros negatív korrelációt állapítottunk meg $r = (-0,72) - (-0,91)$ /. Egybevág ez a megállapítás a szakirodalomból ismert - vízre és vizes oldatokra megfigyelt - törvényszerűségekkel /STEFANOVITS, 1981/, melyek szerint: amíg a homokos talajokra jellemző a kezdeti rohamos emelkedés, majd a nagymértékű ellaposodás, addig a nagyobb agyagtartalmú talajokat lassabban emelkedő, ám magasabbra felfutó időgörbék jellemzik. Kísérleteinket mi csupán 5 órán keresztül végeztük, így megállapításaink is csak erre a "kezdetinek" tekintetű - időintervallumra vonatkozhatnak.

Vizsgáltuk a különböző folyadékok eltérő viszkozitásának hatását a különbözőféle talajok időgörbéire /7. táblázat/. Az adatokból először is kitűnik, hogy a folyadékemelések sebessége arányos a folyadékok viszkozitásával. Megállapítható, hogy szorosabb $r = 0,79-0,98$ / a regressziós kapcsolat a viszkozitás és a számított 1 órás /a tényező/, mint a viszkozitás és a mért 5 órás folyadékemelés között /0,68-0,97/.

Összefoglalás

Mivel hazai viszonyok között még csak szórványosan találtunk adatokat a szerves folyadékok különböző fizikai féleségű és agyagásvány-tartalmú talajokkal való kölcsönhatásáról, előkísérlet-sorozatot indítottunk hét különböző talajtípus négyféle folyadékkal történő vizsgálatára. Dolgozatunkban a kapilláris folyadékemeléssel kapcsolatos tapasztalatainkat foglaltuk össze.

Matematikai-statisztikai módszerekkel értékelve mérési eredményeinket bemutattuk, hogy a talajok fizikai félesége, agyagásvány-tartalma, illetve a kapillárisokban emelkedő folyadékok minősége miképpen befolyásolhatja a folyadékemelések mértékét.

Függvényszerű kapcsolatot találtunk az 5 órás kapilláris folyadékemelés és az illit-, vermikulit-tartalom, valamint az agyagtartalom között. Szoros összefüggést tapasztaltunk a kapillárisokban emelkedő folyadékok viszkozitása és az 5 órás folyadékemelés magassága között.

Parametrizáltuk a különböző talajok - a 0-5 órás mérési időintervallumra érvényes - folyadékemelésének ún. Freundlich-féle időfüggvényét. Az emelkedés sebessége és az agyagtartalom között szoros negatív, a viszkozitás és a sebesség között pedig pozitív korrelációt állapítottunk meg.

Munkánk, mint arra a bevezetőben is utaltunk, valójában előkísérlet-jellegű. Mérési adatainkat, a felírt regressziós egyenleteket is csupán összehasonlítás és tájékoztatásképpen közöljük, hiszen kevés a rendelkezésünkre álló információ ilyen irányú vizsgálatok eredményeiről. Az eredmények érvényessége - a kísérlet célkitűzéseiből adódóan - megítélésünk szerint nem terjeszthető ki a kísérlet körülményeitől lényegesen eltérő esetekre.

Irodalom

- BALLENEGGER R. és DI GLÉRIA J. /Szerk./, 1962. Talaj- és trágyavizsgáló módszerek. Mezőgazd. Kiadó. Budapest.
- BARÓTFI J., 1982. Mezőgazdasági technika és környezetvédelem. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- BOTTA P. et al., 1979. A mezőgazdasági települések rendezése, vízgazdálkodása, zöldfelületeinek kialakítása. Mezőgazd. Kiadó. Budapest.
- DARAB K. et al., 1956. A talajoldat vizsgálatának módszerei tiszántúli szikes talajainknál. Agrokémia és Talajtan. 5. 395-404.
- DI GLÉRIA J., KLIMES-SZMIK A. és DVORACSEK M., 1957. A talajfizika és talajkolloidika. Akadémia Kiadó. Budapest.
- ERDEY-GRÚZ T., 1963. Vegyszerismeret. Műszaki Kiadó. Budapest.
- ERDŐS F. és LEHMANN A., 1984. A környezetváltozás és hatásai. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- FISZ, M., 1963. Probability Theory and Mathematical Statistics. Wiley. New York.
- I'REUND M. et al., 1973. Kőolajparaffinok. Műszaki Könyvkiadó. Budapest.
- LEHMANN, E. L., 1959. Testing Statistical Hypotheses. Wiley. New York.
- MAZOR, L., 1966. Szerves kémia analitikai kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó. Budapest.
- MUNDRUCZÓ Gy., 1981. Alkalmazott regressziószámítás. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- NEMECZ E., 1973. Agyagásványok. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- STEFANOVITS P., 1989. Jelentés az Akadémiai Alaputatási Alap pályázatán elnyert támogatás felhasználásáról a "Talajok agyagásványkészletére vonatkozó adatok kibővítésére", "A talajtermékenység fokozását, az elsődleges biomasszatermelés gazdasági növelését megalapozó fontosabb feladatok" c. témákban. GATE Talajtani Tanszék. Gödöllő.
- STEFANOVITS Pl., 1981. Talajtan. Mezőgazd. Kiadó. Budapest.
- VÁRALLYAY Gy., 1978. A talajfizika fejlődése és jövőbeni feladata. Agrokémia és Talajtan. 27. 203-218.
- WEAST, R. C. et al., 1964. Handbook of Chemistry and Physics. The Chemical Rubber. USA.

Érkezett: 1990. január 25.

Capillary Rise of Organic Liquids in the Soil

A. MAKÓ and F. MÁTÉ

Institute of Agrochemistry and Soil Science, Pannon University of Agricultural Sciences, Keszthely /HUNGARY/

Summary

Since very few data are available on the interactions of organic liquids with soils of various types and clay mineral contents under Hungarian conditions, a series of preliminary experiments was set up to study interactions between seven different soil types /Tables 1 and 2/ and four types of liquids /Table 3/. The paper summarizes observations connected with the capillary rise of liquids.

The measurements were statistically analysed to show how soil texture and clay mineral content of the soil and quality of the liquid rising in the capillaries influenced the extent of capillary rise /Tables 4 and 5/.

The differences in the capillary rise in various soils were much less distinct at the beginning of the experiment than towards the end.

In the case of water and ethanol, which resemble each other with respect to several properties, the order of capillary liquid rise in the various soils was extremely similar.

For all the liquids studied, the highest capillary liquid rise /after 5 hours/ was observed for sandy soils.

In the case of small-molecule polar liquids, the extent of capillary liquid rise was determined by the quality of the clay minerals in the soil, whereas for apolar, large-molecule liquids the capillary rise depended chiefly on the clay content of the soil.

In all the soil samples at all measurement times, isooctane showed the greatest value of capillary rise.

A function-like relationship was found between the 5-hour capillary liquid rise and the contents of illite, vermiculite and clay in the soil /Table 6/.

A weighted value was calculated to give a joint characterization of clay quality and quantity, and changes in this value were found to coincide well with the 5-hour capillary rise of apolar liquids.

A close correlation was also found between the viscosity of the liquid rising in the capillaries and the height of capillary rise after 5 hours /Table 7/.

The time function for liquid rise in various soils was expressed in terms of parameters, as measured over the 0-5 hour intervals /Table 8/. A close negative correlation was found between the rate of rise and the clay content, and a positive correlation between viscosity and the rate of rise /Table 7/.

Table 1. Rock and soil descriptions of the sampling site. /1/ No. of sample. /2/ Sampling site. /3/ Soil type. a/ Black erubase soil; b/ Black rendzina; c/ Brown forest soil with clay illuvation; d/ Brown earth; e/ Rammann brown forest soil. /4/ Soil-forming rock. f/ Bazalt; g/ Dolomite; h/ Basaltic mantle rock; i/ Permian red clay sediment; j/ Bauxitic red clay; k/ Acidic sand; l/ Sandy loess.

Table 2. Certain physical and mineralogical parameters of the soils examined. /1/ Characteristic soil parameters. a/ Particle size distribution. b/ Silt+ clay fraction; c/ Upper limit of plasticity according to Arany; d/ Hygroscopicity according to Sik; e/ Mineral composition of the crystalline phase of the clay part, %; f/ Illite; g/ Caolinite; h/ Chlorite; i/ Smectite; j/ Vermiculite. /2/ No. of soil sample.

Table 3. Certain characteristic parameters of the liquids used in the examinations. /1/ Liquid parameters. a/ Molecular mass; b/ Density; c/ Melting point, °C; d/ Boiling point, °C; e/ Surface tension; f/ Viscosity, cp, 20 °C; g/ Dipole momentum; h/ Vapour pressure, mm, 20 °C. /2/ Distilled water. /3/ Ethanol. /4/ Carbon-tetrachloride. /5/ Isooctane.

Table 4. Single factor variance analysis of the capillary liquid rise values for various soils. /1/ No. of soil sample. /2/ Measurement times, hours. A. Distilled water. B. Ethanol. C. Carbon-tetrachloride. D. Isooctane.

Table 5. Single factor variance analysis of the capillary rise values for various liquids. /1/ Name of liquid. a/ Distilled water; b/ Ethanol; c/ Carbon-tetrachloride; d/ Isooctane. /2/ Measurement times, hours. A-G: Soil samples, 1-7.

Table 6. Regression functions of the form $y = \beta_1/x + \beta_2/x + \dots + \beta_n/x + c$ to describe the capillary rise of various liquids. /1/ Liquids. a/ Distilled water; b/ Ethanol; c/ Carbon-tetrachloride. D. Isooctane. /2/ Beta parameters. /3/ Silt+clay fractions. /4/ Illite. /5/ Vermiculite. /6/ Constant. /7/ Regression coefficient. /8/ F test. Note: P = *5%; **1%; *** 0.1%.

Table 7. Regression functions of the $y = \beta x + c$ type to describe the dependence of the capillary liquid rise of various soils on the viscosity of the liquids /x: viscosity/. /1/ Dependent variables of the functions. a/ 5-hour capillary rise; b/ a-factor of the liquid rise time function; c/ b-factor of the liquid rise time function. /2/ Parameters of the regression function. d/ Beta; e/ Constant c; f/ Regression coefficient; g/ F test. /3/ No. of the soil sample. Note: See Table 6.

Table 8. Regression functions for capillary liquid rise /y: mm; x: hours/. /1/ Name of liquid. a/ Distilled water; b/ Ethanol; c/ Carbon-tetrachloride; d/ Isooctane. /2/ No. of soil sample. /3/ Function. /4/ Regression coefficient. /5/ No. of components. /6/ F test.