

A talajok tápanyag-szolgáltató képességének vizsgálata kis tenyészedenyekben

II. A P-hatást mérő paraméterek megválasztása

A növények táplálkozásának alapvető törvényszerűségeit jórészt a tenyész-edény-kísérletekkel állapították meg. Elég itt BOUSSINGAULT, HELLRIEGEL [cit. 25] és PRJANISNIKOV [40] klasszikus munkásságára utalni. E módszer ugyanis módot ad a növények természetes, de sok tekintetben szabályozott viszonyok melletti felnevelésére. A vizsgálandó tényező egyszerre több változatban állítható be és az eredmények alapján véve megismételhetők.

Magától értetődő tehát, hogy a trágya-felhasználás növekedésével a talajok tápanyag-szolgáltatásának egyre időszerűbbé váló megítélésére sokan már kezdettől fogva a tenyészedenyes módszerrel próbálkoztak. HELLRIEGEL [cit. 25] már 1869-ben rámutatott arra, hogy ilymódon a talajok felvehető tápanyagtartalmáról abszolút és relatív értelemben egyaránt a valószínűleg megfelelően tájékozódhatunk és ezáltal a kémiai talajvizsgálatok értékelését elősegíthetjük. MAERKER [cit. 25] úgy véli, hogy a tenyészedenyekben, szemben a szabadfölddel, az egyéb termelési tényezők zavaró hatását kiküszöbölve pl. megfelelő N-ellátottság esetében valóban a talajok P-ellátottságára kaphatunk adatokat. E gondolatot elfogadva századunk első negyedében több helyütt a gyakorlatban is tenyészedeny-kísérletekkel kalibrálták a javasolt laboratóriumi talajvizsgáló eljárásokat [5, 17, 20, 40]. Még jelenleg is többen így járnak el [21, 37]. Joggal tartja a FAO kiadványa [15] a tenyészedeny-kísérletezést a talajvizsgáló szolgálatok számára hasznos információs forrásnak.

Az utóbbi időben a vizsgálatok körének és részletességének kiterjesztése érdekében többen ismét foglalkoztak az idevágó technikai kérdésekkel. Mindenekelőtt az e téren tett főbb megállapításokat kívánom áttekinteni. Ezután térek rá a tenyészedeny-kísérletekben mérhető paraméterekre.

Technikai kérdések

A) Edényméret

A módszer technikáját az idők során többen is minden részletre kiterjedően összefoglalták [1, 11, 27, 39]. Az edények nagyságától és megtöltésük módjától kezdve a kísérletezés minden tudnivalóját ismertették. Eleinte a természetes körülmények minél teljesebb megközelítésére törekedtek. Tulajdonképpen a szántóföldi állapotokat kívánták szimulálni, hogy egyszerű átszorzással a kapott eredményeket gyakorlati célra alkalmazhassák. Így pl. a 20 cm magas és 20 cm Ø-jű, 6–7 kg, homokkal elegyített talajt befogadó Mitscherlich-féle edényekben végzett N-, P- és K-hiány-kísérletek zab szemterméseiből a talajok felvehető tápanyagtartalmát és az optimális termésekhez szükséges tápanyag-adagokat számították ki [7, 29]. A kapott adatok szántóföldi ellenőrzése során azonban kiderült, hogy a kérdés megoldása nem ilyen egyszerű. A trágyázás eredményessége a gyakorlatban nemcsak a talaj és a trágya együttléte nyomán létrejött tápanyag-szolgáltatástól függ, nagy szerepe van ebben a növénynek is, így a növény fejlődése ütemének, a gyökérzet eloszlásának, ezek pedig évjáratonként és az agrotechnika szerint eltérőek. Bármilyen gondosan igyekeznek is az edények elhelyezésével, helyzetváltoztatásával és egyéb fogásokkal biztosítani a szántóföldi viszonyokhoz legközelebb álló fényellátást és állománysűrűséget [23], olvíleg a szántóföldi ellenőrzés sohasem elhagyható lépcsőfoka a trágyázási szaktanácsadás kidolgozásának. Ha azonban elfogadjuk azt a tényt, hogy a trágyák hatását a talajban fejlődő növények számára a tenyészedeny-kísérlet csak megadott korlátok között, vagyis modellként jellemezheti, jelentős egyszerűsítésekre és időmegtakarításokra

1. táblázat

A tenyészedény-kísérletekben használatos néhány N-, P- és K-adag

Tápelem-adagok					Az adagolás módja	Edényenként talaj, kg	Jelzőnövény	Irodalom
N	P	K	N/P	K/P				
mg/kg talaj								
170	71	208	2,4	2,9	vetés előtt	6*	beérett zab	[51]
270	150	400	1,8	2,7	vetés előtt	6*	beérett zab	[8]
270	13—105	133	21—2,6	10—1,3	vetés előtt a N 2/3-a fejtrágya	4,5	6 hetes kukorica	[33]
1250	436	830	2,9	1,9	vetés előtt, majd N hetente	1**	angol perje 3 vágásban	[11]
1250	436	970	2,9	2,2	vetés előtt, majd N és K hetente	1	angol perje 3 vágásban	[28]
300	13—122	657	23—2,5	50—5,4	vetés előtt, majd N és K a vágások után	1,2	angol perje 3 vágásban	[21]

* = a talaj 1 : 1, ill. 1 : 2 arányban kvarchomokkal van keverve

** = lazább talajokon az N- és K-adagok 1/5-ig mérsékelendők

nyílik mód. Ez annyit jelent, hogy lehetőleg kis edényekben, gyorsan fejlődő növényekkel dolgozunk [1, 14, 26, 30, 39]. Ekkor az éles és már néhány hetes tenyészidőszak alatt is határozottan megnyilvánuló különbségek csak egészséges, valamennyi természetési tényező optimális jelenlétében jól fejlett növényállományokban várhatók.

Kérdés, milyen változást hoz mindez a kísérletezés technikájában?

Minden továbbit eldöntő tényező az edényméret, azaz az egységnyi talajtömeg megválasztása. Ez, amint ARMIGER és munkatársai [2, 3] kimutatták, egy és tíz kg-os határok között sem lucerna, sem köles esetében nem változtatta meg következetesen az 1 kg talajra vagy a talaj egységnyi felszínére jutó szárazanyag-hozamokat, illetőleg a párhuzamosok hibaszórását. A ³²P-s vizsgálatok szerint azonban a kisebb talajtömegek esetében nagyobb hányadban származott a felvett P a talaj eredeti készletéből, mint a frissen adott P-trágyákból és megnőtt a növények %-os P-tartalma is. Így kisebb edényekben a talaj felvehető P-tartalmának a különbségei már a tenyészidőszak első heteiben is megbízhatóan kimutathatók voltak [30]. Ugyanez vonatkozik minden kevésbé mozgékony elemre, így a K-ra és a Mg-ra is. Ez, mint kimutatták, a kisebb talajterfogatot sűrűbben átszövő gyökérzetnek a következménye [4, 13, 22, 34].

B) Jelzőnövények

Az edényméret csökkentése természetesen a jelzőnövények megválasztását is korlátozza. Kis tenyészedényekben, ahol az edényenkénti talajtömeg legfeljebb 2—3 kg, a kellő (legalább 10 g száraz anyag/1 kg talaj) termés eléréséhez a növények már nem nevelhetők fel mind termésük beéréséig. Itt olyan növények az alkalmasak, amelyeknek a kezdeti fejlődése gyors, a sűrű állományt eltűrik, erősen sarjadzóak (és a tápanyagok hiányára élesen reagálnak). Ilyen pl. az angol perje [10, 11], a köles [35] és más, apró magvú növények. Több kísérletben a tápanyaghatások jelzésére bevált a 6—7 hetes koráig nevelt kukorica is [1]. A fűvek és általában a szálak takarmányfélék ez esetben azért is értékesek, mivel velük dolgozva egymást követően több vágás is értékelhető, tehát a talajok tápanyag-szolgáltatását az idő függvényében is észlelni lehet.

C) Tápanyag-adagolás

A kis tenyészedényes módszer esetében különös figyelemmel kell lennünk a tápanyagok adagolására. Biztosítani kell, hogy csupán a vizsgált elem kerülhet relatív minimumba [49]. Így pl. P-tartalmú talajokat tanulmányozva gondoskodni kell arról, hogy a növényekben az optimális tápanyag-felvételekkel együttjáró N/P és

K/P arányok alakuljanak ki. Ehhez — anint az 1. táblázatból kitűnik — a felvehető P mennyiségénél legalább 2,5-ször több N- és 2-szer több K-tápelem adagolása kívánatos.

Ezenkívül többen [11, 28, 33] a talajokat mezo- (Ca, Mg, S)-, valamint mikro- (B, Cu, Fe, Mn és Zn)-elemekkel is kellőképpen ellátják.

A tápanyagok túladagolásának és ezzel együtt a káros sókoncentrációnak az elkerülésére cölserű a vízben jól oldódó N-, K-, Mg- és S-sókat a tenyészidő alatt szakaszosan alkalmazni. Ez LEMAIRE [28] szerint elősegíti (vágásonként) az angolperje szárazanyag-hozamainak egyenletességét.

D) Környezeti viszonyok

A megfelelő tápanyagadagok és -arányok, illetőleg valamennyi nélkülözhetetlen tápelem kellő szintjének a biztosítása természetesen csak akkor eredményes, ha a növények egyéb igényeit (fény, nedveség, hőmérséklet) is sikerül kellőképpen kielégíteni. MORTVEDT és TERMAN [33] meggyőzően mutatják be, hogy a téli fényszegény és hűvös időszakban a 6 hetes kukorica P-felvételében korántsem különböztek el oly mértékben a különböző P-műtrágyafajták, mintha ugyanezt a kísérletet tavasszal végezték. SARKADI és PUSZTAI [43] angol perjés kistenyészvény-kísérletekben igazolták, hogy a talaj víztartalmát hetente legalább kétszer tömegméréssel be kell állítani a maximális hozamok elérése, illetőleg a párhuzamosok szórásának minimálisra csökkentése érdekében.

Paraméterek

A) Szárazanyag-hozam

Mindmáig vitatott kérdés, hogy a talajok tápanyag-állapotának a jellemzésére a tenyészvény-kísérletekben mért adatok közül melyik a legmegfelelőbb. A legegyszerűbb az az eset, amikor a vizsgálandó kivételével valamennyi egyéb tényezőt optimális szinten tartjuk és a kísérleti növény szárazanyag-hozamát mérjük. Az eljárás egyszerűsítésére a föld feletti részek és a gyökértömeg részarányát a tápanyag-ellátottságtól függetlennek tételezik fel és csupán az előzőt veszik tekintetbe. Így egy kísérleten belül több talaj tápanyag-szolgáltatását ugyan összehasonlíthatjuk, de nincs mód az egyes talajokat jellemző, a kísérlet közben nem tartható, ún. „véletlen” körülményeitől független,

paraméterek megállapítására. A véletlen tényezők okozta szórások csökkentésére lehetőséget ad — ahogy erre MITSCHERLICH és még sokan mások [cit. 9, illetve 20] rámutattak —, ha egy-egy kísérleten belül a vizsgált tápelem nélküli (ún. „hiány”) kezelés mellett a tápelemet optimálisan tartalmazó, maximális hozamot biztosító (ún. „teljes”) kezelés is van a kísérletben. A hiánykezeléseknek a maximális termés %-ában megadott terméseredményeit nevezik termésszámoknak. BRAY [9] szerint ezek segítségével több évi kísérlet is összegezhető, amennyiben a talajadatokba csak fokozatosan belejutó tápelemek (P, K, Mg) hatását kívánják átlagolni. A tápanyagokban szegény talajok, így a trópusi talajok esetében a trágyaszükségleteket a szárazanyag-hozamok termésszám alapján rangsorolják [11, 26, 28, 45]. Ugyancsak a termésszámok alapján ítéltető meg a kísérleti növény több vágását mérve a talaj tápanyag-szolgáltatásának az időbeni változása.

Meg kell jegyezni, hogy paraméterül viszonyszámot választva a kísérleti hibák is viszonylagosak lesznek, tehát minél nagyobb egy termésszám, annál tágabb ennek a megbízhatósági köze [42].

Megbízhatóbb lenne valamely paraméter, ha nem két, hanem több mérési pont alapján számíthatnánk ki. Így pl. a P hatását vizsgálva a P_0 és P_{max} kezelése közé P_1, P_2, \dots, P_n kezelést is beiktatva meggyőződhetnénk a P-hatás görbe alakjáról, megfigyelhetnénk, hogy nincs-e ennek a mérési közben leszálló ága [52].

A talajban a P-adagok hatását vizsgálva a hatásgörbe általában ellaposodó [31] és a telítődési görbével írható le. Ez esetben, mint köztudomású, a talaj végtelen kicsi tápanyagtartalom-növekedésére (dx) jutó terméshozam-növekedés (dy) arányos az elérhető maximális hozam (A) és a tényleges hozam (y) különbségével, képletben: $dy = c(A - y)dx$.

A terméshozam létrejöttében szereplő tápanyagmennyiséget (x) a talajban eredetileg meglévő (b) és a kísérletben adagolt (x_i) részre osztva az egyenletből a b kiszámítható [7, 18].

$$b = \frac{\log A - \log(A - y_0)}{c}$$

c-növényenként és tápanyagonként különböző állandó, $y_0 = y$, ha $x_i = 0$ (azaz a b jelenlétében kapott terméshozam).

MITSCHERLICH módszerével edényenként 6 kg homokkal kevert talajjal és beérésig nevelt zabbal dolgozva a legutóbbi időig is jó eredménnyel használták a fenti képletet az NSZK talajai felvehető P-tartalma

megtételére [8]. BRAY [9] az USA talajain szintén a telítődési függvény alapján vizsgálta a tenyészvény- és a szabadföldi kísérletekben felvehető P- és K-tartalmat, hangsúlyozva, hogy a c értéke még számos tényezőtől (talaj, agrotechnika, trágyázás) is függ. HAGIN [24] tenyészvény-kísérletekben szintén a MITSCHERLICH—BRAY-egyenlet [6] illesztésével jutott a talajok P-tartalmát jellemző paraméterekhez. Megjegyzni azonban, hogy módszere csak olyan talajok esetében alkalmazható, amelyekben a maximális terméshozamok közelállóak, vagyis tulajdonképpen ez esetben a viszonylagos mutatók nem segítettek elő az egymástól erősen eltérő eredmények összevethetőségét. GRIGG [21] angol perjével 1,2 kg-os edényekben 5 fokozatú P-adagolással 48 talajjal végzett kísérletet. Úgy találta, hogy a telítődési függvény illesztett leginkább a szárazanyag-hozamokhoz. A talaj könnyen oldható P-tartalmát vizsgáló laboratóriumi módszerek összehasonlítására azonban elegendőnek tartotta a termésindexek kiszámítását. Az ezekkel kapott tájékoztatás nem kevesebb, mint amely a több fokozatos P-adagolás nyomán illesztett görbék paramétereivel elérhető. Minél több méréspont alapján számolva ugyan pontosabbak lettek a számított indexek, de ez a jelentős többletmunkát igénylő nagyobb pontosság a kísérleti körülmények okozta szórások miatt nem volt indokolt.

A jelzőnövény több vágását értékelve a termésindexek a talaj tápanyagkészletének a változását jelzik. SCHENKEL [45] szerint ekkor legcélszerűbb a teljes kezelések kumulált hozamainak, valamint a hozájuk tartozó egyes termésindexek logaritmusainak az összefüggését vizsgálni. Ezek az összefüggések többnyire lineárisak és a hajlásszögek (regressziós együtthatók) a P-szolgáltatás paraméterei.

B) A %-os tápanyagtartalom

A növények szárazanyag-hozama a talaj felvehető tápanyagtartalmának a növekedését, mint láttuk, csak bizonyos határig követi. A hiányzó tápanyagot adagolva a hatásgörbe először meredek, majd egyenletesen emelkedik, végül ellaposodik. A %-os tápanyagtartalom ugyanezzel a először csökken (hígulás), majd állandósul („kritikus tápanyagtartalom”), végül a szárazanyag-hozam maximumának elérésével további tápanyag-adagolásra a toxikus-ság határáig növekedik [48]. Természetesen ez a vázlatos kép a jelenlevő egyéb tápanyagok minősége és mennyisége szerint sokféleképpen módosul. Mégis általában igaz, hogy a kritikus tápanyagtartalom

mon felül is jó jelzője lehet a %-os tápanyagtartalom és a talaj tápanyagkészletének [42, 44, 46, 50]. Ezt a megfigyelést hasznosította tenyészvény-kísérleteiben PAAUW [36, 37], amikor a „vizes” tápanyagvizsgáló módszerét a burgonyalevelek %-os P-tartalma alapján kalibrálta.

C) Tápanyagfelvétel

A fentiek alapján a legszélesebb határok között alkalmas paraméternek a szárazanyag-hozam és a %-os tápanyagtartalom szorzata, a föld felett felvett tápanyag mennyisége tűnik. Valóban már századunk első negyedében NEUBAUER [cit. 25] a 17 napig nevelt rozsnövények P- és K-tartalma alapján becsülte a talaj felvehető készleteit. Előnevelt fiatal növények tápanyagfelvétele alapján ítéli meg STANFORD és DEMENT [47] a talajok tápanyag-szolgáltatásának a sebességét. MORTVEDT és TERMAN [33] a különböző oldhatóságú P-műtrágyák értékelésére 6 hetes kukorica P-felvételét alkalmasabbnak találta, mint a szárazanyag-hozamát.

Sorozatvizsgálatokban, a tápanyagban szegény talajok kiszűrésekor tehát elegendő csupán a kísérleti növények föld feletti részeinek a szárazanyag-hozamát mérni [6, 7, 24]. Az intenzív műtrágyázás nyomán a talajokban felhalmozódott készletek minél részletesebb jellemzésére várhatóan a tesztnövények P-felvétele a kívánatos paraméter. Így NOVAIS és KAMPRATH [35] a köles P-felvételeiből ítélte meg intenzíven trágyázott talajok P-szolgáltatását.

A tenyészvény- és a szabadföldi kísérlet tájékoztató értéke

Amint már erről az előzőkben szó volt, a műtrágyázás tudományos megalapozói sokat vártak a tenyészvény-kísérleteztéstől a talajok tápanyag-szolgáltató képességének a számszerű jellemzésében [20, 32, 40]. Azt várták, hogy a csupán adott helyekre, körülményekre és évekre érvényes szabadföldi kísérletek adatain felül ilyen módon az egyes talajok egy-egy növény számára optimális tápanyagszintjéről, a talajok és a trágyák hosszú távú kölcsönhatásairól ok-okozati jelleggel általánosan tájékozódhatnak. Erre reményt nyújtott az a körülmény, hogy a tenyészvény-kísérletekben a talajok jóval homogénebbek, a gondosan nevelt növényállomány jóval egyenletesebb és egészségesebb, mint szabadföldön. A hibaszórások (C. V.) általában 10%-on aluliak. A kis tenyészvényekben a különösen sűrű gyökérzet a talaj

térfogategységében egy nagyságrenddel nagyobb aktív felületen képes az oda dif-fundáló ionok, így az ortofoszfátok, felvé-telére, mint a szabadföldön [4, 13]. Való-ban helytálló tehát az a megállapítás, hogy a talaj felvehető tápanyagkészletének a vizsgálatában a kellő gonddal végzett leg-feljebb néhány éves tenyészedeny-kísérlet, több éven át egy helyen végzett szabad-földi kísérletek sorozatával ér fel [8].

A tenyészedenyekben — kedvező körülményeket biztosítva — 1 kg talajra számítva 20—30 g föld feletti szárazanyag-hozam (ebben 40—60 mg P-felvétel) érhető el, ez pedig 1 ha-ra számítva (a 0—20 cm-es talaj tömegét $3 \cdot 10^6$ kg-nak véve) 60—90 t szárazanyag-hozamot (ebben 120—180 kg P-felvételt) jelent. Ez a jónak nevezhető szántóföldi termések 6—10-szerese.

A tenyészedeny-kísérletek eredményei-nek a gyakorlati felhasználásában nem szabad azonban figyelmen kívül hagynunk azt, hogy szántóföldi körülmények között a növényi tápanyagok felvehetősége minőségileg is más. Többek között a növények, mint ismeretes, nem csak a megmintázott felső talajsztintekből, hanem a gyökerekkel átszótt termőréteg mélyebben fekvő, a talajműveléstől nem érintett részeiből is táplálkoznak. Csupán a talaj szántott rétegre alapozott vélemények többé-kevésbé torzítottak lehetnek. Ettől eltekintve magá-nak a megmintázott talajrétegnek is a szabadföldön jellegzetesen alakuló szerkezete, nedvességtartalmának az időbeni változá-sai a tápanyagok forgalmát (megkötődését, szabaddá válását, mozgását) jelentősen be-folyásolják. Ugyancsak nem vehető azo-nosnak a szabadföldön és a tenyészedenyekben a gyökerek és a tápanyagszem-csék kapcsolata. Ez a kevésbé mozgékony elemek esetében módosíthatja a felvehető-ségben szintén jelentős diffúziós utak hosszúságát. Tehát a vízben kevésbé old-ható készletek felvehetőségét tenyész-edényekben jobbnak találjuk, mint az a szabadföldi viszonyok között egy-egy év-ben tapasztalható [8].

Az elmondottakat tehát úgy összegez-hetjük, hogy a tenyészedenyekben a tala-jok tulajdonságainak — mint pl. a CaCO_3 -, humusztartalomnak, a leiszapolható ré-szek hányadának — a hatását a növények által felvett, valamint a kémiai vizsgála-tok során talált tápanyagtartalomra szaba-tosan tanulmányozhatjuk [16, 19]. Az egyes talajvizsgálati módszereknek a gya-korlati értékét azonban csakis a tényleges termelési viszonyoknak megfelelő szabad-földi kísérletekben, sok helyen és sok évben vett növény- és talajminták vizsgálata alapján lehet a termésekkel összevetve reálisan becsülni [8, 42, 46]. A tenyész-

edenyek a folyamatok megismerésében mint viszonylag jól kézben tartható, sok talaj és kezelési egyszerre történő vizsgá-latát megengedő modellek értékesek [41]. A szabadföldi kísérletek e modellek ellen-őrzésének és továbbfejlesztésének az esz-közei [8, 38].

Nem szabad azonban arról sem elfe-lejtkezni, hogy a kisparcellás szabadföldi kísérletek körülményei is sok tekintetben (agrotechnika, betakarítás stb.) eltérőek az üzemi viszonyoktól, így maguk is mo-dellek [12].

Ö s s z e f o g l a l á s

A talajok tápanyag-szolgáltatásának a részletes vizsgálata az intenzív trágyázás esetében különösen fontos. Így lehet számszerűen leírni a talajba juttatott ásványi és szerves tápanyagok változásait, átala-kulásait és ezek jelentőségét a növények táplálkozásában. E kérdések tanulmányo-zásához fontos eszköz a tenyészedeny-kísér-letezés. Az irodalmi adatok alapján képet kapunk a kistenyészedenyes kísérletezés legfontosabb sajátos technikai kérdéseiről (az edény nagysága, a jelzőnövények és a tápanyagadagok).

A paraméterek közül alacsonyabb táp-anyagszinten a kísérleti növények föld feletti szárazanyag-hozama, magasabb táp-anyagszinten pedig szélesebb határok kö-zött ezek tápanyagfelvétele az alkalmasak. A nem befolyásolható körülmények okozta torzítások csökkentésére célszerű a para-métereket az elérhető maximális értékek-hez viszonyítva megadni.

I r o d a l o m

- [1] ALLEN, S. E., TERMAN, G. L. & CLEMENTIS, L. B.: Greenhouse techniques for soil-plant-fertilizer research. Bull. Y-104. Natl. Tert. Devlp. Center. TVA. 1976.
- [2] ARMIGER, W. H., DEAN, L. A., MASON, D. D. & KOCH, E. J.: Effect of size and type of pot on relative precision, yields and nutrient uptake in greenhouse fertilizer experiments. Agron. J. 50. 244—247. 1958.
- [3] ARMIGER, W. H. & FRIED, M.: Effect of pot size and shape on yield and phosphorus uptake of millet. Agron. J. 50. 462—465. 1958.
- [4] BAKER, D. E. & WOODRUFF, C. M.: Influence of volume of soil per plant upon growth and uptake of phosphorus by corn from soils treated with different amounts of phosphorus. Soil Sci. 94. 409—412. 1962.

- [5] BEAR, F. E.: Historical introduction. In: Diagnostic techniques for soils and crops. Amer. Potash Inst. Washington. IX—XXIII. 1948.
- [6] BLACK, C. A.: Evaluation of nutrient availability in soils and prediction of yield response to fertilization. Iowa State College J. Sci. 30. (1). 1—11. 1955.
- [7] BOGUSLAWSKI, E. V.: Zur Kenntnis des „b“ Wertes. Z. Pflernähr. Düng. Bodenk. 66. 109—118. 1954.
- [8] BOGUSLAWSKI, E. & LACH, G.: Ergebnisse der chemischen Bodenuntersuchung und Nährstoffzustand im Gefäß — und Feldversuch. Landw. Forsch. 26. 293—309. 1973.
- [9] BRAY, R. G.: Correlation of soil tests with crop response to added fertilizers and with fertilizer requirement. In: Diagnostic techniques for soils and crops. Amer. Potash Inst. Washington. 53—86. 1948.
- [10] CHAMINADE, R.: Experimentation en petits vases de végétation types d'essais pour tester l'efficacité des engrais humiques. Ann. Agron. 2. 121—133. 1960.
- [11] CHAMINADE, R.: Bilan de trois années d'expérimentation en petits vases de végétation. Agronomie tropicale (11). 1101—1162. 1965.
- [12] COLLIS-GEORGE, N. & DAVEY, B. G.: The doubtful utility of present-day field experimentation and other determinations involving soil-plant interactions. Soils and Fert. 23. 307—310. 1960.
- [13] CONFORTH, I. S.: Relationships between soil volume used by roots and nutrient accessibility. J. Soil Sci. 19. 291—301. 1968.
- [14] COOK, R. L. & MILLAR, C. E.: Some techniques which help to make greenhouse investigations comparable with field plot experiments. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 11. 298—304. 1946.
- [15] COTTENIE, A.: Soil and plant testing as a basis of fertilizer recommendations. FAO. Rome. 1978.
- [16] DALAL, R. D. & HALLWORTH, E. G.: Evaluation of the parameters of soil phosphorus availability factors in predicting yield response and phosphorus uptake. Soil Sci. Soc. Amer. J. 40. 541—546. 1976.
- [17] DIRKS, B. & SCHEFFER, F.: Vergleichende Untersuchungen über das Nährstoffbedürfnis der Kulturböden (Autoreferat) Z. Pflernähr. Düng. Bodenk. B 7. 584—586. 1928.
- [18] EID, M. T., BLACK, C. A. & KEMPTHORNE, O.: Importance of soil organic and inorganic phosphorus to plant growth at low and high soil temperatures. Soil Sci. 71. 361—370. 1951.
- [19] FÜLEKY, GY.: A talajok tápanyagszolgáltató képességének vizsgálata kistenyészedényekben. I. A növények foszforfelvételének és a talajok foszforállapotának kölcsönhatása. Agrokémia és Talajtan. 28. 143—156. 1979.
- [20] GIESECKE, F.: Die Bestimmung des Fruchtbarkeitszustandes des Bodens durch den Gefäßversuch. In: Handbuch der Bodenlehre (Ed.: BLANK, E.) 8. Springer, Berlin. 519—567. 1931.
- [21] GRIGG, J. L.: Prediction of plant response to fertilizer by means of soil tests. V. Soil tests for phosphorous availability in brown-grey and dry-subhygrous yellow-grey earth. N. Z. J. Agric. Res. 20. 315—326. 1977.
- [22] GROSSE-BRAUCKMANN, E.: Zur Technik des Gefäßversuches: Der Einfluss auf Wachstum und Phosphataufnahme von Hafer. Landw. Forsch. 25. 185—190. 1972.
- [23] GROSSE-BRAUCKMANN, E.: Die Aussagekraft von Gefäßversuchen im Vergleich zu Feldversuchen. Z. Pflernähr. Bodenk. 140. 617—626. 1977.
- [24] HAGIN, J.: Comparison of availability of phosphorus from granulated and powdered superphosphate by calculations of yield curves related to the phosphorus added and found in soil and plant tests. Plant and Soil. 9. 114—130. 1957.
- [25] HASELHOFF, E.: Die Bestimmung des Fruchtbarkeitszustandes des Bodens mit Hilfe biologischer Methoden. a) Pflanzenanalyse, Keimpflanzen* methode und Mitscherlich-Verfahren zur Bestimmung des Bodenfruchtbarkeitszustandes. In: Handbuch der Bodenkunde (Ed.: BLANK, E.) 8. Springer. Berlin. 466—518. 1931.
- [26] KOVÁCS, K. & NAGYMIHÁLY, F.: Kistenyészedényes eljárás a talajok tápanyagellátottságának vizsgálatára. Műsz. Fejl. Tájék. Élelmiszer és Fagazdaság. (5). 68—77. 1973.
- [27] KRÁMER, M. & DEBRECZENI B.-né: A tenyészedény kísérletezés módszerei (talaj- és homokkultúrák). In: Talaj- és trágyavizsgáló módszerek (Eds.: BALLENEGGER, R. & DI GLÉRIA, J.). Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1962.
- [28] LEMAIRE, F.: Nouvelles observations sur l'appréciation de la fertilité des sols cultivés au moyen de l'expérimentation en petits vases de végétation. Ann. Agron. 28. 425—444. 1977.
- [29] MAROUART, B.: Eiland Mitscherlich's Lehre von der Bestimmung des Düngerbedürfnisses des Bodens (Gemeinverständliche Einführung). Parey. Berlin. 1925.
- [30] MITSCHERLICH, E. A.: Bemerkungen zu der Methode Neubauer. Z. Pflernähr. Düng. Bodenk. B5 132. 1926.
- [31] MITSCHERLICH, E. A.: Recherches sur l'action de l'acidité phosphorique en vases de végétation. XIV. Congr. Chimie Ind. Bruxelles. 427—437. 1935.
- [32] MITSCHERLICH, E. A.: Zum Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren. Z. Pflernähr. Düng. Bodenk. 66. 97—100. 1954.
- [33] MORTVEDT, J. J. & TERMAN, G. L.: Nutrient effectiveness in relation to rates applied for pot experiments: II. Phosphorus sources. Soil Sci. Soc. Amer. J. 42. 302—306. 1978.
- [34] NEWMAN, E. I. & ANDREWS, R. E.: Uptake of phosphorus and potassium in relation to root density. Plant and Soil. 38. 49—69. 1973.
- [35] NOVAIS, R. & KAMPRATH, E. J.: Phosphorus supplying capacities of previously heavily fertilized soils. Soil Sci. Soc. Amer. J. 42. 931—935. 1978.
- [36] PAAUW, VAN DER, F.: Adjusting fertilizer rates to soil fertility level on the basis of soil testing. Pontificiae Acad. Sci. Scripta Varia. Vatican City. (38). 10—16. 1973.

- [37] PAAUW, VAN DER F.: An effective water extraction method for the determination of plant available soil phosphorus. *Plant and Soil*. 34. 467–481. 1971.
- [38] PEASLE, D. E.: Relationships between relative crop yields, soil test phosphorus levels and fertilizer requirements for phosphorus. *Comm. Soil Sci. Plt. Anal.* 9. 429–442. 1978.
- [39] PECZNIK, J. & KOVÁCS, K.: Kistenyészedényes eljárás alkalmazása a műtrágyázás fejlesztésében (jelentés). *Agártud. Egy. Mg. Kém. tsz. Gödöllő*. 1972.
- [40] PRJANISNIKOV, D. N.: Vegetacionnuij metod i ego rol' v agrohimičeszkom issledovanii. In: *Izbrannie szocsinenija*. 3. A. N. SzSzSzR. Moszkva. 610–628. 1952.
- [41] RENNIE, D. A. & CLAYTON, J. S.: An evaluation of techniques used to characterize the comparative productivity of soil types in Saskatchewan. In: *Trans. Meet. Comms. II and IV. Int. Soil Sci. Soc. Aberdeen*. 365–376. 1967.
- [42] SARKADI, J.: A műtrágyaigény becslésének módszerei. *Mezőgazd. Kiadó, Budapest*. 1975.
- [43] SARKADI, J. & PUSZTAI, A.: Adatok a kistenyészedények öntözésének módszertanához. *Agrokémia és Talajtan*. 29. 256–286. 1980.
- [44] SCHACHTSCHABEL, P.: Beziehungen zwischen dem Phosphorgehalt in Böden und jungen Haferpflanzen. *Z. PflErnähr. Bodenk.* 135. 31–43. 1973.
- [45] SCHENKEL, S. G.: Evaluación de la fertilidad de un suelo, mediante la producción de materia seca en ensayos de macetas. I. II. *Turrialba*. 21. (3). 253–262., 263–270. 1971.
- [46] SCHROEDER, D., HOFFMANN, W. E. & REICHENBACH, A.: Beziehungen zwischen dem Kalium-Ernährungszustand der Pflanzen und den Ergebnissen der Bodenuntersuchung. *Landw. Forsch. Sh.* 15. 48–60. 1961.
- [47] STANFORD, G. & DEMENT, J. D.: A method for measuring short-term nutrient absorption by plants. I. Phosphorus. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 21. 612–617. 1957.
- [48] STEENBERG, F. & JACOBSEN, S. T.: Plant nutrition and yield curves. *Soil Sci.* 95. 69–88. 1963.
- [49] TERMAN, G. L.: Amounts of nutrients supplied for crops grown in pot experiments. *Comm. Soil Sci. Plt. Anal.* 5. 115–121. 1974.
- [50] TERMAN, G. L., NOGGLE, J. C. & HUNT, C. M.: Growth rate — nutrient concentration relationships during early growth of corn as affected by applied N, P and K. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 41. 363–368. 1977.
- [51] VANDECAVEYE, S. C.: Biological methods of determining nutrients in soil. In: *Diagnostic techniques for soils and crops*. Am. Potash Inst. Washington. 199–230. 1948.
- [52] WIESSMANN, H.: Vergleich zwischen der Gefäßmethode nach Mitscherlich und Wiessmann. *Z. PflErnähr. Düng. Bodenk.* A13. 205–208. 1929.

KRÁMER MIHÁLY
MTA Talajtani és Agrokémiai
Kutató Intézet, Budapest

Érkezett: 1981. április 29.