

Földrajzi információs-rendszereken alapuló, termőhely-specifikus K-műtrágyázási szaktanácsadás

A K-műtrágyázás célja a talajok K-szolgáltatása és a növények K-szükséglete között fennálló különbségek kiegyenlítése, valamint az, hogy a növényeknek valamennyi fejlődési stádiumban kielégítő K-készletet lehessen biztosítani.

Ha a műtrágyát gazdaságossági és ökológiai szempontból egyaránt optimalisan kívánjuk alkalmazni, akkor ezt a különbséget a lehető legpontosabban kell meghatározni. A szaktanácsadás konvencionális eszközei - mint pl. a talajvizsgálati eredmények, a tápanyagfelvételi táblázatok és a tápanyagmérlegek - csak megközelítő adatokat szolgáltatnak a talaj K-készletéről és a növények K-igényéről.

A K-műtrágya-szükséglet közép- és hosszútávú pontos előrejelzése azonban az egyes mezőgazdasági üzemek mindenkori talaj-, klimatikus és művelési feltételei mellett a talaj-növény-rendszer trágyareakciójának további szélesebb körű ismeretét tételezi fel. A következőkben ismertetjük, hogyan lehet ezekre az ismeretekre szert tenni és hogyan lehet ezeket egy "Földrajzi információs rendszer"-en keresztül a K-műtrágyázás termőhely-specifikus optimalizálására felhasználni.

Termőhelyi tényezők és a kálium hasznosulása

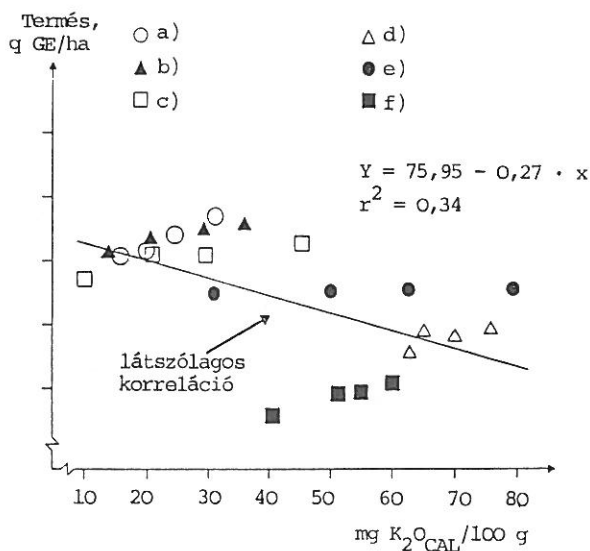
A talajban lévő K-tápelem felvehetősege a növény számára igen sok tényezőtől függ, és pedig a kicserélhető kálium készletétől, a nem-kicserélhető K-tartalékoktól, a szemcseméret-eloszlástól, az agyagtartalom és agyagásvány-összetételtől, a talajszerkezettől, a szervesanyag-tartalomtól, az effektív gyökérszóna mélységétől, a víz-, hő- és gázháztartástól, és a növények specifikus K-felvevő képességétől.

Ezeknek a tényezőknek a változó együttes hatása a különböző termőhelyeken azzal a következménnyel jár, hogy a szabadföldi kísérletekben talajvizsgálattal meghatározott K-készlet és a növények K-felvétele ill. terméseredménye között erős, de a termőhelytől is függő összefüggés áll fenn

/SCHLICHTING és SUNKEL, 1971/. Így ORLOVIUS /1985/ Dél-Németország kötött talajain végzett többéves szabadföldi kísérletek példáján ki tudta mutatni, hogy minden egyes megvizsgált termőhely esetében a talaj K-készlete és a növényi terméshozam között jellegzetes kapcsolat áll fenn /1. ábra/. További sokéves szabadföldi kísérletek adataival támasztotta alá ANDRES /1990/, hogy ez a differenciálódás még hasonló agyagtartalmú talajoknál is fellép.

Ha az 1. ábra valamennyi mérési pontját bevonnánk a számításba, akkor arra az eredményre jutnánk, hogy a talaj K-ellátottságának növelése semmilyen előnnyel nem jár a termésre vonatkozóan, annak ellenére, hogy mind a

hat termőhelyen terméstöbbletet mértek. Ezért az olyan munkák, melyekben a különböző termőhelyek terméseredményeit, illetve a trágyázással elért terméstöbbleteket a talajok K-készletével állították szembe /lásd SCHACHTSCHABEL, 1985/, nem szolgálhatnak biztos alapként a talaj K-ellátottságának termőhely-specifikus megítélésénél.



1. ábra

A terméshozam és a talaj K-készlete közötti összefüggés a különböző talajtípusokon. Talajtípus és /agyag %/: a/ Réti talaj /folyóvizek mellett/ /30 %/; b/ Barnaföld /24 %/; c/ Réti talaj /37 %/; d/ Pszeudoglej /34 %/; e/ Barnaföld /37 %/; f/ Pelosol /39 %/. Vízszintes tengely: a talaj K-készlete

WEHRMANN és KUHLMANN /1983/ kísérleti eredményeiből is látható, hogy a talajok K-trágya-reakcióját is rendkívüli mértékben befolyásolják a termőhelyi tényezők, melyeket a műtrágyázási szaktanácsadás hagyományos rendszerében - ami a talajvizsgálati eredményeken alapul - nem vesznek figyelembe: 24, cukorrépával végzett K-műtrágyázási kísérletben a különböző termőhelyek trágyázási optimuma 0 és 500 kg K_2O/ha között ingadozott, függetlenül attól, hogy a talajok melyik ellátottsági szinthez /csoporthoz/ tartoztak.

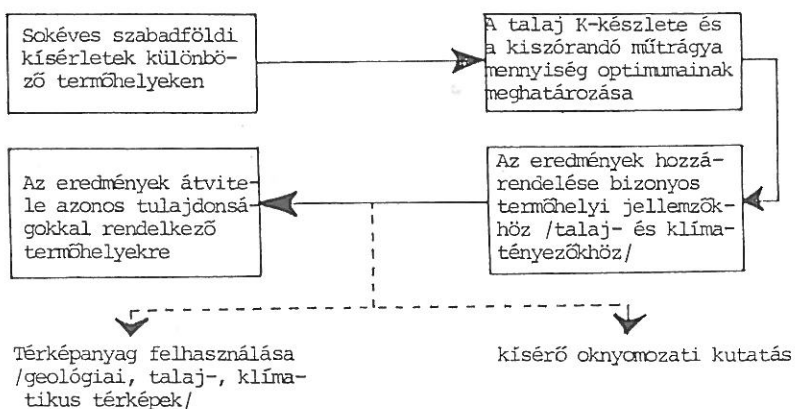
Az egyes mezőgazdasági üzemek számára készítendő műtrágyázási szaktanácsokra vonatkozóan a fentiekből levonható következtetés, hogy feltétlenül szükséges a K-műtrágyázási szaktanácsok pontosságának fokozása és ezt csakis úgy lehet elérni, ha a talajvizsgálati eredmények interpretációjánál további termőhelyi tényezőket is figyelembe veszünk.

A termőhelyi tényezők trágyázási szaktanácsokba való bevonásának lehetőségei

Amíg nem sikerül valamennyi, a K-háztartásra befolyást gyakorló termőhelyi tényező kölcsönös hatását kvantitatív módon értékelni, addig a talaj optimális K-ellátottságának és a felhasználandó K-műtrágya mennyiségének a

meghatározásához a legfontosabb adatbázist a sokéves szabadföldi kísérlet szolgáltatja. Az így nyert adatok valamennyi termőhelyi tényező hatásának és kölcsönhatásának összegét ill. eredőjét adják, beleértve az évenként változó időjárást is.

A Mezőgazdasági Vizsgáló és Kutatóállomások /LUFA/ által alkalmazott műtrágyázási szaktanácsadási rendszerben, amely a talajvizsgálati eredményeken alapul, a legjobb esetben is csak a talajok agyagtartalma szerint /ritkán a humusztartalma szerint is/ csoportosítják a kísérleti termőhelyeket. Az így nyert csoportok eredményeiből meghatároznak középértékeket, melyek segítségével az elérendő ellátottsági fokozatot, illetve a felhasználandó K-műtrágya mennyiségét ki lehet számítani. Eközben a gazdálkodó számára döntő fontosságú, termőhelyre vonatkozó specifikus információ és ezzel együtt a termőhely-specifikus K-műtrágyázás tulajdonképpeni előfeltétele veszendőbe megy.



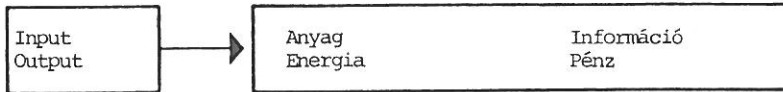
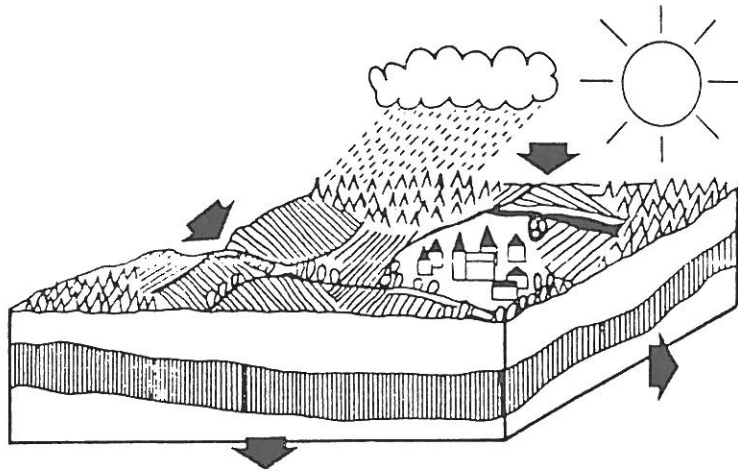
2. ábra

A termőhelyi tényezők bevonása a K-műtrágyázási szaktanácsadásba

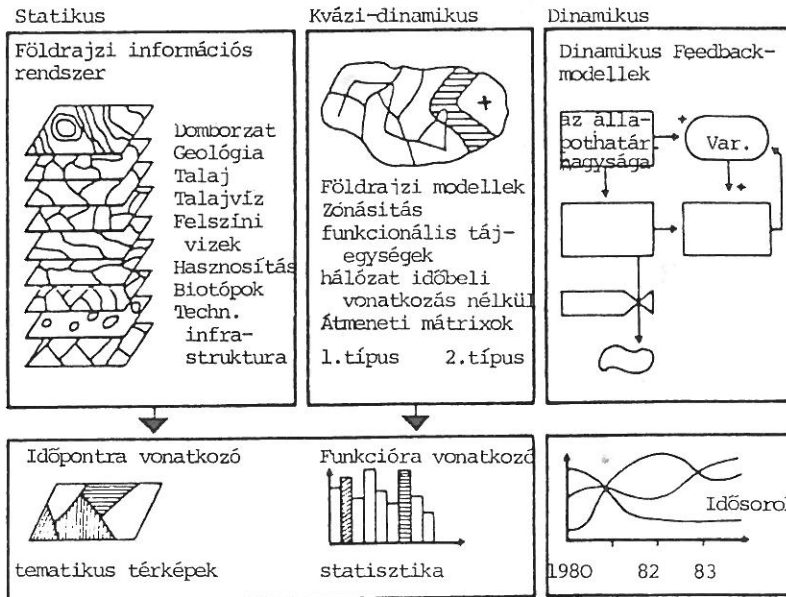
Sokkal hatékonyabb lehetőség, ha a szabadföldi kísérlet eredménye speciális, egyéni üzemi információként felhasználhatóvá válik minden olyan gazdálkodó részére, aki hasonló termőhelyen gazdálkodik. A 2. ábrán bemutatjuk, hogyan lehet ezt az elképzelt modellt egy praktikus szaktanácsadási rendszerbe átvinni. Különböző termőhelyeken, sokéves szabadföldi kísérletek keretében meghatározták a talaj K-készletének és a szükséges K-műtrágya mennyiségének mindenkori, a termőhelyre tipikus optimumát. Ehhez kapcsolódva pontosan leírják azokat a termőhelyi feltételeket, amelyek mellett a fenti eredményt elérték. A következő lépésben - alkalmas térképek felhasználásával - valamennyi hasonló tényező hatása alatt álló és hasonló K-dinamikával rendelkező területet meg lehet határozni és térképen ábrázolni. Az ilyen térképről a gazdálkodó és a szaktanácsadó a talajok optimális K-ellátottságára és a K-műtrágyázásra vonatkozóan kísérletileg igazolt adatokat olvashatnak le, jól definiált talaj és klimatikus tényezők mellett.

Földrajzi információs rendszerek a műtrágyázási szaktanácsadásban

Ha a különféle térképekről származó információkat manuálisan akarjuk kombinálni, akkor ez igen időigényes. Célszerű viszont egy földrajzi információs rendszer felhasználása /3. ábra/.



Ábrázolási modellek és eredmények



3. ábra

Tájegység földrajzi információs rendszeren belüli modellezése /SCHALLER és SPANDAU /1987/ nyomán/

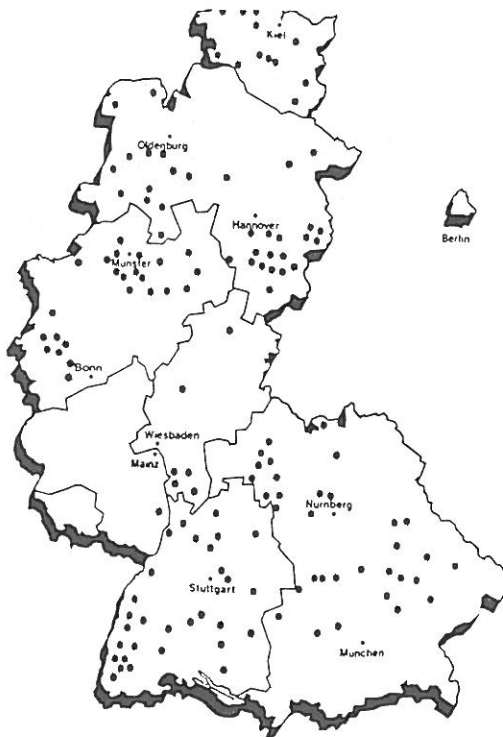
A földrajzi információs rendszerek számítógépes rendszerek, amelyek segítségével meghatározott területekre vonatkozó adatokat rögzítenek, elemeznek, majd kiírják.

A cél a számítógép segítségével valódi tájakat modellszerűen ábrázolni. Ez történhet tematikus térképek formájában, amelyek a táj bizonyos jellemzőinek /pl. domborzat, talajhasznosítás, geológia, talajtípusok, stb./ egy területen történő elterjedtségét adják meg. Ezen felül a tematikus térképeket kombinálni is lehet és így módon lehet ábrázolni olyan felületeket, amelyek a kívánt jellemző-kombinációval, ill. termőhelyi tényező-kombinációval rendelkeznek. Ezeket a felületeket funkcionális térbeli egységeknek kell tekinteni, s így azonos K-forgalommal rendelkeznek. A földrajzi információs rendszerek szerkezetének és funkciójának részletes leírását SCHALLER /1987/ közli.

A grafikus adatfeldolgozás területén elért rendkívüli előrehaladást felhasználva, a Kali und Salz AG Mezőgazdasági Tanácsadó Szolgálat új eljárást dolgozott ki a K-műtrágyázási szaktanácsok rögzítésére és továbbadására /ANDRES és ORLOVIUS, 1988/.

A termőhely-specifikus K-műtrágyázási szaktanácsadás alapjai:

a/ egy sűrű, kb. 150 K-tartamkísérletet felölelő hálózat, amelynek az NSZK-n belül majdnem minden mezőgazdaságilag hasznosított körzetben van kísérleti állomása. Az innen származó adatok azok az empirikus alapadatok, amelyek a talajok K-ellátottságának és K-trágyázásának gazdasági és ökológiai optimuma meghatározásához elengedhetetlenek /4. ábra/;



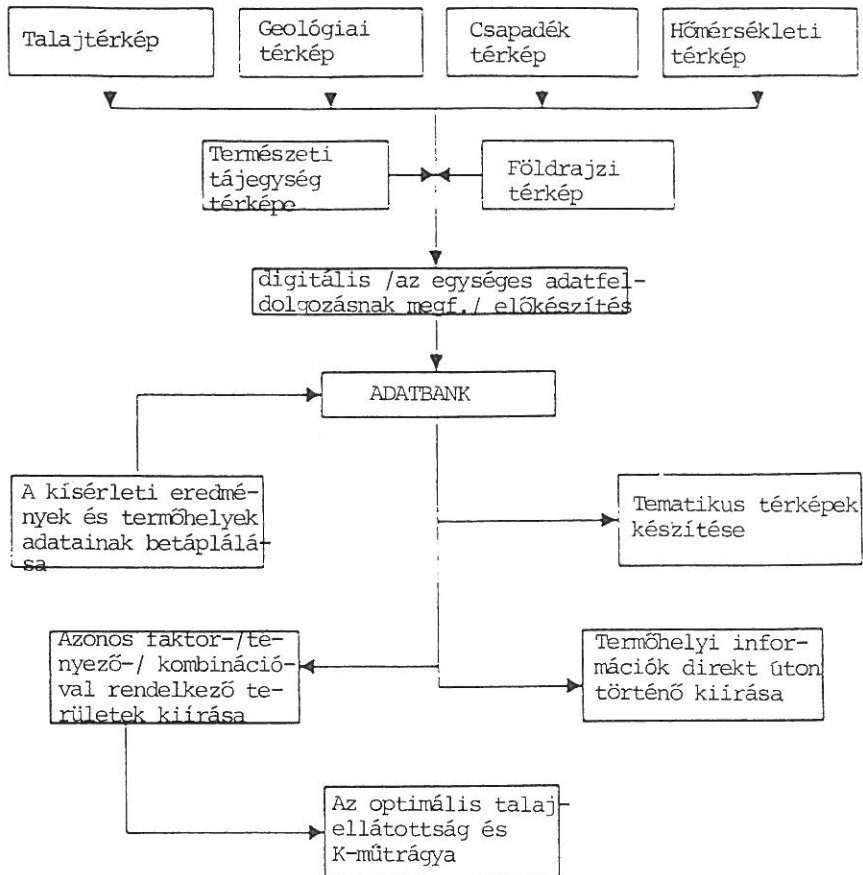
4. ábra

A Kali und Salz AG szabadföldi kísérletei az NSZK területén szántóként használt talajokon

b/ egy földrajzi információs rendszer, amelyben a talaj- és klimatényezőkre vonatkozó, a területet befedő információkat különféle tematikus térképek alakjában, digitálisan tárolják.

Ennek az információs rendszernek a szerkezetét - melyet a gyakorlati szaktanácsadásban "KALIPROG" név alatt használnak - az 5. ábrán láthatjuk.

A térképanyag földrajzi információs rendszerre támaszkodó feldolgozásának előfeltétele a térképen megadott jellemzők /kvalitatív jellemzők, pl. a talajtípus; és kvantitatív jellemzők, pl. a csapadék mennyisége/ digitalizálása, azaz a térképen szereplő adatok kódolása. Ebből a célból a vizsgált terület határainak és/ill. szintvonalainak koordinátáit polygon-vonalak formájában egy derékszögű koordináta-rendszerben veszik fel és a pontokhoz tartozó értékeket numerikus alakban adják be az adattárolóba. Ezután a polygon-vonal ábrákat megfelelő számítógépi programok segítségével ún. rács-/raster/térképekre viszik át. A digitális térképfeldolgozásra vonatkozóan részletes leírást és irodalmi áttekintést találhatunk BACH /1987/ munkájában.



5. ábra

A digitális termőhely-információs rendszer /KALIPROG/ szerkezete

Miután az volt a követelmény, hogy egy, az NSZK egész területét átfogó és ugyanakkor termőhely-specifikus K-trágyázási szaktanácsadást lehessen kialakítani, a kiválasztott térképanyagnak FRANZLE /1983/ szerint a következő feltételeknek kellett megfelelnie:

- a térképanyag az egész területet fogja át;
- valamennyi adat, direkt vagy indirekt úton, álljon összefüggésben a termőhely kódjével; és
- az adatok legyenek bárki számára hozzáférhetőek.

Az NSZK-ban jelenleg csak az 1:1 000 000, ill. az 1:2 000 000 méretarányú geológiai és klimatikus térképek elégitik ki a fenti három követelményt. A tartamkísérletek /azaz legalább 6 évig ill. 2 vetésforgó ciklusig végzett kísérletek/ eredményeinek adott területre történő interpretálására - kompromisszumos megoldásként - 1:1 000 000 léptékű feldolgozást választottak.

A rács-/raster/-térkép előállítására olyan hálózatot vettek fel, amelynek szegmensei 1 mm hosszúak. Az 1:1 000 000 léptékű térképek esetében ez a valóságban 1 km-nyi távolsággal egyenlő. Így mindegyik rácselem egy 1 km²-es felületnek felel meg.

A rendszer kartográfiai alapjait az 1. táblázat tartalmazza. A geológiai, talajtani és klimatikus térképeket közigazgatási határokkal és természeti egységekbe való beosztással egészítettük ki.

1. táblázat

A KALIPROG termőhelyi információs rendszer kartográfiai alapjai

A térkép megnevezése, léptéke	A térképet készítette	Az adatok digitalizálását elvégezte
Az NSZK talajtérképe 1:1 000 000	HOLLSTEIN /1963/	Természetvédelmi és tájökölógiai Szövetségi Kutatóintézet
Az NSZK talajtérképe 1:1 000 000	ROESCHMANN /1986/	A geológiai tudományok és nyersanyagok kutatását végző Szövetségi Intézet
Az NSZK geológiai térképe 1:1 000 000	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe /1988/	A geológiai tudományok és nyersanyagok kutatását végző Szövetségi Intézet
Közepes évi csapadékmennyiség /mm/év/ 1:2 000 000	SCHIRMER /1979/	KALI und SALZ AG.
Közepes évi levegő hőmérséklet /°C, év/ 1:2 000 000	SCHIRMER /1985/	KALI und SALZ AG.
Németország természeti tájegységei 1:1 000 000	MEYNEN et al. /1962/	KALI und SALZ AG.
Közigazgatási határok 1:1 000 000	VGRENZ /1987/	Alkalmazott Geodéziai Intézet

A termőhelyi információs rendszer lehetőséget nyújt a következőkhöz:

- meghatározott koordinátákon elhelyezkedő, különálló termőhelyi adatokat egyenként le lehet hívni,
- különböző térképekről származó jellemzőket kombinálni lehet,
- azonos termőhelyi kód-kombinációval rendelkező felületeket a képernyőn, vagy a printer segítségével ábrázolni lehet, és ezáltal
- a sokéves tartamkísérletek eredményeihez hozzá lehet rendelni olyan felületeket, melyeknél a talajban az elérendő K-készlet, vagypedig a kiszórandó, gazdaságilag optimális K-műtrágya mennyisége azonos a tartamkísérletekével /lásd 5. ábra/.

Most egy sokéves tartamkísérlet példáján a kidolgozott eljárás esetében követendő munkamódszert mutatjuk be.

A "KALIPROG" nevű termőhelyi információs rendszer alkalmazásának elve

A "KALIPROG"-gal végzett, a termőhelyi adottságokhoz illeszkedő K-műtrágyázási szaktanácsadási eljárás alkalmazásának alapelve bemutatásához először is a Westfáliai Alföldön fekvő sokéves tartamkísérlet /Lüdinghausen/ adatait mutatjuk be.

A kísérleti hely talaja pseudoglejes barnaföld /Parabraunerde/, mely a Saale-jégkorszaki hordalékos agyagon képződött. További adatok a termőhelyre vonatkozóan a következők:

Földrajzi fekvés	Lüdinghausen
Község	Coesfeld
Körzet /Járás/	Westfáliai Alföld
Nagytáj	Kernmünsterland
Természeti tájegység	747 mm
sokévi átl. évi csapadék	9,3 °C
sokévi átl. évi középhőm.	elglejesedett barnaföld
Talajtípus	/Pseudovergleyte Parabraunerde/
geológiai anyakőzet	hordalékagyag
talajértékszám	SL 3 D 59/60

A kísérlet ún. statikus trágyázási kísérlet, 50 m²-es parcellákkal és 4-szeres ismétléssel. A kísérlet indulásakor a K-érték 21 mg K₂O_{CAL} volt

2. táblázat

A Lüdinghausen-i szabadföldi műtrágyázási kísérlet eredményei /1979-1989/

K-trágyázás kg K ₂ O/ha/év	Terméshozamok g/ha			A talaj K-ellátottsága /a 3 utolsó kísérleti év kontrollja/		
	Cukor- répa	Őszi buza	CCM	CAL	CaCl ₂	EUF I/II
<u>Mellékterméseket eltávolítják a szántóföldről</u>						
0	98,1	34,5	78,9	9	4	4/2
150	115,1	84,7	90,1	17	7	8/4
300	117,9	84,1	93,4	22	11	11/5
<u>Melléktermések a szántóföldön maradnak</u>						
0	98,1	30,3	80,3	11	6	5/3
150	116,2	81,9	93,2	17	9	6/5
300	115,7	84,7	97,0	28	15	15/6

/2. táblázat/. A vetésforgóban cukorrépa, ill. kukorica és gabona szerepelt. Azért, hogy a különböző művelési rendszereknek a K-trágyázási optimumra gyakorolt hatását meg lehessen határozni, a kísérletet két blokkba osztották: az első blokkban a termés betakarítása után a melléktermékeket /a cukorrépa levelét, ill. a kukorica és a gabona szalmáját/ elszállították a parcellákról, a második blokkban ezeket a talaj felszínén hagyták.

A kísérlet 11 éve alatt, az éppen aktuális ár- és költségrejelációkat tekintetbe véve, a következő eredményeket kaptuk:

- ha a melléktermékeket elszállították a parcellákról - ebben a sok melléktermést szolgáltató vetésforgóban -, a legmagasabb marginális hasznot 300 kg K₂O/ha/év K-műtrágya mennyiséggel értük el. A talajvizsgálati értékek a pozitív tápanyagmérleg /+ 90 kg K₂O/ha/év/ ellenére, majdnem konstansek voltak. Ha a vetésforgó növényeinek eltérő K-reakcióját is tekintetbe vesszük, akkor ezt a marginális hasznot még növelni lehetne, úgy, hogy a cukorrépa és a kukorica 300-300 kg K₂O/ha, az őszi búza pedig 150 kg K₂O/ha adagnyi K-műtrágyát kapna.

- Ha a melléktermékek a szántóföldön maradnak, a vetésforgó átlagában az ásványi K-műtrágya optimuma 150 kg K₂O/ha/év mennyiségre csökken. A K-talajvizsgálati értékek a pozitív tápanyagmérleg ellenére /+ 70 kg K₂O/ha/év/ csökkennek. A változatlanul rendkívül magas marginális haszon cukorrépa és gabona esetében 150 kg K₂O/ha kukorica esetében 300 kg K₂O/ha adagnál érme el a maximumot. Ezáltal a talajok K-készletének stabilizálását is el lehet érni /ökológiai és gazdaságossági optimum/.

A kísérlet azt mutatja, hogy teljesítőképes termelési rendszerekben egy, a termőhelyi adottságokhoz illesztett ásványi K-trágyázás akkor is tud termés- és nyereségtartalékokat mobilizálni, ha a talaj káliummal viszonylag jól ellátott. Ezen felül figyelembe kell venni, hogy a más szerzők /SCHACHT-SCHABEL, 1985/ által ajánlott, csak a tápelemek visszapótlásán alapuló gazdálkodás, a vizsgált termőhelyen sem az optimális termés realizálását, sem a talaj termékenységének fenntartását nem biztosítja.

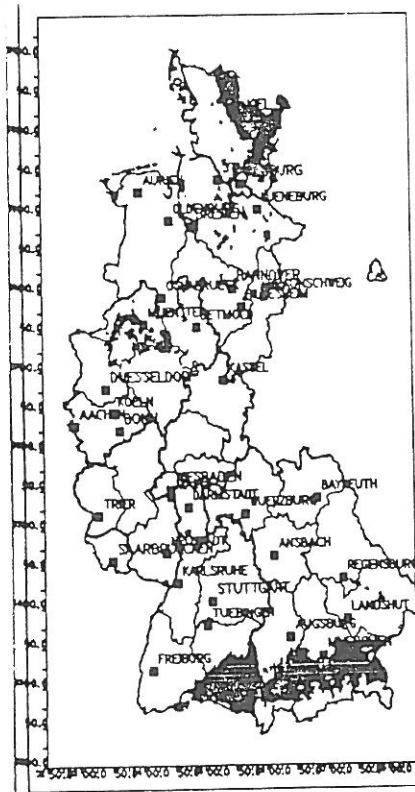
Arra kell törekednünk, hogy a kísérleti eredményeket a mezőgazdasági üzem termelési technológiája számára használtsuk. Ebből a célból a termőhelyi információs rendszer segítségével valamennyi olyan területet, mely kartográfiai azonos termőhelyi feltételekkel /kódkombinációval/ rendelkezik, mint maga a szabadföldi kísérlet, ki kell választani.

A 6. ábra alapján látható, hogy a pleisztocén kor folyamán Észak- és Dél-Németországban igen nagy területeket fedett be az agyagos üledék: ilyen talajok az NSZK-ban 2 millió hektárt foglalnak el. Azonban, ezeknek a talajoknak csak egy része rendelkezik ugyanolyan termőhelyi-ökológiai tulajdonságokkal, mint a bemutatott szabadföldi kísérlet.

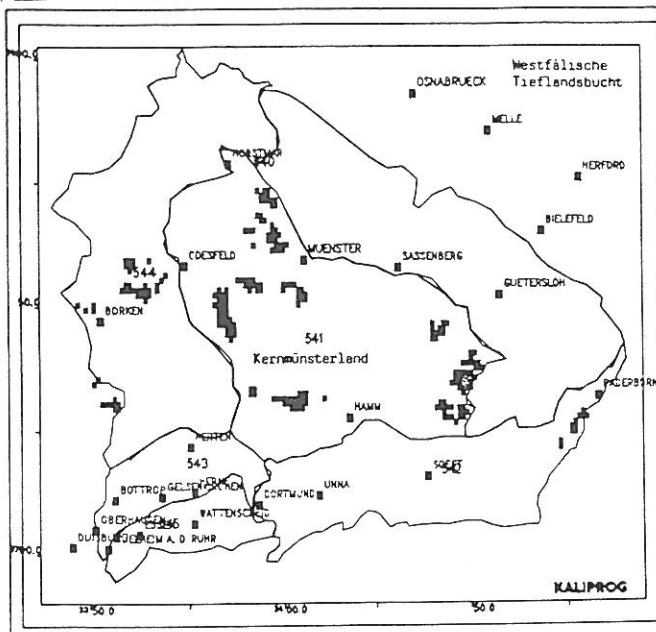
A kísérlet potenciális érvényességi tartományának megállapítása céljából a következő talaj- és klimatjellemzőket kombináltuk:

talajtípus	pseudoglejes barnaföld
anyagközet	/Pseudovergleyte Parabraunerde/
évi csapadék	agyagos üledék a Saale-jégkorszakból
évi középhőmérséklet	700-800 mm
	9-10 °C

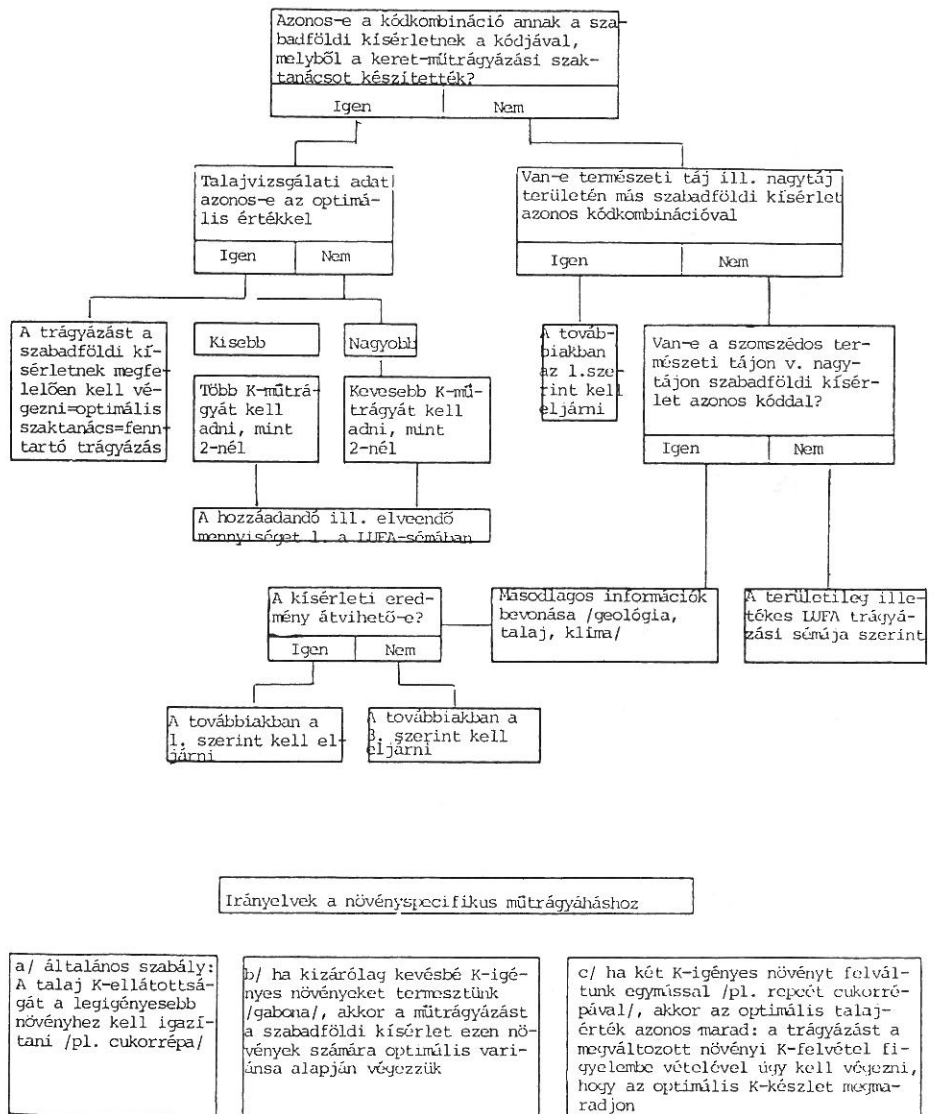
Ezeknek a jellemzőknek a kombinációja az NSZK-ban kb. 24 700 ha-on áll fenn /7. ábra/. Amint a kísérlet maga is, ugyanúgy valamennyi azonos jellemzőjű terület a Westfáliai Alföldön fekszik, de a 6. ábrához viszonyítva, a kiválasztási kritériumok szigorúbb volta miatt, a terület kiterjedése - még az azonos tájegységen belül is - csökkent. A számított érvényességi tartományon belül, az adott termőhelyi és gazdálkodási körülmények ismeretében, a gazdálkodó és a szaktanácsadó kísérletileg igazolt információkat kap a talajok K-ellátottságának és a K-műtrágya mennyiségének pontosabb meghatározása céljából.



6. ábra
 A Pleisztocén kor agyagos üledékein
 keletkezett talajok
 /Terület: 19 683 km²/



7. ábra
 A Lüdighausen-i
 szabadföldi kísérlet
 potenciális érvényes-
 ségi tartománya
 /Westfáliai Alföld/



8. ábra

Döntési diagram a digitális termőhely-információs rendszeren alapuló, tábla-specifikus K-műtrágyázás részére

A műtrágyázás megtervezésénél az egyes termőhelyek specifikus tápanyag-dinamikájának tekintetbe vétele döntő előfeltétele a műtrágyák hatékony alkalmazásának a növénytermesztésben.

Az ebből a célból kifejlesztett, "termőhely-specifikus K-műtrágyázási szaktanácsadás" a "KALIPROG" segítségével, a következő modellen alapszik:

- azonos termőhelyi jellemző-kombinációval /kódkombinációval/ rendelkező termőhelyek a talajok K-tartalékára és az alkalmazandó K-műtrágya mennyiségére vonatkozóan, azonos optimális értékeket mutatnak;

- az egymástól eltérő termőhelyi tényező-kombináció a talaj K-készletére és az adandó K-műtrágya mennyiségére vonatkozóan más-más optimumot eredményez. Kivétel: ha az eltérések kismértékűek, vagy pedig egymás hatását ki-küszöbölik;

- funkcionális területegységeket /pl. azonos K-forgalommal rendelkező talajokat/ egy földrajzi információs rendszerbe lehet összefoglalni.

Az egész rendszer teljesítőképesége döntő mértékben függ a szabadföldi kísérleti hálózat sűrűségétől, az adatbankban tárolt térképek léptékétől. Az 1:1 000 000 léptékű felületre vonatkozó információs rendszerek rendkívüli mértékben összevontak. Az NSZK termőhelyi viszonyainak kisebb területeken belüli változékonyságát tekintve, az ilyen információs rendszerek a kijelölt területre vonatkozóan csak egy ún. keret-műtrágyázási szaktanácsot képesek nyújtani. A helyi ismeretekkel rendelkező szaktanácsadó feladata ezeket a keret-szaktanácsokat módosítani, ha az egyes táblákon eltérő termőhelyi, ill. gazdálkodási feltételek uralkodnak. Ezt a munkát egy döntési diagram könnyíti meg /8. ábra/.

Ha egy földrajzi információs rendszert nagykiterjedésű területen akarunk felhasználni, lehetőleg sok szabadföldi kísérletet kell kiértékelni és ezek érvényességi tartományait ki kell számítani. Ily módon fel lehet ismerni azokat a területeket, melyekre nézve már most is rendelkezünk a talajvizsgálatok alapján meghatározott K-trágyázási szaktanácsoknál pontosabbakkal. Ugyanakkor világossá válik, hogy melyek azok a területek, ahol még a jövő feladata a K-műtrágyázás optimalizálásához adatokat gyűjteni. Ezáltal a "KALIPROG"-hoz hasonló információs rendszerek nemcsak a termőhelyi adottságokhoz alkalmazkodó trágyázási szaktanácsadás területén jelentenek előrelépést, hanem a kísérletek megtervezésében is segítenek.

Irodalom

- ANDRES, E., 1990. Die Bedeutung des Kali-Bodenvorrates für das Ertrags-geschehen im Hinblick auf eine standortbezogene Optimierung der Düngung. VDLUFA-Schriftenreihe, Kongressband.
- ANDRES, E. und ORLOVIUS, K., 1988. EDV-gestützte, standortbezogene Dünge-beratung für Kalium auf der Basis langjähriger Feldversuche. VDLUFA-Schriftenreihe. 23. Kongressband 1988. 239-261.
- BACH, M., 1987. Die potentielle Nitrat-Belastung des Sickerwassers durch die Landwirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland. Dissertation. Landw. Fakultät der Universität Göttingen, Fachgebiet Bodenkunde.
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, 1988. Geologische Karte der Bundesrepublik Deutschland 1:1 000 000. Herausgeber.
- FRANZLE, O., 1983. Regional repräsentative Auswahl der Böden für eine Umweltdatenbank - Exemplarische Untersuchung am Beispiel der Bundesrepublik Deutschland. Umweltforschungsplan des Bundesministers des Innern, Forschungsbericht 106 05 028
- HOLLSTEIN, W., 1963. Bodenkarte der Bundesrepublik Deutschland 1:1 000 000. Herausgegeben von der Bundesanstalt für Bodenforschung.

- MEYNEN, E. et al., 1962. Handbuch der Naturräumlichen Gliederung Deutschlands. Bd. 1 u 2. Selbstverlag der Bundesanstalt für Landeskunde und Raumordnung, Bad Godesberg.
- ORLOVIUS, K., 1985. Mehrjährige Feldversuchsergebnisse zum Einfluss unterschiedlicher K-Gehalte im Boden auf den Ertrag schwerer Böden in Baden-Württemberg. Landw. Forsch. 37. Kongressband 1984. 674-681
- ROESCHMANN, G., 1986. Bodenkarte der Bundesrepublik Deutschland 1:1 000 000. Herausgegeben von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe.
- SCHACHTSCHABEL, P., 1985. Beziehung zwischen dem durch K-Düngung erzielbaren Mehrertrag und dem K-Gehalt der Böden nach Feldversuchen in der Bundesrepublik Deutschland. Z. Pfl. Ernähr. Bodenk. 148. 439-458.
- SCHALLER, J., 1987. Anwendung flächenbezogener Informationssysteme für aktuelle Fragen des Bodenschutzes. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 53. 61-67.
- SCHIRMER, H., 1979. Mittlere Niederschlagshöhen /mm/, Jahr. in: SCHIRMER, H. und U. VENT-SCHMIDT: Das Klima der Bundesrepublik Deutschland, Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach/M.
- SCHLICHTING, E. und SUNKEL, R., 1971. Nährstoffgehalte und Düngewirkung in einigen Böden Württembergs. Landw. Forsch. 24. 170-192.
- VGRENZ, 1987. Digitale Datenbank der administrativen Grenzen der Bundesrepublik Deutschland 1:1 000 000. Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt.
- WEHRMANN, J. und KUHLMANN, H., 1983. Kali düngen ohne Rücksicht auf die Gehaltsklassen. DLG-Mitt. 98. /23/ 1278-1280.

E. ANDRES
 Kali und Salz AG
 Mezőgazdasági Tanácsadó Szolgálat,
 Kassel /Németország/

Erkezett: 1990. július 16.