

VITARÓVAT

Növényanalízis alkalmazása az agrokémiai szaktanácsadásban és kutatásban

KÁDÁR IMRE

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

Az utóbbi években mind itthon, mind külföldön tanúi lehettünk a növényanalízis előretörésének, az agrokémiai szaktanácsadásban és kutatásokban. E módszer a többéves kultúrákban (szőlő, gyümölcs) már korábban is elterjedt, hazánkban a Balatonboglári Á.G.-ban EIFERT és BÁLÓ még az 1960-as évek elején bevezette a szaktanácsadásba. Alkalmazása azon a felismerésen nyugszik, hogy a növényi növekedés az ásványi tápelemek koncentrációjának is függvénye, melyet meghatározott növényi szervek a fejlődés stádiumaiban tükröznek. A növényelemzés feladata tehát, hogy következtetéseket vonjon le a növényi tápelemtartalom adataiból az illető növény tápláltsági állapotára, ezen keresztül a talaj tápanyagszolgáltatására és trágyaigényére.

Fogalom meghatározások

A növény, illetve a termés elemzésének célja többféle lehet. A legáltalánosabban fogalmazva ezek a vizsgálatok irányulhatnak az egyes fizikai (pl. szilárdság, súlypont, fényelnyelés, stb.), biológiai (pl. biológiai terméselemzés), kémiai vagy egyéb paraméterek leírására, jellemzésére. Az agrokémiai szakirodalomban a kémiai növényelemzés fogalma, annak célját és módszerét tekintve, szintén összetett és több irányú. A továbbiakban eltekintünk a szerves növényi összetevők vizsgálatától és csak az ásványi tápelemtartalommal összefüggő kémiai növényanalízissel foglalkozunk, amely a növény ásványi tápelemszükségletéről információt szolgáltat. Az utóbbi, az ásványi tápelemtartalom megállapítását célzó vizsgálatok, kémiai növényelemzések főbb változatai a következők lehetnek:

1. A betakarított termés tápelemtartalmának megállapítása

A növényanalízis ilyen irányú alkalmazása, történetileg szemlélve, meglehetősen régi keletű. Már a nagy francia botanikus SAUSSURE [26] megkísérelte a növény tápanyagszükségletét szöveteinek kémiai elemzése alapján meghatározni. A múlt század második felében, főként LIEBIG [19] és WOLF [30] munkássága nyomán, a betakarított termések tápanyagtartalmát, a „kivont” tápanyag-mennyiségeket vették alapul, hogy ne vakon trágyázzanak. A tápanyagmérleg elve, a tervezett termés tápelemszükségletének biztosítása trágyák

útján, mind a mai napig a trágyázási szaktanácsadás alappillére maradt. A termés tápelemtartalmának ismerete, illetve az egységnyi főtermék és a hozzátartozó melléktermék előállításához szükséges fajlagos tápelemigény ugyan nem azonos a trágyaigénnyel (utóbbit pl. a talajtulajdonságok, elsősorban a talaj tápanyagállapota módosítja), első megközelítésben azonban a trágyaigényről is informál. Tápanyagmérlegek felállításában, a talaj-növény-trágya rendszer anyagforgalmának vizsgálatában, a termékkel felvett tápelemek ismerete alapvető mind az agrokémiai szaktanácsadás, mind a kutatás számára, ezért ilyen irányú növényelemzés intenzíven folyik hazánkban egyre több növényfajra és tápelemre kiterjesztve.

2. *Vizuális diagnosztika a növény tápláltsági állapotának vizsgálatára*

A vizuális diagnosztika ugyan nem kémiai növényelemzés, de fogalma összefonódott az utóbbival. A diagnosztikai célú kémiai növényelemzés ugyanis a mintavételkor és az adatok értelmezésekor egyaránt alapul veszi a vizuális diagnózist és megfigyelést, utóbbi tehát a kémiai növényanalízis szerves része. A vizuális diagnosztika azonban önálló módszer is lehet a növény tápláltsági állapotának vizsgálatában. E módszer az egész növény, vagy egyes növényi szervek külső megjelenési formáinak (szín, habitus, növekedési rendellenességek, stb.) a normálistól való eltéréseit regisztrálja, értelmezi. A vizuális diagnosztika alatt régebben főleg a nitrogén, foszfor vagy a kálium hiányjelenségek felismerését értették kultúrnövényeinken. A fejlett mezőgazdasággal bíró és sok műtrágyát (NPK) felhasználó államokban, hovatovább hazánkban is, megfigyelhető, hogy a tápelem okozta hiány vagy túlsúly tünetek száma nem csökkent az intenzív műtrágyázás bevezetésével. A nagyadagú NPK műtrágyázás, esetenkénti túltrágyázás kiválthatja ugyanis más elemek, fontosabb mezo- és mikroelemek hiányát, vagy toxikus többletét. Ebből adódóan a vizuális diagnosztika jelentősége napjainkban sem elhanyagolható.

A módszer előnye, hogy gyors és olcsó, nincs különösebb műszer vagy laboratórium igénye. A tünetek okai azonban többfélék lehetnek, mert a tápelemellátottságon túl növényvédelmi, agrotechnikai, sőt időjárás tényezők is szerepet játszhatnak kifejlődésükben. Ez a körülmény határt szab a növénydiagnózis gyakorlati alkalmazásának, mert igen nagy tapasztalatot és sokoldalú képzettséget igényel. A hazánkban is ismert szerző, BERGMANN [4], ezeket az ismereteket tömören és szabatosan foglalja össze könyvében. A szerző által összeállított fotóatlasz nyomdatechnikai szempontból is alkalmas arra, hogy segítségével szabadföldi viszonyok között diagnosztizáljunk.

3. *Szövet-teszt módszerek*

Segítségükkel egyes növényi szervek vagy azok nedveinek gyors minőségi-mennyiségi vizsgálatát végezhetjük el (összehasonlító standard színskála útján) általában szabadföldi, ritkábban laboratóriumi viszonyok között. A szövet-teszt módszere lehetővé teszi, hogy a zöld növényi szövetek tápelemellátottságát egy reagens hozzáadása, majd a standard színskálával való összehasonlítás után a helyszínen megbecsüljük, a vizuális diagnózist kémiai vizsgálatokkal kiegészítsük. Pontatlanságuk miatt azonban e módszerek kevésbé terjedtek el

a szaktanácsadási gyakorlatban, a kutatás számára pedig érdektelenek maradtak (MAGNICKIJ et al. [20], CERLING [8]).

4. Levél-, illetve szűkebben értelmezett, diagnosztikai célú növényanalízis

Segítségével a növény meghatározott fejlődési stádiumában, adott helyről (szintről) vett, jól fejlett fotoszintetizáló zöld levél, vagy levél funkcióját betöltő egyéb zöld növényi rész összes tápelemtartalmának, ritkábban azok egy-egy frakciójának pontos meghatározását végezzük el laboratóriumi viszonyok között. Általában több elem egyidejű meghatározását jelenti és magában foglalja a tápelemarányok, ezen keresztül a kiegyensúlyozott tápláltság vizsgálatát. Az utóbbi időben a levélanalízis kifejezés helyett a növényanalízis kifejezés terjedt el, mert ez tágabb fogalom, bár szinonim értelemben használatosak. A mintavétel ugyanis nemcsak a levélre, hanem egyéb növényi részre, vagy az egész zöld föld feletti növényre is vonatkozhat. A növényanalízis fogalmát a továbbiakban ebben az utóbbi értelemben használjuk és a diagnosztikai célú kémiai növényelemzést értjük alatta, amely szélesebb körökben mint önálló új módszer csak a közelmúltban terjedt el, illetve terjed az agrokémiai kutatásokban és a szaktanácsadásban.

A növényanalízis elterjedését kiváltó okok és tényezők

A növényanalízis előtérbe kerülését több hatótényező együttes eredőjének tekinthetjük. E tényezők között első helyen említendők azok a megnövekedett követelmények, melyeket a jelenkori növénytermesztés (részben az iparszerűvé váló mezőgazdasági termelés) állít az agrokémia elé. A gyakorlati növény-táplálkozás és a szaktanácsadás egyre összetettebbé válik, a talajtermékenység megőrzésének és növelésének eszközei, a műtrágyázás irányítása tudományos módszerek nélkül ma már elképzelhetetlen. A szaktanácsadásban és a kutatásokban eddig használatos módszerek egyike sem teljes értékű, ezeknek a megnövekedett igényeknek nem képesek megfelelni teljesen (talajvizsgálatok, szabadföldi- és tenyészedény-kísérletek, fenológiai- és egyéb megfigyelések, táblatorzskönyvi adatok elemzése, tápanyagmérlegek, stb.). Újabb, komplexebb módszerek felé terelődik a figyelem, melyek képesek az egyéb agrokémiai módszerek eredményeit felhasználni és azokat kiegészíteni, új információkkal bővíteni, egységesen értelmezni és így a műtrágyázás hatékonyságát javítani, a trágyaigény becsülését pontosabbá tenni, a várható hatásokat megbízhatóbban prognosztizálni.

Az agrokémiai szaktanácsadás és a kutatás megnövekedett igényei, valamint a rendelkezésre álló metodika hiányosságai és korlátai ugyan elősegítették a növényanalízis módszerének, mint komplexebb eljárásnak előtérbe kerülését, de ezek a tényezők elsősorban az új módszer szükségességét hangsúlyozzák, mint külső kényszerítő körülményét. A növényelemzés bevezetését, alkalmazásának lehetőségét a módszer sajátosságaiban kell keresnünk. Az agrokémia, a fiziológia és részben a biokémia terén elért fejlődés eredményének tekinthetjük alapvetően, hogy az utóbbi évtizedek kutatásai nyomán jelentősen kibővültek ismereteink a tápelemek felvételét, valamint a makro- és mikroele-

meknek a termésképzésben játszott szerepét illetően. Az új műszeres analitikai eljárások bevezetése, fizikai mérési módszerek elterjedése, az atomabszorpció, neutronaktiváció, röntgenfluoreszcencia, automatizált analitikai rendszerek behatolása az agrokémiába lehetővé teszi napjainkban a nagyszámú növény-minta gyors és sok elemre történő elemzését, az elektronikus számítógépek felhasználása pedig leegyszerűsítette a kiértékelést. Ehhez járult még, hogy a mezőgazdaság fejlődésével együtt járó koncentráció és specializáció leegyszerűsítette a vetésszerkezetet, elterjedt a monokultúra és a dikultúra a szántóföldi művelésben, így az egyéves növények is „többéves” növényekké válnak, a növényelemzéssel nyert információ jól felhasználható a következő évi műtrágyaszükséglet megállapításában is az egyre nagyobbá és homogénebbé váló nagyüzemi táblákon.

Az utóbb említett körülményekkel arra kívántunk válaszolni, hogy a növényanalízist mi tette lehetővé? Arra a kérdésre azonban, hogy mi tette szükségessé, csak általános szinten utaltunk a jelenkori megnövekedett igények és a rendelkezésre álló metodika korlátainak ellentmondásával. Kísérreljük meg nagy vonalakban az egyes főbb agrokémiai módszerek, elsősorban a talajvizsgálat lehetőségeit és korlátait megfogalmazni, helyét megítélni a szaktanácsadásban és lehetséges viszonyát a növényanalízissel feltárni.

A talajvizsgálatok az agrokémiai kutatások homlokterébe kerülve, különösen az elmúlt 50 év folyamán sokat fejlődtek, és a II. világháborút követően alapul szolgálhattak az intenzív műtrágyázás bevezetéséhez számos európai országban. A talajvizsgálatok volumenének növekedése és a műtrágya felhasználás között igen szoros pozitív összefüggés mutatható ki a fejlett mezőgazdasággal rendelkező országokban. A műtrágyák helyes elosztásához, a tápanyagokkal (elsősorban P, K) rosszul ellátott területek csökkenéséhez a talajvizsgálatok alapvetően járultak hozzá. A trágyázási szaktanácsadás biztonsága sokat javult, mert a tervezett termés tápelemtartalma alapján becsült tápelemigény figyelembe vételén túlmenően a talajvizsgálatokra is építhetett, mely utóbbi a trágyahatást módosító talajtenyezőket, elsősorban a talaj tápanyag-ellátottságát számba venni igyekezett.

Ez a számbavétel azonban meglehetősen hiányos, egyoldalú és esetleges volt, még a három fő tápelem esetében is. Így pl. a talaj N szolgáltatásának megállapításához nem rendelkezünk kielégítő talajvizsgálati módszerrel, amely részben e tápelem talajbani viselkedésében nagyobb szerepet játszó mikrobiális transzformáció összetettségére vezethető vissza. A talaj P és K szolgáltatásának becslése is számos hibaforrással rendelkezik a kémiai analízis során, nem ismerjük kellően az egyes talajtulajdonságok, mint a reakcióállapot, kötöttség, humusztartalom, stb. tápanyagszolgáltatást, illetve a tápanyagellátottsági talajvizsgálati határértékeket módosító szerepét. Még nagyobb nehézségekbe ütközik a talajvizsgálat a mikroelemekkel való ellátottság megállapításakor. Mint ismeretes, a mikrotápanyagok felvehetőségét a talajból számos tényező befolyásolja. Hiányuk vagy túlsúlyuk legtöbbször nem abszolút jellegű, hanem valamely talajtulajdonság, mint pl. a pH, CaCO_3 -tartalom, kötöttség, stb. vagy környezeti tényező (mint a szárazság, túl bő csapadék, stb.) függvénye. Az intenzív NPK műtrágyázás szintén megváltoztathatja a mikroelemek felvehetőségét. Jelenlegi talajvizsgálati módszereinkkel ezeket a hatásmechanizmusokat nem tudjuk figyelembe venni.

A talajvizsgálatok tehát csak egy nagyon durva és hozzávetőleges becslést teszik lehetővé a várható trágyahatásoknak. A talajvizsgálatokat időszako-

san, 3—4 évenként végezzük, a nagyadagú műtrágyázással azonban 1—2 év alatt is olyan mértékben módosíthatjuk a tápelemarányokat a talajban, vagy egyes talajtulajdonságokat, amely a termékenységet veszélyeztetheti. Az időszakos talajvizsgálatok tehát elsősorban a talaj tápanyagellátottságának, tápanyagkészletének változását (csökkenését vagy növekedését) regisztrálják és ezzel a *trágyázási rendszer* kialakításához nyújtanak segítséget. A tápanyagokkal kielégítően ellátottnak minősülő talajokon fenntartó, a termés által elvont tápanyagok többé vagy kevésbé egyszerű visszapótlásán alapuló trágyázást folytathatunk, míg a rosszul ellátott területeken talajgazdagító vagy feltöltő trágyázást javasolunk (SARKADI [25], KÁDÁR [13], LÁSZTITY és KÁDÁR [18]).

Amint említettük, a növekvő műtrágyahasználat igen komoly beavatkozást jelent a talajba, és szükségessé teszi a harmonikus növényi tápláltság folyamatos kontrollját. Erre a folyamatos kontroll funkcióra a már érintett okok miatt csak a növénydiagnózis és a növényanalízis nyújthat támpontokat, melyeket az egyes talajvizsgálatok közötti periódusokban, sőt a növény ontogenezise folyamán is elvégeznek. A talajvizsgálatok szerint a főbb tápelemekkel „jól” ellátottnak minősített talajokon is felléphetnek tápelemhiányok és aránytalanságok, és az esetleges beavatkozások, illetve a kiegészítő trágyázás szükségességéről a növényanalízis hasznos információkat adhat, lehetőséget nyújtva a talajvizsgálatokra alapozott trágyázási szaktanácsadás kiegészítésére és kontrolljára.

A növényanalízis kétségtelenül hatékony új módszer lehet a növény tápláltsági állapotának kontrolljában és szerepe nőni fog a jövőben. Nem zárja ki azonban, sőt nem is helyettesíti a talajvizsgálatokat. A talaj- és a növényvizsgálatok, mint kémiai és fiziológiai módszerek, csak együttesen és egymást kiegészítve adhatják a maximális eredményt, egységes szaktanácsadási rendszer részei kell, hogy legyenek. Ebből adódóan a további kutatások középpontjában a talajvizsgálati eredmények és a növényvizsgálati adatok, valamint a termés összefüggései kiemelten szerepelnek majd.

A talaj felvehető tápanyagtartalmáról, illetve a várható trágyahatásokról legbiztosabban szabadföldi trágyázási kísérletekkel tájékozódhatunk. A szabadföldi kísérletek azonban drágák, nehézkesek, nem alkalmasak a táblaszintű trágyaigény becslésére. A növényelemzés és a talajvizsgálat elkerülhetővé teszi, hogy mindenütt szabadföldi kísérleteket kelljen végezni, egyúttal lehetővé teszi a táblaszintű trágyaigény megállapítását. Ahhoz azonban, hogy a tápelem optimumokat megállapíthassuk a növényben, a termés vagy a termésminőség és az ásványi tápelemkoncentráció összefüggéseit feltárhassuk, trágyázási kísérletekre van szükség. Alkalmasak lehetnek e célra a tenyészedénykísérletek is. A növényanalitikai ellátottsági határértékeket, pl. a citromfélék többségénél, tenyészedény és homokkultúrákban állították fel (BOULD [6, 7]).

A növényanalízis és a kísérletezés, kutatás kapcsolata azonban nemcsak ilyen egysíkú. A fiziológiailag aktív zöld növény vagy növényi részek elemzése lehetővé teszi kísérleteinkben azon hatásmechanizmusok megismerését, melyek a termést alakítják, míg maga a szabadföldi kísérlet csak a végeredményt regisztrálja. A növényanalízis segít megérteni pl. a trágyahatás, vagy annak elmaradásának okát. Csak azon növénykísérleteket tekinthetjük a jövőben tudományos értékűnek agrokémiai szempontból, melyek a diagnosztikai célú növényanalízissel is kiegészülnek. Különösen vonatkozik ez a megállapítás a tenyészedény-kísérletekre, melyek eredményeinek interpretálása szabadföldi viszonyokra csak a növényelemzés adataival valósítható meg, áttételesen.

A talaj tápanyagainak felvehetősége és a növényanalízis

A felvehető tápanyagok mennyiségét meghatározni igen nehéz. Valamely tápanyag tényleges felvehetősége ugyanis, ahogyan az a vegetációs időszak alatt a növény gyökereinek rendelkezésére áll, olyan tényezők függvénye, amelyeket nem lehet előre számszerűen megmérni. Ide soroljuk a gyökér-növekedést, a talaj átnedvesedését és a mikroorganizmusok tevékenységét. Közvetlenül felvehetőek azok a tápanyagok, amelyek a talajoldatban vannak jelen, mert ezek diffúzióval vagy vízáramlással eljuthatnak az egyes növényi sejtek ionfelvívő központjaiba. Azok a tápanyagok, melyek nem tudják megtenni ezt az utat, tehát többé-kevésbé erősen kötött tápelemek, nem közvetlenül felvehetőek. Közvetve azonban fontos szerepet játszanak a talajoldat felé történő utánpótlásban, tehát a tápanyagszolgáltatásban.

Az az ütem, amellyel a tápionok a növényi gyökerekhez szállítódnak, vagyis a gyökér egy egységnyi felületéhez az időegység alatt szállított ionok mennyisége, intenzitásmértéket jelent. Az a tápanyagmennyiség, amely összesen odaszállítható, a kapacitásértéket képviseli. Az intenzitást elsődlegesen a tápionok koncentrációja határozza meg, a kapacitást pedig a mobilizálható tápanyagok össz mennyisége (a víztároló és annak csapja jó hasonlat e két fogalom analógiájára). A nagy kapacitásértékhez nem kell szükségszerűen nagy intenzitásnak tartoznia és viszont. A helyzet annyiban komplikálódik, hogy a gyökerekkel történő tápanyagszállítás nagymértékben függ a talaj nedvességének fokától. Minél szárazabb a talaj, annál hosszabbak a közbeeső diffúziós utak a gyökérig és annál csekélyebb a tápionszállítás.

Az a megfigyelés, hogy a legtöbb tápelemnél hiánytünetek éppen a száraz évben jelennek meg a növényben arra vezethető vissza, hogy a tápanyagok nehezen mozognak a talajban. A diffúzió üteme mind a tápanyagfelvétel, mind a termésképzés szempontjából döntő. A növény számára szükséges tápanyagok nagy részének oda kell szállíthatnia a gyökérhez, nem pedig a gyökérnek kell azt elérnie növekedése révén. Így pl. MENDEL [21] szerint a legfőbb tápelemek mintegy 90%-ban transzspirációs árammal (pl. N), valamint diffúzióval (pl. P, K) kerülnek a talajoldatból a gyökerekhez.

Ez a megállapítás egyáltalán nem csökkenti a gyökérzet kiterjedésének, különösen pedig a gyökérszőröknek a jelentőségét. Minél nagyobb ugyanis a növény gyökérzetének felülete, annál nagyobb a tápionfelfogó felülete is, és annál rövidebbek lesznek az ionok által megteendő köztes diffúziós utak is. Kimutatható, hogy a gyökér közvetlen környezete a P és K tápionok felvétele következtében foszforban és káliumban elszegényedik. A gyökér az oda diffundáló tápionok süllyesztője, az elszegényedés mértéke a gyökértől távolodva exponenciálisan nő, és az így létrejövő koncentráció-különbségek teszik lehetővé a gyökér felé irányuló diffúziót. Minél intenzívebb a gyökér tápanyagfelvétele, annál nagyobb a diffúzió intenzitása, mellyel a tápelem a gyökérhez jut.

Az effektív tápanyag-felvehetőséget meghatározó tényezők, nevezetesen a gyökérzet nagysága, a talaj nedvességállapota és a talajoldat tápion-koncentrációja közül még a talajoldat koncentrációját lehet viszonylag pontosan előre meghatározni. Jóllehet ez is állandó változásnak van kitéve, mégis a talaj szeretlen alkotórészeiből származó ionok koncentrációját a kicserélhetően kötött ionok messzemenően kipufferolják. Ha a talaj nedvességtartalma csökken, emelkedik a talajoldat koncentrációja, bizonyos határon túl foszfátok, gipsz stb. csapódik ki. Az erősebb párolgással fellépő növekvő ionkoncentráció nem

jelent azonban jobb tápanyagfelvehetőséget, mert egyidejűleg megromlanak a diffúzió feltételei, kisebb lesz a talajoldat és a gyökér érintkezési felülete.

Az elmondottakból következik, hogy nem könnyű a trágyaigény felmérése a talajvizsgálat alapján. A hagyományos talajvizsgálatok többnyire csak a tápanyag kapacitását, a készletet határozzák meg. A termésképzés szempontjából azonban az intenzitás fontosabb mutató lehet, éppen ezért az utóbbi időben a talajoldat vizsgálatára egyre nagyobb súlyt helyeznek. A trágyázás célja olyan tápanyagbőség létrehozása a talajban, amely a növény növekedésének intenzív szakaszában is képes a megnövekedett tápelemigényt biztosítani a szervesanyagok felépítésében. A kielégítő növekedés előfeltétele továbbá az is, hogy a tápionkoncentráció ne csökkenjen túlságosan a tenyészidő folyamán, tehát biztosított legyen a talajoldat utánpótlása.

A növényanalízis elvi alapja, hogy ha valamely tápanyag felvehető mennyisége a talajban megnő, akkor ennek a tápelemnek a mennyisége a növényben is növekszik. Azok a növények tehát, melyek pl. sok P-t tartalmaznak, feltehetően P-ben gazdag termőhelyről származnak. Ez az összefüggés azonban nem ennyire egyszerű, mert a felvételt számos tényező befolyásolhatja. Először is függ az egyéb tápelemekkel való ellátottságtól. Így pl. egy P-ral jól ellátott talajról származó növény is tartalmazhat kevés P-t, ha a P felvételét a hiányos N ellátás akadályozta. Hasonlóképpen a közepes tápanyagtartalmú talajról származó növény is sok tápelemet tartalmazhat, ha növekedését egyéb tényező gátolta. A levél vagy zöld növényi rész tápelemtartalma tükrözi tehát a felvétel fiziológiai körülményeit is. Ha valamely ion felvételét az oxigénhiány, vagy egy másik ion antagonisztikus hatása akadályozza, a növény ebből a tápanyagból akkor is viszonylag keveset fog tartalmazni, ha a talajban bőséges készlet van belőle. Ilyen esetben nem segít a trágyázás, csak a felvételt gátló körülmények megszüntetése.

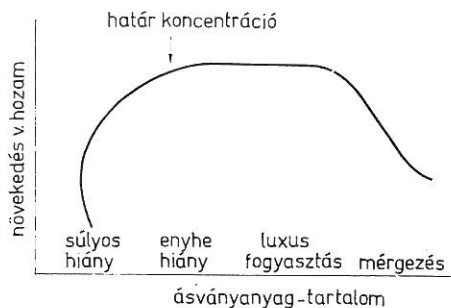
A növényi tápanyagtartalom és a hozam összefüggése, valamint a mintavétel problémája

A növény tápelemtartalma és a növekedése, illetve a hozama közötti összefüggés nem lineáris, hanem egy önmagába visszahajló, félbevágott ellipszishez hasonló görbét ír le (1. ábra). Erős tápelemhiány esetén a növény ásványi tartalma csekély, a hozam alacsony. Ha a hiányt egy kicsit enyhítjük, egy ideig, a hozam gyorsabban nőhet mint a tápelemfelvétel, ezért a növény tápelemtartalma enyhén tovább csökkenhet, hígulhat. A tápanyagellátás további javulásával a felvétel sebessége eléri, majd lassan meghaladja a növekedést, így a növény tápelemtartalma egyre nő. Ezzel párhuzamosan a növekedés mind jobban visszaesik, majd megáll, amikor az illető elem minimuma megszűnik. Ez az a tápanyagmennyiség, a határkoncentráció, amelynek legalább jelen kell lennie ahhoz, hogy a maximális termést elérjük.

A tápanyagellátás további növelése elsősorban már nem a termésre hat, a fokozott tápanyagfelvétel ebben a tartományban hatástalan (luxusfogyasztás), hacsak a feleslegben felvett tápanyagok nem képeznek tartalékokat későbbi időszakokra, vagy a termés minőségében előnyös hatásuk nem jelentkezik. A túl nagy tápanyag adagok végül is toxikusan hatnak (relatív tápelemhiányt indukálnak más tápelemek felvételében), ezért a termés csökken. A növény tápanyagtartalma és a termés közötti összefüggés görbéjén a luxus fogyasztás

jelentős területet képvisel. A termés itt már nem nő az ellátottsággal, azonban — amint említettük — a minőségben jelentős változások történhetnek.

Tekintettel arra, hogy mindinkább előtérbe kerül a minőségi szemlélet a növénytermesztésben, felvetődik a tápelemellátottsági határértékek kidolgozásának szükségessége a termés minőségi paramétereire. Elsősorban a takarmányok Ca, Mg, P, valamint a mikroelemek tartalmának és az állatok produktivitása; a kalászosok N-tartalma és a fehérjehozam; a burgonya K-tartalma és a keményítőhozam; a cukorrépa N és K-tartalma és a cukorhozam összefüggéseinek ismeretében nyílik mód erre a közeljövőben.



1. ábra

Összefüggés a növények ásványianyag-tartalma, növekedése és hozama között (SMITH [in 5] nyomán)

A növény növekedése és fejlődése nemcsak a tápanyagellátás, hanem számos más tényező függvénye. Belső növekedési tényezőknél a genetikailag rögzített tulajdonságok értendők, míg a külvilágból érkező hatások (fény, hő, tápanyag és víz) külső növekedési tényezők. Ez utóbbiak szükségesek ahhoz, hogy a genetikailag rögzített tulajdonságok kifejlődhessenek, érvényesülhessenek. A kalászosoknál például a bokrosodás szakaszát követően legerősebb a növekedés. Ilyenkor a klimatikus tényezők közül hazánkban a fény és a hő általában kellő mennyiségben áll rendelkezésre, viszont a víz vagy a tápanyag korlátozó tényező lehet.

A növényelemzéssel foglalkozó szakemberek megegyeznek abban, hogy az anyagcsere szempontjából aktív szövetek felelnek meg leginkább a legtöbb tápelem vizsgálatára. Ezek elsősorban a levelek, mégpedig a fejlődésüket már befejezett, vagy éppen befejezett, de még el nem öregedett levelek, zöld növényi részek. A kifejlett levelekben a tápelemek koncentrációja kevésbé gyorsan változik, mint a még fejlődésben levő, vagy már előregedőben lévő levelekben. A tápanyagszükséglet a kalászosoknál a szárbaszökés és a virágzás szakaszában a legnagyobb, azonban az egységnyi gyökérfelületre vetített tápanyagfelvétel sebessége a bokrosodás idején (KLECSKOVSKIJ és PETERBURGSZKIJ [16]). A hiánytünetek is éppen ezért kora tavasszal a legszembetűnőbbek, a bokrosodás—szárbaingulás idején. A szárbainguláskori gyors növekedés azonban hígulással jár, ezért a mintavétel szempontjából a bokrosodás vége, vagy a virágzás kezdete a legkedvezőbb időszak, amikor viszonylagos nyugalmi állapot uralkodik a növényben. Ez a viszonylagos nyugalmi állapot rendkívül fontos az ontogenezisben. A vegetatív szakaszban a kalászosoknál említett bokrosodás, más szántóföldi növényeinknél, kapásoknál ez a 4–6 leveleskori állapotnak megfelelő fejlett-

ségi stádium, amikor a fiatal növény, mint akkumulátor, felhalmozza a tápelemeket, hogy az ezt követő intenzív megnyúlás, gyors vegetatív növekedés, szárazanyag-felhalmozás stádiumára — tartalékokat képezve — felkészüljön. A virágzás elejei viszonylagos nyugalmi állapot felkészülést jelent az utód létrehozására, a szárazanyag-képződés központja pl. a kalászosoknál a generatív szem, ide vándorolnak az asszimiláták és részben az ásványi anyagok is a lassan elszáradó vegetatív növényi részekből. Gyümölcs és szőlő ültetvényekben az intenzív hajtásnövekedés befejezése utáni időszak a legkedvezőbb a mintavételre, mert a levelek tápelemtartalma ilyenkor viszonylag hosszabb időn át állandó (BERGMANN és NEUBERT [5]).

A mintavétel időpontjának megválasztása tehát döntő jelentőségű a növényanalízis végrehajtása szempontjából és figyelembe kell vennie a növény élettani sajátosságait. A növény és rajta keresztül a talaj tápanyag-ellátottságának megítélésére a fiatal növények és növényi részek a legalkalmasabbak lehetnek, mind elvi mind gyakorlati szempontból előnyben kell részesíteni tehát a korai mintavételeket. Amint említettük, ebben az időszakban még nem kezdődik el az intenzív megnyúlás és növekedés, az egységnyi gyökérfelületre számított tápanyagfelvétel is viszonylag állandó és magas. A fiatal szövetekben a tápelemek koncentrációja a legmagasabb, a tápanyaghatások élesek és jól kifejezettek. Gyakorlati oldalról, a tápláltsági állapot esetleges hiányosságait még pótolhatjuk fejtrágyával, permettrágyákkal. Ezeket a pótlólag adagolt tápanyagokat a növény még fel tudja használni a termés fokozására, vagy a termés minőségének javítása érdekében.

A kötelező talajvizsgálatokat minden 100 ha-nál nagyobb, mezőgazdaságilag művelt területre előírja az 5/1978. MÉM. rendelet. A MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ, egységes laboratóriumi hálózatával, azonos vizsgálati módszerekkel végzi a talajminták elemzését és szaktanácsot ad. A rendszer három fázisból áll: mintavétel, laborvizsgálat, szaktanácsadás. Hatékonyságát az biztosítja, hogy mindhárom fázis végrehajtása szigorúan egységes alapelvek, azonos módszerek és eszközök felhasználásával történik az egész országban (Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer [2]).

A talajvizsgálatokhoz hasonlóan folyamatban van a növényvizsgálatok egységes módszerének kidolgozása. Bár kötelező előírás a növényvizsgálatokra nincs, a szaktanácsadás biztonságának növelése érdekében ma már mód nyílik állókultúrák és szántóföldi növények vizsgálatára egyaránt. Különösen fontosnak tartjuk a vizsgálatok elvégzését állókultúráknál, ahol már országosan kellő tapasztalat van a levélanalízis eredményeinek felhasználására. Feltétlenül indokolt lehet a növényelemzés a monokultúrában termesztett növényeinknél a szántóföldön, ahol az eredmények a következő évi trágyázási terv összeállítását is segíthetik, valamint minden olyan esetben (toxicitási tünetek, fejlődési rendellenességek, terméketlen foltok, stb.), amikor csupán a talajvizsgálatokra támaszkodva lehetetlen dönteni, de diagnosztizálni kell.

A mintavétel részletes módszertanának ismertetésétől e helyen eltekin-tünk, mert jelentősen meghaladná e munka kereteit. Mindezen túlmenően az egyes növények mintavételére, a minták kezelésére, szállítására, tárolására, stb. vonatkozó előírásokat, valamint a főbb növényfajokra megadott etalonus tápelemtartalom optimumokat (határértékeket) a közel jövőben megjelenő MÉM NAK „Állókultúrák és szántóföldi növények mintavételi módszere” című kiadvány [2] tartalmazni fogja. A továbbiakban a növényanalitikai eredmények értelmezésére fordítjuk a fő figyelmet.

A növényanalízis eredményeinek értékelése

A növényelemzési adatok elsősorban a növény tápláltsági állapotáról informálnak és nem közvetlenül műtrágya-adagot határoznak meg. A talajvizsgálatokhoz hasonlóan a trágyaigény számításakor egyéb szempontokat — tervezett termés, elővetemény, termőhelyi kategória, stb. — is figyelembe kell venni. A szaktanácsadás során történő számszerű figyelembevétele e módosító tényezőknél a talajvizsgálatoknál megadott irányelvek szerint történhet [22].

A kapott vizsgálati adatok értékelésénél, első lépésben, a mintavételi egységekre (táblarészekre, parcellákra) a párhuzamos mintavétel eredményeiből átlagértékeket képezünk. Ezeket az átlagadagokat összevetjük az etalon-táblázatos határértékekkel, ellátottsági optimumokkal, és következtetéseket vonunk le a vizsgált terület növényállományának tápláltsági állapotára, illetve közvetetten a talaj tápelemellátottságára. A növény ásványi tápelemtartalmát azonban, amint arra már utalás történt, belső és külső eredetű tényezők befolyásolják, melyek ismerete nélkül a következtetések levonása, a vizsgálati eredmények gyakorlati felhasználása nehézségekbe ütközik.

Tekintsük át ezeket a tényezőket olyan szempontból, hogy melyeket lehet az értelmezés során ezek közül figyelembe venni, ahol az összefüggések tisztázottak, valamint utalva azokra a fehér foltokra is, amellyel a kutatás ma még adós. A növényanalízis módszerének alkalmazása ugyanis nagyobb hozzáértést és szakmai műveltséget igényel, mint a korábbi szaktanácsadási módszerek, részben ezért vonul be ilyen későn a gyakorlatba és a kutatásokba. Ahhoz, hogy e módszert sikerrel alkalmazzuk, szükséges az egységes helyes szemléletünket is kialakítani az eredmények értelmezése terén.

1. Állományfejlettség, hozam figyelembevétele

A tápelemtartalom és a hozam elvi összefüggéseit korábban már részletesen taglaltuk, mert a növényanalízis alapját, a helyes mintavétel módját érintették. Megállapítottuk, hogy a tápelemtartalom függ a növény tömegétől, súlyától is (hígulási effektus), ezért az állomány fejlettségét is figyelembe kell venni az adatok értelmezésénél. Az állomány fejlettségét részben bonitálással — gyenge, közepes, jól fejlett állomány — vagy pontosabban konkrét mérési adatokkal, mint pl. súly, magasság, stb. állapítjuk, becsüljük meg. Az állományfejlettség és a tápelemtartalom, valamint a levonható következtetésekre az alábbi összevetés ad módot (CERLING [9]):

Növényállomány állapota	Tápelemtartalom a növényben	Az állapot oka, a növény fejlődését gátló vagy befolyásoló tényező
Nagyon rossz Rossz	Igen kicsi Kielégítő v. sok	Erős tápelemhiány Tápláltságon kívüli egyéb tényező
Közepes Jó-közepes Jó	Kicsi Kielégítő alatt Kielégítő	Tápelemhiány Enyhe tápelemhiány Optimális ellátottság
Jó vagy közepes Rossz, toxicitási tünetekkel	Kielégítő felett Igen sok	Magas ellátottság Káros tápelem-túlsúly

2. Fajtakérdés problémája

Az egyes növényfajok és fajták eltérő tápanyaghasznosítási készségéből, illetve az eltérő növekedési és fejlődési sebességéből adódóan a tápanyagtartalomban különbségek lépnek fel. Ha tehát egy adott talajon és tájon, egy időben különböző növényeket, illetve fajtákat termesztünk, eltérő lesz vagy lehet azok ásványi- és szervesanyag-tartalma és aránya. Vajon ez előnye vagy hátránya a növényanalízis módszerének szaktanácsadási szempontból? A talajvizsgálati optimumok egy adott talajtípusra, termőhelyre valóban egységesen adódnak, gyakran növényi fajra és fajtára való tekintet nélkül. A növényanalízis a faj és a fajta konkrét, térben és időben fellépő tápelemigényét tükrözni képes.

A módszer, a növényanalízis gyakorlati alkalmazása szempontjából a fajok között fennálló eltérések nem jelentenek nehézséget, mert a növényelemzési optimumokat fajra adjuk meg. Kérdés azonban, hogy az egyes fajtáknak van-e specifikus tápelemigénye, vagy csak a trágyaigényük specifikus? Az egyértelmű válasszal a kutatás még adós, kevés kísérleti adat áll rendelkezésre. Amennyiben beszélhetünk a fajták sajátos tápelemigényéről, jogos az a törekvés, hogy a növényi optimumokat is fajtára adjuk meg.

Szántóföldi viszonyok között azonban meglehetősen gyorsan cserélődnek a fajták. Állókultúrákban a fajtaváltás ugyan lassúbb, így pl. a szőlőtermesztésben évszázados fajtákat is találunk a köztermesztésben, azonban még itt is általánosabb a fajra megadott ellátottsági határértékek közlése az irodalomban. Így pl. KENWORTHY [15] számos növényfajon végzett összehasonlító vizsgálatok eredményeképpen arra a következtetésre jut, hogy a fajták közötti eltérések nem teszik lehetetlenné az egységes ellátottsági optimumok megadását gyümölcsre és szőlőre. Általánosabb az a vélemény, hogy az egyes fajták optimumai közötti eltérés jelentéktelen a tápelemtartalomban, az optimumok közelállóak, fiziológiai jellemzői a fajnak, ezért is könnyen adaptálhatók, és egyetemes jelleggel bírnak (CERLING [9]).

Az egyes fajták tápanyagfeltáró képessége, talajjal szembeni igénye, trágyaigénye tehát kétségtelenül eltérő lehet. Egy adott fajtának pl. gyengébb lehet a foszfor-felvevő képessége a talajból és ezért kisebb lesz ugyanazon a talajon a P-tartalma. Ahhoz, hogy a gyengébb P-felvevő képességgel rendelkező fajta P-ellátottságát (P-tartalmát) is a kielégítő szintre emeljük, nagyobb trágyaigénnyel kell számolnunk más fajtákhoz viszonyítva. A fajtakísérletek során ebből adódóan módszertani nehézségek is felléphetnek, mert a fajtaösszehasonlító kísérleteket szigorúan azonos körülmények között végzik, bár a fajták igénye a környezettel szemben eltérő lehet. A fajták potenciális termőképességét így gyakran nehéz helyesen felmérni.

A növényanalízis az egyes fajták sajátos tápanyaghasznosító képességét képes kimutatni, amennyiben nem a fajták optimális összetétele más és más alapvetően, hanem a trágyaigényük. Így pl. a *Chasselas* szőlőfajta (BERGMANN [4]) nagyon érzékeny a Mg hiányára. A hiányt előidézheti, illetve fokozhatja a túladagolt K trágyázás, de bizonyos alanyok is közrejátszhatnak, melyeknek gyengébb a Mg-felvevőképessége. A növényanalízis során a K/Mg arányát kísérik figyelemmel, a szőlőlevélben a K túlsúlyt 6 fölé nem ajánlatos növelni K trágyázással.

Az említett okok miatt a szaktanácsadásban, a növényvizsgálati adatlapon a fajtát, alanyt is fel kell tüntetni, mert az eredmények értékelésekor ezeket figyelembe kell vennünk és a trágyaigényt a legigényesebb, a tápanya-

1. táblázat

A talaj P-ellátottsága, a szárbaindulás elejei növényelemzés adatok, valamint a szetermés összefüggése. Mészlepedékes csernozjom, Nagyhörsök, 1973 (Kádár [12])

Felhasznált P ₂ O ₅ kg/ha/12 év	AL - P ₂ O ₅ ppm	Szárbaindulás elején a növényben talált					Szetermés t/ha
		N%	P%	K%	N/P	K/P	
—	63	3,59	0,20	2,34	18,0	11,7	1,67
160	79	3,90	0,24	2,77	16,2	11,5	2,78
240	108	4,15	0,28	2,59	14,8	9,2	3,52
480	123	4,45	0,30	2,72	14,8	9,1	3,80
640	134	4,50	0,32	2,92	14,1	9,1	4,12
800	153	4,42	0,35	2,86	12,6	8,2	3,72
1040	200	4,90	0,44	2,92	11,1	6,6	4,36
1440	234	4,94	0,40	2,99	12,4	7,5	4,22
1680	257	4,43	0,40	2,86	11,1	7,2	4,30

gokat legrosszabbul hasznosító fajtához kell igazítanunk. A jövőben ellenőriznünk kell, hogy a helyes diagnózist a fajtakülönbségek mennyiben befolyásolhatják. Mindenesetre a tápanyagkínálat, a talaj tápanyagellátottsága és a növény fiziológiai kora (szárazanyaghozama) az a két tényező, amely meghatározó. A talajvizsgálatokkal szemben a különbségeket említve azonban helyes kiemelni, hogy a növényi optimumokat elsősorban fajra adjuk meg egyetemlegesen, nem pedig tájra, talajra. A növény igénye hasonló minden tájon és talajon (CERLING [9]). A talajtulajdonságok a tápanyagszolgáltatást, a kínálatot módosítják, amely tükröződik a növény tápelemtartalmában és ki-fejezi eltérő trágyaigényét.

3. A tápelemarányok problémája

A tápionok közötti kölcsönhatásoknak, melyek a talajban és a növényben egyaránt fennállhatnak, a növény tápelemtartalmát módosító szerepe régóta ismert. Kiegyensúlyozott, optimális tápláltságról akkor beszélhetünk, ha minden tápelemből kielégítő mennyiség van a növényben. Az arányok figyelemmel kísérése feltételezi több elem egyidejű vizsgálatát. A növényelemzés klasszikusai szerint a tápelemkoncentráció a tápláltság mennyiségét, míg az arányok a tápláltság minőségét tükrözik. A növényanalízis során tehát minél több tápelemt kell meghatározni, néha nem kifejezetten tápelemnek minősülő elemeket is, mert egy elem esetleges „jó” ellátottsága más elem hiányán alapulhat, vagy fordítva, kis tartalom nem mindig hiányt jelezhet.

A növényanalízis egyik pozitívuma, hogy képes azokat a kölcsönhatásokat kimutatni, melyek a tápanyagfelvétel során lejátszódnak. Így pl. előfordulhat, hogy a talajvizsgálatok szerint egy tábla Mg-ellátottsága kielégítő, azonban relatív Mg hiány lép fel a talaj magas, könnyen oldható K-tartalma miatt, melyet a növény táguló K/Mg aránya jól jelez. Amennyiben csak egy tápelemt vizsgálunk, a növényelemzés eredménye félre is vezethet. Az alábbiakban bemutatjuk példaképpen egy 12 éves P trágyázási tartamkísérletünk néhány eredményét (KÁDÁR [12]), ahol az egész kísérletben egységesen N₂₀₀K₁₀₀ alaptrágyázást folytattunk (1. táblázat).

2. táblázat

Az őszi búza tápelem ellátottságának megítélése a szárbaindulás kezdetén kapott növényvizsgálati adatok alapján (Kádár és Krámer [14])

Ellátottság	Gyenge	Közepes	Kielégítő	Magas
N-ellátottság				
N%	3,0 alatt	3,0—4,0	4,0— 4,5	4,5 felett
N/P	7,5 alatt	7,5—9,0	9,0—12,0	12,0 felett
N/K	0,8 alatt	0,8—1,0	1,0	1,0 felett
P-ellátottság				
P%	0,30 alatt	0,30—0,40	0,40—0,50	0,50 felett
N/P	14 felett	14—12	12—9	9 alatt
K/P	14 felett	14—12	12—9	9 alatt
K-ellátottság				
K%	2,5 alatt	2,5—3,5	3,5— 4,5	4,5 felett
N/K	2,0 felett	2,0—1,5	1,5— 1,0	1,0 alatt
K/P	6,0 alatt	6,0—8,0	8,0—10,0	10,0 felett

A szárbaindulás elején (FEEKES 6—7) analizált őszi búza N-tartalma a P-ral nem trágyázott kontroll talajon 3,6% volt, míg a talaj P ellátottságának javulásával 4,5—5,0% körüli tartományba emelkedett. Ugyanitt a P-tartalom 0,2-ről 0,4-re nőtt. A N-tartalom alapján ítélve a P kontroll talaj növényállománya nitrogénnel rosszul ellátottnak is tűnhetne. Az N/P aránya azonban jól mutatja, hogy a 3,6% N-tartalom ellenére 18-szoros N túlsúly állt fenn a P-hoz viszonyítva a kontroll talajon, míg ez az erős N túlsúly a talaj P ellátottságának javulásával 11—12-re módosult. Hasonlóképpen változott a K-tartalom is a növényben a P trágyázás hatására, bár kisebb mértékben mint a N. 3,6% N-tartalom jelenthet tehát igen erős N túlsúlyt, míg a 4,5—5,0% N-tartalom „csupán” kielégítő N ellátottságot (1. táblázat).

A 2. táblázatban bemutatjuk az őszi búza NPK ellátottságának megítélésére szolgáló növényvizsgálati optimumokat, melyeket a hazai kísérletekben állapítottunk meg bokrosodás vége (FEEKES 5—6) stádiumára, a tápelemkoncentráció és a tápelemarányok együttes figyelembevételével. Kísérleteinket, NPK műtrágyázási tartamkísérleteket, az ország különböző vidékein, eltérő fajtákkal folytattuk. A kapott optimumok jó egyezést mutattak a nemzetközi szakirodalomban közölt adatokkal (KÁDÁR és KRÁMER [14]).

Joggal merülhet fel a kérdés, hogy ha a tápelemarányok figyelemmel kísérése ilyen alapvető jelentőséggel bír a helyes diagnózis szempontjából, akkor az útmutatók, kézikönyvek etalon táblázatai közül miért hiányoznak a tápelemarány táblázatok? Ennek oka részben az, hogy a legtöbb szerző nem számol és nem közöl külön tápelemarányokat, illetve megelégszik a tápelem-tartalom vizsgálatával, ha csak nem kimondottan valamely arány vizsgálatát tűzte ki célul. Kiindulva azonban abból, hogy amennyiben az egyes tápelemek optimális tartalmát ismerjük a növényben, azok arányai egyben a kiegyensúlyozottan táplált növény összetételét, tápláltságának minőségét is reprezentálják, az optimális tápelemarányok a tápelemtartalmakból számíthatók.

Anélkül tehát, hogy külön közölnénk a lehetséges etalon tápelemarányokat, terjedelmes táblázatokat, egy példán a 3. táblázatban bemutatjuk a 30 cm

3. táblázat

A 4—6 leveles, 30 cm körüli kukorica tápelem-ellátottságának megítélése a tápelemtartalom, valamint az abból számított tápelemarányok alapján (Elek és Kádár [10])

Ellátottság a tápelemkoncentráció alapján				Ellátottság a tápelemarányok alapján			
Elem	Alacsony	Kielégítő	Magas	Elem	Alacsony	Kielégítő	Magas
N %	alatt	3,5—5,0	felett	N/P	alatt	10—12	felett
K %	alatt	3,0—4,0	felett	K/P	alatt	8—10	felett
Ca %	alatt	0,3—0,7	felett	K/Ca	felett	10—6	alatt
Mg %	alatt	0,2—0,6	felett	K/Mg	felett	15—7	alatt
P %	alatt	0,3—0,5	felett	N/P	felett	12—10	alatt
Fe ppm	alatt	50—250	felett	P/Fe	felett	60—25	alatt
Mn ppm	alatt	30—300	felett	P/Mn	felett	100—17	alatt
Zn ppm	alatt	20—60	felett	P/Zn	felett	160—83	alatt
Cu ppm	alatt	5—25	felett	P/Cu	felett	600—200	alatt
B ppm	alatt	5—25	felett	K/B	felett	6000—1600	alatt

körüli 4—6 leveles kukorica ellátottságának megítélésére szolgáló optimális tápelem-koncentrációkat (BERGMANN és NEUBERT [5]) és az abból számított arányokat (ELEK és KÁDÁR [10]).

A bemutatott példában nem minden lehetséges arányt számoltunk ki, csak azokat — elsősorban a P és K trágyázással összefüggő arányokat, — amelyeket az adott termőhelyen fontosnak ítéltünk. A szaktanácsadás és a kutatás szempontjából azon arányok kontrollja kívánatos, melyek egyensúlyát a két elem egymásra gyakorolt hatása, kölcsönhatásuk (szinergizmusa vagy antagonizmusa) lényegesen befolyásolhatja. Ilyenek lehetnek pl. a K/Na, K/Mg, K/Ca, K/B a K esetében, vagy a P/Fe, P/Mn, P/Zn, P/Ca, P/Mg a P trágyázással összefüggésben. Fiziológiai indokok szükségessé tehetik a Fe/Mn, Mg/Mn, Mn/Mo, Mn/Ca, B/Mo, NH_4/Ca , NH_4/Mg , NO_3/K , NO_3/Ca , NO_3/Mo arányának vizsgálatát (BERGMANN [4]).

4. Az időjárás tényezői

A klímátényezők a talaj tápanyagszolgáltatását, valamint a növény növekedését egyaránt befolyásolják, ezért a növényi tápelemtartalommal való összefüggésük bonyolult. Az időjárás komplex tényezőket foglal magában. Így pl. a talajnedvesség vagy a levegő hőmérsékletének változása növelheti a talaj tápelemeinek felvehetőségét. A növény növekedése és a tápanyagok érvényesülése is javul, azonban így a két ellentétes hatás kiegyenlítheti egymást. Egy-egy klímátényező megváltozása mégis gyakran tükröződik a tápelemtartalomban, amely a növekedés gátlásának vagy gyorsításának következménye lehet. Direkt hatás akkor várható, ha a két folyamat ellentétes irányú, de eltérő intenzitású (mindkét folyamatot ugyan az optimumgörbe jellemzi, azonban ezek az optimumok nem esnek egybe). Tekintsük át e tényezőket külön is, hogy hatásmechanizmusukat megértve és a mintavétel körülményeire támaszkodva számba vehessük esetleges tápelemtartalmukat módosító hatásaikat.

Talajnedvesség, csapadék, öntözés hatása. — A tápelemfelvétel előfeltétele a nedvesség, mert alapvetően oldott állapotban veszik fel a növények a tápanyagokat. A hiánytünetek is a szárazabb években jelentkeznek elsősorban.

A vízadagolással a tápanyagfelvétel nő, a tápelemkoncentráció azonban csak akkor, ha a növekedés elmarad a felvétel ütemétől. Az egyes elemek viselkedése eltérő. A N tartalom pl. enyhébb szárazság idején nőhet, erősebben gátolt a növekedés mint a N felvétele, azonban a hosszantartó szárazság már a N-tartalom csökkenéséhez vezethet, mert ilyenkor a felvétel is gátolt és a trágya-N sem juthat be a gyökérszónába. A P felvétele egyértelműen rosszabb szárazság idején, az oldhatósági viszonyok megváltoznak a talajban, a diffúziós utak meghosszabbodnak és a kötöttebb P-formák nem mozognak. A N ezzel szemben kis talajnedvességnél is kielégítően felvehető tömegáramlással, a transzspirációs árammal.

A K átmenetet képez a N és a P között, bár közelebb áll a foszforhoz. A nagyon nedves viszonyok oly mértékben növelhetik a K felvételét, hogy Mg hiánya is felléphet, amennyiben a K készlete nagy a talajban. A N-hez hasonlóan mozgékony tápelem a Ca, Mg, Na is. Legtöbb mikroelem felvétele azonban — a P, K elemekhez hasonlóan — száraz években gátolt. Ebben az is szerepet játszik, hogy a P, K, Fe, Mn, Zn felvételében a diffúzió és ezért az oldhatósági viszonyok, míg a N, Ca, Mg felvételében a tömegáramlás a meghatározó [4].

Szántóföldi viszonyok között egyértelmű összefüggést nem mindig kaphatunk a csapadék mennyisége és a növényi tápelemtartalom között, mert a csapadék nemcsak a tápanyagok dinamikájára hat a talajban (oldhatósági viszonyok), hanem egyidejűleg a növény növekedésére (hígulási effektus), valamint a levelekre is (kilúgzás). Az esőzés egyik közvetlen hatása a növényre, hogy kimoshat elemeket és így csökkentheti a föld feletti növényi rész, elsősorban a levél tápelemtartalmát. Egy sor zöldség és gyümölcs fajon megállapították, hogy a kimosódási veszteségek a fiatalabb levelekben csekélyek, azonban az elöregedéssel erősen növekednek. A burgonya levelének K-tartalma CERLING [9] szerint, a tartós esőztető öntözés hatására 1/3-ára is csökkenhet. Ezért amennyiben a helyes diagnózis a kilúgzás mértékének pontosabb szám-szerű figyelembevételét is igényli, extrém esetben külön mintavétellel kell megbecsülnünk a változásokat.

A növényanalízis gyakorlatában éppen a fenti jelenségből adódóan általánosan elfogadott, hogy nagyobb vagy hosszantartó esőzések után néhány napig a mintavételt szüneteltetni kell, míg a tápelemek egyensúlya helyre nem áll a növényben. Megemlítendő, hogy a levegő páratartalma a transzspiráción keresztül szintén befolyásolhatja olyan elemek felvételét, melyek jelentős részben a transzspirációs árammal mozognak a talajban és a növényben. Ilyen elemek elsősorban a N, Ca, Mg, S, B, Mo (BARBER és OLSON [3]).

Az évhatás problémája. — Gyakran felmerül a kérdés, vajon a növényelemzés jellemzői mennyire stabilak az éveket tekintve, mekkora lehet az évhatás, és ez utóbbi tényező mennyire befolyásolja az eredmények értelmezését. Tekintettel arra, hogy az évhatás magában foglalja a klímátényezők összességét, tehát komplex fogalom, elemzésére akkor nyílik módunk szabadföldi viszonyok között, amikor egy adott termőhelyen, táblán vagy kísérletben, több évig, azonos növényt termesztünk, és az évek között egy-egy klímátényezőt tekintve jelentősebb eltérések lépnek fel. Igaz ugyan, hogy szigorúan véve ez az állapot nem valósul meg, amennyiben pl. a nedves, párás, borús, esős években nemcsak a csapadékbőség, hanem a fényszegénység is fennáll, hasonlóképpen a száraz évekkal rendszerint a fény és hőbőség is együtt jár. A klímátényezők és kölcsönhatásaiknak tápanyagfelvételt befolyásoló hatása szabatosan klímakamrában vizsgálható. Arra azonban mindenképpen választ kell adnunk, hogy az

4. táblázat

A talaj P-ellátottsága és a szárbaindulás elejei növényelemzés adatok összefüggése
száraz és nedves évben. Mészlepedékes csernozjom, Nagyhörsök
(Kádár és Krámer [14])

Adott P ₂ O ₅ kg/ha 14 év alatt	ΔL—P ₂ O ₅ ppm 1977-ben	1976. Csapadékhiány —124 mm				1977. Csapadéktöbblet +32 mm			
		Légszáraz súly kg/ha	P %	N/P arány	Felvett P kg/ha	Légszáraz súly kg/ha	P %	N/P arány	Felvett P kg/ha
—	46	130	0,19	21,8	0,2	460	0,30	13,0	1,4
270	46	150	0,21	19,2	0,3	710	0,33	12,4	2,3
540	57	180	0,22	18,0	0,4	670	0,38	10,9	2,5
810	74	250	0,24	16,9	0,6	550	0,38	10,8	3,6
1050	108	410	0,30	14,4	1,2	1330	0,41	9,0	5,4
1290	124	560	0,36	12,4	2,0	1610	0,41	9,1	6,6
1530	161	680	0,40	11,2	2,7	2000	0,46	8,2	9,2
SzD ₅ %	23	160	0,04	1,7	0,7	230	0,04	0,9	0,9

évhatás milyen mérvű vagy nagyságrendű lehet szántóföldön, valamint a növényanalízis módszerének alkalmazása szempontjából ez az instabilitás előnye vagy hátránya-e a módszernek?

Az egyik 14 éves NPK műtrágyázási tartamkísérletünkben 1976-ban és 1977-ben is Kavkáz fajtájú őszi búzát vetettünk. Mindkét évben növényanalízist végeztünk a szárbaindulás kezdetén (FEEKES 5—6). A két év elsősorban a csapadékvizonyaiban különbözött. Az 1976. gazdasági évben, 1975. októbertől 1976. június végéig lehullott csapadék 124 mm-rel, közel 1/3-ával kevesebb volt a sokévi átlagnál. Az 1977. gazdasági év hasonló időszakában a csapadék eloszlása is lényegesen kedvezőbb volt és összege 32 mm-el meghaladta a sokévi átlagot. A P kísérletben egységes NK alaptrágyázást folytattunk. Annak ellenére, hogy a csapadékosabb 1977. évben a szárbaindulás elejei szárazanyaghozam több mint duplája volt az előző évének, a P% tartalom a P-ral gyengén ellátott talajon 0,19%-ról 0,30%-ra, a P-ral jól ellátott talajon 0,40%-ról, 0,46%-ra emelkedett. Az N/P aránya ugyanitt, a száraz évben a P kontroll talajon mért 22-ről (amely igen erős N túlsúlyt, illetve P hiányt jelentett) 13-ra süllyedt, míg a P-ral jól ellátott parcellákon 12-ről 8-ra változott (KÁDÁR és KRÁMER [14]), amint a 4. táblázatból látható.

Az évek között tehát igen nagy eltérések léphetnek fel a tápelemtartalomban és az arányokban. Amint a P trágyázási kísérletünk adataiból kitűnik, ezek az eltérések a talaj tápanyagszolgáltatásában (oldhatósági viszonyok) ténylegesen is előálló változásokat tükrözik, a csapadékosabb években valóban javul a növény P ellátottsága, csökkenhet a trágyaigénye, míg a N trágyázás iránti igény éppen a csapadékosabb években kifejezettebb (nagyobb trágyahatások várhatók). Példánkban a szárbaindulás elejei P felvétele a nedves évben, a száraz évhez viszonyítva, a P kontroll talajon 7-szeresére, míg a P-ral jól ellátott talajon 3—4-szeresére nőtt (4. táblázat).

Az alábbiakban bemutatjuk a N trágyázási kísérletünk főbb eredményeit annak illusztrálására, hogy az évhatásként értékelt csapadék milyen mechanizmuson keresztül hat a N felvételére, a N igényre és ezen keresztül a növényanalízis adatainak a helyes diagnózis szempontjából történő értelmezésére. A száraz tavaszon a növekedés gátolt, amint a légszáraz súlyokból kitűnik, ugyanakkor a N-tartalom átlagosan magasabb, mint a nedvesebb 1977. évben,

5. táblázat

A N trágyázás és a szárbaindulás elejei növényelemzés adatok összefüggése száraz és nedves évben. Mészlepedékes csernozjom, Nagyhöröcsök (Kádár és Krámer [14])

Adott N kg/ha 14 év alatt	1976. Csapadékhiány — 124 mm				1977. Csapadéktöbblet +32 mm			
	Légszáraz súly kg/ha	N %	N/P arány	Felvett N kg/ha	Légszáraz súly kg/ha	N %	N/P arány	Felvett N kg/ha
640	420	3,2	8,7	13,2	540	2,9	7,2	15,6
1140	510	3,4	9,8	17,3	620	2,8	7,1	17,6
1300	550	3,9	11,7	21,6	1140	2,8	7,6	32,0
1490	500	4,2	11,7	21,8	1250	3,6	9,0	44,8
1620	540	4,2	11,4	22,7	1360	3,7	9,2	50,4
1810	540	4,2	12,2	22,5	1650	3,8	9,2	62,3
2450	600	4,2	13,5	26,0	1460	4,2	10,9	59,7
SzD ₅ %	200	1,0	1,3	6,4	360	0,5	1,4	9,9

a felvétel tehát kevésbé gátolt. A trágyahatás a nedves évben erősen kifejezett, a szárazanyaghozam közel 3-szorosára, míg a felvett N közel 4-szeresére nőtt. A N kísérletben egységes PK alaptrágyázást folytattunk. Az N/P arányok arra utaltak, hogy a szárazabb évben a N-nel kielégítően trágyázott parcellákon 10 feletti N túlsúly dominált (kielégítő N felvétel tömegáramlással és gyengébb P felvétel a kedvezőtlenebb oldhatósági viszonyok miatt), míg a nedvesebb évben az N/P aránya általában 10 alatt maradt (5. táblázat).

A szárbaindulás elejei N felvétele a nedves évben, a száraz évhez viszonyítva, a N-nel rosszul ellátott talajon lényegében ugyanakkora maradt, míg a N-nel jól ellátott talajon több mint kétszeresére emelkedett. A hatásmechanizmus tehát éppen fordítottja a P felvételében tapasztaltaknak.

A K közbülső helyet foglal el a N és P tápelemek között, ami a talajbani viselkedését és növény általi felvételét illeti. A K kísérletünkben egységes NP alaptrágyázást biztosítottunk. Amint az alábbiakban közölt adatokból látható, ezen az egyébként nem kis K készlettel rendelkező csernozjomon, közepes K ellátottságú talajon a K hatások mérsékeltebbek. A nedvesebb évben azonban a nagyobb szárazanyag-hozammal nagyobb K felvétel járt együtt (kedvezőbb oldhatósági viszonyok a talajban), míg a K koncentráció nem haladta meg a szárazabb évben kapott értékeket, a nagyobb szárazanyaghozam okozta hígulási effektus ellensúlyozta a koncentráció növekedését. A K/P arányának változása arra utalt, hogy ezen a K-mal jobban és P-ral gyengébben ellátott talajon száraz évben a P felvétele jobban gátolt mint K felvétele. Nedves évben ezzel szemben, a K/P aránya szűkült, a P felvétele energikusabban javult mint a K-é (6. táblázat).

A szárbaindulás elejei K felvétele a nedves évben, a száraz évhez viszonyítva, a K-mal gyengébben és jobban ellátott talajon egyaránt közel 3-szorosára emelkedett. A P és a N tápelemek felvételével összevetve itt is megállapítható, hogy az évhatás (esetünkben lényegében a csapadékbőség jelenléte vagy hiánya) a K talajbani viselkedését és a növény általi felvételét más elemeken keresztül, azokkal kölcsönhatásban befolyásolja és lényegében ez a mechanizmus külső helyet foglal el a N és a P felvételében megnyilvánuló ellentétes irányú hatásmechanizmusokkal szemben.

Összefoglalva az eddig elmondottakat arra a következtetésre juthatunk, hogy a növényanalízis adatainak az évhatással kiváltott instabilitása a módszer

6. táblázat

A talaj K-ellátottsága és a szárbaindulás elejei növényelemzés-adatok összefüggése
száraz és nedves évben. Mészlepedékes csernozjom, Nagyhöröcsök
(Kádár és Krámer [14])

Adott K ₂ O kg/ha 14 év alatt	AL—K ₂ O ppm 1977-ben	1976. Csapadékhány —124 mm				1977. Csapadéktöbblet +32 mm			
		Légszáraz súly kg/ha	K %	K/P arány	Felvett K kg/ha	Légszáraz súly kg/ha	K %	K/P arány	Felvett K kg/ha
—	13,8	420	2,7	7,0	11,3	1160	2,7	6,7	31,6
360	16,1	450	2,8	7,6	12,8	1280	2,8	6,6	36,2
720	16,0	550	3,3	8,8	18,1	1400	3,4	7,6	47,2
1080	16,8	500	3,8	11,6	19,4	1850	3,5	8,5	65,4
1320	17,6	570	3,4	9,6	16,7	1400	4,1	10,3	57,3
1560	20,6	460	4,3	12,8	20,0	1620	4,2	10,0	68,1
1800	22,7	690	4,7	14,1	32,6	1440	4,0	9,9	61,0
SzD ₅ %	3,3	230	0,3	0,4	9,3	300	0,4	0,8	14,0

előnye, amely az időszakos talajvizsgálatokkal szemben lehetővé teszi pl. a talaj tápanyagainak oldhatósági viszonyaiban évenként létrejött tényleges változások számbavételét, a növény tápláltsági állapotában és a trágyaigényben létrejött módosulásokat. Igaz azonban, hogy a módszer ilyen irányú előnye elsősorban a kutatásban realizálható, míg a gyakorlati szaktanácsadásban, az előrejelzésben ma még technikai nehézségek is akadályozzák a gyakoribb mintavételt.

Hőmérséklet, fény tápelemtartalmat módosító szerepe. — Általában ismert, hogy a hőemelkedés bizonyos határig növeli a tápanyagfelvétel sebességét, a növényi tápanyagfelvétel energetikai folyamat is, azonban az optimumok megállapítása meglehetősen nehéz és növényenként eltérők, elemenként változók lehetnek. A P felvétele pl. hűvös és száraz tavaszon különösen gátolt, de csökkenhet a N és a K felvétele is. A Ca felvétele ettől eltérő lehet, mert alacsony hőmérsékleten a talajoldat több CO₂-ot tartalmaz és így a Ca vegyületeinek oldékonysága megnőhet. Fűféléknél, lucernánál megfigyelték, hogy hűvösebb viszonyok között kielégítően nőhet a termés és a szénhidrát-tartalom, míg a N, P, K, Fe, Mn, Al, Zn, B tartalma lecsökkenhet a növényben, a Ca és Mg tartalma változatlan marad (SMITH [27]).

Cukorrépánál azt találták (TERRY [28]), hogy a nagyobb hőmérsékleten, 25 °C-on alacsonyabb N tartalom volt a növényben, mint 15 °C-on. Ebben a kísérletben azonban a szárazanyaghozam és ezzel együtt a tápanyagok hasznosulása, növényen belüli érvényesülése is nőtt. Az irodalom gyakran ellentmondó reakciókról számol be a növényi tápelemtartalom és a hőmérséklet viszonyát illetően, melyeket helyesen csak akkor értelmezhetünk, ha a tápanyagtartalom változása mellett egyidejűleg a növekedés változásait is figyelembe vesszük hőmérséklet hatására, tehát a tápanyagérvényesülést is vizsgáljuk. A kérdést bonyolítja, hogy az egyes tápelemek felvételére a hőmérséklet eltérően hat. Így pl. fiatal árpa növényeknél azt találták, hogy a P felvételét a hőmérséklet növekedése erősebben serkenti mint a növekedést (szárazanyagképződést), míg a N esetében fordítva. Ebből adódóan a N/P aránya szűkülhet a talaj hőmérsékletének, illetve a gyökér hőmérsékletének emelkedésével, gyorsabban javul a növény P, mint N ellátottsága (NÁTR és PURŠ [23]).

Amennyiben tehát a korai mintavételt követően melegszik fel az időjárás és a talajhőmérséklet, feltehető, hogy az N/P aránya szűkülni fog a növényben,

a N-igény hatványozottan jelentkezik majd, míg a P-igény mérséklődik. Saját vizsgálataink is igazolták, hogy a növényi növekedés és szárazanyag-felhalmozódás párhuzamosan halad a N felvételével a tenyészidő folyamán. A maximális N igény ebből adódóan az intenzív szárazanyagképződés szakaszaiban (szárba-szökés, virágzás) jelentkezik. A P-igény ezzel szemben kora tavasszal, bokrosodás végén és szárbaindulás kezdetén a legnagyobb, a hiánytünetek ekkor a legszembetűnőbbek, míg későbbi fejlődés során gyakran eltűnnek és a P-hatások mérséklődnek. Kísérletünkben bokrosodáskor az őszi búza optimális körüli N/P aránya 10—11-körüli volt, mely érték a virágzás idejére 7—8-ra, tehát 1/3-ával lecsökkent (LÁSZLITY és KÁDÁR [17]). Más talajon végzett vizsgálataink szerint az N/P arányok szűkülése a felvett tápelemek arányában is tükröződik, és jelentősen függhet a talaj tápelemellátottságától (ELEK és KÁDÁR [11]).

A diagnosztikai célú növénymintavétel során a mintavétel körülményeit is fel kell jegyezni, sőt a mintavételt megelőző időszak extrémebb jelenségeit is, mint pl. hosszan tartó nagy esőzések, hűvös vagy száraz időjárás, stb., melyek az eredmények értelmezését elősegíthetik. A hőmérséklet megváltozása, a lehülés egyes tápelemek kiválasztását is eredményezheti a növényben, eddigi megfigyelések szerint elsősorban a K, kisebb mértékben a Mg veszteség léphet fel, míg a Ca-tartalom nem csökkent a bab jelzőnövényben (WALLACE et al. [29]).

A fény az előbb taglalt víz és hő klímátényezőkkal szemben közvetlenül a talajra nem hat, csak a növényben lejátszódó folyamatokra, így pl. a tápanyaghasznosulásra, érvényesülésre. Többet kimutatták, és így ma már általánosan is ismeretes, hogy árnyékban a legtöbb tápelem tartalma megnő a növényben. Elsősorban azonban a fényerősség és a N-tartalom összefüggését kell kiemelni, mert a fotoszintézis a NO_3 reakciójával jár együtt. Így pl. ha N hiányos növényeket árnyékba helyezünk a hiány gyakran eltűnik, amely a növény lecsökkent N igényével hozható összefüggésbe, árnyékos és gyengén megvilágított viszonyok között. A fényerősség és a tápelemtartalom összefüggése a talaj ellátottságának függvényében értelmezhető helyesen. Amennyiben pl. a N ellátottság a talajban igen jó, a fényerősség növelheti is a N-tartalmat a növényben.

A klímátényező szerepét ismernünk kell a szaktanácsadás során, azonban ma még ritkán tudjuk számszerűen figyelembe venni azokat. Sok ellentmondás is tapasztalható az irodalomban, gyakran nehéz általánosítani, mert hiányoznak azok a klímakamrában végzett kísérletek, melyek az egyes klímátényezők és azok kölcsönhatásainak a növényi anyagcserében és az ásványi táplálkozásban játszott szerepét teljesen tisztáznák. Esetenként az egészséges szemlélet hiánya, a komplex szemlélet hiánya és a növényanalízissel összefüggő elégtelen ismeretek akadályozzák e téren a tisztánlátást.

A fény hatása a növényre sokoldalú lehet. A látható fény hullámhossza döntő a fotoszintézis szempontjából. A rövidhullámú ultraibolya sugárzás serkenti pl. a növény illat és aroma anyagainak szintézisét, nagyobb dózisban azonban károsít. A hosszúhullámú infravörös sugárzás alapvetően már hőszugárzás, így a környezet hőmérsékletére gyakorol befolyást. Az a jelenség, hogy a sötétség erősebb megnyúlást okoz és az etioláltsághoz vezet arra utal, hogy a normális megvilágítás a hosszirányú növekedést gátolja. A megnyúlásos növekedésért felelős hormonok egy csoportja fény hatására ugyanis lebomlik és inaktívulódik a növényben (AMBERGER [1]). A fényszegénység következtében pl. a kalászosok szalmája megdőlésre hajlamossá válik az északnyugati európai államokban és a borús, csapadékos években hazánkban is. Kiválthatja ezt a jelenséget a túl

7. táblázat

A N és P szintek hatása a 6 leveles kukorica N% tartalmára, valamint N/P arányára. Mészlepedékes csernozjom, tenyészedeny-kísérlet, 1978 (Pusztai és Kádár [24])

P-adag mg/kg talaj	N-adag mg/kg talaj				SzD _s %	Átlag
	0	480	960	1440		
Száranyag-hozam, g/edény						
0	3,86	9,34	9,44	6,54	2,24	7,30
218	4,16	7,98	13,75	12,70		9,65
436	4,04	7,99	15,81	14,30		10,54
654	5,04	8,44	15,70	15,38		11,14
SzD _s %	2,24					1,12
Átlag	4,28	8,44	13,68	12,23	1,12	9,66
N% tartalom a növényben						
0	0,89	1,76	2,51	2,91	0,29	2,02
218	1,25	1,81	2,75	3,15		2,24
436	1,09	1,67	2,83	3,24		2,21
654	1,32	2,09	3,08	3,20		2,42
SzD _s %	0,29					0,15
Átlag	1,14	1,83	2,79	3,13	0,15	2,22
N/P arány a növényben						
0	6,0	14,2	20,1	18,9		14,8
218	3,2	6,1	10,9	12,9		8,3
436	2,4	4,5	9,2	10,8		6,7
654	2,6	4,7	8,4	10,3		6,5
Átlag	3,6	7,4	12,1	13,2		9,1

sűrű vetés nemkülönben, mert a tőszám megválasztásával szántóföldi viszonyok között a fénybőséget befolyásolhatjuk.

Üvegházi vagy fedett tenyészházi körülmények, különösen az őszi-tavaszi fényszegény periódusban, megnehezíthetik az egészséges növények felnevelését. A tenyészedeny-kísérletek eredményeinek szabadföldi interpretálása részben az eltérő fényviszonyok miatt problematikus. A növényanalízis segítséget nyújthat a tenyészedeny-kísérletezésben (helyes tápanyagadagok és -arányok megválasztása a kísérletben, a teszt-növény tápláltsági állapotának folyamatos kontrollja és a fenntartó trágyázás szintjének megállapítása, stb.), valamint elősegítheti a tenyészedeny-kísérletek eredményeinek általánosítását is. Az állókultúrák egy részénél a tápelem-ellátottsági optimumok megállapítása nem szabadföldi viszonyok között, hanem tenyészedeny, homok- és vízkultúrákban történt, amint erre már korábban utaltunk.

Az alábbiakban beszámolunk egy NPK trágyázási tenyészedeny-kísérletünk néhány eredményéről, melyben 1,8 kg-os edényekben kukoricánövény két növedékét neveltük 4–6 leveles stádiumig és növényanalízist is végeztünk. Kísérletünk típusa 64 kezeléssel kísérlet volt, 2 ismétléssel és 128 edénnyel, melyben mindhárom fő tápelemet 4–4 szinten alkalmaztuk és az összes lehetséges kombinációt beállítottuk a kölcsönhatások tanulmányozása céljából

(PUSZTAI és KÁDÁR [24]). Ugyanezen a talajon korábban szabadföldi kísérletet is végeztünk azonos kísérleti sémával és jelzőnövényvel, *MV-SC 380* fajtával, így összevetésekre is módunk nyílt a 6 leveles kukorica növényelemzés adatait illetően szántóföldön és a részben fedett tenyészház viszonyai között.

Amint a 7. táblázat adataiból kitűnik, a tenyészházban nevelt kukorica N% tartalma még a N-nel bőségesen trágyázott edényekben sem haladja meg lényegesen a 3% körüli értéket. Az irodalomban közölt optimumok szerint a 6 leveles kukorica akkor ellátott kielégítően N-nel, ha N% tartalma 4—5 között ingadozik (BERGMANN és NEUBERT [5]). A már említett szabadföldi kísérletünkben ezeket a határértékeket e talajon és ugyanezen fajtával is elfogadhatónak találtuk (KÁDÁR és ELEK [10]). A tenyészedényben kapott alacsonyabb N% tartalmak arra utalnak, hogy az üvegházi vagy fedett tenyészházi megvilágítás viszonyaiban a N%-ok önmagukban nem képesek a növényi, illetve a talaj N-ellátottságáról megbízható információt szolgáltatni.

Kielégítően jelezte a N ellátottságot az N/P aránya a növényben. Mind az irodalmi, mind a korábban említett saját szabadföldi adataink (ELEK és KÁDÁR [10]) alátámasztották, hogy a fotoszintézis kiegyensúlyozott ásványi tápelemigénye 10-körüli N/P aránnyal jellemezhető a fiatal kukorica növényben. A maximális szárazanyaghozamokat a tenyészedényekben is ott értük el, ahol az N/P aránya az említett optimum körül alakult. A 7. táblázatból az is látható, hogy e két tápelem aránya rendkívül tág határok között ingadozhat a növényben és jól tükrözi a tápláltság arányosságát vagy aránytalanságát. Ezért a tápelemarányok, így a tenyészedény-kísérletekben megállapított optimumok is, alkalmasak lehetnek a szaktanácsadás céljaira is felhasználható ellátottsági határértékek kialakítására, lehetőséget adva a tenyészedény-kísérletek eredményeinek interpretálására.

Irodalom

- [1] AMBERGER, A.: Pflanzenernährung. Ökologische und physiologische Grundlagen. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart. 1979.
- [2] Állókultúrák és szántóföldi növények mintavételi módszere. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest. 1980.
- [3] BARBER, ST. A. & OLSON, R. A.: Fertilizer use on corn. In: Changing patterns in fertilizer use. Ed.: NELSON, L. B. Soil Sci. Amer. Madison. Wisconsin. 163—188. USA. 1968.
- [4] BERGMANN, W.: Termesztett növények táplálkozási zavarainak előfordulása és felismerése. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1979.
- [5] BERGMANN, W. & NEUBERT, P.: Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. VEB Gustav Fischer Verlag. Jena. 1976.
- [6] BOULD, C.: Leaf analysis as a guide to the nutrition of fruit crops. V. J. Sci. Food. Agric. 15. 474—487. 1964.
- [7] BOULD, C.: Leaf analysis as a guide to the nutrition of fruit crops. VII. J. Sci. Food Agric. 19. 457—464. 1968.
- [8] CERLING, V. V.: O diagnosztike potrebnosti rasztenij v azote, foszfore i kalii pri pomoscsi mikroreakcij na szrezah rasztenij. Dokl. VI. Mezsd. Kong. Poesvovedov. 4-aja Kom. Plodorodie Poesv. Izd. AN. SzSzsZr. Moszkva. 1956.
- [9] CERLING, V. V.: Agrohímicseszkie osznovü diagnosztiki mineral'nogo pitaniija szel'szkohozjajsztvennüh kultur. Izd. Nauka. Moszkva. 1978.
- [10] ELEK, É. & KÁDÁR, I.: Műtrágyázás hatása a kukorica makro- és mikroelem felvételére. A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. Keszthely. 71—81. NEVIKI. Veszprém. 1977.

- [11] ELEK, É. & KÁDÁR, I.: Műtrágyázás hatása az őszi búza tápanyag-gazdálkodására. A mezőgazd. kemizálása. Ankét. Keszthely. 169—176. NEVIKI. Veszprém. 1978.
- [12] KÁDÁR, I.: A foszfor-műtrágya igényének becslése növény- és talajvizsgálatokkal. A mezőgazdaság kemizálása. VI. Ankét. Keszthely. 205—212. NEVIKI. Veszprém. 1976.
- [13] KÁDÁR, I.: Összefüggések a talaj termékenysége és tápanyagellátottsága között. Kand. Disszertáció (Kézirat). MTA TAKI. Budapest. 1978.
- [14] KÁDÁR, I. & KRÁMER, M.: Újabb adatok az őszi búza tápanyagellátottságának megítéléséhez növényanalízissel. A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. Keszthely. 177—185. NEVIKI. Veszprém. 1978.
- [15] KENWORTHY, A. L.: Plant analysis and interpretation of analysis for horticulture crops. In: Soil testing and plant analysis. II. 59—75. Plant analysis. Madison. Wisconsin. USA. 1967.
- [16] KLECKOVSKIJ, V. M. & PETERBURGSKIJ, A. V.: Agrohimiya. Izd. Kolosz. Moszkva. 1964.
- [17] LÁSZTITY, B. & KÁDÁR, I.: Az őszi búza száraanyag-felhalmozódásának, valamint tápanyagfelvételének tanulmányozása szabadföldi kísérletben. Agrokémia és Talajtan. **27.** 429—444. 1978.
- [18] LÁSZTITY, B. & KÁDÁR, I.: Študium mel ioračného P a K hnojenja na niektorých podah ML'R. Agrochémia. **19.** (7) 204—209. 1979.
- [19] LIEBIG, J. VON: Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. 1840. Neunte Auflage. Verlag Vieweg und Sohn. Braunschweig. 1876.
- [20] MAGNICKIJ, K. P., ŠUGAROV, JU. A. & MALKOV, V. K.: Novije metodü analiza rasztenij i počv. Szel'hozgiz. Moszkva. 1959.
- [21] MENDEL, K.: A növények táplálkozása és anyagcseréje. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1976.
- [22] Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. MÉM Növényvédelmi és Agro-kémiai Központ. Budapest. 1979.
- [23] NÁTR, L. & PURŠ, J.: The influence of root temperature on dry matter production and N, P, K concentration of young barley plants. Z. PflErnähr. Bodenkunde. **126.** 204—210. 1970.
- [24] PUSZTAI, A. & KÁDÁR, I.: Nitrogén-forgalmi vizsgálatok mészlepedékes csernozjom talajon modellkísérletben. Agrokémia és Talajtan. **29.** 251—272. 1980.
- [25] SÁRKADI, J.: A műtrágyaigény becslésének módszerei. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1975.
- [26] SAUSSURE, DE. TH.: Recherches sur la végétation. 1804. In: LIEBIG, J. VON: Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. 1840. Neunte Auflage. Verlag Vieweg und Sohn. Braunschweig. 1876.
- [27] SMITH, D.: Influence of temperature on the yield and chemical composition of five forage legume species. Agron. J. **62.** 520—523. 1970.
- [28] TERRY, N.: Developmental physiology of sugarbeet. II. Effects of temperature and nitrogen supply on the growth, soluble carbohydrate content and nitrogen content of leaves and roots. J. Exper. Bot. **21.** (67) 477—496. 1970.
- [29] WALLACE, A., ABOU-ZAMZAM, A. M. & ALEXANDER, G.: Measurement of changes in total plant composition of five ions simultaneously by emission spectrography. Comm. Soil Sci. Plant Anal. **3.** (5) 375—380. 1972.
- [30] WOLFF, E.: Praktische Düngerlehre. Vierte Auflage. Verl. Wiegandt und Hempel. Berlin. 1872.

Érkezett: 1980. április 15.