

# S Z E M L E

## A trágya-táplálóanyag megválasztásának útjai\*

(Dworak Lajos előadása élénk vitát váltott ki. A felmerült véleményeknek lapunk következő számaiban adunk helyet. Szerkesztőbizottság.)

### II. Finom módszerek

A megválasztás durva módszereiben — mint láttuk — a talaj valamilyen oldószerben, és pedig királyvizben oldódó táplálóanyag-féleségeiből indultunk ki. E táplálóanyagokat a növények hamujában található táplálóanyagok segítségével áthasonuló táplálóanyagokba számítottuk át oly módon, hogy feltettük a kérdést, *a talaj »összese« táplálóanyag-féléi egyenként mennyi bevándorló táplálóanyagnak felelnének meg, ha áthasonulók volnának?* Azután az így kapott áthasonuló táplálóanyag-mennyiségeket termésekben fejeztük ki. A királyvizben vagy bármely más, a gyökérsav erősségétől eltérő oldás ugyan nem a növénybe ténylegesen átmenő táplálóanyagokat szolgáltatja, de hogy durván kiértékelhessük, szükséges, hogy az ilyen oldású táplálóanyagokat is áthasonuló mennyiségekbe, illetve ezeknek megfelelő termésekbe számítsuk át.

Már ebből is következik, hogy a növénybe ténylegesen felszívódó, felvevődő, áthasonuló, átmenő stb. táplálóanyag-mennyiségeket a talajból csak akkor vonhatjuk ki, *ha a talajt olyan oldószerrel kezeljük, amely megfelel a gyökérsav erősségének és azokat a táplálóanyag-mennyiségeket oldja, amelyekből a növény ténylegesen táplálkozik.*

Mielőtt a ténylegesen felszívódó táplálóanyagok meghatározási módjára rátérnénk, néhány fontos fogalmat kell tisztázni, mivel a következőkben a táplálóanyagok egyes formáinak a közhasználatostól eltérő értelmezést adunk. Az alábbiakban mindig oldódó (tehát nem oldható) táplálóanyagoknak nevezzük a táplálóanyag-félének azt az egész mennyiségét, mit egy tetszőleges oldószer, tehát pl. a királyvíz — és bármely más oldószer — a talajból felszabadítani képes. Így a gyökérsavnak meg-

felelő savban oldódó táplálóanyag egész mennyiségét is. A gyökérsavban oldódó táplálóanyag-mennyiségnek mindig egy része az *át hasonuló, felvevődő, felszívódó, átmenő, asszimilálódó* stb. táplálóanyag, tehát az, amely az oldódóból a növény testévé válik. Az oldódónak és utóbbinak különbsége pedig az a táplálóanyag-mennyiség, amit a növény nem szív fel, hanem a felvétel után visszahagy a talajban. Ez a *felvehető, asszimilálható, áthasonlítható, átszajtható* stb. táplálóanyag, vagyis elnevezésében előbbtől csak a hat-het feltételes igeképzőben különbözik, előbbivel azonos oldódású és élettanilag azonos értékű, csak a növény valamely oknál fogva nem asszimilálja, nem veszi fel.

Közbevetőleg kell megjegyezni, hogy a felsorolt kifejezésekben a hat-het igeképző egyetemes használata, a fenti értelmezés és disztinkció hiánya volt és ma is az agrokémia trágyázástani fejezete fejlődésének egyik leg-hatékonyabb hátramoszdító rügője.

Az új és régi értelmezés közötti különbség nagy, hisz tudjuk, hogy a régi szóhasználatban a felvehető, asszimilálható, áthasonlítható, sőt »oldható«, tehát a hat-het képzővel ellátott táplálóanyag azonos az oldódóval. A mi használatunkban viszont az új elnevezések megfelelnek a táplálkozásakor lejátszódó hármasszoros folyamatnak. Ez a következőkből áll. 1. A növény a kibocsátott gyökérsavval, ugyanazzal az egy oldószerrel először oldja a táplálóanyagokat, melyekből felszívásukat megelőzően maga körül kis oldott táplálóanyag-udvart létesít. 2. Az oldatba hozott táplálóanyagokból a növény faja, sőt fajtája szerint a táplálóanyagokat igényeinek megfelelően különbözőképpen szelktálja, egyidejűen a szelktált táplálóanyagokat felveszi, áthasonlíttja, testévé alakítja. 3. Az oldott táplálóanyagok egy részét visszahagyja. Mivel ezek az áthasonuló táplálóanyagokkal azonos oldódásúak, bizonyos körülmények között áthasonlíthatók, felvehetőek, egyébként pedig a termés-nagyság szabályozásában töltenek be jelentős funkciót.

Az elmondottak szerint a táplálóanyag-féleségeket — az egyes táplálóanyagokra külön-külön oldószer helyett — a növényekhez

\*Előadta a MKK-ban tartott szakmai előadássorozat keretében 1950 március 7-én. A kézirat érkezett 1951 június 16-án. A közlemény első része az Agrokémia és Talajtan 2. számában jelent meg.

hasonlóan egyetlen oldószerrel kell oldanunk. E tekintetben Morgan felfogásához csatlakozunk, amivel egyúttal a magunk részére azt az irodalmi vitát is (1) eldöntöttük, vajjon a talajban a meszet az oldáskor a savval először neutralizáljuk-e, amint azt az oldáskor számtalan kutató tette és teszi. *A meszet mi nem közömbösítjük.* Éspedig azért, mert 1. a a növényt a mesz jelenléte nem indíthatja arra, hogy a táplálóanyag-oldás előtt magából először több savat bocsásson ki a talaj  $\text{CaCO}_3$ -tartalmának semlegesítésére. Ellenkező esetben a  $\text{CaCO}_3$  eltűnése a talajból, egyik termelési évről szinte a másikra, szembetűnő volna. 2. A gyökérsav annyira gyenge, hogy a talajban az esetek túlnyomó részében tekintélyes mennyiségben jelenlévő  $\text{CaCO}_3$ -ot nem képes eltávolítani. *Vagyis az egységes és a gyökérsav erősségének megfelelő oldószeri meszes és mésztelen talajon egyaránt és egyfórmán kell alkalmazni.*

A következő, kutatásaink során felvetődött probléma az volt, *milyen oldószeri választunk?* Az kétségtelen, hogy az oldásra *savat* kell használnunk, mivel időközben más helyen (2) a növényi gyökérzet savoldásának frappáns és kétségtelen bizonyítékát szolgáltatunk. Elvi megfontolások szerint, amelyekből a növényéletani szempontok teljesen ki vannak kapcsolva, *a sav lehet bármilyen, inkább szerves, mint szervetlen sav,* mint már egy-két évtizeddel ezelőtt az oldószer növényéletani szempontból vett megválasztásának frekvenciái időszakában hangoztattuk. *Csak erőssége feleljen meg a gyökérsav erősségének,* adjon oldódó terméket és ami a legfontosabb, analitikai szempontból hátrányai ne legyenek.

Meggondolásainkat összegezve oldószernek a *hangyasavat* választottuk.

Ezután azt a kérdést kellett megválaszolniunk, mennyi táplálóanyagot, pl. foszforsavat kell kioldanunk, mondjuk 100 g talajból, másszóval *mekkora az a foszforsav-mennyiség 100 g talajban, ami a növénybe, pl. őszi búzába ténylegesen felszívódik?* Eldöntéséhez az alant közölt számítások szolgáltak.

Őszi búzából és foszforsavból a kiindulásunk oka gyakorlati és egyszerű. Hazai viszonylatban a legtöbb növénynél, *így a búzánál is foszforsavval, illetve szuperfoszfáttal áll a legtöbb trágyázási kísérleti adat az irodalomban rendelkezésünkre,* tehát munkánkhoz legbiztosabban ezeket vehettük alapul.

Az irodalmi adatok összegyűjtésével meg tudtuk állapítani, hogy 16 kísérleti évben végzett 21 országos kísérletsorozat szerint 9 különböző időjárású év keresztmetszetében nálunk 150 kg szuperfoszfát, azaz 26 kg vízben oldódó foszforsav kat. holdanként 54 kg búza-szemterméstöbbletet szolgáltat. Ismételten: országos viszonylatban, az országos talajon. Ez a termésszaporulat azonban nem a 135,

hanem a 156 mg-os összes foszforsav-tartalmú talajon terem, mivel az 54 kg-os hatás nem 8,2, hanem, mint kimutattuk (3), 9,5 q-s átlagtermésű talajon addódik és így az országos talaj táplálóanyag-tartalma a 9,5 q alatt aránylagosan valamivel nagyobb.

Az 54 kg-os termésszaporulat az esetek 68%-ában 110 kg-os pozitív, azaz termésszaporító és az esetek 32%-át kitevő 65 kg-os negatív, azaz terméscsökkenítő esetből tevődik össze. A termésváltozásokat az esetek számával szorozva a két szorzat algebrai összege 54 kg.

$$0,68 \times 110 - 0,32 \times 65 = 1,00 \times 54.$$

Az eredmény nem erősíti meg azt a tapasztalati tant, hogy 150 kg szuperfoszfát után a szemben mutatkozó emelkedés kb. 150 kg. Mint látjuk, ez csak a pozitív esetekre érvényes és ekkor is csak megközelítőleg. Az eltérés egyik oka a sok terméscsökkenítő eset, amit a szuperfoszfát egymagában alkalmazásánál a gyakorlat propagatív okokból, egyúttal az agrokémia is eddig nem méltott figyelemre.

De minderről már az említett helyen szó volt. Szempontunkból itt a lényeg az, hogy a 26 kg szuperfoszfát-foszforsavnak az állagtalajon két különválasztható hatása van. Egyrészt termést képez és így egy része a termésbe vándorol, másik része pedig termést tüntet el és a terméscsökkenésnek megfelelő foszforsav az eltűnt termés helyét foglalja el. Éspedig, mivel 110 kg szemszaporulatban a hozzátartozó 200% szalmát és a szalmás termés 10%-át kitevő tarló- és gyökérmaradványt is beszámítva 1,33, a 65 kg szemhiánynak pedig terméspótlékaival együtt 0,79 kg foszforsav felel meg, a 26 kg szuperfoszfát-foszforsavból a termésképzésben  $1,33 + 0,79 = 2,12$  kg vesz részt.

Közbevetőleg mondva ebben a számításban termésgörbe-tanulmányainkból következő egyik megállapításunk velejét alkalmaztuk. Nevezetesen, hogyha eredményhez akarunk jutni a trágyázásban, akkor eddigi, *egyoldalú, a pozitív termésszaporulat felé kicsúcsosodó gondolkodásunkkal fel kell hagynunk.* Helyette a trágyázástani dolgozásban mindig egyidejűen a termésszaporodás és terméscsökkenés pozitív és negatív, azaz kettős irányába kell figyelmünket kiterjesztenünk.

A továbbiakban, hogy a termésbe bevándorló és az eltűnő termés helyét elfoglaló foszforsavval a talajban számolhassunk, először a foszforsav-mennyiségeket két területegység helyett egy területegységre kell vonatkoztatnunk. A 110 kg-os termésszaporítás és a 65 kg-os terméscsökkenés az országos átlagtalajon külön-külön I—I kat. holdra érvényes. Egy kat. holdon a termésszaporító foszforsav eszerint  $0,68 \times 1,33 = 0,90$ , a terméscsökkenítő pedig  $0,32 \times 0,79 = 0,25$ , együttesen  $0,90 + 0,25$  kg lesz. Ez a hatás azonban még mindig külön-külön 9,5 — 9,5 q-s átlagtermésre vonatkozik. Hiszen

a terméscsökkenést egyfelől 9,5 q-s, de a terméscsökkenést is 9,5 q-s termésre állapítottuk meg, ennél fogva az egyszeri 9,5 q-s termésre vonatkozó terméscsökkenő foszforsav  $0,68 \times 0,90 = 0,61$ , az ugyanezen egyszeri termésre vonatkozó terméscsökkenő foszforsav mennyisége pedig  $0,32 \times 0,25 = 0,08$  kg. Így az országos talaj területegységén egyetlen 9,5 q-s átlagtermésre vonatkoztatva a terméscsökkenő és terméscsökkenő foszforsav  $0,61 + 0,08$  kg, együttesen 0,69 kg lesz.

Bárki erre azt mondhatná, hogy más eredményre jutunk, ha nem 150 kg, hanem ettől eltérő mennyiségű szuperfoszfátból indulunk ki. Pl. 250 kg szuperfoszfát egészen más, a 150 kg-éval nem egyenesen arányos hatást idéz elő, ennél fogva a termésbe átvándorló, ill. a terméscsökkenő pozitív, ill. negatív foszforsav mennyisége a fentitől eltérő lesz. Ez igaz. Az aggodalmoskodókat azonban megnyugtadjuk, hogy ez az eltérés csak akkor következik be, ha a 250 kg szuperfoszfát algebrai összegű hatását vesszük számításaink kiindulópontjául. Ha azonban a hatást két részre bontjuk, számítással kiadódik, hogy 250 kg szuperfoszfátból a termés növelésére és csökkentésére 150 kg szuperfoszfátával arányos mennyiségek használódnak fel. Más adagból kiindulva, a számítás nem mond ellent a 150 kg-mal végzett számításnak, hanem éppen ellenkezően — két hatásra bontás után — csak megerősíti.

Miután így a 26 kg foszforsavnak részeseződését a termésképződésben és terméscsökkenésben megállapítottuk, felelhetünk arra a kérdésre, mennyi a 100 g talajban lévő, a termésképzésben és terméscsökkenésben résztvevő foszforsav mennyisége? E célból először a vízben oldódó 26 kg szuperfoszfát-foszforsavat át kell számítanunk nehezebben oldódó talajfoszforsavra, hogy a kétféle foszforsav-forma közös alapra hozva összehasonlítható és számításokra alkalmas legyen.

Egy korábbi dolgozatban (4) gyakorlati kísérletekből alkalmunk volt levezetni azokat az arányszámokat, amelyek jelzik, hogy a növény a különböző oldhatóságú foszforsav-formákat milyen mértékben értékesíti a vetéscorgó első évében. Az ott közölték szerint többek között, ha a szuperfoszfát-foszforsav értékszámja 100, a nyersfoszfáté 26. Ez a szám azóta egy beküldött kéziratban más oldalról — a tiszta trikálciumfoszfátra mint 33 — igazolást nyert (2), így realitása kétségen felül áll. A gyakorlatban a foszforsavas táplálóanyag értékbecslésénél haszonnal és eredménnyel alkalmazhatjuk. Jelzi, hogy a nyersfoszfát foszforsavának termelési értéke a szuperfoszfát foszforsavának kb.  $\frac{1}{4}$ -e, vagyis, hogy a nyersfoszfát foszforsavából ugyanannyi termés előidézéséhez négyszer annyi kell, mint a szuperfoszfát-foszforsavból.

Mivel a talajfoszforsav oldhatósága közel áll a nyersfoszfátéhoz, 1949 január hó 26-án

dolgozásunk tervezetének ismertetésekor (5) a talajfoszforsav termelési értékét 25-nek vettük fel. Azóta azonban a felbukkant ellentmondások miatt ezzel az értékzámmal kénytelenek voltunk 20-ra, majd a későbbiekben közölt eljárási móddal kapott eredmény szerint 16-ra lemenni, úgyhogy ma a talajfoszforsav értékelésénél ezt a számot használjuk. Eszerint a talajfoszforsav termelési értéke a szuperfoszfát-nak  $\frac{1}{6}$ -a, vagy másképp: a vashoz, alumíniumhoz és mészhez kötött talajfoszforsavból 6,2-szer annyi idézi elő ugyanazt a termést, mint a szuperfoszfát-foszforsav.

Meg kell jegyezni, hogy eme érték helyesebb meghatározásában közvetve nagy szerepet játszott Sarkadi János felszólalása, aki a program tárgyalásakor figyelmünket jobban ráirányította a talajban a vas- és alumíniumfoszfát kisebb termelési értékére és így egyike volt azoknak a keveseknek, akik a tárgyhoz eredményes kritikával szoltak hozzá. Ha azonban már a hozzászólásokról van szó, meg kell említeni, hogy a másik termékeny hozzászóló Krámer Mihály dr. volt, aki azt a kétséget fejezte ki, hogy az országos talaj valamennyi növény termőtalajául felhasználható. Megjegyzése a ferdeségi számoknak felhasználására vezetett, amelyek segítségével az országos talaj táplálóanyag-tartalmát megváltoztatva azt bármely növény alá felhasználhatjuk, mint az előző előadásban három növénynél láthattuk.

Bár szintén nem tartozik ide, meg kell említeni, mi volt az a közvetett eljárás, amelynek a segítségével a 16-os számot kaptuk. A későbbiekben még többször hivatkoztam terméscsökkenés-tanulmányokból adódott, hogy a szuperfoszfát-foszforsav és a talajfoszforsav kihasználása az 1-es ferdeségi számú növénynél azonos. Mivel a búza ferdeségi száma 1,2, és 8,2 q-s átlagtermése 135 mg foszforsavtartalmú talajon terem, így a  $135 \times 1,2 = 162$  mg-os talaj lesz az, amelyben a talajfoszforsav és a szuperfoszfát-foszforsav azonos értékű. Ez annyit jelent, hogy a 0,026% vízben oldható foszforsavtartalmú és a 0,162% talajfoszforsav-tartalmú talaj termelési értéke azonos. Eszerint a 0,026 g vízben oldódó foszforsavat 6,2-del kell szoroznunk, hogy 0,162 g-ot kapjunk vagy ami ugyanaz, a talajfoszforsav termelési értéke 16.

Ez lenne a talajfoszforsav termelési értéke közvetett meghatározásának útja.

Másik módja a közvetlen növénykísérlet. Azonos mennyiségű, de más formában, pl. mint mész-, alumínium- és vasfoszfát formájában adott foszforsavval tápláljuk a növényt és meghatározuk az így okozott terméscsökkenést a trágyázatlanhoz képest. Erre vonatkozóan intézetünkben annakidején Sigmond Elek dr. végzett kísérleteket, amelyekről könyvében (6) annyiban számolt be, hogy a növény vas- és alumínium-foszfátból is táplálkozhat. Munkájában azonban, más irány felé törekedve, végeredményben nem adja a

kérdésnek a mi értelmezésünk szerinti megoldását.

A talajfoszforsav országos termelési értéke kérdésénél azért időztünk hosszabb ideig, mert megérdeklő a figyelmet. A további vizsgálatoktól függ, hogy 16-nál maradunk-e meg, az érték ennél valamivel kisebb lesz-e vagy pedig ismét 20 felé megyünk-e vele vissza. Nagyságától további adatok függenek, anélkül azonban, hogy azok relatív használhatósága a későbbiekben eszrevetne.

Ezután a búza által 100 g talajból feloldott foszforsav mennyiségének számítása már egyszerű. Ezt megelőzően azonban egy korrekciót kell elvégeznünk.

A  $0,61 + 0,08$  kg termésbe vándorló, illetve termést csökkentő foszforsav a  $9,5$  q-s átlagterméshez tartozó érték. Ha a  $8,2$  q-s átlagtermésre akarjuk vonatkoztatni, kisebbíteniük kell. Ha pedig a  $8,2$  q-s átlagtermés helyett  $8,2$  q-s termésre vonatkoztatjuk, a termésgörbetanulmányaink szerint további módosításra szorul. A  $8,2$  q-s termés  $26$  kg vízben oldódó foszforsav hatására létrejövő pozitív és negatív termésszaporulatok kialakításához végeredményben az előbbihez közelebbi mennyiségű,  $0,54 + 0,004$  kg foszforsavat old. Ebből  $0,54$  kg a természetből vándorol, áthasonul,  $0,004$  kg pedig mint felvehető oldatban marad.

Ezután 100 g talajban a növényi gyökér által oldott foszforsav mennyisége egyszerű arányszámítással könnyen megállapítható. Ha  $26$  kg vízben oldható, illetve  $6,2$ -szer annyi, azaz  $162$  kg nyers talajfoszforsavból a  $8,2$  q-s termés a termés változásához  $0,54 + 0,004$  kg-ot, összesen  $0,544$  kg-ot old fel, akkor  $135$  mg-ból mennyit? Old  $0,45 + 0,003$ , összesen  $0,453$  mg-ot. Ezt a foszforsav-mennyiséget kell tehát 100 g átlagtalajból kioldanunk, hogy  $8,2$  q-s termésnél a növényi gyökér által 100 g talajból oldott foszforsav-mennyiséget kapjuk.

Ez a számítási mód az oldódó táplálóanyag 100 éves problémáját oldja meg. Megtudtuk így, hogy a búza ténylegesen mennyi táplálóanyagot old, amivel a valódi helyzet megismerésének közvetlen közelébe férközhetünk. Behatoltunk a növény mikrovilágába. Ez a lehetőség most már további — mint látni fogjuk — nagyjelentőségű eredményeknek ad teret és lehetőséget.

Mielőtt fejtegetéseinkben továbbhaladnánk, meg kell állapítanunk azt a vízmennyiséget, amelyben a  $0,453$  mg foszforsavnak kioldását el kell végeznünk. Meggondolással két számítás szolgált.

Az egyik az, hogy a talajra nálunk évente átlag  $600$  mm csapadék esik, amiből átlag  $\frac{1}{3}$  rész elfolyik,  $\frac{1}{3}$  rész pedig elpárolog. Maradt tehát a talajban  $200$  mm, ami megfelel kat. holdanként  $1\,150\,000$  liter víznek. Ezzel  $8,2$  q-s átlagtermésbe bevándorló  $11$  kg foszforsav érintkezik, eszerint a  $100$  g talajban a gyökérsav hatására a talajban oldódó  $0,45$  mg foszforsavnak

$47$  ml víz felel meg. A másik számítási mód a  $8,2$  q-s átlagtermés által képzett szárazanyag-mennyiség,  $10\%$  gyökéret, illetve tarlómaradványt is beszámítva,  $2.700$  kg. Ezt a szárazanyag-mennyiséget  $500$ -szor annyi víz képezi, vagyis  $1.350.000$  kg. Ezzel a vízmennyiséggel ismét  $11$  kg foszforsav jut érintkezésbe a talajban,  $0,45$  mg oldódó foszforsavval tehát  $55$  ml érintkezik.

A kapott két érték jól vág egymással és egyfelől minimális értéket jelent. Könnyen belátható, hogy a  $600$  mm csapadékból a  $200$  mm-nek esetleg duplája vagy más mennyiség is maradhat a talajban. De az aratás után is a talaj még jelentős nedvességet tartalmazhat, még ha a talajban lévő víz holtvíz alakjában is van jelen. Vagyis a tényleges vízmennyiség a számítottnál nagyobb is lehet. Másfelől az értékek maximális értéket is jelenthetnek, mert a növény nem az egész talajmennyiségbe, hanem annak csupán egy részébe, az aktív talajtömegbe bocsátott savakkal oldja a táplálóanyagokat, ezeket a táplálóanyagokat pedig nemcsak az aktív talajtömegben lévő, hanem a környezetből abba beszivárgó vízben elosztva is felveheti. Így tehát az a vízmennyiség, amelyben a gyökérsav oldanak, a számítottnál kisebb is lehet.

Míndezek a spekulációk azonban csak elvi jelentőségűek, mert az oldáshoz választandó vízmennyiségnek egyelőre technikai okok szabnak határt. Emé okok miatt a  $100$  g talajra eső vízmennyiséget legalább  $100$  ml-re kell felvenni. Ha ugyanis  $100$  g talajt  $100$  ml vízzel leöntünk, még olyan elfogadható keveréket kapunk, amelyben a folyadék rész a szilárd résztől pipettával könnyen leemelhető és elemezhető. Ezzel szemben  $100$  ml-nél kevesebb, tehát  $47$ — $55$  ml vízzel jóformán már csak talajpépet vagyunk képesek előállítani. Ebből szűrés nélkül folyadékot elemzés céljára elválasztani nem tudunk. És ez a technikai körülmény az oka annak, hogy az áthasonuló és felvehető foszforsav kioldására szolgáló hangyasav-mennyiséget a  $100$  g talajra vet  $100$  ml vízen belül helyezzük el.

A talaj és a savas oldat  $1:1$  arányának kényszerítő szükségessége azt jelenti, hogy az ú. n. trágyaszükségleti módszerekben használt arányok, mint pl. a *Sigmond, Lemmermann* és mások  $1:8$ ,  $1:10$ , stb. arányai illuzórikusak és túlságosan tágak. A természetes arányoknak, mint a számításokból látjuk, ennél lényegesen kisebb  $1:1$ , sőt ennél kisebb arányok felelnek meg. Erre különben már sok kutató rájött, amikor pl. a talajból kipréselt nedvben keresték a »felvehető« táplálóanyagokat.

A következő kérdés az, hogy a  $100$  g talajra eső  $100$  ml vízen belül a jelzett foszforsav-mennyiség kioldására mennyi legyen a hangyasav mennyisége. Bár ennek megállapítása néhány hangyasav-mennyiség behelyezésével és elemzéssel most már könnyű feladat, mégis munkánk

nem volt könnyűnek mondható. Kezdetben ugyanis a talaj és a víz helyes arányát nem ismertük és különböző arányokból kiindulva kerestük az oldáshoz szükséges hangyasav-mennyiséget. Ezen a téren *Baumann Miklós* végzett igen sok olyan vizsgálatot, amelyeknek konkrét következménye nem volt, mert mindaddig ellentmondó adatokra vezettek, amíg végül a helyes talaj-víz arány alkalmazásával megnyugtató eredményre jutottunk. A *Baumann* által végzett kutatóvizsgálatok tömege azonban arra jó, hogy különböző talaj-víz-hangyasav arányok esetén a tizedmilligramm rendű foszforsav-mennyiségek oldási viszonyairól az átlagtalajban többé-kevésbé összefoglaló képet ad. Az erre vonatkozó tanulmány megírását nevezett aktivitag vállalta.

Visszatérve a 0,453 mg foszforsavat oldó hangyasav mennyiségére sok vizsgálatból kitűnt, hogy 100 g átlagtalajra eső 100 ml vízbe elhelyezett 0,1343 g hangyasav az, amely a 100 g átlagtalajból a 0,453 mg foszforsavat oldja. Ezt a hangyasav-mennyiséget a következőképpen jutattuk az átlagtalajhoz.

A kereskedelemben kapható 1,061—1,064 fajsúlyú, kb. 25 súly %-os, a mi esetünkben 27,3 térf. %-os hangyasavból 20 ml-t kivettünk, normál lombikban 1.000 ml-re hígítottuk. Ebből az oldatból 24,6 ml 0,1343 g hangyasavat tartalmaz. A normál lombikra ráírtuk, hogy »*szi búza*«.

Az oldásnál a következőképpen jártunk el. A 200 g nem porított, azaz természetes szerkezetű átlagtalajt 500 ml-es *Erlenmayer*-lombikba helyeztünk és 150 ml desztillált vizet leöntöttük. A keveréket többszöri alapos felrázással 48 óráig állni hagytuk, míg a talaj szétázott és szemcsegyedekre esett szét.

Ezután a normál lombikban lévő hangyasav oldatból kétszer 24,6, kereken 50 ml-t 50 ml-es normál-lombikba tettünk és tartalmát a talajszuszpenzió állandó rázása közben a talajvíz elegyhez öntöttük, annak híg részét 200 ml-re kiegészítettük, ügyelve arra, hogy az 50 ml-es lombikban csak a falazatra tapadó néhány csepp maradjon vissza. A talajjal ezután egy 1/343 normál savoldat érintkezik.

A savas talajkeveréket a hozzáöntés napján közvetlenül a hozzáöntés után 2—3 órán át többször és másnap is 1—2-szer alaposan összezártuk, majd állni hagytuk. A hozzáöntéstől számított újabb 48 órán belül a talaj annyira leülepedett, hogy a fölötte lévő vízta rétegből pipettával aliquot részét óvatosan lepipettázhattuk, és belőle az oldott foszforsav mennyiségét meghatározhattuk.

Természetes, hogy az így kapott talaj-oldatból nemcsak a foszforsavat, hanem az összes többi táplálóanyagot, mint a mikro-nitrogént, káli, továbbá a meszet, magneziumot, nátront is kielemeztük abból a már jelzett alaptételből kiindulva, hogy a növényi gyökér

az egyes táplálóanyagokat nem külön-külön savakkal, hanem az összeseket egyazon savval oldja.

Az oldatban az egyes elemek meghatározási módjának, azaz a methodikának az ismeretése nem feladat. Az itt tekintetbe jövő dolgozómód és a szabályok kidolgozása az analitikus vegyészek dolga. Az egész módszertanban a methodika különben is másod-, sőt harmadrangú, de fontos kérdés. Az *agrokémikus első feladata összefüggések keresése a termelés gyakorlati tételei, adottságai és a laboratóriumi eredmények között*, mint ahogy az eddigi két előadásban történt és amire a következőkben is állandóan sor kerül. A methodikáról pedig általában csak annyit, hogy tekintettel a kis mennyiségekre, az elemzéseket rendkívül pontosan és a külső körülmények stabilizálásával kell végezni. Úgy látszik, hogy megfelelő pontosság eléréséhez a ma használatos mikroanalitikai eljárások sem elég érzékenyek. Párhuzamos, még inkább ismételt elemzésekben a tized-, néha pedig az egyesrendű mg számadatok nem egyeznek egymással. Ezekről a kérdésekről és a methodikai részből *Baumann Miklós* aktivitag fogja az agrokémikus szakörököt tájékoztatni.

Az átlagtalajból a fentiek szerint a *Baumann* által meghatározott táplálóanyag-mennyiségek mg-okban rendes körülmények között a következők voltak :

N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O
0,59	0,453	5,5	24,0	1,0	0,85

Tudva azt, hogy 100 g talajból 0,45 mg foszforsav hasonul át 8,2 q-ás termésbe, ez a mikrofoszforsav-mennyiség a gyakorlati termésel összefüggésbe hozható. Ha a mikrofoszforsav-mennyiséget 8,2 : 0,45 = 18,22-del szorozzuk, belőle a termést kapjuk.

Ismerve a búza által 1 kat. holdról felvett táplálóanyag-mennyiségeket, ezt a vonatkozást a többi táplálóanyagra is megtaláljuk, pl. a kálira a következő módon. Kérdezzük, ha a búzába bevándorló 11 kg foszforsavnak 100 g talajból megfelel 0,45 mg, akkor 21,0 kg kálnak hány mg káli ? 0,90 mg. Ezzel a mennyiséggel a 8,2 q-t elosztva a káli faktorát, a 9,11-et kapjuk meg, amellyel a kioldott kálimennyiséget búzatermésre átszámíthatjuk. Hasonló az eljárás a többi táplálóanyagra. *Faktoraik* a következők :

N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O
7,26	18,22	9,11	39,04	122,38	54,66

Az átlagtalajból a kioldott táplálóanyag-mennyiségnek megfelelő termések ezután sorban

N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O
4,3	8,25	50,1	937,0	122,4	46,5

q-t tesznek ki.

Mivel a talajon 8,2 q búza terem, a termésekre átváltott táplálóanyagokból 8,2 q az áthasonuló táplálóanyag, az ezen felüli rész, tehát sorban

N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O
—3,9	0,05	41,9	928,2	114,8	38,3

q-nyi termés a felvehető táplálóanyagoknak felel meg. Nem, vagy csak bizonyos körülmények között vándorolnak a növénybe, illetve a termés szabályozásában vesznek részt.

Természetesen a felírt összes sorok a Na<sub>2</sub>O-n túl még a többi nélkülözhetetlen és nyom-elemekre is könnyen kiterjeszthetők.

A sorozatból meglepően láthatjuk, hogy a nitrogénes termés a legkisebb, kisebb, mint a foszforsavas. *Mintha a foszforsav meghatározása helytelen volna!* Hiszen a bevezetésben a búzát a foszforsavhoz, nem pedig a nála kisebb áthasonuló nitrogénhez igazítottuk, termését mégis, mint legkisebb elem, a nitrogén szabja meg! Ez az ellenmondás azonban csak látszólagos. A nitrogénes termés azért a legkisebb, mert a tenyészidő alatt az oldódó salétrom- és ammoniumnitrogén a talajban állandóan képződik, így a nitrogénes termés a valóságban nagyobbá válhat. *De a laboratóriumban a képződő nitrogént nem tudjuk megfogni,* mivel a kioldás a talajnak csak statikai állapotát tükrözi. Bátran vehetjük tehát a foszforsavas termést olyanak, mint amely a tényleges terméshez kapcsolódik, a nitrogénről pedig megjegyezzük, hogy az a termelés időszaka alatt nagyobb is lehet.

Mivel a mikronitrogén a tenyészidő alatt a talajban változó, a továbbiakban arra alapozhatnánk, hogy a nitrogénes termést a *Várallyay* szerint *éreléssel kapott nitrogénből* számított terméssel helyettesítjük. Ez az eljárás azonban a dolgozás gyorsaságában bizonyos hátrányokat jelentene és meggondolást igényel.

A gyökérsavban oldódó mikronitrogént ezenfelül stabilizálnunk kell. Nem sokban különbözik a vízben oldódó nitrogéntől, *labilis*, és már a feldolgozás alatt is nagy ingadozásoknak lehet alávetve a talajban aszerint, hogy a talajmintát nedvesen vagy szárazon raktározzuk, levegőztetjük-e vagy sem, stb. Ezzel szemben a talaj összes nitrogéntartalma *Kjehldahl* szerint *stabil* értéket képvisel. Vele az átlagtalajban többször és többféle úton meghatározott, stabilitásában pontos, *0,59 mg mikronitrogént helyettesítjük* olyan módon, hogy az átlagtalaj 163 mg összes nitrogénjét az 0,59 mg-os mennyiségre a  $0,59 : 163 = 0,00362$  faktorral először lehozzuk. Az összes nitrogénből az így kapott mikronitrogént azután a már korábban megállapított 7,26 faktorával a nitrogénes termésre átszámítjuk.

Természetes, hogy nemcsak az átlagtalajban, hanem minden más adott talajban az oldódó tápanyagokat hasonlóan állapítjuk meg. Az el-

térés az lesz, hogy az adott talajban az átlagtalajétól eltérő más mikromennyiségeket és ennek megfelelően más számított terméseket fogunk találni, melyekből most már nem a 8,2 q-s, hanem az adott talajon termő és a gazda által közölt búzamenyiségeket kellene levonnunk, hogy a felvehető táplálóanyagoknak megfelelő terméseket kapjuk.

Az analitikáról még annyit, ha a talaj nagyon kötött volna, a szét nem ázó rögöket kristályosító eszszékben végzett beáztatással hűvelykujjunkkal szétnyomkodjuk. A cél az, hogy a talaj a hozzáadandó hangyasavval teljesen szemállott állapotban érintkezzék, ami 48 órai állás után szokott bekövetkezni. Megtörténik térfogatos talajnál, hogy a talaj fölött kialakuló tiszta réteg kevés elemzési anyagot szolgáltat, ilyenkor 300, esetleg több g talajból indulunk ki teljesen azonos módon. Példákra a későbbiekben térünk ki. Előbb azonban a vázolt dolgozasmódnak még egy rendkívül fontos szempontjára kell rámutatnunk.

Teljesen azonos levezetéssel, mint a búzánál, a termésgörbe-tanulmányok adataiból kiadódott, hogy az őszi rozs alatt oldódó táplálóanyagok kioldásához a búzáénál 2,1-szerte, a cukorrépa alatt oldódó táplálóanyagokhoz pedig a búzáénál 0,9-szerte erősebb savat kell használni. Ez nagyon érthető, ha arra a közönséges napi gyakorlati meghatározásra gondolunk, hogy a rozs silányabb talajon hoz a búzáéval azonos nagyságú terméseket, ami annyit jelent, hogy a rozs igénytelenebb, vagy ami ugyanaz, a búzáénál erősebb gyökérsavakkal rendelkezik. Ezzel szemben a cukorrépé a búzáénál kisebb. Ha tehát a laboratóriumban a rozs alá adandó trágyák megválasztását végezzük, a koncentrált hangyasavból nem 20, hanem 2,1-szerte több, vagyis 42 ml hangyasavat kell 1.000 ml-re feltölteni és ebből az oldatból kell 24,6 ml-t 100 g talajhoz öntött 75 ml vízben a már leírt módon eloszlatnunk. Erre a normállombikra azt írjuk rá, hogy »őszi rozs«. A cukorrépánál 20 ml helyett 18 ml-et hígítunk fel a koncentrált hangyasavból és hasonlóan járunk el, a lombikra pedig azt írjuk, hogy »cukorrépa«. Az egyes növényekhez tehát különböző erősségű savat kell használnunk. Ezzel a táplálóanyag-kioldás módját a valósághoz olyan erősen közelítettük, ahogy az agrokémia történetében eddig még nem fordult elő. A különböző erősségű és a többi növényekre is ezután még megállapítandó híg hangyasavas oldatokat *Baumann-féle* oldatoknak hívjuk. Egyelőre nem ismerjük okát, csak érdekes, hogy a dupla erősségű oldószerez *Baumann* foszforsavban kapott majdnem kétszeres különbségeket, a többi táplálóanyagban eltérés alig jelentkezett.

Hogy az áthasonuló táplálóanyagok meghatározásánál követett irányvonalat még jobban szemléltethessük, közbevetőleg kell megemlékeznünk az 1949 január 23-án tartott programnyitó értekezleten bejelentett aktív talaj-

tömegről. Lényege a következő. Ha a 8,2 q-s búzatermés 100 g talajból 0,45 mg-ot hasonlít át, akkor kérdés, mennyi talajból veszi fel a 8,2 q-ban lévő 11 kg-ot. A hármasszabállyal az adódik, hogy 2,440.000 kg talajból. *Ez a talajmennyiség az aktív talajtömeg, amelyből a búza táplálkozik és amellyel gyökerei érintkeznek.* Az aktív talajmennyiség a búza gyökerei között előforduló hézagok, a sorközökben lévő egyes érintetlen talajrészek, a lefelé egyre inkább szétágazó gyökerek között előforduló kiaknázatlan szigetek miatt bizonyos mennyiségű összes talajtömegben elosztva fordul elő és az aktív és »holt« talajtömeg összegének, azaz az »összes« talajtömegnek egy hányadát képezi. Többoldalú számításból tűnt ki, hogy búzából az összes talajtömeg az aktív talajtömegnek 2,7-szerese, vagyis 5,600.000 kg, amiből az aktív talajtömeget levonva, holt talajtömegként 3,260.000 kg-ot kapunk. Az összes talajtömeg, ha a térfogatsúlyát 1,4-nek vesszük, eszerint 1 kat. holdnyi területen 40 cm mély réteget tesz ki, amelyben a táplálóanyagot szolgáltató 17 cm vastag aktív talajtömeg eloszlik. A számítások részint utóhatáskísérletekből, részint sortrágyázási kísérletekből, részint az adagolt táplálóanyagok felhasználáshoz viszonyításával egyöntetűen ugyanazt az eredményt adták. Ismertetésük külön tanulmány keretébe tartozik.

Az aktív talajtömeg bevezetésével, mint annakidején bejelentettük, a talajban műszaki tudománnyá alakult át. Az aktív, a holt és az összes talajtömeg fogalma lehetővé teszi, hogy a talajt épp úgy kézben tartjuk és vele épp úgy számolhassunk, mint ahogy a vetőmaggal, műtrágyával és egyéb, mászán mérhető termelési tényezővel tehetjük. Eddig ez nem volt lehetséges, mert semmit sem tudtunk arról, hogy a termés képzésében a talaj milyen mennyiséggel vesz részt és e tekintetben mintagödör-ásás útján egészen bizonytalan és kétes eredményű rétegvastagsági mérésekkel csak a tapogatózásra voltunk utalva.

Mint az őszi búzánál, a rozsnál és cukorrépánál is megállapítható az aktív és a holt talajtömeg, amely a 135 mg-os átlagtalajon a búzáétól eltér. A további vizsgálatok azután — a három növényenél — azt az eredményt adták, ha az aktív talajtömegeket nem a 135 mg-os talajra számítjuk ki, hanem mindegyik növényenél saverőségeik figyelembevételével módosított saját átlagtalajaikra, akkor az aktív talajtömegek — azzal a feltétellel, hogy minimumban lévő tápanyagmennyiségeik azonos értékűek — a három növényenél egymással megegyeznek, sőt a három növény különféle nagyságú terméseket adó aktív talajtömegei is az említett feltételt kielégítő esetben megegyeznek egymással.

A különböző növények bármilyen mennyiségű termésük létrehozásához tehát egyforma mennyiségű átszámított aktív talajtömeget, vagy ami

ugyanaz, egyforma talajterfogatot igényelnek. Az elmondottak szerint pl. a rozs a maga kis táplálóanyag-tartalmú aktív talajterfogatában 2,1-szeres, a búza ugyanazon nagy, de közepes tartalmú aktív terfogatban 1-szeres, a cukorrépa pedig ugyanazon, de nagyobb táplálóanyag-tartalmú aktív talajterfogatban csak 0,9-szeres erősségű savval oldja ki a táplálóanyagokat, hogy átlagtermését létrehozza, amihez azonban feltételként azonos mennyiségű minimális táplálóanyagok szükségesek. *Egy növényfajon belül különböző nagyságú termései alatt pedig az átszámított aktív talajterfogatok abban különböznek egymástól, hogy különböző mennyiségű oldódó táplálóanyag mennyiségeket tartalmaznak, amelyeknek a következménye a növény alkalmazkodása miatt a különböző talajokon a különböző nagyságú termés. Erre a termés-nagyságra következtethetünk, ha a különböző talajok egyforma terfogatát, ma még tömegét, a növényfaj szerint választott nagy, de hangyasav-mennyiséggel kezeljük, amely a különböző talajokból különböző táplálóanyag-mennyiségeket von ki. Ha pl. a búza hangyasav-oldata valamely talaj 100 g-jából, ill. ennek megfelelő terfogatából keveset old ki, kis búzatermésre számíthatunk, ha pedig egy bizonyos határig terjedően sokat, akkor a talaj termékenyebbnek jelentkezik. Ez összhangban van azzal az agrokémiai felfogással, amely nagyobb oldódó táplálóanyag-tartalmú talajnak nagyobb termőképességet tulajdonít. Ebben az esetben a növény azért ad nagyobb termést — annak ellenére, hogy ugyanakkora aktív talajterfogatból táplálkozik — mert a talaj nagyobb oldódó tartalma miatt ugyanazon terfogatban több gyökeret helyez el, vagyis a nagyobb termés sűrűbben hálózta be az aktív talajterfogatot, mint a kisebb termés. Ez az eredmény pedig összhangban van a gyakorlati tapasztalattal, amely azt mondja, hogy táplálékban dúsabb, tehát ugyanazon savmennyiség hatására kioldódó, nagyobb táplálóanyag-tartalmú talajon a növény gyökérzete bizonyos határig sűrűbb.*

Az egyforma aktív talajterfogatokkal szemben az összes, azaz az aktív és holt talajterfogat együttesen, növényfaj szerint változik. Eredményeink szerint a búzánál a legkisebb, rozsnál nagyobb, cukorrépánál a legnagyobb, ami érthető, ha e növények gyökérzetének mélységi terjedelmére gondolunk.

Az a felismerés, hogy egyazon növényfaj különböző nagyságú termései a szántóföldön egyforma terfogatú aktív talajtömeget igényelnek, az agrokémia trágyázástani területén folytatott rendszerező munkákat hatalmas lépéssel viszi előre. Mert ha az aktív talajterfogatok egyformák, akkor a bennük oldódó, belőlük áthasonuló és felvehető táplálóanyagok, ill. termésmennyiségek koncentrációknak tekinthetők és közöttük ugyanazok az összefüggések állíthatók fel, mint a kémiai mechanikában. A tömeghatás törvényének bevezetése pedig

— legalább egyelőre az agrokémia trágyázástani ágába — lehetőségessé teszi az előforduló mennyiségek egymástól függésének pontos kimunkálását, a mennyiségekkel a számítást és ezzel nyújtja mindazt, amit más tudományokban már régen megállapított más törvényszerűségek a tudományos tételek kimunkálása, végtelenül szabatos tételek, gyakorlati érvényessége és gyakorlati érvényesítése terén megengednek.

Az eddigieket az elmondottak szellemében a trágyázásban a következőképpen alkalmazhatjuk.

A tömeghatás törvénye szerint a reakciókban résztvett anyagok koncentrációinak szorzata és a reakcióban részt nem vett, tehát visszamaradt anyagok koncentrációinak szorzata közötti viszony állandó  $K$  szám, amely csak a hőmérséklettől függ. Ennek megfelelően a reakcióban résztvett anyagok az áhasonuló táplálóanyagmennyiségek, a reakcióban részt nem vett visszamaradó anyagok pedig a felvehető táplálóanyagok, illetve mindkét esetben a velük arányos számított termékek. A számlálóban és nevezőbe kerülő anyagok koncentrációi közötti összefüggés tehát az átlagtalaj közölt elemzési eredményeire vonatkoztatva a búzára a következőképpen írható fel:

$$K = \frac{(8,2)(8,2)(8,2)(8,2)(8,2)(8,2) \dots}{(-3,9)(0,05)(41,9)(928,8)(114,2)(38,3) \dots}$$

A felírt termékek, illetve koncentrációk még 100 g talajra vonatkoznak. Hogy pontos adatokat kapjunk, a jövőben a súlyszerinti táplálóanyag-tartalmi adatokat a talaj eredeti fekvésében meghatározott *térfogati adataira* kell átszámítanunk. A jövőben a talaj eredeti fekvésben mért térfogatsúlyát is minden elemzésnél meg kell állapítanunk, ami annyit jelent, hogy ez a kollektív módszer egyenesen *kényszeríti a vegyész arra, hogy a szántóföldre kimenjen* és a talajt ne csak a laboratóriumban, hanem a természetben is a gazdával együttesen vizsgálja.

A képletben szereplő koncentrációkat összevonhatjuk, mivel valamennyi áhasonuló táplálóanyag nem külön-külön, hanem egyazon 8,2 q-s termés képzésében vesz részt, illetve csak a termés ( $t$ ) képződik, másfelől az áhasonlítható táplálóanyagok ( $a_1, a_2, a_3 \dots a_n$ ) is alkalomadtán egyazon termés érdekében állnak rendelkezésre. A számlálóban és a nevezőben tehát csak egy számot kell feltüntetnünk, vagyis a képletet a következő formában írhatjuk:

$$K = \frac{t}{h}$$

Ezután ennek a beszámolóknak már csak *folyékony*, más párhuzamos és folyamatban lévő kutatásokba kapcsolódó része következik.

Hogy az utóbbi képlethez az egyszerűsítés érdekében a szorzásokkal vagy pedig az egyes

tényezők összeadásával jutunk-e el, még nem biztos. A szorzások megnyugtatóbb eredményre vezetnek.

Feltűnő eset, hogy a felvehető mész és magnézium mennyisége igen nagy, az össze nem vett nevezőjéből erősen »kilógnak«. Lehetséges, hogy a gyökér körüli oldott táplálóanyagudvarban oldás után a mész és magnézium szerves sója kondenzálódik, lecsapódik a talajrögöcske felületére és ezáltal a felvehető mész és magnézium koncentrációja csökken, a nagy nevező így kisebbedik. — Ez a kondenzálódás magyarázatát adhatja annak, hogy a talaj ásványi részét miért szennyezi sokszor jelentős mélységig humusz. Lehetséges, hogy a humusz nagy része a gyökérsav oldó hatása folytán keletkezett és a talajszemcskék felületére rakódott, kicserélési sajátságokkal rendelkező kondenzált felvehető mész-, magnézium és egyéb humátokból áll. — A felvehető mész és magnézium hiánya magyarázhatja meg, hogy meszet nem tartalmazó talaj miért savanyú, különösen ha hozzátesszük, hogy a gyökér által kibocsátott szerves sav, mint hangyasav igen soknak látszik, 1 kat. holdon számításaink szerint kb. 30 q. Annyi, mint a szárazanyagtermés és csak egy tört része megy át só alakjában újból a növénybe vissza. — A gyökérsavhoz kötött felvehető táplálóanyagok, mivel a növény nem használja fel őket, azt a gondolatot is ébresztik, nem ezek azok a táplálóanyagok-e, amelyekből a talajbaktériumok a gyökerek körül táplálkoznak, hiszen valamennyien jól oldódó szerves sók formájában vannak többé-kevésbé hosszú ideig a talajban jelen. Ez egyúttal azt is jelentené, hogy magasabbrendű növények nélkül talajélet nincs vagy az csupán vontatott. — Magától értetődőnek látszik az is, hogy a tömeghatás törvénye szerint elsősorban a nevezőből »kilógó« táplálóanyagok igyekeznek a növénybe behatolni, betolakodni, miáltal a növényi hamu összetételét változtatják. Ilyen lehet pl. az elég nagy mennyiségben Tiszántúlon előforduló káli. A búza jó minősége kialakulásának magyarázatául szolgálhat.

Jobb szemléltetésre — és egyelőre csakis szemléltetésre — a felírt két képlet között álló alanti formát használhatjuk.

$$K = \frac{(8,2)}{(-3,9)(0,05)(41,9)(928,8)(114,2)(38,3) \dots}$$

Ez a képlet világosan érzékelteti, hogy a számlálóban a termés akkor növekszik, ha a nevezőnek valamelyik tényezőjét, és pedig elsősorban az összesek között *relative minimálisan jelenlévőt* növeljük. Azaz világosan kitűnik, hogy a termés szaporodása a felvehető tartalom szaporodásától függ és nem magától a mai értelemben vett »felvehető« tartalomtól, amely tudvalevően a felvevődő és felvehető táplálóanyag összege.



Hiába tehát — és ezt már 20 év óta hangszólyozzuk — az agrokémikusoknak az a törekvése, hogy a talajnak mai értelemben vett »felvehető« táplálóanyag-tartalmát a termés növekedésével, a hatás mekkoraságával összhangba hozzák. Mint látjuk, ez a törekvés egy kiáltóan helytelen felfogás következménye, amely egy évszázadon keresztül eredményre nem, illetve az analitikai adatok és szántóföldi kísérleti eredmények állandó »nem egyezése« miatt az oldószeres tucatszámra megváltoztatásával folyton-folyvást az »éppen felvehető« táplálóanyagok lázas keresésére vezetett. A kutatók 100 évig és ma is egymás után dobták el az oldószereseket, remélve, hogy a következővel a »felvehető« pontosabban meghatározhatják, a »felvehető«-re kapott analitikai eredményt a szántóföldön tapasztalt hatást mekkoraságával összhangba hozhatják. *Ismételjük, nem az oldószeresekben van a hiba, hanem abban, hogy az agrokémikusok téves gondolatkapcsolással és hiú ábrándként az áthasonló és áthasonlítható összegt a termés szaporodásával összefüggésben szemlélik, ami megengedhetetlen.* Ezzel szemben, mint látjuk, a trágyázás folytán a felvehetőben előálló többlet okozója a termés szaporodásának és ez a két fogalom hozható egymással szoros okozati kapcsolatba.

A sikertelen agrokémiai dolgozás egyik vadhajtása az a minduntalan hangoztatott nézet, hogy majdnem az összes eddigi szántóföldi kísérletek rosszak. Mint mondják, sokismétlése kisparcellás szántóföldi kísérletet kell beállítani, hogy a trágyázás kérdéseit a laboratóriumi dolgozásban a táplálóanyag-határértékek pontosabb beállításával, a viszonyokhoz, a típusokhoz pontosabb alkalmazkodással, stb. meg tudjuk oldani. Azt vallják, hogy pontos szántóföldi kísérletekkel majd ezt megmutatják, csak legyenek modern négyzetes és egyéb elrendezésű kísérleteink! *Azonban a lehető legpontosabb és legmodernebb módszerekkel végrehajtott többszörös kisparcellás kísérleteknek még oly pontos eredményei sem visznek közelebb bennünket a megoldáshoz addig, míg téves eszmemene-tünkkel fel nem hagyunk.* Hiába minden, lehető legpontosabb kísérlet is, eredményre a téves fogalomkapcsolás miatt nem jutunk. Hogy eredményt érjünk el, a trágyához-adással bekövetkező táplálóanyag-szaporulat természetben kifejezett értéket kell ismernünk, hogy a termés szaporulatára következtethessünk. A trágya hozzáadásra bekövetkező táplálóanyag-gyarapodás lehet kicsiny, vagy nagy és nem függ semmiféle határértékes »felvehető« táplálóanyagtól. A termésszaporulat mekkoraságának a minimumban lévő táplálóanyaghoz sincs köze. Mint az előző előadásban is láthattuk, a minimumban lévő táplálóanyag csak a trágya-táplálóanyagok megválasztásánál a sorrend kialakításában játszik szerepet, de nem dönti el, mekkora lesz a termésszaporulat, aminek elő-

zetes kivetítésére az agrokultúrkémikusok ma a határértékes »felvehető« táplálóanyagból — a hatásnagyság szántóföldi kísérleti bizonyítása és ellenőrzése beiktatásával — törekednek.

A két szembenálló felfogás között a leglényegesebb különbség tehát összefoglalóan: 1. A talaj oldódó vagy akár »felvehető« táplálóanyag-tartalmaiból csak az alkalmazandó táplálóanyagok fontossági sorrendjét állapíthatjuk meg, azaz a táplálóanyagokat segítségükkel megválaszthatjuk. 2. E cél elérésére a talajban valamennyi oldódó táplálóanyag-féleséget egyazon oldószerrel kell kioldani. 3. Az oldódó táplálóanyagokat termésekre kell átszámítani növény szerint az igények bedolgozásával, hogy egymással összehasonlíthatók legyenek. 4. Az így kapott terméseket minden vízszintes határérték kikapcsolásával egymás között relatíve kell elbírálnunk és pedig nemcsak a kálium terjedőket, hanem a későbbiekben az azon túliakat is, hogy a közöttük az abszolút minimálisan jelenlévő táplálóanyag-féléből és az utána következő egyre nagyobb táplálóanyag-félék alapján az alkalmazandó táplálóanyagok fontossági sorrendjét megállapíthatassuk. Ez kizáróan *methodikai kérdés*, nem pedig egy keresendő jobb oldószer és szántóföldi kísérlet kérdése. 5. A hatás minden időben hön óhajtott mértékét *abszorpciós vizsgálatokkal* a talajban bekövetkező felvehetőbeli szaporodás és a termésszaporodás vonatkozatásával állapíthatjuk meg.

A két felfogás közötti különbség nagy. A régi felfogás a talaj »felvehetőnek« nevezett táplálóanyag-tartalmából kiindulva és arra támaszkodva belőle egyszerűen a trágyázást összes kérdéseit kívánja megfejteni, ami teljes lehetetlenség. Az új felfogás szerint a trágyázást és annak vizsgálati részét be kell építeni a tömeghatás törvényébe és az így kapott részlet-törvényt azután meg tovább a növénytermesztés már ismert általános törvényébe, amely tudvalevően minden kiadványunk elején motto-ként ott szerepel:

$$t = K(m)(s)(v).$$

Ez a sokat gúnyolt törvény azt mondja, hogy a termés függ a vetőmagnak, a talaj táplálóanyagainak és a víznek a termésképzésben fel nem használt részeitől bizonyos, a  $K$  konstans által jellemzett hőmérsékleten, ebben a törvényben  $s$  jelenti a talajt, illetve felvehető táplálóanyag-tartalmait. A törvény egy része megvalósul tehát, ha  $s$  helyébe a korábban kifejtett részlettörvényszerűséget iktatjuk:

$$t = K(m) [(a_1)(a_2)(a_3) \dots (a_n)](v).$$

Mint látjuk, a termést még befolyásolja a vetőmagnak és a víznek fel nem használt hányada, amelyet kifejtve szintén bele kell helyettesítenünk az összefüggésbe, hogy  $t$ -re

helyes értéket kapjunk. Ez annyit jelent, hogy a *vetőanyagtant és az agrometeorológiát is hasonlóan kell átdolgoznunk*, mint ahogy most itt a trágyázástannal próbáljuk tenni.

Addig is, amíg a vetőmag és a víz visszamaradó részével az összefüggés véglegesen realizálódik, a talajtól, illetve táplálóanyagaitól függő termést *csak egyébként azonos viszonyok között* szabad érvényeseknek tekintenünk, tehát az egyforma vetőmag-, vízmennyiség és hőmérséklet feltételezésével, ami különben is minden természettudományos dolgozás első tétele. *Ha egy tényezőt vizsgálunk, a többieket állandóknak és változtathatatlanoknak kell tekintenünk.* Később azután az említett behelyettesítésekre minden remény megvan. A kifejtett és még nem ismertett egyéb törvényszerűségekkel a fontosabbnál fontosabb, szebbnél szebb, eredményesnél eredményesebb tételek szinte önmaguktól úgy és olyan tömegben áramlanak az agrokémiai dolgozásba, mint a nyitott ablakon át a friss levegő. A kérdés ezután csak az, az egész ablakot kitarjuk-e, csak egyes szárnyait, vagy csak az egyes ablakszemeket nyitjuk-e ki? *Eutl függ majd az agrokémiai levegő mennyisége és minősége az elkövetkező években.*

A továbbiakban felsorakoztatjuk szemléltetésre azokat az adatokat, amelyeket a búza oldószerével 16 különböző talajon kaptunk. A tömeghatás törvényének formájában az

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O
Összes						
N ×						
0.00362						
100 g talajban milligramm						
Deveser ...	0,65	0,32	5	39	2	0,4
Szarvas ...	0,40	0,43	7	21	1	0,2
Kaposvár ...	0,35	0,24	7	22	0,5	1,2
Csorna I. ...	0,73	0,27	11	17	1,5	2,8
Csorna II. ...	0,76	0,30	9	19	2	2,0
Mohács ...	0,62	0,41	3	34	2	—
Nyírbátor ...	0,36	1,21	2,5	25	—	—
Miskolc ...	0,71	0,81	9	22	1	0,8
Pápa I. ...	0,24	0,27	7,5	10	—	1,6
Pápa II. ...	0,35	0,24	3	17	0,8	0,1
Bácsalmás ...	0,43	0,38	5	24	0,5	0,2
Sárospatak ...	0,37	0,32	9	27	2	0,8
Rétság ...	0,61	0,54	3,9	32	1	2,8
Bonyhád ...	0,46	0,49	1	32	—	1,2
Gyula ...	0,47	0,24	4	19	3	0,3
Ismeretlen ...	0,53	0,54	3	23	0,7	0,4

1 kat. holdon q számított termés

Deveser ...	4,7	5,8	45,6	1522,6	244,8	21,8
Szarvas ...	2,9	7,8	63,8	819,8	122,4	10,9
Kaposvár ...	2,5	4,4	63,8	858,9	61,2	65,6
Csorna I. ...	5,3	4,9	100,2	663,6	183,6	153,0
Csorna II. ...	5,5	5,5	81,9	741,7	244,8	109,3
Mohács ...	4,5	7,5	27,3	1327,3	244,8	—
Nyírbátor ...	2,6	22,0	22,7	976	—	—
Miskolc ...	5,2	14,8	82,0	858,8	122,4	43,6
Pápa I. ...	1,7	4,9	68,3	390,4	—	87,2
Pápa II. ...	2,5	4,4	27,3	663,7	97,9	5,4
Bácsalmás ...	3,1	6,9	45,5	936,9	61,2	10,4
Sárospatak ...	2,7	5,8	81,9	1054,1	244,8	43,6
Rétság ...	4,4	9,8	35,5	1249,2	122,4	153,0
Bonyhád ...	4,8	8,9	9,1	1249,2	—	65,6
Gyula ...	3,4	4,4	36,4	741,8	367,2	16,4
Ismeretlen ...	3,8	9,8	27,3	897,9	85,7	21,8

oldódó táplálóanyagokat levonás után két részre, áthasonuló és áthasonlítható termésekre bontva nem írhatjuk fel, mivel — a talaj szántóföldi térfogatsúlyával együtt — nem ismerjük azokat a terméseket, amelyek a vízgálatti talajokon teremni képesek.

Belátható, hogy illuzórikus a munka ilyen stádiumában a valódi termést a számított termésekkel és ezek közül a minimumban lévővel összhangba hozni, egybevetni, amikor a valódi termés a számított terméseken kívül a vetőmagmennyiségtől és a vízmennyiségtől is függ. A természetben a viszonyok egyébként nem azonosak, aminek ellenkezője viszont az összevethetőség feltétele. Ez annyit jelent, hogy addig nem dolgozhatunk pontosan, amíg a növénytermelés törvénye már funkcionál. És ez az oka annak, hogy helyesen járunk el, ha a számított termések nagyságbeli sorrendjének figyelembevételével csak a megválasztandó táplálóanyagok sorrendjét és számát döntjük el, ami a megválasztáshoz már egymaga is elegendő alapot nyújt.

Előbb azonban lássuk a táblázatot, amely egyelőre csak az őszi búzára terjed ki. Feltűnik, hogy a nitrogén termés általában kicsi, fele a foszforsavénak, ami az átlagtalaj eme két táplálóanyag-tartalmában nagyjából egyező helyzetet teremt. Az átlagtalajnak e két számított termése arányos az átlagtalaj összes táplálóanyag-tartalmából durva módon számított két terméssel. Az előbbi kettő 4,3 és 8,25, az utóbbi kettő pedig — az előző előadásban láttuk — 8,2 és 16,3 q. *Megnyugtató eredmény ez, mert a kétféle, a mikro- és makroelemekhez két különböző úton jutottunk el.* Előbbiek meghatározásához a hangyasavban, illetve vízben oldódó nitrogénből és a szuperfoszfát 54 kg-os országos hatásából, utóbbiakhoz pedig az összes nitrogénből és az összes foszforsavból indultunk ki. Jelzi, hogy számításaink helyesek, bár nem véglegesek.

A kális termés túl nagy. Minden bizonnyal számolási hiba miatt tízzel osztani kell. *A meszes, magnéziás és nátrons termés általában szintén igen nagy*, holott pl. a nátronból csak nyomok oldódnak. E nyomokat alig lehet meghatározni, mégis beszorításuk után nagy számított nátrons termések adódnak. Attól függően, hogy az elemző analitikus mikor minősítette nyomnak a parányi nátront, illetve magnéziát, a táblázatból az elemzési adat hiányzik.

Elvégezve a 10-zel osztott kálitermésrel a megválasztást az első 15 talajon 5 PN és 16 NK esetet kapunk, míg tegnap a durva módszerrel 15 esetben 6 PN, 1 PK és 8 NK volt az eredmény, ami tekintettel a talajok különbözőségére e két csoportban, *jónak mondható.*

Az érzékeny módszerek előnye, hogy *helyszíni megválasztó vizsgálatok kiépítésére alkalmasak*, mert szabatos formában könnyen *Morgan*-szellemű helyszíni eljárásokra redukálhatók ha l. a finom vizsgálatokat tájékoztató vizs

gálatokká alakítjuk és 2. gondoskodunk arról, hogy a helyszínen kapott színreakció erősségét a gazda természetben értékelje. Ameddig ez nem történik meg, bármely helyszíni eljárás, mivel csak abszolút kioldott táplálóanyag-mennyiségekre alapoz, a kiértékelhetőség határára túl marad.

De magukra a hatásvizsgálatokra is nagy előnyt jelentenek, mert hiszen a hatásvizsgálatokat ezután csak a megválasztással kiszekelt táplálóanyagokkal kell elvégezniük, vagyis azokkal nem, amelyeket nem választottunk meg, ami a hatásvizsgálatokban nagy könnyebbséget okoz.

A megválasztáson, a táplálóanyagok sorrendjének és számának megállapításán túl a hatásmegállapításnak és az ezzel összefüggő adag- és jövedelemszámításnak is finom módszer ad lehetőséget. E hatásvizsgálatok csupán abszorpciós vizsgálatokkal végezhetőek és a táplálóanyag-megválasztás második, üzemi lépcsőfokának megoldását jelentik. De az is biztosnak látszik, hogy a finom módszerekkel most már a depressziós eseteket is kikereshetjük. Előre látható, ha  $K < 1$ , akkor a nevező nagy, a növény depresszált, műtrágyázásra pedig még inkább az lesz. Ha pedig  $K > 1$ , a műtrágyákat a kevésbé kilógó táplálóanyagok szerint, vagyis táplálóanyag-kiválasztással adjuk addig, míg laboratóriumi műtrágya-hozzáadás után végzett újabb vizsgálattal a  $K = 1$  érték adódik, amivel azután a számított termésszaporodás mértéke szerint az út nyitva van az adagnagyság és a jövedelem meghatározására.

Az abszorpciós szektor azonban másodrangú kérdés, ha nem a kapitalista, nem a külterjes trágyázás alapjára helyezkedünk. Így a hatás, adag és jövedelem agrokémiai vizsgálata el is maradhatna, ha ugyanakkor nem volna fontos tudományos és lényeges gyakorlati kérdése a termelékenységre törekvő gazdálkodásnak. És ez ok játszott közre abban, hogy az abszorpciós vizsgálatokat is ötéves tervünkbe iktattuk. A hatásvizsgálatokkal a táplálóanyag-megválasztásnak a többi növényre kiterjesztésével egyidejűen előreláthatóan már a folyó évben foglalkozhatunk. Kifejtésük nyitja kizáróan az lesz, hogy törvényszerűségük segítségével dolgozhatunk, amelyek a többi szabályt és az átfogó egészet is gombolyagként szinte önmagától bonyolítják és az eredményeket előreláthatóvá teszik.

Az érzékeny módszerekkel így valósul meg a növény talaj- és növény szerinti trágyázásának elve, amelyben a talaj táplálóanyag-állapota szerephez jut, de a vizsgálat menetébe a növény igénye már bele van dolgozva és a növény szerinti elemzésben ütközik ki. *A talajnak mindenkor egy adott időpontban fennálló táplálóanyag-állapotát rögzítik, a megválasztást az adott időpontban engedik meg. Ezen túlmenően a talajnak belterjes, továbbá az adott időpontban növény szerinti termelékenységre, azaz hatásra törekvő*

*trágyázásának kérdését is megoldhatóvá teszik és a trágyázástani káoszt teljesen felgöngyölítik.*

Ez volt nagyjából több fontos részlet mellőzésével az, amit a hároméves terv utolsó évében a trágyázásban területén kutató munkaként végeztünk. Gyakran felmerül a kérdés, hogy tulajdonképpen mit akarunk? Erre egy mondattal lehet felelni. *A trágyázást tudományá alakítani.* Feltárni az egyensúlyozott mikrovilágot, melybe most már be lehet hatolni. Benne vagyunk már ténylegesen abban a mikrokoszmokban, abban a zárt otthonban, melyben a növényi gyökér él és dolgozik. És a továbbiakhoz nem  $\frac{1}{2}$ , hanem 12 lelkiismeretes vegyész munkája sem elég, ha arra figyelünk, hogy az eddig végzett munka a még következőnek  $\frac{1}{50}$ -ed része. Ha a nátriumon túli elemeket, a többi növényt és a fővonalakat, a trágyázástannak a növénytermesztés törvényébe beleillesztését is számbavesszük. *A fogalmak összevegyítésével gyakran imputálják nekünk azt, — egyesek szinte várják —, hogy munkánk eredményeképpen majd gyorsan megmondjuk, »hogyan kell trágyázni.* Hát mi nem akarunk megmondani semmit, csak azt és annyit, amit és amennyit az új trágyázásban, az *agrotrofologia* ezen túlmenően az új növénytermelési technológia mindenkor állása megenged. Pillanatnyilag a három növényenél a trágyázásra kijelölendő táplálóanyagok sorrendjét, sorrendi fontosságát — leendő hatásosságuk mekkoraságát érintő minden utalás nélkül. Gyakorlati következményként pedig az ötéves Péli Só műtrágyázási kísérletekből, a durva és finom módszerekből egyöntetűen azt, hogy egyoldalú trágyázás helyett kitérjünk a *N* és *P*, valamint a *N* és *K* együttes alkalmazására szükségessége, aminek propagálására hívjuk fel a kormányzat figyelmét.

### Összefoglalás

A táplálóanyag egyes formáinak a közhasználatostól eltérő értelmezést adtunk. *Oldódó* az az egész táplálóanyag-mennyiség, amit egy tetszőleges oldószer a talajból felszabadítani képes. *Athasonuló, felvevődő, felszívódó, átmenő, bevándorló, asszimilálódó stb.* az, amely az oldódóból a növény testévé válik. Az oldódónak és utóbbinak különbsége a *felvehető, asszimilálható, áthasonítható, átszajátítható stb.* táplálóanyag, vagyis előbbtől csak a *hat-het* feltételes igeképzőben különbözik. Az új nomenklatura megfelel a táplálkozásakor lejátszódó hármas folyamatnak.

Az érzékeny eljárások főbb, részben még folyékony állapotban lévő tulajdonságai a következők:

Az egyes táplálóanyagokat a talajból külön-külön oldószerek helyett a növényhez hasonlóan *egyetlen oldószerral* kell oldanunk. A meszet semlegesíteni nem szükséges.

Az oldásra használt sav lehet bármilyen, inkább szerves, mint szervetlen sav, *erőssége*

feleljen meg a gyökérsav erősségének és analitikai szempontból ne legyenek hátrányai. Ilyen a hangyasav.

Alkalmazandó mennyisége előtt megállapítandó volt, hogy 100 g talajból mennyi táplálóanyag, pl. mennyi foszforsav szívódik fel a növénybe. Ez kiszámítható pl. őszi búzánál a szuperfoszfátnak reá gyakorolt országos hatásából. Lényeges, hogy a szuperfoszfát hatását pozitív és negatív hatásokra szétkülönítsük és a talajfoszforsav termelési értékét ismerjük. A számításnál ezenfelül termésgörbe-tanulmányok eredményei is felhasználást nyertek. Az eredmény szerint a 8,2 q-s búzatermés gyökérsava az országos átlagtalajból 100 g talajonként 0,45 + 0,003 mg foszforsavat old. A számítás az áthasonuló táplálóanyag mennyiségi kérdését oldja meg.

A vízmennyiség, amelyben a 0,453 mg foszforsavat oldó hangyasavat bele kell helyezni, *technikai okokból 100 g talajra 100 ml.*

Elemzések szerint az ebbe helyezendő hangyasav mennyisége 0,1343 g, amelyet hígított oldatként használunk.

Növény szerint a hígítás mértéke különböző. Az egyes növényeknek megfelelő hangyasavas oldatok a *Baumann-féle* oldatok.

Oldás után nemcsak a mikro-foszforsavat, hanem az összes többi táplálóanyagokat is kielemezzük. A methodikák lerögzítése az analitikus vegyésznek feladata.

A meghatározott táplálóanyagokból a nekik megfelelő számított terméseket közvetlenül faktorokkal szorzás után kapjuk meg.

Mivel az oldódó nitrogén labilis, az összes nitrogén meghatározásával stabilizáljuk.

Az átlagtalajban a nitrogénes termés a legkisebb, aminek az a magyarázata, hogy a nitrogén javarésze csak később, a tenyészidő alatt válik oldhatóvá.

A mikro-foszforsav mennyiségéből kiszámítható a talaj aktív tömege, amelyből a növény táplálkozik. Ehhez adódik a holt talajtömeg, a kettő együtt az összes talajtömeg, amely a növényi termés létrehozásához szükséges. Az aktív talajtömeg különbözően nagy növényi termés alatt állandó nagyságú.

Az azonos aktív talajtömeg, illetve aktív talajterfogat megengedi, hogy a növénytáplálkozás folyamatára a tömeghatás törvényét alkalmazzuk, a termésekben számított táplálóanyagokat koncentrációként fogjuk fel és képletbe helyettesítsük.

E képletből a megfelelő törvényszerűségeket kiolvashatók. Azokat a táplálóanyagokat kell trágyázásra kiválasztanunk, amelyek a tört nevezőjéből »nem lógnak ki«.

A tömeghatásnak a trágyázástanra alkalmazott törvénye beleépíthető a növénytermelés általános törvényébe, amivel az eredményesebb törvényszerűségeket és tételeket növénytermesztésbe szinte önmaguktól és nagy tömegben áramlanak.

16 talajon végzett vizsgálatból a megválasztandó táplálóanyagok sorrendje a durva módszerekkel kapott sorrendekkel eloszlás tekintetében megegyezik.

A ténylegesen áthasonuló termések meghatározásának ma még korlátokat szab az eddig végzett elemzésekben a részbeni bizonytalanság. Ez okból a búzán kívül az őszi rozsról és cukorrépáról a faktorok még nem voltak megállapíthatók.

A finom módszerek lehetőséget adnak a hatásmegállapítás kiépítésére és a trágyázásból a depressziós esetek teljes kiküszöbölésére. Addig is a belterjes trágyázási felfogásba beleilleszkedve tölendők meg és további kidolgozásra várnak.

DWORAK LAJOS

#### Irodalom

1. Blanck : Handb. d. Bodenlehre 8. 139. 1931.
2. Dworak L. : Kéziratban.
3. Dworak L. : A Mosonmagyaróvári Növénytermesztési Kutató Intézet havi beszámolója 7. 14. 1950.
4. Dworak L. : Mezőg. Kut. 13. 174. 1940.
5. Dworak L. : Talajvizsgálat 2. 1. 1949.
6. Sigmond E. : A könnyen átsajátítható phosphorsav jelentősége stb. Budapest 1904., Pátria.