

A NÖVÉNYI MARADVÁNYOK MINT A TALAJTERMÉKENYSÉG KÉPZÉSÉNEK TÉNYEZŐI*

E. N. MISUSZTIN

Szovjetunió Tudományos Akadémiájának Mikrobiológiai Intézete. Moszkva

A talaj szervesanyag-tartalma mindig összefüggésben volt annak termékenységével. Természetes tehát, hogy a humusz anyagok sajátosságainak és azok természetének megismerésére mindig nagy figyelmet fordítottak s már a természettudományok fejlődésének első szakaszában elkezdődött a tanulmányozásuk.

Mint közismert, kezdetben a szervesanyagoknak a talaj termékenységében vitt szerepét hibásan értékelték. Ennek következtében jött létre THAER humuszteóriája, amely azt állította, hogy a növények humusszal táplálkoznak. Ezt az elméletet BOUSSINGAULT és LIEBIG cáfolták meg, akiket mint az ásványi táplálkozás elméleteinek megalkotóit tartunk számon. Az ő állításaik azonban, bár ellenkező előjellel, ugyancsak szélsőségesek voltak a talaj szervesanyagai értékelése tekintetében.

A továbbiakban számtalan publikáció jelent meg a talaj szerves anyagaival kapcsolatban, amelyek közül SCHLAESING, KOSZTICSEV, DOKUCSAJEV, DEHERAIN és DEMUSSI munkáját említjük, akik hangsúlyozták a szervesanyagoknak a talajban betöltött fontos szerepét. Rámutattak, hogy a humusz a növények számára tápanyagokat (elsősorban nitrogént) szolgáltat azáltal, hogy az elbontása során felvehető állapotba mennek át a benne levő tápanyagok. A humuszanyagok szintézise és azok felhalmózódása a talajban a bennük szerves kötésben levő tápelemek révén növeli a talajok potenciális termőképességét. Ezenkívül a szerves anyagok részt vesznek a talaj szerkezetének a kialakításában, s ott megfelelő víz–levegő rendszert hoznak létre. Végül a humusz komplex vegyületeket képez sok tápelemmel, s ezáltal elősegíti azok felvételét. Az utóbbi időben FLAIG (1968) és HRISZTEVA (1953) kísérletei kimutatták, hogy a humuszvegyületek egyes frakciói, illetve azok bomlás-termékei serkentik a növények növekedését.

Napjainkban már nincs semmi kétség a talaj szerves anyagának jelentőségét illetően, s igazolódott azok az agrotechnikai módszerek is, amelyek a

* Elhangzott a Talajmikrobiológiai Szimpozionon. (Budapest, 1970. június 16.)

humusztartalom növelésére irányulnak a mezőgazdasági művelésbe vont talajoknál. KONONOVA (1963) arra hívja fel a figyelmet, hogy a talajművelés lényeges humuszcsökkenést vált ki, amely a szántott réteg agronómiai sajátosságainak romlásában mutatkozik meg. 12–13 esztendővel ezelőtt művelésbe vont szűz talajoknál a következő humuszcsökkenést állapították meg:

a gyepes podzol zónában	40%-ig
a csernozjom zónában	7%-ig
a sűrke sivatagi talajok zónájában	70%-ig

Különösen fokozódik a humuszveszteség olyan esetben, ha műtrágyákat alkalmaznak, ugyanis ezek serkentik a mikroszervezetek mineralizáló tevékenységét [MISUSZTIN és NIKITIN (1961)]. Ezért a kemizáció és a műtrágyafelhasználás gyors növekedésének időszakában a humusz utánpótlás kérdése különösen élesen vetődik fel. Hangsúlyozni kell, hogy általában fiziológiaiag savanyú műtrágyákat alkalmaznak, amelyek elsavanyítják a talajt s az általuk kiváltott kedvezőtlen folyamatok mindinkább fokozódnak, különösen olyan talajok esetében, amelyek szerves anyagokban szegények. Így oldatba mehetnek a toxikus alumíniumsók, elszaporodhatnak a kórokozó gombák stb. Szeretnénk hangsúlyozni, hogy a talajművelés kemizációja a humuszproblémát nem oldja meg, hanem újabb és szerteágazóbb feladatokat állít elénk.

A humuszanyagok felhalmozódásának törvényszerűségeit természetes körülmények között napjainkig már sokan tanulmányozták. Nincs lehetőség arra, hogy részletesen ismertessük az e témakörben rendelkezésünkre álló irodalmat, ezért csak néhány általános kérdés vizsgálatára szorítkozunk. RODIN és BAZILEVICS (1965) általános értékelést adtak arról a szerves anyag és ásványi anyag mennyiségéről, amelyet a növénytakaró tartalmaz a különböző éghajlati övezetekben. Ha ezeket a mutatókat számszerűleg fejezzük ki, azt találjuk, hogy a növényi tömeg északról dél felé haladva növekszik. A talajokban felhalmozódott humusz mennyisége ezzel a növekedéssel közel sem esik egybe, ami arra mutat, hogy a mikroszervezetek a különböző éghajlati zónákban eltérő aktivitást fejtenek ki. KONONOVA szerint északon, ahol a mikroszervezetek száma kevés, aktivitásuk gyenge, ott a humuszképződés folyamata ugyancsak lassú. A déli zónákban a gyenge humuszképződés más tényezőkkel magyarázható, ugyanis az igen erős mikrobiológiai tevékenység következtében itt gyorsan elbomlanak a növényi anyagok. A legintenzívebb humuszképzés a kettő között a csernozjom zóna talajaiban megy végbe.

A talaj termékenysége a mezőgazdasági termelés folyamán nem csökkenhet. A haladó talajművelési rendszereket az jellemzi, hogy a vetésforgó minden egyes komponense egy meghatározott szintre kell hogy emelje a talaj termékenységét és ne csökkentse. Lenin azt írta, hogy a „csökkenő talajtermékenység törvénye nem áll fenn olyan esetekben, amikor a technika

fejlődik és a termelési módszerek átalakulnak (Válogatott művei 5. kötet 94. oldal, orosz kiadás). A talajtermékenység helyreállításában fontos szerepük van az évelő füveknek és különösen az évelő pillangósoknak. A gabonafélék termesztése során, évről évre nagy mennyiségű szervesanyagot szállítanak el a talaj felszínéről mind a szemtermés, mindpedig szalma formájában. Ennek csupán egy kis része térül vissza az istállótrágyával.

A Szovjetunióban, ahol a gabonaféléket mintegy 120 millió hektáron termesztik, a szalmatermés súlya mintegy 250 millió tonnát tesz ki. Hozzávetőleges számítások szerint ebből mintegy 100–110 millió tonnát nem hasznosítanak, hanem a táblán elégetik. Ez azzal magyarázható, hogy a szalma szállítása meglehetősen drága, s mintegy 50–65%-át teszi ki a betakarítási költségeknek. Ugyancsak sokba kerül a mesterséges szervestrágya-készítés is szalmából. Abból a célból, hogy a szalmamaradványokat a betakarítás helyén szerves trágyaként hasznosítani tudják, mind szovjet, mindpedig külföldi kutatók számos kísérletet folytattak. Az ezzel kapcsolatos irodalom, számos disszertációs munkában került feldolgozásra JEROFEJEV (1964), VOSZTROV (1965), GOLOD (1967), SZIPHA (1969), amelyeket a szerző irányításával végeztek. Ezért a továbbiakban csak néhány fontosabb kísérlet ismertetésére szorítkozzunk.

Oroszországban első ízben KASIRSZKIJ (1900) és KALUZSSZKIJ (1906) közöltek adatokat a szalmatrágyázással kapcsolatban. Az elmúlt évek során FJODOROV (1952) és ROMASKEVICS (1966) folytattak ilyen irányú vizsgálatokat váltakozó sikerrel.

Angliában a Rothemstadt-i Kísérleti Intézetben THORNTON (1929) RAYNS és mások végeztek hasonló vizsgálatokat.

Franciaországban a Versailles-i Kísérleti Állomáson a szalmatrágyázás kérdésével SIMON (1959) végzett részletes vizsgálatokat. Később WICKE (1967) és KÜHNE (1969) közöltek idevágó adatokat. Több kutató vizsgálta ezt a kérdést Ausztráliában is.

Az eddigi kísérletekből általános következtetésként levonható, hogy a szalmamaradványok, mint a tág C : N, aránnyal rendelkező anyagok, a talajba kerülve a felvehető nitrogén mennyiségének csökkenését eredményezik. Ezért olyan esetekben, amikor nem pillangós növényeket vetünk, nitrogén műtrágyával kell a növényi maradványok által elvont nitrogént pótolni. Egy tonna szalmára általában 5–7 kg nitrogént számítanak. Pillangós növények esetében nem szükséges ásványi nitrogén kiegészítést adni, mivel ez a növénycsoport a levegő molekuláris nitrogénjéből is ki tudja elégíteni nitrogénszükségletét. Amennyiben a fentiek szerint járunk el, akkor a szalmatrágyák általában kedvező hatásúak és egyes esetekben lényeges mértékben fokozzák a mezőgazdasági növények termését. Vannak olyan kísérleti adatok is, amelyek negatív eredménnyel zárultak. Sok esetben ez azzal magyarázható, hogy a szalma egyenletes bemunkálása a talajba nem volt biztosítva.

Értékelve a fenti probléma jelentőségét, célul tűztük ki annak részletes vizsgálatát. Első lépésként a talaj szántott rétegét tanulmányoztuk. Az általunk végzett kísérletek azt igazolták, hogy a szántott réteg felső szintje lényegesen eltér a többi szintektől, a biológiai folyamatok intenzívebben mennek végbe benne. Több széndioxid és nitrát keletkezik benne, intenzívebben bomlik el a cellulóz és a humuszképződés ugyancsak számottevőbb. Végeredményként tehát a szántott réteg felső szintje jelentős potenciális termőképességgel rendelkezik.

A fentiekből arra a következtetésre lehet jutni, hogy amennyiben a szalmát különböző mélységekbe visszük be a talajba, ezeknek a hatása közel sem egyforma. Ennek a kísérleti alátámasztása céljából tenyészedeny-kísérletet állítottunk be a moszkvai Timirjazev Mezőgazdasági Akadémia Kísérleti telepének gyepespodzol talajával.

Az egyes tenyészedenyekbe, melyek 8 kg talajt tartalmaztak 35 g 1 cm nagyságúra felaprított szalmát vittünk be, amely hektárra számítva 10,5 tonnának felel meg. Az egyik kezelésnél a szalmát 10 cm mélyre helyeztük a talajba, a másikon pedig egyenletesen kevertük el a tenyészedenyben. A talajt a maximális vízkapacitás 60%-ának megfelelő vízzel nedvesítettük meg, s 20–25 °C hőmérsékleten érleltük.

A szalma bevitel lényeges mértékben serkentette a mikrobiológiai folyamatok erősségét abban a rétegben, ahová azt bevittük. Az irodalomból ismeretes, hogy még olyan nehezen megtámadható szerves vegyületek is, mint a cellulóz és lignin jelentős mértékben aktivizálják a mikroszervezetek tevékenységét. [SZEGI (1962), HAIDER és DOMSCH (1968)]. A mikroszervezetek intenzív növekedése a talaj felvehető nitrogénkészletének csökkenéséhez vezetett. A mélyebb szintekben (20–30 cm) a felvehető nitrogén csak olyan esetben csökkent, amikor azok szalmát tartalmaztak.

A következő kísérletünkben, amelyet hasonló módon állítottunk be, megmértük a talaj redox potenciálját. A kísérlet az alábbi 3 kezelésből tevődött össze: a) szalmát a szántott réteg felső 10 cm-es szintje tartalmazta, b) egyenletesen kevertük el a talajba, c) az alsó 20–30 cm-es rétegbe vittük. A szalmának a felső 10 cm-es rétegbe történő elhelyezése valamelyest csökkentette a redox-potenciált, mivel az a 2 hónapos érlelés hatására mintegy 300–330 millivoltig esett le. Abban az esetben, ahol a szalmát az alsó rétegbe vittük be, ott igen erős redukciós körülmények jöttek létre. Az rH tartósan 100–200 millivoltig süllyedt.

A szalma elbomlása során a talajban toxikus anyagok halmozódtak fel. Ezek kimutatása céljából a kísérleti edényekben levő talaj különböző szintjeiből talajmintákat vettünk. Ezekbe búzát vetettünk. Az a kezelés, amelyekenél a felső szintbe vittük a szalmát nem tartalmazott toxikus anyagokat, míg az alsó szint lényeges gátló hatást fejtett ki a búza csírázására. A legerősebb toxikus hatás a szalma bevitelét követő 14–20. napon volt megfigyel-

hető. Amennyiben a talajba vitt szalma mennyiségét növeltük, a toxikusság ezzel párhuzamosan fokozódott és nagy dózis esetében már a felső szintben is megfigyelhető volt. 120 g egyenletesen elkevert szalmát tartalmazó (60 t/ha) tenyészvények 2 héten át érlelt talajából 1 rész talaj: 2 rész víz arányban vizes kivonatot készítettünk, majd szűrés után a kivonattal megnedvesítettük a búzamazvakat, amelyeket azután Petri-csészében csíráztattunk. Ennél a szalmamennyiségnél már az a kezelés is tartalmazott toxikus anyagot, amelyik a felső rétegben tartalmazta a szalmát, mivel a csírázás gyengébb volt mint a kontrollnál. A 3-as kezelésnél a magvak egyáltalában nem csíráztak. A szalma elbontása során képződő termékeket kromatográfiás úton is meghatároztuk.

A meghatározást éteres kivonatban, vizes kivonatban, valamint FORSYTH (1947) harangkromatográfiás módszerével végeztük a szénhidrátok, fenolvegyületek, valamint a fulvosavak elkülönítése céljából. Lúgos kivonatban meghatároztuk a huminsavak mennyiségét. A kísérletek jelentős részét C^{14} -gyel jelzett növényi anyaggal végeztük. Az érlelés, amely 2% szalmát tartalmazó talajjal történt 3 hónapig tartott 30 °C hőmérsékleten. A talajnedvesség a maximális vízkapacitás 60%-ra volt beállítva. Az analízisek során számos illó savat (ecetsav, vajsav) több más szerves savat (borkősav, almasav, oxálsav), fenol természetű anyagokat, szénhidrátokat, aminosavakat és egyéb szerves vegyületeket mutattunk ki. A 3 hónapos érlelés alatt a növényi anyagok 38–55%-a humifikálódott.

A felsorolt vegyületek közül mindenekelőtt az illó savakra fordítottunk figyelmet. Ezek viszonylag nagy mennyiségben halmozódtak fel az alsó talajrétegben és ezek felhalmozódása szoros kapcsolatban volt a talaj toxicitásával. Ezért olyan meggyőződésre jutottunk, hogy ezek gátolták elsősorban a búza csírázását. Részletesen tanulmányoztuk a humuszvegyületeket is. Ezek felhalmozódása elsősorban a felső jól levegőző körülmények között ment végbe. Ezt a megállapításunkat igen szépen alátámasztották a homokkal végzett kísérleteink, amelyeknek időtartama 1 év volt. A felső szint lúgos kivonata jóval több sötét színű vegyületet tartalmazott, mint az alsó szinté.

A fent ismertetett kísérleteink minden kétséget kizáróan mutatták, hogy a növényi anyagok elbomlása a talaj szántott rétegének különböző mélységeiben eltérő módon megy végbe.

A vízdoldható humuszvegyületek azaz a fulvosavak olyan szempontból érdekeltek bennünket, mint a talaj nehezen oldódó ásványi anyagainak lehetséges oldószerei, mivel ezek kelat típusú vegyületeket tudnak képezni. [VISNJAKOV (1935) WIESEMÜLLER (1965) és mások.]

Annak modellizálására, hogy a fulvosavak képesek-e oldani az ásványi anyagokat, radioaktív foszfort és vasat tartalmazó $FePO_4$ -t alkalmaztunk. A kísérlet azt mutatta, hogy a Fe és a P oldatba megy, mivel a fulvosav koncentrációjának növelése a foszfátok oldódásának növekedését eredményezte. Elektroforézises módszer segítségével sikerült meghatározni a szerves anyaggal

kapcsolatot létesítő foszfor mozgását. Elektroforézises vizsgálatainknál az ásványi anyagoktól megtisztított humuszanyagok és a jelzett foszfort tartalmazó foszfát egymásrahatása során megfigyeltük, hogy e két komponens külön-külön mozog. Ezek alapján a foszfát és a szervesanyag között tartós, nem disszociáló kötéseket nem állapítottunk meg. Amennyiben a fulvosavak molekuláiban Al és Fe is található volt, abban az esetben a foszfor és szervesanyag együttes mozgását mutatták az elektroforegramok. Tehát itt kialakultak tartós kötések.

A továbbiakban megállapítottuk, hogy a fulvosavak a vasfoszfáttal komplex vegyületet képeznek. Ezeknél a vegyületeknél, a C, P és Fe atomokat radioaktív úton jeleztük. Amint a további kísérleteinkben kimutattuk, a csíranövények meglehetősen könnyen fel tudják venni ezeket az anyagokat, bár azok valamivel lassabban vándorolnak onnan a gyökérzetbe, mint a vízoldható, ionos állapotban levő foszfor. Természetesen nincsen kizárva az a lehetőség, hogy a szerves foszforvegyületek hidrolizálódhatnak miközben a gyökérrendszerén keresztül bejutnak a növénybe, azonban az, hogy a foszfor a fulvosavakkal oldható formába megy át, mindenesetre megkönnyíti a felvételt.

Szalma formájában a talajba vitt szerves anyag a szaprofita talajmikrobák, köztük a nitrogénkötő szervezetek, intenzív szaporodását eredményezi. Ez az utóbbi csoport különösen akkor fejt ki aktív tevékenységet, ha a talajban felvehető nitrogénvegyületek is állnak rendelkezésünkre. Stabil nitrogénizotóppal (N^{15}) folytatott ilyen irányú vizsgálatok során megállapítást nyert, hogy 1 g talajba vitt cellulóz mintegy 5 mg N_2 megkötését eredményezi. Ennek a ténynek igen fontos gyakorlati jelentősége van.

A talajba vitt szalma elbomlásának eredményeképpen tehát, egyrészt a növények számára kedvezőtlenül ható vegyület képződik, másrészt viszont olyan folyamatok is mennek végbe, amelyek fokozzák annak termékenységét. Amennyiben ezeknek a folyamatoknak a menetét ismerjük, megvan a lehetőségünk arra, hogy a kedvező hatást felhasználjuk a növénytermesztés során.

Kísérletünk további részében azt tanulmányoztuk, hogy a szalmatrágyázást miként lehet alkalmazni a mezőgazdasági termelésben. Az előzetes kísérletek azt mutatták, hogy a növények szinte kivétel nélkül kedvezőtlenül reagálnak a szalmatrágyázásra, amennyiben az közvetlenül vetés előtt történik. Amennyiben a szalmatrágyázás a vetést megelőzően néhány hónappal korábban történik, s így a szalmának van ideje komposztálódni, akkor ez a kedvezőtlen hatás még a gabonafélék esetében sem áll fenn. Ezt demonstrálja a következő kísérlet is, amelyet zab jelzőnövényvel folytattunk tenyészdedényekben a moszkvai Timirjazev Mezőgazdasági Akadémia Kísérleti területéről vett gyepes podzol talaj felhasználásával. Előző kísérleteinkhez hasonlóan búzaszalmát aprítottunk fel, amelyből a tenyészdedényekbe 36 g-ot mértünk be, s ezt részben a felső 10 cm-es rétegben, részben pedig az alsó 20–30 cm

rétegben kevertünk el. A tenyészedenyek 8 kg talajt tartalmaztak. Az egyik kezelésénél a szalma talajba keverése tavasszal közvetlen vetés előtt történt, a másik kezelésnél pedig az azt megelőző őszön, tehát 6 hónappal korábban végeztük. A téli időszakban ezeket az edényeket kedvező hőmérsékleti körülmények között pincében tároltuk. A nedvességtartalmat a maximális vízkapacitás 60 %-ának megfelelő szinten tartottuk. Amint az I. táblázatból látható, azon kezelés esetében, ahol 6 hónappal a vetés előtt történt a szalmatrágyázás, toxikus hatás gyakorlatilag nem volt megállapítható.

I. táblázat

A szalmatrágyázás idejének hatása a zab termésére (edény/g termés)

Kezelések		A föld feletti növény súly	A termés súlya
Szalmatrágyázás ideje	A szalmabevitel mélysége		
közvetlenül vetés előtt	0–10 cm	$5,80 \pm 0,24$	$2,33 \pm 0,05$
	20–30 cm	$2,78 \pm 0,09$	0
6 hónappal a vetés előtt	0–10 cm	$6,57 \pm 0,28$	$3,00 \pm 0,28$
	20–30 cm	$6,80 \pm 0,48$	$3,33 \pm 0,19$
kontroll (szalmát nem tartalmaz)		$7,73 \pm 0,24$	$3,76 \pm 0,08$

Az alábbiakban bemutatjuk néhány hasonló módszerrel beállított tenyészedenyék-kísérlet eredményét, amelyek módszertanilag és a talajtípus tekintetében megegyeznek az előzővel. A különbség abban van, hogy csak a második variánst alkalmaztuk, tehát a szalmát a vetés előtt 6 hónappal kevertük a talajba és a jelzőnövények pillangósok voltak, amelyeket rhizobiumokkal oltottuk be.

II. táblázatban bükkönnyel folytatott kísérlet eredményei láthatók. A felső 10 cm-es rétegbe kevert szalma adta a legjobb eredményt.

II. táblázat

A szalmatrágyázás hatása a bükköny termésére (edény/g termés)

A szalmabevitel módja	A föld feletti növény súly	Termés-súly
egyenletesen elkeverve a talajban	$18,50 \pm 0,17$	$9,01 \pm 0,19$
a felső 10 cm-es rétegbe keverve	$20,90 \pm 0,20$	$10,35 \pm 0,25$
a 20–30 cm közötti rétegbe keverve	$17,70 \pm 0,15$	$8,73 \pm 0,19$
kontroll (szalma nélkül)	$16,10 \pm 0,24$	$7,35 \pm 0,21$

A bükköny betakarítása után azt akartuk tisztázni, hogy a szalmatrágyázás és a bükköny utóhatása miként befolyásolja a zab termését. E célból a bükköny betakarítása után a tenyészeményben levő talajt késsel fellazítottuk és zabbal vetettük be. Minden edényben 10 növényegységet hagytunk meg. A IV. táblázatból látható, hogy a zab termése az összes kezelések esetében

III. táblázat

*A szalmatrágyázott bükköny utóhatása a zab termésére
(edény/g termés)*

A szalmabevitel módja	A föld feletti növény súly	A termés súlya
egyenletesen elkeverve a talajban	21,80	9,05
a felső 10 cm-es rétegbe keverve	22,50	9,37
20—30 cm-es rétegbe keverve	18,70	8,22
kontroll (szalma nélkül)	16,96	7,13

jelentősen növekedett az I. táblázat adataihoz viszonyítva. Legjobb eredményt az a kezelés adta, amelyiknél a felső 10 cm réteg tartalmazta a szalmát. Itt a terméstöbblet elérte a 30%-ot.

A felső 10 cm-es réteg szalmatrágyázásának pozitív hatása jól megmutatkozott az egyéves csillagfürt esetében. A föld feletti száraz növény súly 25%-kal növekedett. Az egyes edényekben 4—4 növényvel dolgoztunk (IV. táblázat).

IV. táblázat

*A szalmatrágyázás hatása csillagfürt termésére
(edény/g termés)*

A szalmabevitel módja	A föld feletti növény súly
a felső 10 cm-es rétegbe keverve	10,75 ± 0,25
a 20—30 cm-es rétegbe keverve	7,12 ± 0,75
kontroll (szalma nélkül)	8,56 ± 0,1

A babbal beállított kísérletnél ugyancsak a felső 10 cm-es rétegbe kevert szalma adta a legjobb eredményt. Az egyes edényekben 8 növényt hagytunk meg (V. táblázat).

Amint látható, a legjobb eredményt ebben az esetben is annál a kezelésnél kaptuk, amelyiknél a felső 10 cm-es rétegbe kevertük a szalmát, mivel a termésnövekedés elérte a 20%-ot.

A talajjal folytatott kísérletnél nagyon nehéz a nitrogénmérleg kimutatása. Ezért néhány pillangós növényvel homokkultúrában is állítottunk be kísérleteket. Mosott kvarchomokhoz Hellriegel-oldatot adtunk. A nitrogéntartalom edényenként 35 mg volt NH_4NO_3 formában. A babnál a nitrogéntartalmat megdupláztuk. Vetés előtt a magvakat rhizobiumokkal oltottuk be.

V. táblázat

*A szalmatrágyázás hatása a bab termésére
(edény/g termés)*

A szalmabevitel módja	A föld feletti növény súly	A termés súlya
egyenletesen elkeverve a talajban	9,27 ± 0,21	1,29 ± 0,09
a felső 10 cm-es rétegbe keverve	11,58 ± 0,24	1,49 ± 0,09
a 20–30 cm-es rétegbe keverve	9,90 ± 0,28	1,29 ± 0,08
kontroll (szalma nélkül)	10,16 ± 0,34	1,15 ± 0,03

Az alábbiakban bemutatjuk néhány ilyen kísérlet eredményét, majd ezután a nitrogényarapodásról közlünk adatokat tenyészedényre átszámítva. A VI. táblázatban a bükkönyrel folytatott kísérlet adatait tüntettük fel. Az egyes edények 18 növényt tartalmaztak.

VI. táblázat

*A szalmatrágyázás hatása a bükkönyre homokkultúrában
(edény/g termés)*

A szalmabevitel módja	A föld feletti növény súly	A termés súlya
egyenletesen elkeverve a homokban	23,30 ± 0,36	11,67 ± 0,47
a felső 10 cm-es rétegbe keverve	18,78 ± 0,35	8,89 ± 0,36
a 20–30 cm-es rétegbe keverve	15,73 ± 0,43	7,72 ± 0,34
kontroll (szalma nélkül)	14,59 ± 0,38	4,14 ± 0,29

A fenti kísérletnél a legjobb eredményt az a kezelés adta, amelyiknél a szalmát egyenletesen keverték el a kvarchomokban, azonban az összes szalmatrágyázott kezelések 2–3-szorosát adták a kontroll magtermésének.

Homokkultúrában a csillagfürt ugyancsak jól reagált a szalmatrágyázásra. A VII. táblázat adataiból látható, hogy ebben az esetben a felső rétegbe bevitt szalmatrágyázás adta a legjobb termést, bár a 20–30 cm-es rétegben elhelyezett szalmatrágya is jelentősen emelte a termést a kontrollhoz viszonyítva.

VII. táblázat

*A szalmatrágyázás hatása a csillagfürt termésére
homokkultúrában
(edény/g termés)*

A szalmabevitel módja	A föld feletti növény súly
a felső 10 cm-es rétegbe keverve	10,43 ± 0,74
a 20–30 cm-es rétegbe keverve	7,25 ± 0,43
kontroll (szalma nélkül)	4,87 ± 0,39

VIII. táblázat

*A szalmatrágyázás hatása a bab termésére homokkultúrában
(edény/g termés)*

A szalmabevitel módja	A föld feletti növény súly	A termés súlya
egyenletesen elkeverve	10,16 ± 0,24	1,14 ± 0,08
a felső 10 cm-es rétegbe keverve	12,41 ± 0,27	1,87 ± 0,07
a 20–30 cm-es rétegbe keverve	11,90 ± 0,18	1,29 ± 0,04
kontroll	7,28 ± 0,26	0,15 ± 0,01

IX. táblázat

*A szalmatrágyázás hatása a légköri nitrogénkötésre pillangós növényeknél
(mg/ edény)*

A szalmabevitel módja	Bükköny	Csillagfürt	Bab
egyenletesen elkeverve	617,6	—	190,5
a felső 10 cm-es rétegbe keverve	535,5	320,2	265,5
a 20–30 cm-es rétegbe keverve	408,7	210,8	229,1
kontroll (szalma nélkül)	398,3	140,1	99,1

Hasonló kísérletet állítottunk be babbal is. Az egyes edényekben 8 növényt hagytunk meg. A kísérlet eredményét a VIII. táblázatban mutatjuk be.

A nitrogénben szegény körülmények között a szalmatrágyázás az összes kísérleti kezelések esetében kedvező hatást fejtett ki. A legjobb eredményt a 0–10 cm-es réteg szalmatrágyázása adta, ahol a magtermés elérte a kontroll 12-szeresét.

A felsorolt növényekkel folytatott tenyészedénykísérleteknél, amint arra már a korábbiakban is utaltunk, meghatároztuk a nitrogéntartalmat. A IX. táblázatban láthatjuk a növényben és a homokban található nitrogént összesítve.

Amint a táblázatból látható, a szalmatrágyázás hatására a pillangós növények jóval több nitrogént kötöttek meg, mint a szalmát nem tartalmazó kontroll. Az esetek többségében az a kezelés adta a legjobb eredményt, ahol a legfelső rétegbe vittük a szalmát. Kivétel volt a bükköny, amely valamivel több termést adott az egyenletesen elkevert szalmatrágyázásos kezelésnél.

A számításaink azt mutatják, hogy kedvező környezeti feltételek között 1 g szalmára 5 mg megkötött légköri nitrogén jut. Hektárra átszámítva ez azt jelenti, hogy 4–5 tonna szalma talajba vitele esetén a légköri nitrogénből a mikroszervezetek mint 20–25 kg-ot kötnek meg. Azon kísérleteink közül, amelyekkel a szalmatrágyázásnak a gabonafélékre gyakorolt hatását tanulmányoztuk, itt kettőt említünk meg.

Az előzőekhez hasonló módon, a moszkvai Timirjazev Mezőgazdasági Akadémia Kísérleti telepéről vett gyepes podzoltalaj felhasználásával azt vizsgáltuk, hogy a szalmatrágyázás nitrogénműtrágyával kombinálva miként befolyásolja a zab termését. A felaprózott szalmát közvetlen vetés előtt vittük a tenyészedeény legfelső 0–7 cm-es rétegébe. Az egyes kezelésekre különböző mennyiségű nitrogént adtunk $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ formájában. Foszfort és káliumot a Hellriegel-tápoldatnak megfelelő mennyiségben adtunk a tenyészedeényekbe. Kis nitrogéndózisok esetében a szalma gátolta a zab növekedését azonban a nitrogén növekedésével jelentős serkentő hatást váltott ki (X. táblázat). Hasonló eredményeket kaptak más kutatók is így többek között SIMON (1959).

A krasznodári területen rizzsel, kisparcellás kísérleteket állítottunk be annak tisztázására, hogy a rizsszalmával történő szalmatrágyázás (4 tonna/ha) hogyan befolyásolja a termést. A rizsszalmán kívül zöldtrágya kezelést is beiktattunk lucernával, ugyanacsak 4 tonna/ha-nak megfelelő mennyiségben. A szervesanyagok beszántása ősszel történt. A tenyészidő alatt 100 kg/ha nitrogént adtunk a szalmatrágyával kezelt kísérleti parcellák talajába $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ formájában. Amint a XI. táblázat adataiból látható a szalmatrágyázás gyakorlatilag ugyanazokat az eredményeket adta mint a zöldtrágyázás.

X. táblázat

*A szalmatrágyázás hatása a zab termésére
(edény/g termés)*

A felhasznált N-dózisok (g/te- nyészedeény)	Szalma nélkül	Szalmával trágyázva
0,1	21,84	11,68
0,5	26,77	25,43
1,5	29,14	31,82
3,0	26,41	30,36

XI. táblázat

A rizs terméseredményei különböző trágyázási módok hatására (q/ha)

A szalmatrágyázás módja	Termés	
	q-ban	a kontroll %-ában
kontroll	38,8	100
20 cm mélyre beszántott lucerna	58,4	150
20 cm mélyre beszántott rizsszalma	55,0	142

A fenti kísérleteket három éven át megismételtük. Nitrogénműtrágya jelenlétében a szalma 20—50%-kal fokozta a rizs termését.

A fentiek alapján olyan következtetésre jutottunk, hogy a szalmatrágya alkalmas a gabonafélék termésének emelésére is.

Végül rátérünk a szalmatrágyázás alkalmazása, valamint a foszforvegyületek mobilizációja közötti összefüggés vizsgálatára. Ezeket a kísérleteket nehezen oldódó foszfátokkal: apatittal vas- és alumíniumfoszfáttal állítottuk be. A kísérleteket részben radioaktív foszfátok alkalmazásával végeztük. Az alábbiakban két kísérletet mutatunk be, amelyeket részben apatittal, részben vasfoszfáttal folytattunk.

A kísérlet céljára foszforban szegény podzolos erdőtalajt használtunk fel, amely 100 grammonként 15,4 mg felvehető foszfort tartalmazott. A nitrogént $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ vegyület formájában alkalmaztuk, amelyből 150 mg N-nek megfelelő mennyiséget vittünk a 8 kg talajt tartalmazó tenyészeménybe. Foszfor-pentoxidból 50 mg-ot adtunk a tenyészeménybe levő talajhoz apatit, illetve vasfoszfát formájában. A felaprózott szalmából 50 g-ot kevertünk a 0—10 cm közötti talajrétegbe vetés előtt másfél hónappal. A kísérletet az első évben bükköny a másodikban pedig zab jelzőnövényekkel állítottuk be. Az elsőből 18, a másodikból pedig 10 növényt tartalmazott 1—1 tenyészemény. A kísérleti

XII. táblázat

A szalmatrágyázás hatása az apatit-foszfor felvételére (az adatok 1 tenyészeményre értendők)

A szervesanyag	Növény súly g-ban		Foszforfelvétel P_2O_5 mg	
	1 év	2 év	1 év	2 év
	bükk. növ.s.	zab termésé	bükköny	zab
borsószalma	8,30	7,19	58	62
rizsszalma	7,26	7,27	52	63
kontroll (szalma nélkül)	9,38	4,13	55	38

eredmények azt mutatják, hogy a szalmatrágyázás elősegíti a nehezen oldódó foszforvegyületek fokozatos oldódását. A második évben az apatit és a vasfoszfát foszforának a felvétele fokozódik (XII., XIII. táblázatok).

A szalmatrágyázás, amint a táblázatból látható csak a zab termésére gyakorolt pozitív hatást, míg a bükköny esetében ez a hatás elmaradt. Ez valószínűleg azzal magyarázható, hogy a szalmabevitel és a vetés közötti rövid idő nem volt elegendő a toxinok inaktivációjához. A második évben azonban ez a pozitív hatás élesen megmutatkozott. Hasonló eredményeket adtak a vasfoszfáttal (FePO_4) végzett kísérleteink is.

XIII. táblázat

*A szalmatrágyázás hatása a FePO_4 -foszfor felvételére
(az adatok egy tenyészedenyre értendők)*

A szervesanyag	Növény súly g-ban		Foszforfelvétel P_2O_5 mg	
	1 év	2 év	1 év	2 év
	bükköny növény súly	zab, termés súly	bükköny	zab
borsószalma	9,70	8,03	68	66
rizsszalma	8,85	7,26	54	68
kontroll (szalma nélkül)	9,81	4,13	61	34

A FePO_4 -tal és AlPO_4 -tal végzett radioaktív indikációs vizsgálatok alátámasztották a fenti kísérletek eredményét.

Összefoglalás

1. A talaj szántott rétegének heterogén volta következtében a bevitt anyagok a különböző mélységekben eltérő módon alakulnak át. A legfelső rétegben gyorsabban mineralizálódnak a szerves vegyületek és csökken a toxikus anyagok (főként az illó savak) felhalmozódása. A fentiek alapján levonható az a következtetés, hogy a szalmatrágyát a talaj legfelső rétegébe kell beszántani.

2. Mivel a szalmatrágyázás következtében a talaj felvehető nitrogéntartalma beépül a mikroorganizmusok testébe, ezért a szalmatrágyázás kalászosoknál csak nitrogénműtrágya kiegészítéssel alkalmazható. Pillangós növényeknél a nitrogénkiegészítés nem szükséges, mivel azok nitrogén szükségletüket a légkör molekuláris nitrogénjéből fedezik.

3. A szalmatrágyázás következtében a szabadon élő nitrogénkötő mikroorganizmusok nitrogénnel gazdagítják a talajt, valamint a nehezen oldódó vegyületek oldódása fokozódik. Ezért részben a cellulóz elbontása során kelet-

kező savanyú kémhatású szerves vegyületek okozzák, részben pedig ezek a vegyületek a humusszal kelát típusú kötéseket létesítenek.

4. A szalmatrágyázás lényeges mértékben megjavítja a pillangósok terméseredményeit és serkenti a nitrogénkötést is.

A szalmatrágyázás nitrogénműtrágyával kiegészítve növeli a kalászosok termését.

A szalmatrágyát a szántott réteg felső részébe legcélszerűbb bevinni.

A szerkesztőbizottság megjegyzése:

Az ismertetett kísérletek gypes podzol talajon kerültek beállításra, és így a kapott eredmények ennek figyelembevételével értékelendők.

IRODALOM

- FJODOROV M. V. (1952): Biologicseszka fixacia azota atmosferü. Szelhozgiz, Moszkva.
 FLAIG W. (1968): Semaine d' etude sur la matiere organique et fertilite du sol. Rome.
 FORSYTH W. (1947): Journ. Agric. Sci. **37**, 132—144.
 GOLOD B. I. (1967): Vlijanie udobrenia szolomoj na fixacii atmosferного azota klubenkovümi bakteriami i na urozsaj bobovüh. Kandidátusi értekezés, Moszkva.
 HAIDER K., K. DOMSCH (1968): Archiv f. Mikrob. **64**, 338—348.
 HRISZTEVA L. A. (1953): Pocsvodenie **10**, 46—59.
 JEROFEEV N. S., J. S. VOSZTROV (1964): Izv. AN SSSR szer. biol. 666—676.
 KALUZSSZIKJ A. A. (1906): Vesztnik szeljszkogo hozjajsztva **3**, 12—13.
 KASIRSZKIJ I. E. (1900): Szeljszkij hozjain, **4**, 54—56.
 KONONOVA M. M. (1963): Organicseszkie vescsesztva pocsvü. Izd. A.N. SSSR. Moszkva.
 KÜHN G., I. LONGE (1969): Albert, Thaer Archiv. **13**, 1117—1118.
 MISUSZTIN E. N., D. I. NIKITIN (1961): Mirkorbiologia **30**, 891—895.
 RODIN L. E., N. I. BAZILEVICS (1965): Dinamika organicseszkih vescsesztv i biologicseszkie izminenie v osznovnüh rasztitelnüh szoobszesztvah. Nauka, Moszkva.
 ROMASKEVICS M. F. (1966): Zemledelie **3**, 35—42.
 SIMON G. (1959): L'enfouissement des pailles dans le sol. Disszertáció, Párizs.
 SZIPHA M. K. (1969): Mobilizacia mineralnüh foszfátov v pocsvé v rezultate razlozszenia rasztitelnüh osztatkov. Kandidátusi értekezés, Moszkva.
 SZEGI J. (1962): Szimpozium „Humus et Plant” Praha, Brno.
 THORNTON H. (1929): Journ. Agric. Sci. **19**, 563—570.
 VISNJAKOV A. P. (1935): Zaszedanie leningradszkogo filiala Vseszojuznogo insztituta udobrenia i agropocsvovedenia **36**, 608.
 VOSZTROV I. SZ. (1963): Izv. AN SSSR. szer. biol. **6**, 906—913.
 WICKE M. (1967): Albert Thaer Archiv **11**, 635—649
 WIESEMÜLLER W. (1965): Albert Thaer Archiv **9**, 5—21.