

SZENT ISTVÁN EGYETEM

**BT (MON 810, CRY1Ab) KUKORICA HATÁSÁNAK ELEMZÉSE
EGYES NEM-CÉLSZERVEZET COLEOPTERA (CARABIDAE,
COCCINELLIDAE) CSOPORTOKRA**

Doktori (PhD) értekezés tézisei

ÁCSNÉ SZEKERES DÓRA

GÖDÖLLŐ

2011

A doktori iskola

megnevezése: Növénytudományi Doktori Iskola

tudományága: Növénytermesztési és Kertészeti

vezetője: Dr. Heszky László
egyetemi tanár, az MTA rendes tagja
Szent István Egyetem
Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar
Genetika és Biotechnológiai Intézet

témavezető: Dr. Kiss József
egyetemi tanár
Szent István Egyetem
Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar
Növényvédelmi Intézet

Az iskolavezető jóváhagyása

A témavezető jóváhagyása

1 A munka előzményei, a kitűzött célok

Napjaink globális mezőgazdaságának egyik jellemzője a genetikailag módosított (GM) növények termesztésének megjelenése, egyes régiókban térhódítása. Vetésterületük első kibocsátásuk (1996) óta folyamatosan növekszik, és 2009-re elérte a 134 millió hektárt (James, 2010), melyből több mint 35 millió hektáron termesztettek rovarrezisztens (Cry toxint termelő) GM kukoricát (James, 2009). A rovarrezisztens növények genetikai állományába a *Bacillus thuringiensis* talajbaktérium faj valamely törzsének, az egyes rovar-taxonokra, illetve célkártévő rovarfajokra többé-kevésbé specifikus, toxikus fehérjét termelő génjét építik be. A MON 810 transzformációs eseménnyel előállított genetikailag módosított Bt kukorica hibridekbe a *Bacillus thuringiensis* baktérium faj Cry1Ab toxin termeléséért felelős *cry1Ab* génjét ültették be, amely toxin egyes Lepidoptera fajok így a kukoricamoly lárvái ellen hatékony. A Bt növények valamennyi sejtjében termelődhet a toxin, így ez a különböző növényevő rovarok táplálkozása révén a táplálkozási láncok magasabb szintjeihez is eljuthat, például a rovarok természetes ellenségeihez, a ragadozókhöz és parazitoidokhoz.

2001-ben kapcsolódtam be egy, a Szent István Egyetem Növényvédelmi Intézetében folyó EU-5 Projekt „Effects and mechanisms of Bt transgenes on biodiversity of non target insects: pollinators, herbivores and their natural enemies” (QLK3-CT-2000-00547) munkáiba, amelynek fő célkitűzése a kukoricamoly-rezisztens Bt-kukoricának (MON 810) az ízeltlábú közösség biodiverzitására gyakorolt hatásainak elemzése volt. A projekt célkitűzései közé tartozott, a genetikailag módosított (Bt) kukorica állományában a Bt transzgén és az általa termelt Cry1Ab toxin hatásának vizsgálata egyes fitofág, ragadozó és parazitoid rovarokra, valamint a tápláléklánc bizonyos részeire, és a biodiverzitásra (Kiss, 2000; Kiss et al., 2002). Munkám kezdetekor szerény mértékben álltak rendelkezésre európai tapasztalatok Európában a GM növények, ezen belül a Bt növények környezeti kockázatelemzésével kapcsolatban. Ugyanakkor kutatási munkánk és kockázatelemzési megközelítésünk alapult az ismert „veszély x kitettség = kockázat elvén (Wilkinson et al., 2003) és megfelelt a későbbi jelentős tudományos közleményekben közölt GM növény környezeti kockázatelemzéseknek, amelyek közül kiemelem Hilbeck, et al. (2006), Andow et al. (2006), Romeis et al. (2008) és Hilbeck et al., (2008) közleményeit.

A három éves szabadföldi kísérlet során a Bt kukorica - az agroökoszisztémán belül - két különböző vertikális szintjéhez kötődő ragadozó bogár csoportjára, a talajfelszínen aktív futóbogarakra (Carabidea) és a lombszinten aktív katicabogarakra (Coccinellidae) gyakorolt hatását vizsgáltam. E két csoportnak az agroökoszisztémákban betöltött trofikus szerepe jelentős. A futóbogarak többsége táplálkozási szempontból opportunisták, így biológiai szabályzóként működhetnek, hiszen a zsákmányállat visszaszorulása esetén is életben maradhatnak az adott

területen (Sunderland és Vickerman, 1980; Luff, 1987; Lövei és Sunderland, 1996; Kádár, 1999). A Coccinellidae család ragadozó fajai hozzájárulnak a levéltetvek és az atkák populációinak korlátozásához, a kártevők populáció-sűrűségét csökkenthetik és a felszaporodási csúcsot késleltethetik (Merkel, 1982; Radwan és Lövei, 1983; Hodek és Honek, 1996).

A kukorica állományok futó- és katicabogár-együtteseire irányuló jelen vizsgálataimat, nem csak a hazai és nemzetközi ilyen tárgyú kutatások kevés száma, illetve e rovarcsoportoknak a kukoricára épülő táplálkozási hálózatában betöltött fontos szerepe indokolta. A vizsgálat kezdetéig szabadföldi körülmények között nem vizsgálták a Bt (MON 810) kukorica hibrid által termelt Cry1Ab toxin esetleges direkt vagy indirekt hatását a futó- és katicabogár-együttesekre. A futóbogarak esetében ugyan az opportunista táplálkozás mód csökkentheti a toxin indirekt hatásának (toxin zsákmányállatra gyakorolt hatása) a kialakulását, hiszen ha az egyik zsákmányállat faj abundanciája lecsökken, vagy minősége leromlik, a ragadozó átvált egy másik zsákmányállat fajra, azonban a direkt hatásnak (zsákmányállat által felvett toxin) jobban ki vannak téve ezek a ragadozók. Meissle et al. (2005) eredményei szerint a Bt kukoricán nevelt *S. littoralis*-sal etetett *P. cupreus* lárvák megnövekedett mortalitása a toxin indirekt hatására utal, azonban nem tudták kizárni a direkt hatás lehetőségét (az ELISA teszt kimutatta, hogy a *P. cupreus* ki volt téve a toxinnak). A kukoricában felépülő katicabogár-együttesek fajai táplálékspecialisták, mint a túlnyomórészt levéltetveket fogyasztó afidofág katicabogár fajok (például: *Coccinella septempunctata* L., *Hippodamia variegata* Goeze), illetve az atkákat fogyasztó *Stethorus puctillum* Weise (Merkel, 1982). Vizsgálataink kezdetekor általános feltételezés volt, hogy a levéltetvek szervezetébe nem kerül be a toxin, ugyanis a levéltetvek a floemből táplálkoznak, és a toxin nem kerül ki a sejt közötti járatokba. Ennek alapján a Cry1Ab toxinnak elvileg nem volt várható direkt hatása a főként levéltetveket fogyasztó katicabogár fajokra. A toxin azonban nem csak direkt, hanem indirekt módon, a zsákmányállatokra gyakorolt hatásán keresztül (denzitás, minőségbeli változás) is hathat e nem célszervezet fajokra. Ezen kívül a katicabogarak alternatív táplálékként pollent is fogyaszthatnak, ily módon a toxin direkt hatása is feltételezhető. Későbbi vizsgálatok során a Cry1Ab, Cry1Ac toxint termelő gyapoton táplálkozó levéltetvek (*Aphis gossypii*) szervezetében is kimutatható volt a toxin (Zhang et al., 2006). Az atkafogyasztó atkászöde esetében szintén indokolt a szabadföldi hatásvizsgálat, hiszen a takácsatkák táplálkozásuk során kiszívják a sejttartalmat, így szervezetükben bizonyítottan magas a Cry1Ab toxin tartalom (Dutton et al., 2002). Ezen vizsgálatok utólagosan is megerősítették a Cry1Ab toxint (Cry1AB) termelő Bt kukorica szabadföldi ökológiai hatásvizsgálatának elvégzése e két ragadozó csoportra hazai körülmények között is indokolt a hatásvizsgálat elvégzése.

Célkitűzéseim a következők voltak:

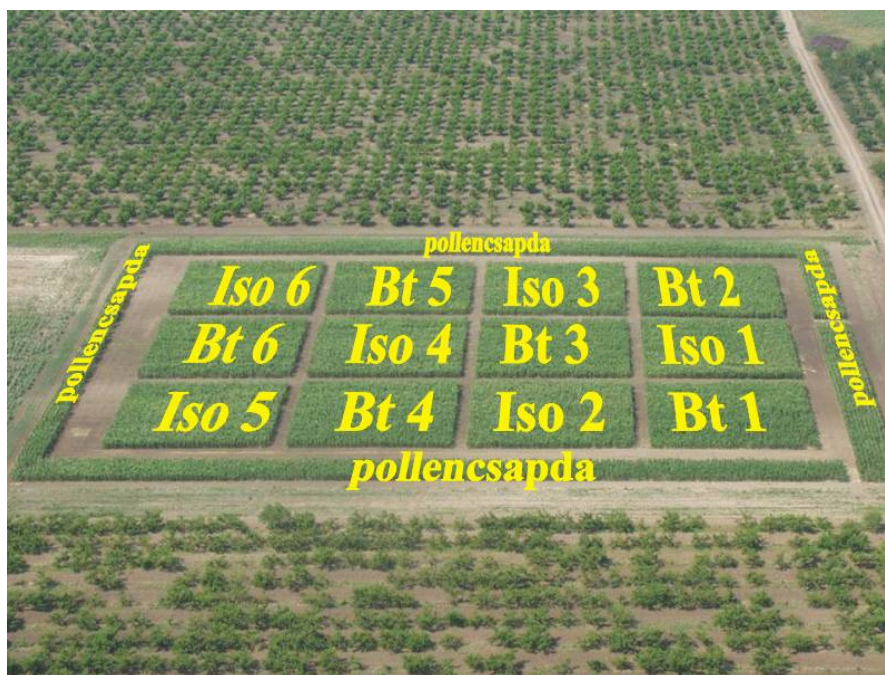
- a ragadozó futó- és katicabogár-együttesek szerkezeti jellemzőinek összehasonlító elemzése a Bt (MON 810) és a hozzá közel álló izogénes kukorica állományokban;
- a ragadozók futó- és katicabogarak, illetve zsákmányállataik szezonális változásainak jellemzése és összevetése a Bt (MON 810) és a hozzá közel álló izogénes kukorica állományok között;
- vizsgálataim alapján hozzájárulás a Bt (MON 810) kukorica környezeti kockázatelemzéséhez, és annak módszertani fejlesztéséhez.

2 Anyag és módszer

2.1. A kísérlet helye, ideje és a szabadföldi kísérleti elrendezés

A három éves szabadföldi kísérletet (2001-2003) Budapesttől 30 km-re ÉNY-ra, Sóskúton állítottuk be a kibocsátásra vonatkozó FVM Engedély szerint. Az izogénes (hibrid: DK 440) és a Bt (hibrid: az izogénes kukorica hibrid MON810-es transzformációs eseménnyel előállított transzgenikus változata, DK 440 BTY) kukorica parcellákat váltakozó elrendezésben alakítottuk ki, hat ismétlésben. Az egyes parcellákat 2,8 m széles művelőutak választották el egymástól (1. ábra). A kibocsátási engedély követelményeinek megfelelően, a 12 parcellát (28 x 28m) az izogénes hibridből (DK 440) kialakított, 6 m széles köpenyszegéllyel (pollensapdával) vettük körbe, a pollen elsodródásának, és más nem transzgenikus kukoricával történő esetleges kereszt beporzásának minimálisra csökkentése érdekében. Ezt a köpenyszegélyt a kibocsátási engedélynek megfelelően a pollenszórás után levágtuk. A kísérleti szántóföldet csonthéjas gyümölcsös határolta.

A vetésre 2001-ben május 2.-án, 2002-ben április 25.-én, 2003-ban április 22.-én került sor. A betakarítást az első évben október 17.-én, a második évben november 3.-án, míg az utolsó évben október 14.-én végezték. A talajművelés és a tápanyagellátás mindhárom évben megegyezett a régióban alkalmazott gyakorlattal. Inszekticides kezelést nem alkalmaztunk, az első év kivételével, ekkor a vetéssel egy menetben, sorkezelésként diazinont használtunk. Herbicides kezelésként, pedig a kisebb zavaró hatással járó preemergens beavatkozást, illetve szükség esetén a kukorica négy-hat leveles fenológiai állapotában a mechanikai gyomszabályozást választottuk.



1. ábra: Bt és izogénes kukorica parcellák elrendezésének légifelvétele (Sóskút, 2003, fotó: Kiss J.)

2.2. Felvételezési módszerek

A futóbogarak mintavételezését parcellánként két Barber-féle talajcsapdával végeztük, melyeket heti rendszerességgel ürítettünk. Ölő-konzerváló anyagként 4%-os formaldehidet használtunk. Fedelet, illetve csalétket nem alkalmaztunk. 2001-ben július 18-án, 2002-ben május 23-án, 2003-ban március 26-án helyeztük ki a csapdákat, az első ürítés 2001-ben július 25-én, 2002-ben május 30-án, 2003-ban április 02-án volt. A csapdák felszedése az utolsó ürítéskor, 2001-ben október 17-én, 2002-ben október 25-én, 2003-ban pedig október 13-án történt. A begyűjtött anyagot az MTA NKI Állattani Osztályára szállítottuk, ahol meghatározásig formaldehidben tároltuk. Az imágókat alapvetően Hurka (1996) nyomán, illetve egy-két faj esetében Müller-Motzfeld (2004), és Freude et al. (1976) munkái alapján határoztuk meg.

A katicabogarak mintavételezéséhez az egyedi növényvizsgálatot alkalmaztuk. A felvételezéseket 2001-ben július 04-től október 17-ig, 2002-ben június 21-től október 02-ig, 2003-ban június 25-től szeptember 17-ig heti sűrűséggel végeztük. Parcellánként 10 véletlenszerűen kiválasztott növényegyed teljes felületéről begyűjtöttük a katicabogarak összes fejlődési alakját (tojás, lárva, báb, imágó), melyet kinevelési és határozási céllal az MTA NKI Állattani Osztályára szállítottunk. Feljegyeztük a növény fenológiai stádiumát, illetve a katicabogarak potenciális zsákmányállatait (levéltetvek, atkák) is. A katicabogár imágók határozását Merkl Ottó (Magyar Természettudományi Múzeum, Állattár) segítségével és irányításával, valamint doktori értekezése

nyomán végeztük (Merkl, 1982). A lárvákat, pedig a kinevelések, illetve Hodek (1973) művének felhasználásával határoztuk meg.

2.3. Adatrendezés, statisztikai elemzés

Az adatok kiértékeléséhez, a fogások összehasonlításához, a kezelések közötti kapcsolatok feltárásához, az adatok normalitásának (Kolmogorov-Smirnov teszt) vizsgálata után a Mann-Whitney (Wilcoxon's rank sum) tesztet alkalmaztam. A normalitás a minták döntő többségénél nem teljesült, ezért a nem paraméteres próbákat használtam. A szórások egymáshoz való viszonyát Levene-próbával ellenőriztük. Egyes esetekben elhagytam a kiugró értékeket, illetve $\ln(x+1)$ transzformációt végeztem. A különbségek szignifikancia szintjéhez az 5%-os küszöbértéket vettem figyelembe. Az együttesek közösségszerkezeti jellemzéséhez, mint a faji diverzitásokhoz a közismert Shannon-diverzitást, az α -diverzitást (Magurran, 1988), az ún. diverzitási profilok esetében, pedig a Rényi-diverzitást (Tóthmérész, 1994), a mennyiségi hasonlóságok hierarchikus klasszifikációjához, pedig a Ward módszert (Manhattan metrika) alkalmaztam (Podani 1997, Statsoft 2000). Az együttesek minőségi átfedésének kimutatásához a Jaccard indexet (Magurran, 1988, Podani 1997), a mennyiségi hasonlóságokhoz, pedig a Renkonen-értéket (lásd pl. Lövei, 1982 nyomán) használtam.

Az egyes csoportok (pl.: katica-levéltetű) szezonális abundancia-változásai szinkronitásának összevetéséhez az idősor analízisből ismert keresztkorrelációs függvényt használtam (Szentkirályi, 1997; Statsoft, 2000). A domináns futó- és katicabogár fajok fogási adatait, a kezelések és időpontok kölcsönhatásainak szempontjából az általánosított lineáris módszerrel (GLM, Repeated measures ANOVA (Sokal és Rohlf, 1995) elemeztem. Az aktív egyedsűrűségek, továbbá a kezelés és az időpontok (utóbbi kettő, mint környezeti változók), összefüggés-rendszerét kanonikus koreszpondencia elemzés segítségével tártam fel, melyet a CANOCO program (ter Braak és Šmilauer, 2002) Principal Response Curves moduljával (CANOCO, PRC) végeztem. Az elemzéseket, a különböző számításokat és az ábrákat a STATISTICA 6.0 (Statsoft, 2000), a NuCoSa (Tóthmérész, 1993), továbbá az Excel és a CANOCO for Windows 4.5 (ter Braak és Šmilauer, 2002) programok segítségével végeztem el, illetve rajzoltam meg.

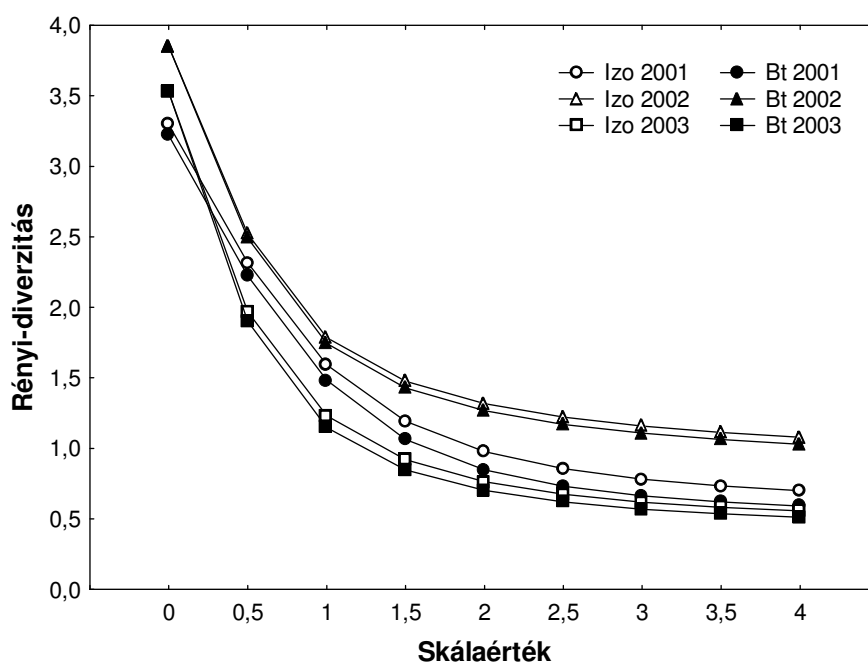
3 Eredmények

3.1. Futóbogarak (Carabidae)

3.1.1. A futóbogár-együttesek szerkezeti jellemzőinek összevetése Bt és izogénes kukorica állományokban

A kísérlet három éve alatt összesen 58 faj 44103 egyedét gyűjtöttük be. Mindhárom szezonban ugyanaz a hat faj: *Pseudoophonus (Harpalus) rufipes* (De Geer), *Harpalus distinguendus* (Duftschmid), *Poecilus sericeus* Fischer von Waldheim, *Dolichus halensis* (Schaller), *Calathus ambiguus* (Paykull), és *Trechus quadristriatus* (Schrank) (csökkenő dominancia sorrendben) volt domináns mind a Bt, mind az izogénes parcellákban. A domináns fajok a csapdázott együttesek egyedszámának körülbelül 93%-át teszik ki.

A Bt és az izogénes kukoricában mintázott futóbogár-együttesek fajszáma és egyedszáma nem különbözött szignifikánsan az éveken belül (1. táblázat). A faji diverzitási értékek közepes szinten mozognak, közepes egyenletességgel. Az azonos éveken belül a két kukorica hibrid futóbogár-együtteseinek diverzitási indexei (Shannon, α -diverzitás) szignifikánsan nem különböznek egymástól. A diverzitási rendezések szerint a Bt kukoricának nem volt kimutatható negatív hatása a futóbogár-együttesre, ugyan az első évben az izogénes kukorica futóbogár-együttes faj-diverzitása kismértékben magasabb volt, mint a Bt kukorica parcellákban, azonban ez a különbség igen kicsi (2. ábra).



2. ábra: A mintázott kukoricások futóbogár együtteseinek fajdiverzitási rendezése a Rényi-féle diverzitás szerint (Sóskút, 2001-2003)

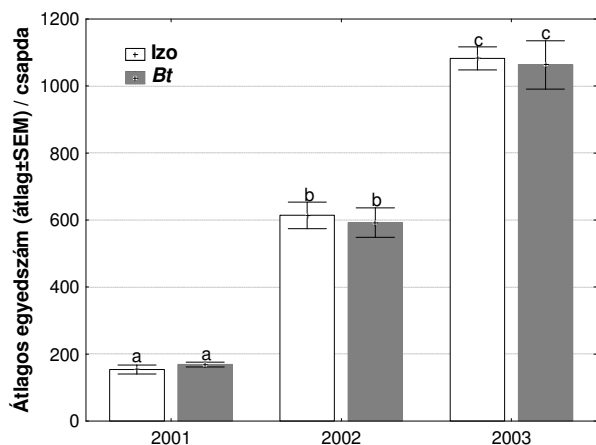
Az adott év Bt és izogénes összehasonlítása esetében a populációk között mind a minőségi (Jaccard index: 68-74%), mind a mennyiségi (Renkonen-index: 92-97%) hasonlóság magas értékeket mutatott (1. táblázat). Mind három évben, az adott éveken belül nagyon hasonló futóbogár-együttesek épültek fel mind a Bt, mind az izogénes kukoricában. A két utolsó évet összevetve, a Bt és az izogénes kukorica parcellákon felépülő futóbogár-együttesek nagyon hasonlóak voltak, míg a 2001-es évtől jól elkülönültek. Mindhárom évben a legtöbb skálaparaméter értéknél az izogénes parcellák futóbogár együtteseise kis mértékben, de nagyobb diverzitást mutattak.

1. táblázat: A futóbogár-együttesek szerkezeti jellemzői a Bt és az izogénes parcellákon (Sóskút, 2001-2003). Az éveken belüli összehasonlítás során nem volt szignifikáns különbség. Az azonos betűkkel jelzett értékek szignifikánsan nem különböznek egymástól (Mann-Withney Wilcoxon's rank sum test). Szignifikancia szint $p < 0,05$, (parcella átlag \pm SE).

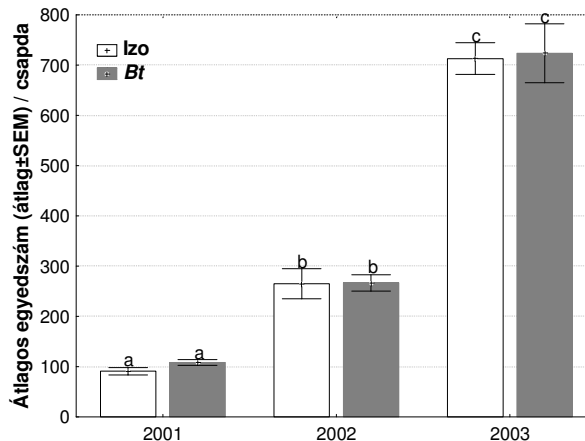
Szerkezeti jellemzők	Évi fajszám	Össz fajszám/parcella/év	Évi össz-egyedszám	Össz egyedszám/parcella/év	Shannon diverzitás	Egyenletesség	α -diverzitás	
2001	Bt	25	12.33 \pm 0.43a	2027	168.92 \pm 7.55a	1.36 \pm 0.05a	0.54 \pm 0.02a	3.08 \pm 0.13a
	Izo	27	12.92 \pm 0.54a	1847	153.92 \pm 13.04a	1.47 \pm 0.04a	0.58 \pm 0.02a	3.45 \pm 0.24a
2002	Bt	47	21.25 \pm 0.97a	7109	592.42 \pm 43.8a	1.64 \pm 0.04a	0.54 \pm 0.01a	4.33 \pm 0.19a
	Izo	46	22.67 \pm 0.93a	7372	614.33 \pm 39.6a	1.72 \pm 0.05a	0.55 \pm 0.01a	4.66 \pm 0.21a
2003	Izo	33	15.0 \pm 0.66a	12758	1063.17 \pm 71.95a	1.13 \pm 0.04a	0.42 \pm 0.01a	2.50 \pm 0.14a
	Bt	34	16.08 \pm 0.67a	12990	1082.5 \pm 34.67a	1.20 \pm 0.03a	0.44 \pm 0.01a	2.68 \pm 0.12a

A csapdázási szezon alatt gyűjtött futóbogarak csapdánkénti átlagos egyedszámában egy adott éven belül nem volt szignifikáns különbség a Bt és az izogénes parcellák között egyik évben sem, sem a teljes futóbogár-együttes (Mann-Withney test; $Z = -1,761 - 0,462$, mindenesetben $p > 0,05$; 3/A ábra), sem a domináns fajok tekintetében (Mann-Withney test; $Z = -1,905 - 1,790$, mindenesetben $p > 0,05$; *P. rufipes*: 3/B ábra).

A



B



3. ábra: A: A vizsgálat három évében gyűjtött összes futóbogár faj abundanciájának alakulása Bt és izogénes parcellákban (Sóskút, 2001-2003). **B:** A vizsgálat három évében gyűjtött *Pseudoophonus rufipes* abundanciájának alakulása Bt és izogénes parcellákban (Sóskút, 2001-2003). Jelölés: azonos betűk nincs szignifikáns különbség.

A szerkezeti elemzések eredményei alapján, az egyes vizsgálati szezonokon belül, a Bt és az izogénes kukorica parcellák futóbogár-együttese sem a fajkompozíció, sem a dominancia sorrend, sem a fajszám tekintetében, nem különböztek egymástól jelentősen.

3.1.2. A futóbogár-együttesek szezonális abundancia-dinamikájának összevetése Bt és izogénes kukorica állományokban

A mintázott futóbogár-együttesek talajfelszíni aktivitásának csúcsát minden évben máskor észleltem, de a Bt és az izogénes kukorica összehasonlítása esetében megegyezett. 2001-ben augusztus 8-án, 2002-ben július 17-én, 2003-ban pedig július 2-án volt a legmagasabb a futóbogarak egyedszáma, mind a Bt, mind az izogénes kukorica parcellákon. Az átlagos fogásokban egy adott éven belül a két kezelés között néhány esettől eltekintve a GLM nem mutatott ki szignifikáns különbséget a Bt és az izogénes parcellák között (GLM; teljes futóbogár-együttes 2001: $F=2,308$, $p=0,013$; 2003: $F=0,255$, $p=0,998$; *P. rufipes* 2001: $F=2,578$, $p=0,006$; 2003: $F=0,156$, $p=0,999$; *C. ambiguus* 2002: $F=2,683$, $p=0,015$ és *P. sericeus* 2003: $F=2,009$, $p=0,033$). A Bt és az izogénes parcellák átlagos egyedszámának időpontenkénti összehasonlítása vegyes képet mutatott, de a teljes futóbogár-együttes és a domináns futóbogár fajok esetében sem mutatott egyértelmű tendenciát. Egyes időpontokban a Bt, más időpontokban az izogénes parcellák átlagos egyedszáma volt a magasabb.

A domináns fajok közül a *C. ambiguus*, a *D. halensis*, a *P. rufipes*, és a *P. sericeus* az egy aktivitási csúcsot, míg a *H. distinguendus*, és a *T. quadristriatus* a két aktivitási csúcsot mutató fajok közé tartozik. A *C. ambiguus* egy nagy aktivitási csúcs mellett egy-egy kisebb május végi

aktivitási csúcs is megfigyelhető volt az utolsó két évben. A *D. halensis* aktivitási csúcsának időpontja évről évre változott. 2001 kivételével a *H. distinguendus* egy nyár eleji és egy késő őszi aktivitási csúcsot mutatott. 2001-ben valószínűleg a csapdázás késői kezdete miatt nem volt észlelhető az első aktivitási csúcs. A *P. rufipes* talajfelszíni aktivitása igen vegyes képet mutat, bár mindhárom évben egy aktivitási csúcs jellemzi, 2002-ben egy második nyár végi, ősz eleji kisebb aktivitási csúcs is kialakult. A *P. sericeus* egy aktivitási csúcsot mutatott mindhárom évben, kivéve 2002-ben, amikor egy kora nyári és egy nyár közepi aktivitási csúcs is megfigyelhető volt. A *T. quadristriatus* általában két aktivitási csúcsot mutat, az első kora nyári csúcs 2001-ben hiányzik a kései csapdázás kezdete miatt, illetve az utolsó évben a második őszi csúcs teljesen kimaradt. Bár a mintázott domináns futóbogár fajok talajfelszíni aktivitásában az évek között különbségek voltak, a Bt és az izogénes kukorica parcellák összehasonlítása során hasonló volt. A PRC egyik évben sem mutatott ki szignifikáns különbséget az első kanonikus tengelyen (mindenesetben, $p > 0,05$). A faj-környezet összefüggés kumulatív százalékos varianciája 34,2% és 46,1% között mozgott az első kanonikus tengelyen.

3.2. Katicabogarak (Coccinellidae)

3.2.1. A katicabogár-együttesek szerkezeti jellemzőinek összevetése Bt és izogénes kukorica állományokban

A vizsgálat három éve alatt a Bt és az izogénes kukorica parcellákban összesen 11, nyolc afidofág, egy pajzstetű ragadozó (*Exochomus quadripustulatus* L.), egy főként atkákkal és levéltetvekkel táplálkozó (*Stethorus punctillum* Weise) és egy gombákat és rovartojásokat is fogyasztó katicabogár fajt (*Psyllobora vigintiduopunctata* L.) gyűjtöttünk be. Mindhárom szezonban ugyanaz a három afidofág katicabogár faj (*C. septempunctata* L., *Hippodamia variegata* Goeze, *Propylea quatuordecimpunctata* L.) bizonyult domináns komponensnek az együtteseken belül, bár a dominancia sorrend évenként változott, adott éven belül a Bt és az izogénes kukoricás együtteseit összehasonlítva egyformán alakult.

A fajszámnak megfelelően a diverzitási indexek (H') értékei 1 és 2 közé esnek, azaz alacsony fajdiverzitású katicabogár-együttesek épültek fel mind a Bt, mind az izogénes kukorica parcellákon. Az együttesek egyenletessége 2002-ben és 2003-ban, a Bt és az izogénes kukorica parcellákban nagy, míg az első évben közepesnek mondható. Mindhárom szezonban, a Bt és az izogénes kukoricások katica-együtteseinek páronkénti összevetése során, mind a bináris (Jaccard-index), mind a mennyiségi (Renkonen-index) hasonlósági index értékei nagyok voltak, ami arra

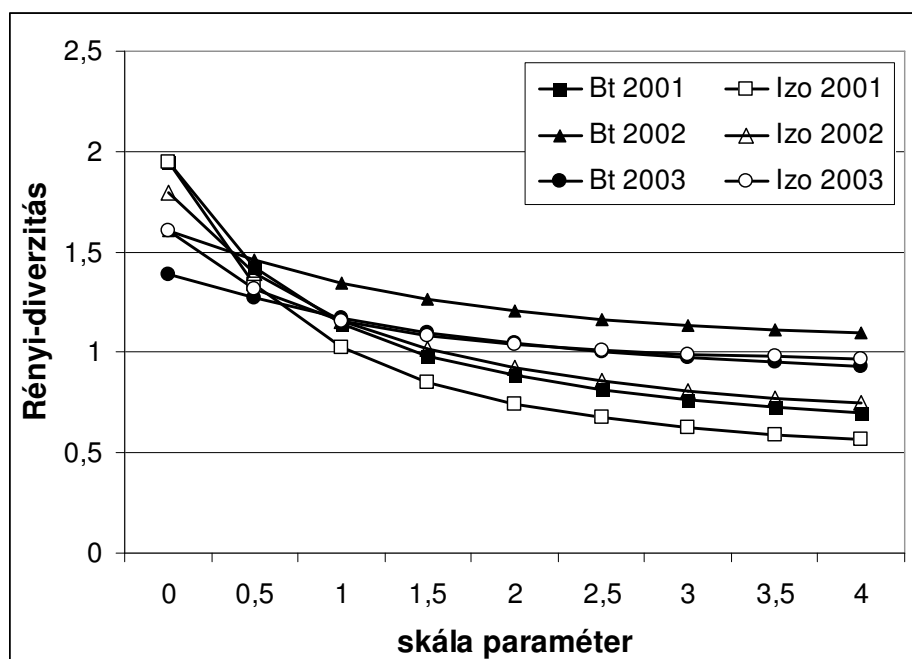
utal, hogy a Bt és az izogénes kukorica parcellákon, adott évben kialakult katica-együtteseknek a fajösszetétele, és dominancia sorrendje gyakorlatilag nem különbözik egymástól (2. táblázat).

Adott éveken belül, mind három évben nagyon hasonló katicabogár-együttesek épültek fel mind a Bt, mind az izogénes kukoricában. A két utolsó évet összevetve, a Bt és az izogénes kukoricában felépülő katicabogár-együttesek hasonlóak voltak, míg a 2001-es évtől jól elkülönültek.

2. táblázat: Az afidofág katicabogár-együttesek szerkezeti jellemzői a Bt és az izogénes parcellákon (Sóskút, 2001-2003). Az éveken belüli összehasonlítás során nem volt szignifikáns különbség. Az azonos betűkkel jelzett értékek szignifikánsan nem különböznek egymástól (Mann-Withney Wilcoxon's rank sum test). Szignifikancia szint: $p < 0,05$, (parcella átlag \pm SE).

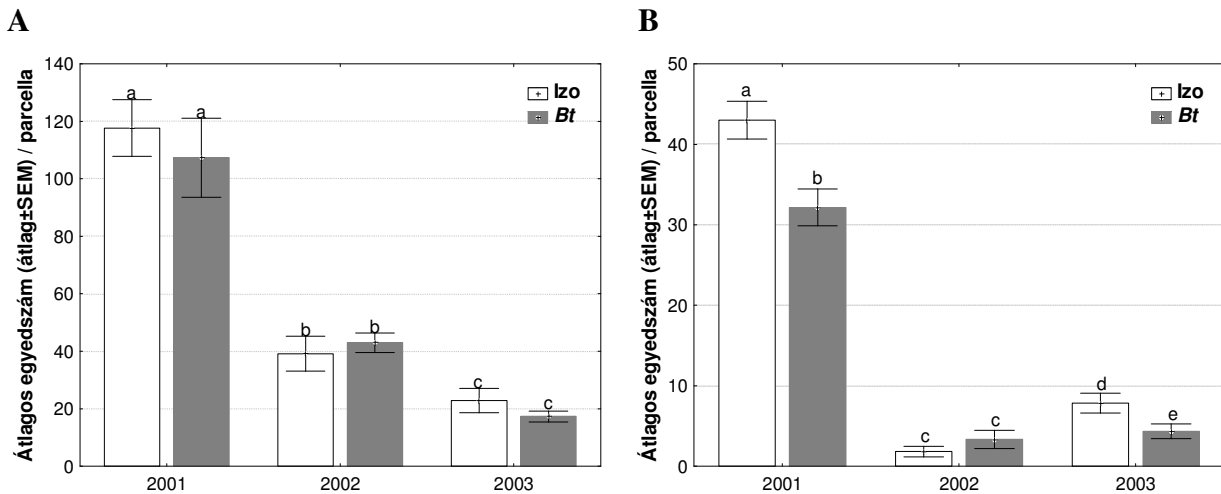
Szerkezeti jellemzők	Évi fajszám	Össz fajszám/ parcella/év	Évi össz- egyedszám	Össz egyedszám/ parcella/év	Shannon diverzitás	Egyenletesség	α -diverzitás	
2001	Izo	7	4.67 \pm 0.21a	395	65.83 \pm 4.53a	0.98 \pm 0.03a	0.64 \pm 0.02a	1.15 \pm 0.06a
	Bt	9	5.50 \pm 0.22b	331	55.16 \pm 4.37a	1.14 \pm 0.02b	0.67 \pm 0.02a	1.54 \pm 0.09b
2002	Izo	6	4.17 \pm 0.17a	122	20.33 \pm 3.01a	1.09 \pm 0.05	0.77 \pm 0.04a	1.72 \pm 0.19a
	Bt	6	4.50 \pm 0.43a	133	22.17 \pm 3.04a	1.25 \pm 0.07	0.85 \pm 0.02a	1.76 \pm 0.20a
2003	Izo	6	3.83 \pm 0.40a	118	19.67 \pm 3.29a	1.11 \pm 0.06a	0.85 \pm 0.03a	1.56 \pm 0.27a
	Bt	5	3.83 \pm 0.17a	78	13.0 \pm 1.83a	1.13 \pm 0.05a	0.85 \pm 0.02a	1.97 \pm 0.18a

Az első évben a Bt kukorica parcellák katicabogár-együtteséhez tartozó diverzitási görbe a teljes skálaparaméter értékek tekintetében az izogénes fölött fut, ezért ebben az évben a Bt kukoricásban mintázott katicabogár-együttes faj-diverzitása kismértékben magasabb volt. A domináns fajok tekintetében 2002-ben a Bt kukorica, míg a harmadik évben a legmagasabb dominanciájú katicabogár fajok tekintetében az izogénes kukorica volt diverzebb (4. ábra). Az akarifág katicák közül a három év során csupán a *Stethorus punctillum* Weise fajt tudtuk kimutatni. E faj is a 2001. évben mintegy 1,8-2,3-szor nagyobb abundanciával fordult elő a parcellákon, mint 2002-ben. Ez a különbség valamennyi vizsgált fejlődési alakjára jellemző volt. A legkisebb abundanciával az utolsó évben fordult elő mind a Bt, mind az izogénes parcellákon. Ezt a katicafajt kizárólag a *Tetranychus urticae* Koch takácsatka telepeiben gyűjtöttük, ami a zsákmányállattal való szoros kapcsolatára utal



4. ábra: A mintázott kukoricások afidofág katicabogár együtteseinek fajdiverzitási rendezése a Rényi-féle diverzitás szerint (Sóskút, 2001-2003)

A három felvételezési év alatt feljegyzett katicabogarak parcellánkénti átlagos egyedszámában egy adott éven belül nem találtunk szignifikáns különbséget a Bt és az izogénes kukorica parcellák között egyik évben sem, sem az összes katicabogár faj (Mann-Whitney test; $Z = -0,722 - 1,648$, mindenesetben $p > 0,05$; 5/A ábra), sem a domináns fajok tekintetében (Mann-Whitney test, $Z = -1,949 - 1,338$, mindenesetben $p > 0,05$; 2. táblázat). Egyedül a *H. variegata* esetében mutattam ki szignifikánsan magasabb parcellánkénti átlagos egyedszámot az izogénes parcellákon, mint a Bt kukorica parcellákon az első és az utolsó évben (Mann-Whitney test Z értéke; 2001: $Z = 2,330$, $p = 0,019$; 2002: $Z = -1,234$, $p = 0,217$; 2003: $Z = 2,119$, $p = 0,034$, 5/B ábra). Ugyancsak nem volt kimutatható szignifikáns különbség az adott szeznon belül a *S. punctillum* parcellánkénti átlagos egyedszámában (Mann-Whitney test; 2001: $Z = -0,320$, $p = 0,749$; 2002: $Z = -0,643$, $p = 0,520$; 2003: $Z = -0,895$, $p = 0,371$). A szerkezeti elemzések eredményei alapján, az egyes vizsgálati szeznonokon belül, a Bt és az izogénes kukorica katicabogár-együttese sem a fajkompozíció, sem a dominancia sorrend, sem a fajszám tekintetében, nem különböztek egymástól jelentősen. A diverzitási rendezések szerint a Bt kukoricának nem volt kimutatható negatív hatása a katicabogár-együttesre, ugyanis a Bt parcellákon valamivel diverzebb fajgyűttest mutattam ki, mint az izogénes kukorica állományokban.



5. ábra: A: Az afidofág katicabogár imágók átlagos abundanciájának alakulása a mintázott Bt és izogénes parcellákban (Sóskút, 2001-2003). **B:** A *Hippodamia variegata* Goeze imágók átlagos abundanciájának alakulása a mintázott Bt és izogénes parcellákban (Sóskút, 2001-2003). Jelölés: azonos betűk nincs szignifikáns különbség.

3.2.2. A katicabogár imágók szezonális abundancia-dinamikájának összevetése Bt és izogénes kukorica állományokban

A statisztikai elemzés egyik évben sem mutatott szignifikáns eltérést a levéltetű abundancia szintben, és ez időben szinkronban változott a Bt és az izogénes kukorica parcellákon (Mann-Whitney test; $Z = -0,160 - 0,480$, mindenesetben $p > 0,05$). A levéltetvek szezonális populációdinamikája kétszcúsú, bimodális görbével volt jellemezhető mindhárom évben. Az első, kisebb csúcs 2001-ben és 2003-ban július első felére, 2002-ben pedig június végére esett.

Az első évben az afidofág katicabogár populációk egy hetes eltolással követik a levéltetű felszaporodását, míg a második és a harmadik évben a katicabogarak egy kisebb abundancia növekedése volt megfigyelhető a R. padi második kisebb levéltetű felszaporodási időszakokkal, azonban ezt a keresztkorreláció eredménye nem támasztja alá. Általánosságban elmondható, hogy nem tudtam összefüggést kimutatni a katicabogarak és a levéltetvek szezonális abundancia változásában, két eset kivételével. 2001-ben a *H. variegata* esetében az egy hetes eltolásnál mutattam ki negatív korrelációt, míg 2003-ban a *P. quatuordecimpunctata* egy hetes késéssel követte a levéltetű felszaporodási csúcsát. Az egyedi növényvizsgálattal felvételezett teljes afidofág katicabogár-együttes, illetve a domináns katicafajok egyedszámaiban az éven belül, a kezelés és az időpont összefüggésében, a GLM nem mutatott ki szignifikáns különbséget egyik évben sem (GLM; $F = 0,123 - 5,565$, mindenesetben $p > 0,05$) a Bt és az izogénes kukorica parcellák között. Kivétel ez alól az első évben a *C. septempunctata* (GLM; $F = 2,297$, $p = 0,026$), azonban az utólagos

páronkénti összehasonlítás során a tizenegy időpontból csak két időpontban, a Bt parcellákon volt szignifikánsan magasabb az adott faj egyedszáma.

Mindhárom vizsgálati szezonban, az atkászböde imágók abundancia-változásai jól követték az atkafertőzöttség dinamikáját annak ellenére, hogy a három évben erősen eltértek az atkák felszaporodásának az időszakai. 2001-ben az atka populációk növekedése 3 aktivitási periódussal volt jellemezhető (augusztus közepe, szeptember eleje és vége). A második évben az atkák megtelepedése és felszaporodása korábban, már június közepén elkezdődött, és a maximális fertőzöttség időszaka július hónapban végig tartott, azonban az atkafertőzöttség augusztus közepére teljesen megszűnt. Az egyedi növényvizsgálattal felvételezett *S. punctillum* egyedszámában az éven belül, a kezelés és az időpont összefüggésében, egyik évben sem mutattunk ki szignifikáns különbséget (GLM; $F=0,445 - 0,607$, mindenesetben $p>0,05$) a Bt és az izogénes kukorica parcellák között.

A PRC egyik évben sem mutatott ki szignifikáns különbséget az első kanonikus tengelyen (mindenesetben $p>0,05$). A faj-környezet összefüggés kumulatív százalékos varianciája az első évben: 46,6%, 2002-ben 48,8%, az utolsó évben, pedig 53,9% volt az első kanonikus tengelyen.

4 Következtetések és javaslatok

4.1. A futóbogár-együttesek

4.1.1. A futóbogár-együttesek szerkezeti jellemzőinek összehasonlítása kukorica állományokban

A vizsgálat három éve alatt fajokban és egyedekben gazdag futóbogár populációt találtunk. Az általunk kimutatott fajszám (58) meghaladja a hazai mezőgazdasági területekre e tekintetben megadott felső értéket (Lövei 1984; Kádár és Lövei 1989), illetve más európai kukoricásokból kimutatott fajszámok is alacsonyabbak (v.ö. Sekulić, 1976; Andriescu, et al, 1984).

A Sós-kúton talajscapdázott 6 leggyakoribb faj a mezőgazdasági területekre jellemző fajok közé tartozik (Thiele, 1977; Lövei és Sárospataki, 1990).

Az általunk kimutatott közepes diverzitási értékek arra utalnak, hogy az együttesekben több olyan faj van, melyek kiugró abundanciájukkal lecsökkentik annak maximális értékét, illetve számos faj alacsony relatív gyakorisággal szerepel a populációban. Ez utóbbiak közül több nem kötődik a kukoricához. Eredményeink alapján a Bt kukoricának nem volt faj-diverzitást csökkentő hatása a futóbogár-együttesekre, a szakirodalomhoz hasonlóan (Lozzia, 1999). A magas

hasonlósági értékek azt jelzik, hogy stabil együttes(ek) alakult(ak) ki a vizsgált kukorica állományokban. A futóbogár-együttesek a vetésforgós táblákon nagyobb diverzitást mutatnak, mint a monokultúrás táblákon, de egyedszámuk és időbeni stabilitásuk sokkal kisebb lehet, mint a monokultúrás táblákon. A monokultúrás termesztés kedvezőbb az őszi szaporodású fajoknak, mivel a vetésforgós táblákon alkalmazott agrotechnika kedvezőtlenül hat az ősszel szaporodó fajokra (Lövei, 1984). Bár az általunk vizsgált kukorica a vetésforgós műveléshez közelít (a kibocsátási engedélynek megfelelően a Bt kukorica nem kerülhetet vissza ugyanarra a területre) az előbbi vizsgálattal ellentétben a területen az őszi szaporodású fajokat fogták nagyobb számban a kihelyezett talajcsapdák. Ennek egyik lehetséges oka a vizsgált területek különböző mérete (jelen vizsgálat kis méretű parcellákon, míg Lövei vizsgálata nagy méretű táblákon folyt) és a két terület jelentős távolsága. Ennek egyik lehetséges oka a vizsgált területek különböző mérete (jelen vizsgálat kis méretű parcellákon, míg Lövei vizsgálata nagy méretű táblákon folyt) és a két terület jelentős távolsága.

A három éves szabadföldi vizsgálatunk során nem mutattam ki szignifikáns különbséget a futóbogár-együttesek abundanciájában a transzgenikus és az izogénes kukorica között, más vizsgálatokhoz hasonlóan (Volkmar et al., 1998;Lozzia, 1999; Manachini, 2000; Dively és Rose, 2002; Sehnal et al.; 2004; Lopez et al, 2005; Leslie et al., 2007; Farinós et al., 2008; Priestley és Brownbridge, 2009). Általánosságban elmondható, hogy a vizsgálatok többségében a futóbogár-közösség egészét tekintve nem találtak szignifikáns eltérést a Bt és az izogénes kukorica között az abundanciában, azonban egyes esetekben kisebb különbségek előfordultak. Eredményeink alapján nem volt szignifikáns különbség sem a teljes futóbogár-együttes, sem a domináns futóbogár fajok abundanciájában, viszont velünk ellentétben Floate et al. (2007) vizsgálatában 39 futóbogár fajból három esetében szignifikáns különbséget, míg két faj esetében majdnem szignifikáns különbséget ($p < 0,08$) mutattak ki a Bt (Cry1Ab toxint termelő esemény) és az izogénes kukorica között, azonban ezt a különbséget nem találták konzekvensnek. Toschki et al. (2007) három éves vizsgálatuk során az első évben számos futóbogár faj abundanciájában mutattak ki szignifikáns különbséget a Bt (MON 810) és az izogénes kukorica táblák között, azonban a különbséget valószínűleg a kedvezőtlenebb mikroklíma (kisebb zöldtömeg) okozta, egy nagyobb *O. nubilalis* kártétele következtében, és nem a Bt.

A kísérleti parcellák viszonylag kis mérete (28 m x 28 m) felvetheti a kérdést, hogy értékelhetőek-e a jelen vizsgálat adatai, illetve lehetséges-e a következtetéseket nagyobb méretű területekre is vonatkoztatni. Sajnálatos módon nem alakíthattunk ki nagyobb méretű parcellákat, mivel a kibocsátási engedély szigorúan meghatározta az alkalmazható legnagyobb parcella méretet. A futóbogarak parcellák közötti esetleges vándorlási hajlamát a Bt és izogénes parcellák között alkalmazott, gyommentesen tartott művelő utak kialakításával csökkentettük. A szakirodalom széles

körűen foglalkozik a különböző művelési módok hatásával a futóbogarak aktivitására. Például a különböző művelési módok befolyásolhatják a futóbogarak aktivitását, azaz a talajtakarás (köztes vetés) egyértelműen növeli a futóbogarak populációját, míg a földművelésre, a peszticidek használatára és a vetésforgóra az egyes fajok különbözőképpen reagálhatnak (Hummel, et al., 2002). A mi parcella méretünknel kisebb parcellákat (10 m x 25 m) alkalmazó szabadföldi kísérletek eredményei azt mutatják, hogy a futóbogár együttesek habitathoz alkalmazkodó képességük miatt, ennél a térbeli skálánál is alkalmazható (Cárcamo és Spence, 1994)..

Elsőként Zwahlen és Andow (2005) mutatták ki a Cry1Ab toxin jelenlétét hét futóbogár faj szervezetéből szabadföldi körülmények között. A toxin jelenléte azon futóbogár egyedek szervezetében, melyeket Bt kukorica maradvány / izogénes kukoricatábláról gyűjtöttek be, arra utal, hogy a toxin a kukorica növényi maradványaiból származik, azaz a Bt kukorica nem csak a termesztésének évében hathat a futóbogár-együttesekre. Eredményük utólagosan is megerősíti azt a feltételezésünk, hogy a futóbogár fajok szabadföldi körülmények között is ki vannak téve a Bt toxin esetleges nem kívánt hatásainak, és eredményeinket nem befolyásolhatta, hogy a Bt kukoricát nem vethettük vissza ugyanarra a helyre két egymást követő évben, mivel ez rögzítve volt a kibocsátási engedélyben.

A fent említett vizsgálatok eredményei alapján a Bt toxin direkt és indirekt módon is hathat a futóbogár-együttesekre, azonban ennek ellenére, szabadföldi vizsgálatunk során az alkalmazott felvételezési módszerrel nem tudtunk szignifikáns eltérést kimutatni a futóbogár-együttesek szerkezeti jellemzőiben a Bt (MON 810) és az izogénes kukorica között.

4.1.2. Futóbogár-együttesek szezonális dinamikájának összehasonlítása kukorica állományokban

Az aktivitási eredmények alapján megállapítottam, hogy az izogénes és a Bt kukoricában talajcsapdázott populációk szezonális mintázatai összességében és a gyakori fajok szintjén is hasonlóak, azaz a Bt kukorica (MON 810) nem befolyásolta a futóbogarak szezonális dinamikáját. Az aktivitási csúcsokban jelentkező különbségek az egyes fajok között, részben adódhatnak kompetícióból is (Müller, 1987). Ez a különbség biztosítja, hogy egy vagy több futóbogár faj minden időszakban magas abundanciával képviselteti magát a területen.

Vizsgálatunk során a domináns futóbogár fajok aktivitási mintázata igen vegyes képet mutatott. A fogási csúcsok időbeli eltolódásait fajokon belül időjárási tényezőkkel tudjuk magyarázni, másrészt esetleges denzitás függő szaporodásukból is adódhat. A csapdák elsősorban az ún. őszi szaporodású fajokat fogták nagyobb számban, mivel számos tavaszi szaporodású faj fő

rajzási időszaka a kukorica kelése előtt már lezajlik. A szakirodalom is nagyon vegyes képet mutat az általunk kapott mintázatokhoz képest, ezeket az eltéréseket az aktivitási tendenciákban valószínűleg a szaporodási periódusok és a tenerál egyedek megjelenésének időbeli átrendeződései okozhatják.

4.2. A katicabogár-együttesek

4.2.1. A katicabogár-együttesek szerkezeti jellemzőinek összehasonlítása kukorica állományokban

A vizsgálat három évében a Bt és izogénes kukorica parcellákon összesen kilenc fajból álló afidofág katica faunát találtunk. Az évenként kialakult katicabogár-együttesekből az irodalmi áttekintések alapján hat fajt találtunk a kukorica állományokra jellemzőnek, melyek az európai térség (beleértve Kárpát-medencét is) kukorica tábláiban kialakuló katicabogár-együttesek közös, többnyire domináns összetevői. Ezek közül domináns volt a *C. septempunctata*, a *P. quatuordecimpunctata*, és a *H. variegata*. E három faj szaporodott is a kukoricán, mivel tojásaikat és lárváikat is megtaláltuk a vizsgált parcellákon. A hat karakterisztikus katicabogár faj betelepődése azért fontos tény, mert a kísérletünk egyik célja az volt, hogy kifejezetten a kukoricához kötődő, ragadozó fajokon vizsgálhassuk a Bt (MON 810) kukorica esetleges hatásait. A gyümölcsösök által izolált helyen kevéssé volt várható, hogy az együttesek a kukoricára jellemző katica fajokból fognak felépülni.

Eredményeink szerint a fajdiverzitási karakterisztikákat tekintve, viszonylag fajszegény (6-8 spp.), alacsony diverzitással jellemezhető éves együttesek alakultak ki a kukorica állományokban, más hazai kukorica állomány vizsgálatának eredményéhez (Radwan és Lövei, 1983) hasonlóan. Az együttesek mind az évek között, mind a kukorica hibridek között nagyfokú (71-92%) hasonlóságot mutattak, ami a fajösszetétel és dominanciaszerkezet lokális stabilitására utal. Radwan és Lövei (1983) szintén erős fajhasonlóságokat (65-85%) talált a hazai tipikus nagytáblás kukoricások katicabogár-imagó együtteseinek között, tekintet nélkül a művelési rendszerre. Mindezen eredmény alapján, a hazai és a mérsékeltövi kukorica állományokban egy relatíve fajszegény, három domináns és három alacsonyabb abundancia-szintű, de konstans fajokból álló, afidofág katicabogár-együttesek kialakulása várható.

4.2.2. A katicabogár-együttesek szerkezeti jellemzőinek összehasonlítása Bt és izogénes kukorica állományokban

A Bt kukorica szabadföldi vizsgálata során nemzetközi összehasonlításban a jelen kísérletben szerepelt a legtöbb katica faj (9 spp.), amelyet a Cry1Ab toxin esetleges direkt vagy indirekt hatása szempontjából (Hilbeck, 2001) vizsgálhattunk. A három év során egyedül a *H. variegata* esetében fordult elő, hogy a Bt parcellákon szignifikánsan kevesebb katicabogár imágó volt az izogénes parcellákhoz képest, ez a különbség az alacsony átlagos egyedszámok miatt azonban igen kicsi volt, amely nem biztos, hogy a Bt hatásának tulajdonítható. Mivel a többi esetben ilyen nem fordult elő, és nem volt lényeges különbség sem a fajkompozícióban, sem a fajdiverzitásban, sem a szerkezeti jellemzők értékeiben, sem a szezonális dinamikákban a Bt és az izogénes kukorica parcellák között, megállapítható, hogy az adott növényvizsgálati módszerrel nem volt észlelhető hátrányos hatása a Bt kukoricának a vizsgált katicabogár-együttesre, illetve azok tagjaira. Hozzánk hasonlóan a *C. maculata* esetében mutattak ki ugyanilyen különbséget (Wold et al., 2001, Pilcher et al., 2005) azonban utóbbi szerzők eredményei alapján elsősorban a növény fenológiai stádiuma hatott a vizsgált fajokra, és a zsákmányállat denzitása nem befolyásolta a katicabogarak abundanciáját.

Ugyanakkor a Bt kukorica hatásvizsgálatát végzők közül többen (pl. Pilcher et al., 1997; Manachini et al., 1999; Wold et al., 2001; Hilbeck, 2001; Bourguet et al., 2002) hangsúlyozzák, hogy annak ellenére, hogy nem találtak különbségeket a hasznos rovarok populációsztájában a két kukorica hibrid között, ettől még nincs kizárva, nem-észlelhető, hátrányos direkt, vagy indirekt hatása a Cry1Ab toxinnak. Hiszen az eddigi vizsgálatok kisparcellákon, rövid ideig folytak, még hiányoznak a hosszú távú, sokéves, tájleptéki monitorozások eredményei. Mindenesetre, a laboratóriumi elemzések eredményei szerint nem várható a Bt kukoricának negatív (mortalitást növelő, vagy a termékenységet, élettartamot csökkentő) hatása az afidofág rovarok (pl. a katicabogarak) esetében. E vizsgálatok szerint a kukoricában termelődő Cry1Ab toxin egyrészt erősen faj- (kukoricamoly), illetve csoport- (Lepidoptera) specifikus a hatását tekintve (Koziel et al., 1993), másrészt a sejtekből az ott termelődő Cry1Ab toxinféhrje nem jut ki a sejtközötti járatokba, ezért a floem-ből táplálkozó fitofágok (pl. levéltetvek) nem veszik fel a toxikus féhrjét, így nem is közvetítik a tritrofikus kapcsolatrendszeren keresztül a természetes ellenségeikhez (Fearing et al., 1997; Dutton et al., 2002).

Újabb laboratóriumi vizsgálatok során azonban bebizonyították, hogy a Bt gyapoton nevelt levéltetvek szervezetében, illetve az azokat fogyasztó katicabogarak, és még azok utódainak szervezetében is kimutatható a Bt-toxin. Eredményeik alapján elmondható, hogy a táplálékáncon keresztül a Bt toxin (Cry1Ab, Cry1Ac) negatívan befolyásolhatja a katicabogarak reprodukcióját

(Zhang et al., 2006). Tehát a Bt toxin átvitele a táplálékhálózat egyes szintjei között, még nem teljesen ismert. Ezek mellett a katicabogár fajok nemcsak a levéltetvek, azaz a zsákmányállat elfogyasztása által kerülhetnek kapcsolatba a toxinnal, hanem más alternatív táplálékuk elfogyasztása révén is. Ilyen alternatív táplálék lehet a pollen, az *Ostrinia nubilalis* (Hübner) tojásai is, melyekben megtalálható a toxin. Azonban, abban az esetben, ha pollen és levéltetű bőségesen áll a katicabogarak rendelkezésre, akkor a kukoricamoly tojások fogyasztása erőteljesen visszaszorul (Musser és Shelton, 2003), mely tovább csökkenti a Bt kukorica esetleges negatív hatásának kifejeződését. Bár a katicabogarak táplálkozásuk (levéltetű, takácsatka, pollen, kukoricamoly tojás) révén kapcsolatba kerülhetnek a Bt toxinnal, szabadföldi körülmények között a három éves vizsgálatunk során az alkalmazott felvételezési módszerekkel egyetlen egy kivételtől eltekintve, nem mutattam ki szignifikáns különbséget a katicabogarak abundanciájában a Bt és az izogénes kukorica között.

Vizsgálatunkban ugyancsak nem találtam szignifikáns különbséget az atkaelfogyasztó *S. punctillum* átlagos populációszintje között a kétféle kukorica állományban. Annak ellenére, hogy a takácsatkák kiszívják a sejt tartalmat - szevezetükben bizonyítottan magas a Cry1Ab toxin koncentráció (Dutton et al., 2002)- sem a tesztelt *Tetranychus urticae* atkán (Lozzia et al., 2000), sem az őket elfogyasztó *C. carnea* lárváknál (Dutton et al., 2002) nem tapasztaltak hátrányos hatást. Feltételezték, hogy az atka bélcsatornájában a toxin valamilyen módon átalakul és, ezáltal elveszti toxikus hatását a fátyolka lárvákra (Dutton et al., 2002). Egy újabb vizsgálat során azonban, kimutatták, hogy a *T. urticae* a szerin proteáz hiánya miatt nem képes lebontani a Cry1Ab toxint, így a harmadik trofikus szintre is rovarölő hatását megőrizve jut át a toxin. Mivel a túlélési arány, fejlődésmenet hossza nem változott, így arra a következtetésre jutottak, hogy a *S. punctillum* középbelének epiteliális sejtjei nem tartalmazzák a specifikus receptor sejtet, melyek a toxin kötődésért felelősek (Álvarez-Alfageme et al., 2008).

4.2.3. Katicabogár-együttesek szezonális dinamikájának összevetése kukorica állományokban

A vizsgált katicabogarak szezonális dinamikájának a mintázata jellemző volt, hogy többkevesebb késéssel mindhárom évben követték a levéltetvek abundancia változásait. Az afidofág katicabogár-együttes tagjai az első levéltetű felszaporodás idején telepedtek be a mintázott kukorica állományokban, ahol megkezdődött a tojásrakás és a lárvák aktivitása is. A korábbi hazai kukorica vizsgálatokhoz (Radwan és Lövei, 1983; Park és Obrycki, 2004) hasonlóan az imágók populációinak első, nagyobbik abundancia csúcsa, mindhárom évben egybeesett a pollenszórás

időszakával, azaz a pollenfogyasztás valószínűsége magas. A katicabogár imágók egy kisebb populáció növekedése volt megfigyelhető a szeptember-október eleji levéltetű felszaporodás idején. Ebben az időszakban az új generáció imágói táplálkoznak a fellelhető levéltetűforrásokon a telelőre vonulás előtt, de már nem szaporodnak (Hodek és Honek, 1996). Hozzájuk hasonlóan mi sem tapasztaltunk tojásrakást a szeptember-októberi mintavételezésekkor.

A katicabogarak abundanciájában a hetenkénti összehasonlítás során nem mutattam ki szignifikáns különbséget, kivéve az első évben a *C. septempunctata* esetében a tizenegy alkalomból két hét alkalmával szignifikánsan magasabb volt a katicabogarak egyedszáma a Bt kukoricában, mint az izogénes kukoricában. Bár a szezon dinamikai ábrák alapján a katicabogár populációk eltolással követik a levéltetvek felszaporodását, nem tudtam pozitív korrelációt kimutatni a levéltetvek és a katicabogarak abundanciája között.

Az *S. punctillum* abundancia-szintje a zsákmányul szolgáló atka populációk dinamikájához szorosan alkalmazkodva, szinkron változott. Az egyik évben egy korai, júliusi, a másik évben egy későbbi, szeptemberi, a harmadik évben, pedig egy augusztus közepi magasabb abundancia szintet mutattak az imágók, és a lárvák is. A három szezonban az atkák populációdinamikája jelentősen eltért, de a hazai kukorica állományokban Kozma (1980) vizsgálatai szerint ez gyakran előfordul.

Eredményeink alapján a Bt kukorica nem befolyásolta az afidofág és az akarifág katicabogár-együttesek szezonális abundancia dinamikáját.

5. Új tudományos eredmények

Magyarországon elsőként vizsgáltam szabadföldi körülmények között a Bt (MON 810, Cry1Ab) kukorica esetleges direkt vagy indirekt hatását a talajszíntén aktív futóbogár-, és a főleg lombszíntén aktív katicabogár-együttesekre és szerkezeti jellemzői, fajösszetétele, faj-diverzitása, abundanciája, és szezonális aktivitása, mint paraméterek segítségével.

Vizsgálatunk során, a Bt (MON 810, Cry1Ab) és az izogénes kukorica futóbogár-együtteseinek összehasonlító elemzéséből megállapítottam, hogy:

1. a kísérleti parcellákon fajokban és egyedekben gazdag futóbogár-együttesek alakultak ki mind a Bt (MON 810, Cry1Ab), mind az izogénes kukoricában. A Bt (MON 810, Cry1Ab) és az izogénes kukorica futóbogár-együtteseinek statisztikailag nem különböztek egymástól sem a fajsám, sem a fajkompozíció tekintetében;
2. a Bt (MON 810, Cry1Ab) kukorica a diverzitásokban nem okozott eltérést;

3. a magas hasonlósági értékek stabil együttesek kialakulására utal mind a Bt (MON 810, Cry1Ab), mind az izogénes kukorica parcellákon;
4. a Bt (MON 810, Cry1Ab) kukorica nem gyakorolt hatást a futóbogarak egyedszámára. A Bt (MON 810, Cry1Ab) és az izogénes kukorica között nem volt szignifikáns különbség sem a teljes futóbogár-együttes, sem a domináns fajok abundanciájában;
5. a Bt (MON 810, Cry1Ab) kukorica nem hatott a futóbogarak szezonális dinamikájára, ugyanis az izogénes és a Bt kukoricában mintázott futóbogár populációk szezonális mintázatai összességében és a gyakori fajok szintjén is hasonlóak.

Szabadszíri három éves vizsgálatunk során, a Bt (MON 810, Cry1Ab) és az izogénes kukorica katicabogár-együtteseinek összehasonlító elemzéséből megállapítottam, hogy:

6. a Bt (MON 810, Cry1Ab) és izogénes kukorica parcellákon is, a hazai kukoricásokra jellemző fajokból épültek fel a katicabogár-együttesek, a Bt (MON 810, Cry1Ab) és az izogénes kukorica parcellák katicabogár-együtteseinek sem a fajkompozíció, sem a fajszám tekintetében statisztikailag nem különböztek egymástól jelentősen;
7. a fajdiverzitási rendezések szerint a Bt (MON 810, Cry1Ab) kukorica nem volt kedvezőtlen hatással a katicabogár-együttesek diverzitására;
8. a Bt (MON 810, Cry1Ab) kukorica nem volt kedvezőtlen hatással a katicabogár-együttesek abundanciájára;
9. a Bt (MON 810) kukorica nem gyakorolt hatást a katicabogarak szezonális dinamikájára. A katicabogarak abundanciájának hetenkénti összehasonlítása során nem mutattam ki szignifikáns különbséget. Az abundancia ingadozások szinkronban voltak a Bt (MON 810, Cry1Ab) és az izogénes parcellákon.

6 Irodalomjegyzék

- ÁLVAREZ-ALFAGEME, F., FERRY, N., CASTANERA, P., ORTEGO, F. and GATEHOUSE, A., M., R. (2008): Prey mediated effects of Bt maize on fitness and digestive physiology of the red spider mite predator *Stethorus punctillum* Weise (Coleoptera: Coccinellidae). *Transgenic Research*, 17 (5): 943-954 p.
- ANDOW, D. A., BIRCH, A. N. E., DUSI, A. N., FONTES, E. M. G., HILBECK, A., LANG, A., LÖVEI, G. L., PIRES, C. S. S., SUJII, E. R., UNDERWOOD, E. and WHEATLEY, R. E. (2006): Non-target and biodiversity risk assessment for genetically modified (GM) crops. 9th

International Symposium on the Biosafety of Genetically Modified Organisms, September 24-29, 2006, Jeju Island, Korea: 68-73 p.

- ANDRIESCU, I., VARVARA, M. and MOGLAN, I. (1984): The dynamics of carabids (Coleoptera, Carabidae) in the maize experimental crops (*Zea mais* L.) treated with insecticides. - In: Kaszab, Z. (ed.), *Verhandlungen X. International Symposium Entomofaunistik Mitteleuropas (SIEEC)*: 143-145. Múzsák Közművelődési Kiadó, Budapest. 420 pp.
- BOURGUET, D., CHAUFAX, J., MICOUD, A., DELOS, M., NAIBO, B., BOMBARDE, F., MARQUE, G., EYCHENNE, N. and PAGLIARI, C. (2002): *Ostrinia nubilalis* parasitism and the field abundance of non-target insects in transgenic *Bacillus thuringiensis* corn (*Zea mays*). *Environmental Biosafety Research*, 1: 49-60 p.
- CÁRCAMO, H. A. and SPENCE, J. R. (1994): Crop type effects on the activity and distribution of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Environmental Entomology*, 23: 684-692 p.
- DIVELY, G. and ROSE, R. (2002): Effects of *Bt* transgenic and conventional insecticide control strategies on the natural enemy community in sweet corn. - In: Van Driesche, R. (ed.) *First International Symposium on Biological Control of Arthropods*: 265-274 p. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Morgantown, West Virginia.
- DUTTON, A., KLEIN, H., ROMEIS, J. and BIGLER, F. (2002): Uptake of *Bt*-toxin by herbivores feeding on transgenic maize and consequences for the predator *Chrysoperla carnea*. *Ecological Entomology*, 27: 441-447 p.
- FARINÓS, G. P., DE LA POZA, M., HERNÁNDEZ-CRESPO, P., ORTEGO, F. and CASTAÑERA, P. (2008): Diversity and seasonal phenology of aboveground arthropods in conventional and transgenic maize crops in Central Spain. *Biological Control*, 44: 362-371 p.
- FEARING, P. L., BROWN, D., VLACHOS, D., MEGHJI, M. & PRIVALLE, L. (1997): Quantitative analysis of *Cry1A* (b) expression in *Bt* maize plants, tissues, and silage and stability of expression over successive generations. *Moleculaar Breeding*, 3: 169-176 p.
- FLOATE, K. D., CÁRCAMO, H. A., BLACKSHAW, R. E., POSTMAN, B. and BOURASSA, S. (2007): Response of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) field populations to four years of Lepidopteran-specific *Bt* corn production. *Environmental Entomology*, 36 (5): 1269-1274 p.
- FREUDE, H., HARD, K. W. & LOHSE, G. A. (1976): Die Käfer Mitteleuropas, Band 2: *Adephaga* 1. *Goetze and Evers*, Krefeld. 302 pp.
- HILBECK, A. (2001): Implications of transgenic, insecticidal plants for insect and plant biodiversity. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 4: 43-61 p.

- HILBECK, A., ANDOW, D. A., ARPAIA, S., BIRCH, A. N. E., FONTES, E. M. G., LÖVEI, G. L., SUJII, E., WHEATLEY, R. E. and UNDERWOOD, E. (2006): Methodology to support non-target and biodiversity risk assessment. *CABI Publishing, Wallingford, UK*: 108-132 p.
- HILBECK, A., JÄNSCH, S., MEIER, M., and RÖMBKE, J. (2008): Analysis and validation of present ecotoxicological test methods and strategies for the risk assessment of genetically modified plants. 287 pp.
- HODEK, I. (1973): Biology of Coccinellidae. *Academia, Prague & Dr W. Junk, The Hague*. 260 pp.
- HODEK, I. and HONEK, A. (1996): Ecology of Coccinellidae. Series Entomologica, vol. 54. *Kluwer Academic Publishers, Dordrecht*. 464 pp.
- HUMMEL, R. L., WALGENBACH, J. F., HOYT, G. D. and KENNEDY, G. G. (2002): Effects of vegetable production system on epigeal arthropod populations. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 93: 177-188 p.
- HŮRKA, K. 1996: Carabidae of the Czech and Slovak Republics. Kabourek, Zlín. 565 pp.
- JAMES, C. (2009): Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2008. *ISAAA Brief No. 39. ISAAA: Ithaca, NY*. 275 pp.
- JAMES, C. (2010): Global status of commercialized biotech/GM crops: 2009. *ISAAA Briefs No. 41. ISAAA: Ithaca, NY*.
- KÁDÁR, F. (1999): Futóbogarak. 196-201. oldal In: Tóth, J. (szerk.) *Erdészeti rovartan*. Agroinform Kiadó, Budapest. 480 pp.
- KÁDÁR F. and LÖVEI G. (1989): Futóbogarak-*Carabidae*:117-125 p. In: Balázs K. és Mészáros Z. (szerk.) *Biológiai védekezés természetes ellenségekkel*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 210 pp.
- KISS, J. (2000): Effects of transgenic Bt-crops on biodiversity of non-target insects in the field. in: de MAAGD (Coord.): „Effects and mechanisms of Bt transgenes on biodiversity of non target insects: pollinators, herbivores and their natural enemies” (QLK3-CT-2000-00547) http://ec.europa.eu/research/quality-of-life/cell-factory/volume1/projects/qlk3-2000-00547_en.html
- KISS J.; SZENTKIRÁLYI F.; TÓTH F.; C.R. EDWARDS.; KÁDÁR F.; KOZMA E.; ÁRPÁS K.; PERCZEL M. ÉS DÖMÖTÖR I. (2002): A Bt-kukorica hatása a nem-célszervezetek biodiverzitására szabadföldön: célok, módszerek és első évi tapasztalatok. 48. Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest, 2002. március 6-7. Abstracts: Kuroli, G.; Balázs, K.; Szemessy, Á (Editors), 46 p.
- KOZIEL, M. G., BELAND, G. L., BOWMAN, CAROZZI, N. B., GRENSHAW, R., CROSSLAND, L., DAWSON, J., DESAI, N., HILL, M., KADWELL, S., LAUNIS, K.,

- LEWIS, K., MADDOX, D., MCPHERSON, K., MEGHJI, M. R., MERLIN, E., RHODES, R., WARREN, G. W., WRIGHT, M. and EVOLA, S. V. (1993): Field performance of elite transgenic maize plants expressing an insecticidal protein derived from *Bacillus thuringiensis*. *Bio/Technology*, 11: 194-200 p.
- KOZMA, E. (1980): Kukoricán károsító levéltetvek és takácsatkák gradobiológiai vizsgálata a Mezőföldön. Doktori Értekezés, Gödöllő: 1-179 pp.
- LESLIE, T. W., HOHEISEL, G.A., BIDDINGER, D. J., ROHR, J.R. and FLEISCHER, S. J. (2007): Transgenes sustain epigeal insect biodiversity in diversified vegetable farm systems. *Environmental Entomology*, 36 (1): 234-244 p.
- LOPEZ, M. D., PRASIFKA, J.R., BRUCK, D. J. and LEWIS, L. C. (2005): Utility of ground beetle species in field test of potential nontarget effects of Bt crops. *Environmental Entomology*, 34 (5): 1317-1324 p.
- LOZZIA, G. C. (1999): Biodiversity and structure of ground beetle assemblages (Coleoptera Carabidae) in Bt corn and its effects on non target insects. *Bollettino di Zoologia agraria e di Bachicoltura*, Ser. II, 31 (1): 39-50 p.
- LOZZIA, G. C., RIGAMONTI, I. E., MANACHINI, B. and ROCCHETTI, R. (2000): Laboratory studies on the effects of transgenic corn on the spider mite *Tetranychus urticae* Koch. *Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura*, 32: 35-47 p.
- LÖVEI G. (1982): Futóbogarak (*Carabidae*) vizsgálata monokultúrás, illetve vetésforgós művelésmódú kukoricaföldeken. *Növényvédelem*, 11: 489-493 p.
- LÖVEI, G. L. (1984): Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in two types of maize fields in Hungary. *Pedobiologia*, 26: 57-64 p.
- LÖVEI, G. L. and SÁROSPATAKI, M. (1990): Carabid beetles in agricultural fields in Eastern Europe. - In: Stork, N. E. (ed.), *The role ground beetles in ecological and environmental studies*: 87-95 p. Intercept Ltd., Andover.
- LÖVEI, G. L. and SUNDERLAND, K. D. (1996): The ecology and behaviour of ground beetles. *Annual Review of Entomology*, 41: 231-256 p.
- LUFF, M. L. (1987): Biology of Polyphagous Ground Beetles in Agriculture. *Agricultural Zoology Review*, 2: 237-278 p.
- MAGURRAN, A. E. (1988): Ecological Diversity and Its Measurement. University Press, Cambridge. 192 pp.
- MANACHINI, B. (2000): Ground beetle assemblages (Coleoptera, Carabidae) and plant dwelling non-target arthropods in isogenic and transgenic corn crops. *Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura*, 32: 181-198 p.

- MANACHINI, B., AGOSTI, M. and RIGAMONTI, I. (1999): Environmental impact of *Bt*-corn on non target entomofauna: synthesis of field and laboratory studies. *XI Symposium Pesticide Chemistry*: 873-882 p.
- MEISSLE, M., VOJTECH, E. and POPPY, G. M. (2005): Effects of Bt maize-fed prey on the generalist predator *Poecilus cupreus* L. (Coleoptera: Carabidae). *Transgenic Research* 14: 123-132 p.
- MERKL, O. (1982): Taxonómiai és faunisztikai vizsgálatok a Kárpát-medence katicabogár (Coleoptera: Coccinellidae) faunáján. Doktori értekezés, Budapest.
- MUSSER, F. R. and SHELTON, A. M. (2003): Predation of *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae) eggs in sweet corn by generalist predators and the impact of alternative foods. *Environmental Entomology*, 32 (5): 1131-1138 p.
- MÜLLER, J. K. (1987): Period of adult emergence in Carabid beetles: an adaptation for reducing competition? *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 22: 409-415 p.
- MÜLLER-MOTZFELD, G. (2004): Käfer Mitteleuropas. Band 2: *Adephaga* 1: *Carabidae*. Spektrum Akademischer Verlag. 521 pp.
- PARK, Y.-L. and OBRYCKI J. J. (2004): Spatio-temporal distribution of corn leaf Aphids (Homoptera: Aphididae) and lady beetles (Coleoptera: Coccinellidae) in Iowa cornfields. *Biological Control*, 31: 210-217 p.
- PILCHER, C. D., OBRYCKI, J. J., RICE, M. E. and LEWIS, L. C. (1997): Preimaginal development, survival, and field abundance of insect predators on transgenic *Bacillus thuringiensis* corn. *Environmental Entomology*, 26 (2): 446-454 p.
- PILCHER, C. D., RICE, M. R. and OBRYCKI, J. J. (2005): Impact of transgenic *Bacillus thuringiensis* corn and crop phenology on five nontarget arthropods. *Environmental Entomology*, 34 (5): 1302-1316 p.
- PODANI, J. (1997): Bevezetés a többváltozós biológiai adatfeldtárás rejtelmeibe. Scientia Kiadó, Budapest, 412 pp.
- PRIESTLEY, A. L. and BROWNBRIDGE, M. (2009): Field trials to evaluate effects of Bt-transgenic silage corn expressing the Cry1Ab insecticidal toxin on non-target soil arthropods northern New England, USA. *Transgenic Research*, 18 (3): 425-443 p.
- RADWAN, Z. and LÖVEI, G. L. (1983): Structure and seasonal dynamics of larval, pupal, and adult coccinellid (Col., Coccinellidae) assemblages in two types of maize fields in Hungary. *Z. Ang. Entomol.*, 96: 396-408 p.
- ROMEIS, J., BARTSCH, D., BIGLER, F., CANDOLFI, M. P., GIELKENS, M. M. C., HARTLEY, S. E., HELLMICH, R. L., HUESING, J. E., JEPSON, P. C., LAYTON, R., QUEMADA, H., RAYBOULD, A., ROSE, R. I., SCHIEMANN, J., SEARS, M. K.,

- SHELTON, A. M., SWEET, J., VAITUZIS, Z. and WOLT, J. D. (2008): Assessment of risk of insect-resistant transgenic crops to nontarget arthropods. *Nature Biotechnology*, 26: 203-208 p.
- SEHNAL, F., HABUŠTOVÁ, O., SPITZER, L., HUSSEIN, H. M. and RŮŽIČKA, V. (2004): A biannual study on the environmental impact of Bt maize. *IOBC/wprs Bulletin*, 27: 147-160.
- SEKULIĆ, R. (1976): Prilog poznavanju fam. Carabidae kulture kukuruza na černozeu u srednjoj bačkoj. *Acta Entomologica Jugoslavica*, 12: 35-48 p.
- SOKAL, R. R. and ROHLF, F. J. 1995: Biometry, 3rd Edition. - W. H. Freeman and Company, New York. 887 pp.
- STATSOFT (2000): STATISTICA for Windows, I-III. StatSoft Inc., Tulsa, O.K. 3958 pp.
- SUNDERLAND, K. D. and VICKERMAN, G. P. (1980): Aphid feeding by some polyphagous predators in relation to aphid density in cereal fields. *Journal of Applied Ecology*, 17: 389-396 p.
- SZENTKIRÁLYI, F. (1997): Seasonal flight patterns of some common brown lacewing species (Neuroptera, Hemerobiidae) in Hungarian agricultural regions. *Biologia (Brat.)*, 52, 291-302 p.
- TER BRAAK, C. J. F. and ŠMILAUER, P. (2002): CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5). Microcomputer Power (Ithaca NY, USA). 500 pp.
- THIELE, M.-U. (1977): Carabid beetles in their environments. *Zoophysiology and Ecology Series 10*. Springer Verlag, Berlin, 369 pp.
- TOSCHKI, A., HOTHORN, A. L. and ROB-NICKOLL, M. (2007): Effects of cultivation of genetically modified Bt maize on epigeic arthropods (Aranea; Carabidae). *Environmental Entomology*, 36 (4): 967-981 p.
- TÓTHMÉRÉSZ, B. (1993): NuCoSa 1.0: Number Cruncher for Community Studies and other Ecological Applications. *Abstracta Botanica*, 7: 283-287 p.
- TÓTHMÉRÉSZ, B. (1994): DivOrd 1.60. Diversity Ordering: finite and infinite samples. *Tiscia*, 28: 63-65 p.
- VOLKMAR, C., LÜBKE-AL HUSSEIN, M., WETZEL, TH. and SCHMUTZLER, K. (1998): Ökologische Begleituntersuchungen in herbizidtolerantem Mais und Raps am Standort Friemar (Freistaat Thüringen). *Z. PflKrankh. Pflschutz, Sonderh.*, 16: 401-410 p.
- WILKINSON, M. J., SWEET, J. B. and POPPY, G., (2003): Preventing the regulatory log jam; the tiered approach to risk assessments. *Trends in Plant Science*, 8, (5): 208-212 p.

- WOLD, S. J., BURKNESS, E. C., HUTCHISON, W. D. and VENETTE, R. C. (2001): In-Field Monitoring of Beneficial Insect Populations in Transgenic Corn Expressing a *Bacillus thuringiensis* Toxin. *Journal of Entomological Science*, 36: 177-187 p.
- ZHANG, G.-F., WAN, F.-H., LÖVEI, G. L., LIU, W.-X. and GUO, J.-Y. (2006): Transmission of Bt toxin to the predator *Propylea japonica* (Coleoptera: Coccinellidae) through its aphid prey feeding on transgenic Bt cotton. *Environmental Entomology*, 35 (1): 143-150 p.
- ZWAHLEN, C. and ANDOW, D. A. (2005): Field evidence for the exposure of ground beetles to Cry1Ab from transgenic corn. *Environmental Biosafety Research*, 4: 113-117 p.

7 Tudományos közlemények jegyzéke

A dolgozat témájához kapcsolódó közlemények

Tudományos cikkek / Articles

- J. Kiss, F. Szentkirályi, F. Tóth, Á. Szénási, F. Kádár, K. Árpás, **D. Szekeres** and C.R. Edwards (2003): Bt Corn: Impact on Non-Targets and Adjusting to Local IPM Systems. In: T. Lelley, E. Balázs, M. Tepfer (Editors): *Ecological Impact of GMO Dissemination in Agroecosystems*. Facultas Verlags-und Buchhandels AG. Wien. 157-172.
- F. Tóth, K. Árpás, **D. Szekeres**, F. Kádár, F. Szentkirályi, Á. Szénási & J. Kiss (2004): Spider web survey or whole plant visual sampling? Impact assessment of Bt corn on non-target predatory insects with two concurrent methods. *Environ. Biosafety Res.* 3: 225-231.
- D. Szekeres**, F. Kádár and J. Kiss (2006): Activity density, diversity and seasonal dynamics of ground beetles (*Coleoptera: Carabidae*) in Bt- (MON810) and in isogenic maize stands. *Entomologica Fennica* 17: 269-275.
- Szekeres D.**, Kádár F. és Kiss J. (2006): Futóbogár (*Coleoptera: Carabidae*) együttesek Bt- (Cry1Ab, MON 810) és izogén kukoricában. *Növényvédelem* 42 (7): 357-363.
- Balog, A., Kiss, J., **Szekeres, D.**, Szénási, Á. & Markó, V. (2010): Rove beetle (*Coleoptera: Staphylinidae*) communities in transgenic Bt (MON810) and near isogenic maize. *Crop Protection* 29: 567-571.

Konferencia absztraktok / Abstracts

- Á. Szénási, J. Kiss, F. Tóth, F. Szentkirályi, F. Kádár and **D. Szekeres** (2003): Comparison of field samplings of sucking and chewing insects from Bt (Cry1Ab, Mon 810) and isogenic corn plots in Hungary. 'Ecological Impact of Genetically Modified Organisms' Conference and IOBC/wprs working group meeting, Praha, Czech Republic, 26-29 November 2003. p. 49.

- D. Szekeres**, F. Kádár, F. Szentkirályi and J. Kiss (2003): Structural characteristics and seasonal dynamics of ground beetle (Coleoptera, Carabidae) assemblages collected in experimental Bt- and isogenic maize fields in Hungary. Conference on 'Biodiversity Implications of Genetically Modified Plants' Monte Verita, Ascona, Switzerland 7-12 September 2003. p. 26.
- D. Szekeres**, F. Szentkirályi, J. Kiss and F. Kádár (2003): Comparison of characteristics of coccinellid assemblages studied in experimental Bt- and isogenic maize fields in Hungary. Conference on 'Biodiversity Implications of Genetically Modified Plants' Monte Verita, Ascona, Switzerland 7-12 September 2003. p. 46.
- F. Szentkirályi, F. Kádár, **D. Szekeres**, J. Kiss, Á. Szénási and F. Tóth (2003): Comparative studies on predatory insect assemblages in experimental Bt- and non-Bt maize fields in Hungary. 'Ecological Impact of Genetically Modified Organisms' Conference and IOBC/wprs working group meeting, Praha, Czech Republic, 26-29 November 2003. p. 50.
- F. Szentkirályi, F. Kádár, J. Kiss, Á. Szénási, F. Tóth and **D. Szekeres** (2003): Effects of transgenic Bt-maize on non-target predatory and parasitoid insects: a comparative review of the Hungarian and other field experiments. Conference on 'Biodiversity Implications of Genetically Modified Plants' Monte Verita, Ascona, Switzerland 7-12 September 2003. p. 48.
- Kiss J., Szentkirályi F., Tóth F., Szénási Á., Kádár F., Árpás K., **Szekeres D.** és C.R. Edwards (2004): Transzgénikus Bt-kukorica (Mon 810, Cry1Ab) hatása nem-célszervezet rovarokra szántóföldön. Géntechnológia harmóniában a zöld világgal Konferencia, Budapest, p. 24-27.
- Szekeres D.**, Szentkirályi F., Kiss J. és Kádár F. (2004): Katicabogár együttesek szerkezetének összehasonlító vizsgálata transzgénikus Bt- és nem Bt-kukorica kísérleti állományjaiban. 50. Növényvédelmi Tudományos Napok. p. 57.
- D. Szekeres**, F. Kádár, F. Szentkirályi & J. Kiss (2005): Seasonal dynamics of important predatory beetles (Coleoptera: Carabidae, Coccinellidae) on *Bt* (Cry1Ab, MON 810) and on isogenic maize plots in a three years field experiment in Hungary. GMO's in integrated plant production, Ecological impact of GMO's. Lleida, Spain, June 1-3, p. 96.
- D. Szekeres**, F. Kádár & J. Kiss (2005): Abundance, diversity and seasonal dynamics of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in *Bt*- and in isogenic maize stands: a three-year field experiment in Hungary. XII European Carabidologists Meeting, Murcia, Spain, 19-22, pp. 101-106.
- Szekeres D.**, Szentkirályi F., Kádár F. és Kiss J. (2006): Van-e káros hatása a transzgénikus Bt-kukoricának a katica- (Coccinellidae) és a futóbogár (Carabidae) együttesekre? / Has the Bt-maize adverse effect on coccinellid (Col: Coccinellidae) and carabid (Col: Carabidae) assemblages? VII. Kolozsvári Biológus Napok, Kolozsvár. p. 24.
- D. Szekeres**, F. Kádár, & Z. Dorner (2008): Ground beetles (*Coleoptera: Carabidae*) in transgenic herbicide tolerant maize hybrids: Impact of the transgenic crop or the weed control practice? GMO's in integrated plant production, Ecological impact of GMO's. IOBC Bulletin, IOBC/wprs Bulletin 33: pp 105-111.
- Balog, A., Szénási, Á. **Szekeres, D.** & Kiss, J. (2010): Staphylinids (*Coleoptera: Staphylinidae*) in genetically modified maize ecosystems: Species densities and trophic interactions. GMO sin Integrated Plant Production, IOBC/wprs Bulletin 52: pp. 9-15.

- Szénási, Á., Pálincás, Z. és **Szekeres, D.** (2010): A gyapottok-bagolylepke (*Helicoverpa armigera*) és a kukoricamolylepke (*Ostrinia nubilalis*) fertőzöttség alakulása *Lepidoptera*-rezisztens (*MON 810*, *DAS-1507 x NK603*) hibridekben. 56. Növényvédelmi Tudományos Napok, p. 55.
- Pálincás, Z., Szénási, Á. és **Szekeres, D.** (2010): Kukoricabogár rezisztens (*DAS-59122*) kukorica kockázatelemzése katicabogár-félékre (*Coccinellidae*), szabadföldön. 56. Növényvédelmi Tudományos Napok, p. 58.
- Balog, A., **Szekeres, D.**, Szénási, Á., Pálincás, Z. és Kádár, F. (2010): Holyvák (*Coleoptera: Staphylinidae*) dominanciaviszonyai és aktivitásuk különböző transzgenikus (*MON 810*; *Cry1Ab*, *DAS-1507 x NK603*; *Cry1F x HT* és *DAS-59122*; *Cry34Ab1*, *Cry35Ab1*) kukorica hibridekben. Növényvédelmi Tudományos Napok, p. 63.
- Dorner, Z., Zalai, M., **Szekeres, D.**, Pálincás, Z. és Szénási, Á. (2010): *Glyphosate*-toleráns (*DAS-1507 x NK603*, *DAS-59122 x NK603*) kukorica: csökkenhet vagy növekedhet-e a biodiverzitás? Növényvédelmi Tudományos Napok, p. 65.
- Szénási, Á., Pálincás, Z. és **Szekeres, D.** (2010): Kukoricabogár- (*DAS-59122*) és *Lepidoptera*-rezisztens (*DAS-1507 x NK603*) továbbá *Glyphosate*-toleráns (*DAS-1507 x NK603* és *DAS-59122 x NK603*) kukoricák környezeti kockázatelemzés: kockázati hipotézis, kitettség és szabadföldi tesztek. Növényvédelmi Tudományos Napok, p. 80.