

Kukoricához alkalmazott herbicidok hatása a talaj nitrogén-körforgalom néhány mikrobiológiai jellemzőjére

Sándor Zsolt – Tállai Magdolna

Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma,
Mezőgazdaságtudományi Kar,
Agrokémiai és Talajtani Tanszék, Debrecen
zsandor@agr.unideb.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A nitrogén nélkülözhetetlen elem az élő szervezet számára és jelentős befolyást gyakorol nem csak a termés mennyiségére, de a termés minőségére is. A talajból felvehető nitrogén mennyiségét befolyásolják a nitrogén-körforgalom mikrobiológiai folyamatai. Az intenzív mezőgazdasági termelésben elengedhetetlen a herbicidok használata, ezért lényeges megismernünk, hogy a gyomirtó szereknek milyen hatása van a talaj mikroorganizmusaira, a talaj mikrobiológiai aktivitására.

A vizsgálatot mészlepedékes csernozjom talajon, kukorica kultúrában állítottuk be. Négy különböző herbicid (Acenit, Frontier, Merlin, Wing) hatását tanulmányoztuk a talaj nitrogén körforgalom négy paraméterére, úgy mint a nitrifikáló baktériumok mennyisége, a nitrát feltáródás mértéke, a biomasz nitrogén és az ureáz enzimaktivitás. A herbicidok hatásait alap, kétszeres és ötszörös dózisban vizsgáltuk két egymást követő vegetációs időszakban.

Az eredményekből az alábbi megállapításokat vontuk le:

- A **nitrifikáló baktériumokra** elsősorban az Acenit hatott serkentően. A Frontier és a Merlin is jelentősen befolyásolta a nitrifikálók mennyiségét, egyes esetekben csökkentették, máskor növelték a baktérium-tömeget.
- Az alkalmazott szereknél elsősorban a kétszeres és az ötszörös dózisok növelték a talaj **nitrát feltáró képességét** különösen a 2006-os évben. Az Acenit és a Frontier serkentően hatott a talaj nitrát-tartalmára mindkét kísérleti évben, de a második évben a Wingnek volt jelentősebb a hatása.
- A **mikrobiális biomasz nitrogén** mennyiségét a herbicidok a kezelések közel 60%-ában növelték, kb. 40%-ában pedig gátolták.
- A Wing 2006-os, valamint a Merlin 2005-ös eredményétől eltérően minden esetben az egyszeres dózis befolyásolta legkevésbé az **ureáz-enzim aktivitását**. Az eredmények alapján a Merlin hatására nőtt, a Wing hatására pedig csökkent a talajban az enzim aktivitása.

A négy herbicid három különböző dózisának alkalmazásakor, figyelembe véve a négy talaj mikrobiológiai jellemző két éves átlag eredményét, megállapítható, hogy a kezelések 39%-ában szignifikáns gátló, 28%-ában szignifikáns serkentő hatást tapasztaltunk. Legtöbb esetben a Wing fejtett ki gátló hatást (több mint 50%-ban), a Frontier hatására a kezelések több mint 50%-ában nem változtak a vizsgált mikrobiológiai tulajdonságok.

Kulcsszavak: talaj mikrobiológia, herbicid, N₂-ciklus

SUMMARY

Nitrogen is a key element for the living organisms and influence not only for the quantity but for the quality of the yield, considerable. Availability of nitrogen from the soil is influenced by several microbiological processes of the Nitrogen-cycle. Among

the intensive agricultural production the herbicide application cannot be omitted more information needs therefore about the inhibitor effect of herbicides on the different microorganisms.

An experiment was set up on calcareous chernozem soil under maize culture. Effect of four different herbicides (Acenit, Frontier, Merlin, and Wing) was investigated. The effect of herbicides was measured to four microbiological parameters of the Nitrogen-cycle (abundance of nitrifying bacteria, nitrate solubilisation, biomass nitrogen and urease enzyme activity). There were single-double- and five times of recommended doses of herbicides applied for two consecutive vegetation periods.

From the results of the different doses of herbicides, the following can be stated:

- The Acenit has a stimulating effect on **nitrifying bacteria** in general. The Frontier and Merlin also influenced the quantity of nitrifiers, however in certain cases decreased in another cases increased the number of bacteria.
- The double doses and five times doses of herbicides was found to be increasing the **nitrate content of soil**, -especially in 2006.
- The quantity of **microbial biomass nitrogen** increased in the 60% of treatments and decreased in the 40% of the treatments.
- Except of the result of Wing in 2006 and Merlin in 2005, the effect of simple dose herbicides was the smallest on the **urease enzyme activity**. According to the results the effect of Merlin was positive; the effect of Wing was negative on the soil enzyme's activity.

Regarding the application of four different herbicides in three different doses on the microbiological parameters of soil (at two consecutive years-) in 39% of the treatments has resulted a significant inhibitory effect, 28% of the treatments, however have significant stimulating effect on the parameters measured. More than 50% of the inhibitory effect was measured in case of the Wing, at more than 50% of the Frontier the microbiological parameters have not changed.

Keywords: soil microbiology, herbicide, Nitrogen-cycle

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A nitrogén az élő szervezetek számára nélkülözhetetlen és fontos alkotórésze, többek között az aminosavaknak, fehérjéknek, nukleinsavaknak és klorofillnak. Ezen kívül kiemelkedő szerepet tölt be a hajtás- és a termésközelítés szempontjából. A talaj felvehető nitrogéntartalma nem csak a termés mennyiségét, hanem minőségét is jelentősen befolyásolja. A talajból felvehető nitrogén mennyiségét befolyásolják a nitrogén-körforgalomban részt vevő mikrobiológiai folyamatok is. Ezért fontos, hogy ismerjük a nitrogén

biológiai körforgalmának folyamatait, és az ezekben résztvevő mikroorganizmusok szerepét és jelentőségét.

A talajok szervesanyag- és nitrogéntartalma növénytáplálási aspektusból azért lényeges, mert a közvetlenül felvehető és a könnyen mineralizálódó-N forrásokat nemcsak a növények, hanem a mikroorganizmusok is hasznosítják (Filep et al., 2002).

A kukorica a hazai szántóföldi növénytermesztésben meghatározó szerepet játszó növényi kultúra. A termelés színvonalát, a realizált termésátlagokat, a termelés ökológiai hatékonyságát, a biológiai alapokat, az agroökológiai feltételeket, az alkalmazott agrotechnika, interaktív kapcsolatrendszer és adaptációja határozza meg (Pepó et al., 2005). Huzsvai és Nagy (2005) megállapították, hogy a kukorica terméshozamát elsősorban a természetes ökológiai tényezők közül a napfény és a hőmérséklet befolyásolja, valamint a növények számára felvehető tápanyag és a raktározott víz. A biztonságos termelés elengedhetetlen feltétele a herbicidek használata, mivel a felmérések szerint a kultúrnövényeket károsító gyomnövények napjainkban világszerte 9%-kal csökkentik a mezőgazdasági terméshozamokat (Gáborjányi et al., 1995). A herbicidek azonban nem csak a gyomnövényekre, hanem a talajban élő mikroorganizmusokra is hatást gyakorolnak, és ezáltal a talaj biológiai degradációs folyamataihoz is hozzájárulhatnak (Várallyay, 2005). Biró (2002) vizsgálta a kukorica rizoszférájának mikrobáit, amelyek jelentős szerepet játszanak a kukorica tápanyagfelvételében. A talaj mikrobiális biomassza mennyiségének meghatározása a talaj mikrobiológiai állapot megismerésére irányul. Gyakran használt, a változásokat kiválóan jelző módszer (Szili-Kovács és Tóth, 2006). Az agrotechnikai beavatkozások – így a különböző művelési módok – szintén jelentős változásokat idéztek elő a talaj fizikai és kémiai tulajdonságaiban. Ezek a változások a talaj mikrobiológiai folyamataiban is kimutathatók. Zsuposné (2005) megállapította, hogy a talajbiológiai paraméterek a konzerváló (conservation tillage) művelési mód mellett magasabbak voltak, mint a hagyományos talajművelési mód alkalmazásakor, Kátai (2006) vizsgálatai alapján bebizonyosodott, hogy a nagyüzemi termelésnél alkalmazott mono- illetve tri-kultúras vetésforgó közül a tri-kultúrában nagyobb volt a talaj biológiai aktivitása. Oldal et al. (2006) Magyarország speciális referencia pontjainak talaj és talajvíz mintáiban különböző herbicidek maradványait vizsgálták téli időszakban. A 24 talajminta közül kettőben találtak atrazint. Ugyanakkor a talajvíz mintában az atrazinon kívül – többek között – előfordult az acetoklór is. Az acetoklór széles körben használt herbicid, különféle kultúrákban a gyomnövények visszaszorításában. Az acetoklórt először az USA-ban alkalmazták 1994-ben, Európában pedig 2000-ben.

Az elmúlt néhány évben az acetoklór és metabolitjai megjelentek a felszíni és talajvizekben egyaránt, valamint a talajban is. Az acetoklór és metabolitjai jelentős környezetszennyezők. Feltétlenül szükségessé vált olyan hatékony módszerek kidolgozása, amelyek alkalmazása során a szennyezőanyagok kezelhetők és eltávolíthatók (Sha-Yang et al., 2004). Kátai (1998) szerint a pendimetalin tartalmú Stomp (a Wing EC a pendimetalin mellett dimetenamidot is tartalmaz) és az Acenit (acetoklort tartalmaz) gátló hatást gyakorolt a nitrifikáló baktériumok mennyiségi előfordulására és az ureáz enzim működésére.

Az előzőekben bemutatott irodalmi adatok alapján fontosnak tartjuk azokat a vizsgálatokat, amelyek a herbicidek hatását a talajban élő mikrobák mennyiségére és aktivitására vonatkoztatják.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A kisparcellás, gyomirtásos kísérletet a DE ATMC MTK Növényvédelmi Tanszék bemutató kertjében állítottuk be. A különböző gyomirtó szerek hatását kukorica alatt, mészlepedékes csernozjom [a World Reference Base for Soil Resources 2006 szerint: Calcic Endofluvic Chernozem (Endosceletic)] talajon vizsgáltuk. A kísérletet 2005. májusában kezdtük. A mintákat három ismétlésben dolgoztuk fel. A négy szert három különböző dózisban juttattuk ki, tehát 12 (+3 kontroll) kisparcellánk volt. Minden kezelésből vettünk mintát, amelyek különböző dózissal (egyszeres, alapdózis; kétszeres; ötszörös) kezelt területről azonos mélységből (2-25 cm) származtak.

A minták vizsgálatát a DE ATMC MTK Agrokémiai és Talajtani Tanszék laboratóriumában végeztük. Első lépésben meghatároztuk a fontosabb talajfizikai és talajkémiai paramétereket. Vizsgálataink során a kukoricában használt négy herbicid (1. táblázat) hatását tanulmányoztuk.

1. táblázat

A kukorica gyomirtásánál alkalmazott herbicidek nevei, hatóanyagtartalma és dózissai

Herbicid neve(1)	Hatóanyag megnevezése(2)	Hatóanyag-tartalom(3)	Normál dózis kg*ha ⁻¹ (4)
Acenit A 880 EC	acetoklór+ AD 67 antidótum	800 g * kg ⁻¹ + 80 g * kg ⁻¹	2,0 - 2,6
Frontier 900 EC	dimetenamid	900 g * kg ⁻¹	1,2 - 1,6
Merlin EC	izoxaflutol	480 g * kg ⁻¹	0,16 – 0,2
Wing EC	dimetenamid+ pendimetalin	250 g * kg ⁻¹ + 250 g * kg ⁻¹	3,5 – 4,5

Table 1: Name of the herbicides, type of the active compounds and their doses, used under the maize (*Zea mays*)

herbicide name(1), active compound(2), quantity of active compound(3), recommended doses of herbicides(4)

A talajban élő nitrifikáló baktériumok számát Pochon és Tardieux (1962) szerint határoztuk meg. A mikrobiális biomassza nitrogéntartalmát kloroform fumigációs-extrakciós eljárással, Brookes et al. (1985) módszerét felhasználva, kisebb módosításokkal végeztük. Az ureáz enzim aktivitását Kempers (cit. Filep, 1998) szerint határoztuk meg. Ezekon kívül meghatároztuk a talaj nitráttartalmát és a nitrát feltáródását két hét alatt 1:5 talaj-vizes kivonatból Na-szalicilátos módszerrel (Felföldy, 1987).

A vizsgált talaj a fizikai talajféleség alapján a vályogtalajok közé sorolható. A talaj pH_{H2O} értéke alapján (7,9) gyengén lúgosnak tekinthető. A talaj minimális vízkapacitása nem éri el az irodalmi értéket, amely 27,2%.

A talaj kémiai tulajdonságai között meghatároztuk még a CaCO₃ tartalmát, mely alapján az alapkőzet közepesen meszes. Mértük még a talaj humusz-, valamint a könnyen felvehető foszfor- és káliumtartalmát. A kísérlet talajának humuszos rétege 70-80 cm, melyből 40-50 cm egyenletesen humuszos. Az alsó 30-35 cm fokozatosan megy át az alapkőzetbe, amely lösz. Az egyenletesen humuszos rétegben a humusztartalom 2,65%. A kísérletben szereplő talaj nitrogén- és kálium-ellátottsága közepes, a foszfortartalom szerint pedig a gyenge ellátottságú kategóriába tartozik (2. táblázat).

2. táblázat

A vizsgált talajok fizikai, kémiai tulajdonságai

A talaj vizsgált tulajdonsága(1)	Mért paraméterek(2)
Leiszapolható %(3)	40%
Arany-féle kötöttség(4)	37
Textúra(5)	vályog
Porozitás %(6)	48
Higroszkóposág (hy)(7)	2,1
Minimális vízkapacitás (V _{kmin})(8)	26,22
pH _{H2O} (9)	7,9
pH _{KCl} (9)	7,4
CaCO ₃ -(%) tartalom(10)	16,5
Szerves szén (g*kg ⁻¹)(11)	15,23
Humusztartalom (Hu%)(12)	2,65
Szerves nitrogén (g*kg ⁻¹)(13)	1,56
Nitrát nitrogén (mg*kg ⁻¹)(14)	14,4
AL-oldható foszfor (P ₂ O ₅ mg*kg ⁻¹)(15)	81,5
AL-oldható kálium (K ₂ O mg*kg ⁻¹)(16)	38,5

Table 2: Physical and chemical quality of the soil characteristics(1), quantity(2), clay+silt %(3), soil plasticity index according to Arany(4), texture class: LOAM(5), porosity %(6), hygroscopicity according to Kuron(7), field water capacity(8), pH(9), lime content(10), organic carbon(11), humus %(12), organic nitrogen(13), nitrate nitrogen(14), AL-soluble phosphorus(15), AL-soluble potassium(16)

Eredményeinket 2005. és 2006. évi átlagértékek alapján mutatjuk be, oszlopdiagramokon. Az átlagértékekből statisztikai, matematikai módszerekkel meghatároztuk az SzD_{5%}-ot. A statisztikai értékelésből kiderült, hogy egyes herbicidek gátló vagy serkentő hatást gyakoroltak, míg más esetekben hatástalannak bizonyultak talajmikrobiológiai paraméterekre.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSEÜK

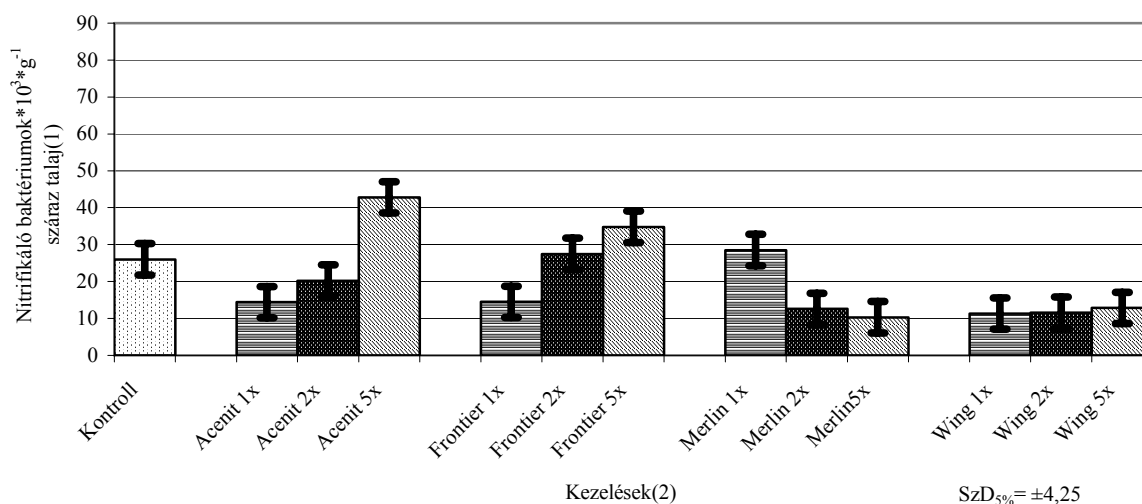
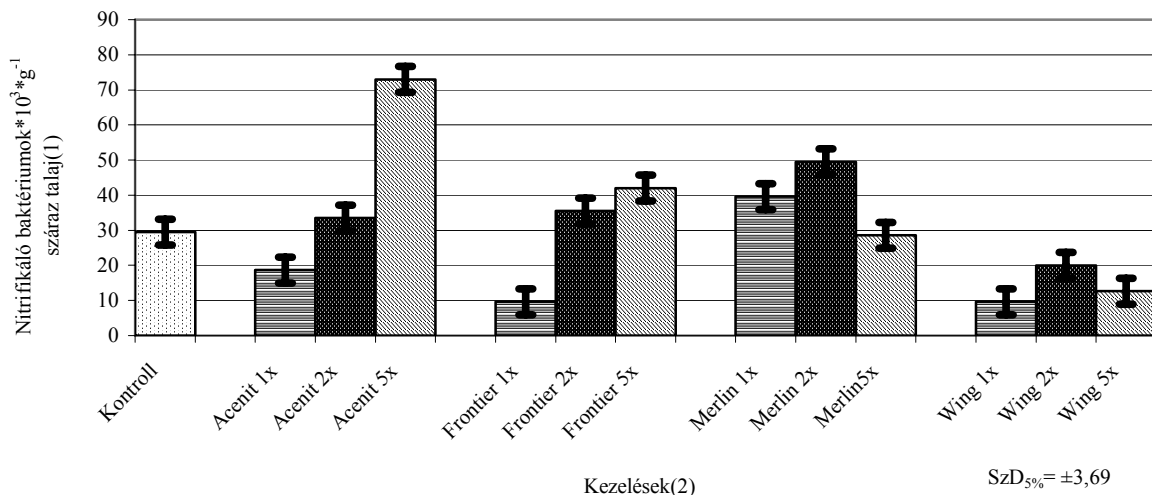
A kezeletlen talajhoz viszonyítva a legjelentősebb változást az Acenit ötszörös dózisánál figyelhetjük meg (1. ábra). Az Acenit és a Frontier hasonlóan befolyásolta a nitrifikáló baktériumok számát. A kontrollhoz képest mindkét szer egyszeres dózisban kijuttatva csökkentette a nitrifikáló baktériumok számát a talajban, a Frontier valamivel nagyobb mértékben. A nagyobb dózisoknál nőtt a baktériumok száma. A kétszeres dózis kevésbé stimulálta a nitrifikáló baktériumokat, mint az ötszörös. A másik két alkalmazott szernél nem figyelhető meg ez a tendencia. Miközben az Acenitnél és a Frontiernél az ötszörös dózis növelte a leginkább a nitrifikálók számát, addig a Merlin esetében a kontrollhoz viszonyítva kis mértékben ugyan, de csökkentette. A Merlinnél a másik két dózis hatására nőtt a nitrifikáló baktériumok száma, közülük is a kétszeres dózisonál nagyobb mértékben. A Wing a nitrifikáló baktériumok mennyiségét mindhárom dózisban csökkentette.

A 2006-os mérési eredmények hasonló tendenciát mutattak, mint a 2005-ben kapott eredmények (1. ábra). A 2006-ban mért eredmények szerint az Acenit ötszörös dózisa szignifikánsan növelte a nitrifikáló baktériumok számát, a két alacsonyabb dózis hatására pedig csökkent a nitrifikálók mennyisége. Frontier esetében hasonló tendenciát tapasztaltunk az előző évihez. A Merlinnél azonban ebben az évben már csak az egyszeres dózis hatott stimulálóan a baktériumszámra, a másik két dózis gátolta a szaporodásukat. A Wing szintén gátolta a nitrifikáló baktériumok számát.

Összességében megállapíthatjuk, hogy a nitrifikáló baktériumok mennyiségére elsősorban az Acenit hatott serkentően. A Frontier és a Merlin is kimutatható befolyást gyakorolt a nitrifikáló baktériumokra, de ezek iránya nem egyértelmű, esetenként csökkenést, máskor serkentést lehetett kimutatni. A Wing mindkét vizsgálati évben és minden dózisban csökkentette a baktériumok számát.

A nitrát feltáródás olyan mikrobiológiai folyamat, amelynek során az érlelési kísérletben, meghatározott környezeti feltételek mellett a szerves anyagból ásványi nitrogén keletkezik (Németh, 1996).

1. ábra: Herbicidek hatása a nitrifikáló baktériumok mennyiségére (Debrecen, 2005, 2006)


 Figure 1: Effects of herbicides on the number of nitrifying bacteria
 10^3 *number of bacteria g soil⁻¹(1), herbicides dose(2)

Az Acenit ötszörös dózisban szignifikánsan növelte a talaj nitrát-feltáró képességét (2. ábra). A másik két dózis csökkentette a nitrát mennyiségét a talajban, a kétszeres kezelés szignifikánsan. Statisztikailag igazolt különbség tapasztalható a Frontier-nél is. Az egyszeres dózis lényegesen csökkentette a nitrát-feltáró képességet, miközben a nagyobb dózisok növelték azt. A kontrollhoz képest a Merlin minden dózisban csökkenti a nitrát-feltáródást, de ez a csökkenés egyik esetben sem számottevő. A Wing ötszörös dózisa kismértékben ugyan, de növelte a nitrát-feltáródást. A másik két dózis a kontrollhoz képest akadályozza a nitrát feltárást, az egyszeres és kétszeres dózis esetében mondható szignifikánsnak a csökkenés.

A 2006-os mérési eredmények alapján az Acenit és a Frontier ötszörös dózisa pozitívan befolyásolta a talaj nitrát feltáró képességét, amíg a többi kezelés kisebb vagy nagyobb mértékben csökkentette azt (2. ábra). Mind a négy herbicid egyszeres dózisa kismértékben gátolta a nitrát feltáródását.

Minden szer esetében érvényes az a megfigyelés, hogy a kétszeres dózis nagyobb mértékben csökkentette a nitrát mennyiségét a talajban. A kontrollhoz képest mindhárom dózisban a Merlin és a Wing gátolta leginkább a nitrát feltáródást. Az Acenit kisebb dózisainál nem tapasztaltunk számottevő különbséget a kontrollhoz képest.

Eredményeink alapján kijelenthetjük, hogy a Frontier és az Acenit nagyobb dózisai serkentően hatottak a talaj nitrát-feltáró képességére. Különösen 2006-ban a Merlin és a Wing különböző dózisa csökkentették a vizsgált talaj mikrobiológiai jellemzőit.

A mikrobiális biomasza nitrogén egy olyan talaj mikrobiológiai paraméter, amelynek vizsgálata során meghatározzuk egy adott érlelési időszakban a mikrobákban felhalmozódott összes nitrogén mennyiségét. Ezzel a nitrogénformával nagyon jól jellemezhető a talaj mikrobiológiai aktivitása (Schinner et al., 1996).

2. ábra: Herbicidek hatása a nitrátfeltásra (Debrecen, 2005, 2006)

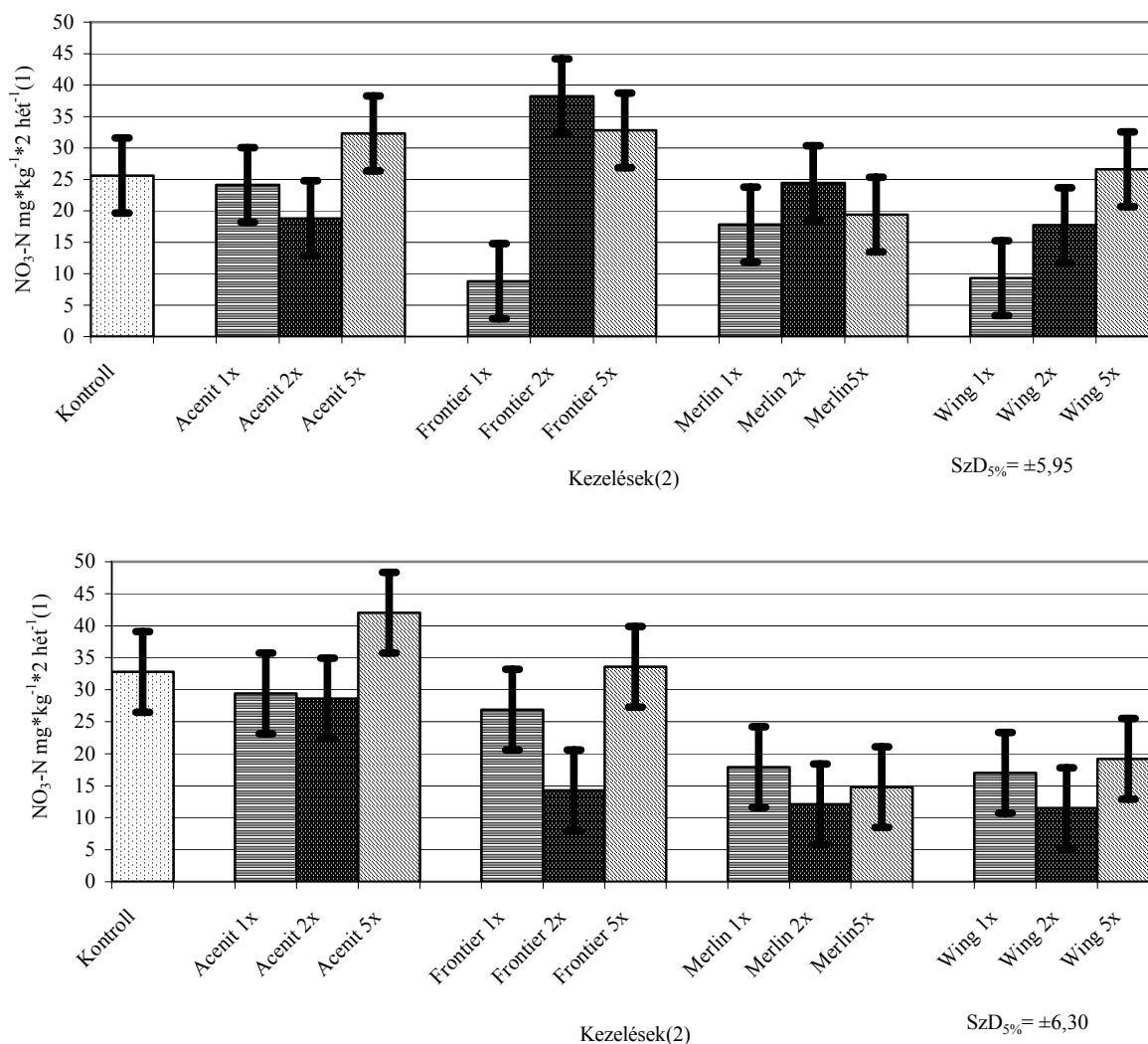


Figure 2: Effects of herbicides on the NO₃-N concentration
 NO₃-N mg*kg soil⁻¹*2 weeks⁻¹(1), herbicides dose(2)

A 2005-ben végzett kísérlet alapján kimutattuk, hogy az alkalmazott herbicidek általában pozitívan befolyásolták a biomassza nitrogén mennyiségét (3. ábra). Szignifikáns növekedést tapasztaltunk a Frontier ötszörös dózisánál, de majdnem ilyen jelentős az a növekedés, amelyet a Merlin kétszeres dózisa idézett elő. Az Acenit minden dózisa pozitívan befolyásolta a nitrogén mennyiségét, közülük is leginkább az ötszörös mennyiség. Hasonló tendencia tapasztalható a Wingnél is, azzal a különbséggel, hogy itt a kétszeres dózissal van a legnagyobb hatása. Az Acenit kivételével minden szer esetén az egyszeres dózis növelte legkevésbé a talaj biomassza nitrogén mennyiségét.

A 2006-os kísérleti eredmények nem mutatják ugyanazt a tendenciát, mint a 2005-ben kapott eredmények (3. ábra). Az Acenit egyszeres dózisban, valamint a Frontier egyszeres és kétszeres dózisban is csökkentette a mikrobiális biomassza nitrogént. Az említett szerek nagyobb dózisa és a Merlin közepes dózisa növelték a biomassza nitrogén értékeit. A Wing minden dózisban jelentős növekedést

eredményezett a nitrogén mennyiségében a kontrollhoz viszonyítva, leginkább az egyszeres dózisban. A többi szernél a kétszeres vagy az ötszörös dózis befolyásolta legjobban a biomassza nitrogén mennyiségét.

A kísérleti évek adatait összehasonlítva megállapítható, hogy a Frontier egyszeres dózisa csökkentette a mikrobiális biomassza nitrogén mennyiségét a talajban. Érdekes, hogy a Wing egyszeres dózisa stimulálóan hatott a második évben, a többi szer esetében az egyszeres dózis kisebb hatást gyakorolt a vizsgált talaj mikrobiológiai paraméterekre. A kétszeres és ötszörös dózis szinte minden esetben növelte a biomassza nitrogént a talajban. A Wing kisebb serkentő hatást gyakorolt a biomassza nitrogén mennyiségére 2005-ben. 2006-ban ez a hatás erőteljesebbnek bizonyult.

Az ureáz enzim aktivitása elsődlegesen a mikroorganizmusokból származik a talajban, és szoros korrelációt mutat a szervesanyag tartalommal. Az ureáz enzim jelentős mértékben akkumulálódhat a talajban (Schäffer, 1993).

3. ábra: Herbicidek hatása a mikrobiális biomassza nitrogénre (Debrecen, 2005, 2006)

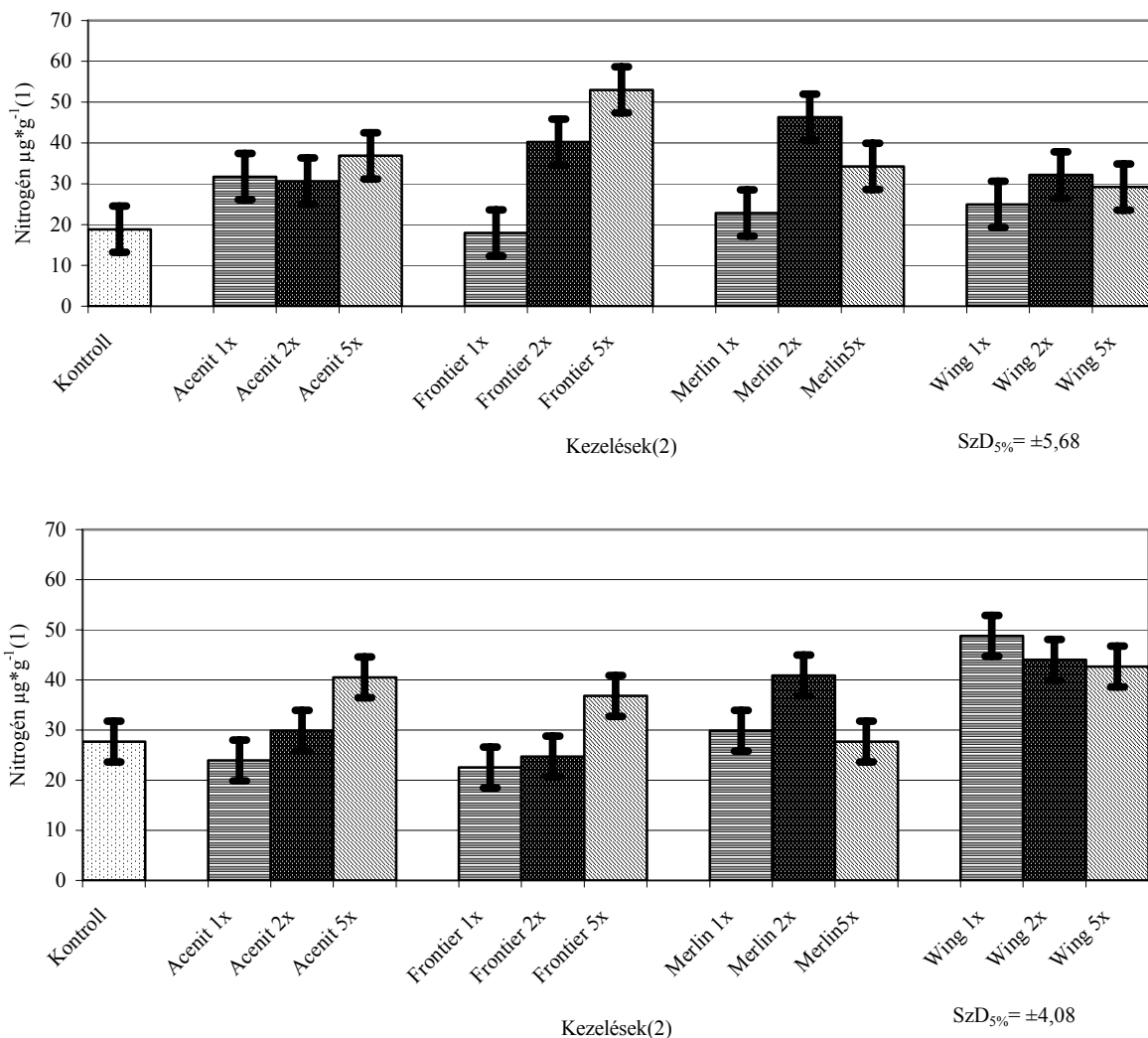


Figure 3: Effects of herbicides on the microbial biomass N $\text{N } \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}(\text{l})$, herbicides dose(2)

A gyomirtó szerek a Merlin egyszeres dózisanak kivételével minden esetben csökkentették az ureáz enzim aktivitást (4. ábra). A Merlin egyszeres dózisban jelentősen növelte az enzim aktivitását, miközben a többi szernél ez a csökkenés kisebb mértékű. Az Acenitnál és a Wingnél hasonló tendencia figyelhető meg. Mindkét szernél az egyszeres dózis csökkenti legkevésbé, és az ötszörös dózis a leginkább a talaj ureáz enzim aktivitását. A Frontiernél minden dózis gátolta ugyan az enzimaktivitást, de csak csekély mértékben.

A 2006-os eredmények más tendenciát mutatnak (4. ábra). A Frontier egyszeres dózisan kívül a Wing kétszeres és ötszörös dózisa is növelte a talaj ureáz enzim aktivitását a kontrollhoz képest. Itt azonban egyik esetben sem olyan jelentős az eltérés, mint az

előző évi mérésnél. A Wing egyszeres dózisa jelentősen csökkentette az enzimaktivitást. Ilyen mértékű csökkenést a többi szer esetén nem figyelhettünk meg. A többi szernél az egyszeres dózis alig csökkentette az aktivitást, sőt a Frontiernél kis mértékben növelte is. Az Acenitnél és a Frontiernél az ötszörös dózis, a Merlinnél pedig a kétszeres dózis csökkentette inkább az aktivitást. Általában elmondható, hogy mindkét kísérleti évben kisebb változás következett be a szerek hatására a kontrollhoz képest. A Wing 2006-os, valamint a Merlin 2005-ös eredményétől eltekintve, minden esetben az egyszeres dózis befolyásolta legkevésbé az ureáz-enzim aktivitását. Az eredmények alapján a Merlin hatására nőtt, a Wing hatására csökkent a talajban az enzim aktivitása.

4. ábra: Herbicidek hatása az Ureáz enzim aktivitására a talajban (Debrecen, 2005, 2006)

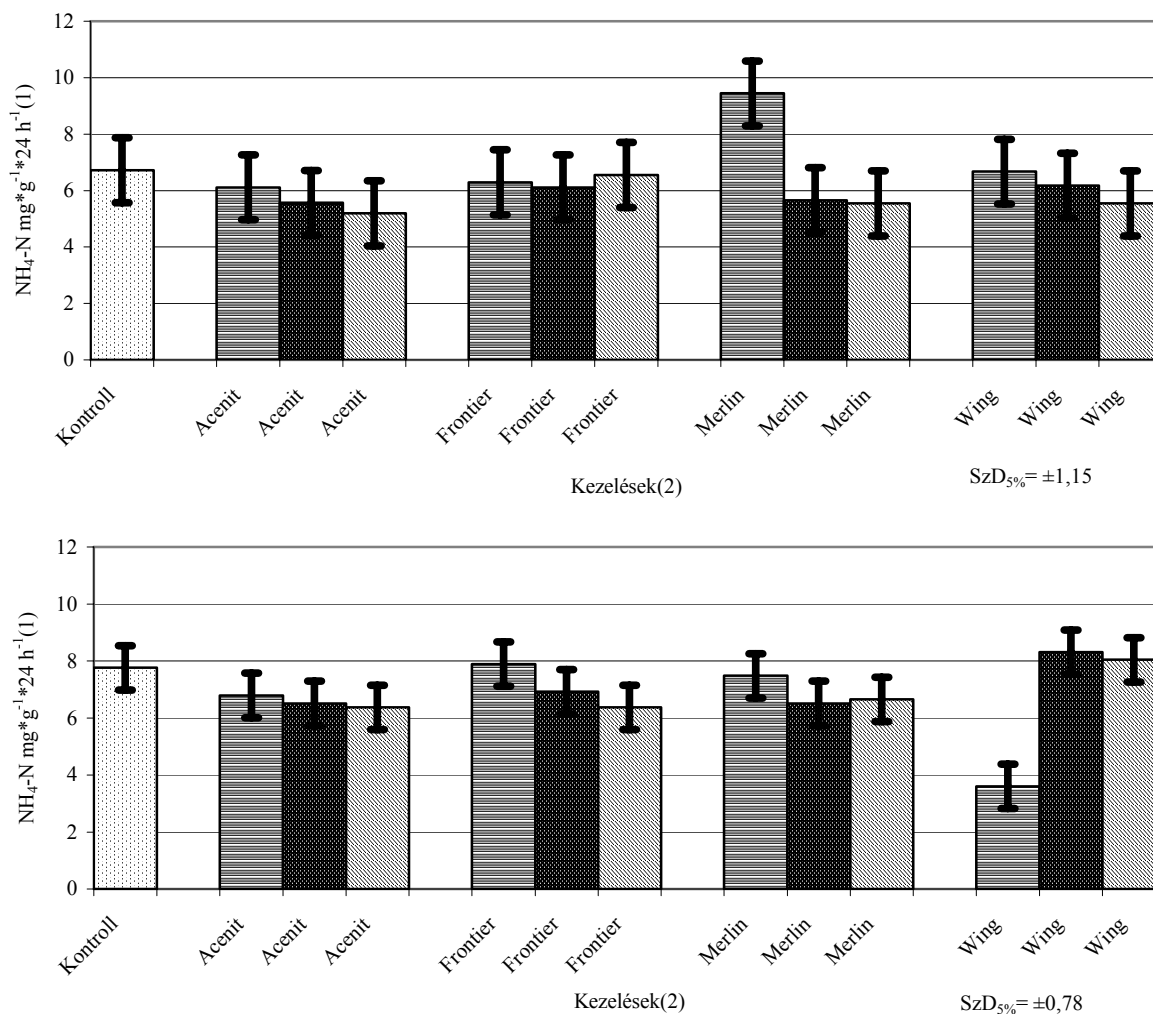


Figure 4: Effects of herbicides on the urease enzyme activity in soil $\text{NH}_4\text{-N mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot 24 \text{ h}^{-1}$ (1), herbicides dose (2)

IRODALOM

Bíró B. (2002) Talaj- és rhizobiológiai eszközökkel a fenntartható növénytermesztés és a környezetminőség szolgálatában. Acta Agron. Hung. 50. 77-85.

Brookes, P. C.-Senkinson, D. S. (1985): The microbial biomass in soil. Ecological interactions in Soil, Plants, Microbes and Animals, Oxford, Blackwell Sci. Publ. 123-125.

Felföldy L. (1987): A biológiai vízminősítés. Vízgazdálkodási Intézet, Budapest 161-163.

Filep Gy. (1998): Talajvizsgálat. DATE, Debrecen, 103.

Filep T.-Nagy P. T.-Kincses S-né (2002): A meszezés hatása a homoktalaj oldható szerves- szén és szerves- nitrogén tartalmára tenyészedény kísérletben. Agrokémia és Talajtan, 51/3-4, 341.

Gáborjányi R.-Kömives T.-Király Z. (1995): Fenntartható mezőgazdaság. Növényvédelem, 31. 2.

Huzsvay, L.-Nagy, J. (2005): Effect of weather on maize yields and the efficiency of fertilization. Acta Agron Hung., 53/1, 31-39.

Kátai, J. (1998): The effect of herbicides on the amount and activity of microbes in the soil. In: Soil Pollution (Ed: Filep, Gy.) Debrecen, 169-177.

Kátai, J. (2006): Changes in soil characteristics in a mono- and triculture long-term field experiment. Agrokémia és Talajtan, 55/1. 183-192.

Németh T. (1996): Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest, 7- 16., 109- 118.

Oldal, B.-Maloschik, E.-Uzinger, N.-Anton, A.-Székács, A. (2006): Pesticide residues in Hungarian soils. Geoderma, 135. 163-178.

Pepó P.-Vad A.-Berényi S. (2005): Agrotechnikai tényezők hatása a kukorica termésére monokultúrás termesztésben. Növénytermelés, 54/4. 317-326.

Pochon, J.-Tardieux, P. (1962): Techniques D'Analyse en Micobiologie du Sol. Collection „Techniques de Base”, 102.

Schäffer, A. (1993): Pesticide effects on enzyme activities in the soil ecosystem (In: Soil Biochemistry. Vol. 8. eds. Bollag, J. M.-Stotzky, G.), Marcel Dekker USA, 273-340.

- Schinner, F.-Öhlinger, R.-Kandeler, E.-Margesin, R. (eds.) (1996): Methods in soil biology, Springer Verlag, Berlin, 47-60.
- Sha-Yang, L.-You, P. C.-Han-Qing, Y.-Shu-Juan, Z. (2004): Kinetics and mechanisms of radiation-induced degradation of acetochlor. *Chemosphere* 59. 13-19.
- Szili-Kovács T.-Tóth J. A. (2006): A talaj mikrobiális biomassza meghatározása kloroform fumigációs módszerrel. *Agrokémia és Talajtan*, 55/2, 515-530.
- Várallyay Gy. (2005): Talajvédelmi Stratégia az Európai Unióban és Magyarországon. *Agrokémia és Talajtan*, 54/1-2. 203-216.
- Zsuposné, Oláh Á. (2005): The effect of cultivation methods on the decomposition of cellulose on meadow chernozem soil. *Cereal Res Communications*, 33/1, 341-344.