

Készülék a talajaggregátumok térfogatsúlyának és porozitásának mérésére

DVORACSEK MIKLÓS

*MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetének
Talajfizikai Laboratóriuma, Vácrátót*

A talajaggregátumok (morzsák és rögök) porozitásának vizsgálata több szempontból is hasznos segítséget nyújthat mind az elméleti, mind a gyakorlati talajtani, agronómiai kutatásnak. A szerkezeti elemek felépítésébe, kialakulásuk folyamatába nyerhetünk mélyebb betekintést, ha ismerjük a különböző körülmények között képződött morzsák, rögök porozitását. A morzsák egyes fizikai tulajdonságainak (szilárdság, vízállóság) helyes értelmezéséhez ugyancsak nagy segítséget nyújt a vizsgált morzsák porozitásának meghatározása. A talaj differenciált porozitásának vizsgálatában a morzsák porozitásának ismerete ad lehetőséget arra, hogy az elsődleges, morzsákon belüli és a másodlagos, morzsák közötti pórusok egymás közötti mennyiségi és minőségi viszonyait kiszámíthassuk. A talajműveléssel csak a morzsák közötti pórusok mennyiségét és minőségét szabályozhatjuk, a morzsák porozitása tehát alapvetően szabja meg egyes esetekben az alkalmazandó agrotechnikai műveleteket [1].

A helytelen talajművelés következtében kialakuló eketalpréteg helyének, vastagságának és tömörségének megállapítása a szokásos hengeres térfogatsúly mintavétellel nem olyan szabatos, mintha a vizsgálatot az e rétegből vett rögök porozitásának mérésére alapozzuk.

A szerkezeti elemek (morzsák és rögök) porozitása természetesen nem azonos a talaj össziporozitásával, ezért előbbi meghatározása nem minden esetben helyettesítheti a szokásos térfogatsúly vizsgálatokat. A vizsgálat célja szerint egyes esetekben attól teljesen független módszerként alkalmazandó, esetenként pedig a két módszer együttes alkalmazása vezethet célhoz (pl. a morzsákon belüli és a morzsák közötti porozitás vizsgálata a művelt talajrétegben). A térfogatsúly szokásos meghatározása közismerten nehézkes és lassú, időrabló módszer. Emellett sok

hibával terhelt (a henger tömörítő hatása stb.), ezért a mélyebb, kevésbé differenciált szerkezetű talajrétegek porozitásvizsgálatainak jellemzésére esetenként a talajmintában található ép, külső behatásoktól mentes, eredeti szerkezetű aggregátumok porozitásának mérése pontosabb eredményeket adhat.

Az aggregátumok porozitásának kvantitatív meghatározása az aggregátum térfogatsúlyának mérésén alapul. A térfogatsúly (Ts) és a talaj fajsúlyának (fs) ismeretében a porozitás ($P\%$) a

$$P\% = \frac{fs - Ts}{fs} 100$$

képlet alapján számítható.

A térfogatsúly az aggregátum száraz súlyának és térfogatának hányadosa:

$$Ts = \frac{\text{száraz súly (g)}}{\text{térfogat (ml)}}$$

Az aggregátumok térfogatának mérésére TRNKA [7] dolgozott ki módszert. Eljárásával az ismert súlyú légszáraz vagy absz. száraz vákuumban forró paraffinnal átitatott aggregátum térfogatát megfelelő méretezésű piknométerben vízzel vagy alkohollal mérte.

A más szerzők által később kidolgozott módszereknél mérőközegként higany szerepel. A higany nagy felületi feszültsége miatt az aggregátum pórusaiba nem hatol be, csak mintegy beburkolja az aggregátumot, ezért a paraffinos átitatás e módszereknél elhagyhatóvá vált. A térfogat az aggregátummal azonos térfogatú higany súlyából számítható. A higany nagy fajsúlya miatt e módszerek pontosak, hátrányuk viszont, hogy a szabad levegővel nagy felületen érintkező higannyal kell dolgozni, ami egészségügyi szempontból kifogásolható.

A higanyos módszert legrégebben a kultúrternőki gyakorlatban a talaj zsugorodásának mérésére alkalmazzák az ismerté fogatú talajpépből készült, kiszáritott minta (talajkorong) térfogatának megállapítására [2]. Lényegében hasonló a STRICKLING által leírt módszer [3, 4] is. SUNKEL [5] berendezésével a módszer egészségügyi ártalmait igyekezett kiküszöbölni azáltal, hogy a higanyt zárt rendszerben tartja; porózus lappal fedett, ismert súlyú és térfogatú edénybe teszi a vizsgálandó talaj aggregátumait és a higanyt az edény alján levő csapon keresztül névóedényből, annak felemelésével engedi át a talajt tartalmazó edénybe.

Suját, régebben alkalmazott módszerelem [1] továbbfejlesztéseként olyan készüléket szerkesztettem, amelyben a higany szintén zárt térben van, s amelyben a higany térfogata kapilláris csőben közvetlenül leolvasható. A higanytérfogat közvetlen mérése nemcsak gyorsítja, hanem hőmérsékletfüggetlenné teszi és ezzel is tovább egyszerűsíti a mérést.

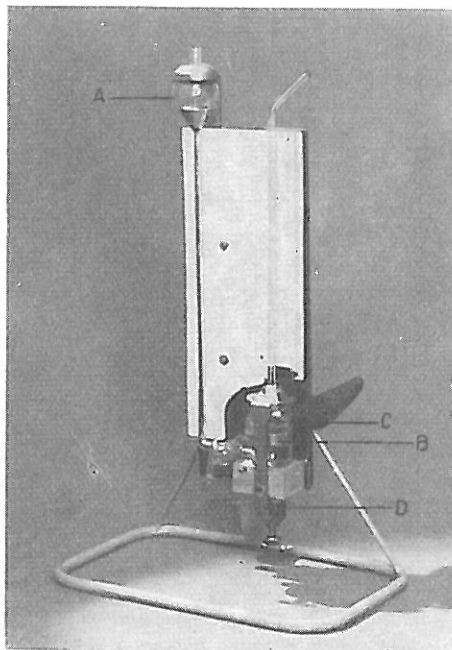
SUNKEL készülékében egyszerre sok (10 g) talajaggregátumot mér. Mivel tapasztalataim szerint az aggregátumok egymás közötti illeszkedése miatt a higany nem minden esetben tölti ki maradéktalanul az aggregátumok közötti teret és ez a mérés pontatlanságát eredményezi, készülékemet egyes aggregátumok (morzsák, rögök) mérésére terveztem.

A műszer az MTA Talajtani és Agro-kémiai Kutató Intézetének mechanikai műhelyében PUSZTAI PÁL műhelyvezető közreműködésével készült. Segítségéért és jó munkájáért sok köszönettel tartozom neki.

A Dvoracek-féle morzsaporozításmérő

A készülék leírása

A készülék két függőleges helyzetű kapilláris csőből áll (1. ábra). A bal oldali cső felső vége körte alakú üvegtartályban (1. ábra „A”) folytatódik. Az üvegtartály felső része a tartályba benyúló beforrasztott beöntőnyíláson keresztül összeköttetésben áll a szabad levegővel. A két függőleges kapillárist alul összekötő vízszintes csőbe üveglap van beiktatva. A vízszintes cső az üvegesap után alul-felül kónikus, vízszintes síkban kettévágott és vágásfelületén összecsiszolt plexi mérőedény (1. ábra „B” és „C”) aljában levő derékszögű furatba illeszkedik. A plexi mérőedény felső részének folytatása a jobb oldali, függőleges, felső végén 45°-os szögben meghajlított kapilláris cső. A mérőedény két részét szorítócsavarral ellátott, oldható fémkengyel fogja össze (1. ábra „D”). A szorítócsavar oldása után a kengyel felső része elbillenthető (2. ábra). A kengyel elbillentése után a mérőedény felső része — amely a jobb oldali kapilláris csővel egy egységet alkot — leemelhető. E leemelhető felső részbe plexi vagy celluloid „tüskrendszer” van beragasztva. A tüskék élükkel fordulnak a mérőedény függőleges hossz tengelye felé (3. ábra). A jobb oldali kapilláris cső mögött 0,01 ml-es beosztású skála van.



1. ábra

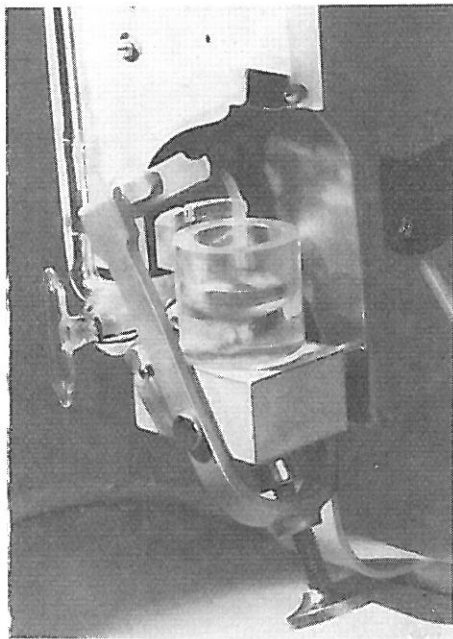
A Dvoracek-féle morzsaporozításmérő készülék. A = higanytartó üvegtartály, B és C = a vízszintes síkban kettévágott és összecsiszolt mérőedény alsó, illetve felső része, D = a mérőedényt összezáró oldható fémkengyel.

A készülék az állványához vízszintes helyzetű tengellyel kapcsoló lík, amely tengely körül az egész készülék elfordítható (4. ábra). Függőleges helyzetének állandóságát és maximális elfordíthatóságát az állványon zár, illetve ütköző biztosítja.

Mérési elv

Az elzárt állású csaptól balra levő függőleges kapillárisban, a felső üvegtartályban, valamint a csaptól jobbra levő mérőedény aljában megfelelő mennyiségű higany van. A csap megnyitásával a higany a

felső tartályból lefolyik a mérőedénybe és azt kitöltve a skála előtti kapilláris csőben bizonyos magassáig felemelkedik. A higanyoszlop meniszkusza ebben a helyzetben a közlekedő edények törvénye szerint a két kapilláris csőben azonos magasságban van. Ha a mérőedénybe a higany leengedése előtt egy talajmorzsát (rögöt)



2. ábra

A mérőedényt összetartó fémkengyel nyitott állapotban

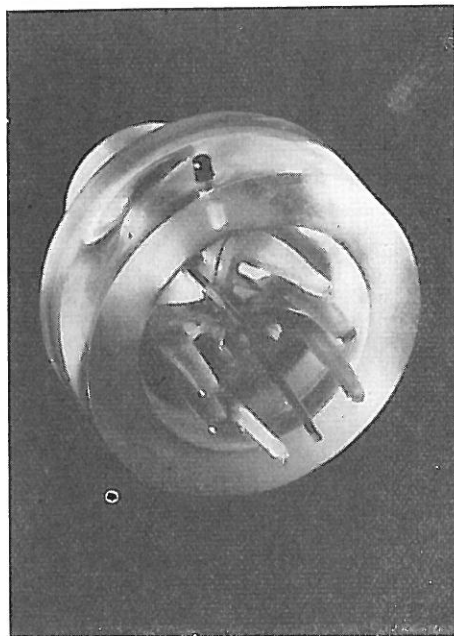
helyezünk, a higanyoszlop a kapillárisokban magasabbra emelkedik és annival nagyobb térfogatot tölt ki a két kapilláris csőben, amennyi a készülékbe helyezett aggregátum térfogata. Ez az érték a skálán közvetlenül ml-ekben olvasható le. A mérőedény felső részébe beépített „tüskék” akadályozzák meg, hogy a talajrög a mérőedény falához nyomódjon és a nagy felületen való érintkezés eredményeképpen levegőzárványok maradjanak a rendszerben. Ugyancsak a tüskék akadályozzák meg azt is, hogy a talajrög a higany felszínén a mérőedény felső kónikus részébe emelkedve az edény felső furatát elzárja.

A készülék üzembe helyezése

A készülékbe annyi higanyt töltünk, hogy a leengedett higany a mérőedényt teljesen kitöltse és felszíne a függőleges

helyzetben álló készülékben a kapillárisokban a skála 0 pontján álljon. (Mivel azonban az ehhez szükséges higany mennyiség pontos adagolása körülményes és hosszadalmas munka, célszerűbb valamivel több higanyt tölteni a készülékbe és feljegyezni azt a skálaosztást, ameddig a higany a csőben felemelkedik. Ez az érték az ún. alapállás.)

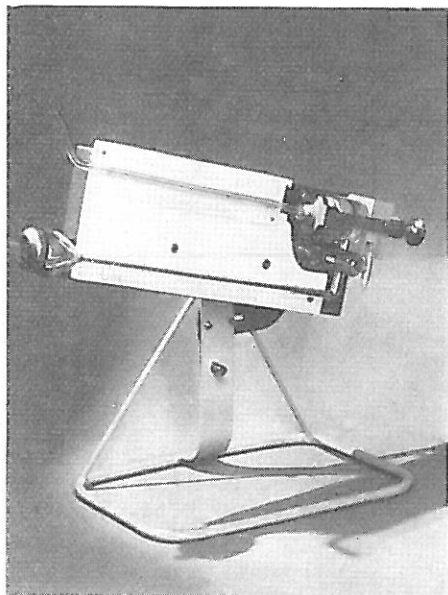
A higany betöltésénél nagyon kell ügyelni arra, hogy ne képződjék levegőbuborék a rendszerben, mert az csak a teljes higany mennyiség kiöntésével távolítható el. Feltöltésnél leemeljük a mérőedény felső részét, a csapot kinyitjuk és a mérőedény alsó részét teletöltjük higanyval. A felső rész ráhelyezése és a szorítócsavar meghúzása után a készüléket az óramutató járásával ellentétes irányban lassan elbillentjük. A higany ekkor átfolyik a bal oldali csőbe. A készüléket csak annyira szabad elforgatni, hogy a mérőedény alsó furatát a higany még ellepje. Ebben a helyzetben a csapot elzárjuk és a készüléket ismét függőleges állásba helyezzük. Ha ezzel az egyszeri betöltéssel legalább annyi higanyt tudtunk a készülékbe tölteni, hogy a bal oldali kapilláris a felső üvegtartály aljáig teljesen feltöltődött higanyval, a még szükséges higany mennyiséget az üvegtartály beöntőnyílásán át



3. ábra

A mérőedény felső részében levő „tüskerendszer”.

adagolhatjuk. Ellenkező esetben a higany-adagolást a fent leírt módon folytatjuk. A készülékbe annyi higanyt töltünk, hogy az leengedett helyzetben elérje a skála első osztásrészzeit. Ennek ellenőrzésére a készülék függőleges állása mellett a esapot las-



4. ábra
A készülék elfordított állapotban a higany visszafolytatásakor

san megnyitjuk és a higanyt lefolyatjuk a mérőedénybe. Mindig ügyelni kell arra, hogy a higany lefolyása lassan történjék, a csapot csak akkor szabad teljesen kinyitni, ha a higany a mérőedényt már teljesen kitöltötte és elérte a jobb oldali kapilláris eső alját. Ilyenkor viszont célszerű is a csapot hirtelen teljesen kinyitni. Ezzel akadályozhatjuk meg, hogy a higany a tapadás következtében a két esőben szintkülönbséggel állapodjon meg.

A szükséges mennyiségű higany betöltése után a maximális kibillenést szabályozó ütközőt úgy állítjuk be, hogy a higany visszafolytatásakor ne kerülhessen levegő a mérőedény alsó furatába. A csapot feltétlenül még a készülék kibillentett helyzetében kell elzárni és kinyitni csak függőleges állásban szabad.

Mérés

Feljegyezzük a készülék alapállását. A higanyt visszafolyatjuk a felső tartályba, levesszük a mérőedény felső részét és a

mérendő talajmorzsát (aggregátumot) a mérőedény alján levő higany felszínére helyezük. Visszatesszük a mérőedény felső részét, a kengyelt visszabillentjük és a szorítócsavart meghúzzuk. A csapot óvatosan annyira nyitjuk, hogy a higany lassan lefolyhasson a mérőedénybe. Amikor a higany a jobb oldali kapilláris eső aljánál megjelenik, a csapot hirtelen teljesen megnyitjuk. A higanyoszlop ingásának megállapodása után a skálán leolvassuk a térfogatot. Amennyiben az alapállás nem esett egybe a skála 0 pontjával, a leolvasott térfogatból az alapállás értékét levonjuk. Ezután a készüléket az állványos ütközésig elfordítjuk, a higanyt visszafolyatjuk a felső tartályba, a csapot elzárjuk és a készüléket visszaengedjük függőleges állásba. A kengyel fellazítása és elbillentése után a mérőedény felső részét leemeljük és a le-mért talajrögöt a készülékből kivesszük.

Számítások

a) az aggregátum porozitását (P_m^0) a

$$P_m^0 = \left(1 - \frac{m}{V \cdot fs}\right) 100$$

képlet alapján számoljuk, amelyben

- m = a morzsa vagy rög absz. száraz súlya g-ban
- V = a morzsa térfogata ml-ben
- fs = a talaj fajsúlya.

A mérendő aggregátumnak tehát meg kell határozni az abszolút száraz súlyát. Ehhez az aggregátumok súlyát egyenként 0,003 g pontossággal lemérjük és ezzel egyidejűleg a talajmintából több rögöt szárítóedényben kiszárítva megállapítjuk a minta szárazanyag-tartalmát (%-ban):

$$sz. a. \% = \frac{\text{kiszárított talajminta súlya g-ban}}{\text{bemért talajminta súlya g-ban}} 100$$

Az egyes rögök absz. száraz súlyát a rög súlyából és a minta %-os szárazanyag-tartalmából számítjuk:

$$\text{absz. száraz súly} = \frac{\text{rög súlya g-ban} \times sz. a. \%}{100}$$

A talaj fajsúlyát pontos méréseknél célszerű meghatározni. A kisebb pontosságot igénylő sorozatméréseknél átlagos talajfajsúllyal is számolhatunk. Ezek az alábbiak:

4%-nál nagyobb humusztartalmú vályog és agyagos feltalaj	2,55
4%-nál kevesebb humuszt tartalmazó vályog és agyagos feltalaj	2,60
kis humusztartalmú lazább szövetű feltalaj	2,65

szervesanyag-tartalom nélküli közép- kötött és kötött altalaj	2,65
szervesanyag-tartalom nélküli durvább szövetű altalaj	2,70

b) Sok esetben, különösen azonos talaj-adottságok mellett végzett összehasonlító méréseknél a porozitás meghatározása nem feltétlenül szükséges, elegendő a morzsák (rögök) térfogatsúlyának (T_{s_m}) megállapítása is. Ez a

$$T_{s_m} = \frac{\text{rög súlya } g\text{-ban} \times \text{sz. a.}\%}{\text{rög térfogata ml-ben} \times 100}$$

képlettel számítható.

A készülék pontossága

A mérési eredmények reprodukálhatóságát különböző nagyságú sima felületű kavicsok és talajmorzsák térfogatának 10–10 ismétlésben végzett mérésével ellenőriztem. Az ellenőrző méréseket 10 db kavicson és 15 db morzsán végeztem el.

Az egyes minták 10–10 mérési eredményéből matematikai-statisztikai módszerrel ($6)P = 1\%$ -os valószínűségi szintre állapítottam meg a maximális mérési hibát.

Az adott valószínűségi szintre megengedett maximális hibának és a valószínűségi szinthez tartozó, végtelen szabadságfokra megadott kritikus határértéknek (t érték) hányadosa adja az elméleti szórás (t értéke $P = 1\%$ -os szintre 2,58). Amennyiben az elméleti és a mérési eredmények szórásnégyzete között nincs szignifikáns különbség, a vizsgált műszerről megállapítható, hogy a felállított követelményeknek megfelelő pontosságú.

A szórásnégyzetek közötti különbség szignifikanciáját F próbával vizsgáljuk:

$$F = \frac{\text{mérési eredmények szórásnégyzete}}{\text{elméleti szórásnégyzet}}$$

A különbség abban az esetben nem szignifikáns, ha az F érték kisebb, mint a megfelelő szabadságfokokra (számláló szabadságfoka: $n-1$, a nevezőé: ∞) $P=10\%$ -os szinten megadott F érték. A készülék pontosságának ellenőrzése során azt kívántam megállapítani, hogy $P = 1\%$ -os valószínűségi szinten mekkora a maximális hiba. Ezért az ismertetett számításmenetet visszafelé végeztem el:

Mivel a mérést egy-egy mintánál 10-szer ismételttem meg, a $P = 10\%$ -os szintre megadott F érték (9, illetve ∞ szabadságfok mellett) 1,67. A szórásnégyzetek között tehát abban az esetben nincs

szignifikáns különbség, ha hányadosuk kisebb ennél az értéknél, vagyis maximálisan 1,66. Ennek alapján a mérések szórásnégyzeteit 1,66-dal osztottam és így kaptam meg az elméleti szórásnégyzetet, illetve gyökvonással az elméleti szórás. Az elméleti szórás és a végtelen szabadságfokra $P = 1\%$ -os szinten érvényes t érték (2,58) szorzata adja a maximális hibát, vagyis azt a valódi értéktől számított \pm eltérést, amelynél nagyobb eltérés 100 mérés közül legfeljebb egy esetben fordul elő. A szórásnégyzetet (s^2) az

$$s^2 = \frac{SQ}{n-1}$$

képlettel számoltam, amelyben SQ a négyzetes eltérések összege, vagyis

$$SQ = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} \quad (1)$$

A 25 mintára vonatkozó maximális mérési hiba értékeit az 1. táblázat tartalmazza.

A táblázat adataiból 3 következtetést lehet levonni:

1. A maximális mérési hiba minden esetben 0,01 ml alatt marad,
2. a talajmorzsák érdes, illetve szabálytalanabb felülete nem rontja a mérés pontosságát,
3. a mért anyag nagysága nincs befolyással a hiba nagyságára, vagyis a készülék az egész méréstartományban (a táblázatban 0,09 – 2,16 ml-ig) egyformán pontosan mér.

A készülékkel végső soron nem az aggregátumok térfogatát, hanem ebből számított T_s -át kívánjuk meghatározni. A mérési hibának a mért anyag térfogatától való függetlensége nem jelenti azonban egyúttal azt is, hogy a hiba nagysága az eredmény T_s -ra történő átszámítása után is független a minta térfogatától.

Az aggregátumok T_s -a egészen szélsőséges esetektől eltekintve 1,3–1,9 közötti érték. A készülék felfelé kerekített maximális hibáját $\pm 0,01$ ml-nek véve, kiszámítottam, hogy ez a hiba különböző nagyságú (súlyú), szélsőségesen porózus ($T_s = 1,30$), illetve tömött ($T_s = 1,90$) aggregátumok esetében a T_s százalékában kifejezve milyen mértékű hibát okozhat (2. táblázat).

Az adatok szerint a $\%$ -os hiba annál kisebb, minél nagyobb és minél lazább (kisebb T_s -ú) a vizsgált aggregátum. A negatív előjelű hiba a kisebb nagyságú mintáknál törvényszerűen kisebb. A nagyobb mintáknál, ahol a $\%$ -os hiba

1. táblázat

A maximális hiba nagysága kavics és talajmorzsa mérésekor

(1) Kavicsok				(2) Talajmorzsák			
(3) Sorszám	(4) Súly g	(5) Térfogat ml	(6) Max. hiba ml P = 1%-os szinten	(3) Sorszám	(4) Súly g	(5) Térfogat ml	(6) Max. hiba ml P = 1%-os szinten
1.	0,2162	0,092	± 0,0082	1.	0,2079	0,165	± 0,0032
2.	0,4008	0,153	± 0,0053	2.	0,5384	0,380	± 0,0
3.	0,5163	0,204	± 0,0042	3.	0,6490	0,465	± 0,0
4.	0,8368	0,307	± 0,0084	4.	0,9472	0,559	± 0,0042
5.	0,9337	0,352	± 0,0095	5.	0,9921	0,653	± 0,0084
6.	1,3618	0,519	± 0,0079	6.	1,0827	0,716	± 0,0032
7.	1,4599	0,557	± 0,0048	7.	1,2372	0,751	± 0,0032
8.	1,7410	0,661	± 0,0042	8.	1,3438	0,800	± 0,0
9.	4,4986	1,685	± 0,0058	9.	1,7666	1,130	± 0,0032
10.	6,0532	2,262	± 0,0048	10.	1,8129	1,238	± 0,0097
a) Átlag:			± 0,0063	a) Átlag:			± 0,0037

2. táblázat

A %-os hiba nagysága az aggregátum súlyának és Ts-ának függvényében

(1) Ts	(2) Aggregátum súlya g					(3) a hiba %-os nagysága
	0,2	0,5	1,0	2,0	3,5	
1,3	+ 7,00	+ 2,58	+ 1,38	+ 0,69	± 0,38	
	- 6,08	- 2,53	- 1,23	- 0,62		
1,9	+ 10,47	+ 3,95	+ 1,95	± 0,95	± 0,53	
	- 8,68	- 3,68	- 1,84			

viszonylag kis érték, a pozitív és negatív előjelű hiba nagysága azonos. A %-os hiba nagyságát bemutató 5. ábrából látható, hogy a hiba csökkenése a mintasúly növekedésének függvényében először gyorsabb, majd mindig lassúbb üteművé válik (az ábrán az összefüggésnek csak a + ágát ábrázoltam). Matematikailag kifejezve a %-os hiba és a minta nagysága közötti összefüggés hatványfüggvény szerint alakul (a tényezők logaritmusai közötti összefüggés lineáris).

A %-os hiba nagyságának a minta nagyságától való függése alapján állapítható meg, hogy a kívánt pontosságú méréshez minimálisan milyen nagyságú aggregátumokat kell kiválasztani. A felmerülő tudományos és gyakorlati igényeket egyaránt feltétlenül kielégítőnek tekinthető a módszer, ha a mérés hibája Ts-ra vonatkoztatva nem nagyobb ± 0,03-nál. Ez az érték 1,30-as Ts-ú anyagnál 2,31, 1,90-es Ts-ú anyagnál pedig 1,58%-os hibának felel meg. Ha tehát feltétlenül követelmény-

3. táblázat

Az aggregátum T_s -ának és porozitásának változékonysága különböző talajokban (10—10 ismétlés alapján)

(1) Talaj	(2) Térfogatsúly			(3) fs	(4) Porozitás %
	szélső értékek	külön- ség	középérték		
1. Dunántúli csernozjom C szint	1,28=1,46	0,18	1,390 ± 0,043	2,73	49,08 ± 1,58
2. Mészlepedékes alföldi cser- nozjom A_{sz} szint	1,36=1,60	0,24	1,462 ± 0,055	2,61	43,98 ± 2,11
3. Ugyanaz B szint	1,42=1,57	0,15	1,469 ± 0,033	2,60	43,50 ± 1,27
4. Dunántúli csernozjom A_{sz} szint	1,37=1,56	0,19	1,486 ± 0,043	2,60	42,84 ± 1,65
5. Andeziten kialakult sekély termőrétegű ranker	1,38=1,72	0,34	1,565 ± 0,080	2,50	37,40 ± 3,20
6. Réti csernozjom A szint	1,56=1,77	0,21	1,675 ± 0,052	2,64	36,55 ± 1,97
7. Mélyben sós réti csernozjom A_{sz} szint	1,64=1,89	0,25	1,778 ± 0,055	2,61	31,88 ± 2,11
8. Csernozjom-barna erdő- talaj A szint	1,60=1,91	0,31	1,792 ± 0,073	2,62	31,60 ± 2,79
9. Csernozjom-barna erdőtalaj C szint	1,82=2,01	0,19	1,937 ± 0,054	2,74	29,31 ± 1,97

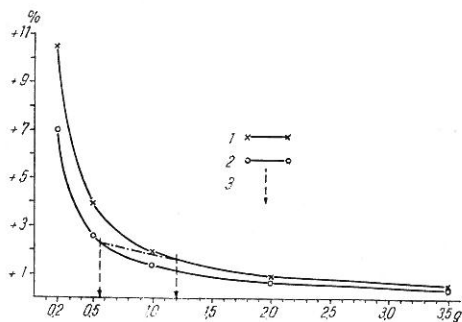
nek írjuk elő, hogy a méréssel legalább $\pm 0,03 T_s$ érték pontossággal határozzuk meg a vizsgált aggregátum T_s -át, úgy az ábrából leolvashatóan 1,30 T_s -ú anyag esetében legalább 0,563 g, 1,90 T_s -ú anyagnál 1,203 g súlyú aggregátumokat kell a méréshez felhasználni. Mivel azonban előre nem ismerhetjük a mérendő anyag T_s -át, a kívánt pontosság feltétlen eléréséhez minden esetben 1,2 g-nál nehezebb aggregátumokon végezzük a vizsgálatokat.

Mérési eredmények

A módszer pontossága azonban önmagában nem elegendő ahhoz, hogy egy vizsgált talajminta aggregátumainak T_s -át vagy porozitását megfelelő pontossággal állapíthassuk meg. A talaj kémiai és fizikai tulajdonságai a talajban pontról pontra, kisebb vagy nagyobb mértékben változnak. A vizsgált területre jellemző, megfelelő pontosságú átlagértékek megállapításához tehát mindig több mérést kell végezni, vagy a vizsgálatok céljára igen gondosan homogenizált átlagmintát kell felhasználni. A mérések számát, vagy az

átlagminta előállításának gondosságát a vizsgálni kívánt tulajdonság térbeli változékonysága szabja meg.

Mivel a talajfizikai mérések legnagyobb része a laboratóriumi vizsgálatokhoz előkészített, felaprózott átlagmintán nem végezhető el, a talaj fizikai tulajdonságainak pontos meghatározása mindig viszony-



5. ábra

A %-os hiba nagysága az aggregátumsúly függvényében. Vízszintes tengely: aggregátumsúly g-ban. Függőleges tengely: a + előjélű %-os hiba nagysága 1. 1,9 T_s mellett; 2. 1,3 T_s mellett; 3. a $\pm 0,03 T_s$ pontossággal mérhető aggregátumnagyság (súly) alsó határa

lag nagyszámú ismétlés alkalmazását teszi szükségessé.

Fenti elvek a talajaggregátumok Ts -ának, illetve porozitásának vizsgálatára is érvényesek. Nagyszámú méréseim alapján megállapítható, hogy e talajfizikai jellemző változékonysága is igen nagy mértékű. A 3. táblázatban példaképpen 9 talajminta adatait foglaltam össze a növekvő Ts sorrendjében. A táblázatban a mintánként vizsgált 10-10 aggregátum mérése alapján a Ts talált szélső értékei, azok különbsége, a Ts középértéke, valamint az ugyancsak közölt fajsúly alapján számított aggregátumporozitás értékek szerepelnek. A Ts és a $P\%$ értékeknél a becslött (10 minta alapján számított) középértéknek a valódi középértéktől $P = 5\%$ -os szinten számított \pm eltérését is feltüntettem.

A becslött (\bar{x}) és a valódi középérték (μ) adott valószínűségi szinten való eltérését a középérték hibaszórásának (s_x) a megfelelő $P\%$ szinten, $n-1$ szabadságfokra adott kritikus értékkel (t érték) való szorzata adja.

$$s_x = \sqrt{\frac{SQ}{n(n-1)}}$$

ahol SQ a négyzetes eltérések összege, amely az (1) képlet alapján számítható.

A 3. táblázatban feltüntetett $P = 5\%$ -os \pm eltérések tehát azt jelentik, hogy csak 5% a valószínűsége annak, hogy a valódi középérték e határértékeken kívülre esik.

A szélső értékek alapján megállapítható, hogy az aggregátumok Ts -a ugyanazon a talajrétegen belül is nagyon változékonny talajfizikai jellemző. A Ts nagysága nincs befolyással a változékonyság mértékére.

Mindezek alapján tehát megállapítható, hogy a vizsgált talajrétegre jellemző, megfelelő pontosságú középértéket csak sok ismétlésben végzett méréssel határozhatjuk meg. A $P = 5\%$ -os valószínűségi szintre számított \pm eltérések nagyságából viszont jogosan vonhatjuk le azt a következtetést, hogy 10 ismétlésben végzett mérés általában elegendő pontosságot szol-

gáltat ahhoz, hogy az egyes talajok közötti lényegesebb különbségeket megfelelő valószínűséggel megállapíthassuk.

Összefoglalás

A talajaggregátumok (morzsák, rögök) Ts -ának és porozitásának méréséhez készüléket szerkesztettem. A készülékkel az egyes aggregátumok térfogata az aggregátum által a mérőedényből kiszorított higany térfogatának skálán történő közvetlen leolvasása alapján mérhető. A szerkesztett műszer pontossága $P = 1\%$ -os valószínűségi szinten jobb, mint $\pm 0,01$ ml. E pontosság $Ts\%$ -ra történő átszámítás esetében a mért aggregátum súlyától függően változik. Az aggregátum nagyságának növekedésével a $\%$ -os hiba csökken. $\pm 0,03$ Ts pontosság biztonságos eléréséhez csak 1,2 g-nál nehezebb aggregátumokkal tanácsos dolgozni.

Az aggregátumok Ts -a, illetve porozitása ugyanazon a talajrétegen belül is nagyon változékonny talajfizikai jellemző. Ezért megfelelő pontosságú átlagértékek megállapításához a mérést talajmintánként 10-10 aggregátumon célszerű elvégezni.

Irodalom

- [1] DVORACEK, M. & DVORACEK, M.-NÉ: Össz állapotú és művelt talajok szerkezete. MTA Agrártud. Öszt. Közl. 9. 111-157. 1956.
- [2] KÉZDI, Á.: Talajmechanika I. Tankönyvkiadó. Budapest. 1953.
- [3] STRICKLING, E.: The effect of soybeans on volume weight and water stability of soil aggregates, soil organic matter content, and crop yield. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 15. 30-34. 1950.
- [4] STRICKLING, E.: Relationship of porosity to water stability in Beltsville soil aggregates. Soil Sci. 80. 449-457. 1955.
- [5] SUNKEL, R.: Über die Porosität von Bodenaggregaten. 1. Mitt. Eine Methode zur Bestimmung des Substanz- und Porenvolumens von Bodenaggregaten. Z. Pflernähr. Düng. 89. 17-27. 1960.
- [6] SVÁB, J.: Statisztikai módszerek mezőgazdasági kutatók számára. Mezőgazd. kiadó. Budapest. 1961.
- [7] TRNKA, R.: Eine Studie über einige physikalischen Eigenschaften des Bodens. Intern. Mitt. Bodenk. 4. 363-387. 1914.

Érkezett: 1967. augusztus 24.

Apparatus for the Determination of the Volume Weight and the Porosity of Soil Aggregates

M. DVORACSEK

Research Institute of Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Laboratory of Soil Physics, Vácraátót

Summary

I constructed an apparatus for measuring the volume weight and the porosity of soil aggregates (crumbs, clods). The apparatus consists of two vertically arranged capillary tubes whose lower ends are connected with each other. Inserted into the connecting branch is a glass tap. At the upper end of one of the capillary tubes there is a glass container while at the lower end of the other tube there is a plexi-glass measuring vessel which is fitted with a clamp so that it can be opened. The measuring medium is mercury which has to be filled into the upper glass container. With the apparatus one can determine the volume of the aggregates. After the aggregate to be tested is put in the plexi-glass measuring vessel the mercury is admitted from the container into the measuring vessel by opening the tap. Now the mercury will be at the same level in both capillary tubes. The mercury quantity whose volume corresponds to the volume of the aggregate under test can be read directly in ml on the scale arranged behind the capillary tube above the measuring vessel. As the volume is measured directly, the method is independent of temperature. After the measuring process is accomplished the mercury can be returned into the upper container by simply turning over the apparatus.

At the probability level $P = 1$ per cent, the accuracy of the readings obtained with the apparatus is better than ± 0.01 ml. The accuracy expressed in per cent changes of course as a function of the magnitude (weight) of the aggregate under test. With the volume of the aggregate increasing the percentage of inaccuracy decreases. To obtain a volume weight accuracy of ± 0.03 it is recommended that only aggregates of more than 1.2 g be tested.

The volume weight and the porosity respectively, represent a soil physical

characteristic which can be very different even within the same layer of soil. Therefore average values of sufficient accuracy can be obtained only by testing at least 10 aggregates from each soil sample.

Figure 1 Dvoracsek's soil crumb porosity measuring apparatus, A — Glass container for mercury B and C — Ground lower and upper halves of the measuring vessel split in a horizontal plane. D — Releasable metal clamp holding the halves of the measuring vessel together.

Figure 2 Metal clamp holding the halves of the measuring vessel together, released.

Figure 3 Spike system in the upper half of the measuring vessel.

Figure 4 The apparatus when turned upside down to make the mercury return into the container.

Figure 5 Percentage of inaccuracy as a function of the aggregate weight. Abscissa: Aggregate weight. Ordinate: Percentage of positive inaccuracy. 1. At a volume weight of 1.9, 2. At a volume weight of 1.3, 3. Lower limit of the aggregate volume (weight) to be determined with an accuracy of ± 0.03 volume weight.

Table 1. Maximum inaccuracy in testing gravels and soil crumbs. (1) Gravels. (2) Soil crumb. (3) Serial No. (4) Weight, g. (5) Volume, ml. (5) Maximum inaccuracy (ml) at the probability level $P = 1$ per cent. a) Average.

Table 2. Percentage of inaccuracy as a function of the weight and volume weight of the aggregate. (1) Volume weight of aggregate. (2) Weight of aggregate, g. (3) Percentage of inaccuracy.

Table 3. Variability of the volume weight and porosity of the aggregate in various soils (on the basis of 10 repetitions). (1) Marking of the soil sample. (2) Volume weight. (Extreme values; difference between the extreme values and mean value.) (3) Gravity. (4) Porosity of aggregate.

Appareil pour mesurer le poids de volume et la porosité des agrégats de sols

M. DVORACSEK

Laboratoire de Physique du Sol de l'Institut de Recherches de Pédologie et de Chimie Agricole de l'Académie des Sciences de Hongrie, Vácátót

Résumé

L'auteur a construit un appareil pour mesurer le poids de volume et la porosité des agrégats de sols (miettes, mottes). L'appareil consiste en deux tubes capillaires placés verticalement qui sont en communication dans leurs parties inférieures. Dans le tube de communication il y a un robinet en verre, au bout supérieur de l'un des tubes un réceptacle en verre, au bout inférieur de l'autre tube un vase de mesure en plexi, que l'on peut fermer à l'aide d'une clamme. Comme liquide de jaugeage l'on sert de mercure qui se trouve dans le réceptacle en verre supérieur. L'appareil permet de mesurer le volume des agrégats isolés. L'on place l'agrégat à mesurer dans le vase en plexi et en ouvrant le robinet l'on fait couler le mercure dans le vase de jaugeage. Dans cette position le niveau du mercure se trouve à la même hauteur dans les deux tubes capillaires. La quantité de mercure identique au volume de l'agrégat mesuré peut être lue en ml sur l'échelle qui se trouve par derrière du tube capillaire situé au-dessus du vase de jaugeage. Le procédé est indépendant de la température, parce que l'on mesure le volume directement. Après le mesurage l'on peut refluer le mercure dans le réservoir supérieure en faisant tourner l'appareil.

L'exactitude de l'appareil surpasse $\pm 0,01$ ml au niveau de probabilité $P = 1\%$. L'exactitude exprimée en pour cent change naturellement en relation avec la grandeur (poids) de l'agrégat. Avec l'augmentation de la grandeur de l'agrégat le pourcentage de l'erreur diminue. Pour obtenir des résultats d'une exactitude de $\pm 0,03 P_v$ il est prudent de prendre des agrégats pesant plus de 1,2 g.

Le poids du volume des agrégats, respectivement leur porosité, est un caractère fort variable même dans la même couche de sol. C'est pourquoi pour

obtenir des valeurs moyennes d'une exactitude convenable il est judicieux de faire le mesurage sur 10-10 agrégats par échantillon de terre.

Fig. 1. Appareil selon Dvoracsek pour mesurer la porosité des miettes de terre. A: réceptacle pour le mercure; B et C: partie inférieure et supérieure du vase de jaugeage coupé en deux horizontalement et rodés ensemble; D: clamme en métal pour former le vase de jaugeage.

Fig. 2. Clamme de fermeture en métal à l'état ouvert.

Fig. 3. „Système d'épines” dans la partie supérieure du vase de jaugeage.

Fig. 4. L'appareil retourné lors du refluge du mercure.

Fig. 5. Pourcentage de l'erreur en fonction du poids de l'agrégat, abscisse: poids de l'agrégat en g, ordonné: grandeur du pourcentage de l'erreur au signe +: 1: avec P_v 1,9; 2: avec P_v 1,3; 3: limite inférieure de la grandeur (poids) de l'agrégat que l'on peut encore mesurer avec une exactitude de $\pm 0,03 P_v$.

Tableau 1. Erreur maximale lors du mesurage de gravier et de miettes de terre. (1) Gravier; (2) Miettes de terre; (3) Numéro d'ordre; (4) Poids (g); (5) Volume (ml); (6) Erreur maximale (ml) sur un niveau de probabilité $P = 1\%$: a) moyenne.

Tableau 2. Grandeur du pourcentage de l'erreur en fonction du poids de l'agrégat et de son poids de volume. (1) P_v de l'agrégat; (2) Poids de l'agrégat (g); (3) Pourcentage de l'erreur.

Tableau 3. Variabilité du poids de volume et de la porosité de l'agrégat dans divers sols (selon 10-10 répétition). (1) Signe de l'échantillon. (2) Poids de volume (valeurs extrêmes; différence et valeur moyenne). (3) Poids spécifique (4) Porosité de l'agrégat.

Прибор для измерения объемного веса и порозности агрегатов

М. ДВОРАЧЕК

Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии АН Венгрии, Лаборатория почвенной физики, Вацратот

Резюме

Автор сконструировал прибор для измерения объемного веса и порозности различных почвенных агрегатов (комки, глыбки). Прибор состоит из двух вертикально расположенных капиллярных трубок, которые внизу соединены между собой. В связывающем звене имеется стеклянный переключатель; на верхнем конце одного капилляра находится стеклянный резервуар, внизу другой трубки — разъемный, притертый, скрепляющийся металлическим держателем измерительный сосуд из плекси стекла. Для измерения применяется ртуть, находящаяся в верхнем стеклянном сосуде. Прибором можно измерять объемный вес отдельных агрегатов. Изучаемый агрегат помещается в измерительный сосуд, затем открывается кран и ртуть из резервуара переходит в измерительный сосуд. В этом положении поверхность ртути находится на том же уровне, что и в двух капиллярах. Количество ртути, объем которой равен объему изучаемого агрегата, можно отсчитать в мл непосредственно по шкале, находящейся над измерительным сосудом, рядом с капилляром. Этот процесс, в результате прямого измерения объемного веса, не зависит от температуры. После измерения поворотом прибора ртуть снова сливается в верхний резервуар.

Точность работы прибора $P =$ на 1% уровне достоверности точнее $\pm 0,01$ мл. Эта точность, выраженная в процентах изменяется в зависимости от размера (веса) измеряемого агрегата. С увеличением размера процентная ошибка снижается. Для достижения точности измерения объемного веса равной $\pm 0,03$ рекомендуется работать с агрегатами весом более 1,2 граммов.

Объемный вес агрегатов или их порозность в одном и том же слое почвы является очень изменчивой величиной. Поэтому для достижения соответствующей точности определения необходимо проводить измерение

10—10 агрегатов для каждого слоя почвы.

Табл. 1. Размер максимальной ошибки при измерении гальки и почвенного комочка. (1) Галька. (2) Почвенные комочки. (3) Порядковый номер. (4) Вес (в гр). (5) Объем (в мл). (6) Максимальная ошибка (в мл). $P =$ на уровне 1% достоверности. а) Среднее.

Табл. 2. Размер процентной ошибки в зависимости от веса агрегата и объемного веса. (1) Объемный вес агрегатов. (2) Вес агрегата в граммах. (3) Размер процентной ошибки.

Табл. 3. Изменчивость величины объемного веса и порозности в различных типах почвы (на основе десятикратной повторности). (1) Обозначение почвенного образца. (2) Объемный вес. (Крайние величины, разницы между крайними величинами и средние величины. (3) Объемный вес. (4) Порозность агрегатов.

Рис. 1. Прибор Дворачека для определения порозности агрегатов. А — стеклянный резервуар для ртути. В и С — притертые верхняя или нижняя часть разрезанного по горизонтали измерительного сосуда. Д. — металлический держатель для измерительного сосуда.

Рис. 2. Металлический держатель для измерительного сосуда в открытом положении.

Рис. 3. Игольчатая система расположенная в верхней части измерительного сосуда.

Рис. 4. Прибор в перевернутом состоянии для обратного стекания ртути.

Рис. 5. Размер ошибки в %-ах в зависимости от веса агрегата. На абсциссе вес агрегата в граммах, на ординате $a +$ размер ожидаемой ошибки в %. 1. При объемном весе 1,9. 2. При объемном весе 1,3. 3. Нижняя граница размера (веса) агрегата, при которой можно измерять объемный вес с точностью $a \pm 0,03$.