

## Talajvizsgálatok felhasználása az agrokémiai szaktanácsadásban és kutatásban

KÁDÁR IMRE

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

A műtrágyázás és a gyakorlati növénytaplálás kérdései széles körű vitákat váltanak ki nemcsak a szakemberek körében, hanem egyre inkább a társadalmi érdeklődés homlokterébe kerülnek. A jelenkori növénytermesztés egyik feltétele az ipari eredetű anyagok (műtrágyák, növényvédő szerek, műanyagok, gépek) nagymérvű használata. A műtrágyák hatása — amennyiben a hiányzó tápanyagot pótoljuk — általában kedvező mind a talajra, mind a termesztett növényre. Szakszerűtlen alkalmazás esetén azonban nemcsak a műtrágyázás költségei nem térülnek meg, hanem súlyos károk okozói is lehetnek és a környezetszennyezés egyik formáját jelenthetik. Ebből ered a társadalom félelme a műtrágyákkal szemben.

Az egyes üzemek műtrágya-felhasználása nagyon eltérhet, még hasonló talajok és gazdálkodási szerkezet mellett is, a szakszerűtlen felhasználásból eredően. Jelenleg a tudomány még nem ismer minden, a növényi táplálkozással összefüggő folyamatot teljes mélységében, azonban meg tudja határozni azokat az alapvető szabályokat, amelyek betartásával a káros következmények elkerülhetők, illetve a kívánt hatások elérhetők.

Elsősorban tudnunk kell, hogy adott helyen mennyi tápanyagot biztosít a talaj a növény számára, milyen módon és mikor kell pótolnunk műtrágyákkal a hiányzó tápelemeket a tervezett termés eléréséhez. A talajvizsgálatok alapvetően hozzájárultak a műtrágyák helyes elosztásához, a tápanyagokkal — elsősorban PK — rosszul ellátott területek csökkenéséhez.

Az Osztrák Trágyázási Szaktanácsadási Központ által végzett szisztematikus talajvizsgálatok eredményei szerint míg 1954-ben az összes vizsgált minta 83%-a volt rosszul ellátott a könnyen felvehető P-tartalom alapján, addig 1973-ban csupán 25%-a. Ugyanez az ellátottsági arány a kálium esetében 45%-ról 16%-ra változott. Az enyhe műtrágyázásra, a talajok lassú feltöltésére való törekvést tehát indokolta az 1970-es évek közepéig az, hogy Ausztriában még mindig előfordultak szép számmal gyenge ellátottságú talajok, illetve táblák (KÁDÁR, 1977).

Napjaink intenzív talajhasználata rövid idő alatt megváltoztathatja a talajok tulajdonságait, és megfelelő kontroll hiányában ezek a változások (elsavanyodás, tápelemhiány vagy túlsúly, termékenységet gátló egyéb tényezők kialakulása stb.) a terméshozamok csökkenését eredményezhetik.

A talajvizsgálatok e téren pótolhatatlan segédeszközei a modern mezőgazdaságnak. Segítségükkel alapvető információk nyerhetők a talaj tápanyagállapotáról, tápanyagtartalmának változásáról (csökkenéséről vagy növekedéséről) egy hosszabb gazdálkodási időszakot tekintve. Képesek a talajban eredetileg fennálló, vagy a termelés során előálló előbb említett anomáliák felderítésére. Segítséget nyújthatnak az újonnan termelésbe vont területek termékenységének megítélésében, meliorációs beavatkozások megalapozásában, megóvhatnak a hibás technológiák alkalmazásától.

Látványosan összekapcsolódott a műtrágyázás elterjedése a talajvizsgálatokkal. A trágyázási szaktanácsadás biztonságát lényegesen növelhetik a jól kalibrált és értelmezett talajvizsgálati adatok. Amint BERGMANN (1968) és SZABOLCS (1968) szemléletesen bemutatta, minden fejlett mezőgazdasággal rendelkező országban együtt nőtt a talajvizsgálatok száma és jelentősége a műtrágyázás volumenének növekedésével.

Tisztában kell lennünk ugyanakkor a talajvizsgálatok korlátaival és hibaforrásaival is. Másrészt számos félreértés és vita forrása, hogy sokszor nem látjuk a különböző agrokémiai módszerek sajátosságait és egymással való viszonyuk nem tisztázott. A talajok tápanyag-ellátottságát, illetve a trágyaigényt becsülő eljárások (a talaj- és növényvizsgálatok, a szabadföldi kísérletezés, tápanyagmérlegek, üzemi adatok értelmezése stb.) kiegészítik egymást. Kétségtelenül a legjobb eredményt, a legmegbízhatóbb becslést e módszerek kombinációja adhatja.

Korábbi munkánkban már részletesebben ismertettük a tápanyagmérlegek (KÁDÁR, 1979; 1982), az üzemi adatok (KÁDÁR et al., 1981), valamint a növényvizsgálatok (KÁDÁR, 1980) helyét és szerepét az agrokémiai kutatásban és szaktanácsadásban. Ezúttal a figyelmet a talajvizsgálatokra fordítjuk.

Az intenzív műtrágyázás, valamint a kiterjedt szisztematikus talajvizsgálat néhány évtizedes múltra tekinthet vissza hazánkban. Az agrokémiai szaktanácsadás intézményei még nem rendelkeznek elegendő tapasztalattal. Nem alakult még ki a megfelelő egészséges és egységes szemlélet a szaktanácsadási eljárásokat illetően, melyek alapul szolgálhatnak a hatékonyabb cselekvésre.

A talajvizsgálati ciklus eredményeiből például nem lehet közvetlenül megítélni milyen műtrágyaigény várható 1996-ban megyénként, műtrágyafajtánként stb. E konkrét példa arra utal, hogy központi irányító és szaktanácsadó intézményeinkben a legtöbb probléma talán az áttekintés hiányából, az általános szakmai műveltség nem kielégítő színvonalából ered. Ezek egy része minden bizonnyal a hazai talajtani—agrokémiai képzés és oktatás elégtelenségeire vezethető vissza. Ilyen megfontolásból kiindulva utalni kívánok a talajvizsgálatok kialakulására, a szaktanácsadást megalapozó agrokémiai—növényáplálási ismeretek, szemléletek létrejöttére és jelenlegi helyzetére. Úgy gondolom, ilyen megközelítés segíthet eligazodni napjaink sokrétű problémáiban és útmutatást adhat a jövőre nézve, mert a szakszerűség a legnagyobb tartalékunk.

#### *A talajvizsgálatok kialakulása*

A múlt század elején, elsősorban SAUSSURE (1804) átfogó munkái nyomán vált egyértelművé és bizonyítottá az ásványi elemek szükségessége a növényi anyagcserében. Ezt követően DAVY (1814), SPRENGEL (1845) és LIEBIG (1840) kutatásai

irányították a figyelmet a talaj tápanyagállapotára, mint termékenységének egyik alapvető elemére. A múlt század közepe óta az agrokémiai—talajtermékenységi kutatások középpontjában áll a talaj tápanyagtartalmának vizsgálata az okszerű trágyázás megalapozása céljából.

Tekintve, hogy a kezdeti időszakban a növényi tápanyagfelvétel mechanizmusa, a gyökér és a talaj közötti kölcsönhatások jórészt még feltáratlanok maradtak, e munkákat megalapozatlan optimizmus kísérte. A kutatók azt hitték, hogy a kémiai talajelemzés segítségével a talajok termékenysége és ezzel tápanyagszükségletük egyszerűen megállapítható. Az erős savakkal (LIEBIG pl. koncentrált sósavat, illetve királyvizet javasolt) végzett elemzések azonban nem vezettek a várt eredményre, csalódást és kiábrándulást okoztak. Amint utóbb BERGMANN (1958) megjegyzi, míg a 2% összes káliumot tartalmazó talaj kifejezetten K-igényesnek mutatkozott, addig a 0,5% K-tartalmú „marsch” talaj a K-trágyázásra alig reagált.

A sikertelenség okai rövidesen ismertté váltak az egyre szélesebb körű trágyázási kísérletezés és analízisek nyomán. A századfordulón kezdtek megkülönböztetni az összes, illetve nehezen oldható tápanyagtartalmat a talaj könnyen oldható, növény számára felvehető tápanyagformáitól (MAERCKER, 1891; OPITZ, 1907; PILZ, 1908). A gyakorlati alkalmazás terén az 1850-es Liebig-i időktől az 1920-as évek elejéig azonban nem történt áttörés vagy lényeges változás. A talajvizsgálati metodológia és koncepció azonban ha lassan is, de fejlődött.

Említésre méltó DYER (1894) munkája, aki a növény számára, „feltehetően vagy valószínűleg felvehető” ásványi elemek meghatározásával foglalkozott. Már korán megkísérelték a talajoldat tápanyagtartalmát is figyelembe venni és a „talajerő” kritériumaként a vízdoldható tápelemtartalmakat tekinteni (BURD, 1918; WRANGELL, 1926). Ezek a próbálkozások ekkor még nem jártak sikerrel. Bizonyos tápelemek, mint pl. a foszfor, csak nyomokban voltak találhatóak a talajban, illetve a talajoldatban, technikai nehézséget okozott kimutatásuk, ennek ellenére a növény nagy mennyiségben asszimilálja.

A későbbi részletes kutatások bizonyították, hogy a talajoldat egy dinamikus egyensúlyi állapotot tükröz az oldat és a talaj szilárd fázisa között, melyet a környezeti tényezők (talajtalajdonságok, csapadékviszonyok stb.) alakítanak. A növények gyökerei fajtól, fajtától is függően képesek a vízben nem, vagy nehezen oldódó tápanyagfrakciók egy részét is felvenni. A század harmincas éveitől kezdve, bizonyos sikerekről számolnak be az amerikai kontinensen (BRAY, 1929, 1944; TRUOG, 1930; SPURWAY, 1932) és a 40-es évek végén, illetve a II. világháborút követően a kémiai vizsgálat egyre inkább elfogadhatóvá válik, terjed a gyakorlatban is az egész világon.

A kutatások felgyorsulnak. Újabb és újabb módszereket dolgoznak ki a talajok P és K tápelem-ellátottságának becslésére, gyakran azzal a kimondott céllal, hogy minél jobban utánozzák a növényi tápanyagfelvételt és közel annyi tápelemet vonjanak ki kémiai úton, mint amennyit a növény felvehet. Majd rövidesen általánossá válik az a vélemény, hogy bármely módszer annyit ér, amennyire növénykísérletekkel kalibrált. Az a fontos, hogy a talajból kémiai úton extrahált tápelem mennyisége arányosan kövesse a növény által felvett mennyiségeket, tehát jól jellemezze az adott talaj tápanyag-szolgáltatását.

Az Egyesült Államokban egyik legsikeresebbnek BRAY (1929, 1944) bizonyul, aki a fluoridot alkalmazza, hogy meggátolja a talaj nyers, a növény számára

közvetlenül felvehető foszfát oldatba kerülését. Amint a talaj P-frakcionálás újabb keletű eljárásai (CHANG—JACKSON-féle I. frakció) során kiderült, a „fluorid-oldható” P-tartalom a talaj legérzékenyebb P-frakciója, amely erősen nő trágyázás hatására. A fluorid tehát olyan oldószer, amely a semlegesítő a savanyú talajokig biztosítja a legkönnyebben oldódó P-frakció kimutatását (GRANT és HANWAY, 1968).

Jóval később, OLSEN (1954) a meszes talajokra dolgozza ki módszerét, ahol feltehetően a nehezen oldható mészfoszfát (mész-rétegben eltemetett foszfor) nem hozzáférhető a növény számára. Mivel a savas oldószer (mint a néhány európai országban használatos AL-módszer) oldják a  $\text{CaCO}_3$ -ot, túlbecsülhetik a P-ellátottságot. Az OLSEN-féle  $\text{NaHCO}_3$ -kioldással kapott adatok általában jól korreláltak a növényi felvétellel, tehát az ún. „felületi P” a tényleges P-szolgáltatással.

Európában — főként Észak- és Közép-Európában — a 60-as éveket követően terjed a RIEHM (1958) által kidolgozott módszer, melyet EGNÉR és munkatársai (1960) módosítanak a célból, hogy az 5%-nál több meszet tartalmazó talajok felvehető P-tartalmát is meg lehessen kielégítően becsülni. Ausztriában SCHÜLLER (1969) javasolja az ún. CAL-módszert a nyersfoszfátokkal trágyázott talajok könnyen felvehető P-tartalmának vizsgálatára. A laktátos módszer alapjait EGNÉR (1938) azonban már korábban kidolgozta.

A kutatók a legkülönbözőbb oldószerrel kísérleteztek az elmúlt másfél évszázad alatt. Feltehetően ez a munka folytatódni fog a jövőben is abból a célból, hogy a talajok tápanyag-szolgáltatását és ezzel a trágyaigényt minél megbízhatóbban jellemezzük. Az erős koncentrált ásványi savakat felváltották a híg ásványi savak, szerves savak, sóoldatok,  $\text{CO}_2$ -tartalmú víz, elterjedt az EUF stb., abban a reményben, hogy végül egy olyan oldószerrel találunk, amely az egészséges növény tápelemfelvételét tökéletesen jellemzi.

Az említett fáradozások csak részleges eredményt adtak, illetve nem vezettek a remélt sikerekre, mert az agrokémia hosszú időn át e problémát egyoldalúan a kémia szemszögéből közelítette meg. A kutatók a talaj egyéb tulajdonságainak a szerepét, valamint a tápelemfelvétel növényélettani-biológiai oldalát gyakran figyelmen kívül hagyták. Éppen a részleges sikertelenségről tanúskodik a javasolt talajvizsgálati módszerek nagy száma.

SARKADI (1975) — áttekintve a talaj felvehető P-tartalmának meghatározására javasolt ismertebb, sorozatvizsgálatra is alkalmas kémiai eljárásokat — az ásványi savak és sókat oldószerül használó módszerek közül tizenkettőt, szerves savakat és sókat használók közül tizenhétet, lúgok és lúgosan hidrolizálható sókat használók közül tizenkettőt, valamint a víz és semleges sók oldószerén alapuló módszerek közül tízet ismertet. Azaz egyetlen tápelem „felvehető” tartalmának meghatározására . . . „az utóbbi 10—20 évben javasoltak, ill. azok a 20—30 évnél régebben kidolgozottak, melyek elvi szempontból jelentősek, ill. bizonyos körülmények között még napjainkban is használatosak” — tehát nem a teljesség igényével 52 módszert mutat be.

Hamis lenne azonban azt állítani, hogy az agrokémia vajmi keveset adott a gyakorlatnak ezen a téren. Éppen ellenkezőleg. A sikertelenségek, hibák, zsákutcák fedték fel az egyes módszerek eltérő kioldási mechanizmusát különböző talajféleségeken, eltérő viszonyok között. Az eközben szerzett tapasztalat alapvetően hozzájárult ahhoz, hogy ismereteink a talaj—növény—trágya-rendszerről elmélyüljenek.

A talajvizsgálatoktól többet várnak el, mint amire azok képesek. Elméletileg sem lehetséges és feltehetően a jövőben sem várható egyetlen olyan módszer kidolgozása, mely az állandóan változó vizsgálati objektumot jelentő talajt képes lesz egyetlen vagy néhány számmal, illetve mutatóval jellemezni és annak alapján a várható trágyahatásokról abszolút megbízható előrejelzést nyújtani. Ezzel nem ítéletet mondunk a talaj—tápanyag vizsgálatok felett, csupán kijelöljük és tudomásul vesszük korlátait.

#### *A növényi tápanyagok felvehetősége és a trágyahatások*

A növényi tápanyagok felvehetőségére hatnak mindazon tényezők, melyek egyrészt befolyásolják a talaj tápanyagainak mobilitását, továbbá a növény azon képessége, hogy a talajban előforduló tápanyagformákat hasznosítsa. A tápanyagok felvétele alapvetően a talajoldat közvetítésével történik. A talajoldat tápanyagai származhatnak az elsődleges ásványok mállásából, a szerves anyagok ásványosodásából, az atmoszférából, az alkalmazott trágyaszerekből, más helyekről való átszivárgás útján stb. (COREY és SCHULTE, 1973).

A pH fontos tényezője a tápanyagok oldhatóságának, illetve a talajoldat elemkoncentrációjának. A másik lényeges faktor a redoxpotenciál, amely a talaj levegőzöttségével és ezzel együtt a mikrobiális tevékenységgel kapcsolatos. A redoxpotenciál azon elemek oldhatóságát befolyásolja, melyek több oxidációs szinten létezhetnek a talajban (N, S, Fe, Mn, Cu). A denitrifikáció és pl. a Mn-redukció végbemehet részben olyan talajokban is, melyek nedvesek, de még vízzel nem telítettek. A legtöbbször azonban telített, vagy vízborított talajokban fordulnak elő. A  $Fe^{3+}$  redukciója  $Fe^{2+}$  alakban gyakran együtt jár a P felszabadulásával, oldhatóvá válásával is, így például gyakran javulhat az elárasztott rizs P-ellátása. Öntözött viszonyok között általában a P-hatások mérsékeltebbek a legtöbb talajon. Más tényezők, mint a hőmérséklet és az ionaktivitás is hatással vannak a talajoldat tápelem-koncentrációjára, de jelentőségük közel sem éri el a pH és a redoxpotenciál jelentőségét (BERGMANN, 1979; BARBER, 1966).

A gyökér, amint átszövi a talajt, elfoglalja azt a teret, amelyben a felvehető tápelemek is vannak. A tápelemek felvételében a gyökérnövekedés (intercepció) is fontos szerepet játszhat, tehát amikor közvetlen érintkezés és felvétel útján a növény keresi meg a tápelemet a talajban. A gyökerek átlagosan 1—2%-át hálózzák be a talajtér fogatnak, illetve töltik ki a talaj pórustér fogatának. Általában elmondható, hogy minél kiterjedtebb egy növény gyökérrendszere és minél nagyobb a gyökérszónában a tápelemek koncentrációja, annál fontosabb lehet az ilyen módon felvett tápelemek mennyisége.

A növény tápanyagellátásában alapvető mechanizmus a tömegáramlás, azaz a növény által elpárologtatott vízzel felvehető tápelemek mennyisége a talajoldatból. Az, hogy a növény igényét milyen mértékben képes kielégíteni ez a folyamat, függhet a növény abszolút tápelemigényétől (ásványi összetételétől, a fajlagos tápelem-tartalmától), a talajoldat tápion-koncentrációjától, a növény transzspirációs együtt-hatójától és a tényleges vízmennyiségtől, mely a gyökér felületével kontaktusba lép.

Amint növénytermesztésünk múltja, valamint a kutatások (CSERHÁTI és KOSUTÁNY, 1887; BOCZ, 1962, 1985; DEBRECZENI, 1973; KÁDÁR, 1982; stb.) mutatták,

a növények vízigénye a tápanyag-ellátottság függvénye. A növények gyakran azért párologtatnak el oly sok vizet (luxusfelvétel), hogy e mechanizmussal biztosítsák tápelemfelvételüket. Már a múlt század végén és azt követően is gyakran találkozhatunk azzal a véleménnyel, hogy Nyugat-Európához viszonyítva azért alacsonyabbak termésátlagaink, mert klímánk szárazságra hajló. Terméseinket azóta megtöbbszöröztük, bár hazánk éghajlata nem változott észrevehetően.

Az egyes tápelemek közötti kölcsönhatások jelentősen befolyásolhatják az adott elem felvehetőségét. Például egy magnéziummal gyengébben ellátott talajon az erősebb K-trágyázás erős Mg-hiányt indukálhat, noha a K-ellátottság még messze nincs a „toxikus” zónában. Az újabb irodalom egyre több ilyen kölcsönhatásról számol be. Úgy tűnik, hogy amennyiben egy vagy több elemet adagolunk, megváltozik a tápelemek egymáshoz viszonyított aránya a talajban és a növényben. A kiegyensúlyozott vagy harmonikus táplálás, a tápelemegyensúly hovatovább az agrokémiai kutatások kulcskérdésévé válik.

A mérgező anyagok, bármely olyan anyag, mely a növényi növekedésre és anyagcserére hat, befolyásolja a tápelemfelvételt is. Savanyú kötöttebb talajokban gyakori a Mn, Al, Fe és egyéb nehézfémek túlsúlya, sófelhalmozódás, B-akkumuláció stb. A talajvizsgálatok egyik célja lehet esetleges szennyező anyagok jelenlétét kimutatni a talajban.

Gyakori viták folynak arról, hogy az intenzitás vagy kapacitás faktor meghatározása indokoltabb. Elméletileg az intenzitás tényező (a talajoldat koncentrációja) ismerete kívánatosabb, amennyiben a kapacitás tényező (tápelemkészlet a talajban) biztosíthatja a megfelelő oldatkonzentrációt a tenyészdíó folyamán. A P, Ca, Mg és részben a K elemeknél ezek a feltételek fennállhatnak. Így például a vízőldható P-tartalom általában jól korrelál a növényi P-felvétellel, jobban általában, mint a kapacitás faktor (PAAUW, 1971; SARKADI, 1975). Rutinvizsgálatoknál azonban problémát okozhat az igen alacsony (0,1 ppm vagy még kisebb) koncentráció, az időszakos változás és a szennyeződés lehetősége.

A kapacitás tényező értelmezése és kalibrálása általában nagyobb problémát okoz, mert a kapacitás és az intenzitás tényező viszonya talajonként más és más. Az is kérdéses lehet, hogy melyik kapacitás tényezőt vagy azok kombinációit határozzuk meg. A kálium esetében a kapacitás tényező magában foglalhatja bizonyos talajokon a kicserélhető, a nehezen kicserélhető és a nem kicserélhető (fixált), valamint az elsődleges ásványi K egy részét is (COREY és SCHULTE, 1973).

A nitrogén esetén — mint nem egyensúlyi állapotot fenntartó elem a talajoldattal — nehézségbe ütközik a kapacitás (szerves N) és az intenzitás (általában az ásványi  $\text{NO}_3$ ) tényezők közötti viszony megállapítása. A szervesanyag-tartalom rosszul jelzi a várható N-szolgáltatást, mert számos egyéb tényező fontosabb befolyást gyakorol rá, mint az összes készlet abszolút mennyisége. A  $\text{NO}_3$ -index korlátozottan megfelelhet, amennyiben a talaj szellőzött, a kimosódás pedig nem jelentős a gyökérszónában.

Amint látható, a különböző talajtényezők tápelemfelvételt befolyásoló szerepének megértése fontos a talajvizsgálatokkal és a szaktanácsadással foglalkozó szakember számára. A talaj—növény rendszer rendkívül összetett és ismereteink arról, hogyan hatnak az egyes tényezők, különösen ami a kölcsönhatásokat és a számszerű figyelembevételüket illeti, rendkívül töredékesek. Ebből adódóan a talajvizsgálatok

alapján történő előrejelzés megbízhatósága olyan módon javítható a jövőben, ahogyan ismereteink elmélyülnek e tényezőkről.

A jelenlegi talajtápanyag-vizsgálati módszerek korlátait elemezve BAKER és AMACHER (1981) az alábbiakat emeli ki:

— A mennyiségi tényező mérése önmagában elégtelen, mert nem tesz különbséget a talajok eltérő felvehető tápelem-szolgáltatása között (tehát a talajtulajdonságok szerint kalibrálni kellene a mért értékeket a tényleges felvehetőségek szerint).

— A felvehetőségi tényezőket csak becsüljük, a tényleges felvehetőség a tenyészidő folyamán alakul ki külső tényezők hatása alatt.

— Nem mérjük közvetlenül a talajok pufferkapacitását.

— Általában nem mérjük a paraméterek változásait a térben (talajprofilban) és időben (tenyészidő folyamán is változhatnak).

— Olyan talajtényezőket, mint a levegő : víz arányát, nem vesszük figyelembe.

— Talajvizsgálati teszt nem képes mérni a talajon kívüli tényezőket, mint a növényfaj és fajta, agrotechnika hatása és egyéb környezeti tényezőket.

— A hozam mennyiségét és minőségét olyan összetett tényező-együttes határozza meg, amelyet a talajvizsgálat nem képes mérni.

A fentiekén túlmenően, rutinmódszereink általában nem alkalmasak az extrém talajok (szerves talajok, tözegek, túlmeszes, sós és szikes talajok, erősen kilúgzott talajok) jellemzésére, amelyeknél külön specifikus eljárások is szükségesek lehetnek. A talajvizsgálatoknak fel kell tární és számszerűsíteni kell ugyanis a limitáló talajtényezőket, hatékony kezelésükre konkrét javaslatot kell tenni ezek alapján.

Ahhoz, hogy egy módszer kielégítő információt nyújtson, az alábbi követelményeknek kell megfelelnie (KÖTTGEN, 1937):

— Helyesen becsülje a talaj aktuális tápanyag- és mészállapotát.

— Adataiból következtetni lehessen a talaj tápanyagkészletére is.

— Fejezze ki végül a talaj trágyázástechnikailag fontos egyedi sajátosságát is (bevitel idejére és módjára adjon utalást stb.).

Az említett célok mindenestre ritkán érhetőek el egyetlen módszer felhasználásával. Megbízhatóbb információt nyerhetünk, ha például a vizsgálat nemcsak a szántott rétegre terjed ki, és esetleg figyelembe próbálja venni a talajban előforduló tápanyagformák egy részét is, melyek a növények tápanyagellátásában részt vehetnek (EUF-frakcionális stb.). A rendszeresen végzett, 3—5 évente megismételt talajvizsgálatok is fontosak lehetnek a gyakorlat számára a talajok pH- és tápanyagállapotának kontrolljában.

#### *A trágyaigény becslésének néhány problémája*

Az agronómiában ismert, hogy ugyanazon a talajon bizonyos növények trágyaigényesek, míg mások nem. Így a kalászosok erősen P-igényesek, de káliumra kevésbé reagálnak, míg a kukorica éppen fordítva. Ebből adódóan a talajvizsgálati adatokat növényre kell megadni, és növénycsoportokra finomítani a határértékeket. Amíg egy káliummal közepesen ellátott talajon a kevésbé trágyaigényes növény szinte semmi trágyahatást nem mutat, addig a K-igényes növény maximális hozamának eléréséhez nagy trágyaadagra lehet szükség. Kevés kolloidot tartalmazó, alacsony

kationcserélő kapacitású talajokon általában túlbecsülhetjük a P- és K-szolgáltatást a talajvizsgálatok alapján. Ebben az esetben a talajok gyorsan feltöltődnek a trágyázás eredményeként és gyorsabban elszegényednek felvehető tápanyagokban, mivel a készlet alacsony. Ez a jelenség a pH változására is igaz (COPE és ROUSE, 1973).

Valójában a talajvizsgálati adatok kalibrálásához, értelmezéséhez nemcsak elégtelen a rendelkezésre álló adat, hanem, azok eloszlása is eltérő. A főbb tápelemekre (NPK) és a fontosabb növényekre (kalászosok, kukorica) a trágyahatások az alapvető talajváltozatokon többé-kevésbé ismertek. Arra vonatkozóan, hogy milyen mérvű trágyázás okszerű, tehát megbízható kvantitatív becslésre táblaszinten, ill. adott talajváltozat szintjén, már általában nincs elégséges információnk. Arra pedig, hogy hol érdemes Zn vagy egyéb mikroelemekkel trágyázni, inkább csak a „megérzéseinkre” támaszkodhatunk, a növényanalízis adatainak irodalmi értelmezése mellett.

Amennyiben talajvizsgálataink célja a trágyaigény becslése, tudatában kell lennünk, hogy utóbbi mely tényezők függvénye. LEMMERMANN (1930) klasszikusnak tekintett véleménye szerint a talaj trágyaigénye függhet:

— A növény tápelemigényétől. Ez az a tápelemmennyiség, mely a mindenkori termesztett növény maximális termésének létrehozásához szükséges, azaz a fajlagos tápelemtartalomtól becsülhető.

— A növény trágyaigényétől. Ez a tápelemmennyiség nem azonos a tápelemigénnyel, mert függ a növényfaj genetikailag meghatározott azon képességétől, hogy a talaj-, valamint a trágya tápanyagait miképpen képes hasznosítani (gyökéraktivitás), illetve tápelemigényét esetleg más úton kielégíteni (pl. a pillangósok N-kötése).

— A talaj tápanyag-ellátottságától, pontosabban tápelemszolgáltató-képességétől.

— Egy sor más tényezőtől, mint az éghajlat, talajszerkezet, mállás sebessége, művelés, vetésforgó stb., melyek a növényi növekedésre és a talajtápanyagok felvehetőségére hatnak.

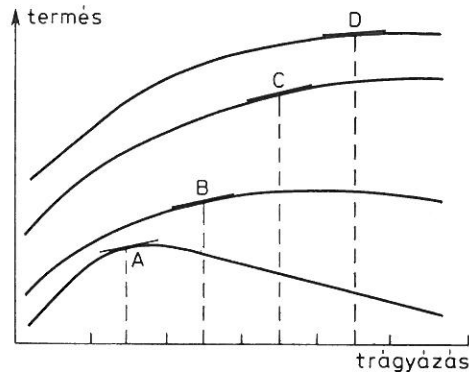
A fentiekből kitűnik, hogy milyen nehézségekkel kell megküzdeni a talaj trágyaszükségletének becslésénél. Ez a becslés csak akkor lehet többé-kevésbé megbízható, amennyiben az említett hatótényezőket is figyelembe vesszük az adatok értékelése során. A legtöbb problémát tehát a talajvizsgálati adatok értelmezése, felhasználása jelenti.

A klimatikus és egyéb tényezők hatására a termésszintek és a trágyahatások (trágyaadag optimumok) is változhatnak. Az általános fejlődés következtében a potenciális termésszint folyamatosan nő, javulnak a genetikai alapok és az azokat realizáló agrotechnikai műveletek. Ebből adódóan egyre nagyobb trágyaadagok érvényesülnek, nő az optimális és gazdaságos adag nagysága. Hazai gyakorlatunkban nemcsak a termésünket növeltük 2—3-szorosára, hanem a talajok P- és K-ellátottságát becsülő „optimális” ellátottsági kategóriákat is. A 60-as évek végéig 100—120 ppm AL—P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-tartalom nyilvánult „kívánatosnak” egy meszes csernozjom talajon (SARKADI és KÁDÁR, 1974), míg ma ugyanazon a talajon a 150—250 ppm tekintendő „jó” ellátottságnak (KÁDÁR et al., 1984). Az 1. ábrán bemutatom a potenciális termésszint és trágyahatások elvi összefüggését.

Természetszerűen a javasolt átlagos trágyaadag is nő. A 60-as évek javaslatai 30—50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha körül mozogtak, míg a jelenlegiek 60—100 kg/ha, tehát mintegy megduplázódtak. Ebben szerepet játszik az is egyrészt, hogy a nagyobb hozamokkal



nagyobb a növények által felvett tápelem mennyisége, másrésről nagyobb tápelembőséget tartunk szükségesnek a talajban. Biztonsági okból túltrágyázásra törekednek általában, hogy a legjobb fajták potenciális termőképességét is realizálni lehessen, a kedvező időjárás és agrotechnika előnyeit kihasználhassuk, és semmilyen körülmények között ne következzen be terméseszkökenés tápelemhiány miatt.



1. ábra

A potenciális termésszint és a trágyahatások elvi összefüggése. A, B, C, D: gazdasági optimumok

Gazdaságilag ugyanis az alultrágyázás, az esetleges termés kiesés 2—3-szor akkora kockázatot (jövedelemvesztést) jelenthet, mint a túltrágyázás. Feltéve, ha a kismérvű túltrágyázásra az adott növény nem érzékeny, nem reagál a hozam csökkentésével vagy a minőség romlásával, mint például a kalászos gabonák többsége, ahol a N-túltrágyázás még minőségjavító is lehet. Az önköltség a termelésben ugyanis a termésszint függvénye is, és csak egy bizonyos termésszint felett jár haszonnal a termelés. Az alultrágyázással járó esetleges termés kiesés kockázata az önköltség feletti termésmennyiséget, a profitot veszélyezteti, esetleg az önköltséget is növelheti. A túltrágyázás vesztesége mindössze a műtrágya ára, amely magas költségnél és termésszintnél relatíve alacsony. Gyakran azonban a műtrágya ára is részben leírható, mert a legtöbb elemnél jelentős utóhatásokra számíthatunk (BARBER, 1973).

A termőhelyeket általában a potenciális termőképesség alapján csoportosíthatjuk, így a hazai szaktanácsadásban a tervezhető terméseket termőhelyekre is megadtuk. A nagy termést azonban az agrotechnikai kultúra realizálja: az időbeni vetés, kielégítő növényápolás, növényvédelem, veszteségmentes betakarítás stb. Az éghajlat behatárolja a potenciális termést, a talaj azonban jelentősen módosítja az éghajlathatást (pl. a csapadék és a talaj vízgazdálkodási tulajdonságai közötti kölcsönhatások). A tervezhető termést a vízigény is megszabja, egyes talajok képesek a csapadékot elnyelni és tárolni, a növény vízigényét kielégíteni a tenyészidő folyamán, míg a rossz vízgazdálkodásuk nem.

Tápelemenként más és más lehet a termésgörbe, tehát a trágyaigény is a maximálisan gazdaságos termésszint eléréséhez. Már MITSCHERLICH és később BRAY (1944) megkülönböztette a mobilis nitrogén lassan emelkedő termésgörbáját a kevésbé mozgékony foszfor meredeken felfutó és gyorsan elfekvő hatásgörbájától. A potenciális termések növekedésével elsősorban a mobilis N-igény nő, mert a növények többé-kevésbé a talaj teljes  $\text{NO}_3$ -tartalmát képesek (legalábbis fizikailag) elérni és hasznosítani gyökereikkel, a  $\text{NO}_3$  a talajvízzel együtt a gyökerekhez eljuthat. A foszfor ezzel szemben kevésbé mozgékony, a növény a nagyobb terméshez több gyökeret fejleszt, hogy elérje a talaj felvehető P-készletét, azt kiaknázhassa. Ennek eredményeképpen, amennyiben már a talaj kellően feltöltött foszforral és jól ellátott, a potenciális termés emelkedésével nem szükségszerűen kell nőnie arányosan a P-trágyázásnak. A laza homokos talajokon általában nagyobb lehet a tápelemek mozgékonyasága, mint az agyagosabb talajokon.

A trágyázás filozófiája is eltérhet. A foszfor esetében az alábbi fő irányzatokra utalhatunk:

— Cél a jó vagy kielégítő ellátottság elérése és fenntartása. A forgó legigényesebb növényénél sem következhet be terméskiesés. Ezt nevezhetjük szokásosan talajtrágyázásnak. A jó ellátottság elérhető egyszeri „feltöltő-melioratív” trágyázással, vagy több éven át folytatott talajgazdagító, a termés tápelemigényét meghaladó trágyázással (KÁDÁR és LÁSZTITY, 1979; BARBER, 1973).

— Cél a maximális nettó jövedelem elérése az adott növény esetén évenként, a talaj feltöltése és az utóhatások elhanyagolásával. Ezt nevezzük szokásosan növénytrágyázásnak.

Az eltérő filozófiából kiindulva a gazda eltérő javaslatot kaphat ugyanazon talajvizsgálati eredményből, ugyanarra a táblára. BARBER (1973) bemutat egy példát, ahol 43 és 120 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$ /ha között ingadozott gyengén ellátott talajon a kukoricára adott trágyázási javaslat. Erre vezethető vissza talán a legnagyobb különbség az eltérő szaktanácsadási intézmények között. A gazdával, az üzemekkel tudatosítani kellene, hogy a javasolt adagok milyen megfontolások alapján születtek és választási lehetőséget adni a döntésekre. Talán ezzel a talajvizsgálatok hitele is nőne a gazdák és a laikusok körében.

#### *A talajvizsgálatra alapozott szaktanácsadás elemei*

Amikor az agrokémiai célú talajvizsgálatokról beszélünk, tágabb értelemben beleértjük (WELCH és WIESE, 1973):

- az ilyen irányú tevékenységgel kapcsolatos szervezeti, oktatási, továbbképzési, valamint koordinációs és propaganda tevékenységet;
- a mintavételi eljárásokat;
- az analitikai és laboratóriumi eljárásokat;
- az összefüggés-vizsgálatokkal és a kalibrációval kapcsolatos kutatásokat;

valamint

- az adatok tulajdonképpeni értelmezését és a szaktanácsadást.

A hatékony talajvizsgálati program óriási háttér-információt, alapozó kutatást igényel. Ezek közé tartozik: a talaj felvehető tápelemformáinak ismerete, a felvehető tápelemformák legmegfelelőbb mérésére alkalmas kioldószerek hatásmechanizmusának feltárása, a talajok potenciális termőképességének, a főbb növények trágyareak-

ciójának ismerete (beleértve az adag, forma és a bevitel módját is), valamint döntően a talajvizsgálati adatok értelmezését lehetővé tevő kalibrációs növénykísérletek.

Az értelmezés kívánt megbízhatósága az említett háttérkutatás alaposságától és minőségétől függ. Gyakran, különösen a fejlődő országokban úgy vezetnek be a talajvizsgálatokat, hogy hiányzik a megfelelő kutatási háttér. A kémiai módszereket és a talajmintavételi előírásokat, illetve technikát, valamint a laboratóriumi módszereket esetleg átvihetjük egyik kontinensről vagy államból a másikba, de a kapott eredmények megbízható értelmezését megalapozó háttérkutatást, elsősorban a trágyahatások és a talajvizsgálati eredmények közötti összefüggések alapján kalibrált határértékeket nem. A talajdiagnosztikai programok sikere tehát egyenes függvénye a megfelelő háttérkutatásoknak (MELSTED és PECK, 1973).

Általában elfogadott, hogy a leggyengébb láncszem a talajmintavétel (a vizsgálati adatokkal kapcsolatos hibák 2/3-a, 3/4-e ebből adódik), valamint az adatok értelmezése terén a kalibráltság megbízhatósága. Szemléleti-elvi megítélés szintén eltérő szaktanácsadási javaslatot eredményezhet (pl. jó vagy közepes ellátottság elérése a cél, növényt vagy talajt trágyázzunk stb.?).

Amennyiben hazai viszonylatban áttekintjük a szaktanácsadás elemeit, láncszemeit, az alábbi megállapításokat tehetjük:

Magyarországon a II. világháborút követően országos szintű talajvizsgáló laboratórium-hálózattal először az Országos Mezőgazdasági Minőségvizsgáló Intézet (OMMI) rendelkezett, melynek 7 vidéki osztálya talajtani szolgáltatást, talajvizsgálásokat végzett. A talajvizsgálásokat nem kötelező jelleggel, rendszeresen visszatérően, hanem alkalmasszerűen végezték. Az 1960-as évek elejétől sorra alakultak az állami gazdaságok és termelőszövetkezetek laboratóriumai, amelyeknek a tevékenységi köre egy vagy néhány üzem területére terjedt, a talajvizsgálatokon kívül növény-, ill. takarmányvizsgálásokat is végezve.

A MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ (MÉM NAK) megalakulása idején (1976) az országban több, mint 40 laboratórium foglalkozott talaj- és növényvizsgálatokkal, de az összes szántóterületnek kevesebb, mint 30%-át látták el szaktanácsadással. A talajmintavételi és analitikai eljárások különbözőségén túl az adatok értelmezése is eltérő volt, így központi nyilvántartásra, értékelésre, vagy összehasonlításra alkalmatlannak bizonyultak (ELEK és PATÓCS, 1984).

A MÉM NAK körzeti talajvizsgáló (TVG) laboratóriumi hálózatával alapvetően egységesítette a talajmintavételi, analitikai módszereket és részben a szaktanácsadást. A laboratóriumok kapacitása ma már lehetővé teszi, hogy gyakorlatilag az egész mezőgazdaságunk talaj- és növényvizsgálati igényét olcsón és gyorsan, sok paraméterre (alapvető talajtulajdonságok, makro- és mikroelem-tartalom) kielégítsék.

Ezzel a fejlődéssel azonban nem tartott lépést a kísérletező-kutatómunka. Becslésem szerint a talajvizsgálati információ 2/3-a feltehetően használhatatlan, mert hiányoznak az azok értelmezéséhez szükséges kalibrációs kísérletek, nincsenek megbízható ellátottsági határértékeink. A megalakult MÉM NAK hálózat nem vállalta fel a hatásgörbe szabadföldi kísérleteket, melyeket nagy számban az ország eltérő talajain és körzetein folyamatosan végezni kellene. Nem ismerjük a főbb növények trágyareakcióit eltérő ellátottságú és tulajdonságú talajokon. Szinte teljesen hiányoznak a mikroelemtrágyázási-kísérletek.

A szaktanácsadás, tehát a vizsgálati adatok értelmezése, során felhasználjuk ismereteinket a talajról és a növényről. Ez a folyamat feltételezi a talajtermékenységi, talajkémiai, ásványtani, osztályozási-genetikai, sőt bizonyos talajfizikai alapok, valamint növénytáplálási, termesztési és közgazdasági ismereteink szintézisét. Valójában csoportmunkát kíván, különböző szakemberek együttműködését és tudásuk felhasználását.

A talajvizsgálatok egyes fázisai behatárolják, hogy milyen eredményes és megbízható lehet a szaktanácsadás, amely nem lehet megbízhatóbb, mint amilyen a talajmintavétel, az üzemi adatok, az analízis, a kalibráltság megbízhatósága. Tudatában kell lennünk, hogy a talajvizsgálati eredményeknek nincs semmiféle növényélettani értelme, nem azt mondják meg, hogy a növény gyökere mennyi tápelemet vehet fel a talajból, hanem bizonyos valószínűséggel utalnak az adott talaj tápelem-szolgáltató képességére.

Minél szélesebb körű kísérleti tapasztalatokkal rendelkezünk a trágyahatásokat illetően, minél több talajfélésegen és több növénynél ismerjük az optimumokat, annál inkább pontosítható a szaktanácsadás. Az Egyesült Államokban, Alabamában az Auburn University Soil Testing Lab 52 növényfélésegre ad szaktanácsot több, mint 200 talajfélésegre adaptálva (COPE és ROUSE, 1973).

Ahogy nő a műtrágya-felhasználás, úgy nőni kell tehát a talajvizsgálatokra és az azok értelmezését megalapozó trágyázási szabadföldi kísérletekre, kutatásra és szaktanácsadásra fordított pénzüsszegekre is. Általában a műtrágyák értékének 1—2%-át javasolják a kutatásra és a szaktanácsadásra költeni. Hazánkban ez a 10—15 milliárd forintot figyelembe véve, mintegy 150—200 millió forintot jelentene minimumként, évente.

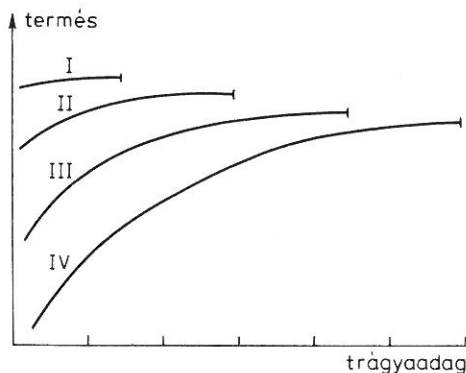
Amikor a talajvizsgálatok kalibrálásához, a részletes határértékek kialakításához nincs elégséges adatunk, a trágyázás sablonszerűvé válik. Esetleg olyan értelemben, hogy csak egyféleképpen differenciálunk: egy bizonyos határérték alatt trágyázunk, felette nem. Ez a stádium alig haladja meg azt az állapotot, amikor talajvizsgálatokat egyáltalán nem használunk, a trágyázás pedig „vakon” történik egy átlagos adaggal és aránnyal.

A következő, előrehaladottabb fázis a szaktanácsadásban, amikor a trágyázás gyakorlatában az adagok megállapítása a kalibrált talajvizsgálati adatok (ellátottsági kategóriák valószínűsítik a várható trágyahatás mértékét) szerint történik. Hazai viszonylatban látszólag, formailag a feltételek ehhez fennállnak: rendszeres táblaszintű talajvizsgálatok kötelezően előírtak, határértékeket is javasoltunk a differenciált trágyázásra. A gyakorlatban azonban az üzemek sablonosan trágyáznak, szinte függetlenül a talaj tápanyag-ellátottságától, sőt részben a növénytől. Így például alig tér el a trágyaadag a gyengén és a jól ellátottnak minősülő táblákon (BUZÁSNÉ et al., 1985), még az egyik legfontosabb és legjobban ismert növényünkénél, az őszi búzáénál is.

Napjainkban, amikor a táblák egyre nagyobb része feltöltötté vált, jó, vagy esetenként igen jó ellátottságúvá P- és K-tápelemekben, a talajvizsgálatok egyik célja megmondani, hol nem kell vagy nem szabad már trágyázni a talajtermékenység veszélyeztetése és a környezetterhelés miatt. Ezért is megdöbbentő a gyakorlat merev ragaszkodása a sablonokhoz, a túltrágyázáshoz. A talaj felvehető tápelemtartalma, elégtelen kutatási háttér nélkül is, annyi tájékoztató információt hordoz, hogy az igen alacsony tartalmak nagy valószínűséggel alacsony ellátottságot (erős trágyahatást)

jelölnek, míg az extrém nagy tartalmakhoz (pl. a 300 ppm fölötti AL—PK) minden talajon jó ellátottság tartozik, és trágyahatások nem várhatók. A 2. ábrán bemutatom a trágyahatások és a talaj tápanyag-ellátottsága közötti elvi összefüggés sémáját.

Sokan nem használják fel a talajvizsgálatok eredményeit a gyakorlatban, mert a már jól ellátottá vált talajokon változatlanul nagy, a termés által felvett mennyiséget jelentősen meghaladó adagokkal trágyáznak. A túltrágyázás aggodalmat szül a



2. ábra

A trágyázás hatása a termésre a talaj eltérő tápanyag-ellátottságának függvényében (elvi séma).  
Ellátottság: I = jó; II = közepes; III = gyenge; IV = igen gyenge

közvéleményben, környezetvédelmi okok miatt. A talajvizsgálatok segítségével visszaállítható a közvélemény megértése és bizalma a műtrágyázás iránt. Amennyiben az üzemek követik a talajvizsgálatokra épített szaktanácsadást, a környezet szennyeződésének veszélye a minimálisra csökkenthető.

Az 1950-es és 60-as években, amikor a műtrágyázás széles körben terjedt, a talajvizsgálatok is terjedtek és elterjedésük összekapcsolódott ezzel az új eljárással. Ma a talajvizsgálatok nem hordoznak egy eredendően új technológiát vagy eljárást, talán ezért is csökkent a gazdákra gyakorolt vonzerejük. Bizonyos érdekek is befolyásolhatják a szaktanácsadást. Kétségtelen, hogy a műtrágyát gyártó és forgalmazó szervezetek érdekeltek az eladásban és a forgalom növekedésében, ezért szaktanácsadásukban és propagandájukban „beépített” torzítás gyakran fellelhető. És ez nemcsak a nyugati világban igaz, hanem a piacgazdálkodás törvényei miatt itthon is. Ilyen hatásokat nem mindig egyszerű kimutatni és főleg megváltoztatni.

A hazai egységes szaktanácsadás létrehozásában, szakmai segítség nyújtásában (mintavételi és analitikai eljárások) döntő szerepet játszott a Mintavételi- és Mérésmódszertani Bizottság, amely a tudományterület és az élenjáró gyakorlat tapasztalt szakembereit képviselte. Ez a testület azonban nem pótolhatta a kísérletek hiányát. Amennyiben jól vettük a talajmintát (reprezentatív, párhuzamos átlagminta megfelelő részmintát egyesítve) és precízen végeztük el az analíziseket, minden adatunk csak annyit fog érni, amennyire megbízhatóan kalibrált.

Amint a termést, illetve a várható trágyahatásokat befolyásoló tényezők vázlatos felsorolásából is kitűnik, táblára adaptált szaktanácsot csak a helyismerettel rendelkező szakember adhat. A szaktanácsadás ugyanakkor egyre összetettebbé válik, mert gyorsan változik a környezet, a növényfajta, az agrotechnika és maga a talaj is. Egyre több elem ellátottságát kell figyelemmel kísérni, a tényleges termést befolyásoló tényezők száma adott helyen egyre emelkedik. A számítógépes központi szaktanácsadás technikailag képes lenne a sok tényező számszerű figyelembevételére, azonban hiányoznak ezek a számszerű paraméterek. Ebből adódóan a számítógépes szaktanácsadás alapvetően nem javíthatja a javaslatok megbízhatóságát sem.

Kétségtelen azonban, hogy a helyi szaktanácsadó, aki ismeri esetleg táblaszinten is a körülményeket, nem rendelkezik a szükséges idővel és lehetőséggel a kutatási eredmények felhasználását illetően. Ezért a megfelelő kompromisszumot a területi szaktanácsadók jelenthetik, akik a hidat képezik a szakmai központok, a kutatás és az üzemi alkalmazás között.

### Irodalom

- BAKER, D. E. & AMACHER, M. C., 1981. The development and interpretation of a diagnosing soil-testing program. Pennsylvania State Univ., Agric. Expt. Sta. Bull. 826.
- BARBER, S. A., 1966. The role of root interception, mass flow and diffusion in regulating the uptake of ions by plants from soil. Tech. Report Ser., Int. Atomic Energy Agency No. 65. 39—45.
- BARBER, S. A., 1973. The changing philosophy of soil test interpretation. In: Soil Testing and Plant Analysis. (Eds.: WALSH, L. M. & BEATON, J. D.) 201—212. SSSA. Madison, Wisc.
- BERGMANN, W., 1958. Die Ermittlung der Nährstoffbedürftigkeit des Bodens. In: Handbuch der Pflanzenphysiologie. (Ed.: W. RUHLAND) 4. 867—942. Springer-Verlag. Berlin—Göttingen—Heidelberg.
- BERGMANN, W., 1968. Aufgaben, Zielen und Grenzen der Bodenuntersuchung sowie ein kritischer Vergleich ihrer Entwicklung in der europäischen Ländern. In: 40 Jaar Grondonderzoek. 41—98. Oosterbeek, Holland.
- BERGMANN, W., 1979. Termesztett növényeink táplálkozási zavarainak előfordulása és felismerése. Mezőgazd. Kiadó. Budapest.
- BOCZ E., 1962. Előtanulmány a 20 éves növénytermesztési célkitűzések elérésének általános feltételeiről. Debreceni Agrártudományi Főiskola. Debrecen.
- BOCZ E., 1985. A trágyázás (tápanyagellátás) szerepe hazánk mezőgazdaságában. DATE. Debrecen.
- BRAY, R. H., 1929. A field test for available phosphorus in soils. Illinois Agric. Expt. Sta. Bull. 337.
- BRAY, R. H., 1944. Soil-plant relations. II. Balanced fertilizer use through soil tests for potassium and phosphorus. Soil Sci. 60. 463—473.
- BURD, J. S., 1918. Water extractions of soils as criteria of their crop-producing power. J. Agric. Res. 12. 297—310.
- BUZÁS I-NÉ, KARKALIKNÉ H. Zs. & SZABADOS I., 1985. A műtrágyázási szaktanácsadás továbbfejlesztési lehetőségei az 1983/84. évi őszi búza-termesztés adatai tükrében. A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. Keszthely. 367—371. NEVIKI. Veszprém.
- COPE, J. T. & ROUSE, R. D., 1973. Interpretation of soil test results. In: Soil Testing and Plant Analysis. (Eds.: WALSH, L. M. & BEATON, J. D.) 35—54. SSSA. Madison. Wisc.

- COREY, R. B. & SCHULTE, E. E., 1973. Factors affecting the availability of nutrients to plants. In: Soil Testing and Plant Analysis. (Eds: WALSH, L. M. & BEATON, J. D.) 23—34. SSSA. Madison. Wisc.
- CSERHÁTI S. & KOSUTÁNY T., 1887. A trágyázás alapelvei. Országos Gazdasági Egyesület Könyvkiadó. Budapest.
- DAVY, H., 1814. Elemente der Agriculturchemie. Cit. in: MITSCHERLICH, A. (1957): Pocsvodzenie. Izd. Inosztr. Lit. Moszkva.
- DEBRECZENI B., 1973. A tápanyag- és vízellátás főbb összefüggéseinek agrokémiai vonatkozásai. Doktori értekezés. Budapest.
- DYER, B., 1894. On the analytical determination of probably available mineral plant food in soil. J. Chem. Soc. **65**. 115—167.
- ELEK É. & PATÓCS I., 1984. A magyarországi I. talajvizsgálati ciklus eredményeinek értékelése. MÉM NAK. Budapest.
- EGNÉR, H., 1938. Die Laktatmethode zur Bestimmung leichtlöslicher Phosphorsäure in Ackerböden. Ann. Landw. Hochschule Schweden. **6**. 253—298.
- EGNÉR, H., RIEHM, H. & DOMINGO, W. R., 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. K. LantbrHögsk. Ann. **26**. 199—215.
- GRANT, W. T. & HANWAY, J. J., 1968. Determining fertilizer needs. In: Changing Patterns in Fertilizer Use. 119—140. SSSA. Madison, Wisc.
- KÁDÁR I., 1977. Műtrágyázási szaktanácsadás Ausztriában. Agrokémia és Talajtan. **26**. 171—182.
- KÁDÁR I., 1979. Földművelésünk nitrogén, foszfor és kálium mérlege. Agrokémia és Talajtan. **28**. 527—544.
- KÁDÁR I., 1980. Növényanalízis alkalmazása az agrokémiai szaktanácsadásban és kutatásban. Agrokémia és Talajtan. **29**. 323—344.
- KÁDÁR I., 1982. Földművelésünk műtrágyaigényét befolyásoló néhány tényező. Növénytermelés. **31**. 269—280.
- KÁDÁR I. & LÁSZTITY B., 1979. A feltöltő foszfor és kálium műtrágyázás lehetőségének vizsgálata néhány magyarországi talajon. Agrokémia és Talajtan **28**. 123—142.
- KÁDÁR I., CSATHÓ P. & SARKADI J., 1984. A szuperfoszfát tartamhatásának vizsgálata őszi búza monokultúrában. I. Talajvizsgálati és szemtermés eredmények. Agrokémia és Talajtan. **33**. 375—390.
- KÁDÁR I., LÁSZTITY B. & SIMON L., 1981. Az üzemi talaj- és növényvizsgálati eredmények értelmezése és felhasználása mezőföldi csernozjom talajon. Agrokémia és Talajtan. **30**. 65—78.
- KÖTTGEN, P., 1937. Die Bestimmung der leichtlöslichen und der sorptiv gebundenen Ionen nach der Methode des Giessener Bodenkundlichen Instituts. Bodenkunde u. Pflanzenernähr. **3**. 56—89.
- LEMMERMANN, O., 1930. Über die heutigen Laboratoriums-Methoden zur Bestimmung des Düngungsbedürfnisses des Bodens. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. **9**. 1—17.
- LIEBIG, J. VON, 1840. Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agriculture und Physiologie. Vieweg und Sohn. Braunschweig.
- MAERCKER, M., 1891. Mitteilungen über die Beziehungen zwischen dem Phosphorgehalt des Bodens und seiner Bedürftigkeit für Phosphorsäuredüngung. Z. Landw. Zentr. Ver. Sachsen. **48**. 111—132.
- MELSTED, S. W. & PECK, T. R., 1973. The principles of soil testing. In: Soil Testing and Plant Analysis. (Eds: WALSH, L. M. & BEATON, J. D.) 13—22. SSSA. Madison. Wisc.
- OLSEN, S. R. et al., 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circ. No. 939.

- OPITZ, K., 1907. Vergleichende Untersuchungen über die Ergebnisse von chemischen Bodenanalysen und Vegetationsversuchen. *Landw. Jb.* **36**, 909—922.
- PAAUW, F. VON DER, 1971. An effective water extraction method for the determination of plant available soil phosphorus. *Plant & Soil*. **34**, 467—481.
- PILZ, F., 1908. In welchem Verhältniss steht der durch eine Phosphorsäuredüngung erzielte Mehrertrag von Gerste zu dem Phosphorsäuregehalt des Bodens? *Z. Landw. Versuchsw. Österreich. Wien*. **11**, 36—48.
- RIEHM, H., 1958. Die Ammoniumlaktatessigsäure Methode zur Bestimmung der leichtlöslichen Phosphorsäure in karbonathaltigen Böden. *Agrochimica*. **3**, 49—65.
- SARKADI J., 1975. A műtrágyaigény becslésének módszerei. *Mezőgazd. Kiadó. Budapest*.
- SARKADI, J. & KÁDÁR, I., 1974. The interaction between phosphorus fertilizer residues and fresh phosphate dressings in a chernozem soil. *Agrokémia és Talajtan. Suppl.* **23**, 93—100.
- SAUSSURE, N. T. DE., 1804. Recherches chimique sur la végétation. Paris. Cit. In: MITSCHERLICH, A. (1957): *Pocsvovedenie, Izd. Inosztr. Lit. Moszkva*.
- SCHÜLLER, H., 1969. Die CAL-Methode, eine neue Methode zur Bestimmung des pflanzenverfügbaren Phosphates in Böden. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* **123**, 48—63.
- SPRENGEL, C., 1845. Die Lehre vom Dünger. 2. Aufl. P. Parey Verlag. Leipzig.
- SPURWAY, C. H., 1932. Soil Testing: A practical system of soil diagnosis. *Michigan Agric. Expt. Sta. Bull. No.* 132.
- SZABOLCS I., 1968. A korszerű talajvizsgálatok szerepe a műtrágyázásban. *Tudomány és Mezőgazdaság*. **6**, (5) 1—8.
- TRUOG, E., 1930. The determination of the readily available phosphorus in soils. *J. Amer. Soc. Agron.* **22**, 874—882.
- WRANGELL, M. VON, 1926. Über Bodenphosphate und Phosphorsäure-bedürftigkeit. *Landw. Jb.* **63**, 627—642.
- WELCH, C. D. & WIESE, R. A., 1973. Opportunities to improve soil testing programs. In: *Soil Testing and Plant Analysis*. (Eds: WALSH, L. M. & BEATON, J. D.) 1—12. SSSA. Madison. Wisc.

*Érkezett: 1986. július 7.*