
Talajaink nitrogén-tartalma és a nitrogén trágyázás

Németh Tamás

Magyar Tudományos Akadémia,
Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest

ÖSSZEFOGLALÁS

A szántóföldi növénytermesztés, a mezőgazdasági termelés szempontjából a természeti erőforrások közül a feltételelesen megújulni képes talaj a legfontosabb. Ezzel párhuzamosan a talaj az elemek geológiai és biológiai körforgalmában is jelentős szerepet játszik. A nagy (geológiai) és a kis (biológiai) elemforgalom eredményeképpen a talajban az élőszervezetek számára szükséges elemek és vegyületek a környezetükhöz mérten felhalmozódhatnak, megteremtve a növényi és egyéb élőlények életfeltételeit. A talaj mind horizontális, mind vertikális viszonylatban heterogén rendszer, a talaj alkotói mindhárom dimenzióban nagy változékonyságot mutatnak, együtt azzal, hogy a paraméterek jelentős része két mérési időpont között is változhat. Amikor a növények termesztését befolyásoló tényezőkről beszélünk számolnunk kell ezzel a tér- és időbeni változékonysággal, heterogenitással. A tápanyag-utánpótlási szaktanácsok készítésénél ezekre a tényezőkre mind figyelemmel kell lennünk. Bármely szaktanácsadási rendszer alkalmazásakor jelentkező hiba nagy része, illetve az elkövetett tévedések döntő többsége az előbbieknél megfelelően a talaj nem kellő megbízhatóságú felmérésére, a heterogenitás nem kellő figyelembe vételére vezethető vissza. A trágyázási gyakorlatban a legnagyobb hibát a helytelen, a nem szakszerű mintavétel jelenti, ezt követi a talajvizsgálatok során elkövetett módszertani hiba nagysága, majd – az előzőekhez képest elenyésző mértékben a műszeres analízis pontatlansága és az eredmények értékelésében rejlő szubjektivitás. Normál, azaz termesztési viszonyok között, a tápanyagok mennyisége és eloszlása a talajban nagyban függ az alkalmazott (agro)technológiától, a felhasznált (mű)trágyák mennyiségétől és formájától, valamint a trágyázás egészének milyenségétől.

A tápanyag-utánpótlási szaktanácsok készítésére azért van szükség, mert a talajokban, a gyökerek által átjárható talajrétegben lévő tápelem mennyiségek csak egy része vesz részt egy-egy természeti ciklusban közvetlenül a növények táplálásába. Erre jó példa, hogy egy átlagos csernozjom talaj felső 1 méteres rétegében több mint 5000 kg nitrogén, 12000 kg K_2O van, de még a Magyarországon elterjedt P_2O_5 -ben kifejezett foszforból is 1500 kg található, mégis a trágyaként adott, az összes mennyiség töredékének számító adagok nélkülözhetetlenek. Ez azért van, mert az össz-mennyiségből egy adott időszak (tenyészidő) alatt hozzáférhetővé váló tápelem mennyiség függ a talaj tulajdonságaitól, a környezeti feltételektől (a talaj fizikai és kémiai sajátosságaitól), valamint az adott tápelem tulajdonságaitól (oldhatóság, megkötődés stb.). Ezeknek az eltérő folyamatoknak az ismerete, az aktuális tápelem-tartalmat befolyásoló tényezők vizsgálata elengedhetetlenül fontos a környezetet a kívánatosnál nem nagyobb mértékben terhelő trágyázási gyakorlat kidolgozásához.

Az eddig elmondottak minden olyan input alkalmazásakor fontosak, melyek a termesztési gyakorlat folyamatában a mezőgazdasági táblákra kerülnek. A jól működő, gazdasági és környezeti feltételeket egyaránt figyelembe vevő – sajnos napjaink termesztési-gazdasági adottságaiból adódóan nem kellő szintű és mértékű – gyakorlatban általánosan három tápelem pótlására

kerül (és került az elmúlt évtizedekben) sor: nitrogénre, foszforra és káliumra. Áttekintve a magyar szántóföldi növénytermesztés tápelem-mérleget az elmúlt 100 évben érdekes megállapításokra juthatunk.

A magyar szántóföldi növénytermesztés tápelem-mérlege a nitrogén és a kálium esetében az 1960-as évek második felétől, míg a foszfor esetében az 1960-as évek első felétől vált pozitívvá, ez az évenkénti pozitív mérleggel záró időszak az 1980-as évek végéig tartott.

Sem az 1960-as évekig, sem 1990-es évtől kezdődően a tápelem-felhasználásunk mértéke nem érte el az adott évben az adott táblán felvett tápelemek mennyiségét.

SUMMARY

For crop production and agricultural production, the most important natural resource is the soil that can optionally renew. Paralelly with this, soil plays a major role in the geological and biological cycle of elements. As a result of the big (geological) and small (biological) element cycles, the elements and combines necessary for organisms can accumulate in the soil creating suitable living conditions for plants and other organisms. Soil is a heterogeneous system both horizontally and vertically, and soil constituents show great variety in all the three dimensions, in addition, most of the parameters can also change between two examination dates. When talking about the factors influencing plant production, one should take into account this variation and heterogeneity in time and space. When making fertilization recommendations, these factors should all be considered. In any consultation system, most of the mistakes and errors made are due to the unsatisfying soil testing and the negligence of soil heterogeneity. In the practice of fertilization the biggest mistake is the improper soil sampling, then comes the methodical mistake of soil testing, which is followed by the inaccuracy of instrumental analysis and the subjectivity of result evaluation, but the latter two are negligible compared to the others. Under normal, i.e. production conditions, the quantity and distribution of nutrients in the soil are greatly dependent upon the applied technology, the amount and form of the applied natural and artificial fertilizers and the quality of fertilization.

Fertilization recommendations are needed because in the layer which is accessible for plant roots only a part of the nutrient content is available for plants in a specific production cycle. An illustration of this is that though the upper 1 m layer of an average chernozem soil contains more than 5000 kg N, 12000 kg K_2O and 1500 kg P_2O_5 (form of expression mostly used in Hungary), the application of fertilizer doses which are just fractions of these quantities is essential. This is due to the fact that the available amount of the total nutrient content depends from the quality of soil, the environmental factors (the physical and chemical qualities of the soil) and the specific nutrient's qualities (solubility, adsorption). Knowledge of these processes and the examination of the factors influencing the actual nutrient content are vital for working out a fertilization practice, which does not put more strain on the environment than necessary.

All of the above mentioned should be considered when applying inputs in the fields. In a well-functioning practice that considers the economic and environmental conditions (unfortunately the present production and economic conditions do not enable an appropriate level and degree), three nutrients are supplemented generally (and were supplemented in the last decades): nitrogen, phosphorus, potassium.

Studying the nutrient balance of the Hungarian field production's last hundred years, we can draw some interesting conclusions.

The nutrient balance became positive for nitrogen and potassium in the second half of the 1960's, while for phosphorus it was positive from the first half of the 1960's and this period lasted until the end of the 1980's.

Neither before the 1960's, nor since the 1990's has the amount of nutrients supplemented in a specific year reached the amount of the nutrient uptake of the same year.

NITROGÉN A TALAJOKBAN

A talajok nitrogénkészletének kb. 95%-a szerveskötésben található, az így kötött mennyiség mintegy 25-40%-a alfa-amino nitrogén, másik része pedig aminocukrok, aminosavak és egyéb szerves vegyületek formájában mutatható ki. A szerves N-formák közül az ammónium és a nitrát fordul elő nagyobb mennyiségben, míg nitrit csak rövid ideig, intermedierként mutatható ki. Az ammónium-ion pozitív töltése révén a talajásványokban is megkötődhet, adszorbeálódhat, míg a nitrát negatív töltése révén arid talajokon nem kötődik meg, ami azt is jelenti, hogy pozitív vízmérleg esetén a vízzel a gyökérszót elhagyva mélyebb talajrétegekbe mosódhat.

MAGYARORSZÁG TALAJAINAK NITROGÉN FORGALMA AZ 1950-ES ÉVEKIG

A szántóföldi növénytermesztés kezdetétől a magyar gazdálkodók, az eredendően termékeny talajoknak köszönhetően, megfelelő mennyiségű terményt voltak képesek előállítani a hagyományos művelési módok (ugaroltatás, vetésváltás, vetésforgó) alkalmazásával. A kivont tápelem-mennyiségek pótlására, a talaj tápanyagszolgáltató képességének fenntartására alkalmazott egyetlen külső tápanyag-forrás ebben az időben a szervestrágya, az almos istállótrágya volt. Ha a növénytermesztéssel párhuzamosan az állattenyésztésünk alakulását is elemezzük, megállapítható, hogy megfelelő mennyiségű, jó minőségű érett istállótrágya már ekkor sem áll rendelkezésre. Ennek oka elsősorban az állattenyésztés számára kedvezőtlen környezeti feltétel (kedvezőtlen éghajlati adottságok, kevés és nem megfelelő eloszlású csapadék, ennek következtében kevésbé jó minőségű és nem kellő mennyiségű takarmány) volt. A tápanyag-gazdálkodás szempontjából ezt a hosszú időszakot talajzsaroló gazdálkodásnak lehet minősíteni. Nitrogén esetében ezt a megállapítást még az 1932-1936 évek közötti mérlegadatokkal is alá lehet támasztani: a terméssel hektáronként 40 kg nitrogén távozott, ezzel szemben istállótrágyával mindössze –

országos átlagban – csak 7 kg érkezett, a mérleg évente 33 kg/ha mértékben negatív volt. Ezt a folyamatot és az e folyamat által kiváltott kedvezőtlen hatást már korán felismerték, 1891-ben az akkori miniszter, Baross Károly, a magyar mezőgazdaság állapotáról szóló éves jelentésében bemutatta az országos termésátlagokat a fő gazdasági növényekre:

őszi búza	1,14 t/ha
rozs	0,86 t/ha
árpa	1,06 t/ha
zab	0,89 t/ha
őszi káposztarepce	0,73 t/ha

A miniszter értékelése szerint hazánk természeti adottságaihoz képest ezek a termés-eredmények jelentősen elmaradnak az elvárhatótól és megítélése szerint elsősorban a minimális ráfordítással működő extenzív termesztési viszonyokra vezethetők vissza. Az extenzív gazdálkodás egyik jellemzője volt ebben az időben a nem kellő szintű tápanyag-utánpótlás. A szakma megítélése szerint ebben az időszakban a hazai talajok nitrogén és kálium szolgáltató képessége elegendő mértékű volt a növények kiegyensúlyozott tápanyag-ellátásához, ezért az egyetlen, ásványi formában adott tápelem a foszfor volt.

A múlt század (1900-as évek) elején Schneider (1909) a világ műtrágya felhasználását és a műtrágyázás jövőbeni lehetőségeit elemezte. Ebben az időben a műtrágyák alkalmazásában élenjáró országok közül Belgiumban 10,45 kg/ha nitrogént, 24,55 kg/ha foszfort és 4,45 kg/ha káliumot, míg Németországban 3,97 kg/ha nitrogént, 12,16 kg/ha foszfort és 8,2 kg/ha káliumot szórta ki a gazdák. Ezzel szemben Magyarországon 0,05 kg/ha nitrogén, 1,17 kg/ha foszfor és 0,12 kg/ha kálium hatóanyag került alkalmazásra a szántóterület átlagában (Konkoly, 1911).

Hasonló tendencia volt jellemző egészen az 1950-es évek közepéig, például az 1932-1936 közötti években, a szántóterületek átlagában csak 2 kg/ha NPK hatóanyag-mennyiséget alkalmaztak.

Ez a folyamat azzal is járt, mint már említettük, hogy a magyar növénytermesztés nitrogén mérlege egészen a XX. század második feléig erősen negatív volt.

Az 1950-es évektől a műtrágyák térnyerése hazánkban is megkezdődött, a statisztikai adatok alapján 1951-1960 között 15 kg/ha NPK, majd 1961-1965 között 57 kg/ha és 1966-1970 között 109 kg/ha jutott átlagosan a szántókra. (Az 1951-1960 között hazánkban alkalmazott trágyázási szint nem sokkal maradt el az akkori kukorica-trágyázási gyakorlattól az USA-ban, ahol 1950-ben 8 kg N, 5 kg P és 6 kg K volt a hektáronkénti műtrágyaadag, ezzel 2,5 t/ha termést érték el.) A nemzetközi trendek változnak, erre jó példa a Kína két rizstermesztési körzetének elemzése (évi kétszeri aratás), ahol 1950-ben 2,5 t/ha alatt volt a rizs (kétszeri aratás) termés-mennyisége műtrágyázás nélkül, mostanra évi 400 kg/ha nitrogén alkalmazását követően egy-egy termés mennyisége is meghaladja a 6 t/ha-os értéket (Smil, 1999).

A MAGYARORSZÁGI TALAJOK NITROGÉN-TARTALMÁNAK MEGÍTÉLÉSE

Stefanovits (1975) a magyarországi talajokat, összes-nitrogén tartalmuk alapján N-ellátottság szempontjából jellemezte, és ennek egyik lehetséges csoportosításaként (ami csak átteteleseken veszi figyelembe az egyéb talajtulajdonságokat) az alábbi kategóriákat közli:

- 0,05%N igen szegény talajok
- 0,05 - 0,10%N gyengén ellátott talajok
- 0,10 - 0,25%N közepesen ellátott talajok
- 0,25 - %N jól ellátott talajok.

A talaj össz-nitrogén tartalmának növekedése elsősorban a talajban lejátszódó mikrobiológiai folyamatok függvénye. Ez azt is jelenti, hogy a talajnak azokban a szelvényzintjeiben található a legtöbb nitrogén, melyben a (mikro)biológiai tevékenység a legaktívabb. Ez általában a humuszos réteg. Az összes-nitrogén talajszelvénybeli eloszlása követi a humusz-tartalom eloszlását. A mennyiségi összefüggésen túl minőségi összefüggés is található, a tényleges nitrogén tartalom függ a humusz minőségétől is.

A talajok nitrogén-ellátottságának csökkenése az alábbi okokra vezethető vissza:

- az össz-N tartalom csökkenése, vagy
- a nitrogén oldhatóságának, növények általi felvehetőségének csökkenése.

Az első típusra kiváltó okként általánosságban a víz- és szél erózió (defláció) említhető meg, míg a második esetre a nitrát kimosódása, vagy az ammónia elillanása (volatilizációja) jó példa. Kisebb mértékű és könnyebben orvosolható felvehetőségbeni veszteséget okozhat a nitrogén kötési formájának, valamint a szerves és szervetlen formák arányainak megváltozása.

TRÁGYÁZÁS, TÁPANYAGUTÁNPÓTLÁS

Trágyázással egyrészt a tápanyagokkal kellően el nem látott talajok termékenysége növelhető, másrészt a természet egy adott szintjén már csak a kivont tápelemek pótlására van szükség. A gazdálkodónak azonban mindkét esetben azonos módon, azonos elv szerint kell döntenie, meg kell határozni

- az optimálisan kiszórható mennyiséget,
- a környezeti feltételeknek legjobban megfelelő (mű)trágya választékot, majd ezt az adott helyre, az adott időpontban kell kijuttatnia.

A trágyázás optimális érvényesülésében a talajok természetes termékenysége döntő szerepet játszik, a nagy termékenységű talajok jellemzője, hogy

- a növények képesek mélyen gyökerezni, jó a talaj porozitása, levegőzöttsége (levegőgazdálkodása),
- megfelelő mennyiségű vízzel képes a növényeket a tenyészidőszak alatt ellátni (a víztározó és vízraktározó képesség),
- tápanyagszolgáltató képessége jó, könnyen felvehető tápanyagmennyiséget úgy tud

biztosítani a növények számára, hogy közben a környezet nem szennyeződik,

- az egy-egy termesztési ciklusban feleslegben maradó tápanyagmennyiségeket vissza tudja tartani,
- a toxikus elemeket képes megkötni (fixálni).

A fenntartható mezőgazdasági fejlődés a tápanyag-utánpótlás oldaláról is kihívást jelent, hiszen a mechanikus trágyázási gyakorlatról át kell térni egy dinamikusra, melynek alapelemei, (a) az egyedi tápelemszükséglet kielégítése helyett a rendelkezésre álló tápelemforrások optimális kihasználása, (b) a statikus tápelemmértélegről a tápelem körforgalom figyelembe vételével a növények tápelemfelvételi dinamikájához igazodás, (c) a trágyázás tartamhatásának fokozottabb figyelembe vétele, (d) a trágyázás nem kívánt mellékhatásainak elkerülése, (e) a stressz-hatások – szárazság, só, szennyeződések – elleni védekezés, (f) a talajtermékenység fenntartása és szükség szerinti javítása.

A termesztés kiegyensúlyozott rendszerébe illeszkedő trágyázásnak alapvető láncszeme a tápanyag-utánpótlási szaktanácsok készítése, hiszen a racionálisan tervezhető termésszint eléréséhez szükséges tápanyagoknak a talajban rendelkezésre kell állni, ennek forrása a talaj eredeti tápanyagtartalma mellett a szerves és a műtrágyák alkalmazása. A racionálisan tervezhető termésszint az ökológiai adottságoknak megfelelő, az adott termesztési környezetben elérhető termésmennyiséget jelenti táblánként, termesztési egységenként. A gazdálkodók által megcélzott, adott évre tervezett termésszintnek a helyessége a korábbi évek terméseredményeinek elemzésével ellenőrizhető (Németh, 1995a; Várallyay és Németh, 1995).

A trágyázási szaktanácsadások készítésénél a különbözően, az alkalmazott szaktanácsadási rendszernek megfelelően meghatározott és csoportosított alapparamétereket (talajtulajdonságok, talajvizsgálati eredmények, termesztett növények fajlagos tápelemtartalma stb.) figyelembe véve lehet az adott táblára vonatkozó vizsgálati eredmények ismeretében a kijuttatandó trágyamennyiségeket meghatározni. Ennek a mennyiségnek a lehető legpontosabb meghatározása mind a termesztés, mind a környezetvédelem szempontjából elengedhetetlenül fontos. Ez nem új keletű probléma, Becker (1928) a század első felében úgy fogalmazott, hogy a növényeknek a fejlődésük folyamán bizonyos tápanyagokra szükségük van és ezeket csak a talajból vehetik fel, így felmerül a kérdés, milyen és mennyi tápanyagot kell a talajnak tartalmaznia a növényi szükségletek fedezésére.

Balláné (1991a, 1991b, 1992) feldolgozta és áttekintette a trágyázási szaktanácsadás készítés fejlődését és módszereit Liebig és Mitscherlich munkásságától kezdődően. Utalt arra is, hogy a magyar trágyázási szaktudomány fejlődése, Nyugat-Európával egy időben a múlt században megkezdődött. Már az akkori vélemények szerint is a talajvizsgálatokon kívül figyelembe kell venni a

termés nagyságát befolyásoló tényezőket: (a) az utolsó 4 évben termesztett növények és azok termése, (b) az utolsó 4 évben történt trágyázás, (c) a termelendő növény, (d) a talaj felülete, (e) vízjárta-e a tábla, (f) milyen talajművelő eszközöket használnak, (g) a talajvíz mélysége, (h) kavicsos, vagy vízzáró réteg van-e és ha igen, milyen mélyen.

Sarkadi (1975) „*A műtrágyaigény becsülésének módszerei*” c. könyvében áttekintette és értékelt azokat a tényezőket, melyeket a helyes trágyázási szaktanácsok készítésénél figyelembe kell venni. Adott környezeti feltételek mellett a trágyaadagok megállapítását befolyásoló fontosabb tényezők az alábbiak:

- gyakorlati tapasztalatok, táblatorzskönyvi adatok,
- a termesztett növények tulajdonságainak ismerete,
- tervezett termés,
- talaj- és növényvizsgálatok,
- szabadföldi kísérletek, ezek kalibrációja.

A gyakorlati tapasztalatok figyelembe vételének a trágyaadagok megállapításában hazánkban nagy hagyománya van. A növénytermesztési tan- és kézikönyvek, valamint a trágyázással foglalkozó kiadványok mindegyike utal erre.

A talajvizsgálatokon és a gyakorlati tapasztalatok figyelembe vételén túl van még egy tényező, melynek kiemelését minden esetben szükséges megtenni, ez a szabadföldi (tartam)kísérletek eredményeinek érvényesítése, beépítése és átültetése a szaktanácsadási rendszerekbe. Az ezekből nyert eredmények általánosíthatóságának és hasznosíthatóságának feltétele az, hogy a kísérlet jól jellemezze azokat a környezeti viszonyokat, melyekre alkalmazni szeretnénk. A szabadföldi kísérletek annak ellenére fontosak, hogy jogosan merülhetnek fel kérdések az eredmények reprezentativitásával kapcsolatban. A szabadföldi kísérletezés fontosságára már a múlt században is utaltak, azt is kiemelve, hogy „Minél több helyen és minél több talajon kell a kísérleteket végrehajtani”, valamint azt, hogy „Egyszeri kísérlet nem elegendő, folyton, évről évre kell kérdést intézni a talajhoz...” (Cserháti és Kosutány, 1887). A trágyázási kísérletek fontosságát Sigmund (1901) is elismerte, majd később arról írt, hogy a talajvizsgálat ugyan biztosabb alapokra helyezi a kísérletezést, de nem helyettesítheti azt (Sigmund, 1922). Becker et al. (1928) felismerve a kísérletezés nyújtotta előnyöket már a század első felében úgy fogalmaztak, hogy a „mezőgazdasági tudományok éppen az utóbbi időkben nagy számban szolgáltattak olyan eredményeket, amelyeknek a mezőgazdasági gyakorlatban a legnagyobb fontosságuk van. (Az eredmények átvitelének) egyetlen módja a minden körülményt gondosan mérlegelő, minden eshetőséget figyelembevevő, teljesen megbízható, pontos, szakszerű kísérlet.” Ballenegger et al. (1936) a talajvizsgálatok mellett a szabadföldi kísérletek jelentőségét is hangsúlyozták, megállapítva, hogy „a trágyázás sok kérdését még a legalaposabb

talajvizsgálat útján sem lehet felderíteni, csak ha szabadföldi kísérleteket végzünk”.

A kellő szakmai alapossággal, egzakt módon kidolgozott trágyázási szaktanácsadási módszerek használatával biztosítható a reálisan tervezhető termésszint tápanyagszükséglete, a talaj – talajvizsgálatokkal ellenőrzött – tápanyagtartalmának és tápanyagszolgáltató képességének figyelembe vételével. A szántóföldi növénytermesztés oldaláról ezeknek a szaktanácsadási módszereknek alkalmazásával a racionális, a természet körülményeire és a környezeti feltételekre figyelmet fordító, biztonságos gazdálkodás valósítható meg. Az ország adottságait alapul véve egy ilyen termesztési rendszernek a XXI. században, az EU csatlakozást követően sincs más valós alternatívája.

A nitrogén műtrágyákat világméretben 50-60 millió t/év mennyiségben használják fel. Hignett (1999) felmérése szerint az 1950-es évekhez viszonyítva napjainkban 23-szorosára nőtt a N-műtrágyák, 8-szorosára a P-műtrágyák és több mint 4-szeresére a K-műtrágyák felhasználása, ez az adat már tartalmazza a kelet-közép-európai országokban bekövetkezett visszaesést. A globális adatok hatalmas eltéréseket takarnak nemcsak országok között, hanem az adottságoknak, gazdasági helyzetnek megfelelően országokon belül is. Ennek a hatalmas mennyiségű anyagnak a környezetkímélő előállítás, szállítása, kezelése és alkalmazása nagy kihívás. Ez világméretben és országonként is igaz.

A hazai talajok szervesanyag- és nitrogén-tartalmának áttekintése, felmérése nemcsak az általános tájékozódás, ismeretszerzés, a különböző körülmények között kialakult talajok tápanyagtökéjének és nitrogén-szolgáltató képességének megismerése szempontjából fontos, hanem a szántóföldi növénytermesztésben gazdasági és környezetvédelmi szerepe is kiemelten jelentős. Annak ellenére, hogy a talajban a nitrogén döntő többsége szerveskötésben van, a szerves és a szerves formák közötti kvázi egyensúly áll fenn, a különböző N-formák közötti, a környezeti feltételek által behatárolt, dinamikus átalakulások mégis meghatározzák egy-egy terület nitrogén ellátottságát, a N-szolgáltatást és a növények számára felvehető nitrogén mennyiségét adott időpillanatban.

A három fő tápelemre készített hazai tápelemmérések is mutatták, hogy az 1960-as évek közepétől az 1980-as évek végéig tartó időszak intenzív termesztési módszereinek, trágyázási gyakorlatának hatására a talajok tápelem-ellátottsága is megváltozott. Ez a változás sok esetben azzal járt, hogy az intenzív műtrágyázás következtében a talajok szántott rétegében jelentősen nőtt a foszfor és kálium tartalom.

Könnyű belátni azt, hogy mivel korábban az intenzív szakaszban a nitrogén trágyázásban is, ha a mérlegadatokat tekintjük ugyan kisebb mértékben, de a foszfor és kálium trágyázáshoz hasonló tendencia érvényesült, a többlet nitrogén hatására a talajok nitrogén tartalma is megváltozhatott. Ezeket a változásokat azonban a szántott réteg humusz-tartalmának elemzésével már nem lehet

kimutatni. A hosszú időszak alatt (vagy akár egy termesztési ciklus alatt is) feleslegben adott nitrogén egy része képes a talajban nitrát-N formában a gyökérszónában vagy a talaj mélyebb rétegeiben felhalmozódni. A nitrogén formák közül a nitrát különös jelentőséggel bír. Ebben a formában a növények könnyen fel tudják venni a nitrogént, ugyanakkor a nitrát-ionok negatív töltésük miatt nem kötődnek meg a talajkolloidokon, mozgékonyak, így ha a felülről érkező víz képes a gyökérszóna elhagyására, akkor azzal a nitrát a gyökérszónából kimosódhat.

A többlet nitrogénnek azt a részét, ami a gyökérszónában maradt a következő növények hasznosítani tudják. Hogy mi lesz a mélyebb rétegekbe mosódott nitrogén sorsa, azt a talaj tulajdonságai (fizikai féleség, vízgazdálkodási tulajdonságok, szervesanyag-tartalma, a humuszos réteg mélysége stb.) valamint a környezeti feltételek (talajvíz mélysége, csapadék mennyisége, megoszlása, intenzitása stb.) határozzák meg. Azokon a területeken, ahol a talajvíz mélyen helyezkedik el, így a csapadék nem képes a felszín és a talajvíz közötti talajréteg átmosására, a nitrát – akár nagy mennyiségben is – felhalmozódhat. Egy adott nitrogén szaktanácsadási rendszer, módszer kidolgozásakor az eddig elmondottakra mind figyelemmel kell lenni.

NITROGÉN TRÁGYÁZÁSI SZAKTANÁCSADÁSI RENDSZEREK

A növénytermesztés extenzív szakaszában

A korábbiakban bemutattuk azt, hogy milyen termésátlagokat értek el a gazdálkodó és ennek eléréséhez mennyi műtrágyát alkalmaztak a XIX. század második, valamint az 1900-as évek első felében. A kép nem lenne teljes, ha nem beszélünk annak az időszaknak a szaktanácsadási és a kapcsolódó kutatási tevékenységéről. A trágyázási szaktanácsadás szükségességét, a növények tápelemigény kielégítésének fontosságát a század első évtizedében kiemelt feladatnak tekintették nemcsak a kutatók, hanem az akkori Minisztérium vezetői is (Baross, 1892; Cserháti, 1908; Gyárfás, 1908; Treitz, 1900; Rovara, 1892).

A fő kérdés nem különbözött a jelenlegitől abban az időben sem, mennyi műtrágyát kell alkalmazni adott termés eléréséhez, mikor és hova kell azt kijuttatni. Az akkori közlemények azt a véleményt támasztották alá, hogy a trágyázás szükségességének elbírálásához, majd a hatás megítéléséhez az alapot a szántóföldi kísérletezés nyújtja. Véleményük szerint megbízható kísérleti háttér nélkül önmagában a talajvizsgálatok nem elégségesek a trágyaadagok megállapításához. A magyarországi talajtermékenységi és növénytáplálási kutatások mindig kísérleti háttérrel rendelkeztek, hazánk mindig gazdag volt szabadföldi (tartam)kísérletekben. Ennek köszönhető, hogy a múlt század végétől jelentős mennyiségű adat, információ és tudás halmozódott fel. Az archív

adatokon túl jelentős számú közlemény foglalkozott trágyázási kérdésekkel, elsősorban a *Köztelek* c. folyóiratban.

A gyakorlat számára, őszi gabonák termesztésekor, például ebben az időszakban azt javasolták, hogy az elővetemény (repce, silókukorica, here, vagy ugar) alá istállótrágyázzanak, s a kalászosok ne kapjanak trágyát. A foszfortrágyázásra az első írott javaslatot, a kísérletek alapján Rovara (1892) adta, ősszel, vetés előtt javasolta kiszórni a műtrágya foszfort. Századunk első felében már a nitrogén osztott alkalmazását javasolták, a javasolt mennyiség 1/3-át ősszel – a foszforral együtt – 2/3-át pedig tavasszal. [Külön érdekesség, hogy a gazdálkodók érdekében a műtrágyák hatóanyagtartalmának ellenőrzését már ekkor is javasolták (Faltin, 1911).]

A növénytermesztés intenzív szakaszában

Mint ahogyan azt már korábban említettük a gazdaságossági, a termesztéstechnológiai és az utóbbi időben a környezetvédelmi kihívások, kényszerek – az intenzív termesztési szakaszra történő áttérés kezdetétől – trágyázási (tápanyag-utánpótlási) szaktanácsok készítésének az igényét vetették fel. Hazánkban az 1960-as évek közepétől napjainkig több – kisebb, nagyobb területen, esetenként országosan használt, alkalmazott – szaktanácsadási program, rendszer alakult ki. A trágyázási szaktanácsadási rendszerek akkor érik el céljukat, ha a tudományos alapossággal, egzakt módon összeállított kereteket a környezeti feltételekhez alkalmazkodóan megbízható helyi (talajvizsgálati és termesztési) adatokkal töltik ki. A nagy, a három fő tápelemet (és sokszor a kalciumot, magnéziumot és a mezo-mikroelemek legfontosabbjait is) átfogó rendszerek közül itt a MÉM NAK (1979), az MTA TAKI – KSZE (Várallyay et al., 1992) és az MTA TAKI – MTA MGKI (Csathó et al., 1998a, b), valamint a Talajerőgazdálkodás Kkt (Pálmai és Horváth, 1998) szaktanácsadási módszerét említjük, nem kicsinyítve a többi hasonló rendszer elsősorban a volt ÁG Szakszolgálati Állomások érdemeit, szaktanácsadási tevékenységét, szakanyagaiknak értékét.

A talajok humusz- ezzel együtt szerves-N tartalma jelentős mértékben vesz részt – a mineralizáció és az immobilizáció révén – az adott évben zajló nitrogén körforgalomban. Az egy tenyészidőszak alatt mineralizálódó nitrogén mennyiségét biológiai (inkubációs), fizikai (EUF), kémiai (feltárás) módszerekkel lehet becsülni, valamint tartamkísérletek kontroll parcelláin lehet mérni. A humusz-tartalom mérésén alapuló N-trágyázási rendszereknek is a mérlegszámítás és a kalibráció az alapja.

A humusztartalom mérésén alapuló N-trágyázási rendszer alapjai

A talajok humusz- ezzel együtt szerves-N tartalma jelentős mértékben vesz részt – a

mineralizáció és az immobilizáció révén – az adott évben zajló nitrogén körforgalomban. A talajok képződése, valamint művelésbe vonása következtében az eltérő talajoknak nemcsak a szervesanyag tartalma különböző (mennyiségileg), hanem a szervesanyaguk minőségében is különbségek vannak. Ezek a különbségek, valamint a hosszú időre visszanyúló kísérleti eredmények és termesztési tapasztalatok segítettek a talaj humusz-tartalmának mérésén alapuló N-szaktanácsadási rendszerek kidolgozásában. Sarkadi (1975) ezt a kérdéskört úgy foglalta össze, hogy a 4-5 évenkénti talajvizsgálatok során meg kell

elégedni a talaj össz-N, ill. humusz-tartalmának a mérésével. A talaj N-szolgáltatása és e mért paraméterek közötti laza összefüggés javulhat a talajtulajdonságok, az időjárás és az agrotechnikai tényezők módosító hatásainak figyelembe vételével.

Például az MTA TAKI – KSZE közös szaktanácsadási rendszere is számol természetesen a növényi fajlagosokkal (*I t termés és a hozzátartozó melléktermék tápelemtartalma*), egy olyan táblázat segítségével, ahol a tápelem-ellátottsági kategóriának (nitrogén esetében a *I. táblázat* szerinti besorolásnak) megfelelően módosító faktorokat alkalmaz.

1. táblázat

Nitrogén-ellátottsági kategóriák a talajok humusz-tartalma alapján

(Sarkadi és Várallyay, 1989; Németh, 1993, 1996)

Blokk(1)	Ellátottsági kategória(2)				
	1	2	3	4	5
	Humusz-tartalom (%) (3)				
I.	<1,0	1,0-1,7	1,8-2,4	2,5-3,0	3,0<
II.	<1,5	1,5-2,0	2,1-3,0	3,1-3,5	3,5<
III.	<2,0	2,0-2,5	2,6-3,5	3,6-4,0	4,0<
IV.	<2,5	2,5-3,0	3,1-4,0	4,1-5,0	5,0<
V.					5,0-15,0
VI.					15,0>

Table 1: Categories of nitrogen supply on the bases of the soil's humus content
Block(1), Category of nutrient supply(2), Humus content(3)

A nitrogén trágyaadagok megállapításánál a nitrogén ellátottság megítélésén túl, további tényezőket is figyelembe vettünk, így például az elővetemény hatását (pillangósok csökkentik, gabonafélék növelik stb.), valamint az alászántott növénymaradványok hatását (Németh, 1987).

Minden szaktanácsadási rendszer csak annyira lehet jó, amennyire jó a kalibrációja. A talaj szántott rétegében mért humusz-tartalom alapján alapuló módszer kalibrálásához sok kísérleti eredményt használtak fel hazánkban is. Az is belátható azonban, hogy az intenzív gazdálkodási módra történt áttérést követően (nagy adagú N-trágyázás, reziduális N a talajszelvényekben) a humusz-tartalom szinte már csak kategorizálásra alkalmas, az azonos kategóriába tartozó, azonos tulajdonságokkal rendelkező talajok között nem ad információt a talajban ténylegesen meglévő, könnyen felvehető nitrogén mennyiségéről, nem ad lehetőséget a kategóriák finomabb felbontására. A termésátlagok növekedésével, új fajták termesztésbe vonásával, a korábban már említett gazdaságossági és környezetvédelmi szempontok előtérbe kerülésével a nitrogén trágyaadagok további pontosítása elkerülhetetlenné válik. Ez annál is fontosabb, hiszen napjainkban világméretben is új utakat keres a mezőgazdasági gyakorlat. Az utóbbi évtizedek termesztési technológiája megváltozik, megújul, ezt az új irányzatot a fenntartható mezőgazdaság fogalommal vezetik be, szerte a világon (Angyán, 1995; Láng, 1995). Az új kihívásoknak eleget tevő, a táblára adaptált, a talaj természetes termőképességét is

figyelembe vevő termesztés-technológiának döntő eleme kell hogy legyen a nitrogén trágyázás új alapokra helyezése is. A nitrogén trágyaadagok pontosítására több módszer ismeretes, ezek egyike a talaj ásványi-N tartalmának mérésén alapul (megemlíthető még a hazánkban is, elsősorban a cukorrépa termesztésben, valamint a szőlőművelésben elterjedt EUF-módszer).

A talajok ásványi-N tartalmának figyelembe vételén alapuló módszer azon a felismerésen alapul, hogy a korábbi év(ek) nitrogén trágyázásának eredményeként, illetve a talajban zajló transzformációs és transzport folyamatok eredményeként az adott évi N-trágyázást megelőzően is különböző mennyiségű, ásványi-N formában lévő nitrogén található a talajszelvényben, mely jelentős szerepet játszik a növény N-igényének kielégítésében, ezáltal jelentősen hat az alkalmazott nitrogén trágya érvényesülésére. A talajszelvényben található nitrogén mennyiségének mérésén alapuló N-trágyázási rendszer alkalmazásánál a figyelembe veendő fontosabb tényezők az alábbiak:

- a mintázandó talajszelvény mélysége,
- a mintavétel időpontja,
- megbízható átlagminta készítés (megfelelő számú részminta gyűjtése).

A mintavétel mélységének meghatározása a nitrát-N tartalmat befolyásoló összes tényező figyelembe vételével történhet (környezeti feltételek, növények gyökerezési mélysége stb.), alapvetően azonban az mondható el, hogy a mintavételi mélység

általában 60-90 cm, esetenként azonban 120 és 150 cm is lehet.

A mintavétel időpontjában a módszert alkalmazók egyetértenek, időben olyan közel legyen a vetéshez, illetve őszi vetésű növények esetében a vegetáció újraindulásához, amilyen közel csak lehet (ez függ az időjárás körülményektől, a talaj állapotától, a technikai – mintavétel és analízis – feltételektől stb.).

A megbízható átlagminta képzéshez szükséges részminták száma is különbözhet a terület heterogenitásának, a talaj tulajdonságainak, a meteorológiai tényezőknek és a termesztés színvonalának megfelelően. Ward (1971) 5-8 rész minta vételét tartotta szükségesnek, míg Keeney (1982), valamint Sarkadi et al. (1986) a felső 60 cm-es talajréteg mintázásakor 20 rész mintából javasolta az átlagminta képzést.

A talajok ásványi-N tartalmának mérésén alapuló nitrogén trágyázási módszer szélesebb körben a mezőgazdasági gyakorlatban az Egyesült Államokban, Kanadában és Nyugat-Európában a hatvanas, hetvenes évektől kezdődően terjedt el (Buchner és Sturm, 1985; Campbell et al., 1992; Geypens et al., 1994; Ward, 1971; Wehrmann és Scharpf, 1977). Az N_{\min} -módszert Európában elsősorban olyan térségekben dolgozták ki, melyeknek talajai zömükben könnyű mechanikai összetételűek, a tél enyhe, évente – elsősorban a téli félévben – jelentős mennyiségű csapadék hullik, a talajvíz a felszínhez közel található és sok szerves eredetű trágyát (elsősorban hígtrágyát és szennyvíziszapot) használnak fel, alkalmaznak a gazdálkodók a mezőgazdasági művelésbe vont területeken (Németország, Hollandia, Belgium stb.).

Mint már említettük azokon a területeken, ahol ezt a nitrogén trágyázási módszert alkalmazni lehet, általában úgy járnak el, hogy a mintavételi időpont a trágyázási időponthoz minél közelebb legyen (Németh és Buzás, 1985; Ward, 1971; Wehrmann és Scharpf, 1979). Az, hogy az ásványi-N formák közül (ammónium-N és nitrát-N) melyiket mérik nincs egységesen eldöntve, az Egyesült Államokban például e módszert sok esetben nitrát-tesztként javasolják (Keeney, 1982) és kalibrációval hitelesítik. A talaj nitrát-N tartalmának mérését sok esetben összekapcsolják a mineralizálódni képes nitrogén mennyiségének meghatározásával és e két paraméter együttes figyelembevételével határozzák meg a kiszórandó nitrogén mennyiségét (Stanford et al., 1977).

Németország nyugati részén a talaj felső 90 cm-es talajrétegében mért ásványi-N tartalom alapján alakították ki az N_{\min} -módszert (Sauerbeck és Timmermann, 1983; Wehrmann és Scharpf, 1977, 1979). A módszert kísérletekben kalibrálták és ez alapján alakították ki azokat az alapértékeket, melyek alapján a talajban mért ásványi-N tartalom összevethető volt a nitrogén trágyaadagokkal. E módszert az 1970-es évektől Németország keleti részében is alkalmazták (Müller et al., 1976).

A talajok ásványi-N tartalmának mérésén alapuló nitrogén trágyázási módszer a 60-as évek kísérletei

után az 1970-es évek elejétől-közepétől Franciaországban (Muller, 1974), Belgiumban (Boon, 1981; Guyot, 1971; Hofman et al., 1981) és Hollandiában (Kolenbrander et al., 1981; Neeteson et al., 1989; Ris et al., 1981) már a gyakorlatban is elterjedt.

A talajok ásványi-N tartalmának nitrogén szaktanácsadás szempontú vizsgálata hazánkban is már viszonylag korán megindult, itt – a teljesség igénye nélkül – az MTA TAKI-ban és a PANNON ATE-n végzett kutatásokat említjük meg elsősorban. E kutatóműhelyekben készültek az elmúlt időszakban a témához kapcsolódó disszertációk. Az ásványi-N tartalom figyelembe vételéről az őszi búza nitrogéntrágyázásában Balázs (1991, 1993), Hoffmann et al. (1988) és Németh (1990, 1991, 1994d), kukoricában Hoffmann (1991, 1993), Hoffmann et al. (1988) és Németh (1990, 1991) míg őszi káposztarepcében Németh (1988), Németh és Buzás (1991b), valamint Németh és Kádár (1988, 1989) számoltak be.

A talajok ásványi-N tartalmának mérésén alapuló módszer (N_{\min} -módszer)

Ennek a nitrogén szaktanácsadási módszernek, mely a nevét az ásványi szó angol, ill. német megfelelőjének rövidítéséből kapta, az a lényege, mint azt már említettük, hogy figyelembe veszi a talaj mélyebb (szántott réteg alatti) rétegeiben ásványi-N formában levő N-mennyiségeket a nitrogén trágyázási javaslatok elkészítésében.

A módszer alap gondolata az, hogy kapcsolatot keres a talaj adott rétegében található, ásványi formában levő nitrogén mennyisége és a növény – adott termésszint eléréséhez szükséges – nitrogén igénye között. A kiszórandó nitrogén műtrágya kiszámításának az általános képlete a következő:

$$y = a - bx \quad (1)$$

ahol y = a kiszórandó N-mennyisége (kg/ha)

a = kísérletek, korábbi tapasztalatok alapján a talajra és a környezetre jellemző, növénytől függő érték

b = az ásványi-N „érvényesülési koefficiense”

x = ásványi-N tartalom (kg/ha) az adott talajrétegben.

A képletből is látható, hogy a módszernek két sarokpontja van. Az „ a ” érték és a „ b ” érték. Az „ a ” érték meghatározása igényli a szakmai tudást, a hosszú évek kísérleti eredményeinek és az üzemi tapasztalatoknak a szintézisét. Ez az érték tartalmazza a tenyészidőszak alatt lezajló N-transzformációk eredőjét, a növény tápelemfelvételi sajátosságait és egyéb, nehezen számszerűsíthető paramétert. A „ b ” érték, az érvényesülési koefficiens meghatározása szintén problematikus. A módszert kidolgozók ezért megpróbálnak úgy eljárni, hogy ennek értéke 1,0 legyen. Ezt a módszert kidolgozása során legtöbbször a mintavételi mélység változtatásával, az ásványi-N formák variálásával próbálják meg, kísérleti úton

elérni. (Azt ugyanis könnyű belátni, hogy pl. ha adott körülmények között a 0-60 cm-es talajréteg helyett a 0-90 cm-es talajréteg ásványi-N tartalmát mérik, akkor más N-mennyiséget kapnak a talajrétegben.) Ez nem okoz zavart a módszer kidolgozásánál, hiszen alkalmazása kísérleteken (kalibráción) és folyamatos ellenőrző méréseken alapul.

Az ásványi-N vizsgálatokat célszerű növényvizsgálatokkal is ellenőrizni, illetve kiegészíteni. A növényvizsgálati eredmények alapján határértékekre hazai viszonyaink között Kádár (1988, 1992) tett javaslatot. A növényanalízis azért jó módszer az ásványi-N vizsgálatokhoz kapcsolódva, mert tájékoztatást ad a növények tápelem-ellátottságáról, valamint a tápelemarányok számítása révén a tápláltság kiegyensúlyozottságáról is.

Mint már említettük a táblára adaptált, a talaj termékenységét figyelembe vevő növényfajtánkénti termeszéstechnológiaiak kialakításának elengedhetetlen eleme a nitrogén trágyázás új alapokra helyezése. Ennek egyik lehetséges módszere, változata, a talaj ásványi-N tartalmának figyelembe vétele. Ez – szemben a csak a humusz-tartalom mérésén alapuló szaktanácsadási módszerrel – azért is jelentős, mert a hazánkban kialakult trágyázási gyakorlatban, az esetek döntő többségében, őszi és tavaszi osztott nitrogén kijuttatást alkalmaznak.

Ez a gyakorlat, sok egyéb más tényező mellett, azt eredményezi, hogy az őszi és téli időjárási viszonyoktól, valamint őszi vetésű növényeknél az állomány őszi fejlődésétől függően kora tavasszal a gyökérszónában táblánként lényeges különbségek lehetnek a növények számára könnyen felvehető nitrogén-formákban.

A kora tavaszi ásványi-N mérések jó alapot nyújthatnak a tervezett termés eléréséhez, ősszel megállapított, tavaszra maradt nitrogén adagok kontrollálására. Egy ilyen lehetőség azért is fontos, mert a mennyiségileg helyes és a megfelelő időpontban kijuttatott nitrogén nemcsak a növények optimális N-ellátottságát biztosítja és nagy termés elérését teszi lehetővé, hanem a termésbiztonságot is fokozza. A gabonák terméshozama például a kalászok számának, a kalásonkénti szemszámnak és az ezermagtömegnek a szorzata, így ebben a kora tavaszi időpontban még ez is befolyásolható. (A fejrágyázással még a kalászt hozó növények száma is növelhető, így kis vagy közepes csíranövény szám mellett a nitrogén adagolással a kalászt hozó növények száma is növekedhet.)

Az ásványi-N tartalomban azonban az évek között is jelentős különbségek adódhatnak az alábbiak miatt:

- az elővetemény N-trágyázása, termése és N-felvétele,
- az ősszel lejátszódó mineralizáció (ez függ az előveteménytől, aratásának időpontjától, növényi maradványok alászántásától, az időjárási tényezőktől stb.)
- az ősszel nitrát formában levő nitrogénnek a vegetáció beindulásáig tartó differenciált, lefelé

irányuló mozgásától (szintén az időjárás függvénye).

A kalibrációhoz itt is kísérleti háttér szükséges, mert pontosan csak kísérletekben lehet megállapítani a mért értékek valós tartalmát, az érvényesülést. Ez az N_{\min} -módszernél azért is fontos, mert a szaktanácsadás pontosságához ismerni kell a területre (táblára) jellemző sokéves, átlagos nitrát tartalmat a számításnál figyelembe vett talajrétegben. Ebben az esetben a tavasszal kiadandó mennyiség az átlagos nitrát-tartalom és az optimálisan tervezhető termés eléréséhez szükséges sokévi átlagos N-trágya mennyiség összevetéséből számítható. Sokéves adatsor alapján, e két paraméter alkalmazásával a tenyészidőszak alatt mineralizálódó N-mennyiség az összefüggésben burkoltan szerepel.

Az ásványi-N tartalom mérésén alapuló trágyázási módszer lényege, mint korábban már említettük az, hogy kapcsolat van a kora tavasszal a talaj adott rétegében ásványi formában található N-mennyiség és az optimális termés eléréséhez szükséges N-adag között. Ez az arány adott körülmények, termőhelyi adottságok között fordított, ha több nitrogén található a talajban, kevesebb műtrágya felhasználása is elég.

Azokon a területeken, ahol a korábbiakban nem volt még ásványi-N tartalom mérésén alapuló N-trágyázás, célszerű az első évi javaslatok visszaellenőrzése a vizsgálatba vont területek 25-30%-án. Ennek az ellenőrzésnek a legjobb módszere a növényanalízis.

A talaj ásványi-N tartalmának mérésén alapuló nitrogén szaktanácsadási, trágyázási rendszert dolgoztunk ki (Németh, 1990, 1992) a MÉM NTSZ Velencei Intézetével közösen. A kidolgozás során az őrbottyáni és nagyhőrcsöki nitrogén-trágyázási tartamkísérletek eredményeinek kalibrálására támaszkodtunk (Németh, 1995b; Németh és Buzás, 1991a,b). A szaktanácsadási rendszer a nitrát-N tartalom mérésén és kalibrálásán alapszik és felépítése során legfontosabb alapelvnek azt tekintettük, hogy a korábbi kísérletek alapján a „ b ” tényezőt 1-nek vehessük. Ez sikerült, így az egyenletben a második tényezőben (bx) a ténylegesen mért nitrát-N tartalommal tudunk számolni. Az általunk felállított alapelvek, készített algoritmusok és alaptáblázatok felhasználásával az IBM kompatibilis számítógépeken futtatható, az ásványi-N eredményeket feldolgozó program-rendszert, számítási modellt Gránitz (1991) dolgozta ki. A rendszernek szintén fontos eleme az egyszerűsített nitrogén mérlegszámítás, ugyanis az ehhez szükséges adatok (táblánkénti termésátlag, növényi N-felvétel és a kiszórt N-műtrágya mennyisége) a táblatorzskönyvekben szerepel, illetve egyszerűen számítható. Egy hosszabb időszakot – 5-10 év – átfogó mérleg egyenlege is támpontot nyújt az ásványi-N tartalom értékelésekor.

A nitrogén trágyázási rendszert a kialakítása és bevezetése óta Fejér megyében (NTSZ) évente 6.000 ha-on, az IKR területén 3.000 ha-on, 1993-tól Somogy megyében 5-25.000 ha-on (Horváth, 1993;

Németh et al., 2001) és 1994-től Zala megyében (Kft) 5.000 ha-on alkalmazzák. A módszer bevált, az üzemi szakemberek és a szaktanácsadást készítőket egyaránt elégedettek vele, ez az oka annak, hogy a trágyázási kedv általános visszaesése ellenére a módszerünk alkalmazása immár 4 megyére is kiterjed.

A szaktanácsadási módszer kidolgozásakor és indításakor több olyan kérdés is felmerült, melyet a N-trágyaadagok meghatározásánál figyelembe kellett vennünk:

1. Kísérleti és korábbi üzemi adatok hiánya
2. Reprezentatív mintázás
3. Korai mintavételkor a mintavételtől a vetésig, illetve őszi búzánál a bokrosodásig, őszi káposztarepcénél a levélváltásig tartó időszak időjárása.

A kérdéseket az N-szaktanácsadási rendszer kialakítása során megválasztottuk, figyelembe vettük, így a módszer főbb lépései a következők szerint alakultak:

- a) Talajmintavétel a 0-60 cm-es talajrétegből, a nitrát-N tartalom meghatározása, a mért értékek kg/ha-ra történő átszámítása a becsült, ill. a korábban a talajfizikai vizsgálatok alkalmával mért térfogattömeg értékek alapján, rétegenként (0-30, 30-60 cm) külön-külön. Konkrét mérések hiányában, vályogtalajokon a felső rétegben az 1,3-1,4 kg/dm³, az alsó rétegben 1,4-1,5 kg/dm³ térfogattömeg-érték javasolható az átszámításhoz.

Más talajok esetében a talaj fizikai féleségének megfelelő érték alkalmazása indokolt.

- b) A két mintázott réteg közötti nitrát megoszlás módosító tényezőnként – elsősorban őszi vetésűek esetében – akkor szerepel, ha a felső réteg nitrát tartalma az össz-készlet 30%-át nem éri el, ill. kisebb 30-40 kg/ha-nál. Őszi búza természetésekor például csernozjom jellegű vályogtalajoknál, 2,0-3,0% közötti humusztartalomnál 150 kg/ha feletti nitrát tartalomnál (és az előbbi rétegek közötti arányokat figyelembe véve) a nitrogén fejtrágyázás elhagyható, ha a növényállomány jól fejlett, egészséges. Ez a nitrogén készlet 6,0-7,0 t/ha termésszint eléréséhez elegendő. (Ez a 150 kg/ha-os érték 10-15% üzemi rátartást is tartalmaz, kísérleti körülmények között 130-as értékkel is számolhatunk.)
- c) Az előzőek értelmében a mért értékek alapján ilyen N-szolgáltatás elérése lehet a cél azokon a táblákon, ahol a mért nitrát készlet ettől az értéktől eltér.
- d) Kísérleti és üzemi mérési háttér nélkül az első évben ennél jobban megosztott számítási módszer alkalmazása, a módosító tényezők figyelembe vétele nem célszerű.
- e) Az előző pontokban felsoroltak miatt az első évben célszerű a növényállomány fejlődésének fokozottabb figyelembe vétele, bonitálás és növénymintavétel beiktatása. Így lehetőség van még a tenyészidőszak alatti esetleges korrigálásra, indokolt esetben pótlólagos N-trágyázásra.

IRODALOM

- Ángyán J. (1995): Környezetbarát gazdálkodási rendszer- és struktúra-váltás a szántóföldi növénytermesztésben. „AGRO-21” Füzetek. 7. 36-79.
- Balázs J. (1983): A N-műtrágyázás, a talaj ásványi N-tartalma és a növényi N-felvétel összefüggései búzánál Ramann-féle barna erdőtalajon. XXV. Georgikon Napok, Keszthely. I. kötet, 318-328. PATE, Keszthely
- Balázs J. (1991): Nitrogén lemosódás dunántúli barna erdőtalajokon. XXXIII. Georgikon Napok, Keszthely, I. kötet, 267-273. PATE, Keszthely
- Balázs J. (1993): A N-ellátottság szerepe a búzatermesztésben eltérő típusú barna erdőtalajokon. Kandidátusi Értekezés. PANNON ATE, Keszthely
- Balla A-né (1991a): A trágyázási szaktanácsadás fejlődése és módszerei. Növénytermelés. 40. 363-373.
- Balla A-né (1991b): A trágyázási szaktanácsadás fejlődése és módszerei. II. A magyar trágyázási szaktanácsadás fejlődése. Növénytermelés. 40. 553-560.
- Balla A-né (1992): A trágyázási szaktanácsadás módszerei. III. A magyar szaktanácsadás jelenlegi helyzete. Növénytermelés. 41. 83-89.
- Ballenegger R.-Bittera M.-Csiky J.-Dicenty D.-Halács Á.-Vilax Ö.-Zicker J. (1936): A talaj termőerejének fenntartásáról és a műtrágyázásról. Orsz. Mezőgazdasági Kamara Talajtani és Műtrágyázási Osztályának Kiadványa. 8., Pallas Nyomda, Budapest
- Baross K. (1892): A földművelési miniszter jelentése 1891 évi működéséről. Köztelek 10 December, 1-7.
- Becker J. (1928): A talaj tápanyagszükségletének meghatározásáról. Mg. Kutatások. 1. 65-94.
- Becker J.-Csiky J.-Hangai Szabó B. (1928): Kísérleti körzetek. Mg. Kutatások. 1. 41-49.
- Boon, R. (1981): Nitrogen fertilization advice for winter cereals and sugarbeets on deep loam and sandy loam soils based on a profile analyses. Pedologie. 31. 347-363.
- Buchner, A.-Sturm, H. (1985): Gezielter düngen: intensivwirtschaftlich – umweltbezogen. DLG Verlag, Frankfurt (Main)
- Buzás I. (1987): Bevezetés a gyakorlati agrokémiába. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Campbell, C. A.-Zentner, R. P.-Selles, F.-Biederbeck, V. O.-Leyshon, A. J. (1992): Comparative effects of grain lentil-wheat and monoculture wheat on crop production, N economy and N fertility in a Brown Chernozem. Can. J. Plant Sci. 72. 1091-1107.
- Cooke, G. W. (1982): Fertilizing for maximum yield. Granada Publ. Ltd., London, Great Britain
- Csathó P.-Árendás T.-Németh T. (1998a): New, environmentally friendly fertiliser advisory system, based on the data set of the Hungarian long-term field trials set up between 1960 and 1995. Commun. Soil Sci. and Plant Anal., 29. 2161-2174.
- Csathó P.-Árendás T.-Németh T. (1998b): New, environmentally friendly fertiliser recommendation system in Hungary. Bibliotheca Fragmenta Agronomica, Tom. 3. 225-230.
- Cserhádi S. (1906): A műtrágyák okszerű alkalmazása. Nitsmann Könyvnyomda, Győr

- Cserhádi S. (1908): Őszibúza trágyázása. Köztelek 18. 1840-1841.
- Cserhádi S.-Kosutány T. (1887): A trágyázás alapelvei. Orsz. Gazdasági Egyesület, Budapest
- Csiky J. (1928): A talajvizsgálatok alkalmazása a gyakorlatban. Mg. Kutatások. 1. 154-164.
- Debreczeni B. (1979): Kis agrokémiai útmutató. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Di Gléria J. (1964): Mezőgazdák talajismereti és trágyázási útmutatója. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Faltin, A. (1911): A Thomas-salakok forgalomba hozásának feltételei. Köztelek 21. 1803-1804.
- Farkas Á. (1942): Magyarország talajerőmérlege. Magyar Gazdaságkutató Intézet, Budapest
- Finck, A. (1992): Dünger und Düngung. VCH, Weinheim
- Füleky Gy. (1994): A talajvédelem és a környezetkímélő tápanyaggazdálkodás. „AGRO-21” Füzetek. 1. 87-99.
- Geypens, M.-VanDendriessche, H.-Bries, J.-Hendrikx, G. (1994): The N-index expert system, a tool for integrated N-management. In: Transactions 15th World Congress of Soil Science, July 10-16, Acapulco, Mexico. International Society of Soil Science. Volume 5a. 165-173.
- Grábner E. (1948): Szántóföldi növénytermesztés. Pátria Kiadó, Budapest
- Gránitz G. (1991): Ásványi-nitrogén mérési eredményeit feldolgozó program-rendszerének kezelési utasítása. (kézirat) 5., Fejér megyei NTÁ, Velence
- Guyot, J. (1971): Evolution de l'azote mineral dans un sol et fumure azotée du ble d'hiver. Bull. Rech. Agron. Gemb., 6. 280-326.
- Gyárfás J. (1908): Műtrágyázási kérdések Köztelek 18. 2570-2571.
- Hignett, T. P. (1999): The World's dependence on inorganic fertilisers. In: (Isherwood, K. F.: Why the fertiliser industry should encourage the quantification of plant nutrition.) Int. Fert. Soc. Proc 444., Cambridge, UK
- Hoffmann S. (1991): A talaj ammónium- és nitrátkészletének aránya N-trágyázott kukorica kísérletekben. XXXIII. Georgikon Napok, Keszthely, II. kötet, 76-77.
- Hoffmann S.-Kismányoki T.-Balázs J. (1988): Az őszi búza és kukorica tavaszi N trágyázása a talaj ásványi-N készletére alapozva. In: Kutatási eredmények a gyakorlatnak. Tápanyaggazdálkodás. Eds.: Debreczeni B.-Miklay F-né., 37-46. MÉM AGROINFORM, Budapest
- Hofman, G.-Van Ruymbek, M.-Ossemerct, C.-Ide, G. (1981): Residual nitrate-N in sandy loam soils in moderate marine climate. Pedologie. 31. 329-346.
- Horváth J. (1993): Talaj- és növényvizsgálatokon alapuló N-trágyázás 1993. évi tapasztalatai Somogy megyében. Orsz. Környezetvédelmi Konferencia, Siófok, I. kötet, 201-203.
- Kádár I. (1988): Kevesebb műtrágyát. Búvár, 7. 12.
- Kádár I. (1992): A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA TAKI – Kádár I., Budapest
- Keeney, D. R. (1982): Nitrogen-availability indices. In: Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological Properties. Ed.: Page, A. L., 711-733. Am. Soc. Agron., Madison, Wisconsin, US
- Kemenes E. (1959): Talajerőgazdálkodás. Akadémia Kiadó, Budapest
- Kerpely K. (1910): A műtrágyák helyes alkalmazása. Pátria, Budapest
- Kolenbrander, G. J.-Neeteson, J. J.-Wijnen, G. (1981): Investigation in the Netherlands of optimum nitrogen fertilization on the basis of the amount of N_{min} in the soil profile. Pedologie. 31. 365-371.
- Konkoly, T. S. (1911): A világ műtrágyafogyasztása. Köztelek 21. 3187-3189.
- Kreybig L. (1951): Gyakorlati trágyázástan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Kreybig L. (1955): Trágyázástan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Láng I. (1995): Gondolatok a magyar agrárgazdaság jövőképeének tudományos megalapozásáról. MTA Agrártudományok Osztálya, Budapest
- Muller, J. (1974): [The residual effects of preceding crops on soil mineral nitrogen at the end of winter: maize grown for grain.] Comptes Rendus des Seances de l'Academie d'Agriculture de France. 60. 11. 850-856.
- Müller S. et al. (1976): Untersuchungen über die möglichkeiten einer Bemessung der ersten N-Gabe zu Getreide durch Berücksichtigung des Gehaltes an anorganischem Stickstoff im Boden. Arch. Acker-Pflanzenbau Boden., 20. 713-722.
- Neeteson, J. J.-Dilz, K.-Wijnen, G. (1989): N-fertilizer recommendations for arable crops. In: Management systems to reduce impact of nitrates. (Ed.: Germon, J. C.), 253-263., Elsevier Sci. Publ., Barking, England
- Németh T. (1987): A nitrogénigényt módosító tényezők az MTA TAKI-KSZE szaktanácsadási rendszerében. Kézirat. MTA TAKI, Budapest
- Németh T. (1988): A N-ellátottság szerepe az őszi káposztarepce termesztésében. Kandidátusi Értekezés, Budapest
- Németh T. (1990): Az őszi búza tavaszi fejtrágya adagjának megállapítása az ásványi-N tartalom mérése alapján. Kézirat. MTA TAKI, Budapest
- Németh T. (1992): Ásványi-N tartalom mérésén alapuló nitrogén szaktanácsadási blokk. Kézirat. MTA TAKI, Budapest
- Németh T. (1993): Fertilizer recommendations – Environmental aspects. Zesz. Probl. Post. Nauk RoIn. 400. 95-104.
- Németh T. (1995a): Gondolatok a tápanyaggazdálkodásról a fenntartható mezőgazdasági fejlődés tükrében. XXXVII. Georgikon Napok, PANNON ATE, Keszthely
- Németh T. (1995b): Nitrogen in Hungarian soils – nitrogen management relation to groundwater protection. J. Contaminant Hydrology. 20. 185-208.
- Németh T. (1996): Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma. MTA TAKI, Budapest
- Németh T. (1996a): Long-term N-fertilization calibration experiments – Environmental aspects. Proc. Int. Symposium on Nitrogen Economy in Tropical Soils. Developments in Plant and Soil Sciences, 69. 371-377
- Németh T.-Buzás I. (1991a): Nitrogéntrágyázási tartamkísérlet humuszos homok- és mészeledékes csernozjom talajon. Agrokémia és Talajtan. 40. 399-408.
- Németh T.-Buzás I. (1991b): Kalibrációs N-trágyázási kísérlet őszi káposztarepce jelzőnövényvel. Agrokémia és Talajtan. 40. 409-418.
- Németh T.-Kádár I. (1988): A N-műtrágya igényének becslése talajvizsgálattal. In: Kutatási eredmények a gyakorlatnak, Tápanyaggazdálkodás. Eds.: Debreczeni B.-Miklay F-né., 34-36. MÉM AGROINFORM, Budapest
- Németh T.-Kádár I. (1989): A talaj ásványi-N tartalma és az őszi káposztarepce fejlődése közötti összefüggések. HUNGAROCHEM 89, Keszthely. 206-212.
- Németh, T.-Buzás, I. (1985): Characterization of the mineral nitrogen content of soils for fertilization advices. In: Proc of 9th World Fert. Congress, Budapest. Eds.: E. Welte-I. Szabolcs Volume 2. 220-224. CIEC Goltze-Druck, Goettingen

-
- Németh, T.-Pálmai, O.-Horváth, J. (2001): N-fertilization of winter wheat based on the N_{min} -method in farm practice. Proc. CIEC 12th Int. Symposium. Role of fertilizers in sustainable agriculture. (Eds. C. Hera et al.) 55-61., AGRIS, Bucharest
- Pálmai O.-Horváth J. (1998): Talajaink tápanyag-ellátottságának megítélése. Gyakorlati AGROFÓRUM, IX. 13. 47-49.
- Ris, J.-Smilde, K. W.-Wijnen, G. (1981): Nitrogen fertilizer recommendations for arable crops as based on soil analysis. Fert. Research. 2. 21-32.
- Rovara, F. (1892): Az őszi gabona trágyázása. Köztelek 2. 1416.
- Sarkadi J. (1975): A műtrágyaigény becslésének módszerei. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Sarkadi J.-Kádár I.-Németh T. (1986): A talaj könnyen oldható tápanyagtartalmának heterogenitása. Agrokémia és Talajtan. 35. 295-306.
- Sarkadi J.-Várallyay Gy. (1989): Advisory system for mineral fertilization based on large-scale land-site maps. Agrokémiai és Talajtan. 38. 775-789.
- Saurbeck, D.-Timmermann, F. (1983): The efficient use of fertilizer nutrients as influenced by soil testing. Application technique and timing. Developments in Plant and Soil Sciences. Volume 10. 171-195. M. Nijhoff Publ., The Hague
- Schneider, W. (1909): Mineralische Düngemittel und Ernteerträge. Verlag von N. Kymmell, Riga
- Sigmond E. (1901): Adatok a talaj asszimilálható foszforsav tartalmának meghatározásához. II. Újabb adatok a talaj foszfortrágya szükségletéhez. Lloyd Társulat, Budapest
- Sigmond E. (1904): Mezőgazdasági kémia. Természettudományi Társulat, Budapest
- Sigmond von A. (1922): Über die Auswirkung des Bodentypus auf den Nährstoffzustand des Bodens. Verh. der Zweiten Kommission und der Alkali-Subkommission der Int. Bodenk. Gesellschaft. Kjöbenhavn. Teil A. S. 41-51.
- Smil, V. (1999): Nitrogen in crop production: an account of global flows. Global Biogeochemical Cycles, 13. 647-662.
- Spiegel, J. (1900): A műtrágyázásról. Köztelek 10. 1370-1371.
- Stanford, G.-Carter, J. N.-Westerman, D. T.-Meisiger, J. J. (1977): Residual nitrate and mineralizable soil nitrogen in relation to nitrogen uptake by irrigated sugar beets. Agron. J. 69. 303-308.
- Stefanovits P. (1975): Talajtan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Treitz, P. (1900): Nitrogén a termőtalajokban. Köztelek 10. 1182-1183.
- Várallyay Gy. (1950): A műtrágyázást irányító kísérletek és vizsgálatok. Agrokémia. II. 287-302.
- Várallyay Gy. (1994): Talaj-talajhasználat-talajvédelem. ELTE Egyetemi Jegyzet, Budapest
- Várallyay Gy.-Németh T. (1995): A fenntartható mezőgazdaság talajtan-agrokémiai alapjai. 80-92., MTA Agrártudományok Osztálya, Budapest
- Várallyay, Gy.-Buzás, I.-Kádár, I.-Németh, T. (1992): New plant nutrition advisory system in Hungary, Commun. Soil Sci. Plant Anal. 23. 2053-2073.
- Ward, R. C. (1971): NO_3 -N soil test – approaches to use and interpretation. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 2. 61-71.
- Wehrmann, J.-Scharpf, H. C. (1977): Stickstoffdüngung: N_{min} -methode hat sich bewahrt. DLG Mitteilungen, Frankfurt (Main), 92. 1058.
- Wehrmann, J.-Scharpf, H. C. (1979) Der mineralstickstoffgehalt des Bodens als Mass-stab für den Stickstoffdüngerbedarf (N_{min} -methode), Plant and Soil 52. 109-126.
- Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer (1979): MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest
- Új műtrágyázási irányelvek (1987): MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest
-