

Lenacil hatóanyagú herbicid hatásának változása eltérő pH-jú és kötöttségű talajokon, tenyészedény-kísérletben

BUJTÁS KLÁRA és NÉMETH TAMÁS

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

A növényvédő szerek korábbi extenzív használatának következtében fellépő talaj- és vízszennyezési problémák, a környezetvédelmi szempontokra is tekintettel lévő gondolkodásmód és cselekvés szükségességének felismerése és a gazdaságossági szempontok világszerte felvetették a növényvédő szerek környezetkímélő alkalmazásának kérdését. Ahhoz, hogy a kívánt hatás eléréséhez szükséges lehető legkisebb mennyiségben alkalmazzuk a növényvédő szereket, ismernünk kell, hogy hogyan befolyásolják a vegyületek hatékonyságát és sorsukat az ökoszisztémákban a talaj fizikai és kémiai tulajdonságai, víz- és tápanyag-ellátottsága, a tápanyag-utánpótlás módja és mértéke, különféle környezeti tényezők, az alkalmazott agrotechnikai eljárások, valamint olyan biológiai tényezők, mint a termesztett növény fajtája, a megvédeni, illetve elpusztítani kívánt élőlények érzékenysége vagy rezisztenciájának kialakulása stb.

A közleményben bemutatott kutatás célja annak vizsgálata volt, hogy egy lenacil hatóanyagú herbicidnek (ADOL 80 WP) a növényi növekedés gátlásában megnyilvánuló fitotoxicitása hogyan befolyásolja a makrotápelemek felvételét és a tápelemek egymás közötti arányát a növényben, és hogy ezek a hatások hogyan függnek a talajtulajdonságok együttesétől, különös tekintettel a talaj kémhatására és kötöttségére. Az eredmények rámutathatnak a növényvédő szerek alkalmazásának a talajadottságokból eredő korlátaira, hozzájárulva a növényvédőszer-felhasználás talajtulajdonságokhoz alkalmazkodó és alkalmazandó feltételeinek további finomításához.

Az ADOL 80 WP szabad forgalmú, méregjelzés nélküli gyomirtó szer. Kukorica, cukorrépa, len, sárgavirágú csillagfűrt és egy évnél idősebb szamóca gyomirtására ajánlott. Magról kelő, elsősorban kétszikű gyomok ellen hatásos, vetés előtt, vagy vetés után, de kelés előtt alkalmazva. Ajánlott dózisa általában 0,3-2,0 kg/ha, a talaj típusától és szervesanyag-tartalmától függően (FM NFF, 1991).

Az ADOL 80 WP hatóanyaga, a lenacil a pirimidin (uracil) herbicidek közé tartozó, gyökéren keresztül ható, szelektív vegyület. KRATKY & WARREN (in MATOLCSY et al., 1988) kimutatták, hogy az uracil herbicideknek csak kis ha-

tásuk van a nem-fotoszintetizáló szervezetekre és a sötétben fejlődő növényi szövetekre, fő támadáspontjuknak kezdettől fogva a fotoszintézist tartották. A szubsztituált uracilok tipikus elektrontranszport gátlók (MORELAND, 1967). A transzspirációs sebesség és nettó fotoszintézis mérése alapján VAN OORSCHOT (1970) arra következtetett, hogy a fotoszintézis-gátlás mértékét a növény transzspirációja szabja meg. A vegyületsorozatba tartozó bromacil által okozott fitotoxikus tünetek, mint pl. a gyökérnövekedés gátlása, a sejtfal kialakulás károsodása, a levelekben a kloropasztisz-fejlődés zavara azonban mind azt mutatják, hogy az uracil herbicidek a növényi membránok integritását is megzavarják (ASHTON et al., 1969). KECSKÉS és mtsai lenacillal kezelt növényekben kimutatták az RNS és DNS szintézis 30 %-os csökkenését is (In: MATOLCSY et al., 1988).

HANCE és munkatársai (1968) szerint a lenacil fitotoxicitása a talaj szervesanyag-tartalmával igen szoros kapcsolatban van, bár szabadföldi körülmények között az időjárási tényezőknek nagyobb hatásuk van a vegyület aktivitására, mint a talajtípusnak. A lenacil hatásának érvényesülését a talaj nedvességtartalma nagymértékben befolyásolja, nedvesebb talajban nagyobb a toxicitása (WALKER, 1971). A lenacil fitotoxicitásának, perzisztenciájának és a talaj tápanyagellátásának kapcsolatát AMPILOGOV és munkatársai (1988) vizsgálták részletesen. Inkubációs kísérleteikben a növekvő NPK-adagok progresszíven csökkentették a lenacil fitotoxicitását, ugyanakkor növelték a szer utóhatását a lenacil lebomlásának nagymértékű csökkentése következtében. A szerzők a N-, P-, K- és Ca-tápelemeket a legkülönbözőbb vegyületformákban alkalmazták, és megállapították, hogy a lenacil bomlásának megakadályozásában az ammóniumionnak volt döntő szerepe. A vizsgálatokban használt podzolos talaj KCl-ban mért pH-ja 5,2 volt, ami elég alacsony érték ahhoz, hogy az ammónium-adagolás és a pH együttes hatásának lehetőségét felvessük. A szerzők sajnos nem foglalkoztak ezzel a kérdéssel.

A Richter Gedeon Vegyészeti Gyár Rt támogatásával beállított kísérleteinkben a lenacil hatóanyagú ADOL 80 WP hatását a szokásos dózisoktól az ún. provokatív - az alkalmazási ajánlásokat messze meghaladó - adagolásig emelkedő tartományban vizsgáltuk, három talajon, kukorica jelzőnövényvel, az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet tenyészházában beállított tenyész-edény-kísérletben. Az eredmények tájékoztatást adtak arról, hogy a három talajon a fitotoxicitást már kiváltó provokatív dózis hogyan változott elsősorban a kémhatástól és a kötöttségtől függően, valamint arról, hogy a toxicitás hogyan nyilvánult meg a növények ásványi tápanyag-gazdálkodásának zavarában.

Anyag és módszer

A kísérletekhez az MTA TAKI talajbankjának adatai alapján úgy választottunk ki három talajtípust, hogy tulajdonságaik együttese különbözzék egymástól, ugyanakkor a hazai mezőgazdasági termelésbe vont típusokat jellemezzenek. Ennek alapján savanyú, kis humusztartalmú, nem kötött, kovárványos

barna erdőtalajon (Nyírlugos), savanyú, közepes humusztartalmú, kötött, agyagbemosódásos barna erdőtalajon (Ragály) és semleges pH-jú, középest kissé meghaladó humusztartalmú mészlepedékes csernozjom talajon (Nagyhörcsök) állítottuk be a kísérletet. Ezek a talajok kémhatás, illetve kötöttség

1. táblázat
Talajvizsgálati eredmények

(1) Talajtulajdonságok	(2) Kovárványos barna erdőtalaj, Nyírlugos (NL)	(3) Agyagbemo- sódásos barna erdőtalaj, Ragály (RA)	(4) Mészlepedékes csernozjom, Nagyhörcsök (NH)
pH (H ₂ O)	4,78	4,20	7,32
pH (KCl)	3,74	2,98	7,07
CaCO ₃ %	-	-	4,5
a) Humusz %	1,16	2,15	3,85
b) Mechanikai összetétel, %			
c) homok (>0,05 mm)	93,6	22,3	27,3
d) iszap (0,05-0,002 mm)	6,4	62,9	67,5
e) agyag (<0,002 mm)	-	14,8	5,2
f) leiszapolható rész (<0,02 mm)	3,8	59,2	35,4
g) Kationcserélő kapacitás, me/100 g	4,5	26,2	32,2
h) Bázistelítettség	24,9	32,3	100
i) Vízkapacitás, %	30,9	46,1	50,9
j) Eredeti tápanyagtartalom			
k) összes-N, mg/kg	464	1010	2129
l) AL-P ₂ O ₅ , mg/kg	106	4,3	125
m) AL-K ₂ O, mg/kg	122	113	191

(mechanikai összetétel) alapján is párba állíthatók. A talajvizsgálati eredményeket az 1. táblázatban foglaljuk össze. A nyírlugosi és a nagyhörcsöki talaj kísérleti terület köztes részéről, olyan művelt területről származott, ahol az utóbbi években nem volt növényvédőszer-felhasználás. A ragályi talajt bolygatlan erdei területről gyűjtöttük be.

A kísérlet beállításakor a kedvező tápanyagellátás biztosítására, a talajvizsgálati adatok figyelembevételével, az alábbi kiegészítő tápanyagmennyiségeket adtuk a talajokhoz:

	N, mg/kg (NH ₄ NO ₃ oldat)	P, mg/kg (szuperfoszfát)	K, mg/kg (K ₂ SO ₄ oldat)
Nyírlugos	200	150	150
Ragály	200	300	150
Nagyhörcsök	200	150	150

A tenyészidőszak alatt két alkalommal, a vetés után hat és tíz héttel, a harmonikus N-ellátottság biztosítására 100-100 mg N/kg talaj N-pótlást alkalmaztunk, az öntözővízzel adagolva.

A 9 ismétléses, véletlen blokk elrendezésű kísérletben 2 kg-os tenyész-edényeket használtunk, 100 g kavics aljjal. A tesztnövény kétvonalas hibrid kukorica (*Zea mays* L. cv. Carla) volt, melyből edényenként 7 szemet vetettünk a tápanyag-bekeverést követő napon. Az ADOL 80 WP gyomirtó szerrel a vetés másnapján kezeltük a tenyészedényeket, az edény felületére számított 0 (kontroll), 0,08; 0,10; 0,15; 0,20 és 0,80 g/m²-nek megfelelő dózisban. Az azonos kezelésben részesülő összes tenyészedényt véletlenszerű elrendezésben egymás mellé helyezve egyszerre permeteztük le a kezelést közvetlenül megelőzően dózisonként 200-200 ml desztillált vízben szuszpendált szerrel, illetve a kontroll esetében 200 ml desztillált vízzel. A viszonylag nagy - 2000 liter/hanak megfelelő - oldatmennyiséggel egyenletes terítést értünk el.

A kukorica 5-7 nap alatt kelt ki. A kísérlet alatt az időjárás kezdettől fogva igen száraz és forró volt, a nappali hőmérséklet gyakran elérte a 35-38 °C-ot, a növényeket ezért naponta igényüknek megfelelően, bőségesen öntöttük ioncserélt vízzel. A szabadföldi kukorica még öntözött viszonyok között sem kap ilyen mértékű vízellátást. A felhőtlen égbolt miatt a növények megvilágítása a tenyészházi körülmények között is erős volt. Ilyen viszonyok között a fotoszintézis intenzitása igen nagy, ami megnöveli a fotoszintézis gátlása révén ható bioaktív vegyületek hatékonyságát. Az eredmények értékelésekor ezeket a kísérleti körülményeket is figyelembe kellett venni.

Az első, vizuális megfigyelésen alapuló, és a károsodás fokát 4-tagú skálával becsülő értékelést a vetés után két héttel (azaz a kelés után egy héttel) végeztük, mivel a savanyú homoktalajon (Nyírlugos) fejlődő növényeken a fitotoxicitási tünetek igen hamar jelentkeztek. A vetés után 28, 40 és 100 nappal destruktív értékelést végeztünk, mindegyik alkalommal kezelésenként 3-3 ismétlésben mérve a növények föld feletti részének zöld tömegét és szárazanyag-mennyiségét. Az első két mintavételkor az egyes levelek hosszát is mértük annak vizsgálatára, hogy a fitotoxicitás hogyan jelentkezik a később kifejlődő leveleken. A mért adatokból számítottuk a levelek összesített hosszát (TLH = teljes levél hossz, ami az értékelés módjából adódóan nem azonos a növény hosszával, hanem jóval nagyobb érték!), valamint a relatív szárazanyag-termelést a friss tömeg %-ában. A friss tömeg és a szárazanyag-felhalmozás, illetve a friss tömeg és a levelek összesített hossza közötti összefüggések leírására lineáris közelítéseket alkalmaztunk.

A szárított növénymintákat $H_2SO_4 + H_2O_2$ keverékével Kjehldahl lombikban végzett nedves roncsolással tártuk fel az N-, P- és K-tartalom meghatározásához. A N-tartalmat hipobromit oldatos titrálással, dead-stop végpontjelzéssel határoztuk meg. A P-tartalmat vanadát-molibdátos módszerrel, fotometrálással, a K-tartalmat ugyanazon oldatokból lángfotométerrel mértük. A növényminták %-os N-, P- és K-tartalmából és szárazanyag-mennyiségéből a felvett N, P és K abszolút mennyiségét mg-ban, ismétlésenként tenyészedényre, illetve egy növényre vetítve is számítottuk, és meghatároztuk az N/P és K/P arányokat.

A második és harmadik mintavétel idejére a provokatív dózisok hatására a növények zöme elpusztult, így nem lehetett a kezelések és a talajok összes kombinációját értékelni. Dolgozatunkban ezért csak az első mintavételkor vett növényanyag elemzése során kapott eredményeket mutatjuk be.

Eredmények és értékelésük

A tenyészedény-kísérlet körülményei és beállítási módja is különbözött a szabadföldi viszonyoktól: az alkalmazott dózisok üzemi méretekből 0; 0,8; 1,0; 1,5; 2,0 és 8,0 kg/ha dózisnak feleltek meg, de ezt a mennyiséget az üzemi alkalmazást meghaladó mennyiségű permetlében adtuk ki; az állománysűrűség és a növények vízellátása is nagyobb volt az üzemi viszonyok között szokásosnál (utalunk WALKER (1971) adataira a lenacil toxicitás és a vízellátás összefüggéseiről).

A savanyú homoktalajban (Nyírlugos) fejlődő növényeken vetés után két héttel már jól látható volt a fitotoxicitás tünetegyüttese a levél alapjától kiindu-

2. táblázat
Kukorica fejlődésének vizuális értékelése
vetés után 2 héttel a nyírlugosi talajon

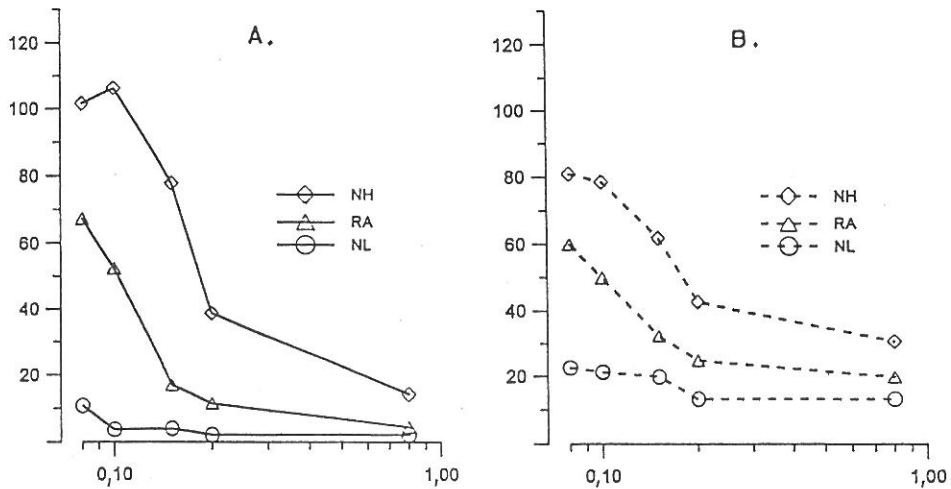
(1) ADOL 80 WP dózis, g/m ²	(2) Bonitálás átlaga
0	0,11
0,08	0,77
0,10	1,44
0,15	1,66
0,20	2,44
0,80	2,77

A bonitálási skála fokozatai:

0: nincs hatás, 1: enyhe, alig észlelhető klorózis, főleg a 2. és 3. levél szárközeli felén, 2: jól látható klorózis, főleg a 2. és 3. levél szárközeli felén, 3: jól látható, csaknem az egész levélre kiterjedő klorózis a 2. és 3. levélen

lóan, kivilágosodó, turgorukat elvesztő, később elszáradó területek formájában. A 4-tagú bonitálási skála alapján becsült fitotoxicitás a dózis függvényében meredeken növekedett, a provokatív dózisok hatása között csak kis különbségek voltak (2. táblázat). A savanyú kötött és a meszes csernozjom talajon ebben az időpontban egyik kezelésben sem alakult ki a fitotoxicitás tüneteegyüttese.

Az első destruktív mintavételkor, vetés után 28 nappal, a kontrollnövények 6-7 leveles állapotban voltak. A dózis növekedésével mindhárom mért változó, a friss tömeg, a szárazanyag-produkció és az egyes levelek hossza is csökkent. A három talajon kapott válasz között nagy különbségek voltak. A kontrollnövények a nyírlugosi savanyú homoktalajban nőttek a legnagyobbra, zöld tömegük és szárazanyag-mennyiségük kb. duplája volt a másik két talajban fejlődő növényekének, ami rámutat arra, hogy a tápanyagokkal és vízzel jól ellátott homoktalajok termékenysége igen kedvező. Ugyanakkor a lenacil hatására ezen a talajon károsodtak a legjobban a növények, szárazanyag-felhalmozásuk már a legkisebb dózisban is csak 23 %, friss tömegük mindössze 11 % volt a kontrollhoz viszonyítva. A nyírlugosinál még savanyúbb, de kötöttebb és nagyobb humusztartalmú ragályi talajon fejlődő növények zöld tömege és szárazanyag-mennyisége szintén csökkent a dózis növekedésével, de itt a kisebb dózisokban kisebb volt a károsítás, mint a savanyú homoktalajon, a provokatív dózisu kezeléseknél nem volt különbség a két savanyú talajon mért hatás között. A mészlepedékes csernozjom talajon fejlődő növények károsodtak a legkevésbé, friss tömegük az alkalmazásra ajánlott megfelelő dózistartományban kissé meg is haladta a kontrollét, és károsodás csak a provokatív dózisokban volt megfigyelhető (1. A és 1B. ábra).



1. ábra

Kukoricahajtás friss tömege (A) ill. szárazanyag-felhalmozása (B) 28 nappal vetés után. NL: nyírlugosi talaj, RA: ragályi talaj, NH: nagyhőrcsöki talaj. Vízszintes tengely: peszticid dózis, g/m². Függőleges tengely: a kontroll %-ában

Az egyes levelek hossza a súlymérések adataihoz hasonló tendenciákat mutatott. A levéllemez hossza a nyírlugosi talajon volt a legnagyobb, a negyedik-ötödik levélen. A ragályi és a nagyhöröcsöki talajon a maximális levélhosszat a negyedik levélen mértük. A kontrollkezelésekben a levelek összegzett hossza (TLH) a két kötöttebb talajon fejlődő növényeken alig több, mint fele volt a

3. táblázat

Kukorica jelzőnövény leveleinek átlagos hossza 28 nappal vetés után (cm)

(1) Dózis g/m ²	1. levél	2. levél	3. levél	4. levél	5. levél	6. levél	7. levél	(2) Teljes levélzet
<i>NL (Nyírlugos)</i>								
0	4,0	18,5	32,3	47,2	53,0	39,4	20,5	215,0
0,08	7,4	18,2	29,0	33,0	16,5	0,7	-	104,8
0,10	7,0	17,6	28,7	29,0	10,4	-	-	92,7
0,15	7,7	17,7	26,6	27,4	8,8	-	-	88,3
0,20	7,0	16,7	23,5	20,1	1,3	-	-	68,6
0,80	7,0	15,8	21,9	18,3	-	-	-	63,0
<i>RA (Ragály)</i>								
0	5,1	14,5	24,6	33,6	32,1	17,6	5,1	132,6
0,08	5,6	14,8	24,6	31,9	25,6	10,9	3,8	117,1
0,10	5,3	14,6	24,9	31,2	23,7	8,9	-	108,5
0,15	5,0	14,9	24,3	26,6	11,8	-	-	82,7
0,20	6,0	14,5	22,0	22,2	6,1	-	-	70,8
0,80	5,0	13,5	20,1	16,5	0,4	-	-	55,6
<i>NH (Nagyhöröcsök)</i>								
0	6,5	16,8	27,4	35,2	29,1	12,1	-	127,0
0,08	7,2	17,4	28,7	36,4	32,1	19,2	-	141,0
0,10	7,2	17,8	30,0	40,1	37,0	21,1	-	153,2
0,15	7,0	18,1	30,4	38,6	31,8	9,1	-	134,9
0,20	6,4	17,0	27,9	32,8	20,4	0,6	-	105,0
0,80	6,5	16,8	25,8	26,3	9,5	-	-	84,9

nyírlugosi talajon igen gyorsan fejlődő növényekre számított értéknek (3. táblázat). A lenacillal kezelt növényeken a savanyú homoktalajban a teljes dózistartományban a hossznövekedés erős gátlása volt megfigyelhető, a mészlepedékes csernozjomon viszont kismértékű serkentés jelentkezett azokban a kezeléseknél, melyek az ajánlott dózist felelték meg.

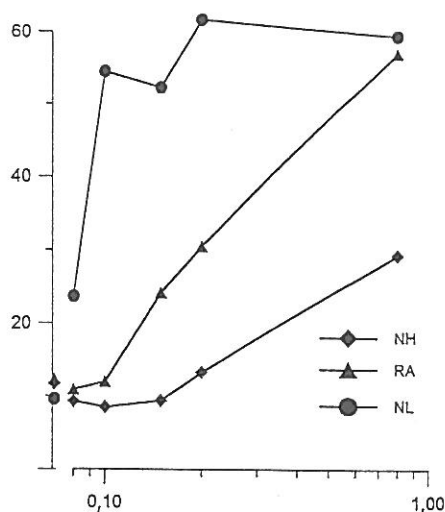
Az egyes levelek hossznövekedésének gátlásából illetve serkentéséből következtettünk arra, hogy a szer a növény fejlődésének melyik szakaszában fejti ki hatását. Az első, második és harmadik levél fejlődését a lenacil még a savanyú homoktalajon is csak kissé befolyásolta, jóllehet a kelés előtti perme-

tezés miatt ezek a levelek is a kezelés után fejlődtek ki. A később kifejlődő leveleken a hatás (gátlás illetve serkentés) kisebb dózisonál kezdődött és nagyobb mértékű volt, mint az idősebbeken. A később kifejlődő, erősen gátolt növekedésű leveleken viszont már nem alakultak ki a kezdeti fitotoxikus hatásra jellemző klorotikus, majd elszáradó foltok. A gátlás illetve esetenként a serkentés az ötödik és további leveleken vált jelentős mértékűvé.

A későbbi mintavételek adatai (publikálatlan) azt mutatták, hogy sem az egyes levelek, sem maguk a növények nem heverték ki a károsodást az idő múlásával. Ezért nem valószínű, hogy a vetés után 28 nappal végzett értékeléskor az első három levél zavartalan növekedése már egy kezdeti, rövid ideig tartó károsodás után helyre állt fejlődést tükrözött volna. Az adatokból arra következtetünk, hogy csak azoknak a leveleknek a hossznövekedése gátlódott, melyek a fotoszintézis károsodása után fejlődtek ki. (A fotoszintézis zavarára utal a szárazanyag-felhalmozódás erős csökkenése a toxikus dózisokban.) A szárazanyag-termelés csökkenése a csernozjom talajon viszont nem járt együtt a hossznövekedés gátlásával. Megjegyezzük, hogy a ragályi, de főleg a nagyhörcsöki talajon a második mintavételkor mért levélhosszak az első mintavételkor észlelt tendenciákat még fokozottabban mutatták (publikálatlan).

A teljes levélhossz értéke összesítve mutatta az egyes leveleken megfigyelt serkentő vagy gátló hatásokat (3. táblázat). Ez a változó érzékenyebb mutatója a bioaktív anyagok hatékonyságának, mint a növénymagasság.

A hajtásnak a friss tömeghez viszonyított relatív szárazanyag-tartalma megfelelő külső körülmények között általában nagyon stabil, a növény fejlődési



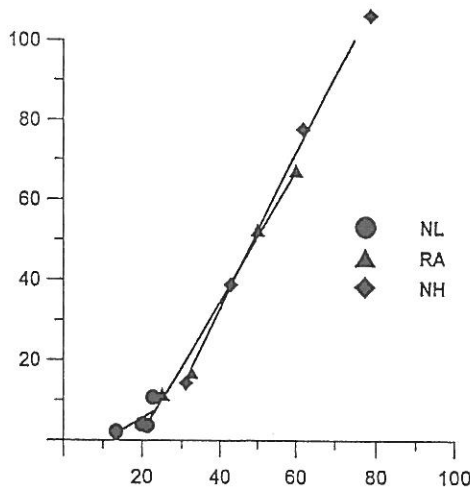
2. ábra

Kukoricahajtás relatív szárazanyag-felhalmozása (a friss tömeg %-ában) 28 nappal vetés után. Vízszintes tengely: peszticid dózis, g/m². Függőleges tengely: a friss tömeg %-ában. NH, RA, NL: lásd 1. ábra

állapotára jellemző érték. Egészséges kukoricánövénynél a fejlődés korai stádiumában 10 % körül van, a nagyobb értékek arra utalnak, hogy a növény vízellátása károsodott. A savanyú homoktalajon már a legkisebb lenacil dózis is nagymértékben növelte a relatív szárazanyag-felhalmozást, az ennél nagyobb dózisokban gyakorlatilag azonos, igen nagy értékeket kaptunk, a növények turgorukat veszítették, kiszáradtak. A ragályi savanyú kötött talajon 0,15 g/m² dózis felett kezdődött a relatív szárazanyag-tartalom növekedése; az enyhén meszes, semleges kémhatású csernozjom talajon pedig csak a legnagyobb provokatív dózis (0,80 g/m²) növelte a relatív szárazanyag-tartalmat, a mezőgazdaságban alkalmazottnak megfelelő dózistartományban a száraz anyag %-ban kifejezett értéke kismértékű csökkenést is mutatott a kontrollhoz képest (2. ábra).

A kapott dózisfüggés görbék talajonként jellegzetesen eltérő lefutása arra indított, hogy a mért növekedési jellemzők egymás közötti összefüggését is vizsgáljuk. Az egyes dózisokhoz tartozó friss tömeg és szárazanyag-mennyiség értékek (3. ábra), valamint a friss tömeg és teljes levélhossz értékek kapcsolata (4. ábra) a nyírlugosi és a ragályi talajon a 0,08-0,80 g/m², a nagyhőrcsöki talajnál a 0,10-0,80 g/m² közötti dózistartományban lineáris összefüggéssel volt közelíthető.

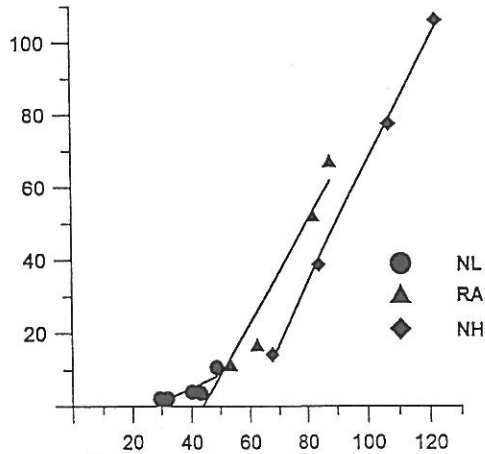
Mindkét korrelációs egyenes meredeksége a két kötöttebb talajon 1-nél nagyobb, a nyírlugosi talajon pedig 1-nél kisebb érték. Az 1-nél nagyobb értékeket úgy értelmezzük, hogy a szárazanyag-produkció illetve a levélhossz egység-



3. ábra

Korreláció 28 napos kukoricahajtás friss tömege és szárazanyag-felhalmozása között. Vízszintes tengely: szárazanyag-felhalmozás a kontroll %-ában. Függőleges tengely: friss tömeg a kontroll %-ában

Nyírlugos:	$Y = 0,59 \cdot X - 6,04$	$R^2 = 0,5452$
Ragály:	$Y = 1,62 \cdot X - 30,17$	$R^2 = 0,9872$
Nagyhőrcsök:	$Y = 1,94 \cdot X - 44,91$	$R^2 = 0,9982$



4. ábra

Korreláció 28 napos kukorica friss tömege és a teljes levélzet hossza között.
 Vízszintes tengely: az egyedi levélhosszak összege a kontroll %-ában. Függőleges tengely: friss tömeg a kontroll %-ában

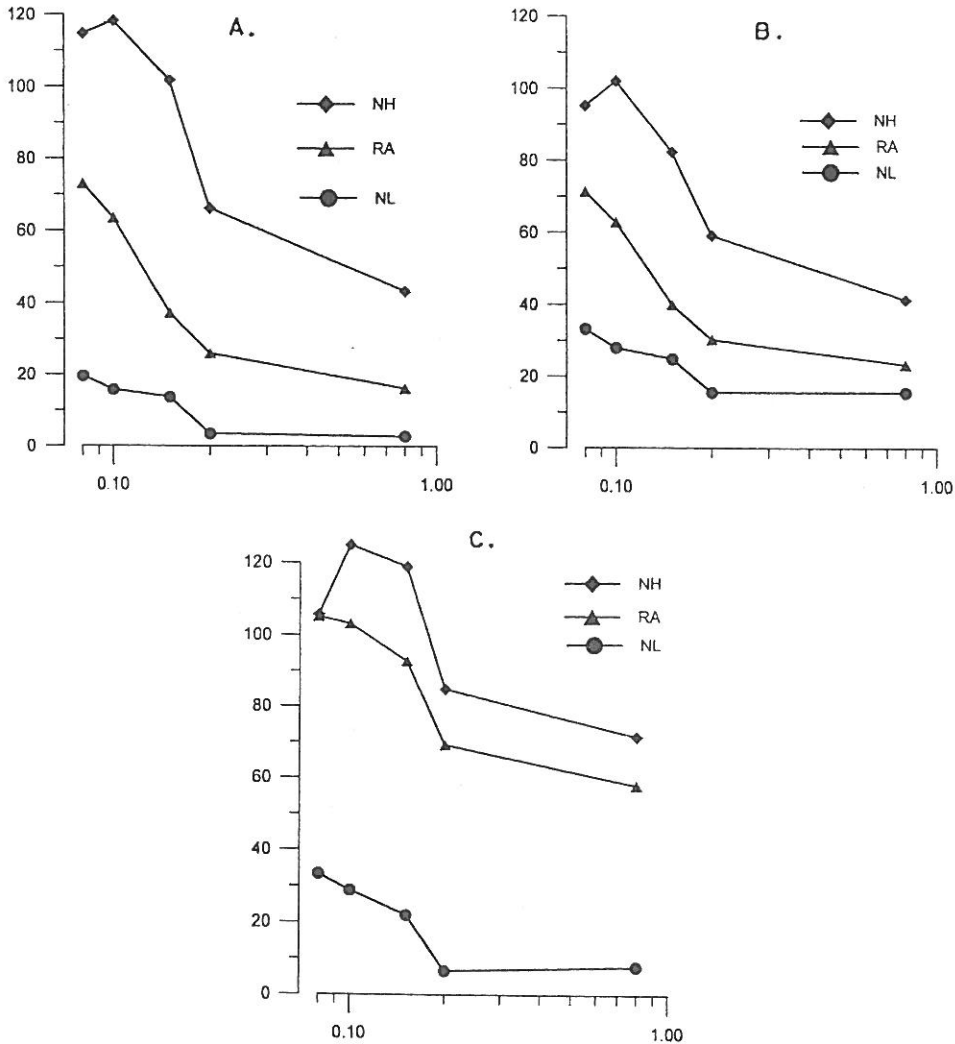
Nyírlugos:	$Y = 0,38 \cdot X - 9,96$	$R^2 = 0,6999$
Ragály:	$Y = 1,39 \cdot X - 60,96$	$R^2 = 0,9464$
Nagyhőrcsők:	$Y = 1,68 \cdot X - 100,90$	$R^2 = 0,9981$

nyi csökkenése a friss tömeg ennél nagyobb mértékű csökkenésével járt, ami arra utal, hogy a két kötöttebb talajon a friss tömeg gyarapodása érzékenyebben reagált a lenacilra, mint a szárazanyag-felhalmozás, illetve a levelek összegzett hossza. A korrelációba állított növekedési jellemzők érzékenysége annál jobban közelített egymáshoz, minél nagyobb volt a gátlás; ezzel összhangban a savanyú homokon a friss tömeg kevésbé volt érzékeny a dózis növekedésére, mint a szárazanyag-felhalmozás (1-nél kisebb meredekség). Mindkét korreláció jóval szorosabb volt a két kötöttebb talajon ($R^2 > 0,94$), mint a nyírlugosi homokon.

A két kötöttebb talajon számított korrelációk több hasonlóságot mutatnak, mint a két savanyú talajra számítottak. Ez arra utal, hogy a lenacil fitotoxicitásának megjelenésében a talaj kötöttségének nagyobb a szerepe, mint a talaj kémhatásának. A vizsgálatba vont talajok korlátozott száma miatt ez további bizonyítást igényel.

Bár a lenacil fotoszintézis-gátlóként ismert, feltételezhető, hogy azokban a kezelésekben, melyekben a friss tömeg csökkenése meghaladta a szárazanyag-felhalmozás gátlását, a fotoszintézis gátlásán túl egyéb, a növény vízháztartásával kapcsolatos folyamatokra is hatott a lenacil (utalunk az ASHTON és mtsai (1969) által az uracil herbicidek körében megfigyelt membránhatásra).

A növények ásványi táplálkozásának, a felvett tápanyagoknak a növény vízgazdálkodásában is fontos szerepük van. Ezért a jelzőnövények tápanyagfelvételét és a felvett tápanyagok arányát is megvizsgáltuk. A nitrogénnek, foszfornak és káliumnak a száraz anyagra vonatkoztatott koncentrációja alapján számítottuk az egy növényre vetített N-, P- és K-tartalmakat (mg-ban), melyeket



5. ábra

Egy növényre vetített N-tartalom (A), P-tartalom (B) ill. K-tartalom (C) a peszticid-dózis függvényében. Tenyészedény-kísérlet Carla hibrid kukoricával, értékelés vetés után 28 nappal. Vízszintes tengely: ADOL 80 WP dózis, g/m². Függőleges tengely: kontroll %-a

arányosnak tekintettünk a növény által felvett N, P és K mennyiségével. Ez az adott kísérletre vonatkozóan csak feltételezés, mivel technikailag nem volt megoldható a növények gyökerének vizsgálata. Nincs adatunk arról, hogy a gyökérrendszer fejlettsége és tápanyagtartalma, ami hozzájárul a teljes növény N-, P- és K-felvételéhez, különbözött-e az egyes kezelésekben. Provokatív herbiciddózisokkal kezelt fiatal növényeken a kelés után három héttel ez nem teljesen elhanyagolható tényező.

A növénybe felvett N, P és K *mennyiségét* a kontrollnövények megfelelő értékének %-ában kifejezve a lenacildózis növekedésekor a gátlás mértékének sorrendje a talajok között mindhárom elemre Nyírlugos > Ragály > Nagyhörcsök, illetve az elemek között mindhárom talajon $K > N > P$ (5A-C ábrák). A nyírlugosi talajon az erősen gátolt növekedésű növényekben a felvett N és P mennyisége egy növényre vetítve körülbelül 25 %-a, a K-tartalom pedig mindössze 15 %-a a kontrollnövényekben mért értékeknek. A kötöttebb ragályi talajon, ahol a növekvő lenacildózisok hatására a szárazanyag-felhalmozás kevésbé csökkent, mint a nyírlugosi talajon, a N-, P- és K-tartalomra gyakorolt hatás is kisebb volt; az egy növényre számított P-tartalmat a kis dózisok még növelték is. A semleges kémhatású nagyhörcsöki csernozjom talajon a 0,08-0,15 g/m² dózistartományban az egy növényre vetített N- és P-tartalom is nagyobb volt, mint a kontrollnövényekben, a K-tartalom pedig körülbelül megegyezett a kontrolléval, a tápelemtartalom csökkenése csak a provokatív dózisokban volt megfigyelhető.

A növények száraz anyagra vetített N- és K-koncentrációja a kontrollkezelésben nem különbözött lényegesen a három talajon; P-koncentrációjuk viszont a nyírlugosi savanyú homoktalajon több, mint kétszerese volt a ragályi és a nagyhörcsöki talajon nevelt növényekének (4. táblázat). Ennek magyarázata lehet a foszfor könnyebb felvehetősége ezen a talajon. A lenacilkezelések hatására a növények N-, P- és K-koncentrációja - a dózistól függően, és elemenként és talajonként különböző mértékben - általában nőtt a kontrollhoz képest. Kivételt jelentett a kálium, melynek koncentrációja a provokatív dózisok hatására kismértékű csökkenést is mutatott (4. táblázat). A három talaj között a P-koncentráció alakulásában voltak a legnagyobb különbségek: a laza szerkezetű, savanyú, kis humusztartalmú nyírlugosi homoktalajon, ahol a P mobilitása nagyobb, és a fitotoxicitási tünetek a legerősebben jelentkeztek, a 0,08 g/m² dózisú kezelésekben a növények P-koncentrációja nagymértékben nőtt az amúgyis nagy P-koncentrációjú kontrollnövényekhez képest, a dózis további növelésével viszont alig változott. Ezzel szemben a ragályi és nagyhörcsöki talajon a P-koncentráció a nagyobb dózisokban folyamatosan tovább nőtt, a legnagyobb dózisú kezelésben a kontroll értéknek körülbelül háromszorosára.

A N, P és K koncentrációja, vagyis a száraz anyaghoz viszonyított arányuk akkor nő, ha a szárazanyag-felhalmozás a tápanyagfelvételhez képest csökken. A növények növekedése és ásványianyag-tartalma közötti összefüggés (SMITH, 1962) szerint a túl nagy tápelemkínálat következtében fellépő nagy tápelem-koncentráció mérgezési állapotnak felel meg, és a növekedés és ezzel a hozam

4. táblázat
Kukoricahajtás N-, P- és K- koncentrációja 28 nappal vetés után

(1) ADOL 80 WP dózis, g/m ²	N %	P %	K %
<i>NL (Nyírlugos)</i>			
0	3,77 ± 0,27	0,69 ± 0,07	4,12 ± 0,47
0,08	5,86 ± 0,15	1,41 ± 0,07	5,81 ± 0,42
0,10	5,94 ± 0,22	1,44 ± 0,08	5,48 ± 0,16
0,15	6,04 ± 0,19	1,35 ± 0,07	5,07 ± 0,73
0,20	6,00 ± 0,26	1,27 ± 0,08	4,57 ± 0,19
0,80	6,09 ± 0,32	1,32 ± 0,09	4,62 ± 0,29
<i>RA (Ragály)</i>			
0	3,65 ± 0,21	0,29 ± 0,04	3,93 ± 0,07
0,08	4,97 ± 0,26	0,54 ± 0,11	4,72 ± 0,19
0,10	5,35 ± 0,10	0,62 ± 0,12	4,98 ± 0,27
0,15	5,89 ± 0,28	0,90 ± 0,12	4,98 ± 0,18
0,20	5,98 ± 0,27	0,90 ± 0,06	4,74 ± 0,23
0,80	5,87 ± 0,09	0,96 ± 0,01	4,40 ± 0,18
<i>NH (Nagyhörcsök)</i>			
0	3,19 ± 0,25	0,24 ± 0,03	4,47 ± 0,30
0,08	4,58 ± 0,29	0,32 ± 0,04	5,26 ± 0,32
0,10	4,82 ± 0,14	0,37 ± 0,02	5,81 ± 0,30
0,15	5,47 ± 0,33	0,46 ± 0,08	6,00 ± 0,29
0,20	5,51 ± 0,13	0,49 ± 0,02	6,05 ± 0,22
0,80	5,71 ± 0,23	0,61 ± 0,08	5,86 ± 0,15

Kezelésenként 3 ismétlés átlaga és szórása

nagymértékű visszaesését okozza. Esetünkben a provokatív dózisok által kiváltott növekedésgátlás, illetve hozamcsökkenés okozhatta a tápelemkoncentráció növekedését. A nagyobb tápelemkoncentráció és kisebb szarazanyagfelhalmozás együttesen mindenképpen a növény anyagcseréjének zavarára utalnak.

Ha viszont csökken a tápanyagok koncentrációja a növényben, ennek oka lehet a felvétel közvetlen gátlásán túl azoknak a növényi részeknek a hiánya vagy gátolt növekedése is, melyekbe ezek a tápanyagok elsősorban transzportálódnak ("sink"). Elsősorban a nyírlugosi, de kisebb mértékben a ragályi talajon is a fiatal leveleken megnyilvánuló növekedésgátlás magyarázhatja, hogy ezeken a talajokon a lenacil dózisának növekedésével csökkent a K koncentrációja a növényekben.

A növekvő dózisokkal a növények *N/P* és *K/P* aránya mindhárom talajon csökkent. Ennek oka elsősorban a P-koncentráció növekedése volt, de kis mér-

tékben hozzájárult a K-koncentráció csökkenése is. Ezért a K/P arányban nagyobbak voltak a kezelések közötti különbségek, mint az N/P arányban (5. táblázat). A P-koncentráció növekedése és ennek következtében a tápelemarányok eltolódása is a növény "mérgezettségi" állapotára utal.

5. táblázat
Kukorica tápelem arányai vetés után 28 nappal

(1) ADOL 80 WP dózis, g/m ²	Nyírlugos	Ragály	Nagyhörcsök
<i>N/P arány</i>			
0	5,5 ± 0,2	12,6 ± 1,5	13,6 ± 1,2
0,08	4,2 ± 0,2	9,4 ± 1,3	14,5 ± 0,9
0,10	4,1 ± 0,1	8,8 ± 1,4	12,9 ± 0,5
0,15	4,5 ± 0,3	6,6 ± 0,6	12,1 ± 1,7
0,20	4,7 ± 0,2	6,7 ± 0,6	11,2 ± 0,7
0,80	4,6 ± 0,2	6,1 ± 0,1	9,5 ± 0,9
<i>K/P arány</i>			
0	6,0 ± 0,2	13,6 ± 1,8	19,1 ± 1,1
0,08	4,1 ± 0,2	8,9 ± 1,4	16,6 ± 1,3
0,10	3,8 ± 0,1	8,1 ± 1,0	15,5 ± 0,4
0,15	3,8 ± 0,6	5,6 ± 0,6	13,3 ± 1,9
0,20	3,6 ± 0,3	5,3 ± 0,3	12,3 ± 0,4
0,80	3,5 ± 0,3	4,6 ± 0,2	9,8 ± 1,4

Kezelésként 3 ismétlés átlaga és szórása

Az egyes elemek felvétele különbözően változott a lenacildózisok növekedésével, mivel az egyes tápelemek különbözően oszlanak meg a növény fejlődő részei között, a lenacil pedig nem egyformán hatott az egész növény fejlődésére, a fiatal leveleket nagyobb mértékben károsította. Az egyes elemek felvételében a három talaj között észlelt különbségek arra utalnak, hogy a lenacil nem közvetlenül hatott a jelzőnövények tápanyagfelvételének élettani folyamataira. A fitotoxicitásban a talajok között tapasztalt különbségeket annak tulajdonítjuk, hogy a három talajon különbözött a növények fejlődése (amint azt a kontrollkezelésben mért adatok mutatják), valamint a növények friss tömegének, szárazanyag-felhalmozásának, és a levelek hossznövekedésének érzékenysége a herbicidkezelésre. Ezek a különbségek tükröződtek a tápelemek felvételében és a növényben kialakult arányaikban.

Hangsúlyoznunk kell, hogy a tenyészedény-kísérlet körülményei között megfigyelt toxicitás a talajok kukoricatermesztésre való alkalmasságával fordítva volt arányos, és nem mondott ellent a lenacil hatóanyagú ADOL 80 WP

alkalmazási ajánlásainak. A kísérletünkben kapott szárazanyag-felhalmozás, hossznövekedés és tápelemtartalom adatok összhangban vannak PEPÓ & PEPÓ (1991) megállapításaival, akik szántóföldi termesztési adatok alapján, több növényvédő szert, illetve -kombinációt összehasonlítva, azonos gyomirtó hatás mellett az ADOL 80 WP-t tartalmazó kombinációkat tartották a legkedvezőbbnek, mert ezek gyakorlatilag nem okoztak terméseszköket.

Összefoglalás

A növényvédő szerek környezetkímélő alkalmazása, a kívánt hatás eléréséhez szükséges legkisebb mennyiség használatának igénye megkívánja, hogy figyelembe vegyük a talaj fizikai és kémiai tulajdonságainak, víz- és tápanyagellátottságának, a tápanyag-utánpótlás módjának és mértékének, az alkalmazott agrotechnikai eljárásoknak stb. hatását az alkalmazott szerek hatékonyságára és sorsára az ökoszisztémákban. A közleményben bemutatott kutatás célja annak vizsgálata volt, hogy egy lenacil hatóanyagú gyomirtó szernek (ADOL 80 WP) a növényi növekedés gátlásában megnyilvánuló fitotoxicitása befolyásolja-e a makrotápelemek felvételét és a tápelemek egymás közötti arányát a növényben, és ezek a hatások hogyan függenek a talajtulajdonságok együttesétől, különös tekintettel a talaj kémhatására és kötöttségére. A fenti kérdések tanulmányozására tenyészedény-kísérletet állítottunk be, savanyú, nem kötött kovárányos barna erdőtalajon (Nyírlugos), savanyú, agyagbemosódásos barna erdőtalajon (Ragály) és mészlepedékes csernozjom talajon (Nagyhörccsök), kukorica jelzőnövénnyel. A herbicidet a mezőgazdasági alkalmazásra ajánlottnak megfelelő adagoktól az ezt jóval meghaladó ún. provokatív adagolásig emelkedő, 0,08-0,8 g/m² dózistartományban alkalmaztuk. A fitotoxicitást a friss tömeg, az abszolút és relatív szárazanyag-felhalmozás és az egyes levelek hossznövekedése alapján értékeltük. A három talajon a fitotoxicitásban megfigyelt különbségek összhangban voltak a szer alkalmazási ajánlásával, bár a kísérleti körülmények nagymértékben különböztek a szabadföldi viszonyoktól. A savanyú homoktalajon igen nagy toxicitást észleltünk, a szintén savanyú, de kötöttebb talajon jóval kisebbet, míg a csernozjom talajon az alkalmazási ajánlásnak megfelelő dózisokban kismértékű serkentéseket is észleltünk. A friss tömeg/szárazanyag-felhalmozás és friss tömeg/levélhossz közötti lineáris korrelációk meredeksége a talaj mechanikai összetételétől jobban függött, mint kémhatásától. A túl nagy dózisok által okozott toxicitás a N, P és K növényi felvételében, növényben mért koncentrációjában és a tápelemek egymás közötti arányában is tükröződött. A lenacildózis növekedésével a növénybe felvett N, P és K mennyisége csökkent (a hatás erősségének sorrendje a talajok között mindhárom elemre: savanyú homoktalaj > savanyú kötött talaj > csernozjom talaj, illetve az elemek között mindhárom talajon: K > N > P); az elemek koncentrációja a hajtásban általában nőtt (legnagyobb mértékben a P-koncentráció); ezeknek a változásoknak következtében pedig az N/P és K/P arányok csökkentek. Ezek az ered-

mények arra utalnak, hogy a lenacil valószínűleg nem közvetlenül befolyásolja a jelzőnövények tápanyagfelvételét, hanem a szárazanyag-felhalmozás gátlásán keresztül csökkenti a tápanyagtartalmat.

Irodalom

- AMPILOGOV, N. E. et al., 1988. Vlijanije mineralnüh udobrenij na detoxikaciju lenacila v gyernovo-podzolisztov pocsvu. *Agrokhimija*. (8) 89-93.
- ASHTON, F. M., CUTLER, E. G. & HUFFSTUTTER, D., 1969. Growth and structural modifications of oats induced by bromacil. *Weed Res.* 9. 198-204.
- FM Növényegészségügyi és Földvédelmi Főosztálya, 1991. Növényvédő szerek, műtrágyák. Mezőgazdasági Kiadó Kft. Budapest.
- HANCE, R. J., HOCOMBE, S. D. & HOLROYD, J., 1968. The phytotoxicity of some herbicides in field and pot experiments in relation to soil properties. *Weed Res.* 8. 136-144.
- MATOLCSY, G., NÁDASY, M. & ANDRISKA, V., 1988. Pesticide Chemistry. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- MORELAND, D. E., 1967. Mechanism of action of herbicides. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 18. 365-386.
- PEPÓ P. & PEPÓ P., 1989. Kukorica gyomirtás. Kevesebb méreg - kisebb kár. *Magyar Mezőgazdaság.* 44. (17). 8.
- SMITH, P. F., 1962. Mineral analysis of plant tissues. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 13. 81-108.
- VAN OORSCHOT, J. L. P., 1976. Water and carbon dioxide exchange. In: *Herbicides. Physiology, Biochemistry, Ecology.* (Ed.: AUDUS, L. J.) 1. 305-333. Academic Press. London.
- WALKER, A., 1971. Effects of soil moisture content on the availability of soil-applied herbicides to plants. *Pestic.Sci.* 2. 56-59.

Érkezett: 1995. augusztus 10.

Changes in the Effect of Lenacil-based Herbicide in a Pot Experiment Using Soils with Different pH Values and Texture

K. BUJTÁS and T. NÉMETH

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest

Summary

The emerging need for an environmentally friendly use of pesticides, when the desired effectivity is obtained by applying the smallest possible amounts of the chemicals, makes it imperative to take into account how various factors (such as physical and chemical soil properties, water and nutrient supply, the mode and extent of fertilization, the agrotechnical procedures, etc.) influence the fate and effectivity of the applied pesticides in the ecosystems.

The aim of the research presented here was to study how growth inhibition resulting from the application of phytotoxic amounts of a lenacil-based herbicide influence the uptake and ratios of the macronutrients in the plants, and how such effects depend on the soil properties, especially on soil pH and soil texture. A pot experiment was carried out on an acidic, light-textured (sandy) brown forest soil with thin interstratified layers of colloid and sesquioxide accumulation (Nyírlugos), an acidic brown forest soil with clay illuviation (Ragály) and a pseudomyceliar (calcareous) chernozem (Nagyhörcsök), with maize as the indicator plant. The herbicide was applied in the range 0.08 and 0.8 g/m², i.e. between rates corresponding to field recommendations and provocative doses greatly exceeding the recommended rates. Phytotoxicity was evaluated on the basis of fresh weight, absolute and relative dry matter accumulation, and the longitudinal growth of the leaves. Although the experimental conditions were very different from those in the field, the differences in phytotoxicity on the three soils were consistent with the usual recommendations. The strongest toxicity occurred on the acidic sandy soil, while much smaller toxic effects were found on the acidic, but more heavily textured soil. On the chernozem soil small enhancements were even observed at application rates corresponding to field recommendations. Linear correlations between fresh weight/dry matter accumulation and fresh weight/length of leaves depended more on the mechanical composition of the soil than on soil pH. The toxicity of the highest rates applied was also reflected in the uptake, shoot concentrations and ratios of N, P and K in the shoots of the test plants. The amounts of N, P and K taken up by the plants decreased at higher lenacil rates. The greatest effects were observed in the acidic sandy soil and the smallest in the chernozem; K was affected the most and P the least. However, the concentrations of the elements in the shoots increased when the lenacil application rates increased (the P concentrations increased the most). Consequently, the N/P and K/P ratios decreased at higher lenacil rates. The results suggest that the influence of lenacil on the nutrient uptake of the test plants was not a direct effect, but was rather due to the inhibition of dry matter accumulation by the provocative rates.

Table 1. Results of soil analysis. (1) Soil properties. a) Humus, %, b) Mechanical composition, %, c) Sand, d) Silt, e) Clay, f) Fine fraction (<0.02), g) Cation exchange capacity, me/100 g, h) Base saturation, i) Water capacity, %, j) Initial nutrient content: k) Total N, l) AL-P₂O₅, m) AL-K₂O, mg/kg. (2) Brown forest soil with thin interstratified layers of colloid and sesquioxide accumulation, Nyírlugos (NL). (3) Brown forest soil with clay illuviation, Ragály (RA). (4) Pseudomyceliar (cackareous) chernozem, Nagyhörccsök (NH).

Table 2. Visual evaluation of maize development 2 weeks after sowing on the Nyírlugos soil. (1) ADOL 80 WP rate, g/m². (2) Mean score. *Note:* Scored on the following scale: 0: no effect, 1: slight, hardly perceptible chlorosis, especially near the stem on the 2nd and 3rd leaves, 2: easily perceptible chlorosis, especially near the stem on the 2nd and 3rd leaves, 3: easily perceptible chlorosis on almost the whole of the 2nd and 3rd leaves.

Table 3. Mean length of the leaves of the maize test plants 28 days after sowing (cm). (1) Rate, g/m². (2) Complete foliage. Levél = leaf.

Table 4. N, P and K concentrations of maize shoots 28 days after sowing. (1) ADOL 80 WP rate, g/m². *Note:* Mean and deviation of 3 replications per treatment.

Table 5. Nutrient ratios in maize 28 days after sowing. (1) and *Note:* see Table 4.

Fig. 1. Fresh weight (A) and dry matter accumulation (B) of maize shoots 28 days after sowing. NL: Nyírlugos soil, RA: Ragály soil, NH: Nagyhörccsök soil. Horizontal axis: pesticide rate, g/m². Vertical axis: As a % of the control.

Fig. 2. Relative dry matter accumulation of maize shoots (as a % of fresh weight) 28 days after sowing. Horizontal axis: pesticide rate, g/m². Vertical axis: As a % of fresh weight. NL, RA, NH: see Fig. 1.

Fig. 3. Correlation between the fresh weight and dry matter accumulation of 28-day-old maize shoots. Horizontal axis: dry matter accumulation as a % of the control. Vertical axis: fresh weight as a % of the control.

Fig. 4. Correlation between the fresh weight and the length of the complete foliage in 28-day-old maize. Horizontal axis: Sum of individual leaf lengths as a % of the control. Vertical axis: fresh weight as a % of the control.

Fig. 5. N content (A), P content (B) and K content (C) per plant as a function of pesticide rate. Pot experiment with the maize hybrid Carla, evaluated 28 days after sowing. Horizontal axis: ADOL 80 WP rate, g/m². Vertical axis: As a % of the control.