

A Rothamsted-i „Nitrogén Napok”

1975. június 3-5.

A Rothamsted-i Kutató Intézet 1975-ben „Nitrogén Napok”-at szervezett. A kiállítással és a szabadföldi kísérletek helyszíni bemutatójával egybekötött anketon kutatóintézetek dolgozói, oktatók, szaktanácsadók, farmerek, stb. vettek részt abból a célból, hogy megismerkedjenek az intézetnek a nitrogén kérdéssel kapcsolatos újabb kutatási eredményeivel.

Az anketon az egyes részlegek eredményeinek bemutatása külön szekcióban történt, ahol a részlegvezetők és kutatók a szemléletes kiállítási anyag felhasználásával röviden ismertették eredményeiket, esetenként bemutatták a kutatásnál alkalmazott módszereiket és a konzultáció folyamán feltett kérdésekre válaszoltak.

Az „A” szekcióban ismerkedtünk meg a világ N-műtrágya felhasználására vonatkozó adatokkal. Az 1950. évi adatokhoz viszonyítva 1974-ben a felhasznált N-mennyiség megtízszereződött, 4 millió tonnáról 40 millió tonnára növekedett. E nagyarányú növekedés ellenére a fejlődő országok jelenleg még kis mennyiségben használnak N-műtrágyát. A világ lakosságának növekedése, az élelmiszerral való ellátás szükségessé teszi az intenzív növényfajták termesztését, amelyek eredményessége a megfelelő N-ellátástól nagymértékben függ.

Az energia-hordozók válságával összefüggő műtrágya árak emelkedésével kapcsolatban a természetes légköri nitrogénmegkötés fontosságára mutatnak rá, különös tekintettel a pillangósokra.

Anglia mezőgazdaságának N-forrását G. W. Cooke az alábbi adatokkal jellemezte. A talajok N-tartalmát 1,4 millió tonnára becsülte, 1974-ben az istállótrágyával 0,3 millió tonna, a műtrágyával 1,1 millió tonna N-t adtak a talajba, míg az állatok trágyájával a réten, illetve a legelőn maradt N-mennyiséget 0,5 millió tonnán adta meg. A talaj-nitrogén alatt a szervesanyag mineralizációja által évente felszabadult és a talajban szabadon élő baktériumok és algák által megkötött nit-

rogén mennyiséget értik, amely angliai viszonyok között a gabonával bevetett területeken eléri a 50 kg N/ha-t.

Ott, ahol a vetésforgóban gyeptörés van, vagy ahol nagymennyiségű istállótrágyát alkalmaztak, ez a mennyiség eléri a hektáronkénti 100-120 kg N-t is. Közepes termésű babbal vagy borsóval évente 125-150 kg N/ha-t nyernek, míg vöröshere és lucerna által megkötött N-mennyiség eléri a 250-375 kg N/ha-t. A vöröshereinek a legelő N-ellátásában megnyilvánuló szerepe azonban függ a legelő fajtajától és használatától, az időjárástól, és különösen az alkalmazott N-műtrágya mennyiségétől.

Jelenleg Nagy-Britannia mezőgazdaságában is a műtrágyáknak jelentős szerepe van a termésátlagok növelésében, különösen az intenzív növényfajták alkalmazása tekintetében. 1975-ben 0,9 millió tonna N került felhasználásra, amely a napi árak alapján közel 200 millió £-t tett ki. A felhasznált N-műtrágya 37%-a ammóniumnitrát volt, 49%-a összetett műtrágya formában került felhasználásra, melyből 2% volt a folyékony N-műtrágya. Mész-ammónium-nitrát - Nitrochalk - 7%-ot, a többi N-forrás csupán 1-2%-ot tett ki.

Anglia nagyobb farmjain a kalászosokkal bevetett terület 92-98%-a, a cukorrépa és burgonya vetésterületek 100%-a részesül N-műtrágyázásban. Ami az N-adagokat illeti, 1974-ben az őszi búza alá adott N-műtrágya országos átlaga 98 kg N/ha volt, az őszi árpáé 93 kg, a burgonyáé 176 kg és a cukorrépaé 148 kg N/ha volt. A kalászosokkal bevetett területek 10-18%-a részesült istállótrágyázásban, míg a burgonya vetésterületek 41%-a, illetve a cukorrépa területek 34%-a.

Az eddigi eredményeket figyelembe véve a N-műtrágya adagját a szántóföldi növények alá a következő években csak mintegy 10-20%-kal kívánják emelni, viszont a füves területeken alkalmazott

N-mennyiség jelentős növelését irányozzák elő.

Az A. D. A. S., a nagy-britanniai szaktanácsadó szolgálat (Agricultural Development and Advisory Service) képviselője P. NEEDHAM valamint D. A. BOYD és B. M. CHURCH a N-műtrágya hatékonyságának tanulmányozásával kapcsolatban hangsúlyozzák, hogy a gazdaságos N-adag megállapításához nagyszámú szabadföldi kísérletre van szükség, mivel az számos tényezőtől függ (talaj, időjárás, vetésforgó, stb.). Ezért különös jelentőséget tulajdonítanak a Rothamsted-i tartamkísérleteknek, továbbá a különböző szervek által végzett nagyszámú kísérleteknek, amelyek eredményeiből megbízható számadatokat nyernek az N-hatást illetően. A kísérleti adatok feldolgozása során kimutatták, hogy még a növekvő műtrágya árak mellett is kifizetődő a N-műtrágya felhasználás.

A cukorrépa nitrogén-igényére és N-hatására vonatkozóan A. P. DRAYCOTT és P. S. LAST közöltek adatokat. Anglia szántóterületéből 1975-ben mintegy 200 000 ha cukorréppával került bevetésre. A vetésterület nagy része Anglia keleti részére esik Yorkshire-től Essex-ig. Mind a Rothamsted-i, mind a farmerek eredményei is mutatták, a nitrogén egyik legfontosabb trágyája a cukorrépanak, és nitrogén műtrágyázással jelentősen növelhető a termés. A cukorrépa alá 1940-ben országos átlagban 63 kg N-trágyát adtak, ez 1970-ben elérte a 163 kg/ha-t. A nagyszámú kísérletek adatai azt mutatják, hogy a N-műtrágya optimuma a megfelelő cukormennyiség eléréséhez csak ritkán több, mint 125 kg N/ha. A nitrogén műtrágya adagjának növelése általában csökkenti a cukortartalmat. A talajvizsgálatok eredményei hasznosak a szükséges N-adag megállapításához. Az A. D. A. S. által végzett 240 kísérlet eredményéből kiszámított N-index alapján megállapított N-adag átlagban 125 kg N/ha. A kísérleti eredmények azt is kimutatták, hogy a cukorrépa N-ellátásban jelentős szerepe van a talaj „felvehető N” készletének a tenyészidő folyamán, ezért a N-mérleg összeállításánál figyelembe kell venni a fel- és altalaj NH_4 -N és NO_3 -N tartalmát is.

Ugyancsak az „A” szekcióban kapunk tájékoztatást Anglia mezőgazdaságában felhasznált energia vonatkozásában is. Mint ismeretes az ammoniát a levegő N-jéből állítják elő nagy nyomáson, magas hőmérsékleten és kb. 4,3 m³ természetes gáz felhasználása szükséges 1 kg ammónia-N előállításához. A N-műtrágya ammóniából történő előállítása további energia felhasználást igényel. A N-műtrágya előállításához sokkal több energia szükséges,

mint a P-, ill. K-műtrágya előállításához. Angliában 1972–73-ban az energia felhasználás — 10⁹ joules/t-ban kifejezve — nitrogénnél 68, P₂O₅-nél 8,3, míg K₂O esetében 9,2 volt. A fenti számokban bennfoglaltatik a műtrágyákban lévő energia; az előállításához és az anyagok szállításához szükséges energia is. A műtrágyagyártásnál felhasznált összes energia-mennyiség — 10⁹ kwh-ban kifejezve — az egyes műtrágyaféleségeket tekintve az alábbiak szerint oszlott meg: N — 17,6; P₂O₅ — 1,1 és K₂O — 1,1, összesen 19,8, amely a mezőgazdaságban felhasznált elsődleges energia mennyiségének 29%-át tette ki.

Nem közömbös tehát, hogy a mezőgazdasági termelés folyamán a befektetett összes energia-mennyiség közel egyharmada hogyan térül meg, hogyan realizálódik a termékekben és végső soron az élelmiszer-ellátásban.

A „B” szekcióban a nitrogén körforgalmával kapcsolatos kutatási eredményekkel ismerkedtünk meg.

Mint ismeretes egy hektár talaj felett kb. 80 000 tonna N-gáz van a talaj felső 50 cm-es rétege átlagban több mint 5 tonna/ha nitrogént tartalmaz, amelyek jelentős része a légköri N-ből származik és csak elenyésző része az anyakőzetből, annak ellenére, hogy a Föld-N tartalékának többségét a kőzet-N adja, amely a megadott számokból is világosan kitűnik.

A Föld N-tartalmának becslése

Elsődleges kőzet	4 — 19 × 10 ¹⁶ tonna
Üledékes kőzet	0,8 — 4 × 10 ¹⁵ tonna
Atmoszféra	3,9 × 10 ¹⁵ tonna
Hidroszféra	2,3 × 10 ¹³ tonna
Talaj	5,5 × 10 ^{11*} tonna
A tenger szerves anyaga és a tengerfenék üledéke	12 × 10 ^{11*}
Növény és állat (szárazföldi és tengeri)	1,5 × 10 ^{10*}

* főleg a biológiai fixáció útján akkumulálódott.

A csapadékkal szintén kerül N a talajba ugyanis a levegőbe különböző úton bekerülő nitrogénoxidok feloldódnak és a csapadékkal együtt visszakerülnek, Rothamstedben ez évente 5,4 kg N/ha tesz ki. A fentiekben túlmenően az ammónia az atmoszférában levő kéndioxiddal egyesülve ammóniumsulfáttá alakul át és vissza-

kerül a talajra, amely az esővel bemosódik. Rothamsted-i viszonyok között ez eléri a 13 kg N/ha/év mennyiséget. A növények és a talaj közvetlenül is képesek abszorbeálni ammóniát különösen száraz időben.

A talaj N-tartalmának gyarapodása szempontjából a biológiai fixációnak van jelentősége, mind a pillangósok gyökerén élő mikrobák, mind a szabadon élő mikrobák, illetve a kék-zöld algák vonatkozásában.

A talajban a N-túlnyomó része szerves vegyületekben fordul elő, amely a növény által közvetlenül nem vehető fel. A talaj szerves N-tartalmának egy része a mikrobiológiai folyamatok következtében szerves N-vegyületekké alakul, amely az összes N-nek mindössze 1-3%-át teszi ki.

Azok a broadbalki kísérleti parcellák, amelyek hosszú idő óta csak P-, K- és Mg-trágyát kapnak a talaj 23 cm-es rétegében, hektáronként kb. 3 100 kg szerves nitrogént tartalmaznak. Az őszi búza termésével évente ha-ként kb. 32 kg N-t vonnak ki és a téli csapadék hatására a kilúgzódás következtében kb. 13 kg N/ha N-vesztéssel lehet számolni. Ebből kitűnik, hogy az adott területen a talaj összes N-nek nem több mint 1,5%-a ásványosodik évente.

D. S. JENKINSON és társai tanulmányozták a talaj fertőtlenítésének, szárításának, besugárzásának hatását a szervesanyag mineralizációjára. A kísérletekben a fenti kezelések hatására egyes esetekben jelentős mennyiségű nitrogén-felszabadulást mutattak ki a talaj szerves nitrogénjéből. A talaj fertőtlenítés hatására képződött „extra-N” kedvezően hatott a növények fejlődésére, N-felvételére és közvetlen hatással volt a növényi kártevőkre.

A talaj-nitrogén mikrobiológiai transzformációjának tanulmányozásával kapcsolatban R. M. MACDONALD, F. A. SKINNER és N. WALKER adtak összefoglaló értékelést. Rámutattak, hogy a mineralizáció mértéke függ a szerves N-vegyületek minőségétől, mennyiségétől végső soron a talajban lejátszódó mikrobiológiai folyamatok intenzitásától, amelyet számos tényező befolyásol.

A bomló szervesanyag C:N arány tekintetében megállapítják, hogy az 1,5-1,7% N-t tartalmazó szervesanyagok bomlása folyamán több nitrogén keletkezik, mint amennyi a mikroorganizmusok növekedéséhez szükséges. A keletkezett ammónia egy része a talaj kolloidjai által megkötődik, egy részét a növények veszik fel. Ha a szervesanyag 1,5% N-nél kevesebbet tartalmaz, a keletkezett ammónia

még a mikroorganizmusoknak a tevékenységéhez sem elég és a szervesanyag teljes lebontásához „extra-N” szükséges, és ezáltal a talaj ásványi nitrogénje időlegesen immobilis állapotba kerül, és e „káros N-asszimiláció” időszakosan csökkenti a talaj felvehető N-tartalmát.

A pillangósok N-kötés eredményeiről P. S. NUTMAN, P. S. DART és társaik számoltak be. A légköri nitrogén megkötése szempontjából a pillangósok gyökerén képződő Rhizobium baktériumok a legfontosabbak. Több mint 12 000 pillangós törzs van, és ebből csak mintegy egy tizede tanulmányozott. Nem minden Rhizobium törzs található meg a talajban. Angliában a here, a borsó, a bükköny specifikus baktériumai elég gyakoriak, viszont a lucerna, lupin Rhizobium törzseké nem. A talajok gyakran a Rhizobium törzsek összességét tartalmazzák, amelyek gümőképződést eredményeznek, viszont az egyes törzsek mind a gümőképzés vonatkozásában, mind a N-kötés aktivitásában lényegesen eltérnek. Steril viszonyok között az egyes gümőképző törzseket izoláltak és az egyes törzsek aktivitását üvegházi viszonyok között vizsgálták. Majd a kiválasztott és szelektált törzsekkel szabadföldi kísérletet állítottak be az adott talaj és környezeti viszonyok között kifejtett hatás tanulmányozása céljából. Megállapítják, hogy megfelelő Rhizobium törzsekkel nem rendelkező talajokon a vetőmag kezelése — oltása — eredményes lehet.

Savanyú talajon a lucerna és lóhere vetőmag oltás utáni mésszel történő beporzása, illetve a savanyú talaj meszezése a bab oltásánál is eredményes volt.

Angliában jelenleg a vetőmag kezeléséhez nagymennyiségű Rhizobiumot alkalmaznak — néhány millió/vetőmag —. Az intézetben kidolgozott tőzeges oltásnál viszont általában elegendő 1-10 000/vetőmag. Az új módszer szerint, az apró magvakat barnaszén, vagy lignit porral porozzák és enyv segítségével kemény, kb. 1 cm-es átmérőjű pirulákat állítanak elő és ezeket a pirulákat a hegyvidékeken repülőgépes vetésnél is könnyen alkalmazhatják. A vetőmag alatti sáv oltóanyaggal történő nedvesítése szintén eredményes volt. Szabadföldi kísérletben az oltás hatására jelentős terménynövekedést kaptak babnál és lucernánál. A N-műtrágya az oltott lucernánál nem volt hatásos. 5 kísérleti helyen, három talajtípuson a lucerna által megkötött N-mennyiség 59-230 kg N/ha között változott az első évben és 40-342 kg N/ha volt a második évben. A jó minőségű oltóanyag lehetővé teszi, hogy Skócia és Wales kevés Rhizobium törzset tartalmazó dombos vidékeinek ta-

lajain a vöröshere, valamint a többi pillangósok is — szója, csillagfürt, szeradella stb. — megfelelő termésátlagot adjon és az alacsony fekvésű talajokon, ahol eddig még nem nőtt here, megfelelő oltás után a vöröshere termesztése is eredményes lehet.

Részletesen tanulmányozták a Rhizobiummal történő fertőzés mechanizmusát. A Rhizobium baktériumok aktivitását és virulenciáját a környezeti tényezőkkel (hőmérséklet, fényerősség, stb.) összefüggésben vizsgálták. Kísérleteikben kimutatták, hogy néhány Rhizobium törzs jobban köti meg a nitrogént olyan hőmérsékleten, amely a növény fejlődésének nem optimuma. Az így szelektált Rhizobium törzsek képesek a N-kötés mértékét növelni az angliai hideg klíma alatt is. A N-fixáció kezdetben az alacsony fényerősségnél volt intenzív, 40 nap után viszont a fényerősség növekedésének hatására a N-kötés mértéke gyorsan nőtt. Ebből az következik, hogy a kalászosok közé vetett pillangósok esetében csak a kalászosok lekerülése után a több fény hatására nő a N-kötés mértéke.

A gümőképzés és N-kötés a növény és a Rhizobium törzsek genetikájától is nagymértékben függ. A kérdés tanulmányozására P. S. NUTMAN a vörösheret választotta, mivel a herének széles változata van és jól tanulmányozott néhány olyan tényező, amely a növény és a Rhizobium közötti szimbiózist befolyásolja. A különböző helyekről begyűjtött vörösherek eltérő szárazanyag-hozamot produkáltak. A Rhizobium törzseket ugyancsak Anglia különböző talajairól gyűjtötték be, illetve izolálták. A szelekció során a növényeket üvegházban nevelték. Az aktív és nagyobb gümöket képző törzseket használták fel a további szelekciónál. Az aktív törzsek keresztződése esetén a termés több mint kétszeresére nőtt, a N-kötés mértéke is emelkedett. A továbbiakban vizsgálták, hogy az ilyen keresztezett vonal pozitív hatása megmutatkozik-e olyan talajon is, ahol a Rhizobiumoknak vegyes populációja található. A kísérletek azt mutatták, hogy a talajon a szelekció hatása kisebb, mint a homok-kultúrában, melynek oka lehet az is, hogy a keresztezett növénykultúrát olyan talajba vetették, amely nagymennyiségű Rhizobium törzset tartalmazott. Ez arra mutat, hogy a szelekció hatása függ a talajban levő Rhizobium törzsek verseny-hatásától.

B. Mosse a növények gyökereinek táplálkozásával kapcsolatos gombák tevékenységéről számolt be. A mycorrhizák nem patogének és jelentősen hozzájárulnak a növények táplálkozásához, elsősorban a

P-felvételéhez. Néhány mycorrhiza a finom gyökér körül helyezkedik el, néhány behúzódik a gyökér kéreg alá, bár a gyökér morfológiájában nem okoz elváltozást. A vesicular-arbuscular (VA) mycorrhiza a talajban fejlődik ki és szinte valamennyi növényfajt megfertőzheti — kalászosokat, a gyümölcsfákat, fű-féléket és dohányt — és általános, mind a mérsékelt, mind a trópusi viszonyok között is megtalálható. Kimutatott, hogy a mycorrhiza kedvezően befolyásolja a Rhizobiumok gümőképződését és a N-kötést olyan talajban, ahol kevés a foszfor, továbbá kedvezően hat a talajba adott foszfor hatékonyságára is.

A N-fixáció mérésére szolgáló módszerekről P. VAN BERKUM, P. J. DART és társaik számoltak be. A N-kötés mértéke többek között megállapítható a N-műtrágyázás nélküli termésátlaggal kivont N-alapján. Ugyancsak kimutatható tartamkísérletekben a talaj nitrogéntartalmának a változása alapján, továbbá a természettel kivont és a talajba adott N-különbsége, a N-egyenleg szerint.

A N-kötés mértékére lehet következtetni akkor is, ha azonos viszonyok között termesztett pillangós és nem pillangós növények N-felvételét hasonlítjuk össze. Ennél az eljárásnál feltételezendő, hogy mindkét növényfaj azonos mértékben hasznosítja a talaj „felvehető” N-tartalmát és a felvett összes N-ben meglévő különbség a N-fixációból adódik. A N-fixáció mérésére a N^{15} indikációs módszer a leggyorsabb és legpontosabb, amikor is a növényeket rövid időre N^{15} -ben dúsított levegőt tartalmazó kamrába helyezik, majd meghatározzák a növények által felvett N-mennyiséget és annak relatív gyakoriságát. Hasonlóan lehet mérni a baktériumok és az algák N-fixációját is.

A N-fixáció mérésére legelterjedtebb módszer az acetilén redukció, mivel az etilén koncentráció gázkromatográffal aránylag jól mérhető, szabadföldi viszonyok között is alkalmazható és viszonylag nem drága.

Tiszta kultúrában számos talajbaktérium és a kék-zöld algák is képesek a N-t megkötni. A talajbaktériumok N-kötésének aktivitása akkor a legnagyobb, ha közel vannak a növények gyökéréhez amelyek szénhidráttal látják el.

Az acetilén redukciós módszerrel kimutatták, hogy a broadbalki tartamkísérletekben az őszi búza gyökerei kevésbé stimulálják a nitrogenáz aktivitását, és az így képződött N-mennyiség nem több, mint 1 kg N/ha/év. A N-kötés mértéke elsősorban a kék-zöld algák tevékenységével függ össze, amelyeknek aktivitása sze-

zononként, csapadéktól és egyéb tényezőktől függően változik. Vizsgálataik szerint a legnagyobb N-fixációt 1972-ben mérték, amikor is a N-trágyázott parcellákon (48 kg N/ha) a megkötött N-mennyiség elérte a 23 kg-ot. Előfordult olyan nap, amikor is hektáronként 1,5 kg volt az algák által a megkötött nitrogén mennyiség.

A Broadbalki Wilderness (parlag) területén az évente biológiailag megkötött nitrogén-mennyiség eléri a 39 kg/ha-t. E területen a pillangósok hiányoznak, így a nitrogén aktivitása a gyomnövények gyökértvékenységével van szoros összefüggésben.

A „C” szekcióban a talaj N-tartalma és a N-műtrágyázás közötti összefüggésekre R. J. B. WILLIAMS mutatott rá. Az 1972. és 1973. években a broadbalki tartamkísérletekben vizsgálták a növények és a talaj $\text{NO}_3\text{-N}$ tartalmát a tenyészidő alatt. 192 kg N/ha kezeléseknél az őszi búza nitrát-tartalma mindvégig jelentős volt és kimutatták, hogy a növények több nitrogént vettek fel, mint amennyi a természetes képződéshez szükséges volt.

A talajoldat, a drénvizek és a növényi szövetek nitráttartalmának meghatározására gyors és egyszerű módszert dolgoztak ki. A nitrát koncentrációt a növényi nedvben határozzák meg, amelyet a szár részéből nyerneket, úgy, hogy levágás után szűrőpapírhoz nyomják, majd egy csepp 1%-os diphenylaminot, vagy 0,1%-os diphenylbenzidint adnak és a keletkezett szín intenzitása alapján állapítják meg a $\text{NO}_3\text{-N}$ tartalmát.

A talaj nitrát-tartalmát egy üvegcsőből, pirulaszerűen összenyomott mintából határozzák meg ugyancsak szűrőpapíron, káliumszulfáttal történő nedvesítés után, egy csepp reagens hozzáadásával. A talajoldat $\text{NO}_3\text{-N}$ tartalmának nitrát-elektroddal történő mérésével kapcsolatosan M. B. PAGE és O. TALBUDEEN adtak rövid információt. A broadbalki tartamkísérletben a nitrát-elektroddal mért vizsgálati adatok azt mutatták, hogy a N-műtrágyázott parcellákon a növények élénk nitrogén-felvételének idején az őszi búza gyökérzónája alatt kisebb volt a nitrát-koncentráció, mint attól 50 cm-re. Az istállótrágyázott parcellákon ez a különbség kisebb volt, ami azzal magyarázható, hogy az istállótrágya folyamatosan látja el a növényeket nitrogénnel.

Ismeretes, hogy mind a műtrágyából, mind az istállótrágyából keletkezett nitrát egyes esetekben — főleg laza talajokon és humid viszonyok között — kilúgódhat a gyökér zóna alá. A nitrát-kimosódás csapadékos ősszel és tavasszal az altalajvíz

szennyeződését is okozhatja. A N-kilúgódás mértékét a drénvíz nitrát-tartalmának mérésével a saxmundhami kísérleti telepen vizsgálták, aminek eredményeiről ugyan csak R. J. B. WILLIAMS számolt be. 1970 kora tavaszán a nagymennyiségű drénvíz következtében a nitrát-koncentráció 5 mg N/l volt, amely május végére még tovább csökkent. A szokatlanul csapadégmentes meleg nyár után egy szeptemberi kiadós eső kismennyiségű 50 mg N/l koncentrációjú drénvizet eredményezett, amely a továbbiakban csak egy kevéssel csökkent. A vizsgálatok alapján összefüggést találtak a lehullott csapadék mennyisége és a drénvíz nitrát-koncentrációja között. Az adatok alapján azt is kimutatták, hogy az egész éven át fedett talaj — füves szakasza — több nitrogént tart vissza, mint a szántóföldi növényekkel bevetett terület.

A talajba beinjektált nitrogén transzformációjának vizsgálataival S. ASHWORTH, G. G. BRIGGS és társai foglalkoztak. A folyékony műtrágyákat, mind a vizes ammóniát, mind az ammónia- és a karbamid vizes oldatát 10 cm mélyre injektálják a talajba. A beinjektált ammónia gyorsan reagált a talajjal és annak következtében a gázalakú NH_3 -veszteség csekély volt. A karbamid a gyors hidrolízis folyamán ammóniává alakult, amely a továbbiakban ugyanúgy viselkedett a talajban, mint a vizes ammónia. A beadott NH_3 legnagyobb NH_3 -koncentrációját az injektálási központtól 5 cm-re találták. A különböző kísérletekből — ahová ammóniát és karbamidot injektáltak — talajmintát vettek és meghatározták a talaj $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ és karbamid-N tartalmát, valamint a nitrifikáló baktériumok számát. Az eredmények azt mutatták, hogy az adott karbamid a rothamstedi talajokon már 5 °C-on is egy hét alatt teljesen hidrolizál. A nitrifikáció a beinjektálási központ periferiájában indul meg, a központ a túl nagy NH_3 -koncentrációja miatt viszonylag steril és nagymennyiségű nitrit halmozódik fel elsősorban karbonátos talajon.

A rothamstedi Park Grass gyepek-kísérletben 1973. novemberében beinjektált vizes ammónia természetesen növekedést hozott az azonos hatóanyagban adott szilárd N-műtrágya hatásával.

Nagyobb termésteleket kaptak, továbbá látszólagos N-hasznosulás növekedést és kisebb N-kilúgódást figyeltek meg, amikor a nitrifikációs folyamat visszatartására inhibitorokat alkalmaztak. A woburni és a rothamstedi tartamkísérletekben az „N-serve” és egyéb inhibitorok hatását vizsgálva megállapították, hogy az olcsóbb és a széleskörben használható szén-diszulfid

fid (szénkének) (CS₂) hatása azonos az „N-serve” hatásával.

Többen számoltak be — M. BYERS, B. A. STEWART, B. BENZIÁN, T. Z. NOWAKOWSKI — a N-mútrágyázás és a szemtermés minősége közötti összefüggésekkel kapcsolatos vizsgálatokról. A broadbalki kísérletben, ahol őszi búzát 1843–1967-ig monokultúrában termesztettek, a parcellákat megosztották, a felét tovább folytatták őszi búzával, a másik felén vetésforgóban burgonyát, őszi búzát és babot termesztettek. Az istállótrágya nélküli kezelésekben a két vetésszerkezet között különbség mutatkozott, a vetésforgóban termesztett őszi búzával kevesebb N-re volt szükség, mint a monokultúrában termesztett növényeknél. A %-os N-tartalom a vetésszerkezettől függetlenül, viszont a kezeléstől függően 1,4–1,9% között változott. Ahol évente 35 tonna/ha istállótrágyát adtak, a termés nagyobb, a %-os N-tartalom kisebb volt mint a nagyadagú N-kezelésekben. A woburni kísérletben is a burgonya után vetett őszi búza termése nagyobb volt, mint a monokultúrában termesztett őszi búza termése, viszont a %-os N-tartalom a nagyadagú műtrágyázás hatására (251 kg N/ha) a búza monokultúrában volt nagyobb.

A rothamstedi kísérletekben különböző őszi búza fajták trágya-reakcióját is vizsgálták, különös tekintettel a minőségre. A kísérleti eredmények azt mutatták, hogy a búzaliszt minősége függ a fajtától és az adott N mennyiségétől. A liszt minőségét befolyásolja a ként tartalmazó aminosavak mennyisége is (cisztein, cisztin stb.). Annak ellenére, hogy Anglia talajaiban jelenleg nem mutatható ki S-hiány, a woburni talajokkal végzett tenyészedény kísérletek eredményei azt mutatták, hogy nagyadagú N-mútrágya mellett a S-hiány csökkentette a termést.

A füvek aminosav-tartalma közel azonos volt, kevésbé függött a N-trágyázástól, elsősorban genetikai és környezeti tényezők hatottak. A Park Grass gyepkísérletben meszezés nélkül 96 kg N/ha hatóanyagának megfelelő ammóniumsulfát esetében kevesebb volt a protein-N, több volt az oldható szerves N, mint ott, ahol a parcella meszezve is volt. N. W. PIRIE a zöld növény leveléből előállított fehérjekoncentrátum (LP) jelentőségére hívta fel a figyelmet, amely száraz állapotban több mint 10% N-t tartalmaz, esetenként eléri a 12%-ot is, vagyis 62, ill. 75% fehérjét tartalmaz. Ezenkívül 1–2 mg karotint, lizint, metionint és egyéb értékes fehérjét is tartalmaz.

A nitrogénhatás növényélettani szempontból történő tanulmányozása során

megismerkedhettünk a N-mútrágyázás hatására bekövetkező növényélettani folyamatok változásaival — fotoszintézis, szarazanyagproduktum változása, gyökérfejlődés stb. — amelyek ismeretében lehetőség adódik a folyamat kedvező irányba történő befolyásolására, végső soron az N-hatékonyság növelésére.

A „D” szekcióban N. J. BARNARD, A. E. JOHNSTON, A. PENNY, F. V. WIDDOWSON a növényi sorrend hatásával kapcsolatban megállapítják, hogy mind a rothamstedi, mind a woburni tartamkísérletekben a lucerna és a gyeptörés után vetett, illetve monokultúrában termesztett őszi búza és árpa termésátlagában nem volt lényeges különbség, csak a monokultúrában termesztett növények alá nagyobb mennyiségű N-mútrágyát kellett adni. A búza monokultúrában beiktatott vöröshere, ill. füves-here szakasz hatásának tanulmányozásával kapcsolatos eredmények azt mutatták, hogy a vöröshere utóhatása 72 kg N/ha fejtrágya hatásával egyenlő értékű, míg a füves-here utóhatása 125 kg N/ha műtrágya felhasználásával mindössze 20 kg N/ha N-fejtrágya hatásával egyenlő.

A rothamstedi kísérletek eredményei az elővetemények eltérő hatására mutattak, a tavaszi búza és a kelkaposzta kedvezően hatott az utána következő árpa termésére és növelte a talaj „felvehető” N-mennyiségét.

A burgonya alá adott nitrogén-mútrágya hatására nőtt az azt követő búza termése, és pedig a burgonya alá adott 188 kg N/ha utóhatása 69 kg N/ha fejtrágya hatásával volt egyenértékű. A búza N-mútrágyázásánál viszont nem tudtak kimutatni N-utóhatást, tehát ezek az eredmények világosan igazolják, hogy az N-utóhatás a téli csapadéktól, az N-kilúgzódás mértékétől függ.

A pillangós zöldtrágyázás kedvezően hatott a növények termésére és N-ellátására. A talajban maradt és hasznosuló N-mennyiség elérte a 30–80 kg N/ha-t.

Az „E” szekcióban a N-mútrágyázás és a növényi betegségek, a kártevők és a gyomnövények elterjedése közötti összefüggésekről A. BAINBRIDGE, J. F. JENKYN, R. W. GIBSON és társai beszámolóiból tájékozódhattunk.

A szabadföldi tartamkísérletekben és a tenyészedény-kísérletekben őszi búzával és árpával a N-trágyázás a barnarozsda és a lisztharmat fertőzöttséget nagymértékben növelte. E jelenséget a N-trágyázás hatására a gyökérszóna közelében kimutatott pH-érték változására, illetve a növényben fellépő fiziológiai változásokra vezetik

vissza, amelyek a betegségekre való hajlamosságot idézik elő. A legújabb kísérleti eredmények azt is kimutatták, hogy a talaj mikroorganizmusok is hatással vannak a növényi betegségekre és általában ott volt nagyobb a fertőzöttség mértéke, ahol NH_4-N volt túlsúlyban.

Nagy-Britannia déli és keleti részén igen elterjedt az olasz- és az angolperje mozaik vírusa. Az eddigi eredmények azt mutatták, hogy szabadföldi viszonyok között, a fertőzöttség hatására a szárazanyagvesztés elérheti a 30%-ot is. A rothamstedi kísérletek eredményei azt is kimutatták, hogy az N-adag növelésével a mozaik vírusos megbetegedés mértéke is növekedett. Eddigi megfigyeléseik és vizsgálataik alapján megállapítják, hogy általában a N-műtrágyázás hatására a levél-betegségek mértéke nő, míg a gyökér fertőzöttségének mértéke csökken.

A N-műtrágya és a gyomnövények fejlődése közötti összefüggésekre E. D. WILLIAMS és J. M. THURSTON mutattak rá. A hoosfieldi klasszikus tavaszi árpa kísérletben, ahol műtrágyát nem adtak, több volt a gyomnövény. A N-műtrágyázás hatására változott a gyomnövény flóra is, N-trágyázott parcellákon elsősorban fűfélék terjedtek el, míg a N-ben nem részesült parcellákon elsősorban pillangósok nőttek.

A broadbalki őszi búza tartamkísérletben, ahol kevés N-t adtak ugyancsak a pillangós gyomnövények a jellemzőek. A Park Grass gyepek-kísérletben a PK-műtrágya a terménynövekedésen túl kedvezően hatott a pillangósok elterjedésére is. Az ammóniumszulfát hatására savtűrő fűfélék kerültek előtérbe, míg a meszezés hatására a sokkal értékesebb fűfélék is megjelentek.

A Park Grass gyepek-kísérletben a talajban élő fauna összetételére és annak változásaira C. A. EDWARDO és J. R. LOFTY közöltek adatokat.

Az „F” szekcióban és a szabadföldi kísérletek bemutatója során J. B. LAWES és J. H. GILBERT által még a múlt század első felében beállított és azóta is folytatott kísérletekkel és azok eredményeivel ismerkedtünk meg.

A broadbalki kísérletet 1843-ban őszi búzával, a hoosfieldi kísérletet 1852 tavaszán tavaszi árpával állították be. 1843 és 1966 között a barnfieldi tartamkísérletekben gyökérnövényeket termesztettek. 1967 óta a terület egy részén babot termesztenek, a megmaradt másik részen burgonyát, cukorrépat árpával és tavaszi búzával vetésforgóban termesztettek. Jelenleg gyepek-kísérlet van, a gyeptörés hatását tanulmányozzák a talajművelésre.

A kísérletekben évente 35 t/ha istállótrágyát adtak. Az alkalmazott P-mennyiség valamennyi kísérletben azonos volt, 35 kg P/ha, viszont a K mennyisége változott. A kalászosok részére a broadbalki és a hoosfieldi kísérletekben 90 kg K/ha, a barnfieldi kísérletekben a gyökérnövények részére, illetve a gyepek-kísérletben 224 kg K/ha-t adtak. A kísérletekben egységesen 16 kg Na/ha és 11 kg Mg/ha-t alkalmaztak. Mindhárom kísérleti helyen a kísérletekben a N-műtrágya adagját 0-48-96 és 144, ill. 192 kg N/ha-nak megfelelően változtatták. A barnfieldi kísérletekben a legnagyobb N-adag 96 kg N/ha volt, később a broadbalki és a hoosfieldi kísérletben sem alkalmazták a nagyadagú N-t, mivel a korábbi őszi búza és a tavaszi árpa fajták a nagyadagú N-trágya hatására erősen megdőltek.

1968-tól mind a broadbalki, mind a hoosfieldi tartamkísérleteknek csak egy részét folytatják monokultúras termesztésben, a kísérlet másik részén burgonya — bab — kalászos vetésforgós rendszert vezettek be. A vetésforgó bevezetésével egy időben változott a kalászosok fajtája is, így az új intenzív növényfajták bevezetése lehetővé tette, hogy a LAWES és GILBERT által javasolt nagyadagú N-műtrágyát is alkalmazzák.

A broadbalki tartamkísérletek eredményei azt mutatják, hogy megfelelő műtrágyázással, illetve istállótrágyázással lehet őszi búzát természetien monokultúrában, ha a gyomnövények elleni védekezés biztosítva van. A legnagyobb termést viszont a vetésforgóban termesztett és istállótrágyázásban részesült parcellákon kapták.

A kísérletek bemutatója során megfigyelhettük a N-műtrágyázás, valamint a vetésforgó hatását az őszi búza fejlődésére. A P- és K-hatás elsősorban a nagyadagú N mellett volt szembevetendő. Ugyanebben a kísérletben figyelemmel kísérhettük a N-műtrágya hatását a gyomnövények fejlődésére és összetételére.

A hoosfieldi tartamkísérletben a tavaszi árpa fejlődése kezelésektől függően szintén jelentősen eltért. A Park Grass gyepek-kísérlet 1956-ban indult és a kísérletben vizsgálják a trágyázás hatását a termésre és a gyepnövények társulására. Az ammóniumszulfát hatására a savtűrő növények kerültek előtérbe. A trágyázás és meszezés kedvezően hatott a növények fejlődésére.

1975 februárjában beinjektált vizes ammónia és a karbamid műtrágya hatására a fű fejlődésében jelentős különbségek mutatkoztak.

A rothamstedi „Nitrogén Napok” összefoglalót adtak a nitrogén műtrágyázás kérdésével kapcsolatos kutatásokról. Ada-

tokat közöltek a N-műtrágyázás hatására bekövetkezett termésnövekedésről és rámutattak mindazon változásokra, amelyek a kezelések hatására a növényben és a talajban végbementek. Ismertették a N-hatását befolyásoló tényezőket, amelyek sokoldalú tanulmányozása végsősoron a N-műtrágyázás hatékonyságának növelé-

sét, a nitrogén-műtrágya gazdaságos felhasználását eredményezik.

LATKOVICS GYÖRGYNÉ

MTA Talajtani és Agrokémiai
Kutató Intézet, Budapest

Érkezett: 1976. április 12.