

## SZEMLE

### A talajtermékenység tanulmányozásának fejlődése Angliában

#### Definíciók

A talajtermékenység — a definíció szerint, amelyet használok —, a talajnak az a képessége, hogy a kellő növényeket megteremje. Ezt a képességet a természetmennyiségekkel mérjük, lehetőleg azokkal, amelyeket standard körülmények között kaptunk. A talaj szempontjából a növények termése függ:

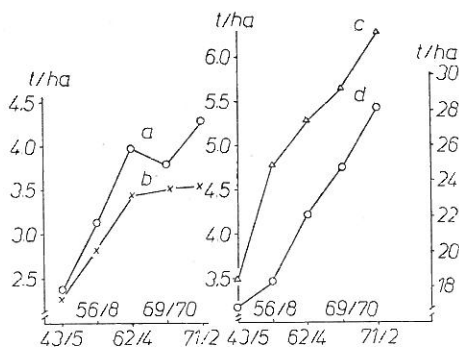
- a) a talaj kémiai tulajdonságaitól, amelyek meghatározzák, hogy a talaj mennyiben képes:
  1. a tápanyagellátást a tartalékokból biztosítani, és
  2. a műtrágyákkal és szerves trágyákkal belejuttatott tápanyagokat megtartani;
- b) a talaj fizikai tulajdonságaitól, amelyek meghatározzák:
  1. a talaj víztartó képességét és azt, hogy a víz mennyire felvehető a növények számára,
  2. a talaj szerkezetét és a pórusméret eloszlást, ami a gyökérszét növekedését és a tápanyagok és a víz felvételét befolyásolja, továbbá azt, hogy
  3. a talaj jó v. rossz gazda-e a gyökér-patogének és az élősködők számára.

#### Az angliai talajok jelenlegi termékenysége

#### Terméshozamok

Az 1. ábra a négy legfontosabb angol termény hozamának változásait mutatja be. Egy másik tanulmányomban a műtrágyáknak, fajtáknak, herbicideknek és peszticideknek a terméshozamokra gyakorolt hatásával foglalkoztam; a különböző tényezők hatását nem lehet elkülöníteni. A fejlett mezőgazdaságban a legtöbb javulás kölcsönhatásokból származik;

a potenciális hozam emelése egy tényező fejlesztése által (pl. új fajta, új módszer az élősködő kártevők elleni védekezésre) azt jelenti, hogy a többi tényező (pl. a tápanyag- vagy vízellátottság) is előnyösebbé válik. Az 1. ábrából mindenestre kitűnik, hogy az angliai talajok termékenysége növekszik.



1. ábra

A legfontosabb termények országos átlaghozamának változásai Angliában, 1943/5–1971/2 között. a) Búza, b) Árpa, c) Cukorrépa, d) Burgonya. Függőleges tengely: (bal) szemtermés, t/ha; (középső) cukor t/ha; (jobb) burgonya, t/ha. Vízszintes tengely: évek

#### Talajvizsgálatok

A talajvizsgálatokat az egész országban a Mezőgazdasági Fejlesztési és Tanácsadó Szolgálat (ADAS) végzi, azért, hogy tanácsal segíthesse a gazdálkodókat a meszezéssel és trágyázással kapcsolatos kérdésekben. Az ADAS a talajvizsgálatokat egy index-rendszer segítségével osztályozza [8, 15]. Az index standardok az 1. táblázatban láthatóak, a belőlük levonható és a tanácsadásban felhasznált követ-

1. táblázat

Az ADAS által a talajok tápanyag ellátottságának jelzésére használt index-számok

Index	Oldható P	Kicsérélhető		Megjegyzés
		K	Mg	
	mg/kg			
0	0 – 9	0 – 60	0 – 25	Műtrágyázás nélkül a szántóföldi növény- termesztés eredménytelen lehet
1	10 – 15	61 – 120	26 – 50	Gabona és gyepek esetében standard műtrágyá- zás. Űvegházi növények termesztése ered- ménytelen lehet
2	16 – 25	121 – 240	51 – 100	Gumós növények, gyümölcsök és zöldségfélék esetében standard adagú műtrágyázás
3	26 – 45	245 – 400	101 – 175	
4	46 – 70	405 – 600	176 – 250	Űvegházi növényeknek standard adagú mű- trágyázás
5	71 – 100	605 – 900	255 – 350	Kevesebb műtrágyát kellene adni
6	>100	>900	>350	

2. táblázat

A talajvizsgálatok során véletlenszerűen kiválasztott, különböző tápanyagtartalmú talajok százalékos megoszlása

	Index						
	0	1	2	3	4	5	6 <
Bikarbonát-oldható P							
Szántó	7	9	21	34	17	9	3
Legelő – szántó	10	18	30	26	11	1	4
Gyep	16	25	26	18	6	4	5
Kicsérélhető K							
Szántó	3	29	47	17	3	1	0
Legelő – szántó	8	44	37	11	0	0	0
Gyep	8	49	34	7	1	0	0
Kicsérélhető Mg							
Szántó	11	23	28	15	9	13	3
Legelő – szántó	2	16	41	25	8	7	0
Gyep	0	6	42	31	13	8	0

keztetésekkel együtt. Általában a '0' index súlyos tápanyaghiányt jelez bármilyen növény számára; az '1' index azt mutatja, hogy az érzékenyebb szántóföldi növények számára elégtelen a tápanyag; a '2' indexnél a P, K vagy Mg elegendő szántóföldi növények és gyepek, '3'–'4'–nél zöldségfélék és gyümölcsök számára.

A 2. táblázat a különböző tápanyagtartalmú angolai mezőgazdasági területek százalékos megoszlását mutatja be.

*Foszfát.* – A szántóterületnek csak 16%-a volt szegény foszfátban, több mint 50%-a elegendő oldható P-val rendelkezett, 30%-a pedig P-ban gazdag volt közön-  
séges szántóföldi növények számára. A 'le-

gelő—szántó' talajokat vegyes gazdálkodásra használják; néhány (2—7) évi gyepezéskor (zöld ugarolás) után felszántják szántóföldi növények számára. A tápanyagtartalmak tükrözik, hogy a rét-legelőkre kevesebb foszfort és káliumot adnak, valamint azt, hogy ezek a talajok feltehetőleg gyepezés alatt voltak és 1940 előtt nem kaptak foszfátot; de így is 56%-uk elegendő P-t tartalmazott. A rét-legelők 41%-a szegény, 15%-a gazdag volt oldható P-ban, 44%-uk elegendő tartalmazzott.

**Kálium.** — A szántóterületnek több mint 30%-a, a 'legelő—szántó' talajoknak több mint 50%-a a szántóföldi növények részére nagyon kevés kicserélhető káliumot tartalmazott. A szántóföldek 63%-a, a 'legelő—szántó' területnek azonban csak 48%-a tartalmazott elegendő káliumot. Nagyon kevés talaj volt káliumban gazdag. A rét-legelők mintegy 10%-a annyira szegény volt káliumban, hogy a gyepezés N-kezelés hatására nem adhatott jó termést. A rét-legelők 50%-án, ahol a gyepezés nagy része pillangós volt, a K-trágyázás eredményesnek bizonyult.

**Magnézium.** — Ezek a számok a folyamatos szántóföldi növénytermesztés által okozott Mg-vesztéseket tükrözik, valamint azt, hogy a szarvasmarha legelőin (amelyek többségben vannak Angliában) a talaj megőrzi a magnéziumot. A szántóföldeknek több mint 10%-a rendkívül szegény magnéziumban, és az összterület egyharmadán ajánlatos lenne a Mg-trágyázás.

**Nitrogén.** — A 3. táblázat a mezőgazdasági terület nitrogén és szervesanyag-tartalom szerinti százalékos megoszlását adja meg. A szántóterületnek több mint a fele 0,2%-nál kevesebb nitrogént, és majdnem a fele (47%) 3%-nál kevesebb szerves anyagot tartalmaz. A legtöbb rét-legelő nitrogénben és szerves anyagban gazdag.

#### Talajfelvételezés Angliában

A Talajfelvételezési Szolgálat által végzett talajosztályozás és térképezés a gazdálkodók számára igen hasznos, mivel megmutatja, hogy az egyes növények termesztése esetén a földjeiknek milyen előnyös, illetve hátrányos tulajdonságai vannak számolniuk. Ennek a potenciális értéke igen nagy, mivel az egyes területeken gyűjtött, a talajhasználatra és trágyázásra vonatkozó tudományos eredményeket máshol is hasznosíthatóvá teszi. A talajtérképek lényeges eszközei a kutatási eredmények maximális hasznosításának, és a legelőnyösebb talajhasználat megtervezésének. A legtöbb területet 1 :

3. táblázat

#### Az angliai talajok nitrogén és szervesanyag-tartalma

Nitrogén- és szervesanyag-tartalom	Szántó	Legelő - szántó	Rét - legelő
	A terület százalékában		
Összes N %			
< 0,2	55	28	6
0,2 —	37	34	22
0,3 —	8	19	18
0,4 —	2	12	22
0,5 <	8	6	32
Szerves anyag %			
< 1	1	0	0
1 —	12	1	0
2 —	34	20	2
3 —	23	20	8
4 —	14	19	8
5 —	6	22	23
7 <	11	17	59

25 000-es léptékben térképezték fel, és a térképeket ugyanebben a léptékben adták ki. Később ezeknek az alapján elkészítik a körzeti térképeket. Sok helyen a gazdálkodók használhatják már azokat a közölt felvételezési adatokat, amelyek a földjeikre vonatkoznak. Mivel az 1 : 25 000-es léptékű térképek a Talaj-Felvételezési Feljegyzésekkel jól mutatják a terület-határokat, hasznos útbaigazítást adnak a gazdálkodáshoz. A kisebb léptékű térképezés (pl. 1 : 63 000) nem ábrázolhatja a gazdálkodóknak szükséges részleteket, de nagyon hasznos a talajhasznosítás átfogó megtervezésében.

#### Talajhasznosítási képesség

A közzétett feljegyzések a talajokat a mezőgazdasági növényekhez való alkalmazkodási képességük, valamint alkalmazhatóságuk szerint osztályozzák, a BIBBY és MACKNEY [6] által leírt rendszer segítségével. Ez mérsékelt magasszintű gazdálkodást tételez fel, és nem veszi figyelembe a jelenlegi talajhasznosítást. A területeket 7 osztályba sorolják termőképességük szerint, feltételezve, hogy az olyan hiányosságokat, amelyek kisebb költséggel rendezhetőek, — mint pl. a rossz drenázs —, előzőleg orvosolják. A talaj mechanikai szerkezetét, a lejtő-viszonyokat és az éghajlatot tekintetbe veszik, de a kémiai tulajdonságokat rendszerint csak abban az esetben, ha ezek dominánsan befolyásolják a talaj termékenységét.

A talajosztályozás és térképezés nagyrészt leírásra alapul; nagyobb az értéke, amikor a talajtípusokat olyan fizikai és kémiai tulajdonságukra vonatkozó mérési adatok alapján jellemezzük, amelyek befolyásolhatják a gazdálkodóknak a termelt növényekkel, a gazdálkodással és a trágyázással kapcsolatos döntéseit. A legfontosabb a talaj víztartó képessége, ami a mélységtől, a talaj mechanikai összetételétől, szerkezetétől és szervesanyag-tartalmától függ. A felvehető-víz kapacitásokat a mechanikai összetételből és a szelvény leírásból számítjuk [16, 17]. A felvehető-víz kapacitás, az átlagos csapadékmennyiség és a párolgás ismeretében a gazdálkodók felbecsülhetik, hogy a növények milyen gyakran szenvedhetnek szárazságtól. Kelet-Angliában ahhoz, hogy a növények gyakorlatilag ne legyenek kitéve szárazságnak, a talajnak 175–200 mm felvehető vizet kell tartalmaznia. Ennek a feltételnek a könnyű vályogtalajok tesznek eleget és az I. osztályba tartoznak. A kis felvehető-víz kapacitású talajok potenciális értékét jelentősen növeli, ha az öntözés lehetséges. Jelenleg több adatot akarunk szerezni arról, hogy a különböző talajtípusok mennyiben képesek a N, P, K, Mg és nyomelem ellátást biztosítani és a műtrágyákat felvehető formában megőrizni. A talajtérképek nagyon hasznosak lesznek a műtrágyázás gazdaságos felhasználásának megtervezésében. A talaj-hordozta betegségek és rovarkártevők előfordulása szintén függ a talaj mechanikai összetételétől, szerkezetétől, és a drenázstól. Még több adatra van azonban szükségünk a növénytermesztésnek ezen gátló tényezői és a talajtípusok között fennálló kapcsolatáról.

#### *A talajban levő tápanyagok meghatározása*

A talajban levő tápanyagok kétféle laboratóriumi vizsgálata szükséges ahhoz, hogy a műtrágyázást illetően tanácsot lehessen adni. A növények által azonnal felvehető frakciót szokásos módon 'a felvehető' tápanyag mennyiségének megállapítására szolgáló talajvizsgálattal határozzák meg, és a javaslatokat ennek az alapján teszik. Az ADAS az oldható foszfor, kálium és magnézium mérésére standard módszereket alkalmaz [8, 15]. A második mérésre azért van szükség, hogy megállapíthassák, miként reagálnak a műtrágyák a talajjal. Ha a P és K műtrágyák úgy reagálnak a talajjal, hogy igen oldhatatlan anyagok keletkeznek, több műtrágya adagolása szükséges egy adott 'felvehető' P-szint eléréséhez, mint olyan

talaj esetében, amelyben a reakciótermékek oldhatóbbak. A 'puffer-kapacitás' mérései fejezik ki ezeket a kapcsolatokat, amelyek alaptulajdonságok, és amelyek a talajok eredetétől és összetételétől függenek; nagyon közeli kapcsolatban állnak a talajosztályozással, de nem feltétlenül vannak kapcsolatban a legutóbbi trágyázási kezelésekkal.

*Foszfor.* — Egy, az USA-ban kifejlesztett módszer, amely 0,5 M nátrium-bikarbonátot használ kivonószerként, sok országban legalább olyan jónak — és gyakran jelentősen jobbnak — bizonyult mint más, a 'felvehető' P meghatározására szolgáló módszerek. Angliában az ADAS 1971 óta alkalmazza ezt a módszert, és ún. 'index' értékek skáláját használja az oldható P és a P-műtrágyákra való reagálás valószínűsége közötti kapcsolat megítélésére. A bikarbonát-oldható P hasznos útmutató a műtrágyahatás előrejelzésére, de nem mutatja meg, hogy mi történik majd a talajba kerülő P-műtrágyával. Amikor 'szegény' talajok feljavítását, vagy egy adott oldható P-mennyiség fenntartását tervezik, szükséges tudni, hogy mennyi P kötődik meg oldhatatlan formában. A foszfát puffer-kapacitás méréseire szolgáló jelenlegi módszerek a talajok jó részénél nehézkesek. BACHE és WILLIAMS ezért azt javasolta [4], hogy meg kell mérni egy nagy adagú P-kezelésből (150 mg P/100 g talaj) adszorbeált P mennyiségét. Azt állítják, hogy módszerük széles körben alkalmazható a talajok gyors jellemzésére; ezt még meg kell vizsgálni, és az eredményeket a talajok osztályozásával kapcsolatba kell hozni.

*Kálium.* — Az utóbbi időben fejlődtek az alapismereteink azt illetően, hogyan halmozódnak fel a talajban a K-tartalékok, és hogyan szabadulnak fel a növények részére, de ezeket az ismereteket egyelőre még nem tudjuk felhasználni arra, hogy a helyi körülményeknek megfelelően szabjuk meg a K-trágyázást. A dél-angliai Chalky Boulder Clay talajai sok K-ot szolgáltatnak, de nem tudjuk sem azt, hogy mennyire általános ez a viselkedés más agyagtalajok esetében, sem azt, hogy egyes agyagok miért szabadítanak fel sokat, míg mások keveset. Egyes kutatók a nagyon finom agyagfrakció arányában vélik az okot felfedezni [3]; más esetekben egy bizonyos ásvány jelenléte tűnik felelősnek; például egy szokatlan ásvány, a klinoptilolit okozta a jó K-szolgáltatást a Harvell-sorozat talajaiban, amelyek Felső-Greensand-ben képződnek [9]. A káliummal kapcsolatos kutatások fejlődése a műszerek, termodinamikai koncepciók és olyan komputer modellek eredménye,

amelyek utánozzák a szállítási folyamatokat. Ennek ellenére a most tárgyalt, a talajban levő K frakciókat (a) — kicserélhető; b) — nem kicserélhető, de potenciálisan hasznos; c) — az agyag-ásványrács felvehetően K-ja) már 30 éve ismerik. Úgy gondoljuk, sürgős feladat, hogy az utóbbi idők elméleti munkáját felhasználva jobban megalapozzuk a gyakorlati műtrágyázási javaslatokat. TALIBUDEEN [18] úgy vélte, hogy azok a próbálkozások, amelyek egyetlen egyszerű módszerrel igyekeznek meghatározni a talajból a nem-kicserélhető kálium fel szabaduló képességét, nem haladnak jó úton. Bemutatta, hogy a nehézségeket kidolgozottabb technikával le lehet győzni, és arra is javaslatot tett, hogyan lehetne megkülönböztetni a műtrágyából a talajban visszamaradt és felgyűlt káliumot attól a káliumtól, amely az eredeti ásványi rács része. Ezeknek a javaslatoknak a gyakorlati értékét még meg kell vizsgálni.

#### A talajban visszamaradt műtrágya

Sok talajban az azonnal hasznosítható tápanyag tartalékok műtrágya-kezelésekből maradtak vissza. Ha a növény gyökerei a szántott réteg minden részéből felvehetnek a tápanyagokat, a feltalaj teljesen kimerülhetne; ténylegesen azonban mindig található benne valamennyi műtrágya maradvány. Mivel a foszfátot a talaj majdnem oldhatatlan formákban köti meg, nem juthat messze a gyökerek felé. A K-ionok nincsenek ilyen erősen kötött állapotban, mélyebbre jutnak, mint a foszfátok, de nem annyira mozgékonyak, hogy kimosódhatnának a talajból többel, mint az anyag néhány százalékával. A Ca és Mg-ionok még kevésbé erősen kötöttek, és a víz mindig kimossa a talaj nitráttartalmának legalább egy részét. Jó szerkezetű talajokban a nitrát az aggregátokban marad vissza, és a drenázs víz, ami javarészt a repedéseken és nagy pórusokon szivárog le, nem távolítja el gyorsan.

A visszamaradt műtrágyák a talajt növényi tápanyagban gazdagabbá teszik, és ha elegendő van belőlük jelen, akkor a friss műtrágya-kezelések hatástalanok maradnak. Anglia nagy részén ez az állapot már bekövetkezett. A szántóterületen ritkán fordul manapság elő, hogy a kevésbé reagáló növények, pl. a gabonák, vagy a rét-legelők esetében a foszfát nagy hatást fejtson ki. A 2. táblázatban közölt talajvizsgálati adatok mutatják, hogy a legtöbb szántóföld elegendő oldható foszfort tartalmaz egy termés részére; a súlyos P-hiány rendkívül ritka.

#### Műtrágya felhasználás Angliában

Angliában 1837, azaz az első alkalmazás óta felhasznált műtrágyák összes mennyisége a következő: (az adatok millió tonnában vannak megadva)

Évek	N	P	K
1837–1939	3,5	4,9	1,2
1940–1957	3,5	2,7	2,6
1958–1972	9,1	3,0	5,3
1837–1972 összesen	16,1	10,6	9,1

A becslések szerint a talajok felső, 20 cm-es rétege N-ből 60, P-ből 20, K-ből pedig 260 millió tonnával rendelkezik.

A gazdálkodók által az utóbbi 130 évben felhasznált foszfát legnagyobb része visszamaradt a talajainkban és becslésünk szerint a főleg szántóföldi növénytermesztésre használt talajokban levő összes P mennyisége 50%-kal megemelkedett. A termőtalaj-rétegekben található összes N javarészt szerves kötésű, és a mennyisége sokkal nagyobb, mint amennyit műtrágyaként alkalmaztak. A talajok százalékos N-tartalma függ a talajtípustól, a gazdálkodási rendszertől, az éghajlattól, de a műtrágyák nem befolyásolják. Talajainkban sokkal több az összes K, mint amennyit műtrágya formájában adtunk. A felhasznált K-műtrágya mindössze annyit tett, hogy megnövelte a kicserélhető K-tartalmat, és ahol sok éven át alkalmazták, ott a növények által felhasználható 'fixált' K-tartalékot eredményezett. Miután a talajok ilyen tartalékokkal rendelkeznek, a gazdálkodóknak meg kell tanulniuk, hogyan hangolják össze ezekkel a friss műtrágya adagolást oly módon, hogy a legkevésébbet kelljen a műtrágyázásra költeniük, a termés csökkenése nélkül. 1968-ban egy Konferencia tárgyalta [14] az angliai kísérletek során kapott tényanyagot. A Konferencián ismertetett összes eredmény azt mutatta, hogy a talajban levő visszamaradt műtrágya növelte a termés hozamokat.

Visszamaradt foszfor — A rothamstedi kísérletek legtöbbször nyilvánvalóan előnyösnek bizonyult a felgyülemelő visszamaradt műtrágya mind laza, mind kötött talajok esetében; az előző műtrágyázásokból visszamaradt hatóanyag nagyobb cukorrépa és burgonya hozamokat eredményezett, mint amekkorákat friss szuperfoszfát-kezeléssel egy szegény talajon elérhettünk volna. Az eredmények egy részét feltehetően annak köszönhetjük, hogy a szántott réteg



alatti szintekben is felhalmozódtak a foszfátok.

A P-hiányos skóciai talajok esetében WILLIAMS és REITH [in: 14] azt találták, hogy egyetlen műtrágyázás maradványainak a hatása egy év után egy friss adagolás 24%-os hatásának felelt meg, 7 év után azonban csak 3% volt. Az évenkénti műtrágyázás rendszerint hatásosabbnak bizonyult, mint a nagyobb, de ritkábban alkalmazott adagokkal végzett trágyázás. Az ADAS Kísérleti Gazdaságokban végzett kísérletek azt mutatták, hogy burgonya, karórépa és takarmánykáposzta esetében, amelyek rendszerint jól reagáltak a foszfátra, egy közvetlen trágyázás utóhatása az 1., 2. és 3. évben 1/3, 1/5, ill. 1/10 körül volt. Ez azt bizonyította, hogy bár egyetlen kezelés hatása az első 1–2 évben gyorsan csökkent, kis utóhatással azért még sok egymást követő termés esetében is lehet számolni. E kísérletek szerint a kis adagú évenkénti kezelések nagyjából ugyanolyan átlagtermést eredményeztek, mintha ugyanazt az összmennyiséget 3 évenként adták.

*Visszamaradt kálium* — A RUSSELL és BATEY [in: 14] által ismertetett öt vetésforgó-kísérlet nem adott okot arra, hogy a K-műtrágyázás első és második évi utóhatásának szokásos 50%-ra ill. 25%-ra való becsülését megváltoztassák. JOHNSTON [10] leírta, hogyan akkumulálódott K a Rothamsted-i Klasszikus Kísérletek talajaiban. A növények által felhasználható, akkumulálódott műtrágya-tartalékok hatását kevésbé befolyásolta az időjárás és a talajszerkezet időszakos változása, mint a friss műtrágyázásokét. A visszamaradt műtrágya értékesebbnek bizonyult a frissnél; függetlenül attól, hogy mennyi friss K-ot adtak egy káliumban szegény talajba, a terméseredmények sohasem érték el azokat, amelyeket műtrágya-maradványokkal rendelkező talajon kaptak.

*Visszamaradt nitrogén* — GASSER [in: 14] kimutatta, hogy egyrészt a nitrogénműtrágya közvetlen maradékokat hagyhat a talajban, másrészt a műtrágyázott nagyobb termésekből felbomlásuk során több N szabadulhat fel. Mindkétfele maradvány utóhatás értéke az adott N formájától és mennyiségétől, a talaj mechanikai összetételétől és a téli csapadék mennyiségétől függ. A pillangós gyepek növelik a talajok N-tartalékait; a lucerna után nagy mennyiségű N marad vissza, amely jótékonyan hat a következő termésekre, de a hatása nem tart olyan sokáig, mint a füves gyepekből származó N-é. CLEMENT [in: 14] kimutatta, hogy kaszált, vagy legeltetésre használt gyepek,

amelyek sok pillangóst tartalmaztak, nagy mennyiségű N-maradványt hagytak a talajban; a visszamaradt mennyiség a pillangósok mennyiségétől függött.

Sokkal nagyobb ingadozások adódtak, amikor nagy mennyiségű N-műtrágyát alkalmaztak. Amikor olyan legeltetett gypet szánottak fel, amely előzőleg három vagy négy éven át 300 kg N/ha-t kapott, a talaj elegendő nitrogént biztosított búza vagy burgonya számára. Amikor hasonlóan kezelt kaszált gypet szántottak fel, a talajokban nagyon kevés N-maradványt találtak.

*A téli csapadék hatása a visszamaradt N-műtrágyára.* — A nitrát felesleget a téli esőzés kimossa, és a veszteség nagyobb a könnyű talajokban, mint a nehezekben. GASSER [in: 14] megállapította, hogy több, a következő növény számára hasznos nitrát maradt vissza a talajban száraz, mint nedves tél esetén; ha a téli csapadék mennyisége meghaladja a 250 mm-t, akkor kevés, vagy éppen semmi sem marad a nitrátból. Az összes adott N hasznos, ha a téli csapadék 125 mm alatt marad, de 500 mm-t meghaladó csapadék esetén minden elvész. Ezenkívül a N-műtrágyák utóhatása a műtrágyázott növénytől is függ; burgonya után nagy, gabonafélék után kicsi.

#### *Szabadföldi kísérletek alapján felbecsült tápanyag-mérlegek*

*Talajvizsgálat.* — A műtrágyák várható hatását a különböző mennyiségű oldható P-t, K-ot és Mg-ot tartalmazó talajokban (2. táblázat) termesztett növényekre főleg az évenkénti szabadföldi kísérletek alapján jelzik előre. A talaj analízise hasznos, ha arról van szó, hogy felderítsük a tápanyagban nagyon szegény, vagy nagyon gazdag talajokat, de mivel az időjárás és a talajtípusok különbözősége a műtrágyahatás különbözőségét okozza, nem túl hasznos a várható műtrágyahatás előrejelzésére olyan talajokon, amelyek a 'kevésbé szegény', vagy a 'kielégítő' csoportba tartoznak. Bár az átlag összefüggés az oldható P- (vagy K-) tartalom és a műtrágyahatás között kielégítőnek látszik, ezek az átlagok egyes területek viszonylatában nagy változékonyságot takarnak. Mivel tanácsot minden egyes szántóföldre vonatkozóan kell adni, elkerülhetetlen, hogy némileg megbízhatatlan legyen, mert sem a várható időjárást, sem a talaj fizikai állapotát a tenyészidőben nem lehet előre jelezni. Az oldható P, K és Mg ismételt mérése megmutatja, hogyan hat a terme-

lési mód és a műtrágyázás a talaj tartalékaira, és a néhány évenként elvégzett talajvizsgálat kitűnő módszer a P, K és Mg-műtrágyák, valamint a mészkalk alkalmazásának ellenőrzésére. Meszezés esetében mérjük a talaj pH-jának a változásait, és a cél egyrészt az, hogy a megfelelő értékek fenntartásához annyi meszet adjunk, hogy a terméseredményeket ne csökkentse savanyúság, másrészt hogy elkerüljük túl sok mészkalk adagolását, nehogy a kimosódás okozta veszteségek nagyok legyenek. Fejlett mezőgazdasági rendszerekben a P, K és Mg meghatározására végzett talajelemzések célja hasonló kell, hogy legyen. Ismételt mérések megmutatják, hogy a talaj oldható P- (K, Mg) tartalma növekszik vagy csökken-e, és a trágyázást úgy kell beállítani, hogy a megfelelő mennyiségeket fenntartsuk.

'Megfelelő' talaj-analízisek. — Az oldható P, K és Mg azon határértékeit, amelyek felett a hatás már valószínűtlen, csak tartamkísérletekkel lehet meghatározni, amelyek során méri a műtrágyák és a növénytermesztési rendszerek hatását a talajtartalekokra. A kísérleteknek mérniük kell a friss műtrágya hatását is a terméshozamokra az egymást követő években. Ilyen munkák Rothamsted-ben már csaknem 20 éve folyamatban vannak.

Négy kísérleti telepünkön, visszamaradt műtrágyával rendelkező, ill. nem rendelkező talajokon a következő árpahozamokat kaptuk:

Telephely, terméshozam	Visszamaradt műtrágya nélkül	Visszamaradt műtrágyával
<i>Rothamsted, Exhaustion Land</i>		
Oldható P (ppm)	4	14
Hozam (t/ha)	2,03	3,11
<i>Rothamsted Aqlell</i>		
Oldható P (ppm)	6	14
Hozam (t/ha)	1,54	3,41
<i>Woburn</i>		
Oldható P (ppm)	18	33
Hozam (t/ha)	2,6	3,33
<i>Saxmundham</i>		
Oldható P (ppm)	4–6	9–12
		20–40
Hozam (t/ha)	2,0	3,93–4,34

Ezeket a talajokat a friss P-műtrágyázás kipróbálására használták. Az eddigi eredmények alapján úgy tűnik, hogy a

talaj P 'megfelelő' mennyisége, amely felett a friss P-műtrágya hatástalan, a következő:

Novény	NaHCO <sub>3</sub> oldható P, ppm
árpa	20
burgonya, cukorrépa	40

Még sok ehhez hasonló bizonyítékra van szükség, de amikor rendelkezésre állnak majd a megfelelő adatok, az oldható P és K bizonyos mennyiségének fenntartásához szükséges műtrágya adagokat megállapíthatjuk az olyan szabadföldi műtrágyázási tartamkísérletek alapján, amelyekben a talaj elemzési adatait felhasználják.

Az oldható P és K egyensúlyi értékei. — Ha a műtrágyával bejuttatott tápanyagok kiegyenlítik a növények által felvett, ill. a megkötött vagy kimosódott mennyiséget, a talaj oldható P, K és Mg tartalma állandó lesz. Az egyensúlyi értékek, amelyeknél a tápanyag nyereség és veszteség kiegyenlíti egymást, úgy tekinthetők, mint kritikus értékek, amelyek segítségével a műtrágyázás a termelési rendszerhez igazítható úgy, hogy a tápanyag tartalékok ne csökkenjenek. Ezeket az értékeket néhány tartamkísérletben határoztuk meg:

Telephely, termelési rendszer		NaHCO <sub>3</sub> oldható P	Kiesőrelhető K
		mg/kg	
Broadbalk (Rothamsted)			
Búza monokultúra		—	150
Rothamsted			
Referencia			
Kísérlet	vetésforgó	11	170
	gyep	15	200
Woburn			
Referencia	vetésforgó	20	120
Kísérlet	gyep	20	120
Saxmundham			
	vetésforgó	10	160

A különböző talajok és a különböző tartamkísérletek alapján történt becslések hasonlóak, és mind a P, mind a K vonatkozásában azon a határon belül vannak, ahol az ADAS a standard műtrágyázást javasolja (l. táblázat).

## A talajok fizikai tulajdonságai

### A talajok víztartó képessége

Az a vízmennyiség, amelyet a talaj olyan tenzió tartományban tart, hogy felvehető a növények számára, a legfontosabb fizikai sajátossága a talajnak. SALTER és WILLIAMS [16, 17] kimutatták, hogy a felvehető-víz kapacitás a talaj mechanikai összetételétől függ. Néhány példa erre:

Mechanikai összetétel	Felvehető-víz kapacitás cm víz/10 cm talaj
Homok	0,9 – 1,7
Vályogos homok	1,1 – 1,8
Homokos vályog	1,3 – 2,2
Iszap-vályog	2,3
Iszap	2,7
Homokos agyagos vályog	1,5
Agyagos vályog	1,8
Iszapos agyagos vályog	2,2
Homokos agyag	1,4
Iszapos agyag	2,1

Ezeket az értékeket vonatkoztatjuk most a Talajfelvételezési Szolgálatunk által osztályozott talajokra.

### Talajszerkezet

A Mezőgazdasági Tanácsadó Testület egyik jelentése [1] tárgyalta a talajszerkezet romlásának lehetőségeit az olyan leegyszerűsített gazdálkodási rendszerekben, amelyek csak szántóföldi növényeket termesztenek eladásra, és a talaj szervesanyag-tartalmát nem tartják megfelelő szinten szervesztrágyázással, vagy füves vetésforgóval. Amikor a károsodás bekövetkezik, a modern gazdaságokban használt nehéz gépek csak súlyosbítják a bajt.

A probléma lényegében az, hogy bizonyos talajok aggregátjai vízben instabilok; amikor átnedvesednek alkotórészecskéikre esnek, és ezek természetesen tömött szerkezetű állnak össze, amelyben a vizet és a levegőt tartalmazó, valamint a gyökérzet fejlődését lehetővé tevő pórustér lecsökken. Ezt a helyzetet csak súlyosbítja a nehéz munkagépek kerekeinek nyomása. A károsodás durva homokot tartalmazó talajokban könnyen helyrehozható; a szántás feltöri az összetömődött talajt. A probléma sokkal komolyabb bizonyos finom homok és homokos agyagtalajok esetében, mert ezek tömődött rögökké állnak össze, amelyek nem mállnak szét gyorsan, és

amelyeket a gépekkel nem lehet a magágy kialakítására könnyen megművelni. A legkomolyabb problémák azoknál a talajoknál jelentkeznek, amelyekben az összetömődött rétegben a durva pórustér olyan nagy mértékben lecsökken, hogy a víz nem vezetődik le, a pórusok nem tartalmaznak levegőt és a növények az anaerob viszonyok következtében károsodnak. Az erre hajlamos talajok akkor romlanak legkevésbé, ha a stabilitásukat a szervesanyag-tartalmuk növelésével javítják. Ezért hangsúlyozták annyira az időszakos gyepek alatt tartás és szervesztrágyázás jelentőségét a talajok intenzív gazdálkodás okozta károsodásainak helyrehozatalában.

Low [12, 13] összefoglalta az 1945–1970 között összegyűlt ismereteket a gyepek és szántott talajok megművelésének a talaj szerkezetére gyakorolt hatásáról. Ösgyepek felszántása után minden talajon jelentősen csökkent az aggregátok vízzel szembeni stabilitása az első 2–3 évben, és aztán lassabban közelített a régóta művelt talajokban tapasztalt értékekhez; kis agyagtartalmú talajoknál a felszántott gyepek stabilitása csak 2 évig volt egy kicsit jobb, mint a régóta szántott talajoké. A hatos forgó, ami azt jelentette, hogy a talaj 3 évig gyepek alatt volt, 3 évig pedig gabonát termesztenek rajta, a szerkezetet a növénytermesztés számára megfelelőnek vélt szinten tartotta. Amikor állatok tiporták össze a szántóföldet, az okozott károsodást még 4 éves gyepek alatt tartás sem hozta rendbe. A gyepek felszántása után az összes nitrogén (és szerves anyag) mindig gyorsan csökken. Ezek a változások elkerülhetetlenek, amikor a gazdálkodási módot megváltoztatják, nem a rossz gazdálkodás következményei. A szerkezet károsodását (a természetes romlástól eltekintve) rossz időpontban végezték, vagy túlzott művelés idézi elő, de ezt a földjeiket jól ismerő és jól kezelő gazdálkodók elkerülik.

### Szerves anyag

Low kimutatta, hogy a szervesanyag-tartalom csökkenése gyakran járt együtt a szerkezet romlásával, és példákat hozott fel arra, hogy a tengeri üledékes talajok a folyamatos művelés hatására romlanak. Belga kutatók úgy vélik, hogy a kritikus stádium akkor következik be, amikor a szervesanyag-tartalom a százalékos agyagtartalom 10%-ára csökken, de ilyen általánosítás nem lehetséges. A rothamstedi Broadbalk szántón a talaj agyagtartalma 28%, a szervesanyag-tartalma pedig csak 2%, mégis több mint egy évszázados



folyamatos szántóföldi művelés után is nagyok a búzatermések. Amikor a szántóföldet begyepesítik, a szervesanyag-tartalom és a szerkezeti stabilitás csak lassan növekszik, különösen olyan károsodott talajokon, mint amilyenek a tengeri iszapok. Egy éves gyepesítés előnyei általában egy évi művelés után elvesznek. Low említett egy szántóföldet, amelyet 22 évig gyep alatt tartottak, és a javulás 10 évi művelés után semmivé lett.

A gyepesítés előnyeit csak tartamkísérletekben, — ilyen például a woburni 30 éves és a rothamstedti 20 éves gyepgazdálkodási kísérlet [11] — mérhetjük le. Az említett két kísérlet egyike sem szolgáltatott bizonyítékot arra, hogy a folyamatos szántóföldi művelés okozta szervesanyag-tartalom csökkenés miatt a talaj szerkezet olyan károsodásnak lett volna kitéve, ami természetes csökkenést okozott volna. Woburnban semmiféle rendszer sem növelte gyorsan a szervesanyag-tartalmat. Egy 5 éves ciklusban a 3 éves gyep is mindössze fenntartotta a szervesanyag-tartalmat; növelni csak úgy lehetett, ha a felszántás után termesztett első szántóföldi növénynek 38 t/ha istállótrágyát adtak. Még 28 évi ilyen kezelés után is a woburni talaj kevesebb szerves anyagot tartalmazott, mint az állandóan művelt rothamstedti Fosters szántó. Egy 6 éves (Rothamsted), vagy 5 éves (Woburn) ciklus 3 évében termesztett lucerna nagyon kis hatással volt csak a szervesanyag-tartalomra. Kaszálókora a szervesanyag-tartalom növekedése kisebb volt, mint legelőkön, és a gyepesítésből eredő átlagos növekedés — a folyamatosan művelt területekkel összehasonlítva — nem haladta meg a 10%-ot gyep-szántó váltó rendszer 20 éves alkalmazása után sem. Meglepő volt, hogy a lucerna nem növelte a szervesanyag-tartalmat, jöllehet az utána következő szántóföldi növények jó termést hoztak. Saxmundhamban 3 évi lucerna termesztés jelentősen megjavított egy rossz talajt; a lucerna felszántása után kitűnően morzsalódó magágy maradt vissza, míg a szomszédos terület, ahol folyamatosan gabonát termesztettek, az előzővel egyidőben történt szántás után makacsul rögzös maradt [2].

#### A talajszerkezet mérése

Low [12] meghatározása szerint a talajszerkezet a „részecskék és a közöttük levő pórustér elrendezése ... ha a talaj bármilyen módon deformálódik, a szerkezet megváltozik”. Az ilyen módon definiált szerkezet mérése nehéz, és egyetlen érték

nem írja le a szerkezeti stabilitást, és a megváltozott körülmények miatt benne bekövetkező változásokat. A legfontosabb jellemző sajátság feltétlenül a pórustér, mivel természete és kiterjedése határozza meg a talaj levegő- és vízellátottságát, valamint a gyökerek növekedését. A pórustér nagysága a térfogatsúlyból és a valódi fajsúlyból könnyen mérhető, és a víztartalom alapján kiszámítható, hogy az összes pórustérfogatból mennyit foglal el a levegő. A víztartalom a térfogatsúlyal nő egy bizonyos maximumig, azon túl a növekvő tömődöttség csökkenti a víztartalmat, mivel a pórusok deformálódnak és összenyomódnak, és a talaj levegő kapacitása nullához közeledik. A művelési mód helyes megválasztásával a térfogatsúlyt úgy kell beállítani, hogy a felvehető víz és levegő kapacitás optimális legyen. Szárazságnak kitett durva talajokban a felvehető-víz tartalom növekszik egy bizonyos kompresszió hatására, amely megnöveli a térfogatsúlyt, de nem zárja ki a levegőt. Nagyon tömődött talajokban viszont a csökkenő térfogatsúly megnöveli mind a felvehető-víz, mind a levegő kapacitást.

#### Művelési és vetési kísérletek

A különböző művelési rendszerek összehasonlítására az utóbbi években sok kísérletet állítottak be. Céljuk részben munka megtakarítás, részben a talaj tömődöttségének és károsodásának csökkentése, részben pedig az, hogy elkerüljék az őszi-búza vetése előtti szántást ott, ahol nagy területeken kívánják termesztetni.

Közvetlen (direkt) vetés, ami a talajfelszínt egyáltalán nem, vagy csak minimálisan bolygatja, Angliában sok talajon kivitelezhető, de meg kell határoznunk azokat a talajokat, amelyeknél ez a technika sikerrel jár. Néhány kísérletben mérésekkel állapították meg, hogy a talaj fizikai állapotában és a gyökérzet növekedésében a különböző művelési módok milyen eltéréseket okoztak. Például FRINNEY és KNIGHT [7] úgy vélték, hogy az őszi-búza közvetlen vetésének sikeressége leginkább attól függött, hogy ne legyen felszíni vízborítás, és hogy a talaj morzsalékos szerkezetű legyen. Kísérletükben a szántott talajnak kisebb volt a térfogatsúlya, több a gyökérzet számára előnyös méretű pórusokkal rendelkezett és elasztikusabb volt, mint a közvetlenül vetett talaj. Valószínűnek látszott, hogy a gyökerek növekedése akadályozott lesz, ha csak nem találunk könnyen olyan folyamatos pórusteret, amely legalább a ke-

resztmetszetüknek (350–700  $\mu$ m abban a kísérletben) megfelelő.

Egy másik kritérium, ami további kísérleteket tesz szükségessé, az az, hogy a bolygatatlan talajoknak elegendő, a gyökérzet növekedéséhez megfelelő nagyságú, folyamatos pórusokkal kell rendelkezniük ahhoz, hogy a közvetlen vetésre alkalmasak legyenek.

WILKINSON [20] tárgyalta a talajok kezelése és művelése, valamint a növények tápanyag ellátottsága és terméshozama közötti kapcsolatokat. Adatai szerint a művelés elhagyása a feltalaj szervesanyag-tartalmának megőrzését eredményezte. Egy agyagos vályogtalajon beállított kísérlet adatai azt mutatták, hogy a feltalaj szervesanyag-tartalma a hagyományos művelés hatására csökkent, de művelés nélkül, csupán direkt vetéssel, változatlan maradt:

Év	Művelés			
	Hagyományos		Semmiféle	
	0–10 cm	10–20 cm	0–10 cm	10–20 cm
	Szerves anyag %			
1963	11,4	9,7	12,9	7,4
1967	10,0	9,8	12,7	8,4

WILKINSON megadta a különböző művelési rendszerrel elért terméshozamokat is:

**Jealott's Hill-i kísérletek tavaszi árpa terméshozamára (t/ha)**

Művelés	Könnyű talajok	Nehéz talajok
Közvetlen vetés	4,0	4,3
Minimális (felszíni) művelés	4,1	4,1
Hagyományos művelés	3,9	4,2

A gyomirtók alkalmazásával egybe-kötött minimális művelési módszerek, amelyek szántás nélkül, csupán kultivátorral készítik elő a magágyat, az erősen kötött, meszes talajokon sikeresek, és különösen az őszi búza esetében a direkt vetést gyorsabbá teszik. Drayton-ban (Warwickshire) a következő termésered-ményeket kapták:

Év, növény	Szántással	Szántás nél-kül
	Terméshozam, t/ha	
1969 Bab	3,6	3,0
1970 Bab	4,2	4,2
Őszi búza	5,2	5,5
1971 Őszibúza	6,2	6,0
Tavaszi árpa	4,8	4,9

**A talajtermékenységgel kapcsolatos jelenlegi problémák**

*A műtrágyák felhasználásának hatékonysága*

Angliában a műtrágyákat pazarlóan használják, mivel a mozgékony tápanyagokból (N, Ca és Mg) több jut a drén-csatornák vizébe, mint kellene; sok gazdálkodó a nem mozgékony tápanyag (P és K) ellátást nem hozza összhangba a helyi szükségletekkel úgy, hogy az éppen termeszett növények elegendet kapjanak, de ne többet, mint szükséges.

*Foszfor és kálium.* — A talajtermékeny-ség megnövekedik, ha P és K-szegény talajokban ezekből a tápanyagokból tartalékokat halmozunk fel. Azokon a talajo-kon, amelyekben az ismételt műtrágyá-zásból tápanyag maradott vissza, a növé-nyek mindenütt több P-t és K-ot vettek fel és jobb termést hoztak, mint azokon a talajokon, amelyek nem rendelkeztek maradék tápanyagokkal, függetlenül a friss műtrágyázástól. Ahol a rossz talaj-szerkezet, vagy kedvezőtlen tavaszi idő-járás gátolta a gyökérzet növekedését, a P és/vagy K-maradékkal rendelkező tala-jok jobban ellátták a növényeket ezekkel a tápanyagokkal, mint azok, amelyek igen nagy adagú friss műtrágyát kaptak ugyan, de maradék nem volt bennük. P és K-műtrágyázás esetében rövid tartamra nem kell pontosan kiszámított mennyiséget adni; legyen elég ahhoz, hogy maximális termést kapjunk. Ez gyakran azt jelenti, hogy több P-t és K-ot adunk, mint amennyit az éppen termeszett növény felvesz. A többlet hasznos lesz a későbbi növények számára. A tápanyag-szegény talajok feldúsítása („feltöltése”) műtrá-gyázással a modern javaslatok szerint szintén hasznos, mivel bebiztosít az eset-leges kedvezőtlen termeszési körülmények ellen, amelyeken friss műtrágyázással már nem segíthetünk. P és K-műtrágyákat nagyon hatásosan alkalmazhatunk — né-

hány vetésforgó tartamára — ha kifejlesztünk egy, az ún. „folyamat ellenőrzés”-hez ('process control') hasonló rendszert, és modern talajvizsgálati módszereket alkalmazunk, amelyek pontosan és reprodukálhatóan megadják talajaink P- és K-tartalékait.

**Nitrogén.** — A P és K hatásos alkalmazásának alapelvét most fejlesztjük ki; a nitrogén vonatkozásában ez még nem történt meg. Amikor szántóföldi növényeket termesztünk, azok rendszerint az adagolt N-műtrágyának legfeljebb a felét, harmadát veszik fel. Néhány kísérletben a rét-leelő a N-műtrágya háromnegyedét hasznosította; ezt a nagymértékű hasznosulást nem értük el sok, az utóbbi időben végzett kísérletünkben, amelyek során a nagy adagú műtrágyázást vizsgáltuk. A nitrogén könnyen elvesz a talajból. Ami főleg az aratás után a talajban marad, az jobbára kimosódik mielőtt újabb növény kerül bele, és egy nagy adag maradványa legfeljebb egy második vetésnek használ. A kora tavasszal adott N elveszhet, ha sok eső esik, mielőtt a növények megerednek; ezeket a veszteségeket elkerülhetjük, ha később fejtrágyázunk, viszont ha száraz időjárás következik, a fejtrágyázás hatástalan marad. A talaj felszínén levő ammóniumsók és karbamidból az ammónia elpárologhat. A denitrifikáció nitrátot távolít el a talajból. Mivel a gyakorlati körülmények között bekövetkező veszteségről nem állnak adatok a rendelkezésünkre, hajlamosak vagyunk arra, hogy a denitrifikációt ne vegyük tekintetbe, holott az nagy fontossággal bír minden nedves talajban, és füvek esetében a nagy N-adagok kis hasznosulását okozhatja. Véleményem szerint a N-műtrágyázás hatásosabbá tétele elsőrendű fontossággal bír a talajtermékenységgel foglalkozó kutatásokban. Meg kell gátolnunk, hogy fölöslegesen nagy mennyiségű nitrogén jelenjen meg a drenzsatornák vizében. A műtrágya-N-t proteinként hasznosítanunk kell mind a magunk, mind az állataink számára. Azt is meg kell akadályoznunk, hogy a túlzott N-műtrágyázás természetesöklenséget okozzon.

#### Szabadszántó kísérletekben vizsgált komplex problémák

A talaj termékenységét a terméseredményekkel mérjük, és azokat a tényezőket, amelyek a termést befolyásolják, csak szabadszántó kísérletekben vizsgálhatjuk, kipróbálva a különböző termelési módokat. A terméseredmények, a termékenység változásai gyakran bonyolult kölcsönhatások következményei, amelyekben kémiai, fizi-

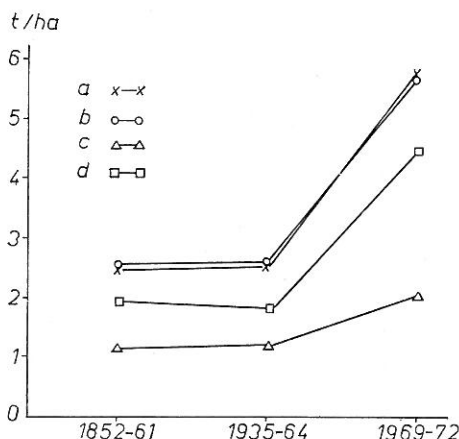
kai, biológiai és kezelési tényezők játszanak szerepet.

**A broadbalki kísérlet.** — Egy példa erre a legrégibb kísérletünk, búza termesztés a broadbalki telepen. 1967/8-ban megváltoztattuk, hogy hasznosabb legyen a modern gazdálkodás szempontjából [5]. A kísérlet egyik részén most három növényt — burgonyát, babot és búzát — termesztünk; másik részét 2 búza termés után ugaron hagyjuk; a harmadik részen továbbra is folyamatosan búzát termesztünk. A trágyázásban csak kisebb változtatásokat eszközöltünk. Egy negyedik adagú nitrogént (192 kg N/ha) vizsgálunk most, valamint istállótrágyát egyedül (35 t/ha) és N-nel (96 kg N/ha). 1968 óta egy jól kipróbált új fajtát, a Cappelle Desprez-t termesztjük és herbicideket, valamint peszticideket alkalmazunk. A 2. ábrán a 120 év alatt elért átlag terméshozamokat mutatjuk be, 3 periódusra vonatkozóan. 1925-től kezdve a területet 5 évenként egy évig ugaron hagytuk, s ez mindössze a gyomosodást akadályozta — a gyomok miatt a terméshozamok 1911 után estek —, és az 1935–1964 között eltelt 30 év alatt visszaállította a 100 évvel azelőtti, ill. azoknál valamivel jobb terméseredményeket. A termesztett fajta megváltoztatása, rovarkártévkok elleni rendszabályok és herbicidek alkalmazása a trágyázatlan terméseket majdnem megkétszerezte, míg ott, ahol műtrágyát, vagy istállótrágyát adtunk, a termés több mint kétszeresére nőtt. E gyors változás pontos okát nem ismerjük.

**Vetésforgó Broadbalk-ban.** — Az új vetésforgók első négy évének terméseredményeit a 3. ábra mutatja be. A folyamatos búzának 144 kg N/ha-ra volt szüksége, bab, vagy ugar utáni búza esetében 96 kg N/ha elegendőnek bizonyult. A búza következetesen bab után adta a legjobb termést, de a folyamatos búza a nagy nitrogén adaggal épp olyan jó termést adott, mint az ugaroltatás után termesztett búza. Ez valószínűvé teszi, hogy az ugaroltatás hatása főleg a N-szolgáltatásban nyilvánult meg. Az, hogy a legjobb búza termést bab és burgonya után (azaz 2 éves búza-szünet esetében) kaptunk, valószínűleg részben a bab után maradt többlet N-maradványoknak köszönhető, de bizonyára kapcsolatban van a talajban előforduló gyökérbetegségek (főleg a szártőbetegség, amelynek egyik kórokozója a *Gaeumannomyces graminis* gomba) és a „szemfolt” szárbetegség (ezt a *Cercospora herpotrichoides* okozza) megfékezésével is. Fontos és meglepő különlegesség volt, hogy — a NPK műtrágyákkal összehasonlítva — az istállótrágya mind a négy

évben következetes termésnövekedést eredményezett; az istállótrágyával adott többlet N csökkentette a hozamokat.

**Szerves trágyák.** — Az a körülbelül 1 t/ha szemtermés-többlet, amelyet a broadbalki kísérletben a megfelelő műtrágyával összehasonlítva az istállótrágya eredményez, jelentős. 1843–1967 között, a kisebb termésszinteken a NPK-műtrágya és az istállótrágya hatékonysága nem különbözött. Az új fajták és a jó gyomkontroll most sokkal nagyobb termést tesz



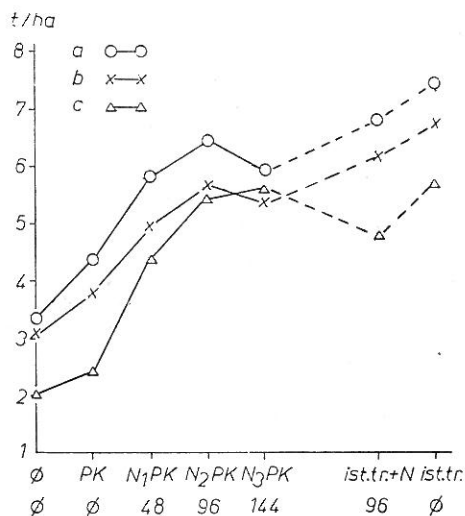
2. ábra

A Broadbalk-i Gazdaság átlagos termés-eredményei. Folyamatos búza 1852–61-ben és 1969–72-ben. Ugarolás utáni 4. búzatermés 1935–64 között. a) Istállótrágya, b) N<sub>3</sub>PK, c) Kezeletlen kontroll, d) N<sub>1</sub>PK. Függőleges tengely: szemtermés, t/ha

lehetővé, és ennek következtében más kölcsönhatások is megmutatkoznak. Más kísérleteink eredményei arra utalnak, hogy istállótrágyával nagyobb termések érhetők el, mint műtrágyával. Sok kísérlet mutatta, hogy a szerves trágyák fő hatása a bennük levő tápanyagokból származik. Az istállótrágya nagyon nagy mennyiségű káliumot biztosít. Valószínűleg fontos a kálium formája, úgy tűnik, hogy szerves anyaggal kapcsolatos káliumból nagyobb felvétel lehetséges, mint abból, amelyet KCl alakban juttatunk a talajba. Lehetséges, hogy az istállótrágya más, könnyebben felvehető tápanyagokat is biztosít, vagy pedig fontosak azok a változások, amelyeket hosszú időn át tartó szerves trágyázás okoz a talajok fizikai tulajdonságaiban.

**Biológiai problémák.** — A különböző talajokban a kórokozók gyakorisága változó. Azt találjuk, hogy homokos talajokon a talajhordozta gyökérbetegségek és a nematódák által okozott veszteségek sokkal komolyabbak, mint agyagtalajokon. Woburn talajon végzett néhány kísérletünkben ezek az okok olyan nagy veszteségeket okoztak, hogy a maximális búzatermés kb. 2,5 t/ha körül volt, míg Rothamsted-ben, ahol a gyökérbetegségek és a nematódák előfordulása sokkal kevésbé jelentős, gyakran érjük el a 7,5 t/ha-t. A talaj hordozta betegségek és a paraziták ellen a talaj részleges sterilizálásával védekezhetünk; az ilyen kezelések arra is alkalmasak, hogy az alacsony talajtermékenység biológiai okainak nagyságát mérjük velük.

A biológiai talaj-problémák felbecslésére az első kísérleteket Windowson [19] végezte. A talaj sterilizálására formaldehidet használt. A kísérlet során vizsgálta a N-műtrágya és az öntözővíz hatását is. Az eredményeket a 4. ábra mutatja be. Nyilvánvaló, hogy a növényeknek több N-re és több vízre volt szükségük, mint amennyit a talaj biztosított. A formalinos kezelés megmutatta a gyökérzetet megtámadó organizmusok nagy hatását; ezek-



3. ábra

Broadbalk-i vetésforgók szemtermésének alakulása különböző N-adagok hatására (N-adagok: 0, 48, 96, 144 kg/ha). Búza a) bab után, b) ugarolás után, c) búza után. Függőleges tengely: szemtermés, t/ha. Vízszintes tengely: kezelések.

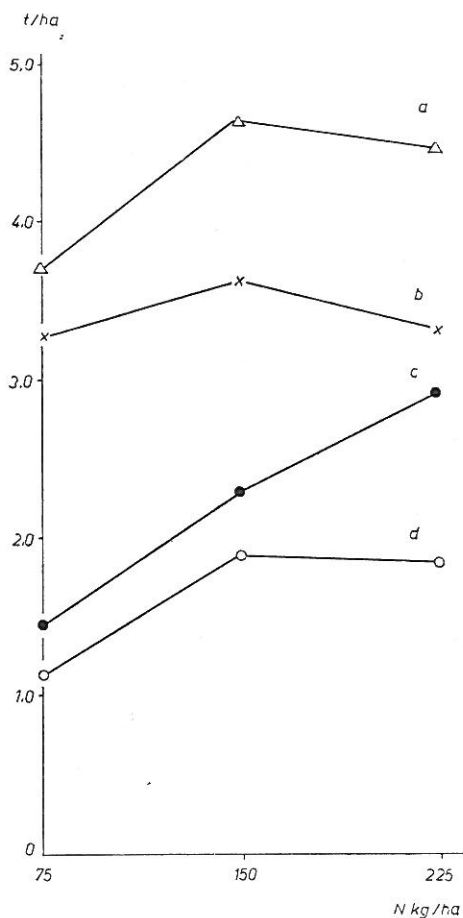
nek az elpusztítás, megfelelő vízellátással együtt, 1 t/ha-ra növelte meg a termés-eredményt. A *Gaeumannomyces graminis* és a *Heterodera avenae* volt az a két organizmus, amelyik a káros hatást kifejtette. Ilyen kísérletekben további bonyodalmat jelent a sterilizálószernek a felvehető-N-re gyakorolt hatása; rendszerint jelentős, körülbelül 60 kg N/ha-nyi többlet N-nek megfelelő növekedés jelentkezik. Más kísérletek, amelyeket WINDOWSON és PENNY írt le [19], azt mutatták, hogy a biológiai problémák előfordulása különböző talajokon nagymértékben változó.

**A különböző talajok termékenysége.** — Olyan területeken, ahol az éghajlat gyakorlatilag azonos, a különböző termőhelyek potenciális terméshezama is egyforma, mivel azt a csapadék mennyisége, a napfény és a hőmérséklet határozza meg. Ténylegesen azonban gyakori tapasztalat, hogy a terméshezamok jelentősen különböznek még optimális műtrágya adagok alkalmazása esetén is. Ennek okai a talaj fizikai tulajdonságaival, a talajszelvény jellegzetességeivel és a növények egészségét befolyásoló biológiai tényezőkkel lehetnek kapcsolatosak. Gyakran az összes tényező szerepet játszhat, és kölcsönhatásban állhatnak mind egymással, mind a tápanyagellátottsággal. Ezért valóban nagyon nehéz felmérni adott területek nagy, vagy kicsi termékenységének az okait; mégis meg kell ezt kísérelnünk, ha a talaj termékenységét a talajtípussal kell kapcsolatba hoznunk. Ez a munka Angliában már megkezdődött; különböző gazdaságokban hasonló kísérleteket folytatnak, és ezek keretében tanulmányozzák azokat a tényezőket, amelyekről úgy vélik, hogy befolyásolják a terméshezamokat.

A problémák nagyságát az 5. ábra mutatja be, mely három kísérleti telepükön folytatott őszi-búzas kísérletek eredményeit ábrázolja. Az ábrán a folyamatosan termesztett búza és a 2 éves szünet után termesztett, azaz a szártőbetegségtől és a szemfoltbetegségtől mentes búza terméseredményeit adjuk meg. A N-műtrágyára való reakció minden adatcsoportban azt mutatja, hogy nem a N-ellátottság a fő okozója a saxmundhami és woburni alacsonyabb hozamoknak. A rothamstedti folyamatossá búza jó hozamai viszont azt jelzik, hogy itt a talajhordozta betegségek nem komoly okai a veszteségnek. A Saxmundham-ban folyamatosan, és a vetésforgóban termesztett búza eredményei közötti kis különbségek arra mutatnak, hogy a talajhordozta betegségek azon a talajon sem komolyak. A woburni nagy különbségek viszont megfelelnek az azzal a talajjal kapcsolatos ismereteink-

nek: a hozam veszteségeit a gyökérbetegségek és a nematódák okozzák. A legjobb woburni és saxmundhami eredmények a rothamstedieknek csupán 2/3-át érik el. A valószínű oka ennek Saxmundhamban a rossz talajszerkezet és a kis víztartó kapacitás, Woburnban pedig a kis vízkapacitás és a biológiai problémák, amelyeket nem lehet a búza termesztés váltásával megakadályozni.

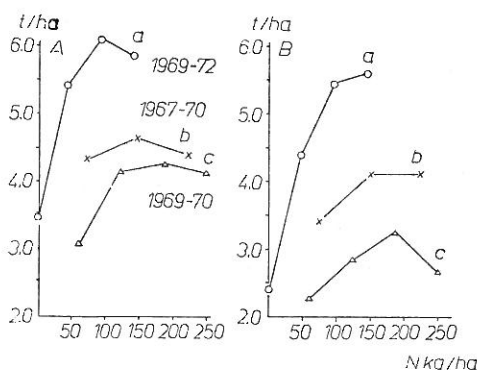
A szántóföldi növénytermesztés legfontosabb problémája az, hogy általában nem sikerül azt a legmagasabb termés-



4. ábra

N-műtrágya, víz és formalin hatása a tavaszi búza szemtermésére. Woburn, 1964. a) Víz + formalin; b) Csak formalin; c) Csak víz; d) Kezeletlen kontroll. Függőleges tengely: szemtermés, t/ha. Vízszintes tengely: N-adag, kg N/ha





5. ábra

Vetésforgóban és folyamatosan termesztett búza terméseredményei (t/ha) három gazdaságban. A. 2 éves szünet után termesztett búza. B. Folyamatos búza. a) Rothamsted; b) Saxmundham; c) Woburn. Vízszintes tengely: N-műtrágya adagok, N kg/ha

hozamot biztosítani, amit az éghajlat lehetővé tenne megfelelő tápanyagellátással és betegség elleni védekezéssel. Rothamstedben a búza és az árpa terméseredményei rendszeresen majdnem kétszeresei az országos átlagnak. Még sok kutatómunka szükséges ahhoz, hogy ennek az okait felderítsük.

### Irodalom

- [1] Agricultural Advisory Council. Modern Farming and the Soil. H. M. Stationary Off. London. 1970.
- [2] ARCHER, J. R. & SMITH, P. D.: The relation between bulk density, available water capacity and air capacity of soils. J. Soil Sci. 23. 475-480. 1972.
- [3] ARNOLD, P. W.: The behaviour of potassium in soils. Proc. Fert. Soc. No. 115. 1970.
- [4] BACHE, B. W. & WILLIAMS, E. G.: A phosphate sorption index for soils. J. Soil Sci. 22. 289-301. 1971.

- [5] BAWDEN, F. C. et al. The Broadbalk Wheat Experiment. Rothamsted Exp. Sta. Rep., 1968. Part 2. 1969.
- [6] BIBBY, J. S. & MACKNEY, D.: Land use capability classification. Agric. Res. Council Soil Surv. Techn. Monogr. No. 1. 27. 1969.
- [7] FINNEY, J. R. & KNIGHT, B. A. G.: The effect of soil physical conditions on the root development of winter wheat. J. Agric. Sci. Cambridge. 80. 425-442. 1973.
- [8] HOOPER, L. J.: The basis of current fertiliser recommendations in England and Wales. Proc. Fert. Soc. No. 118. 1970.
- [9] International Potash Institute. Potassium in Soil. Proc. Ninth Coll. Int. Potash Inst., Landshutt. 1972.
- [10] JOHNSTON, A. E.: The value of residues from long-period manuring at Rothamsted and Woburn. Rothamsted Exp. Sta. Rep., 1969. Part 2. 1970.
- [11] JOHNSTON, A. E.: The effects of ley and arable cropping systems on the amounts of soil organic matter in the Rothamsted and Woburn ley-arable experiments. Rothamsted Exp. Sta. Rep., 1972. Part 2. 1973.
- [12] LOW, A. J.: The effect of cultivation on the structure and other physical characteristics of grassland and arable soils (1945-1970). J. Soil Sci. 23. 363-380. 1972.
- [13] LOW, A. J.: Soil structure and crop yield. J. Soil Sci. 24. 249-259. 1973.
- [14] Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Residual Value of Applied Nutrients. Techn. Bull. 20. London. 1971.
- [15] NAAS. Fertiliser recommendations for agricultural and horticultural crops. NAAS Advisory Papers. No. 4. 1967.
- [16] SALTER, P. J. & WILLIAMS, J. B.: The influence of texture on the moisture characteristics of soils. II. Available water capacity and moisture release characteristics. J. Soil Sci. 16. 310-317. 1965.
- [17] SALTER, P. J. & WILLIAMS, J. B.: The influence of texture on the moisture characteristics of soils. IV. A method of estimating the available water capacities of profiles in the field. J. Soil Sci. 18. 174-181. 1967.
- [18] TALIBUDEEN, O.: Exchange of potassium in soils in relation to other cations. In: Potassium in Soil. Proc. Ninth Coll. Internat. Potash Inst., Landshutt. 97-112. 1972.
- [19] WIDDOWSON, F. V. & PENNY, A.: The effects of partially sterilising agricultural soils with formalin and of applying nitrogen fertilisers, on the yields and N contents of spring and winter wheat, and of barley and of grass. Rothamsted Exp. Sta. Rep., 1969. Part 2. 113-134. 1970.
- [20] WILKINSON, B.: Tillage: soil management, nutrient requirements and crop yields. Chemistry and Industry. 420-424. 1973.

COOKE, G. W.

Érkezett: 1973. október 4.