.

SZENT ISTVÁN EGYETEM

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

Doktori (PhD) értekezés

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**

.

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS 1

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS 5

2.1. A kukoricatermesztés jelentősége 5

2.2. Genetikailag módosított szántóföldi növények 6
2.2.1. A transzgénikus növények térhódítása 6
2.2.2. A rovarrezisztenciát biztosító genetikailag módosított kukorica 7
2.2.3. A MON 810-es transzformációval előállított GM-kukorica hibrid 8

2.3. A kukoricára jellemző rovaregyüttesek 9
2.3.1. A hazai kukorica állományokra jellemző rovar diverzitás 9
2.3.2. Ragadozók a hazai kukorica állományokban 9
2.3.3. Futóbogarak (Carabidae) 10
2.3.3.1. Kukorica kultúrákban előforduló futóbogár fajok 10
2.3.3.2. Futóbogár fajok a különböző eseményű genetikailag módosított kukorica állományokban 13
2.3.4. Katicabogarak (Coccinellidae) 15
2.3.4.1. Kukorica kultúrákban előforduló katicabogár fajok 15
2.3.4.2. Katicabogár fajok a Bt és az izogénes kukorica állományokban 16
2.3.4.3. Katicabogarak kukorica állományokban tapasztalt szezonális abundancia dinamikájának áttekintése 20

3. ANYAG ÉS MÓDSZER 23

3.1. A vizsgálat helye, ideje és elrendezése 23

3.2. Felvételezési módszerek 25
3.2.1. Futóbogarak (Carabidae) 25
3.2.2. Katicabogarak (Coccinellidae) 26

3.3. Begyűjtött anyag feldolgozása 27
3.3.1. Futóbogarak (Carabidae) meghatározása 27
3.3.2. Katicabogarak (Coccinellidae) kitenyésztése, meghatározása 27

3.4. Adatrendezés, statisztikai elemzés 28

4. EREDMÉNYEK 31

4.1. Futóbogarak (Carabidae) 31
4.1.1. A futóbogár-együttesek szerkezeti jellemzőinek összevetése Bt és izogénes kukorica parcellákon 31
4.1.2. Bt és izogénes kukoricában mintázott futóbogár-együttesek összehasonlítása 37
4.1.3. A futóbogár-együttesek szezonális abundancia-dinamikájának összevetése Bt és izogénes kukorica parcellákon 41

4.2. Katicabogarak (Coccinellidae) **51**
4.2.1. A katicabogár-együttesek szerkezeti jellemzőinek összevetése Bt és izogénes kukorica állományokban 51
4.2.2. A Bt és az izogénes kukorica parcellák katicabogár-együtteseinek összehasonlítása 59
4.2.3. A katicabogár-együttesek szezonális abundancia-dinamikájának jellemzése 63
4.2.3.1. Az afidofág katicabogár imágók szezonális abundancia-dinamikájának összevetése Bt és izogénes kukorica parcellákon 63
4.2.3.2. Az afidofág katicabogár lárvák és tojások szezonális abundancia-dinamikájának összevetése Bt és izogénes kukorica parcellákon 71
4.2.3.3. Az akarifág *Stethorus puntillum* imágók és lárvák szezonális abundancia-dinamikájának összevetése Bt és izogénes kukorica parcellákon 74

5. ÉRTÉKELÉS ÉS KÖVETKEZTETÉSEK **79**

5.1. A futóbogár-együttesek **79**
5.1.1. A futóbogár-együttesek szerkezeti jellemzőinek összehasonlítása kukorica állományokban 79
5.1.2. A futóbogár-együttesek szerkezeti jellemzőinek összevetése Bt és izogénes kukorica állományokban 82
5.1.3. Futóbogár-együttesek szezonális dinamikájának összehasonlítása kukorica állományokban 84

5.2. A katicabogár-együttesek **85**
5.2.1. A katicabogár-együttesek szerkezeti jellemzőinek összehasonlítása kukorica állományokban 85
5.2.2. A katicabogár-együttesek szerkezeti jellemzőinek összehasonlítása Bt és izogénes kukorica állományokban 87
5.2.3. Katicabogár-együttesek szezonális dinamikájának összevetése kukorica állományokban 92

6. ÖSSZEFOGLALÁS **97**

7. SUMMARY **99**

8. IRODALOMJEGYZÉK **101**

1. MELLÉKLET: KUKORICA FENOLÓGIAI STÁDIUMAI **121**

FÜGGELÉK **123**

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS **201**

1. BEVEZETÉS

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 célkártevő 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 predátorokhoz és parazitoidokhoz.

2001-ben kapcsolódtam be egy, a Szent István Egyetem Növényvédelemtani Tanszékén (jelenleg Növényvédelmi Intézet) folyó EU-5 RTD Framework Project: ”Quality of life and management of living resources” „Effects and mechanisms of Bt transgenes on biodiversity of non target insects: pollinators, herbivors 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 táplálékklánc bizonyos részeire, és a biodiverzitásra. A fenti projekt az alábbi funkcionális csoportokat és szinteket vizsgálta:

Funkcionális csoportok:	nem-célszervezet herbivorok, ragadozók, parazitoidok, beporzók;
Elemzési szintek:	(sub)celluláris, egyed, „ökoszszisztéma”
Vizsgálati szintek:	labroatórium, üvegház, félszabadföld, szabadföld

A fenti projekt WP6 (Effects of transgenic Bt-crops on biodiversity of non-target insects in the field) részeként végeztem munkámat. Ebben a munkacsomagban a Bt (MON 810, Cry1Ab) kukoricában élő/mintázott herbivor, ragadozó és parazitoid együttesek elemzésével, izogénes x Bt kezelések összehasonlításával szabadföldi (termesztésnek megfelelő) viszonyok között, trofikus

kapcsolatrendszerre is építve, direkt és indirekt hatásokat is feltételezve céloztuk meg a környezeti kockázatelemzést (Kiss, 2000a; Kiss et al. 2002a).

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. (Miután saját kutatási munkám megkezdésekor ezek a közlemények nem álltak még rendelkezésre, ezekre itt részletesebben tovább nem térek ki).

Miután a munkámnak keretet adó projekt eredményei részben az európai szabályozás tudományos hátteréül is szolgáltak, röviden kitérek az Európai Unió GM szervezeteket érintő szabályozására. Az Európai Unió területén a GM növények környezetbe történő, kereskedelmi célú kibocsátását (takarmány, élelmiszer és feldolgozási, és egyéb feldolgozási és termesztési célokra) közösségi rendelet és irányelv (EC Regulation No. 1829/2003 és Directive 2001/18/EC) szabályozza. A környezetbe történő szándékos kibocsátás az elővigyázatosság elvén, azaz a GM növény környezetbe történő kibocsátásának az engedélyezése az adott genetikai esemény és a növény környezeti és humán egészségügyi kockázatelemzésein alapszik. Emellett a környezetbe történő szándékos kibocsátásnak fokozatosan kell történnie, azaz a lépcsőzetesen kialakított kockázatelemzés során csak akkor lehet tovább lépni, amennyiben azt a korábbi szint eredménye azt lehetővé teszi (EFSA, 2006). A kibocsátási engedélyt kérőnek az Európai Unió Élelmiszerbitonsági Hatóság (EFSA, European Food Safety Authority) által kiadott “Guidence Document”-ben meghatározott tartalmú részletes dokumentumot kell benyújtania, melynek tartalmaznia kell a környezeti kockázat elemzéshez szükséges, elvégzett vizsgálatok eredményeit a befogadó szervezetről, a genetikai változásról, az előállított GM növényről, a génbevitellel járó változások, tulajdonságok stb. [részletesebben lásd: Guidance Document for the Risk Assement of GM Plants and Derived Food and Feed (EFSA, 2006)]. 2010 novemberében került nyilvánosságra a még részletesebb útmutató (EFSA 2010a), amelyben a nem-célszervezetek között, mint ragadozó funkcionális csoportba tartozó szervezetek külön említésre kerültek a katicabogarak és a futóbogarak. Még részletesebben foglalkozik a GM növényeknek a nem-célszervezetkre gyakorolt potenciális hatásával az ugyancsak 2010 novemberében közzétett EFSA tudományos vélemény (EFSA, 2010b).

Kutatási munkámban 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 opportunista, 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 atkák populációinak korlátozásához, a kártevők populáció-sűrűségét csökkenthetik és a felszaporodási csúcsot késleltethetik (Merkl, 1982; Radwan és Lövei, 1983; Hodek és Honek, 1996, Kromp, 1999; Obrycki et al., 2009; Romeis et al., 2006).

A kukoricások futó- és katicabogár-együtteseire irányuló 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 (2001) szabadföldi körülmények között hazánkban nem vizsgálták a Bt (MON 810) kukorica hibrid által termelt Cry1Ab toxin esetleges direkt vagy indirekt kedvezőtlen hatását a futó- és a katicabogár-együttesekre. A futóbogarak esetében ugyan az opportunista táplálkozás mód csökkentheti a toxin indirekt hatásának (zsákmányállatra gyakorolt hatás) 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. Munkám során a fent említettek mellett, szintén fontosnak tartottam a ragadozó futó- és katicabogár együttesek és a domináns fajok szezonális abundancia változásainak vizsgálatát, illetve összehasonlítását a Bt és az izogénes kukorica parcellákban. Ezen eredményeim támpontot adhatnak, illetve háttér információt nyújthatnak más hasonló célú környezeti kockázatelemzések elvégzéséhez, hiszen az adatok alapján könnyen behatárolható, hogy mikor és milyen hosszan célszerű e rovarcsoportokat mintavételezni, bár a fogási adatok évenként és területenként eltérően alakulhatnak. Ezen okokból adódóan kiemelten fontosnak tartottuk a Cry1Ab toxint termelő Bt kukorica szabadföldi ökológiai hatásvizsgálatának elvégzését e két ragadozó csoportra hazai körülmények között is.

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 punctillum* Weise (Merkl, 1982). Vizsgálataink kezdetekor általános feltételezés volt, hogy a levéltetvek szervezetébe nem kerül be a Bt toxin, ugyanis a levéltetvek a floemből táplálkoznak, és a toxin nem kerül ki a sejt közötti járatokba (Head et al., 2001; Raps et al., 2001). Ennek alapján a Cry1Ab

toxinnak elvileg nem volt várható direkt hatása a főként levéltetveket fogyasztó katicabogár fajokra. A szabadföldi hatásvizsgálat az afidofág katicabogarak esetében mégis indokolt volt, hiszen a toxin nem csak a zsákmányállat elfogyasztása révén, hanem az alternatív táplálék (például: pollen) fogyasztása, illetve indirekt módon, a zsákmányállatokra gyakorolt hatásán keresztül (denzitás, minőségbeli változás) is hathat e nem célszervezet fajokra. Pollent fogyasztó katicabogár fajoknál észlelhető mennyiségben kimutatták a Cry1Ab toxint e fajok szervezetében (Lundgren et al., 2004). Későbbi vizsgálatok során a Cry1Ab, Cry1Ac toxint termelő gyapoton táplálkozó levéltetvek (*Aphis gossypii*) szervezetében is kimutatható volt a toxin (Zhang et al., 2006), ily módon már a toxin direkt hatása is feltételezhető. Az előző két vizsgálat utólagosan is megerősítette, hogy az afidofág katicibogarak esetében is indokolt a hatásvizsgálat elvégzése. Az atkafogyasztó atkászböde 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).

Célkitűzéseim a következők voltak:

- a ragadozó futó- és katicabogár-együttesek szerkezeti jellemzőinek összehasonlító elemzése a Bt (MON 810, Cry1Ab) és a hozzá közel álló izogénes kukorica állományokban,
- a ragadozók futó- és katicabogarak és zsákmányállataik szezonális változásainak jellemzése és összevetése a Bt (MON 810, Cry1Ab) és a hozzá közel álló izogénes kukorica állományok között,
- vizsgálataim alapján hozzájárulás a Bt (MON 810, Cry1Ab) kukorica környezeti kockázatelemzéséhez, és annak módszertani fejlesztéséhez.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A kukoricatermesztés jelentősége

A kukorica a világ egyik legfontosabb takarmánynövénye. Hasznosíthatóságának sokoldalúságát mutatja, hogy a takarmányozásban, emberi táplálkozásban és az iparban is felhasználják. A világon szinte mindenhol termesztik, ahol az éghajlati viszonyok ezt lehetővé teszik. A kukorica termőterülete az egész Földön 2005 és 2008 között fokozatosan növekedett, 2009-ben egy kisebb csökkenés volt megfigyelhető. Ellentétben az Európai Unió és Magyarország kukorica termőterületével, mely 2005 és 2006 között növekedett, majd 2007-ben és 2009-ben kisebb visszaesés, a két év között pedig, növekedés volt megfigyelhető (1. táblázat).

1. táblázat: A kukorica termőterületének alakulása (ha) 2005-től 2009-ig (FAOSTAT, 2010)

	2005	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**
Föld	147.476.511	148.826.073	159.048.579	161.105.730	159.531.007
Európai Unió	8.991.650	8.555.895	8.033.645	8.808.354	8.349.407
Magyarország	1.197.547	1.214.952	1.078.784	1.191.804	1.177.321

Magyarországon a kukorica a legnagyobb területen termesztett haszonnövény. Jelentős, mint termék és területnagyságánál fogva jelentős a környezet egészére (talajra, levegőre, illetve élőhelyként a biodiverzitásra) gyakorolt hatása és jelentős jövedelemforrás a gazdálkodók számára (Kiss et al., 2002b). 1960-1980 között Magyarország, az átlagtermés növekedésében, az egymillió hektár felett termelő országok között első helyezet lett, az egy hektárra eső termésátlagban pedig harmadik az Amerikai Egyesült Államok és Franciaország mögött (Turi, 2002). Vetőmagnak, silókukoricának, csemegekukoricának, szemeskukoricának, illetve pattogtatni való kukoricának termesztjük.

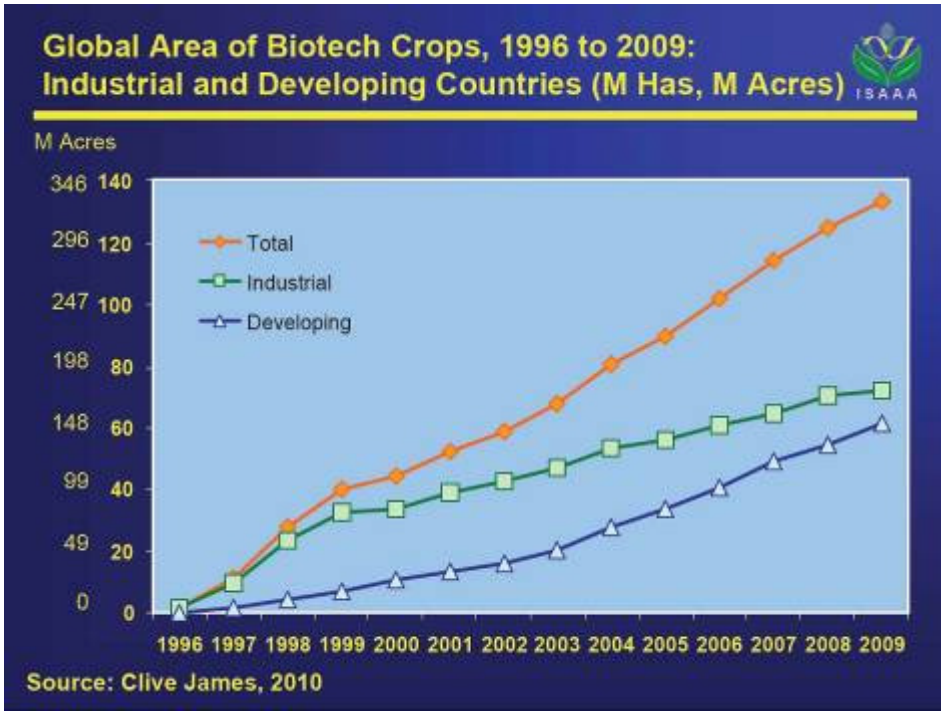
Ma Magyarországon a takarmányok legfontosabb alkotóeleme még mindig a kukorica, mely az állatállomány energiaigényének 70-75%-át, a takarmányok fehérjeszükségletének 40%-át fedezi (Kiss, 2000b). A keményítőben gazdag szemtermése fontos abrak takarmány, de az egész növényt hasznosítják például: silózva, zölden etetve stb. Nagy energiatartalma és jó emészthetősége miatt közvetlen emberi fogyasztásra is alkalmas és javasolt. Ennek ellenére csak kevés országban (Indiában, Portugáliában, Brazíliában, Guatemalában, Venezuelában, Mexikóban) fogyasztják nagy mennyiségben, a többi országban köztük hazánkban is a táplálkozásban betöltött szerepe kisebb. Az utóbbi években választékbővítés céljából egyre több kukoricából előállított termék jelenik meg a

piacon, mint például a kukoricaliszt és dara, és még több ilyen típusú termék megjelenése várható. Az ipar korábban csak a szesz és keményítő előállításra használta a kukoricát. Ma már étolaj (kukoricacsíraolaj), cukor (izocukor), keményítő, finomszesz és egyéb kukorica készítmények előállításával is foglalkozik az ipar. Ezeket a termékeket nagyobb részben az élelmiszer-, gyógyszer-, textil- és papíripar használja fel (Radics, 1994).

2.2. Genetikailag módosított szántóföldi növények

2.2.1. A transzgénikus növények térhódítása

A transzgénikus növények termőterülete 14 éve (1996 óta) növekszik, és 2009-re elérte a 134 millió hektárt (1. ábra; James, 2010).



1. ábra: A GM növények globális vetésterületének alakulása az elmúlt 13 évben (James, 2010)

2007-ben a világon 158 millió hektáron termesztettek kukoricát, melyből 35,2 millió hektár transzgénikus kukorica volt. A transzgénikus kukorica vetésterülete az összes GM növény termőterületének a 31%-át tette ki (James, 2007). 2008-ban a transzgénikus kukoricát termesztő 7 Európai Uniós tagállamban a növény vetés területe 21%-kal nőtt, és így elérte a 107 ezer hektárt (James, 2009).

2008-ban az Egyesült Államokban és Kanadában először került köztermesztésbe herbicid toleráns RR cukorrépa. Ebben az évben összesen öt országban, Egyiptomban, Burkina Fasoban, Bolíviában, Brazilíában és Argentínában olyan új GM növényeket vontak köztermesztésbe,

melyeket addig csak más országokban engedélyeztek. A hozzáadott tulajdonságokat kombináltan tartalmazó GM növények termőterülete megközelítőleg 27 millió hektár volt 10 országban, ez a 23%-os növekedés meghaladta az egy tulajdonságot hordozó GM növények vetés területének növekedését (James, 2009).

2.2.2. A rovarrezisztenciát biztosító genetikailag módosított kukorica

A növények természetes védekezési mechanizmusuknak köszönhetően, olyan másodlagos anyagcseretermékeket termelnek, melyek károsak a rovarokra. Ezért az egyes növényevő rovar fajok bizonyos tápnövény fajokra specializálódtak. A növények, fajok és fajon belül az egyedek természetes rezisztenciája különböző.

Az elmúlt 15 évben a géntechnológia a növényi és bakteriális gének felhasználásával átütő sikereket ért el. 1987-ben számoltak be az első sikeres transzgénikus rovarrezisztens növényről. Az Amerikai Egyesült Államokban, 1955-ben kerültek köztermesztésbe az első rovarrezisztens fajták (gyapot, kukorica, burgonya), melyekben a *Bacillus thuringiensis* (Bt) delta-endotoxint termelő génje biztosítja a rovarrezisztenciát (Heszky, 2000).

A növényvédelemben a baktérium spóráit és endotoxinját az 1950-es évek óta használják, mint biopeszticid (Heszky, 2000). A *Bacillus thuringiensis* (Bt) egy spóraképző talaj baktérium, mely a spóraképzés során rovarokra toxikus parasporális kristályokat termel. Ezek a parasporális kristályok delta-endotoxinokat, azaz általában egy vagy több Crystal (Cry) és Cytolitic (Cyt) fehérjéket tartalmaznak (Bravo, 2007). Miután a rovar elfogyasztja a toxint, a rovarok lúgos kémhatású középbelében a parasporális kristályok feloldódnak (proteolitikus aktiválás) és a bennük lévő protoxinok kiszabadulnak, melyeket a rovar emésztése során a középbél proteázai kisebb polipeptidekké (aktív forma) hasítják fel. Ezt követően a toxinok a középbél epiteliális sejtjeinek receptoraihoz kapcsolódva beépülnek a sejthártyába, és pórusokat nyitva a kolloidok ozmotikus lízise által tönkreteszik az epiteliális membránt, mely a rovar pusztulásához vezet (de Maagd et al., 1999). A rovar érzékenységét a toxinra az dönti el, hogy a középbél epiteliális hámsejtei receptorához hozzá tud-e kapcsolódni az aktív forma (Heszky, 2000).

A *Bacillus thuringiensis* törzsei többféle kristályos toxint termelnek, melyek más-más rovarrendekre hatnak. Ezt a specifitást a rovar receptor molekulája és a fehérje szerkezete adja. Cry géncsalád négy alcsaládra osztható, melyek közül a CryI alcsaládba tartozó gének fehérjéi a Lepidoptera lárvákra, a CryII alcsaládba tartozó gének a Lepidoptera és Diptera rendekre, a CryIII alcsaládba tartozó gének a Coleoptera rendre, míg a CryIV alcsaládba tartozó gének a *Diptera* rendre toxikus fehérjék termelését kódolják (Crickmore et al., 1998). A Cry1A gént a *Bacillus*

thuringiensis var. kurstaki Berliner törzs tartalmazza, ezt a gént már 26 gazdasági növény fajba ültették be.

2.2.3. A MON 810-es transzformációval előállított GM-kukorica hibrid

A MON 810 transzformációs eseménnyel előállított genetikailag módosított Bt kukorica hibridekbe a *Bacillus thuringiensis* baktérium faj Cry1Ab toxin termeléséért felelős génjét ültették be, amely egyes Lepidoptera fajok így a célszervezet kukoricamoly [*Ostrinia nubilalis* (Hübner, 1796)] lárvái ellen hatékony.

A kukoricamoly eurázsiai elterjedésű lepke faj, melyet valószínűleg Magyarországról, vagy Olaszországból hurcoltak be az Egyesült Államokba, ahol sokkal nagyobb kártételt okoz, mint őshazájában. Hazánkban kártétele évenként és tájegységenként változik, de inkább a déli megyékben okoz gondot (Keszthelyi et al., 2003).

A kárt a lárva okozza a szár belsejének végig rágásával, melynek következtében a szél a kukoricát könnyen eltörheti, és a gépi betakarítást megnehezíti. A sebzések helyein a kukorica golyvásüszöggel és fuzáriummal fertőződhet. A kukoricatermés mennyisége csökken, kényszeréretté válik és így a magok csírázóképességét csökkenti. Magyarország nagy részén, már az 1950-es évektől az *O. nubilalis* két nemzedékéről számolnak be (Nagy, 1993), az elmúlt évtizedben pedig már az egész ország területén két nemzedékes a kukoricamoly (Keszthelyi és Lengyel, 2003; Keszthelyi és Sáringer, 2003). A melegebb éghajlatú országokban és Amerikában 2-3 nemzedéke is kialakulhat (Meissle et al., 2010).

Magyarországon nem a rovar kártevők a legjelentősebbek a kukoricában, és az *Ostrinia nubilalis* jelentősége más országokhoz viszonyítva is kisebb, mint például Spanyolországban (Meissle et al., 2010). Hiszen kártételének mértéke területenként és évenként változik, így csak egyes években az ország egyes régióiban szükséges védekezni ellene, nagyobb kárt hazánkban inkább a csemegekukoricában okoz. Meissle et al. (2010) aktuális helyzet felmérése szerint, a Lepidoptera rendhez tartozó rovarkártevők közül a kukoricamolyt, a Helicoverpa armigera-t, valamint a Coleoptera rendhez tartozó kukoricabogarat a fontos kártevők közé sorolták, mivel Magyarországon a kukoricamoly által fertőzött terület mértéke akár a 20 %-ot is elérheti (Meissle et al., 2010).

2.3. A kukoricára jellemző rovaregyüttesek

2.3.1. A hazai kukorica állományokra jellemző rovar diverzitás

A kukorica rovarvilága fajgazdag, a növényevő, vegyes táplálkozású és ragadozó fajok egyaránt jelen vannak. Mészáros et al. (1984) (munkáját az alábbiakban összefoglalva) 560 ízeltlábú fajt találtak a vizsgált monokultúrás és vetésforgós kukorica táblákon. Az egyenesszárnyúak 3 családja a Tettigoniidae, a Gryllidae és az Acaridae család 10 faja fordult elő a vizsgált területen. A bőrszárnyúak közül egyedül a közönséges fülbemászó volt jelen. A levéltetvek nagy diverzitást mutattak, összesen 19 fajt találtak [például: *Rhopalosiphum padi* L., *Sitobion avenae* (F.), *Brachycaudus helichrysi* (Kaltenbach)]. A pajzstetvek alrendjének három családja 8 fajjal volt jelen. A poloskák a Corixidae, Miridae, Anthocoridae, Nabidae, Reduviidae, Tingidae, Saldidae, Lygaeidae, Coreidae, Pentatomidae, Scutelleridae, Cydnidae családba tartozó fajokkal szerepeltek a listában. A Neuroptera 2 családja a Chrysopidae és a Hemerobiidae volt képviselve a kukorica állományban. A Coleoptera rend számos családja fordult elő a vizsgálat helyszínén, mint például a Carabidae, Coccellinidae, Elateridae, Tenebrionidae, Chrysomelidae. Szintén a nagy diverzitást tükröz a lepkék nagy fajszáma, melyek például Cossidae, Plutellidae, Tortricidae, Pyralidae, Geometridae, Noctuidae, Arctidae családba tartoznak. A kétszárnyúak is nagy fajszámmal fordultak elő a területen (pl.: Cecidomydae, Syrphidae, Tipulidae, Drosophilidae, Muscidae). A hártyásszárnyúak 20 családját mutatták ki kukorica állományban, ezek közül a legnagyobb fajszámú az Ichneumonidae, a Braconidae és az Eulophidae. Az Arachnoidae rendbe tartozó Trasonemidae család 3, az Acaridae család 2, az Oribatidae család 7 faja szerepel a fajlistájukban.

2.3.2. Ragadozók a hazai kukorica állományokban

A ragadozó rovarok fontos szerepet töltenek be a kukorica növényvédelmében, hiszen táplálkozásukkal megakadályozzák a kukorica kártevőinek felszaporodását, valamint azok felszaporodási csúcsát késleltetik. Mészáros et al. (1998) vizsgálatából kiderült, hogy a Magyarországon előforduló Thysanoptera fajok közül 12 ragadozó. Az *Aeolothrips intermedius* Bagnall kukoricában is előforduló ragadozó faj, mely elsősorban takácsatkákkal és tripszlárvákkal (pl.: *Thrips tabaci* Lindeman) táplálkozik. A poloskák között is számos ragadozó faj van. Az *Orius niger* (Wolf), *Orius majusculus* (Reuter), *Orius minutus* (L.) szintén tripszeket és takácsatkákat

fogyasztanak a kukorica táblákban. A Nabidae családba tartozó fajok [például: *Nabis ferus* (L.), *Nabis pseudoferus* Remane, *Nabis punctatus* Costa] apró termetű rovarokat, levéltetveket, poloskákat, kabócákat ragadoznak. Elsősorban a lárvákat kedvelik, de a kifejlett imágókat is megtámadják, illetve a tojásokat kiszívják. Apró testű, könnyen zsákmányolható rovarral, illetve rovartojással táplálkoznak a zöld fátyolkák (*Chrysoperla carnea* Stephens, *Chrysoperla lucasina* Lacroix*),* valamint a barna fátyolkák [*Micromus variegatus* (F.), *Micromus angulatus* (Stephens)], így a leghasznosabb természetes ellenségek közé tartoznak. A Carabidae családba növényevő, vegyes táplálkozású és ragadozó fajok is találhatók. A *Pseudoophonus rufipes* (DeGeer) lárvái kizárólag gyommagvakkal, míg a kifejlett imágók táplálékának nagy részét is a gyommagvak teszik ki (Luff, 1980, Martinková et al., 2006). A *Dolichus halensis* (Schaller) esetében is előfordulhat növényi táplálék fogyasztása (Zhavoronkova, 1969), míg a *Trechus quadristriatus* (Schrank), faj lárvái és kifejlett imágói is ragadozó életmódot folytatnak. A futóbogár fajok többsége táplálkozási szempontból opportunista. A Staphylinidae családból például a *Tachyporus hypnorum* (F.), *Paederus riparius* (L.), *P. littoralis* Gravenhorst fajokat figyelték meg kukoricatáblákon. Ezek a fajok lárva- és imágóállapotban is ragadozók, nagy mozgékonyságuknak köszönhetően a növény minden részéhez hozzáférnek, így a nagyon apró, kis egyedszámban jelenlévő ízeltlábúakat is megtalálja (Mészáros et al., 1998). A katicabogarak túlnyomó többsége ragadozó mind lárva-, mind kifejlett állapotban, vannak köztük levéltetű, atka és pajzstetűfogyasztók. A *Coccinella septempunctata* L., *Propylea quatuordecimpunctata* L., *Stethorus punctillum* Weise a kukorica állományokban gyéríti a levéltetű és atka populációkat. A Syrphidae családba tartozó *Episyrphus balteatus* De Geer a kukorica állományokban is előforduló faj, az imágók virláglátogatók, a lárvák levéltetveket fogyasztanak, így az egyik legfontosabb afidofág zengőlégy faj (Mészáros et al., 1998).

2.3.3. Futóbogarak (Carabidae)

2.3.3.1. Kukorica kultúrákban előforduló futóbogár fajok

A futóbogár alkatúakon belül a Carabidae családba igen változatos alakú és színezetű bogarak tartoznak. Méretük is igen eltérő, legkisebb fajaik 1,5-2 mm-esek, míg legnagyobb hazai fajunk 35-40 mm-es (Kádár és Lövei, 1989). A futóbogarak családja fajokban gazdag, eddig több mint 40 000 fajt írtak le (Lövei és Sunderland, 1996), melyből közel 3000 faj ismert Európában (Turin, 1981). Magyarországon körülbelül 500 faj fordul elő (Kádár, 1999). Minden régiónak megvan a sajátos futóbogár-együttese. Az egyes élőhelytípusok faj- és egyedszáma eltérő. A

futóbogarak inkább opportunista ragadozók, melyek többségében a talajfelszínen mozgó ízeltlábúakkal táplálkoznak (epigeikus ragadozók). A fajok közt vannak növényevők (pl.: *Zabrus* spp.), vegyestáplálkozásúak (pl.: számos *Harpalus* és *Amara* faj), és ragadozók (pl.: *Carabus* spp.). A természetben a futóbogarak számára a táplálékellátottság szuboptimális, ezért a vegyes táplálkozás, a polifágia valamint az opportunizmus a számukra a jó stratégia. Ez a tulajdonság teszi őket alkalmassá arra, hogy biológiai szabályozóként működhessenek, hiszen a zsákmányállat visszaszorulása esetén is életben maradhatnak az adott területen (Kádár, 1999). Számos szántóföldekre jellemző futóbogár faj fogyaszt gyommagvakat, mint a főként a Harpalini (például: *Harpalus*, *Pseudoophonus*, *Stenolophus)* és a Zabrini (például: *Amara* és *Zabrus*) nemhez tartozó fajok (Thiele, 1977; Hůrka, 1996). Egyes fajok lárvafejlődéséhez elengedhetetlen a gyommavak fogyastása (Jørgensen és Toft, 1997; Saska és Jarošik, 2001).

Több futóbogár faj a kukorica növényekre is felmászik zsákmány után kutatva (Sunderland és Vickerman, 1980; Lövei és Szentkirályi, 1984; Asin és Pons, 1998), de aktívabbak a talajfelszínen és a talaj felső rétegében. A kukorica növények lombozatáról a nagy egyedszámmal képviselt növényevő rovarok egy jelentős része lejut a talajszintre is. Például az *Ostrinia nubilalis* L_1-es lárvái szálat eresztve gyakran érik el a talajt, hogy aztán átmásszanak egy másik növényre. Számos a kukoricásban élő rovar az állomány talajába húzódva bábozódik, ehhez le kell mászniuk a növényről [pl. *Helicoverpa armigera* (Hübner)], valamint a szél hatására is, a mozgó kukorica növényekről nagyszámú apró állat (többek között levéltetvek) sodródik, hullik le a talajra. Ezek az ízeltlábúak a gyökérzónában élő károsítókkal együtt (pl. *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte lárvák) a futóbogarak zsákmányául szolgálhatnak, így bekapcsolhatják azokat a kukoricásban felépülő táplálkozási hálózatba.

A mezőgazdasági területek rendszeres és nagymértékű zavarásnak vannak kitéve agrotechnikájuk miatt. Az itt élő rovar fajoknak nagy alkalmazkodó képességgel kell rendelkezniük a gyorsan és szélsőségesen változó körülmények miatt (Lövei, 1990). A futóbogarak között sok olyan faj van, melyek rendelkeznek ezzel a képességgel. Már több összefoglaló dolgozat született a mezőgazdasági területeken élő futóbogarakról. Ezekből kitűnik, hogy szinte minden kultúrában megtalálhatóak (Thiele, 1977; Luff, 1987). A "kelet-európai" listában 29 faj szerepel, mint mezőgazdasági területeken élő futóbogár (Lövei és Sárospataki, 1990). Összfajszámuk táblánként általában 15-40 között változik (Kádár és Lövei, 1989), de ennél jóval magasabb érték is előfordulhat.

A hazai és a külföldi felmérések alapján a kukorica állományokban magas fajszámban fordulnak elő a futóbogarak. Bár számos amerikai vizsgálat történt kukorica táblákban (pl.: Kirk, 1982; Hsin et al., 1979; Gray és Coats, 1983; Brust et al., 1986; Pavuk et al., 1997), számunkra jelentősebbek az európai, és ezen belül is a hazai felmérések, melyekből sajnos kevés van.

Desender és Alderweireldt (1990) három különböző termesztésű kukoricaföldön folytatott kísérletében 10 faj több mint 60 egyeddel és 19 faj legalább 30 egyeddel volt jelen. Belgiumban egy kukoricatábla belsejében és annak füves szegélyében a *Clivina fossor* (L.) és a *Clivina collaris* (Herbst) 15 egyed/m^2 denzitással volt jelen. A két leggyakoribb *Clivina* faj mellett további hét gyakori fajt figyelt meg Desender és Alderweireldt (1988), melyek 0,9-8,4 egyed/m^2 sűrűséget mutattak. A táblán belül, a sorok között nagyobb denzitás volt megfigyelhető, mint a tábla füves szegélyében.

Németország kukorica tábláin a *Pterostichus melanarius* (Illger), *Calathus melanocephalus* (L.), *Calathus fuscipes* (Goeze) tartozott a leggyakoribb fajok közé (Trittelvitz és Topp, 1980). Egy Srbobran körzetében lévő kukoricásban, 1972-ben 34 faj jelenlétét jegyezte fel Sekulić (1976), itt a *Harpalus distinguendus* (Duftschmid), a *Harpalus pubescens* (Müller), az *Anchomenus dorsalis* (Pontoppidan), és a *Pterostichus sericeus* Fischer von Waldheim volt jelen a legnagyobb egyedsűrűségben. 1956-57-ben összesen 18 faj 3430 egyedét fogta be Štepanovičová és Beláková (1960). 1956-ban 1137, 1957-ben 2293 egyedet gyűjtöttek be. Az első évben a *Poecilus cupreus* (L.), a második évben a *Calathus fuscipes* volt a legnagyobb egyedszámmal és legnagyobb abundanciával jelenlévő faj.

Inszekticides kezelésekben részesülő kukorica ültetvények futóbogár-együtteseit hasonlította össze Romániában Andriescu et al. (1984). Megállapították, hogy a *Pseudoophonus rufipes* (De Geer) kiugró dominanciával és abundanciával volt jelen. Összesen 47 faj jelenlétét mutatták ki, melyek közül az előbbin kívül a *Dolichus halensis* (Schaller), *Pterostichus cupreus* (L.), *Calosoma auropunctatum* (Herbst), *Harpalus distinguendus* és a *Cicindela germanica* L. volt jelen nagy egyedszámban.

Egy monokultúrában és egy vetésforgóban művelt fejér megyei kukorica állományban végzett felvételezést Lövei (1982, 1984) 1977-től 1979-ig. A három év alatt monokultúrában összesen 5386 egyedet, míg vetésforgóban 1825 imágót fogtak a kihelyezett csapdák. A fajszámok az egyes években, monokultúrában 18, 21, 19 (összesen 26), illetve a vetésforgóban 18, 26, 24 (összesen 34) volt. Ezek között 11 gyakori faj volt, mint például az *Anisodactylus signatus* (Panzer), a *Broscus cephalothes* (L.), a *Dolichus halensis,* a *Pseudoophonus rufipes,* a *Harpalus distinguendus,* a *Pterostichus melanarius* (Illger), a *Poecilus sericeus*. 1977-ben és 1979-ben mindkét táblán a *P. rufipes,* 1978-ban monkultúrában az *A. signatus,* a másik táblán a *P. rufipes* volt a legnagyobb egyedszámban jelenlévő faj.

1991-92-ben egy kisalföldi agrárterület 10 növénykultúrájában (köztük egy kukorica táblán) és 4 egyéb élőhelyen végzett talajcsapdás vizsgálatokat Kádár et al. (1998). Mivel a vizsgálat célja a madarak számára fontos talajfelszíni ízeltlábú táplálékkínálat felmérése volt, így a vizsgálat csak rövid időszakot ölelt fel, 1991-ben május 1-jétől július 25-ig, 1992-ben pedig május 1-jétől június

25-ig. A vizsgált két periódusban így is 68 faj több mint 25000 egyedét fogták a talajcsapdák. Köztük 11 gyakori faj volt, mint például az *Amara similata* (Gyllenhal), a *Brachinus explodens* Duftschmid, a *P. rufipes,* a *P. cupreus,* a *C. fuscipes,* és a *P. melanarius*. Ez utóbbit a kukoricából mutatták ki magasabb egyedszámban.

Nyolc magyarországi kukoricásban működtetett fénycsapda fogásait hasonlította össze Kádár és Szél (1989). Az egyes fénycsapdák különböző ideig működtek, a leghosszabb időszak 10 év, míg a legrövidebb 2 év volt. A csapdázás folyamán 151 fajt gyűjtöttek. A fényre repülő fajok közt a kukoricásokra jellemző fajok is jelen voltak, mint például a *P. rufipes,* a *Harpalus distinguendus,* a *Dolichus halensis,* és az *Amara aenea* stb.

2.3.3.2. Futóbogár fajok a különböző eseményű genetikailag módosított kukorica állományokban

1997-ben és 1998-ban Pavia-ban és Treviso-ban összehasonlító vizsgálatot folytatott Manachini et al. (1999) Bt és izogénes kukorica táblákon. A kísérletet szabadföldön és laboratóriumi körülmények között is elvégezték. A két év alatt Paviában 30, Treviso-ban 26 fajt gyűjtöttek. Pavia-ban a *Pseudophonus griseus* (Panzer) és a *Poecilus cupreus*, míg Treviso-ban a *Platysma melanarium* (Illiger) és a *Pseudoophonus rufipes* volt a két domináns faj. Manachini (2000) cikkében ugyanezt a kísérletet értékelte, de több más csoportbeli fajt is vizsgált a futóbogarak mellett.

Több család mellett a futóbogarak fajösszetételét is vizsgálta Volkmar et al. (1999) 1994-96 között egy szabadföldi vizsgálat során egy herbicid toleranciát biztosító genetikailag módosított kukoricában és herbiciddel kezelt kukorica állományokban. A fajok között nagy számban volt jelen a *P. rufipes.* 1994-ben összesen 41, 1995-ben 44, míg 1996-ban 50 faj jelenlétét regisztrálták.

A *Carabus granulatus* Linnaeus, a *Pterostichus melas* (Creutzer), a *Bembidion tetracolum* Say, a *Poecilus cupreus,* a *Harpalus distinguendus,* a *Pseudoophonus rufipes,* a *Dolichus halensis,* a *Chlaenius nitidulus* (Schrank) szezonális fogásait hasonlította össze Lozzia és Rigamonti (1998) előzetes tanulmányukban, melyben a Cry1Ab toxint termelő transzgénikus kukorica hatását vizsgálták a nem célszervezetekre, többek között futóbogarakra.

1994 és 1996 között a Türingiában egy herbicid toleráns és egy izogénes kukoricásban vizsgálta Volkmar et al. (1998) a Vörös Listán szereplő futóbogár és pók fajokat. Összesen 13 faj előfordulását jegyezték föl, melyek közül a *Calathus ambiguus* (Paykull) egyedsűrűsége volt a legmagasabb.

Burgess et al. (2002) által a *Nebria brevicollis*-sal végezett labor kísérletekben, a *Helicovrpea armigera* lárvákat *Bacillus thuringiensis* gént tartalmazó kukorica pollenjét tartalmazó táptalajon nevelték. Ezekkel a lárvákkal etették a *Nebria brevicollis* (F.) imágóit, és vizsgálták a proteáz-inhibotor (PI) hatását a bogarakra. Ezekben az imágókban szignifikánsan alacsonyabb volt a trypszin és magasabb a chymotrypszin és az elasztáz szintje, mint a kontrolként használt bogarakban.

Szintén végezett ilyen vizsgálatokat Jørgensen és Lövei (1999) *Harpalus affinis* (Schrank) imágókkal, melyeket ugyanilyen módon előállított lárvákkal etettek. Az ily módon kezelt lárvákból kevesebbet fogyasztottak a bogarak, mint a kontrol zsákmányból. Az ő eredményeik is jelzik, hogy a növények genetikai módosítása a magasabb rendű táplálkozási kapcsolatok szintjén is hathat.

2.3.4. Katicabogarak (Coccinellidae)

2.3.4.1. Kukorica kultúrákban előforduló katicabogár fajok

A Coccinellidae család fajai szinte az egész Földön elterjedtek. A világon eddig 4000 fajt írtak le, ebből Magyarországon 81 faj fordul elő (Merkl, 1982). A vertikális növényzeti szintek közül a lágyszárú, a cserje és lombkorona szintekben egyaránt aktívak lehetnek. Az átteleléskor a fajok többsége a talajszintbe, az avar közé húzódik. A katicabogarak egyes képviselői növényevők (pl: *Subcoccinella vigintiduopunctata* L.), mely fajok esetenként kárt is okozhatnak. Az álatlánossá vált véleménnyel ellentétben, a katicabogár fajok táplálkozási módja egy kicsit komplxebb, mint amit a levéltetű fogyasztó fajok sugalnak (Weber és Lundgren, 2009). A fajok többsége ragadozó, és táplálkozásukban többnyire a Homoptera rend képviselőit részesítik előnyben (Merkl, 1982). A legtöbb katicafaj levéltetű fogyasztóként (afidofágok) ismert, egyes genuszok fajai a pajzstetvekre (kokcidofágok), más fajok a liszteskékre (Aleyrodoidae) specializálódtak (Hodek és Honěk, 2009). Az akarifágok főként atkákkal (Biddinger et al., 2009), a fungivorok főleg gomba szövetekkel táplálkoznak (Sutherland és Parrella, 2009), emellett vannak pollen fogyasztók, növényi részekkel táplálkozó genuszok (Hodek és Honěk, 1996). Vannak katicabogár fajok, amelyek inkább táplálék-generalistáknak számítanak, azaz nem részesítenek előnyben kizárólagos táplálékforrásként egy-egy ízeltlábú taxon-csoportot, hanem válogatás nélkül elfogyasztanak minden kisebb méretű, puhább-testű állatot. Mind a lárvák, mind a kifejlett bogarak falánk ragadozók, ezért az agroökoszisztémákban betöltött trofikus szerepük jelentős lehet (Merkl, 1982). A ragadozó fajok hozzájárulnak a levéltetvek, pajzstetvek és atkák populációinak korlátozásához. Bár nem képesek mindenesetben megakadályozni egy-egy tömegszaporodás kialakulását, de a kizárásos kísérletek igazolták, hogy a kártevők populáció-sűrűségét csökkenthetik és a felszaporodási csúcsot késleltetik (Merkl, 1982; Hodek és Honek, 1996; Radwan és Lövei, 1983).

A *C. maculata* egyedsűrűségében, a *H. zea* tojás fogyasztás, és a kannibalizmus mértékében nem volt szignifikáns különbség pollen hiányában a parcellák között (virágzás előtt és után). Mivel a nagyobb pollen mennyiség a *C. maculata* lárváinak egyedsűrűségnek növekedéséhez vezet, de a *H. zea* tojás fogyasztása és a kannibalizmus nem volt magasabb, így arra a következtetésre jutottak, hogy a nagyobb pollen mennyiség eltéríti *C. maculata* imágókat az állati eredetű táplálék fogyasztásától (Cottrell és Yeargan, 1998).

2.3.4.2. Katicabogár fajok a Bt és az izogénes kukorica állományokban

A több évet felölelő kukoricásokhoz kapcsolódó katicabogarak fajösszetételével foglalkozó cikkeket a könnyebb áttekinthetőség érdekében táblázatos formában foglaltam össze. A különböző helyekről illetve évekből, a kukorica táblákból kimutatott katicabogár-együttesek fajösszetételét bemutató táblázatok oszlopaiban megadtam a 10%-nál nagyobb fajdominancia értékeket, ennél kisebb értékeknél csak a faj előfordulását (+) jelöltem. A fajdominanciát a cikkekben közölt egyedszám adatokból számoltam ki. Az abundancia adatok hiányában csak az adott faj jelenlétére utaltam (∗). Az utolsó oszlopban egy frekvencia (FR) érték szerepel, amely az irodalmi előfordulások gyakorisága alapján az adott faj kukorica állományokhoz való kötődésének a mértékére utal. Az utolsó sorban a vizsgálatainkban szereplő különböző katicabogár-együttesek fajgazdagsági értékei szerepelnek. Az afidofág katicabogár együttesek fajösszetételét és fajdominanciáját a palearktikus régió kukorica állományaiban a 2. táblázat tartalmazza. A szabadföldi Bt és az izogénes kísérleti kukoricások katicabogár-együtteseinek szakirodalomban publikált adatait a 3. táblázat tartalmazza. Ebben az esetben a táblázat celláiban az összevethetőség céljából a katicabogár fajoknak az egy növényre eső átlagos egyedszámát tüntettem fel, amely értékeket az alapadatokból számoltam ki. Mindegyik irodalmi táblázatban szerepeltetem a jelen vizsgálat megfelelő adatait is.

2. táblázat: Afidofág katicabogár együttesek fajösszetétele és fajdominanciája (D) a palearktikus régió kukorica állományaiban irodalmi adatok alapján

(A cellák a hazai és európai szakirodalmi adatokból megállapított jelenlétet illetve a 10% feletti dominancia értékeket mutatják)

Fajnév	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**FR**
	A	**A**	**A**	**A**	**A**	**A**	**A**	**A**	**A**	**L**	**L**	**A, L**	**A**	**A**	**A**		**A**	**A, L**		
Adalia bipunctata (Linnaeus)	+	+	13,0	+	+		+	+		+	+			*	+				*	**12**
Coccinella septempunctata Linnaeus	18,0	31,6	34,8	16,6	24,3	12,9	13,1	27,7	26,7	14,3-33,8	28,2	*	68,6-82,5	*	48,2	10,4	*	13,3	*	**19**
Coccinella quinquepunctata Linnaeus												*	15,2-23,7		33,5					**3**
Coccinella divaricata Olivier																11,9				**1**
Hippodamia tredecimpunctata (Linnaeus)	+	+	+		15,7	+	10,6	11,5	14,7	15,9	29,1			*						**11**
Hippodamia variegata (Goeze)	64,6	10,0		11,1	14,8	+	10,6	+		+	10,6	*		*		30,4	*	36,0		**14**
Hippodamia septemmaculata (De Geer)														*						**1**
Propylea quatuordecimpunctata (Linnaeus)	13,7	48,2		66,7	44,3	77,1	51,9	53,1	57,3	50,0-82,9	43,5-92,9	*	+	*	16,5		*	+		**14**
Coccinula quatuordecimpustulata (Linnaeus)	+	+				+	+	+	+			*		*		+				**9**
Adalia decempunctata (Linnaeus)	+																			**1**
Semiadalia undecimnotata (Schneider)										+						23,0				**2**
Oenopia conglobata conglobata (Linnaeus)	+		47,8					+												**3**
Coccidula rufa (Herbst)																	*			**1**
Fajszám	**8**	**6**	**4**	**4**	**5**	**5**	**6**	**7**	**4**	**6**	**5**	**5**	**3**	**7**	**4**	**5**	**4**	**3**	**2**	

Jelmagyarázat: *: a faj előfordulása kimutatott, de mennyiségi felvétel hiányzik; +: D<10%; FR: adott faj kimutatottsági gyakorisága; A: adult, L: lárva;

1-2: Magyarország, jelen vizsgálat, éves összesítés, 2001-2002; 3: Magyarország (Kozma, 1980); 4-6: Magyarország, monokultúra, 1980-82 (Radwan és Lövei, 1983); 7-9: Magyarország, vetésforgó, 1980-82 (Radwan és Lövei, 1983); 10: Magyarország, monokultúra, 1980-82 terjedelem, (Radwan és Lövei, 1983); 11: Magyarország, vetésforgó, 1980-82 terjedelem (Radwan és Lövei, 1983); 12: Szlovákia (Štepanovičová és Beláková, 1960); 13: Cseh Köztársaság, jó talajú kukoricások (Honěk és Martinková, 1991); 14: Románia (Lăcătuşu et al., 1978); 15: Lengyelország (Plewka és Pankanin-Franczyk, 1989); 16: Ukrajna (Dyadechko, 1954); 17: Grúzia (Stoliarov et al., 1981); 18: Spanyolország, Catalónia (Asín és Pons, 1998; Pons és Albajes, 2001); 19: Spanyolország, Cordoba, Granada, Sevilla (Cabello, 1989);

A 2. táblázat a hazai vizsgálatokon kívül 7 másik ország katica adatait tartalmazza. Az adatok, egy kivétellel (Grúzia), az európai térség országaiból származnak és a 37°-53° északi szélességi határok közé esnek. Összesen 13 katica faj került elő a kukoricásokból, amelyek egy kivételével [*Coccidula rufa* (Herbst), Grúzia] az európai térségre is jellemzőek. Az is látható a táblázat alapján, hogy bár viszonylag kevés vizsgálat folyt eddig a kukoricásokban élő katicabogár-együttesek feltárására Európában (Radwan és Lövei, 1983; Hodek és Honek, 1996), a kimutatott katicabogár-együttesek mintegy fele magyarországi felvételezésekből származik. Ez utóbbi adatok egyrészt a Magyar Tudományos Akadémia Növényvédelmi Kutatóintézet (MTA NKI) irányításával 1976-85 között (Fejér-megye) folyó kukorica agroökoszisztéma kutatási projektnek (Mészáros et al., 1984; Radwan és Lövei, 1983), másrészt Kozma (1980) 1976-79 között, Tolna-megyében végzett, részletes vizsgálatainak az eredménye. A jelen vizsgálatot is figyelembevéve, a hazai kukorica állományokból (2. táblázat: 1-11 oszlopok) eddig összesen 9 katica faj került elő, míg Európa egyéb kukorica tábláiból 10 fajt mutattak ki. A 2. táblázat alapján, az előfordulási gyakoriságot (FR), valamint a 10% feletti fajdominancia értékek terjedelmét figyelembe véve, az európai kukorica állományokra jellemző afidofág katicabogár-együttesek közös, állandó, és többnyire domináns összetevőit a következő 6 faj alkotja: *Coccinella septempunctata* (D: 10-83%), *Propylea quatuordecimpunctata* (D: 14-93%), *Hippodamia variegata* Goeze (D: 10-65%), *Hippodamia tredecimpunctata* L. (D: 10-30%), *Adalia bipunctata* L. (D<10%), *Coccinula quatuordecimpustulata* L. (D<10%). Az utóbbi két faj - bár többé-kevésbé konstans elemei a kialakuló katicabogár-együtteseknek - általában kis létszámú népességgel és alacsony dominancia értékekkel képviseltek a kukorica táblákon. Ez a rendszeresen előforduló hat katicabogárfaj a hazai kukorica együttesek karakter fajai is (2. táblázat: 1-11 oszlopok). A táblázat fajszámai (2-8 spp.) szerint úgy tűnik, hogy a közép-európai térségben élő mintegy 80 katicabogár faj (Hodek és Honek, 1996) közül, viszonylag kevés kötődik a kukorica táplálkozási hálózataihoz. Persze a kisebb fajgazdagsági értékek (2-4 faj) az alulkutatottságra is utalhatnak. A rendszeres hetenkénti, viszonylag nagyszámú mintavételezés, esetleg több szezonon keresztül ugyanazon a helyen (pl. a hazai vizsgálatok), legalább a gyakoribb 5-6 fajt jelzik a kukorica állományokban.

3. táblázat: Afidofág katicák növényenkénti átlagos egyedszáma Bt és izogénes szabadföldi kukorica parcellákon irodalmi adatok alapján

(A cellákon belüli egymás alatti számok több helyen történő vizsgálat eredményére utalnak; a vastagon szedett értékek P<5% szinten szignifikánsan különböznek egymástól)

Fajnév	**1**				**2**		**3**		**4**		**5**				**6**	
	A				**L,A**		**A**		**-**		**L,A**				**-**	
	2001		**2002**		**1999**		**1994, 1995**		**1997**		**1998**		**1999**		**2001**	
	K	**Bt**	**K**	**Bt**	**K**	**Bt**	**K**	**Bt**	**K**	**Bt**	**K**	**Bt**	**K**	**Bt**	**K**	**Bt**
Adalia bipunctata (L.)	0,004	0,009	0,001								0,04	0,08	0,04	0,01		
Adalia decempunctata (L.)	0,001	0,002														
Coccinella septempunctata L.	0,072	0,068	0,037	0,057	1,83 1,30	1,0 1,48					0,04	0,01				
Hippodamia tredecimpunctata (L.)	0,009	0,002	0,001	0,007							0,10	0,11	0,04	0,06		
Hippodamia variegata (Goeze)	*0,292*	*0,213*	0,014	0,016												
Hippodamia convergens Guérin-Méneville							0,2	0,2			0,01	0,01				
Propylea quatuordecimpunctata(Goeze)	0,058	0,048	0,083	0,060												
Coccinula quatuordecimpustulata (L.)	0,001	0,004	0,010	0,010												
Oenopia conglobata conglobata (L.)		0,001														
Coleomegilla maculata (De Geer)							0,53 0,2	0,57 0,13			0,50	0,40	*0,64*	*0,39*		
Harmonia axyridis (Pallas)											0,08	0,08	0,06	0,21		
tojások							1,58	2,57								
lárvák							1,13 0,2	1,63 0,4	0,44	0,56						
imágók									0,04	0,11						
Coccinellidae															0,5-1,7	0,5-1,1
Vizsgált fajok száma	**7**	**8**	**6**	**5**	**1**	**1**	**2**	**2**			**6**	**6**	**4**	**4**		

Jelmagyarázat: A: adultok, L: lárvák; évszám: a vizsgálat éve; K: kontroll izogénes kukorica hibrid, Bt: *Bacillus thuringiensis* toxint termelő transzgénikus kukorica hibrid; a cellák kurzivált átlag értékei: P<5% szinten szignifikánsan különböznek; 1: Magyarország, Sóskút, MON810, jelen vizsgálat, az átlag értékek az évi összmintából számolva; 2: D-Franciaország, MON810 (Bourguet et al., 2002); 3: USA, Iowa, MON810, (Pilcher et al., 1997); 4: USA, Michigan, Bt: Ciba Seeds, Res. Triangle Park (Orr és Landis, 1997); 5: USA, Minnesota, Bt: csemege hibrid 'GH-0937' (Wold et al., 2001); 6: USA, Maryland, Bt: csemege hibrid Attribute GSS0966, a cellák a nyárközepi felvételezési időpontok átlagainak a terjedelmét mutatják (Dively és Rose, 2002)

A 3. táblázatban olyan, a transzgénikus Bt kukorica hatását vizsgáló szabadföldi kísérletek eredményeit foglaltam össze, amelyben egyes katicabogárfajok, vagy a katicabogár-együttesek abundanciáját mintavételezték legalább egy szezonban. Az adatok összevethetősége érdekében az egyedszámokból, ahol ez hiányzott, egy növényre eső átlagot adtam meg mind a Bt, mind a kontrolként szereplő izogénes kukoricára. A katicabogarakra vonatkozóan a kilencvenes évek közepétől végeztek ilyen vizsgálatokat, viszonylag kis számban. Jelen vizsgálatainkhoz hasonlókat, Európán belül még Franciaországban és Olaszországban (Lozzia és Rigamonti, 1998) végeztek (3. táblázat), bár ez utóbbiak adatait nem lehetett átszámolni növény egységre, mivel a mintavételük D-Vac módszerrel történt. A vizsgálatok többségét az USA-ban hajtották végre Bt takarmány és csemegekukoricán. A táblázatban a fajok többségére vonatkozóan a jelen vizsgálatainkból származnak adatok. Két esetben fordult elő szignifikáns különbség a Bt és az izogénes kukorica parcellák között a katicabogarak egyedszámában. Az egyik esetben (3. táblázat 5. oszlop) csemegekukoricán, a *C. maculata* amerikai katicabogár faj átlagos imágó egyedszáma, egy évben, az izogénes kukoricán szignifikánsan nagyobb volt, mint a Bt növényeken. Az összes egyéb hazai és külföldi kísérletben, egyetlen esetben sem lehetett szignifikáns eltérést kimutatni az izogénes és a Bt parcellák között. Ebből az eredményből a szerzők arra következtettek, hogy bár hosszú tartamú jövőbeli kísérletek szükségesek a kérdés végleges tisztázásához, azonban a Bt kukorica toxin tartalma úgy tűnik nincs káros hatással a katica bogarakra. Az újabb vizsgálatok alátámasztani látszanak ezt az eredményt (Fearing et al., 1997; Raps et al., 2001, Head et al., 2001, Dutton et al., 2002), miszerint a sejtekben termelődő Cry1Ab toxinfehérje kukoricában nem jut ki a sejtközötti járatokba, ezért a floem-ból táplálkozó levéltetvekhez sem jut el, így azok nem közvetítik az afidofág rovarok felé. A szabadföldi kísérletek eredményei mindenesetre úgy tűnik, hogy ezt alátámasztják.

2.3.4.3. Katicabogarak kukorica állományokban tapasztalt szezonális abundancia dinamikájának áttekintése

Az afidofág katicabogarak ragadozási aktivitásának, abundanciájának időbeni változásait a kukorica állományokban csak a zsákmányállataik szezonális dinamikájának az ismeretében lehet jól értelmezni. Ennek érdekében a táblázatokba foglalt irodalmi adatok alapján először áttekintettem a kukorica levéltetveinek szezonális populációdinamikáját az európai és az észak-amerikai térségre vonatkozóan. A mérsékelt égövi kukoricásokban a levéltetű szezondinamikát alapvetően a négy leggyakoribb és legnagyobb abundanciájú faj, a *Rhopalosiphum padi*, *R. maidis* (Fitch), *Metopolophium dirhodum* (Walker), és a *Sitobion avenae* (F.) alakítja ki. Az irodalomban közölt

fenológiai mintázatok szerint az esetek többségében e fajok felszaporodási időszakai egybeesnek. Így a kukorica állományokba betelepülő katicabogarak a levéltetű együttes össz-abundancia szintjére reagálnak, ez utóbbit azonban többnyire egy-egy kiugró dominanciájú levéltetűfaj határozza meg.

A levéltetű szezondinamikát az európai térségre vonatkozóan Kozma (1980), Rácz et al. (1983, 1986), Szentkirályi (1986), Štepanovičová és Beláková (1960), Plewka és Pankanin-Franczyk (1989), Dedryver et al. (1986), Bourguet et al. (2002), Asín és Pons (1998), és Pons et al. (1989) munkái alapján tekintettem át. Ezek szerint - bár adott helyen az évektől függően jelentős időbeli eltolódások lehetnek - a levéltetveknek rendszerint két felszaporodási időszakuk van a kukoricán, ennek megfelelően szezonális populációdinamikájukat bimodális görbék jellemzik. Az első levéltetű abundancia növekedési periódus átlagosan június második dekádjától július második dekádjának végéig tart, míg a második populáció-növekedési csúcs szeptemberre esik.

A katicabogarak általános szezondinamikai jellemzőit az európai térségre Radwan és Lövei (1983), Rácz et al. (1983), Štepanovičová és Beláková (1960), Plewka és Pankanin-Franczyk (1989), Lozzia és Rigamonti (1998) és Bourguet et al. (2002) cikkei nyomán foglalom össze. Európában a domináns katica fajok az esetek többségében június közepén telepednek be más növényekről (pl. száradóban lévő gabonafélékről) a kukorica állományokba. Ebben az időszakban a levéltetű zsákmánypopulációk már jelentős növekedési, vagy csúcs szakaszban vannak. A katicák a zengőlegyek után szorosan követik a kukorica levéltetveinek egyedszám-változását (Rácz et al., 1986). A katicabogarak imágói az első levéltetű hullámhoz képest kissé késve, a legnagyobb abundanciával július utolsó dekádjától augusztus közepéig találhatók a kukoricán. Jellemző még erre az időszakra, hogy a katicabogár populációk csúcsa többnyire egybeesik a kukorica pollenszórásának az idejével. Megfigyelések szerint ekkor a nőstény bogarak a virágport fogyasztják, mint kiegészítő táplálékforrást, amely hozzájárul a termékenység növekedéséhez (Radwan és Lövei, 1983; Hodek és Honek, 1996). Európában szeptember folyamán a katicabogaraknak még egy kisebb aktivitás-növekedése mutatható ki a kukorica állományokban, azonban ebben az időszakban már nem szaporodnak, csak az imágók táplálkoznak a második levéltetű fertőzés idején a telelőhelyekre vonulás előtt.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A vizsgálat helye, ideje és elrendezése

A kísérletet Budapesttől 30 km-re ÉNY-ra, a Budai-hegységhez tartozó dombvidéken, Sóskúton (GPS, N: 47° 25'; E: 18° 47') állítottuk be a kibocsátásra vonatkozó FVM engedély szerint. A kísérlet szűk környékére inkább a gyümölcstermesztés volt a jellemző. Kísérleti területünk a Sóskút Fruct Kft. tulajdonában lévő intenzív csonthéjas ültetvények által körülvett, egy kisebb, szigetszerű szántón helyezkedett el. Ez a szűkebb terület nem jellemzően kukoricatermesztő vidéke az országnak, de mivel a terület választás során számos géntechnológiai biztonsági előírást kellett betartanunk, ez volt a legmegfelelőbb válsztás. Biztosítanunk kellett a kísérleti tér bekerítését, éjjel-nappali őrzését, valamint a többi kukoricástól való megfelelő távolságot. Ezeket a feltételeket más kukoricatermesztő területeken nem tudtuk volna biztosítani, a Sóskút Fruct Kft. gyümölcstelepén pedig az állandó őrzés és a bekerítés is adott volt, illetve kevés szántóföldi növény termesztése folyt a területen, így az izolációs távolság betartása sem okozott gondot.

A kísérleti szántóföld egy 5 ha-os téglalap alakú terület volt, melynek talajtípusa 2,8%-os humusztartalmú csernozjom. Ezen a területen egy 9408 m^2-es blokkban folyt a kísérlet, ahol 12 darab parcellát (28m x 28m) alakítottunk ki. Az egyes parcellákat 2,8 m széles művelőutak választották el egymástól (Függelék 1. ábra). A sortávolság 0,7 m, a tőtávolság 0,24 m volt mindhárom évben. Az izogénes (hibrid: DK 440) és a Bt (hibrid: az izogénes kukorica hibrid MON810-es transzformációs eseménnyel előállított transzgénikus változata, DK 440 BTY) parcellákat váltakozó elrendezésben alakítottuk ki. Mindkét kezelés esetében hat ismétlést alkalmaztunk (Függelék 1. ábra). A kibocsátási engedély követelményeinek megfelelően, a 12 parcellát az izogénes hibridből (DK 440) kialakított, 6 m széles köpenyszegéllyel (pollencsapdával) vettük körbe, a pollen elsodródásának, és más nem transzgénikus kukoricával történő esetleges kereszt beporzásának minimálisra csökkentése érdekében (2. ábra). Ezt a köpenyszegélyt a kibocsátási engedélynek megfelelően a pollenszórás után levágtuk.

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

A kísérleti területen belül mindhárom évben termesztettek más szántóföldi növényt is, 2001-ben kukoricát termesztettek ezen a területen. 2002-ben pedig napraforgót vetettek a parcellák mellé, melyet a rossz kelés miatt még virágzás előtt kiszántottak, utána a terület parlagon maradt.

A kísérleti szántóföldet három oldalról őszibarack, negyedik oldalról kajszibarack vette körül. A kísérlet 500 m-es körzetében más szántóföldi kultúrák termesztése is folyt: 2001-ben vöröshagyma vetőmag termesztése folyt, 2002-ben pedig paradicsomot termesztettek ugyanott.

A kukoricát hektáronkénti 65000-es magszámmal vetették, majd kelés után hektáronkénti 50000-es tőszámra állították be. A vetésre április végén-május elején került sor, 2001-ben május 2.-án, 2002-ben április 25.-én, 2003-ban április 22.-én. A betakarítás október közepe-november eleje között végezték, első évben október 17.-én, második évben november 3.-án, míg utolsó évben október 14.-én. A kibocsátási engedély nem hagyta jóvá a Bt kukorica két egymást követő évben ugyanarra a helyre történő vetését, ezért a parcellák különböző helyre kerültek ugyan, de a maximális távolság a két terület között csak pár méter volt. Az elővetemény az első évben paradicsom, a második és harmadik évben napraforgó volt. A talajművelés (őszi mélyszántás, simítózás és magágy készítés) és a tápanyagellátás (ősszel NPK és tavasszal NH_4NO_3) 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 (Függelék 1. táblázat).

3.2. Felvételezési módszerek

3.2.1. Futóbogarak (Carabidae)

Hazánkban széles körben alkalmaznak ízeltlábúak gyűjtésére olyan talajba helyezett gyűjtőeszközt, azaz talajcsapdát, ami nem más, mint két egymásba süllyesztett műanyag edény (pohár). Számos más módszerrel összehasonlító vizsgálat alapján (Merret és Snazell, 1983; Dinter, 1995; Samu és Sárospataki, 1995) a legalább egy szezonon keresztül végzett talajcsapdázás átfogó képet ad a talajfelszínen mozgó ízeltlábúak közösségéről. Ezért a Barber-féle pohárcsapda módosított változatának (Kádár és Samu, 2006) használata mellett döntöttünk

A talajcsapda két egymásba csúsztatott 300 ml-es űrtartalmú műanyag pohárból áll, melynek mélysége 105 mm, felső átmérője 80 mm. A belső pohár kihajló peremét eltávolítottuk, így teljesen belesüllyedt a külső pohárba. A belső pohár könnyen kiemelhető és üríthető a külső pohár mozgatása nélkül. A külső pohár alját pár helyen átlyukasztottuk, hogy az eső esetén felgyülemlő vizet elvezesse, és így elkerüljük a csapda túltöltődését. Az így kialakított poharakat úgy süllyesztettük a talajba, hogy a külső pohár pereme egy szintben legyen a talajfelszínnel (3. ábra).

3. ábra: Talajszinten aktív rovar együttesek csapdázására kihelyezett talajcsapda (Sóskút, 2003)

Vizsgálatunk során 24 darab duplapoharas talajcsapdát helyeztünk el, minden parcellában két csapdát raktunk le (két ismétlés) a 15. sorban (egy parcella 40 sor kukoricából állt). A parcella szegélyétől az állomány belsejében 10 m-re volt az első csapda, melytől 10 m-re helyeztük el a

második csapdát. 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 raktuk le 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 talajcsapdákat heti rendszerességgel ürítettük, esetenként időjárási okokból kifolyólag nem tudtuk megközelíteni a kísérleti teret, ilyenkor a csapda ürítése elmaradt. Ürítéskor a talajcsapda tartalmát egy tölcsér segítségével pelenka betéten keresztül leszűrtük, így az ölő- és tartósítóanyagként alkalmazott formaldehid újra felhasználható maradt, ha esőzés miatt nem hígult fel. A leszűrt anyagba azonosító cetlit helyeztünk, begumiztuk és beszállítottuk az MTA NKI Állattani Osztályára, ahol meghatározásig formaldehidben tároltuk. A csapdában összegyűlt rovarok eltávolítása után a belső poharat újra feltöltve visszahelyeztük, így folyamatos volt a mintagyűjtés.

3.2.2. Katicabogarak (Coccinellidae)

A mintavételezést 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. Esetenként időjárási okokból kifolyólag (zápor) (2001-ben szeptember 05.-én és 26.-án, 2002-ben június 28.-án, augusztus 15.-én és szeptember 11.-én) nem tudtuk befejezni a vizsgálatot (ezt az adatok értékelésénél figyelembe vettük). Rossz időjárási viszonyok (tartós esőzés) miatt, mely a rovarok aktivitását is befolyásolja, illetve felázott talaj esetén nem tudtuk megközelíteni a területet, így a felvételezés elmaradt. Az első évben nem maradt el felvételezés, a második évben három esetben, egy június közepi, egy augusztus eleji és egy szeptember végi, illetve az utolsó évben két egymást követő alkalommal (tartós esőzés) július 23.-án és 30.-án nem tudtuk megközelíteni a területet.

Parcellánként 10 véletlenszerűen kiválasztott növényegyed teljes felületét vizsgáltuk meg (10 ismétlés). A növények kiválasztása során a parcellában átlósan haladtunk, és a vizsgált növényeket egymástól pár méterre választottuk ki, hogy mozgásunkkal ne zavarjuk fel a növényen tartózkodó rovarokat. Első lépésben feljegyeztük a növény fenológiai állapotát (1. melléklet), magasságát, levélszámát. Majd az összes növényi szervről (szár, levél mindkét oldala, címer, kukoricacső, illetve a csuhé levelek alatti területek) a katicabogarak összes fejlődési alakját (tojás, lárva, báb, imágó) fiolába gyűjtöttük. A fiolákat parcellánként és növényenként is külön-külön felcímkézett zacskókba gyűjtöttük és beszállítottuk az MTA NKI Állattani Osztályára kinevelési, illetve határozási céllal.

Az üres bábokat és az üres tojásokat nem gyűjtöttük be, de számuk feljegyzésre került. Ugyancsak rögzítettük a növényről elrepülő, be nem gyűjtött imágókat, hogy a vizsgálatot pontosabbá tegyük. A katicabogarak határozása megjelenésük (szín, mintázat) alapján történik, így szabadföldi körülmények között is könnyen végrehajtható. Ha a növényről elrepülő imágót nem tudtuk meghatározni, akkor elrepült katica imágóként lett feljegyezve. A potenciális zsákmányállatokról (levéltetvek, atkák) is felmérést végeztünk. Levéltetvek esetén a szárnyas és a szárnyatlan egyedeket az egész növény felületen leszámoltuk és rögzítettük. A levéltetvek nagy egyedsűrűsége esetén (100 egyed / levél felett) egyedszámukat becsültük. Továbbá regisztráltuk az atkák jelenlétét az alsó három levélen. Az atkafertőzést százalékban adtuk meg, annak megfelelően, hogy az atkatelepek hány százalékát teszik ki a levélfelületnek. A felmérés során csak az élő atkatelepeket vettük figyelembe.

3.3. Begyűjtött anyag feldolgozása

3.3.1. Futóbogarak (Carabidae) meghatározása

A mintázott kukorica parcellákrólásból beszállított, szövetbe csomagolt mintákat felbontás nélkül (egy csomag egy csapda anyagát tartalmazta) csapvízzel átmostam, majd a csapda tartalmát sós vizet tartalmazó tálba helyeztem. Így a rovarok felemelkedtek a víz felszínére, és könnyedén ki tudtam válogatni az apró rovarokat is. Miután a futóbogarakat kiszedtem, a csapda megmaradt tartalmát ismét átszűrtem egy pelenkabetéten, címkét helyeztem bele, és visszacsomagoltam, hogy az egyéb rovarok kigyűjtését és meghatározását is lehetővé tegyem (például: pókok). Az imágókat mikroszkóp alatt Hůrka (1996) nyomán, illetve egy-két faj esetében Müller-Motzfeld (2004), Freude et al. (1976) és munkái alapján határoztam meg.

3.3.2. Katicabogarak (Coccinellidae) kitenyésztése, meghatározása

A mintázott kukorica parcellákról begyűjtött anyagot beszállítás után rögtön 5C°-os hűtőkamrában helyeztük el. Másnap a begyűjtött imágókat, meghatározásuk megkönnyítésének érdekében kloroformmal leöltem. A tojásokat, lárvákat, és a bábokat címkével (dátum, parcellaszám, növényszám) ellátva külön-külön fiolákba helyeztem. A különböző fejlődési stádiumokat egymástól elkülönítve befőttes üvegbe raktam, melyek száját egy fóliával félig lefedtem és a befőttes üvegbe helyezett vizes vattával biztosítottam a megfelelő páratartalmat. A

vattát naponta nedvesítettem. Az üvegeket naptól védett helyre tettem, hogy elkerüljem az esetleges felmelegedést. A bábokat és a lárvákat ugyanígy kezeltem.

A tojásokat napi rendszerességgel átvizsgáltam, a kikelő lárvákat a kannibalizmus elkerülése céljából egyesével felcímkézett fiolákba raktam, és áthelyeztem a lárvákat tartalmazó befőttesüvegbe. A lárvákat napi rendszerességgel, levéltetvekkel etettem (körülbelül 10 levéltetű/lárva/nap), ha a lárvák bebábozódtak, akkor azokat áthelyeztem a bábokhoz. A bábokat is naponta átvizsgáltam, és a kikelt imágókat kloroformmal leöltem. Az etetésekhez gabona-levéltetű tenyészetet tartottam fent az MTA NKI Állattani Osztályának üvegházában. A tenyészetben négy faj keveredett (*Rhopalosiphum padi* L., *Diuraphis noxia* Mordvilko, *Metopolophium dirhodum* Walker, *Sitobion avenae* F.). A tenyészetet tavaszi árpán, izolátorháló alatt tartottam és heti sűrűséggel frissítettem az állományt.

Az imágók határozását Merkl Ottó (Magyar Természettudományi Múzeum, Állattár) segítségével és irányításával végeztem. A katicák fajszintű határozása Merkl (1982) Taxonómiai és faunisztikai vizsgálatok a Kárpát-medence katicabogár (Coleoptera: Coccinellidae) faunáján" című doktori értekezése alapján történt. Az MTA NKI Állattani Osztályán lárvahatározást is végeztem a kinevelések után imágóként, illetve Hodek (1973) műve nyomán.

3.4. Adatrendezés, statisztikai elemzés

Az alapadatok felviteléhez olyan Excel táblázatokat hoztam létre, amelyekben könnyen visszakereshető, hogy melyik állatot mikor, melyik növényen, talajcsapdában gyűjtöttük be. Az adatokat fajonként és azon belül különböző fenológiai stádiumonként rögzítettem. A három év adatait külön Excel fájlba vittem fel. A táblázatokban az adatokat parcellánként mintavételi időpontokra és növényegyedekre lebontva adtam meg. A zsákmányállatok adatait hasonló táblázatokban kezeltem. A növények fenológiai jellemzőiről: magasság, levélszám, illetve az atkák jelenlétéről is kvantitatív adataink vannak. A különböző csoportok szezonális fogási adatait többféleképpen rendeztem, majd ezek alapján ábrázoltam.

Az adatok kiértékeléséhez, a fogások összehasonlításához, a kezelések közötti kapcsolatok feltárásához, az adatok normalításának (Kolmogorov-Szmirnov teszt) vizsgálata utána a Mann-Withney (Wilcoxon's rank sum) tesztet, illetve a Kruskal-Wallis ANOVA-t alkalmaztam. A normalítás a minták döntő többségénél nem teljesült, ezért használtam a nem paraméteres próbákat. A szórások egymáshoz való viszonyát Levene-próbával ellenőriztem. Egyes esetekben elhagytam a kiugró értéket (összesen egy vagy két esetben), illetve ln(x+1) transzformációt végeztem. Mivel többségében két mintát kellett összehasonlítani, ezért a korábban alkalmazott Kruskal-Wallis ANOVA (Szekeres et al. 2006a,b) helyett, ebben a dolgozatban, a Mann-Whitney próbát

használtam. Az eredmények ekvivalensek voltak egymással. A különbségek szignifikancia szintjéhez az 5%-os küszöbértéket vettem figyelembe, függetlenül attól, hogy ennél nagyságrendekkel kisebb is előfordult. A számítások elméleti alapjául Sokal és Rohlf (1995), Baráth et al. (1996), és Reiczigel et al. (2007) munkái szolgáltak.

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 együttesek jellemzéséhez különböző közösségszerkezeti mutatókat alkalmaztam. Így, a faji diverzitásokhoz a közismert Shannon-diverzitást, az α-diverzitást (Magurran, 1988), az úgynevezett 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 alkalmaztam (Szentkirályi, 1997; Statsoft, 2000).

Az aktivitási csúcsot, a fő aktivitási periódus elejét és végét Fazekas et al. (1997) módszere alapján állapítottam meg. A szezonális aktivitási periódust az összes csapdázott egyedszámra alapozva négy quartilisre osztottam. Az aktivitási csúcsot abban az időpontban állapítottam meg, amikor az összes fogás 50%-át gyűjtötték a talajcsapdák. A fő aktivitási periódus azzal az időponttal kezdődött, amikor az összes gyűjtött egyedszám 25%-át fogták a csapdák. A végét pedig az az időpont jelentette, amikor a talajcsapdák, az összes fogott egyedszám75%-át gyűjtötték.

Az aktív egyedsűrűségek, továbbá a kezelés és az időpontok (utóbbi kettő, mint környezeti változók), összefüggés-rendszerét kanonikus korreszpondenciaelemzés segítségével tártam fel, melyet a CANOCO program (ter Braak és Šmilauer, 2002) Principal Response Curves moduljával (CANOCO, PRC) végeztem. Ez a modul a domináns futó- és katicabogár fajoknak a Bt kezelésre adott válaszreakcióját az egyes felvételezési időpontokban egy vizuálisan könnyen áttekinthető, kétdimenziós leképezésben adja meg, a [-1, +1] intervallumon. A pozitív fajsúllyal rendelkező fajok abundanciája a PRC mintázattal megegyezően alakul, azaz, ha a PRC mintázatban az egyes időponthoz tartozó pont az origó felett helyezkedik el, akkor az adott faj abundanciája magasabb az adott időpontban a Bt kukorica parcellákon, mint az izogénesben, és fordítva. Fontos megjegyezni, hogy a -0,5 és a +0,5 közötti fajsúllyal rendelkező fajok aktív egyedsűrűsége se nem magasabb, se nem alacsonyabb, mert ezek a fajok nem a kezelésre (Bt), hanem az időre reagálnak, azaz a válasz reakciójuk nincs kapcsolatban a PRC mintázattal. A szignifikancia vizsgálatot a Monte-Carlo

permutációs teszttel végeztem (van den Brink és ter Braak, 1998), ahol a teszt eredmény-táblázata a varianciákat magyarázó sajátértékeket is feltünteti.

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.

4. EREDMÉNYEK

4.1. Futóbogarak (Carabidae)

4.1.1. A futóbogár-együttesek szerkezeti jellemzőinek összevetése Bt és izogénes kukorica parcellákon

A kísérlet három éve alatt összesen 58 faj 44103 egyedét gyűjtöttük be (a csapdázott futóbogár fajok teljes listáját a Függelék 2. táblázata tartalmazza). 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.

4. táblázat: A mintázott Bt és izogénes kukorica futóbogár-együttes fajdominancia (%) megoszlása és fajszámai (Sóskút, 2001-2003)

Fajnév	2001		2002		2003	
	Izo	Bt	Izo	Bt	Izo	Bt
Calathus ambiguus (Paykull, 1790)	13,05	8,78	6,15	4,45	2,31	1,73
Dolichus halensis (Schaller, 1783)	5,04	5,77	6,58	6,87	2,99	2,12
Harpalus distinguendus (Duftschmid, 1812)	3,41	3,16	26,03	25,83	16,22	16,78
Pseudoophonus rufipes (De Geer, 1774)	59,12	64,18	43,14	45,02	65,87	68,07
Poecilus sericeus (Fischer von waldheim, 1823)	2,60	3,01	3,04	3,26	2,65	2,80
Trechus quadristriatus (Schrank, 1781)	5,85	3,95	2,7	2,08	5,92	5,09
Egyéb	10,94	11,15	15,41	15,76	4,05	3,41
Összegyedszám	1847	2027	7372	7108	12990	12758
Évi fajszám	27	25	47	47	34	33

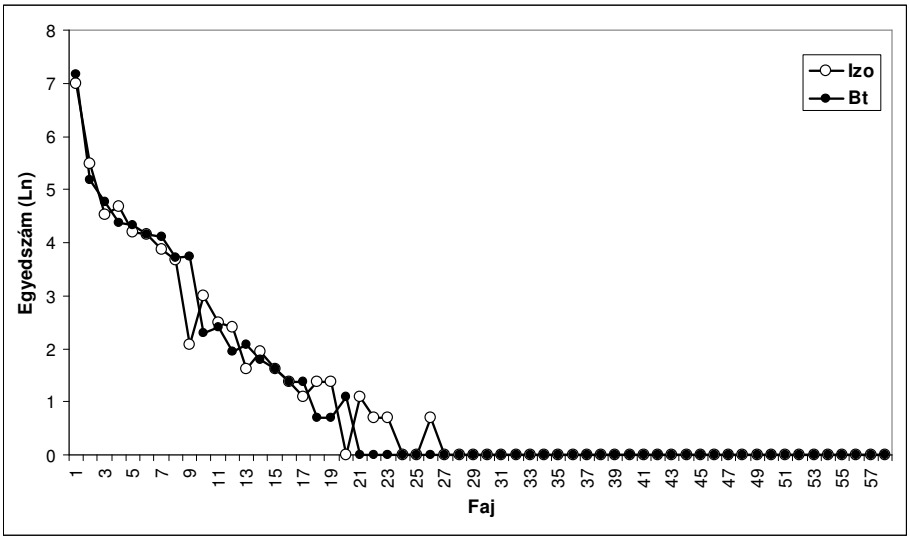
A három csapdázási évet figyelembe véve az éves fajszám, illetve az egyedszám változatos képet mutatott (4. táblázat). A legkisebb fajszámot 2001-ben, a legnagyobb fajszámot 2002-ben mutattam ki. Ezzel ellentétben az évi egyedszám egyre növekvő tendenciát mutatott. Természetesen a fajszámot és az egyedszámot is befolyásolta az évenként változó csapdázási szezon hossza, ezért az évek összehasonlítása során csak az azonos időszakra vonatkozó adatokat vettem figyelembe.

A teljes csapdázási időszakot figyelembe véve 2001-ben összesen 3874 egyedet gyűjtöttünk, melyből 27 faj 1847 egyedét az izogénes, 25 faj 2027 egyedét, pedig a Bt parcellákban elhelyezett talajcsapdák fogták. Bár a 2002-ben csapdázott 14480 egyed nagyobb részét, 7372 egyedet az izogénes parcellákban gyűjtöttük, itt eggyel kevesebb faj fordult elő, mint a Bt kukorica parcellákban. 2003-ban volt a legmagasabb a fogott egyedszám (25748 egyed), bár ebben az évben volt a leghosszabb a csapdázási időszak is. Ebben az évben a fajszám és az egyedszám is magasabb volt az izogénes kukorica parcellákon, mint a Bt parcellákon (5. táblázat).

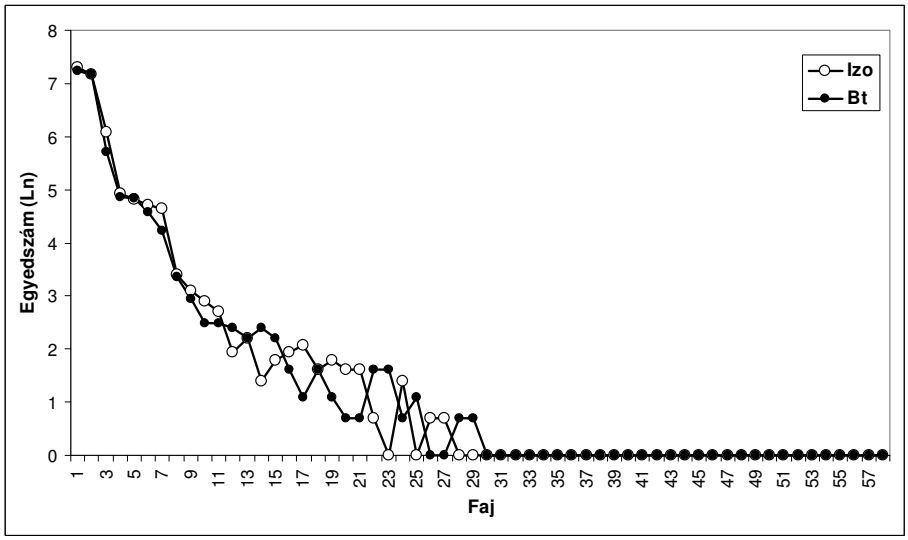
Ugyanezeket a mutatókat azonos időszakra nézve (július 25.-október 25.), a 2001-es adatok változatlanok. 2002-ben összesen 7458 imágót gyűjtöttünk, 34 faj 3876 egyedét az izogénes, 36 faj 3582 egyedét, pedig a Bt parcellákban kihelyezett csapdák fogták. 2003-ban összesen 5230 futóbogár imágót csapdáztunk, az izogénes kukorica parcellákban 20 faj 2791 egyedét, a Bt parcellákban 22 faj 2439 egyedet gyűjtöttünk. A három év Bt-Bt, izogénes-izogénes parcellák adatait összevetve 13 közös fajt találtunk. A kezelést figyelmen kívül hagyva a három évben 20 közös fajt gyűjtöttünk. A vizsgálat három évében az izogénes kukoricában gyűjtött imágók között 16 közös fajt, a Bt kukoricában 17 közös fajt határoztunk meg. A Bt és az izogénes kukoricában mintázott futóbogár-együttesek fajszámában és egyedszámában nem mutattunk ki szignifikáns különbséget az éveken belül (5. táblázat).

A dominancia görbék alapján az első két évben hasonlóan alakult a futóbogár-együttesek dominancia szerkezete (4. ábra). Az első szakasz mindhárom évben nagyon meredek, mely arra utal, hogy néhány futóbogár faj (2001-ben 3 faj, 2002-ben 4 faj) kiugró abundanciával volt jelen a területen. A kezdeti meredek szakaszt egy nagyobb átlagos rész követ, melyet a kiegyenlítettebb dominanciájú fajok alkotnak. Végül az utolsó szakasz egy ellaposodó hosszú szakasz, melyet a nem számottevő fajok alkotnak, ezek a fajok csak szinező elemei a futóbogár együtteseknek. A Bt és az izogénes kukorica parcellák futóbogár együtteseinek a rang abundancia görbéi szinte együtt futnak, (a kiugró abundanciájú fajok esetében szinte nincs különbség, a középső szakasz fajai esetében tapasztalható különbség), azaz a két kezelés futóbogár együtteseinek a dominancia szerkezete hasonló (4. ábra).

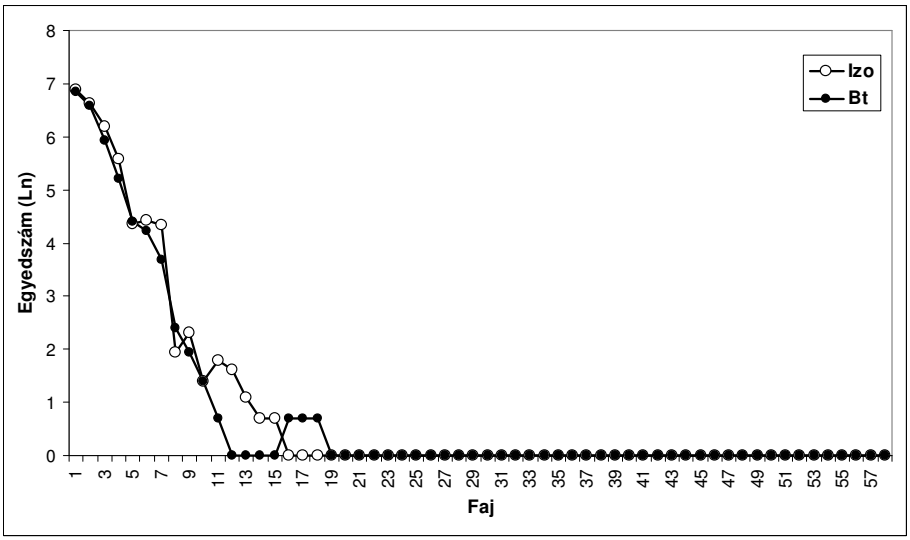
a,



b,



c,



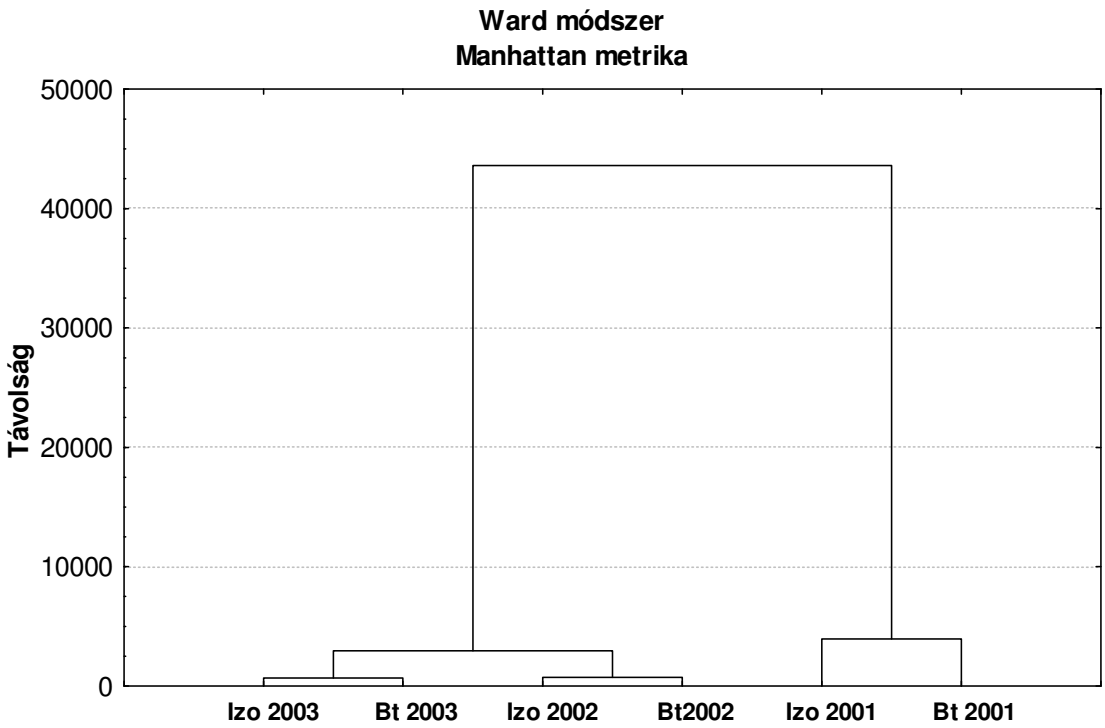
4. ábra: A mintázott Bt és izogénes kukorica parcellák futóbogár együtteseinek dominancia görbéi (Sóskút, 2001-2003; a: 2001; b: 2002; c: 2003)

A faji diverzitási értékek (H, α-diverzitás) közepes szinten mozognak, közepes egyenletességgel. Az azonos éveken belül a két kukorica hibrid futóbogár-együtteseinek diverzitási indexei (Shannon, α-diverzitás) szignifikánsan nem különböznek egymástól (6. táblázat). Az adott év Bt és izogénes összehasonlítása esetében a populációk között mind a minőségi (Jaccard index: 2001: 73%; 2002: 68%; 2003: 74%), mind a mennyiségi (Renkonen-index: 2001: 92%, 2002: 96%; 2003: 97%) hasonlóság magas értékeket mutatott, ami arra utal, hogy a Bt és az izogénes kukorica parcellákon, a vizsgálat éveiben kialakult futóbogár-együtteseknek a fajösszetétele, és dominancia struktúrája nem különbözött egymástól (5. táblázat).

5. 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±SE).

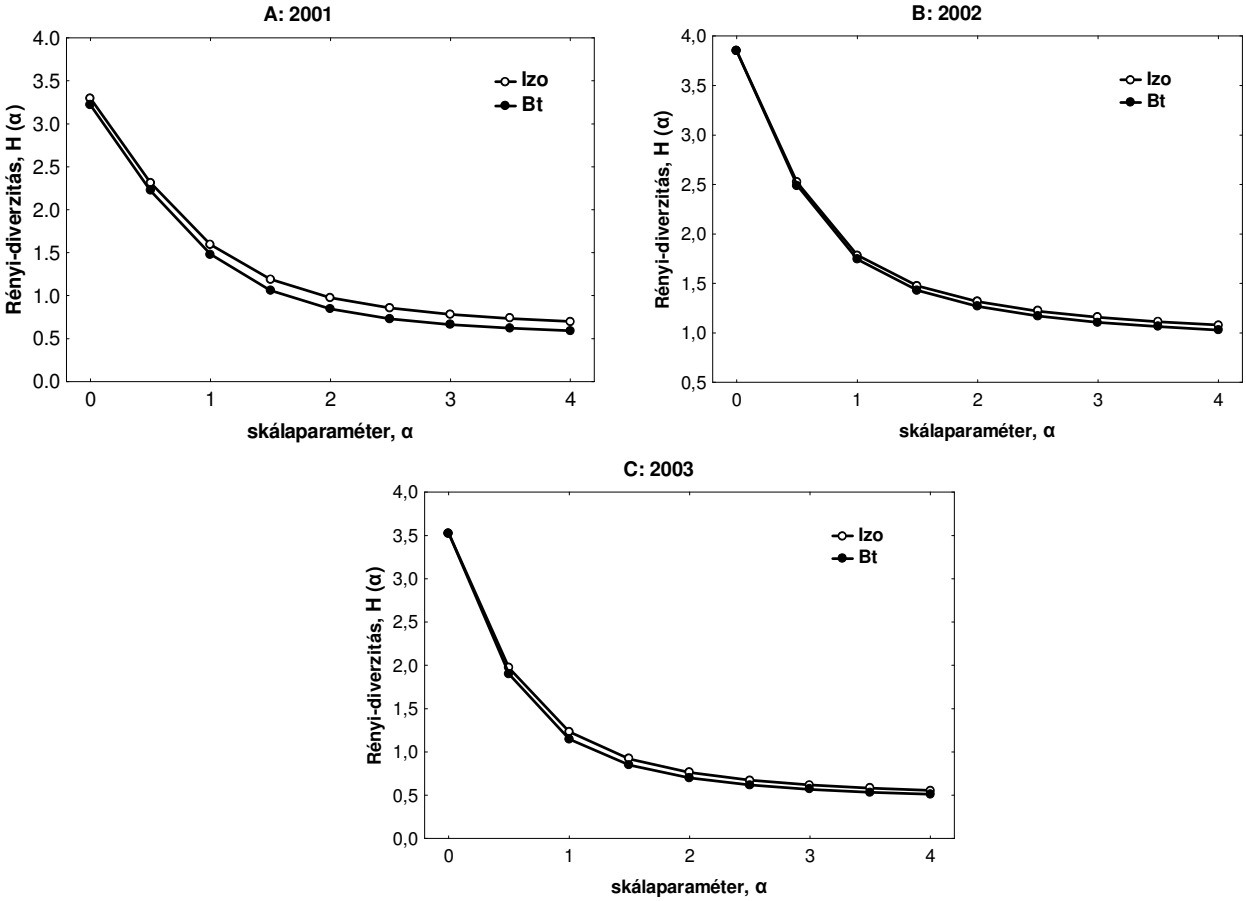
Szerkezeti jellemzők		Évi fajszám	Össz fajszám/ parcella/év	Évi össz-egyedszám	Össz egyedszám/ parcella/év	Shannon diverzitás	Egyenletesség	α-diverzitás
2001	Bt	25	12.33±0.43a	2027	168.92±7.55a	1.36±0.05a	0.54±0.02a	3.08±0.13a
	Izo	27	12.92±0.54a	1847	153.92±13.04a	1.47±0.04a	0.58±0.02a	3.45±0.24a
2002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

A fajok abundanciájának figyelembevételével mindkét kukorica hibrid együtteseinek hasonlósági viszonyait vizsgálva (5. ábra), mindhárom 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.



5. ábra: A mintázott Bt és izogénes kukoricások futóbogár-együtteseinek hasonlósági dendrogramja (Sóskút, 2001-2003)

Mindhárom évben a legtöbb skálaparaméter értéknél az izogénes parcellák futóbogár együttesei kis mértékben, de nagyobb diverzitást mutattak (6. ábra). Azonos évek tekintetében 2001-ben az izogénes kukorica futóbogár-együttes faj-diverzitása szinte az összes skálaparaméter értéknél kis mértékben magasabb volt, mint a Bt kukorica parcelláké, de a ritka fajok tekintetében (kis skálaparaméter érték) a végtlelenben összetartanak a diverzitási görbék. 2002-ben és 2003-ban a gyakori fajok tekintetében csekély mértékben az izogénes kukorica futóbogár-együttesének volt magasabb a faj-diverzitása. A ritka fajok tekintetében a diverzitási görbék szinte együtt futnak, de minimális mértékben az izogénes parcellák diverzitási görbéi a Bt fölött futnak, majd metszik egymást, így a ritka fajok esetében is elmondható, hogy nagyon csekély mértékben az izogénes parcellák faj-diverzitása a nagyobb.



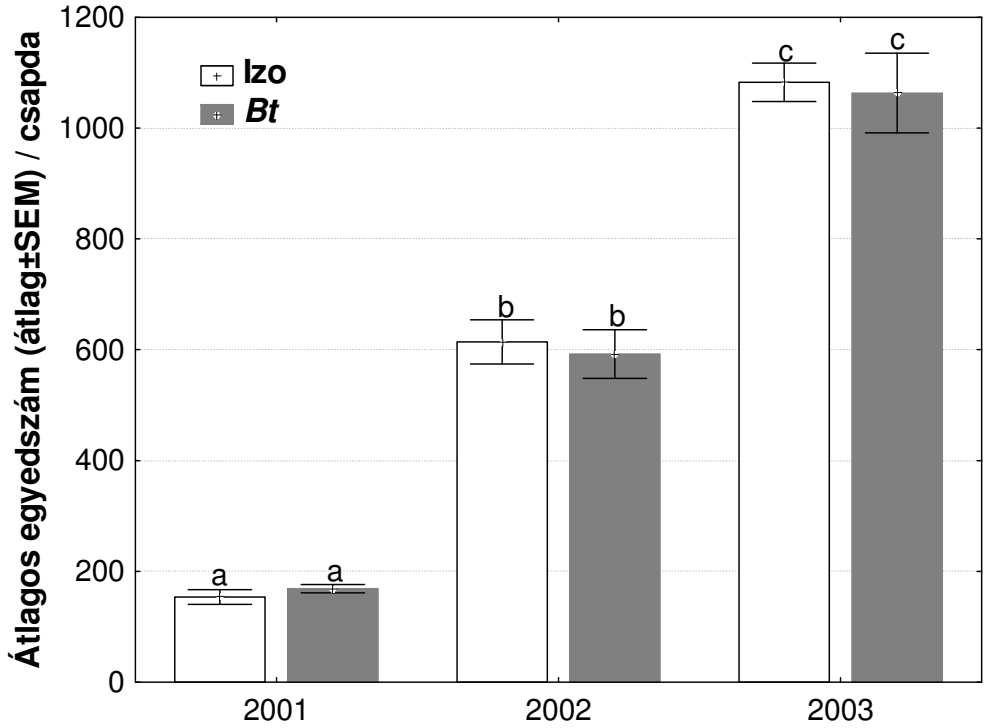
6. ábra: A mintázott kukoricások futóbogár-együtteseinek fajdiverzitási rendezése a Rényi-féle diverzitás szerint (Sóskút, 2001-2003)

A területen gyűjtött futóbogár fajok táplálkozási típusok szerinti megoszlása hasonlóan alakult a Bt és az izogénes kukorica hibridekben (Függelék, 3. táblázat). Az első évben, júliusban és augusztusban a vegyes táplálkozású futóbogár fajok aránya volt a legmagasabb (július: 87,3%; augusztus: 76,93%), melyet a ragadozó fajok követtek (július: 11,88%, augusztus: 21,91%), míg a magevők és a növényi táplálékot fogyasztó futóbogár fajok aránya mindkét hónapban egy százalék alatti volt. A felvételezés utolsó két hónapjában a ragadozók (szeptember: 51,93; október: 63, 36%) nagyobb arányban voltak jelen a területen, mint a vegyes táplálkozású fajok (szeptember: 45,87%, október: 35, 83%). Szeptemberben a növényevő fajok aránya két százalék, a magevő fajok aránya pedig egy százalék alatti volt, míg októberben sem növényevő, sem magevő fajokat nem csapdáztunk. Az első évvel ellentétben a második évben az egész csapdázási szezon alatt a ragadozó futóbogár fajok végig nagyobb arányban voltak jelen a területen, mint a vegyes táplálkozású fajok. A szezon elején a magevőket viszonylag magas (május: 14,6%; június: 13,13%), míg a növényi táplálékotfogyasztó fajokat az egész csapdázási szezon alatt csak elenyésző arányban (kevesebb, mint egy százalék) gyűjtötték a talajcsapdák. Az utolsó évben a ragadozó és a vegyes táplálkozás módú futóbogár fajok aránya az előző évhez hasonlóan alakult. A mag- és a növényevő

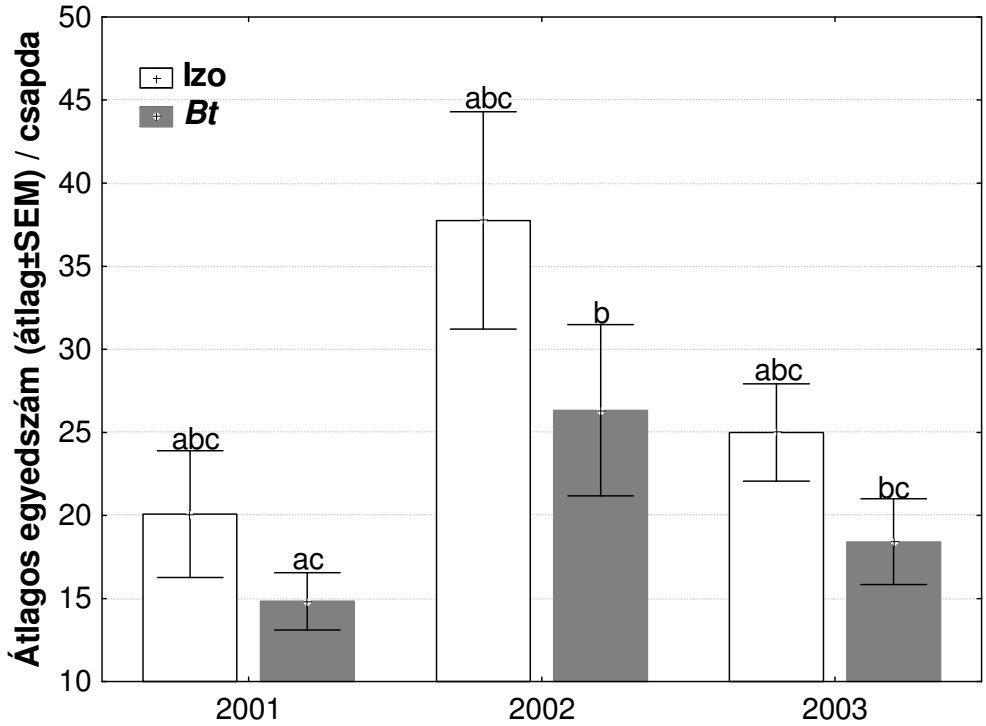
fajok viszont végig alacsony százalékban, május kivételével (magevők: 1,56%) egy százalék alatti arányban voltak képviselve a területen (Függelék, 3. táblázat).

4.1.2. Bt és izogénes kukoricában mintázott futóbogár-együttesek összehasonlítása

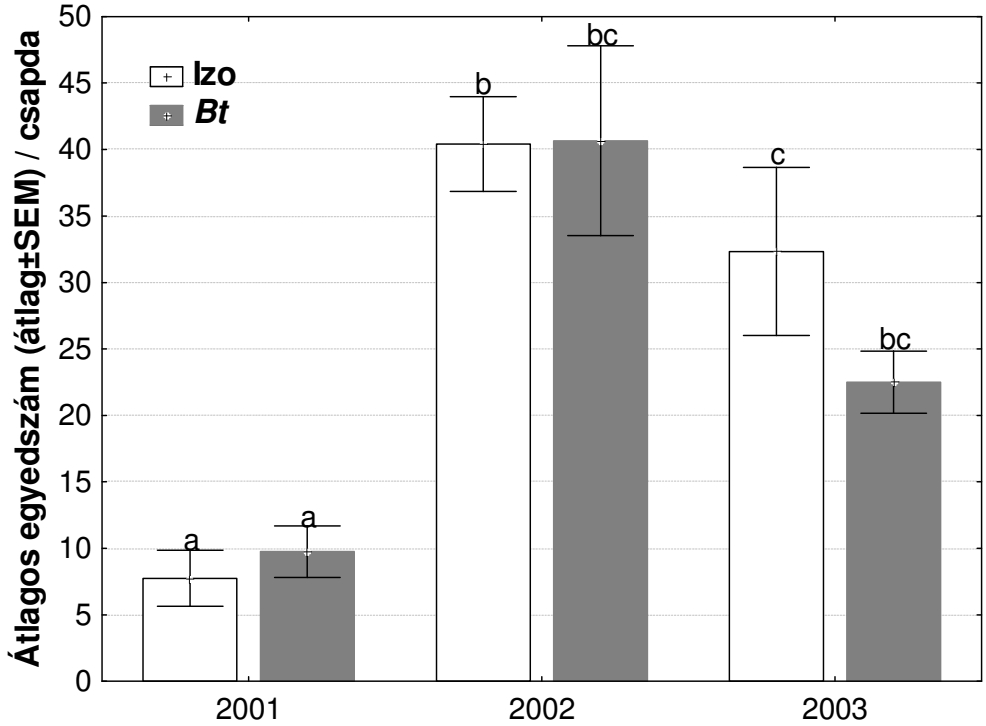
A teljes csapdázási szezon alatt gyűjtött futóbogarak átlagos csapdánkénti egyedszámában egy adott éven belül nem találtam szignifikáns különbséget a Bt és az izogénes parcellák között egyik évben sem, sem az összes futóbogár faj (Mann-Withney test Z értéke; 2001: Z=-1,761, p=0,078, 2002: Z=0,462, p=0,644; 2003: Z=-0,115, p=0,908; 7. ábra, Függelék, 4. táblázat), sem a domináns fajok tekintetében (Mann-Withney test Z értéke; *Calathus ambiguus* 2001: Z=0,693, p=0,488; 2002: Z=1,530, p=0,126; 2003: Z=1,790, p=0,073, 8. ábra; *Dolichus halensis* 2001: Z=-1,212, p=0,224; 2002: Z=0,000, p=1,000; 2003: Z=1,357, p=0,175, 9. ábra; *H. distinguendus* 2001: Z=-0,115, p=0,908; 2002: Z=0,000, p=1,000, 2003: Z=0,144, p=0,885, 10. ábra; *P. rufipe*s: 2001: Z=-1,905, p=0,057, 2002: Z=-0,779, p=0,436, 2003: Z=-0,231, p=0,817, 11.ábra; *P. sericeus*: 2001: Z=-1,068, p=0, 285, 2002: Z=-0,548, p=0,583, 2003: Z=0,693, p=0,488, 12. ábra; *T. qudristriatus*: 2001: Z=1,357, p=0,175, 2002: Z=1,126, p=0,260, 2003: Z=-0,375, p=0,707; 13. ábra, Függelék, 4. táblázat).



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



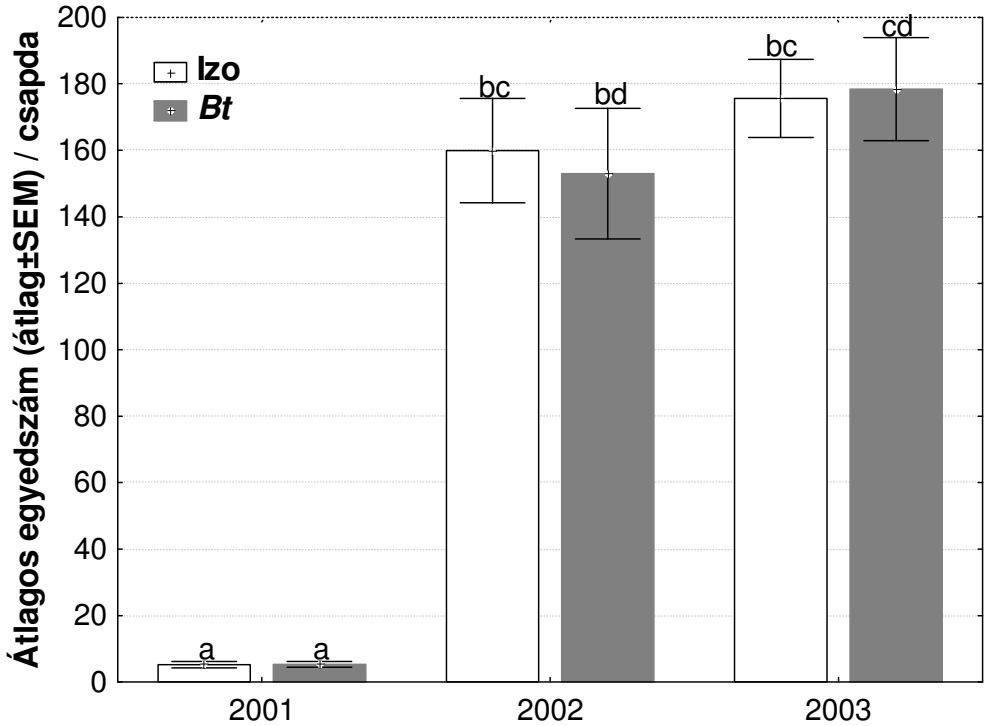
8. ábra: A vizsgálat három évében gyűjtött *Calathus ambiguus* abundanciájának alakulása Bt és izogénes parcellákban (Sóskút, 2001-2003). Jelölés: azonos betűk nincs szignifikáns különbség.



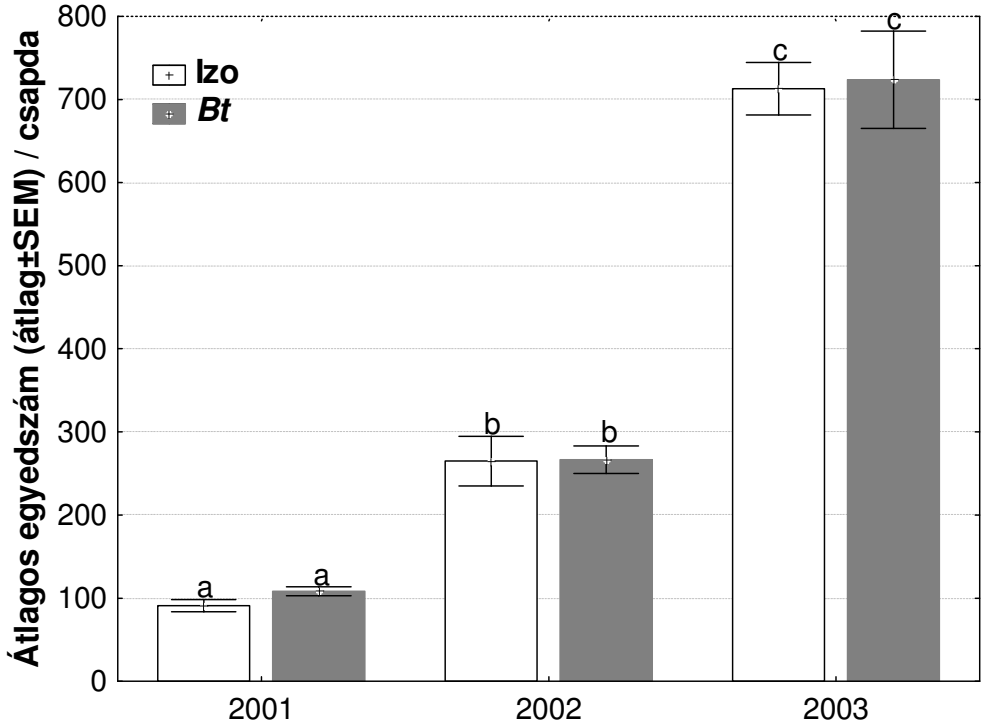
9. ábra: A vizsgálat három évében gyűjtött *Dolichus halensis* abundanciájának alakulása Bt és izogénes parcellákban (Sóskút, 2001-2003). Jelölés: azonos betűk nincs szignifikáns különbség.

A három vizsgálati év között a kezeléseken belül (Bt-Bt illetve izogénes-izogénes) a futóbogarak egyedsűrűsége szignifikánsan különbözött (Mann-Withney test Z értéke; izogénes-izogénes összevetés: 2001-2002: Z=-3,724, p=0,0002; 2002-2003: Z=2,338, p=0,019; Függelék, 5.

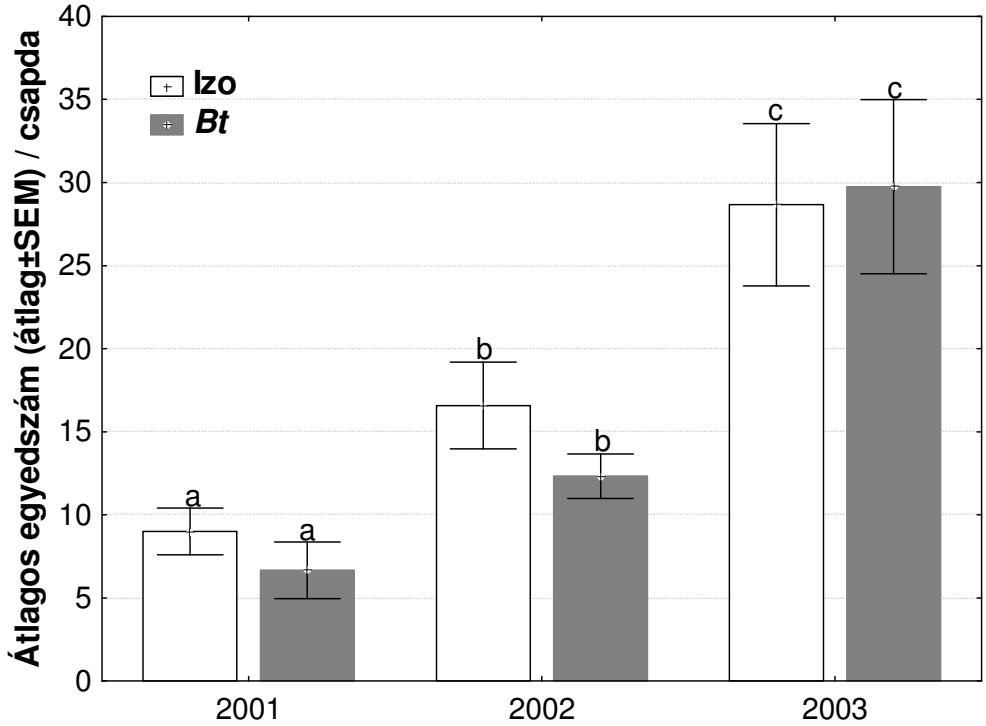
táblázat; Bt-Bt összevetés: 2001-2002: Z=-4,157, p=0,000; 2002-2003: Z=2,252, p=0,024; Függelék, 6. táblázat).



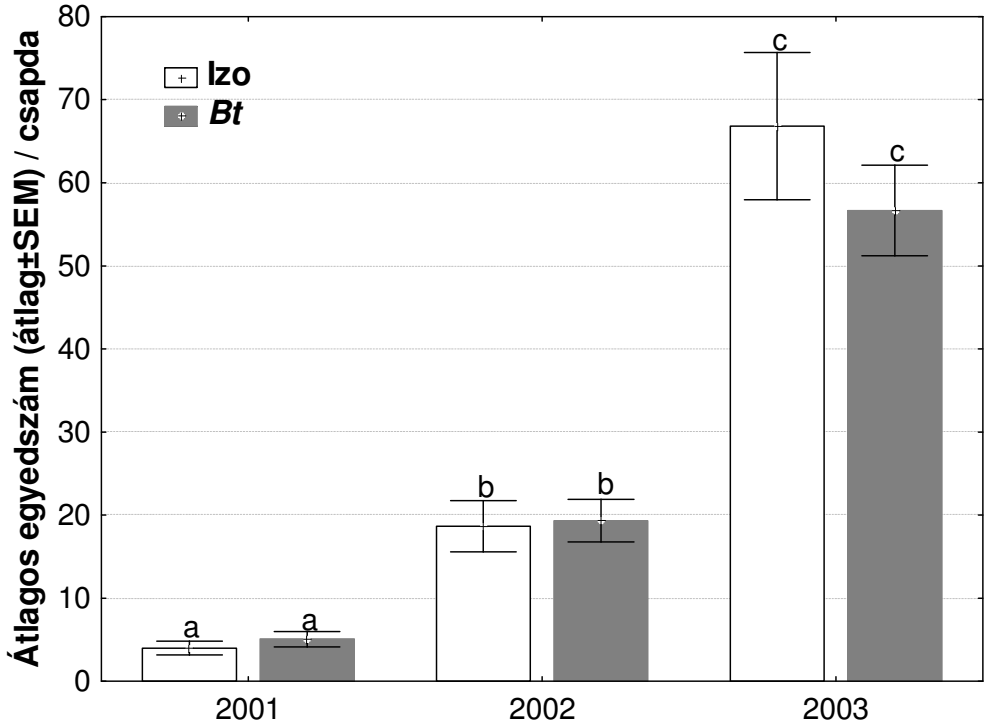
10. ábra: A vizsgálat három évében gyűjtött *Harpalus distinguendus* abundanciájának alakulása Bt és izogénes parcellákban (Sóskút, 2001-2003). Jelölés: azonos betűk nincs szignifikáns különbség.



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



12. ábra: A vizsgálat három évében gyűjtött *Poecilus sericeus* abundanciájának alakulása Bt és izogénes parcellákban (Sóskút, 2001-2003). Jelölés: azonos betűk nincs szignifikáns különbség.

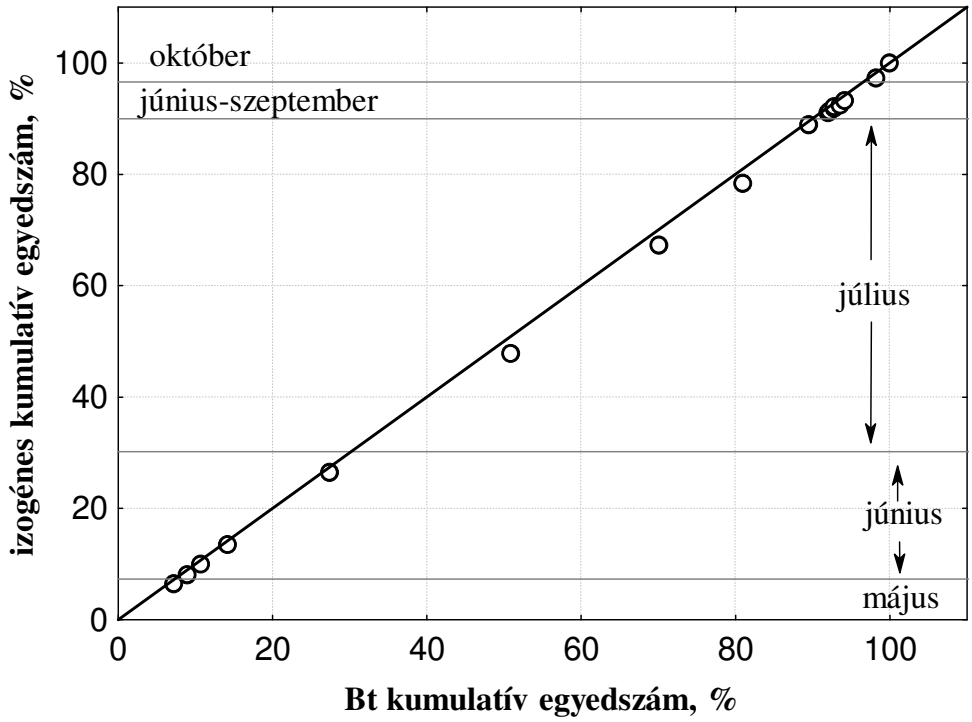


13. ábra: A vizsgálat három évében gyűjtött *Trechus quadristriatus* abundanciájának alakulása Bt és izogénes parcellákban (Sóskút, 2001-2003). Jelölés: azonos betűk nincs szignifikáns különbség.

A hat gyakori faj esetében, a *C. ambiguus*, *D. halensis* és *H. distinguendus* egy-egy kezeléseken belüli összehasonlításának kivételével a Mann-Withney test szignifikáns különbséget jelzett (a Mann-Withney test eredményeket a Függelék 5. és 6. táblázata tartalmazza).

4.1.3. A futóbogár-együttesek szezonális abundancia-dinamikájának összevetése Bt és izogénes kukorica parcellákon

Az átlagos fogásokban egy adott éven belül General Linear Models (GLM), néhány esettől eltekintve nem mutatott ki szignifikáns különbséget a Bt és az izogénes parcellák között (GLM; összes futóbogár faj 2001: F=0,255, $d.f.$=16, p=0,998; 14. ábra, Függelék, 7. táblázat; *P. rufipes* 2001: F=0,156, $d.f.$=12, p=0,999; 18. ábra, Függelék, 19. táblázat). A GLM eredményeit, illetve az egyéb évekre és fajokra vonatkozó ábrákat a Függelék tartalmazza (Függelék, 7.-27. táblázat, 2.-36. ábra).

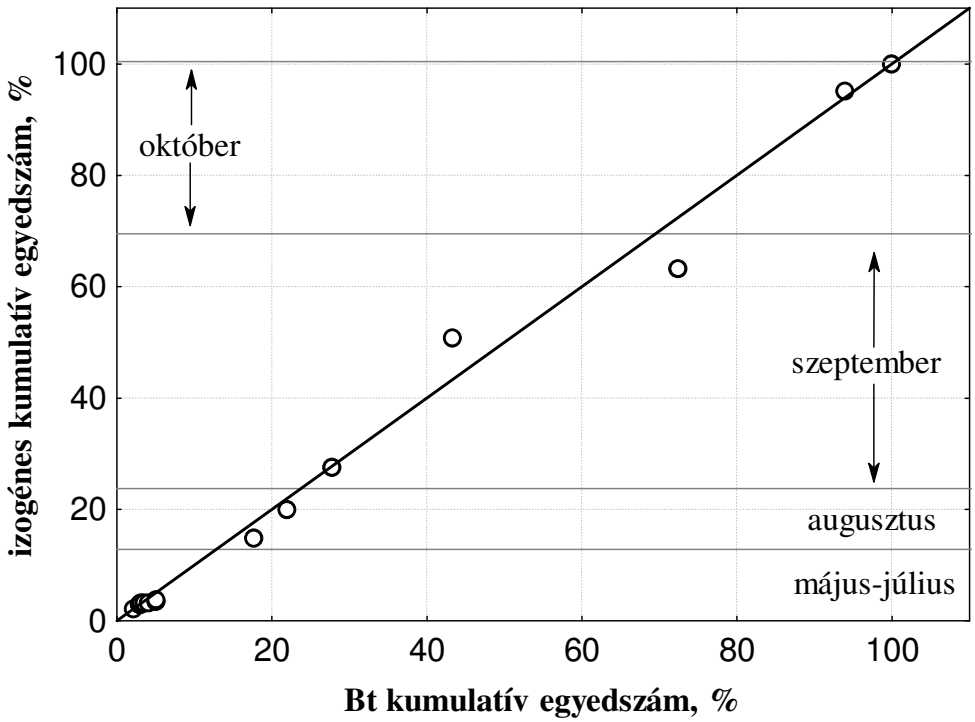


14. ábra: A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott futóbogár-együttesek imágóinak talajfelszíni aktivitásának összehasonlítása (Sóskút, 2003)

Az együttesek talajfelszíni aktivitásának csúcsát 2001-ben augusztus 8.-án (Függelék, 2. ábra), 2002-ben július 17-én (Fügelék, 3. ábra), 2003-ban pedig július 2.-án észleltük, mindkét kezelés esetében (Függelé. 4. ábra). Az első évben a teljes futóbogár-együttesek fő aktivitási periódusának az eleje július 25.-re, 2002-ben július 3.-ra, míg az utolsó évben június 5.-re esett. A fő aktivitási periódus 2001-ben szeptember 5.-én, a második évben szeptember 19.-én, 2003-ban pedig július 16.-án ért véget, mind a Bt, mind az izogénes kukorica parcellákban. A teljes futóbogár együttes talajfelszíni aktivitása hasonlóan alakult a Bt és az izogénes parcellákon, kivétel ez alól 2001, ebben az évben szinte az egész szezon alatt a Bt parcellákon kicsit magasabb volt a futóbogarak egyedszáma, mint az izogénes parcellákon (14. ábra, Függelék, 5. és 6. ábra). A GLM szignifikáns különbséget mutatott a két kezelés között, az első évben az teljes futóbogár együttes

(GLM; 2001: F=2,308, $d.f.$=11, p=0,013; Függelék, 5. ábra, 7. táblázat). Az LSD teszttel végzett utólagos páronkénti összehasonlítás kimutatta, hogy az első évben a teljes futóbogár együttes esetében tizenkét összehasonlítható időpontból csak az első időpontban volt szignifikánsan magasabb (LSD teszt; teljes futóbogár együttes 2001: MS=57,673, $d.f.$=121, p=0,000015, Függelék, 7. táblázat) az átlagos egyedszám a Bt kukorica parcellákban, a többi időpontban nem volt szignifikáns eltérés a két kezelés között.

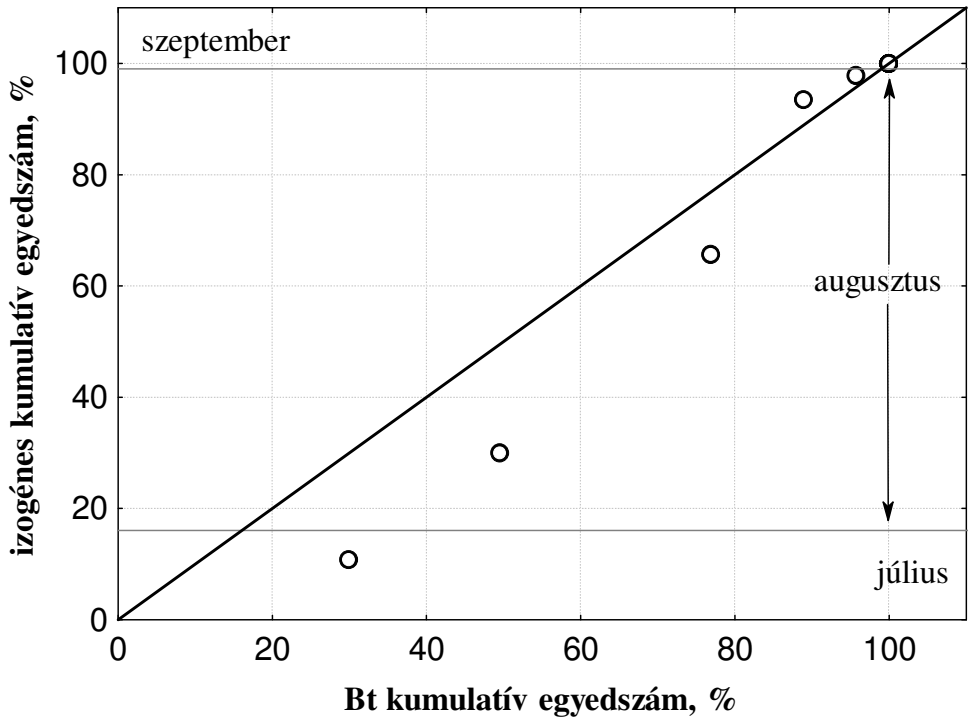
A domináns fajok közül a *Calathus ambiguus,* a *Dolichus halensis,* a *Pseudoophonus rufipes,* és a *Poecilus sericeus* az egy aktivitási csúcsot, míg a *Harpalus distinguendus,* és a *Trechus quadristriatus* a két aktivitási csúcsot mutató fajok közé tartozik.



15. ábra: A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott *Calathus ambiguus* imágók talajfelszíni aktivitásának összehasonlítása (Sóskút, 2002)

A *Calathus ambiguus* aktivitási csúcsát az első két évben egyszerre (2001: szeptember 12; 2002: szeptember 11), míg az utolsó évben szeptember 23.-án észleltük. 2001-ben a fő aktivitási periódus eleje augusztus 30.-ra, a vége pedig szeptember 5.-re esett (Függelék, 7. ábra). Ugyanezek a mutatókat a második évben szeptember 4.-én és 19.-én tapasztaltam (Függelék, 8. ábra). Az utolsó évben a fő aktivitási periódus eleje egybeesett az aktivitási csúccsal (szeptember 23), a végét pedig egy héttel később (október 3) észleltem. Az utolsó két évben az egy nagy abundancia csúcs mellett egy-egy kisebb május végi abundancia növekedés is megfigyelhető volt (Függelék, 8. és 9. ábra). A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott *C. ambiguus* talajfelszíni aktivitása hasonló volt (Függelék, 10. és 11. ábra), 2002-ben kisebb különbség volt tapasztalható szeptember 11.-én és 19.-én, az első esetben az izogénesben, míg a második esetben a Bt parcellákon gyűjtöttünk több *C.*

ambiguus egyedet (15. ábra). A GLM nem muatott szignifikáns különbséget az első és az utolsó évben a két kezelés között (Függelék, 10. és 12. táblázat). A GLM szignifikáns különbséget mutatott ki a két kezelés között, 2002-ben a *C. ambiguus* (GLM; 2002: F=2,683, $d.f.$=7, p=0,015; 15. ábra, Függelék, 11. táblázat) átlagos egyedszámában. Az LSD teszttel végzett utólagos páronkénti összehasonlítás kimutatta, hogy 2002-ben a *C. ambiguus* esetében összesen nyolc összehasonlítható időpontból kétszer, az ötödik és a hetedik időpontban volt szignifikáns a különbség a Bt és az izogénes parcellák között (LSD teszt; MS=18,164, $d.f.$=77, ötödik időpont: p=0,0089; hetedik időpont: p=0,000491, Függelék, 11. táblázat) az izogénes javára.

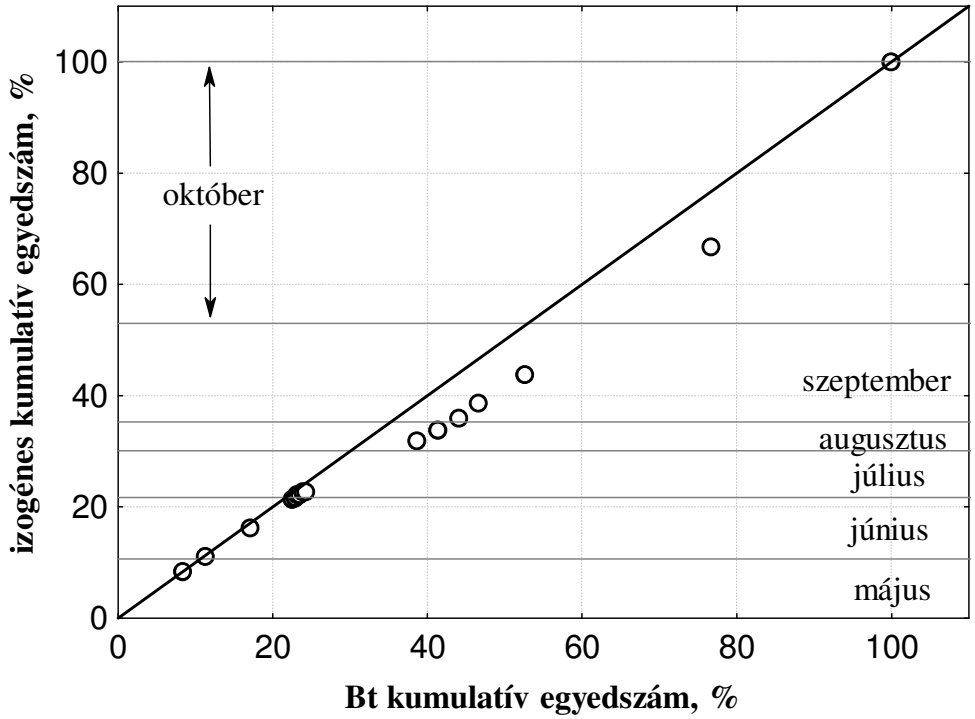


16**. ábra:** A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott *Dolichus halensis* (Schaller) imágók talajfelszíni aktivitásának összehasonlítása (Sóskút, 2001)

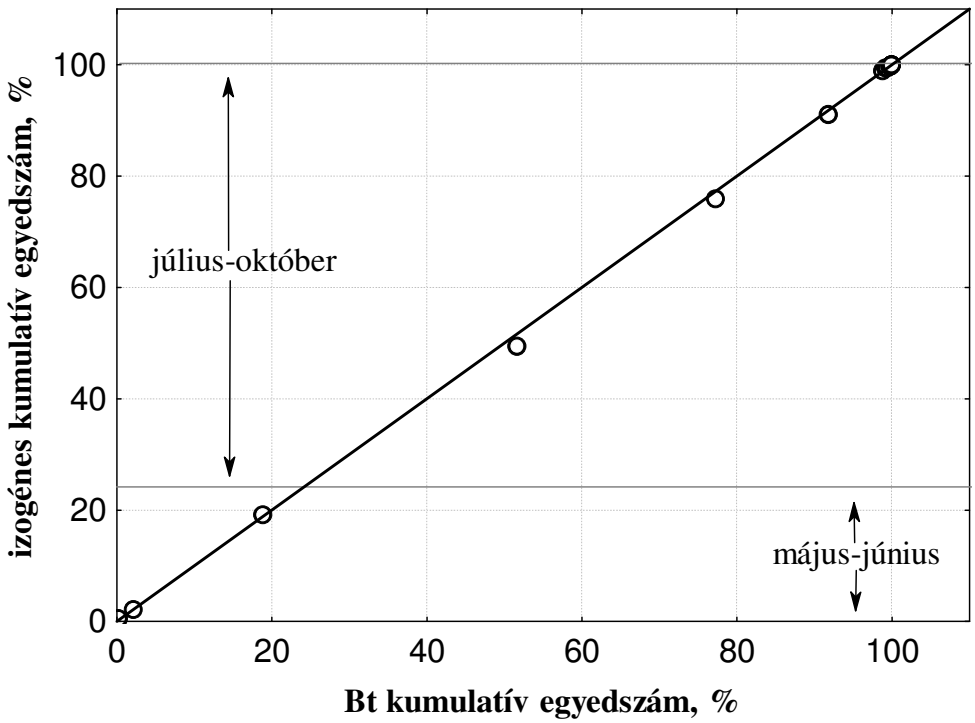
A *Dolichus halensis* szintén az egy aktivitási csúcsot mutató fajok közé tartozik, de az aktivitási csúcs időpontja évről évre változott (Függelék, 12.-14. ábra). Az aktivitási csúcsot 2001-ben augusztus elsején, a második évben július 10.-én, míg 2003-ban június 25.-én tapasztaltam. E faj fő aktivitási periódusának eleje 2001-ben július 25.-re, 2002-ben július 3.-ra, míg az utolsó évben június 18.-ra esett. A periódus végét az első évben augusztus 8.-án (Függelék 12. ábra), 2002-ben július 17.-én (Függelék 13. ábra), az utolsó évben július 17.-én (Függelék 14. ábra) észleltem. A *D. halensis* talajfelszíni aktivitásában nem volt különbség a Bt és az izogénes parcellákban mintázott együttesek között (Függelék, 15. és 16. ábra). Kivétel ez alól az első év, melynek első három csapdázási időpontjában e faj egyedei nagyobb abundanciával voltak jelen a Bt kukorica

parcellákban, mint az izogénesben (16. ábra). A *D. halensis* átlagos egyedszámában a GLM nem mutatott szignifikáns különbséget a két kezelés között (Függelék, 13.-15. táblázat).

2001 kivételével a *Harpalus distinguendus* egy nyár eleji és egy késő őszi aktivitási csúcsot mutatott. A fő aktivitási csúcsot 2001-ben október 3.-án (Függelék, 17. ábra), a második évben szeptember 19.-én (Függelék, 18. ábra), míg a harmadik évben július 2.-án (Függelék, 19. ábra) észleltem. Az első évben a fő aktivitási periódus kezdete egybe esett az aktivitási csúccsal, 2002-ben augusztus 21.-én, az utolsó évben pedig június 4.-én volt. Az aktivitási periódus az eslő évben október 10.-én, a második évben szeptember 19.-én, míg az utolsó évben szeptember 23.-án ért véget (Függelék, 17.-19. ábra). A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott *H. distinguendus* talajfelszíni aktivitása megegyezett (Függelék, 20. és 21. ábra), az első év kivételével (17. ábra). Ebben az évben, a felvételezés utolsó hat időpontjában a Bt kukorica állományban gyűjtöttek több egyedet a talajcsapdák. A *H. distinguendus* átlagos egyedszámában a GLM nem mutatott szignifikáns különbséget a két kezelés között (Függelék, 16.-18. táblázat).

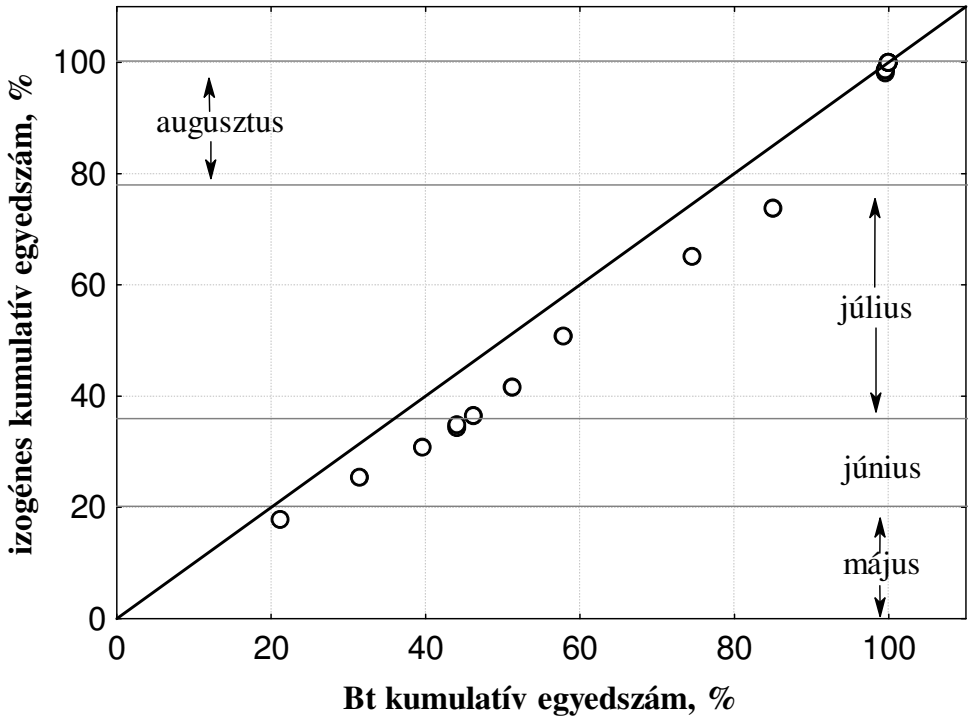


17. ábra: A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott *Harpalus distinguendus* (Duftschmid) imágók talajfelszíni aktivitásának összehasonlítása (Sóskút, 2001)



18. ábra: A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott *Pseudoophonus rufipes* imágók talajfelszíni aktivitásának összehasonlítása (2003, Sóskút)

A *Pseudoophonus rufipes* talajfelszíni aktivitása vegyes képet mutat, bár mindhárom évben egy aktivitási csúcs jellemezte. 2001-ben az aktivitási csúcs augusztus 1.-én, a második évben július 17.-én, míg 2003-ban július 2.-án jelentkezett. Az első évben a fő aktivitási periódus július 25-én, 2002-ben július 17.-én, a harmadik évben pedig június 25.-én kezdődött. Az aktivitási periódus végét az első két évben augusztus végén (2001: augusztus 22; 2002: augusztus 21), a harmadik évben jóval előbb július 9.-én tapasztaltam (Függelék, 22.-24. ábra). Bár a talajfelszíni aktivitásban az évek között különbségek voltak, de a Bt és az izogénes parcellákban mintázott *P. rufipes* talajfelszíni aktivitása megegyezett (18. ábra, Függelék, 25. és 26. ábra). A *P. rufipes* átlagos egyedszámában a GLM nem mutatott szignifikáns különbséget a két kezelés között egyik évben sem (Függelék, 20. és 21. táblázat), kivéve az első évben (GLM; 2001: F=2,578, $d.f.$=11, p=0,006; Függelék, 25. ábra, 19. táblázat). Az LSD teszttel végzett utólagos páronkénti összehasonlítás kimutatta, hogy az első évben az összes futóbogár faj és a *P. rufipes* esetében tizenkét összehasonlítható időpontból csak az első időpontban volt szignifikánsan magasabb (LSD teszt; *P. rufipes* 2001: MS=25,826, $d.f.$=121, p=0,0263, Függelék, 19. táblázat) az átlagos egyedszám a Bt kukorica parcellákban, a többi időpontban nem volt szignifikáns eltérés a két kezelés között.

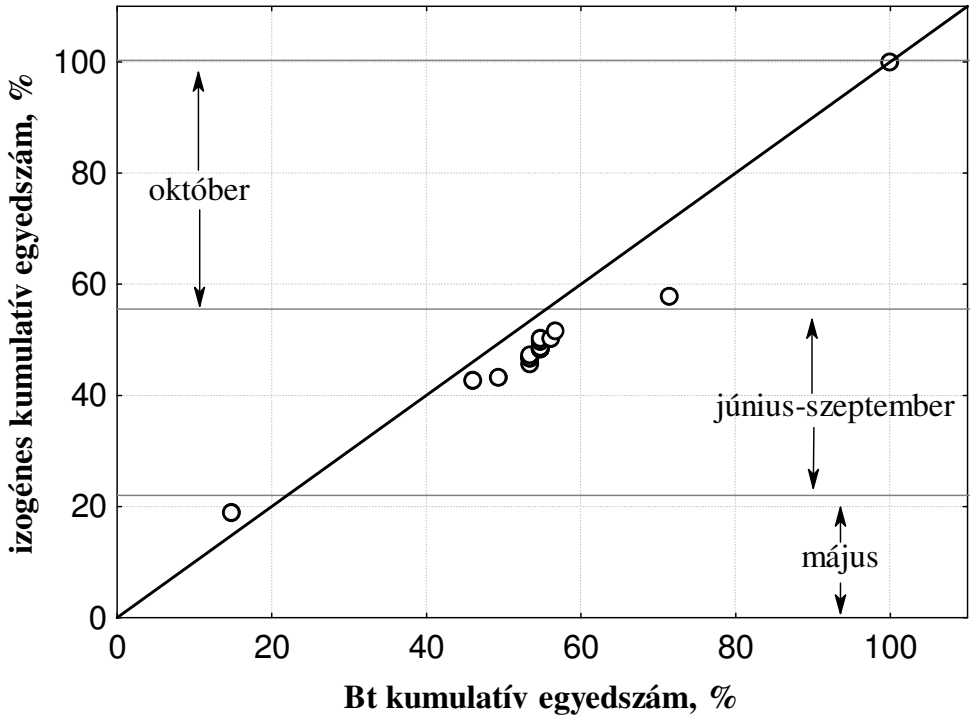


19. ábra: A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott *Poecilus sericeus* Fischer von Waldheim imágók talajfelszíni aktivitásának összehasonlítása (Sóskút, 2002)

A *Poecilus sericeus* egy aktivitási csúcsot mutatott mindhárom évben, kivéve 2002-ben, amikor egy kora nyári (május vége-június közepe) és egy nyár közepi aktivitási csúcsot is megfigyeltünk. A fő aktivitási csúcs az első évben augusztus 1.-én, a második és harmadik évben július közepén (2002: július 17, 2003: július 16) jelentkezett. A fő aktivitási periódus 2001-ben július 25.-én, a második évben június 4.-én, a 2003-ban július 9.-én kezdődött. Az első évben augusztus 22.-én, a második és a harmadik évben július 30.-án, ért véget az aktivitási periódus (Függelék, 27.-29. ábra). A *P. sericeus* talajfelszíni aktivitásában különbségek mutatkoztak a Bt és az izogénes kukorica parcellák között (Függelék, 30. és 31. ábra), az évek közül a második évben tapasztaltam a legnagyobb eltérést, szinte az összes időpontban a Bt kukorica parcellák talajcsapdái fogták nagyobb egyedszámban e faj egyedeit (19. ábra). A *P. sericeus* átlagos egyedszámában a GLM nem mutatott szignifikáns különbséget a két kezelés között (Függelék, 22. és 23. táblázat), kivéve az utolsó évet (GLM; 2003: F=2,009, $d.f.$=11, p=0,033; Függelék, 31. ábra, 24. táblázat). Az LSD teszttel végzett utólagos páronkénti összehasonlítás kimutatta, hogy az utolsó évben a *P. sericeus* esetében az összehasonlíható tizenkét időpontból csak a kilencedik időpontban volt szignifikánsan magasabb (LSD teszt; MS=31,010, $d.f.$=121, p=0,000005, Függelék, 24. táblázat) az átlagos egyedszám az izogénes parcellákban, mint a Bt parcellákban

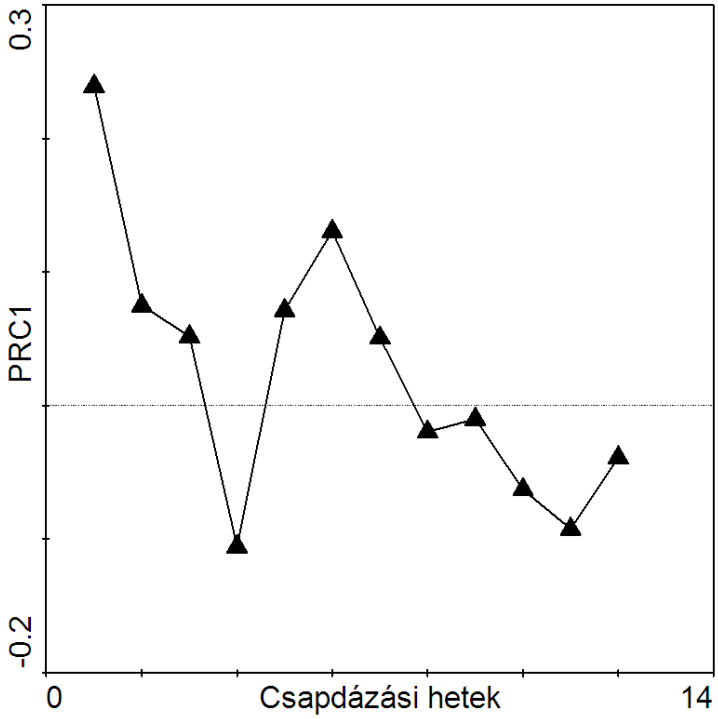
A *Trechus qudristriatus* általában két aktivitási csúcsot mutat, az első kora nyári csúcs 2001-ben hiányzik a kései csapdázási kezdet miatt, illetve az utolsó évben a második őszi csúcs teljesen hiányzik. Az első évben a fő aktivitási csúcs október 3.-án, 2002-ben július 17.-én volt

tapasztalható. A fő aktivitási periódus az első évben szeptember 19.-én kezdődött és október 10.-én ért véget,míg a második évben május 30.-án kezdődött és október 2.-án ért véget. A harmadik évben a fő aktivitási periódus kezdete és vége, valamint az aktivitási csúcs is egybeesett (május 28) (Függelék, 32.-34. ábra). A Bt és az izogénes parcellákon mintázott *T. qudristriatus* együttesek talajfelszíni aktivitása általában a Bt parcellákon nagyobb volt (20. ábra, Függelék, 35. és 36. ábra). A *T. quadristriatus* átlagos egyedszámában a GLM nem mutatott szignifikáns különbséget a két kezelés között (Függelék, 25.-27. táblázat).



20. ábra: A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott *Trechus quadristriatus* (Schrank) imágók talajfelszíni aktivitásának összehasonlítása (Sóskút, 2002)

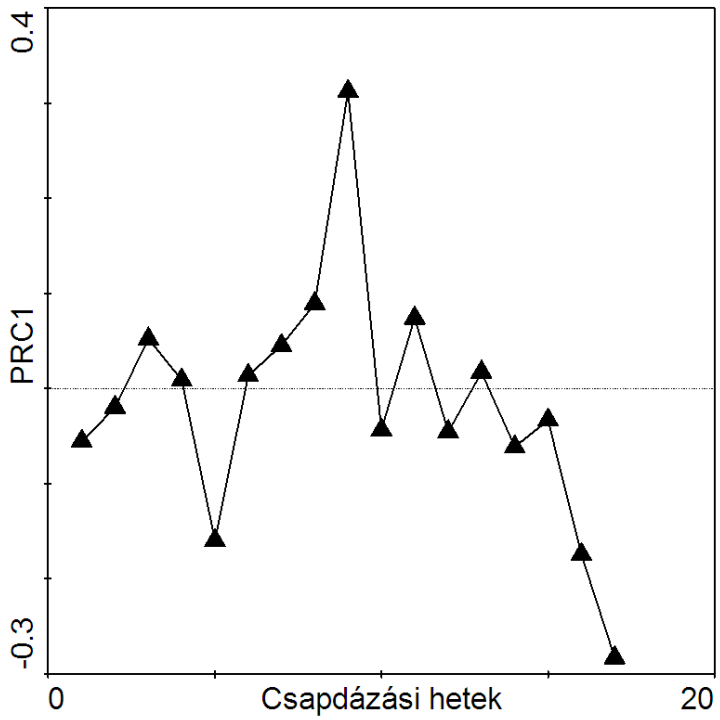
Az első évben a PRC nem mutatott ki szignifikáns különbséget az első kanonikus tengelyen (p=0,858). A faj-környezet összefüggés kumulatív százalékos varianciája 40,7% volt az első kanonikus tengelyen (Függelék, 28. táblázat). A fent említettek értelmében, a hat domináns fajból a *P. rufipes* és a *D. halensis* abundanciája a PRC mintázatnak (21. ábra) megfelelően alakult, azaz az első három, a negyedik, az ötödik és a hatodik időpontban e fajok abundanciája magasabb volt a Bt kukorica parcellákban, mint az izogénes kukorica parcellákban. A másik hat időpontban e fajok abundanciája az izogénes parcellákban volt magasabb. A másik négy domináns faj abundancia változásáról ezzel a módszerrel nem tudtunk következtetést levonni.



Fajnév	Fajsúlya
C. ambiguus	-0.0947
D. halensis	1.4732
H. distinguendus	0.2055
P. rufipes	1.8765
P. sericeus	-0.1627
T. quadristriatus	0.4802

21. ábra: Principal Response Curves (PRC) mintázat alakulása a Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott domináns futóbogár fajok esetében, a domináns fajok fajsúlyával (Sóskút, 2001)

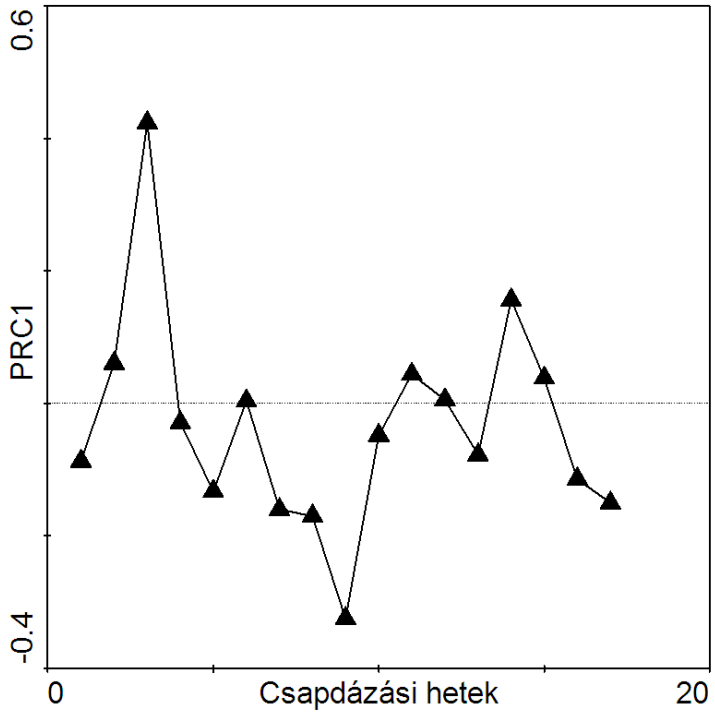
2002-ben a PRC nem mutatott ki szignifikáns különbséget az első kanonikus tengelyen (p=0,922). A faj-környezet összefüggés kumulatív százalékos varianciája 34,2% volt az első kanonikus tengelyen (Függelék, 29. táblázat). A hat domináns faj közül a *C. ambiguus*, a *H. distinguendus*, a *P. rufipes* és a *T. qaudristriatus* abundanciája a PRC mintázatnak megfelelően alakul, tehát e fajok abundanciája a tizenhét csapdázási időpontból nyolc időpontban (3., 4., 6., 7., 8., 9., 11. és 13. időpont) magasabb a Bt kukorica parcellákban, mint az izogénes parcellákban. A másik két faj (*D. halensis* és *P. sericeus*) abundancia változásáról ezzel a módszerrel nem tudtunk következtetést levonni (22. ábra).



Fajnév	Fajsúlya
C. ambiguus	0.7497
D. halensis	-0.1324
H. distinguendus	0.7617
P. rufipes	2.1107
P. sericeus	0.2458
T. quadristriatus	0.5698

22. ábra: Principal Response Curves (PRC) mintázat alakulása a Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott domináns futóbogár fajok esetében, a domináns fajok fajsúlyával (Sóskút, 2002)

Az utolsó évben a PRC nem mutatott ki szignifikáns különbséget az első kanonikus tengelyen (p=0,348). A faj-környezet összefüggés kumulatív százalékos varianciája 46,1% volt az első kanonikus tengelyen (Függelék 30. táblázat). Ebben az évben a 2002-es évhez hasonlóan tizenhét időpontban működtek a csapdák. A hat domináns futóbogár fajból négy faj (*D. halensis*, *H. distinguendus*, *P. sericeus*, és *T. quadristriatus*) abundanciája a PRC mintázatnak megfelelően alakul, azaz tizenhét időpontból hét időpontban (2., 3., 6., 11., 12., 14. és 15.) e fajok abundanciája magasabb a Bt kukorica parcellákban, mint az izogénes parcellákban. A *C. ambiguus* és *P. rufipes* abundancia alakulásáról nem tudtunk ezzel a módszerrel következtetést levonni (23. ábra).



Fajnév	Fajsúlya
C. ambiguus	0.1408
D. halensis	0.8933
H. distinguendus	1.1468
P. rufipes	0.3951
P. sericeus	1.3622
T. quadristriatus	1.3622

23. ábra: Principal Response Curves (PRC) mintázat alakulása a Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott domináns futóbogár fajok esetében, a domináns fajok fajsúlyával (Sóskút, 2003)

4.2. Katicabogarak (Coccinellidae)

4.2.1. 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 (6. táblázat). A gombafogyasztó fajt a további elemzésekből kizártuk, mivel nem tartozik a kukorica ragadozóegyütteséhez. Az afidofág katicák összes évi egyedszáma az évek során folyamatosan csökkent, mind a Bt mind az izogénes kukoricában. Ez a különbség azonban más rovarcsoportokra is jellemző volt. Az évek során a fajszám is csökkent az első évhez viszonyítva, 2002-ben a fajszám kettővel, míg az utolsó évben hárommal csökkent. A fajszámbeli különbség abból adódott, hogy a mindhárom évben a közös öt fajon kívül, az *Adalia decempunctata* L. és a *Scymnus frontalis* F. néhány egyede is előkerült. Viszont meg kell jegyezni, hogy az első évben viszonylag nagy egyedszámban gyűjtött *Adalia bipunctata*-ból L. a következő évben csak egy példányt gyűjtöttünk, az utolsó évben pedig egyet sem. Mindhárom szezonban ugyanaz a három afidofág katicabogár faj (*Coccinella septempunctata* L., *Hippodamia variegata* Goeze, *Propylea quatuordecimpunctata* L.) bizonyult domináns komponensnek az együtteseken belül, bár a dominanciasorrend évenként változott. Adott éven belül a Bt és az izogénes kukorica parcellák katicabogár-együtteseit összehasonlítva a dominanciasorrend egyformán alakult (6. táblázat).

6. táblázat: A Bt és izogénes kukorica katicabogár-együtteseinek fajdominancia (%) megoszlása és fajszámai (Sóskút, 2001-2003)

Fajnév	2001		2002		2003	
	Izo	Bt	Izo	Bt	Izo	Bt
Coccinella septempunctata	16,5	18,7	25,4	35,3	40,7	46,2
Propylea quatuordecimpunctata	14,2	16,0	56,6	37,6	15,3	11,5
Hippodamia variegata	65,3	58,3	9,0	15,0	39,8	33,3
Hippodamia tredecimpunctata	2,3	0,9	0,8	4,5	1,7	0
Adalia bipunctata	1,3	3,6	0,8	0	0	0
Coccinula quatuordecimpustulata	0,3	1,2	7,4	6,8	1,7	7,7
Adalia decempunctata	0,3	0,3	0	0	0	0
Scymnus frontalis	0	0,3	0	0	0	0
Exochomus quadripustulatus	0	0,6	0	0,8	0,9	1,3
Össz egyedszám	395	331	122	133	118	78
Évi fajszám	7	9	6	6	6	5

A három felvételezési évet figyelembe véve az éves fajszám számottevően nem változott. Az első évben, a Bt parcellákban figyelhető meg a legmagasabb fajszám, míg a legalacsonyabb az utolsó évben, szintén a Bt parcellákban. Az évi egyedszám viszont nagyobb mértékű, egyre csökkenő tendenciát mutatott.

Az akarifág katicabogár fajok közül a három év során csupán a *Stethorus punctillum* fajt tudtuk kimutatni. A 7. táblázat adatai szerint 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.

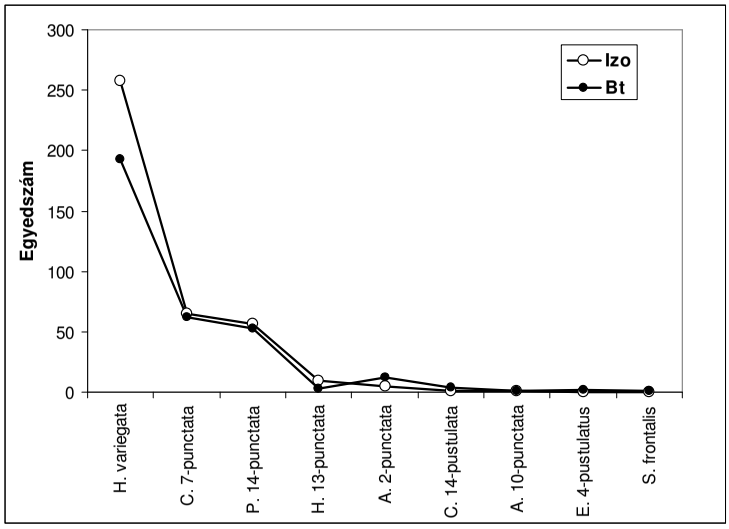
7. táblázat: Az akarifág *Stethorus punctillum* Weise katicabogár éves egyedszáma a mintázott Bt és izogénes kukorica parcellákon (Sóskút, 2001-2003), valamint korábbi mintákban, folytonos monokultúrás (FM) és vetésforgós (VF) kukoricásokban

Fejlődési alak			Imágók	Lárvák	Bábok	Összes egyed
1	2001	Izo	311	354	248	913
		Bt	313	276	271	860
	2002	Izo	113	170	128	411
		Bt	125	199	199	523
	2003	Izo	38	29	2	69
		Bt	52	41	11	104
2	1981	FM	14	9	8	31
		VF	11	27	22	60

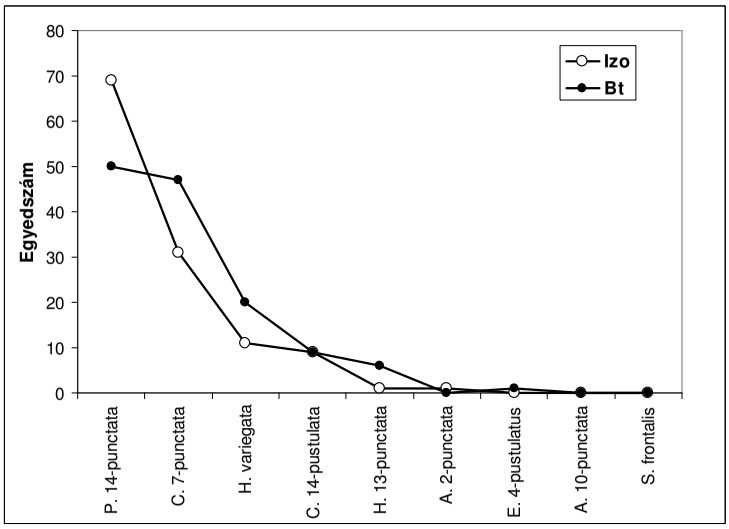
Jelölések: 1: sóskúti vizsgálat, 2: Magyarország (Radwan és Lövei, 1983)

A dominancia görbék lefutása alapján mindhárom évben hasonlóan alakult a katicabogár-együttesek dominancia szerkezete (24. ábra). Az ábrák jól tükrözik, hogy a mintavételezett kukorica parcellákon alacsony egyedszámú katicabogár-együttesek épültek fel. Az első szakasz minden évben meredek, mely arra utal, hogy egy-két katicabogár faj kiugró abundanciával volt jelen a területen. A görbék második fele jóval laposabb, az ide tartozó fajok csak kis egyedszámban fordultak elő a kukorica növényeken. A görbék lefutása alapján kevés átlagos abundanciájú fajt felvételeztünk. A Bt és az izogénes kukorica parcellák katicabogár-együtteseinek a rang abundancia görbéi hasonló lefutásúak, azaz a két kezelés katicabogár-együtteseinek a dominancia szerkezete hasonló (24. ábra).

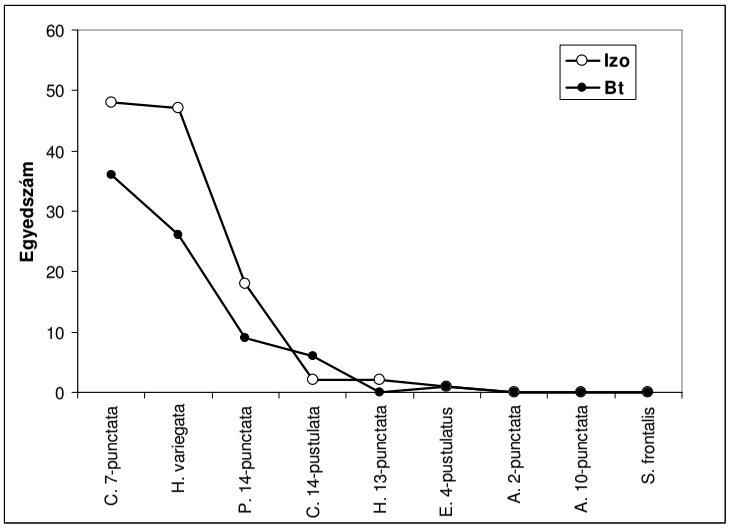
a)



b)



c)



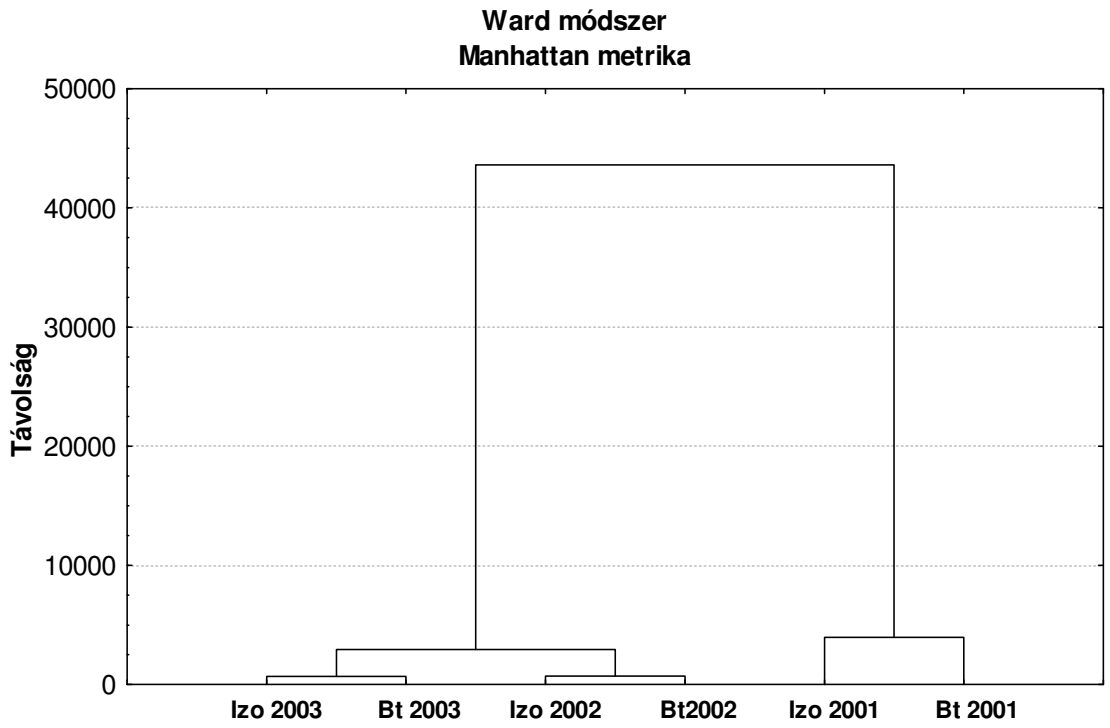
24. ábra: A mintázott Bt és izogénes kukorica parcellák katicabogár együtteseinek dominancia görbéi (Sóskút, 2001-2003; a: 2001; b: 2002; c: 2003)

A fajszámnak megfelelően a diverzitási indexek (H', α) értékei 1 és 2 közé esnek, alacsony fajdiverzitású katicabogár-együtteseket jelezve mind a Bt, mind az izogénes kukorica parcellákon (8. táblázat). Az együttesek egyenletessége 2002-ben és 2003-ban, a Bt és az izogénes kukorica parcellákban nagynak (0,77-0,85), míg az első évben közepesnek mondható (8. táblázat). Mindhárom szezonban, a Bt és az izogénes kukoricások katicabogár-együtteseinek páronkénti összevetése során, mind a bináris (Jaccard-index: 2001: 78%, 2002: 71%, 2003: 83%), mind a mennyiségi (Renkonen-index: 2001: 92%, 2002: 80%, 2003: 92%) hasonlósági index értékei nagyok voltak, ami arra utal, hogy a Bt és az izogénes kukorica parcellákon, a vizsgálat éveiben kialakult katicabogár-együtteseknek a fajösszetétele, és dominancia struktúrája nem különbözött egymástól (8. táblázat).

8. 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±SE, n=10).

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±0.21a	395	65.83±4.53a	0.98±0.03a	0.64±0.02a	1.15±0.06a
	Bt	9	5.50±0.22b	331	55.16±4.37a	1.14±0.02b	0.67±0.02a	1.54±0.09b
2002	Izo	6	4.17±0.17a	122	20.33±3.01a	1.09±0.05a	0.77±0.04a	1.72±0.19a
	Bt	6	4.50±0.43a	133	22.17±3.04a	1.25±0.07a	0.85±0.02a	1.76±0.20a
2003	Izo	6	3.83±0.40a	118	19.67±3.29a	1.11±0.06a	0.85±0.03a	1.56±0.27a
	Bt	5	3.83±0.17a	78	13.0±1.83a	1.13±0.05a	0.85±0.02a	1.97±0.18a

A fajok abundanciájának figyelembevételével mindkét kukorica hibrid együtteseinek hasonlósági viszonyait vizsgálva (25. ábra), a kapott dendrogram jól mutatja, hogy az éveken belül a kétféle kukoricásban felépülő afidofág katicabogár-együttesek nagymértékben hasonlók, ugyanakkor az első és az utolsó két év együttesei között jelentős elkülönülés volt tapasztalható.



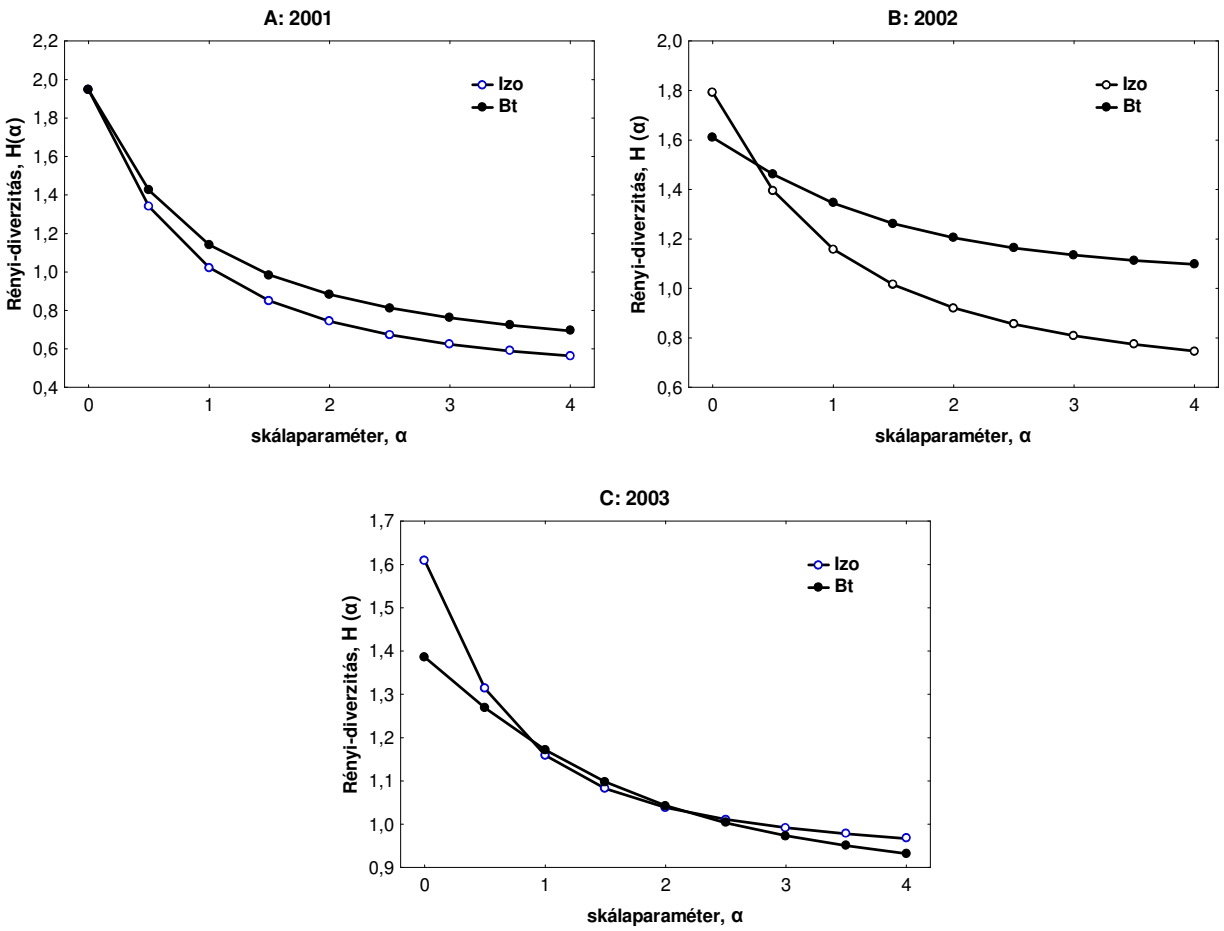
25. ábra. A mintázott Bt és izogénes kukorica parcellák afidofág katicabogár-együtteseinek hasonlósági dendrogramja (Sóskút, 2001-2003)

A három szezonban a Bt és az izogénes kukorica együtteseinek egymáshoz képest számított fajdiverzitási viszonyainak a jellemzésére használt diverzitási rendezés eredményét a 8. táblázat mutatja be.

Az első évben a Bt és az izogénes kukorica parcellák katicabogár-együtteseinek diverzitási görbéi a skála-paraméter teljes tartományában párhuzamosan futnak, nem metszik egymást. Mivel a Bt kukorica parcellák katicabogár-együtteséhez tartozó diverzitási görbe az izogénes fölött fut, ezért ebben az évben a Bt kukorica állomány katicabogár-együttese volt a diverzebb (26. ábra).

A vizsgálat második évére ez már nem mondható el, mivel a két kukoricásban kialakult katicabogár-együttesek fajdiverzitási görbéi az alacsony skála-paraméter értékek tartományában a két görbe metszi egymást. A magasabb skála-paraméter értékek esetében, az egymás felett futó diverzitási görbék alapján 2002-ben a domináns fajok tekintetében a Bt kukoricásban volt diverzebb a katicabogár-együttes (26. ábra).

Az utolsó évben az izogénes és a Bt kukorica parcellákban kialakult katicabogár-együttesek fajdiverzitási görbéi két helyen is metszi egymást. Az alacsonyabb és a magasabb skála-paraméter értékeknél, azaz a legalacsonyabb és a legmagasabb dominanciájú fajok esetében is, az izogénes kukorica diverzitási görbéje a Bt kukorica diverzitási görbéje felett fut, azaz a legalacsonyabb és a legmagasabb dominanciájú katicabogár fajok esetében is az izogénes kukorica volt a diverzebb (26. ábra).



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

Bár az első évben az afidofág katicabogár populációk egy hetes eltolással követik a levéltetű felszaporodását, a második és a harmadik évben a katicabogarak egy kisebb abundancia növekedése volt megfigyelhető a R. padi második kisebb levéltetű felszaporodási időszakkal, azonban ezt a keresztkorreláció eredménye nem támasztja alá (Függelék, 31. táblázat, 37.-39. ábra). Az első két évben a *C. septempunctata* imágók abundancia változása kevésbé követte a levéltetvek dinamikáját, gyakorlatilag az egész vegetációs időszakban egyenletesen oszlott meg az egyedszámuk a kukoricán, melyet a kereszt-korrelációs analízis is alátámaszt. Az utolsó évben ugyan a *C. septempunctata* egy kisebb júliusi egyedszám növekedése illeszkedett a *R. padi* első nagy felszaporodási időszakához, ezt nem támasztotta alá az idősoranalitikai kereszt-korreláció eredménye (Függelék, 34. táblázat). 2001-ben a *P. quatuordecimpunctata* populációinak és a levéltetvek populációinak abundancia változásaiban nem mutattunk ki korrelációs összefüggést (Függelék, 32. táblázat). A második évben szeptember második dekádjában a katicabogár fajnak egy kis egyedszám növekedése volt megfigyelhető a zsákmánypopuláció felszaporodásának időszakában, azonban az idősoranalitikai keresztkorreláció nem mutatott összefüggést (Függelék,

33. táblázat). 2003-ban a faj egy szeptember eleji kis egyedszám növekedése egybeesett a *R. padi* második felszaporodási csúcsával, bár a kereszt-korreláció szerint a *P. quatuordecimpunctata* egy hetes késéssel követte a levéltetű felszaporodási csúcsot (Függelék, 34. táblázat; 40. ábra).

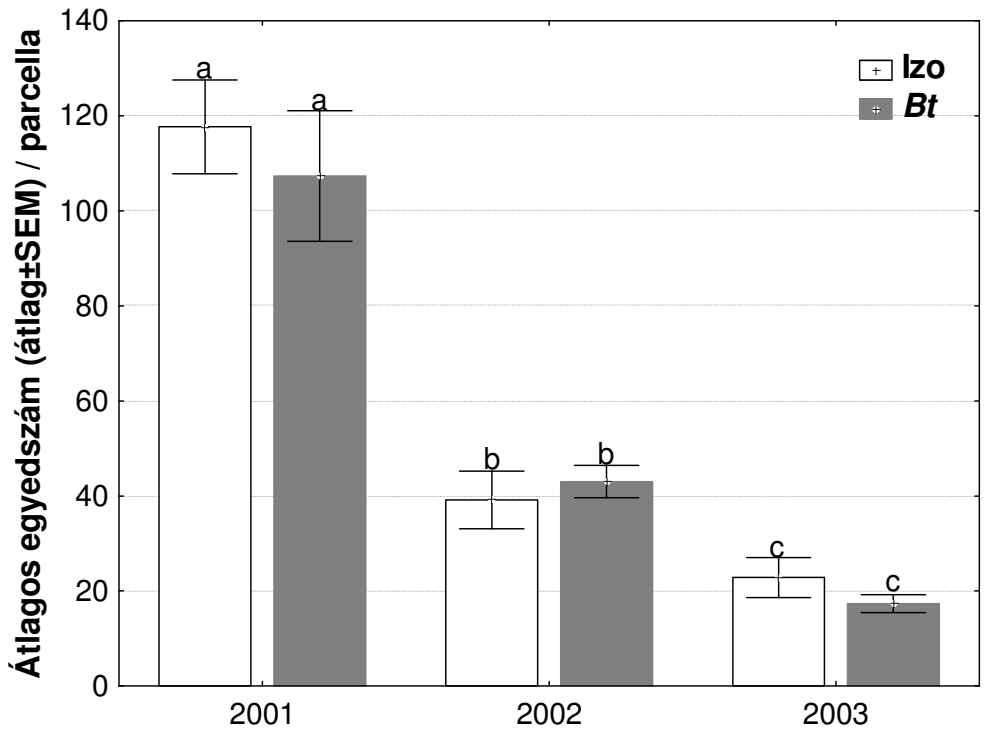
Az első évben a *H. variegata* esetében az idősoranalitikai keresztkorreláció negatív korrelációt jelzett egy hetes eltolásnál (Függelék, 32. táblázat). 2002-ben október elején egy kisebb abundancia emelkedés volt megfigyelhető a nagyobb levéltetűpopulációk idején, azonban ezt nem támasztotta alá a keresztkorreláció (Függelék, 33. táblázat). Az utolsó évben szeptember elején a *R. padi* második kisebb felszaporodási csúcsával egy időben jelentkezett egy abundancia csúcs, bár a kereszt-korreláció nem mutatott ki összefüggést a *H. variegata* és a levéltetvek szezonális dinamikája között (Függelék, 34. táblázat).

Az atkafogyasztó *S. punctillum*, imágók és lárvák abundancia-változásai jól követték az atkafertőzöttség dinamikáját, mindhárom vizsgálati szezonban annak ellenére, hogy a három évben erősen eltértek az atkák felszaporodásának az időszakai. 2001-ben az atka populációk növekedése július végén kezdődött, és három aktivitási periódussal volt jellemezhető, egy augusztus közepi, egy szeptember eleji és egy szeptember végi csúccsal. Ennek megfelelően az atkászböde imágók és lárváik augusztus végétől október elejéig mutattak felszaporodást. Ebben az időszakban az atka populációk változását időben követték az *S. punctillum* imágói, bár a kereszt-korreláció nem mutatott ki összefüggést az atkászbödék és az atkák szezonális dinamikája között (Függelék, 35. táblázat). Az atkák megtelepedése és felszaporodása a kukoricán ebben az évben korábban, már június közepén elkezdődött, és a maximális fertőzöttség időszaka július hónapban végig tartott. A második évben az atkászböde imágók és lárvák szezonális megoszlása a zsákmányét szorosan követte, az idősoranalítikai kereszt-korreláció a maximális pozitív szignifikáns értékét eltolás nélkül vette fel (Függelék, 35. táblázat; 41. ábra). Az atkafertőzöttség augusztus közepére megszűnt, ezt követően a katica imágók száma alacsony szinten mozgott, a lárvák a szezon hátralévő időszakában, pedig teljesen hiányoztak. Az utolsó évben az akarifág *S. punctillum* imágóinak és lárváinak szezonális abundancia változásai, az előző két évhez hasonlóan szorosan követték a zsákmányállat, azaz a takácsatkák felszaporodását, bár a kereszt-korreláció nem mutatott összefüggést az atkászböde populációk és az atka fertőzöttség között (Függelék, 35. táblázat). Az atkafertőzöttséghez hasonlóan az atkászböde imágó és lárvák egyedszáma is nagyon alacsony volt az első két évhez képest. 2003-ban az atkászböde imágók abundancia növekedését három csúcs jellemzi, az első a takácsatkák betelepedésének kezdetén (július közepe), majd egy augusztus közepén, és az utolsó az atkák második kisebb felszaporodási idején (szeptember közepe).

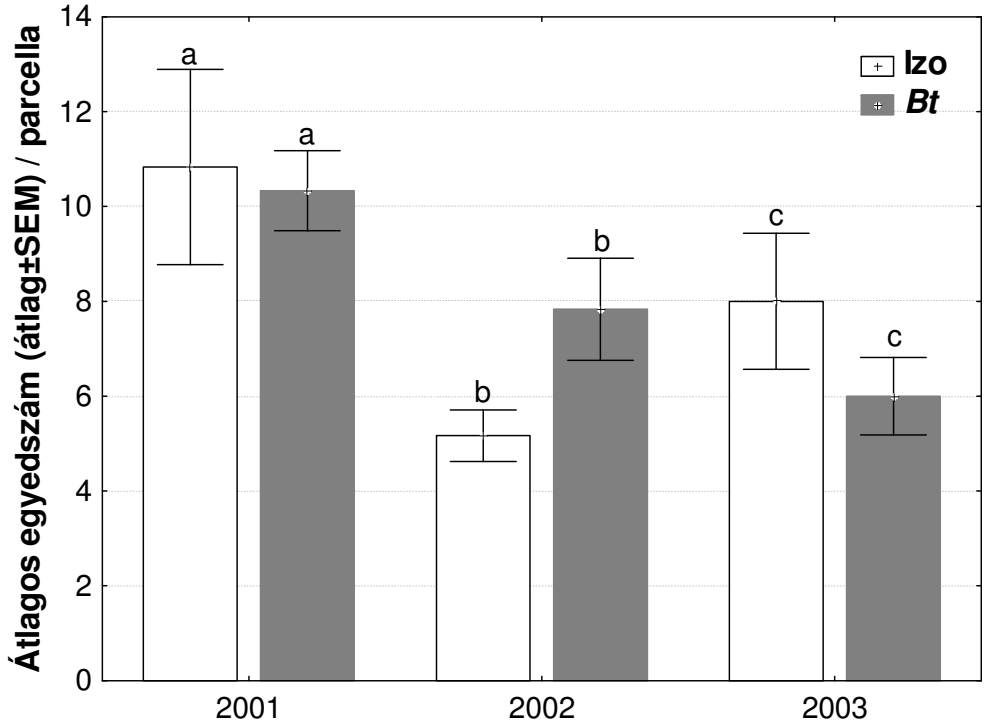
4.2.2. A Bt és az izogénes kukorica parcellák katicabogár-együtteseinek összehasonlítása

A Függelék 36. táblázatában az egész évre számolt növényenkénti átlagos imágó egyedszám átlagait közlöm az áttekinthetőség kedvéért, azonban az elemzésekhez az egész évre számolt parcellánkénti átlagos imágó egyedszámokat és szórásait használtam. A katicabogarak parcellánkénti átlagos egyedszámában egy adott éven belül nem találtam szignifikáns különbséget (Függelék, 37. táblázat) a két kezelés között egyik évben sem, sem a teljes katicabogár-együttes (Mann-Whitney test Z értéke; 2001: Z=1,203; 2002: Z=-0,722; 2003: Z=1,684; mindenesetben p>0,05, 27. ábra), sem a domináns fajok tekintetében (Mann-Whitney test Z értéke; *C. septempunctata*: 2001: Z=0,081, p=0,935; 2002: Z=-1,949, p=0,051; 2003: Z=0,572, p=0,567; 28. ábra, *P. quatuordecimpunctata*: 2001: Z=0,403, p=0,687; 2002: Z=0,646, p=0,518; 2003: Z=1,338, p=0,181, 30. ábra), azonban fontos megjegyezni, hogy 2002-ben a *C. septempunctata* esetében a különbség majdnem szignifikáns, és az utólagos páronkénti összehasonlítás (GLM; LSD teszt) is szignifikáns különbséget jelzett (lásd később).

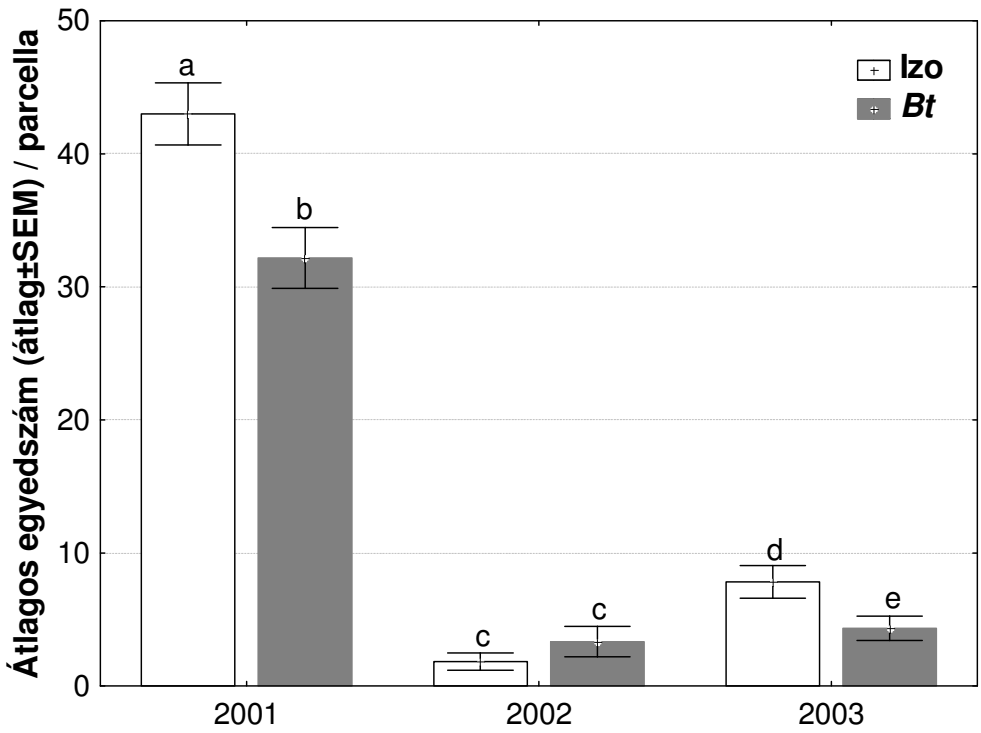
Egyedül a *H. variegata* esetében az első és az utolsó évben e faj egyedszáma szignifikánsan magasabb volt az izogénes parcellákon (Mann-Whitney test Z értéke; 2001: Z=2,330, p=0,019; 2002: Z=-1,234, p=0,217; 2003: Z=2,119, p=0,034, 29. ábra).



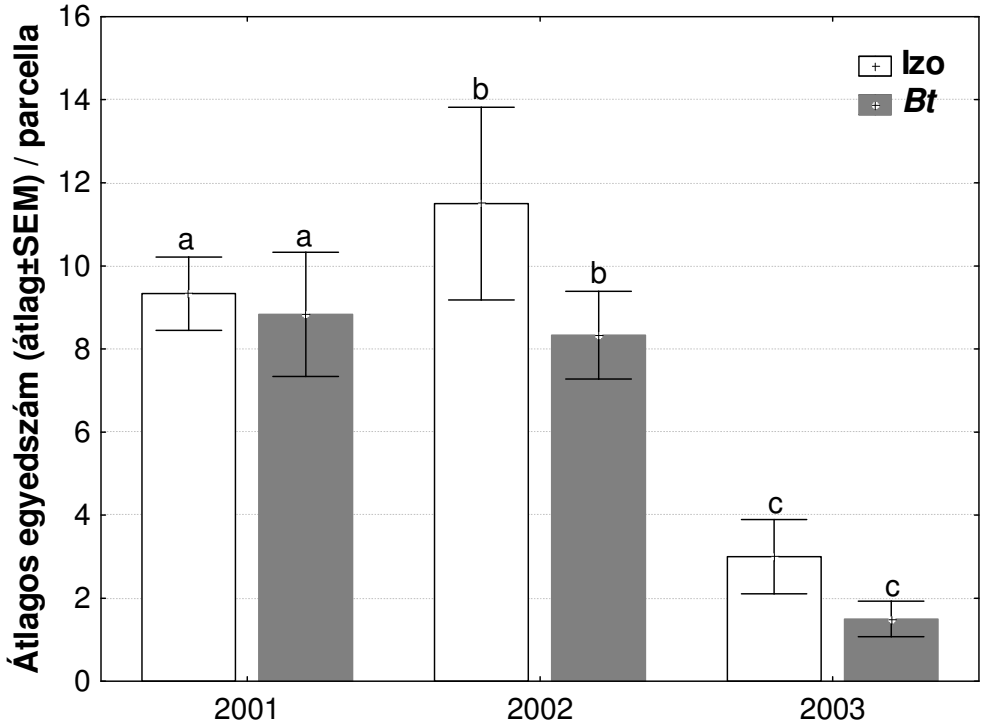
27. ábra: Az afidofág katicabogár imágók átlagos abundanciájának alakulása a mintázott Bt és izogénes parcellákban (Sóskút, 2001-2003). Jelölés: azonos betűk nincs szignifikáns különbség.



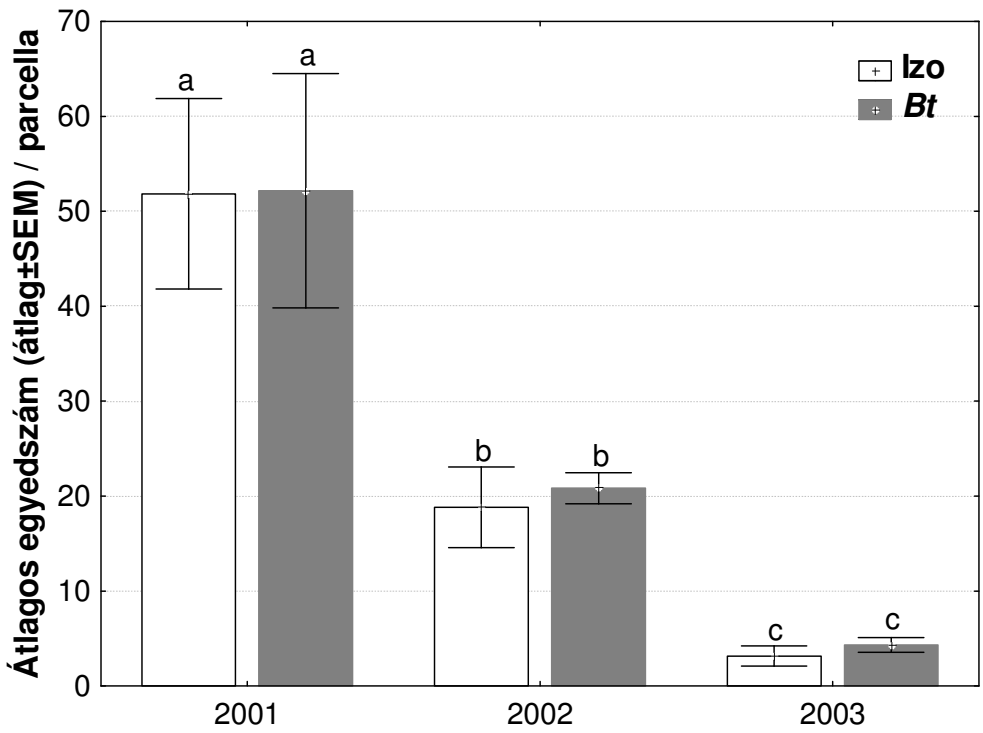
28. ábra: A *Coccinella septempunctata* L. imágók átlagos abundanciájának alakulása a mintázott Bt és izogénes parcellákban (Sóskút, 2001-2003). Jelölés: azonos betűk nincs szignifikáns különbség.



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



30. ábra: A *Propylea quatuordecimpunctata* L. imágók átlagos abundanciájának alakulása a mintázott Bt és izogénes parcellákban (Sóskút, 2001-2003). Jelölés: azonos betűk nincs szignifikáns különbség.



31. ábra: A *Stethorus punctillum* Weise imágók átlagos abundanciájának alakulása a mintázott Bt és izogénes parcellákban (Sóskút, 2001-2003). Jelölés: azonos betűk nincs szignifikáns különbség.

Ugyancsak nem volt kimutatható szignifikáns különbség (Függelék, 37. táblázat) az adott szezonon belül a *Stethorus punctillum* parcellánkénti átlagos egyedszámában (Mann-Whitney test Z értéke; 2001: *Z*=-0, 320, *p*=0,749; 2002: *Z*=-0,643, *p*=0,520; 2003: *Z*=-0,895, *p*=0,371, 31. ábra).

A három vizsgálati év között a kezeléseken belül (Bt-Bt illetve izogénes-izogénes) a katicabogarak egyedsűrűsége szignifikánsan különbözött (Mann-Whitney test Z értéke; izogénes-izogénes összevetés: 2001-2002: Z=2,882, p=0,004; 2001-2003: Z=2,882, p=0,004; 2002-2003: Z=2,005, p=0,045, Függelék, 38. táblázat; Bt-Bt összevetés: 2001-2002: Z=2,882, p=0,004; 2002-2003: Z=2,887, p=0,004, Függelék, 39. táblázat).

A három gyakori faj, illetve az akarifág *S. punctillum* parcellánkénti átlagos egyedszámának kezeléseken belüli összehasonlítása esetében, egy-egy összevetés kivételével a Mann-Withney test szignifikáns különbséget jelzett (a Mann-Withney test redményeit a Függelék 38. és 39. táblázatai tartalmazzák).

4.2.3. A katicabogár-együttesek szezonális abundancia-dinamikájának jellemzése

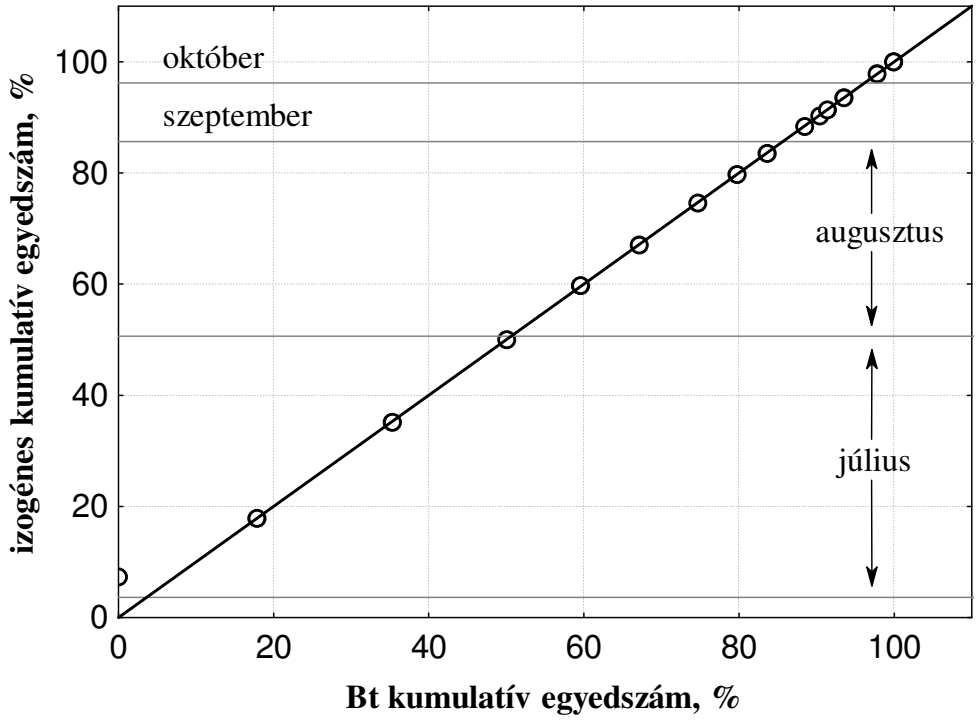
4.2.3.1. Az afidofág katicabogár imágók szezonális abundancia-dinamikájának összevetése Bt és izogénes kukorica parcellákon

Az afidofág katicabogarak szezonális abundancia változásainak a jellemzéséhez, egyrészt nyomon követtük a kukoricanövények növekedési ütemét és a fontosabb fenológiai fázisait, másrészt a potenciális zsákmányforrásul szolgáló levéltetvek egyedszám-változásait. A Bt és az izogénes parcellák kukorica növényei egyformán fejlődtek, az adott fenológiai stádiumok egyidőben jelentkeztek mind három évben (a fenológiai stádiumok meghatározását az Ritchie et al. (1993) cikke alapján végeztük, 1. Melléklet).

Mindhárom évben a Bt és az izogénes parcellánkénti átlagos levéltetű egyedszámot hasonlítottam össze. A statisztikai elemzés (Mann-Withney test) egyik évben sem mutatott szignifikáns eltérést a levéltetvek abundancia szintjében (Mann-Whitney test Z értéke; 2001: Z=0,000, p=1,000; 2002: Z=-0.160, p=0,873; 2003: Z=0,480, p=0,631, Függelék, 40. táblázat), és ez időben szinkronban változott (az idősoranalítikai kereszt-korreláció a maximális pozitív szignifikáns értékét eltolás nélkül vette fel, Függelék, 41. táblázat, 42.-44. ábra) a Bt és az izogénes kukorica parcellákon. A levéltetvek szezonális populációdinamikája kétcsúcsú, bimodális görbével volt jellemezhető mindhárom évben. Az első, kisebbik csúcs 2001-ben és 2003-ban július első felére, 2002-ben pedig június végére esett. A nagyobbik nyár végi-őszi felszaporodási szakasz szeptember második felétől-október elejéig tartott, 2001-ben azonban a levéltetű populációk növekedése már augusztus közepén megkezdődött, az utolsó évben, pedig augusztus első felében lezajlott (Függelék, 45.-47. ábra). Mivel a Bt és az izogénes kukoricán adott évben nem volt különbség a levéltetvek szezonális dinamikája között, ezért a kettő átlagát (Bt és izogénes), mint a zsákmány időbeli változását ábrázoltam a katicabogarak szezonális aktivitását bemutató grafikonokon.

A 2001. évben az afidofág katicabogár együttesek aktivitási csúcsát az első évben július 25.-én, 2002-ben július 10.-én, a harmadik évben pedig augusztus 13.-án észleltem. A fő aktivitási preiódus 2001-ben július 11.-én, a második évben július 3.-án, az utolsó évben augusztus 6.-án kezdődött. Az aktivitási periódus 2001-ben augusztus 16.-án, 2002-ben július 24.-én, 2003-ban augusztus 27.-én ért véget (Függelék, 48.-50. ábra). A Bt és az izogénes kukorica parcellákon mintázott katicabogár-együttesek szezonális aktivitása mindhárom évben hasonlóan alakult (32. ábra, Függelék, 51. és 52. ábra). A General Linear Models (GLM) a kezelés és az időpont

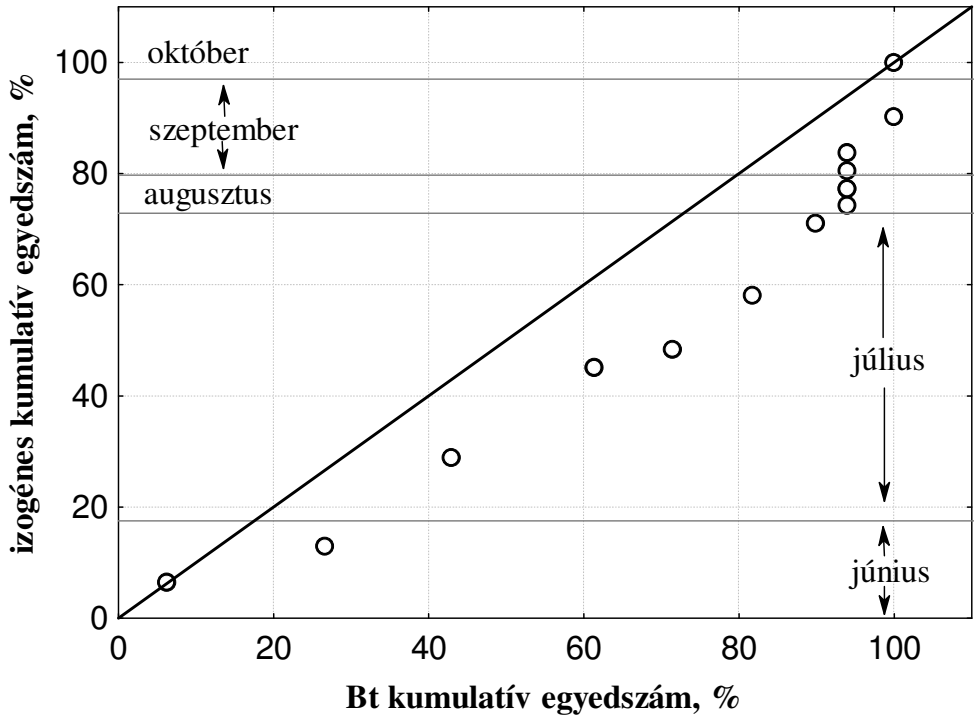
összefüggésében nem mutatott szignifikáns különbséget (GLM F értéke; 2001: *F*=0,902, *d.f.*=12, *p*=0,550; 2002: *F*=0,442, *d.f.*=7, *p*=0,869; 2003: *F*=0,123, *d.f.*=8, *p*=0,998, Függelék, 42.-44. táblázat) a Bt és az izogénes kukorica parcellák között.



32. ábra: A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott afidofág katicabogár-együttesek imágóinak szezonális aktivitásának összehasonlítása (Sóskút, 2001)

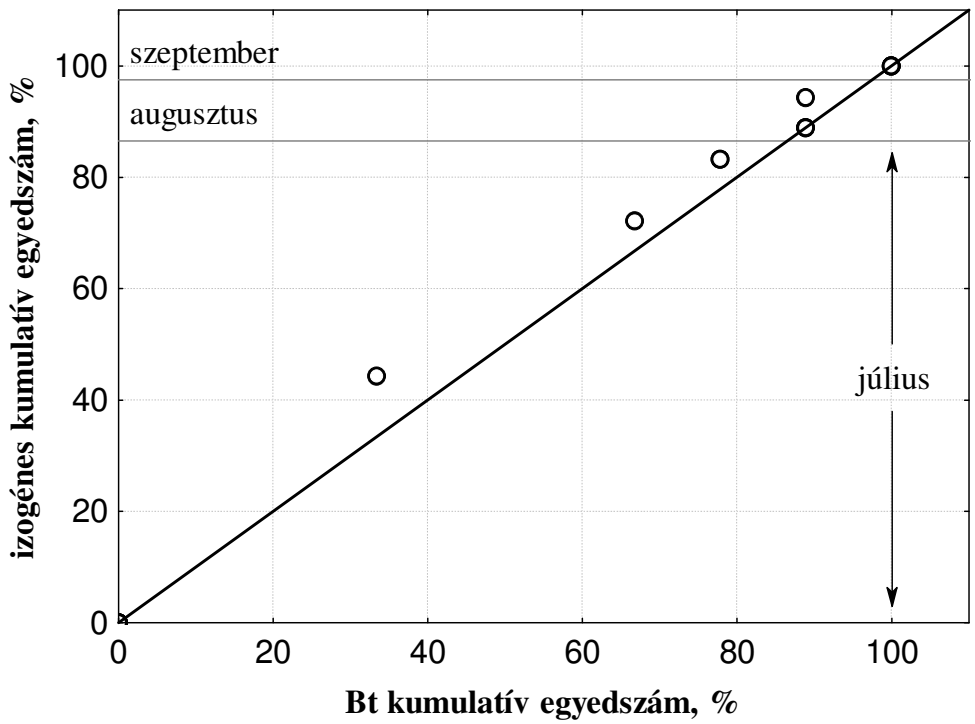
A *C. septempunctata* imágók aktivitási csúcsát az első évben augusztus 16.-án, a második évben július 17.-én, míg 2003-ban augusztus 21.-én tapasztaltam. A fő aktivitási periódus az első évben július 17.-én, a második évben július 3.-án, a harmadik évben augusztus 6.-án kezdődött. Az aktivitási periódus 2001-ben szeptember 19.-én, a második évben augusztus 15.-én, 2003-ban, pedig augusztus 27.-én ért véget (Függelék, 53.-55. ábra). A *C. septempunctata* imágók szezonális aktivitása igen vegyes képet mutatott az első évben az izogénes parcellákon felvételeztük nagyobb egyedszámban a fajt. A második évben volt a legnagyobb a különbség, ebben az évben a Bt kukorica parcellákon volt magasabb a *C. septempuncata* egyedszáma, míg az utolsó évben a Bt és az izogénes parcellákon megegyezett e faj aktivitása (33. ábra, Függelék, 56.-57. ábra). Az egyedi növényvizsgálattal felvételezett *C. septempunctata* imágó egyedszámokban az éven belül a GLM a kezelés és az időpont összefüggésében az első év kivételével nem mutatott szignifikáns különbséget (GLM F értéke; 2001: *F*=2,297, *d.f.*=10, *p*=0,026; 2002: *F*=5,565, *d.f.*=5, *p*=0,726; 2003: *F*=0,222, *d.f.*=4, *p*=0,923, Függelék, 45.-47. táblázat) a Bt és az izogénes kukorica parcellák között. Azonban az LSD teszttel végzett utólagos páronkénti összehasonlítás során a tizenegy időpontból csak két időpontban (9. és 10. időpont) a Bt parcellákban volt szignifikánsan magasabb a C. *sepempunctata*

egyedszáma (LSD teszt, *MS*=0,492, *d.f.*=50, 9. időpont: *p*=0,045; 10. időpont: *p*=0,017, Függelék, 45. táblázat).



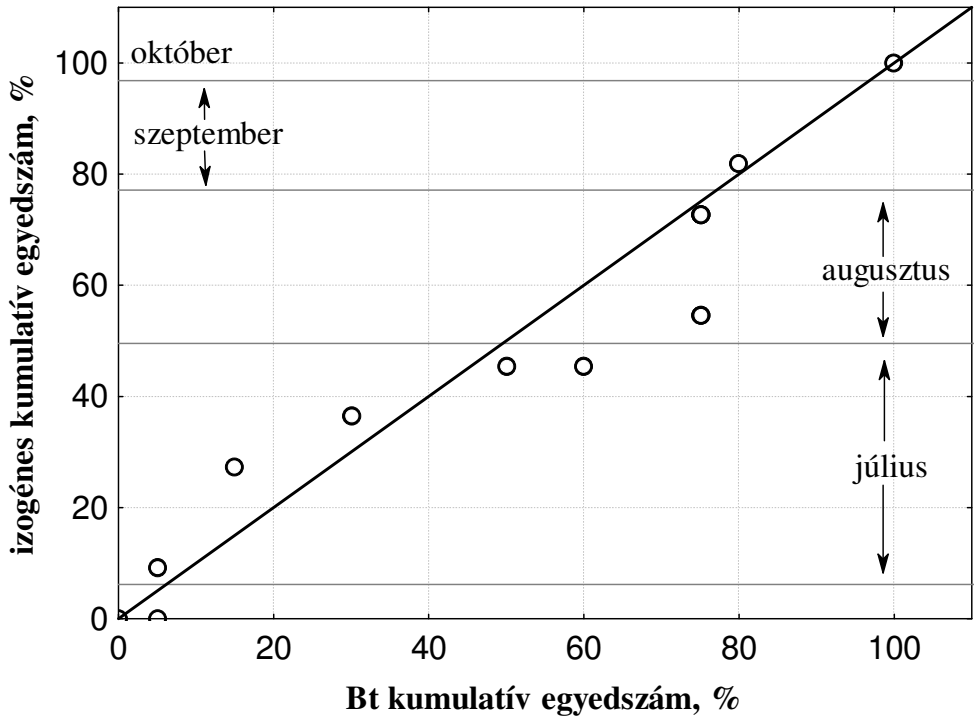
33. ábra: A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott *Coccinella septempunctata* imágóinak szezonális aktivitásának összehasonlítása (Sóskút, 2002)

A *P. quatuordecimpunctata* populáció aktivitási csúcsa mindhárom évben július elején, közepén volt észlelhető (2001: július 17, 2002: július 3, 2003: július 9). A fő aktivitási periódus mindhárom évben szinte ugyanakkor kezdődött (2001: július 4, 2002: június 28, 2003: július 2). Az aktivitási periódus az első évben augusztus elején (augusztus 1), az utolsó két évben pedig július közepén (2002: július 17, 2003: július 16) ért véget (Függelék, 58.-60. ábra). A *P. quatuordecimpunctata* szezonális aktivitása az első évben szinte egyenletes eloszlást mutatott a két kukorica hibrid között (Függelék, 61. ábra), 2002-ben a szezon elején és végén a Bt parcellákon volt magasabb az egyedszám (Függelék, 62. ábra), míg 2003-ban kismértékben az izogénes parcellákon volt magasabb a katicabogár faj egyedszáma (34. ábra). A GLM a kezelés és az időpont összefüggésében nem mutatott szignifikáns különbséget egyik évben sem (GLM F értéke; 2001: *F*=0,779, *d.f.*=4, *p*=0,552; 2002 *F*=0,477, *d.f.*=5, *p*=0,790; 2003: *F*=0,555, *d.f.*=1, *p*=0,489, Függelék, 48.-50. táblázat) a Bt és az izogénes kukorica parcellák között.



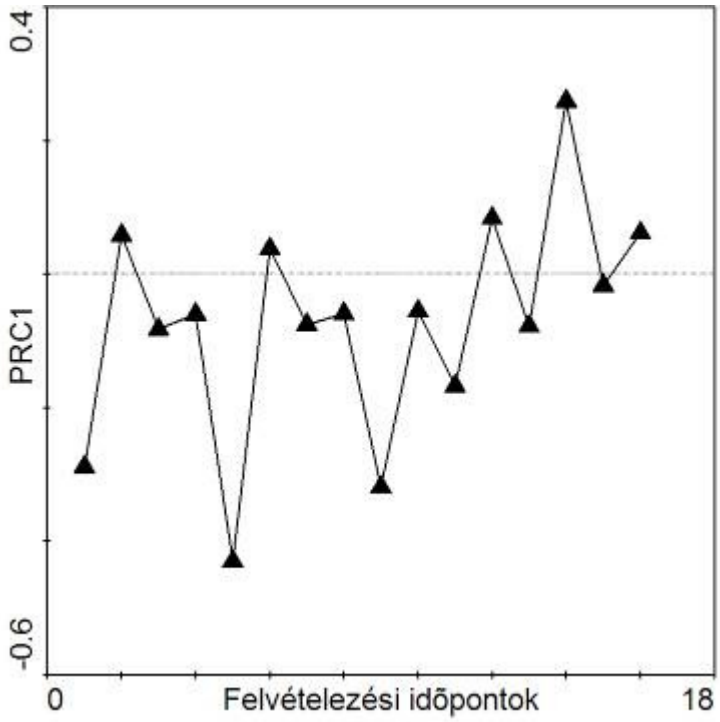
34. ábra: A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott *Propylea quatuordecimpunctata* imágóinak szezonális aktivitásának összehasonlítása (Sóskút, 2003)

A *H. variegata* aktivitási csúcsa az első két évben július végén (2001: július 25, 2002: július 24), míg az utolsó évben egy hónappal később (augusztus 27) észleltem. A fő aktivitási periódus az első két évben július elején (2001: július 11, 2002: július 10), az utolsó évben egy hónappal később (augusztus 13) kezdődött. Az aktivitási periódus az első évben augusztus elején (augusztus 8), a második évben augusztus végén (augusztus 29), az utolsó évben pedig szeptember 3.-án ért véget (Függelék, 63.-65. ábra). A *H. variegata* szezonális aktivitása a három év során vegyes képet mutatott. Az első évben viszonylag egyenletesen oszlott meg az egyedszám az izogénes és Bt parcellák között (Függelék, 66. ábra). A második évben a szezon elején az izogénes parcellákon, míg a szezon végén, a Bt parcellákon volt magasabb az egyedszám (35. ábra). A harmadik évben a szezon elején az izogénes parcellákon volt magasabb az egyedszám (Függelék, 67. ábra). A GLM a kezelés és az időpont összefüggésében nem mutatott szignifikáns különbséget az imágó egyedszámokban (GLM F értéke; 2001: F=0,728, $d.f.$=11, p=0,707; 2003: F=0,397, $d.f.$=2, p=0,682, Függelék, 51.-52. táblázat) a Bt és az izogénes kukorica parcellák között. A második évben a felvételezett *H. variegata* egyedszámok éven belüli, a kezelés és az időpont összefüggése GLM módszerrel nem vizsgálható az alacsony egyedszámok miatt.



35. ábra: A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott *Hippodamia variegata* imágóinak szezonális aktivitásának összehasonlítása (Sóskút, 2002)

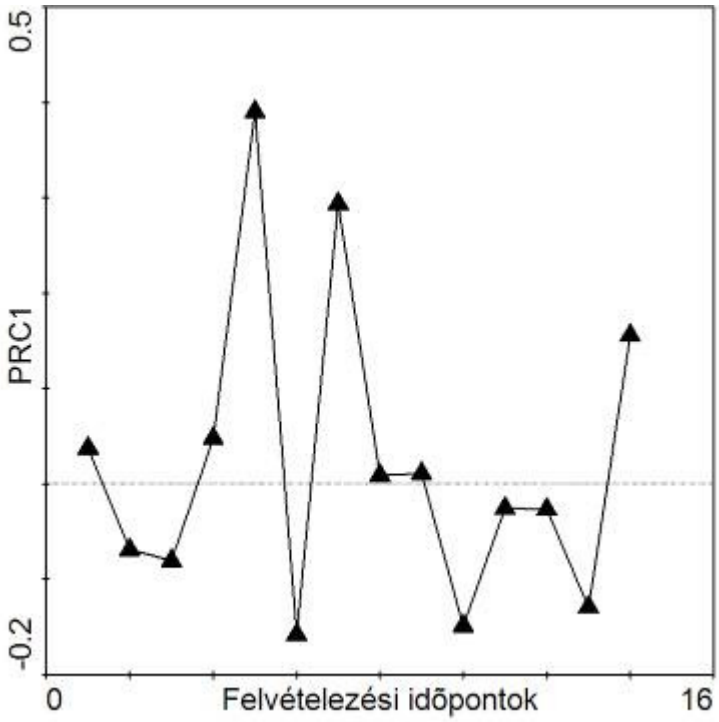
Az első évben a PRC nem mutatott ki szignifikáns különbséget az első kanonikus tengelyen (p=0,936). A faj-környezet összefüggés kumulatív százalékos varianciája 46,6% volt az első kanonikus tengelyen (Függelék, 53. táblázat). A négy domináns fajból a *C. septempunctata*, a *H. variegata* és a *S. punctillum* abundanciája a PRC mintázatnak megfelelően alakult (36. ábra), azaz a második, a hatodik, a tizenkettedik, a tizennegyedik és a tizenhatodik időpontban e fajok abundanciája magasabb volt a Bt kukorica parcellákban, mint az izogénesben. A többi tizenegy időpontban az izogénes kukoricában volt magasabb a katicabogarak abudanciája. A *P. quatuordecimpunctata* abundanciájának változásáról ezzel a módszerrel nem vonható le következtetés.



Fajnév	Faj súlya
C. septempunctata	0,9642
H. variegata	1,5560
P. quatuordecimpunctata	-0,1102
S. punctillum	0,7982

36. ábra: Principal Response Curves (PRC) mintázat alakulása a Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott domináns katicabogár fajok esetében, a domináns fajok fajsúlyával (Sóskút, 2001)

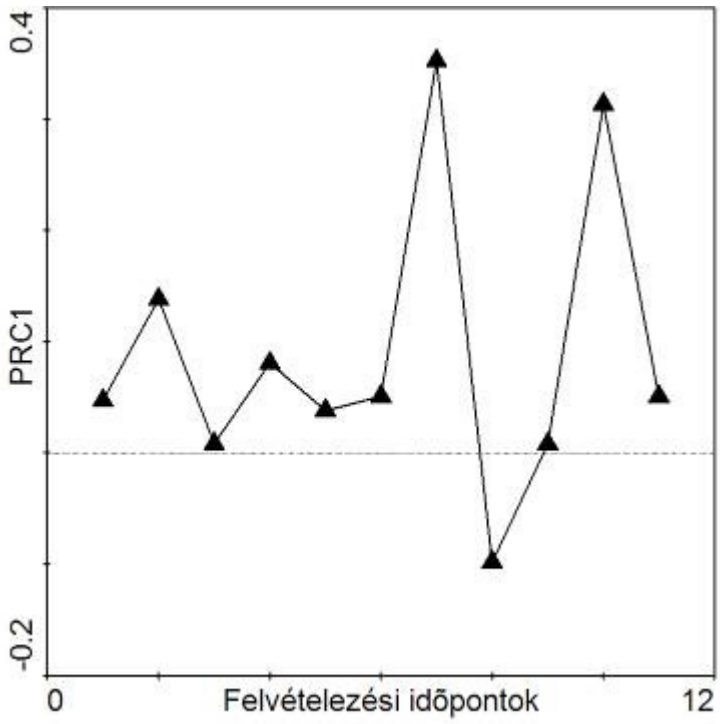
A PRC 2002-ben sem mutatott ki szignifikáns különbséget az első kanonikus tengelyen (p=0,844). A faj-környezet összefüggés kumulatív százalékos varianciája 48,8% volt az első kanonius tengelyen (Függelék 54. táblázat). A négy domináns faj közül *P. quatuordecimpunctata* és a *S. punctillum* abundanciája a PRC mintázatnak megfelelően alakul, tehát e fajok abundanciája a tizennégy felvételezési időpontból hét időpontban (1., 4., 5., 7., 8., 9., és 14. időpont) magasabb a Bt kukorica parcellákban, mint az izogénes parcellákban (37. ábra). A másik két faj (*C. septempunctata* és *H. variegata*) abundancia változásáról ezzel a módszerrel nem vonható le következtetés.



Fajnév	Faj súlya
C. septempunctata	-0,0699
H. variegata	0,3775
P. quatuordecimpunctata	0,9639
S. punctillum	1,7098

37. ábra: Principal Response Curves (PRC) mintázat alakulása a Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott domináns katicabogár fajok esetében, a domináns fajok fajsúlyával (Sóskút, 2002)

Az előző két évhez hasonlóan az utolsó évben sem mutatott ki szignifikáns különbséget a PRC az első kanonikus tengelyen (p=0,430). A faj-környezet összefüggés kumulatív százalékos varianciája 53,9 % volt az első kanonikus tengelyen (Fügelék, 55. táblázat). Ebben az évben 11 alkalommal végeztünk egyedi növényvizsgálatot. A négy domináns faj közül a *S. punctillum* abundanciája a PRC mintázatának megfelelően alakul, azaz egyedül a nyolcadik felvételezési időpontban volt alacsonyabb e faj abundanciája a Bt kukorica parcellákon, mint az izogénesben. A *C. septempunctata* abundanciája a negatív fajsúlya miatt, pont ellentétesen alakul, mint a PRC mintázata, azaz egyedül a nyolcadik időpontban magasabb e faj abundanciája a Bt kukorica parcellákban, mint az izogénes kukoricában (38. ábra). A *H. variegata* és a *P. quatuorpunctata* fajok abundancia alakulásáról ezzel a módszerrel nem vonható le következtetés.

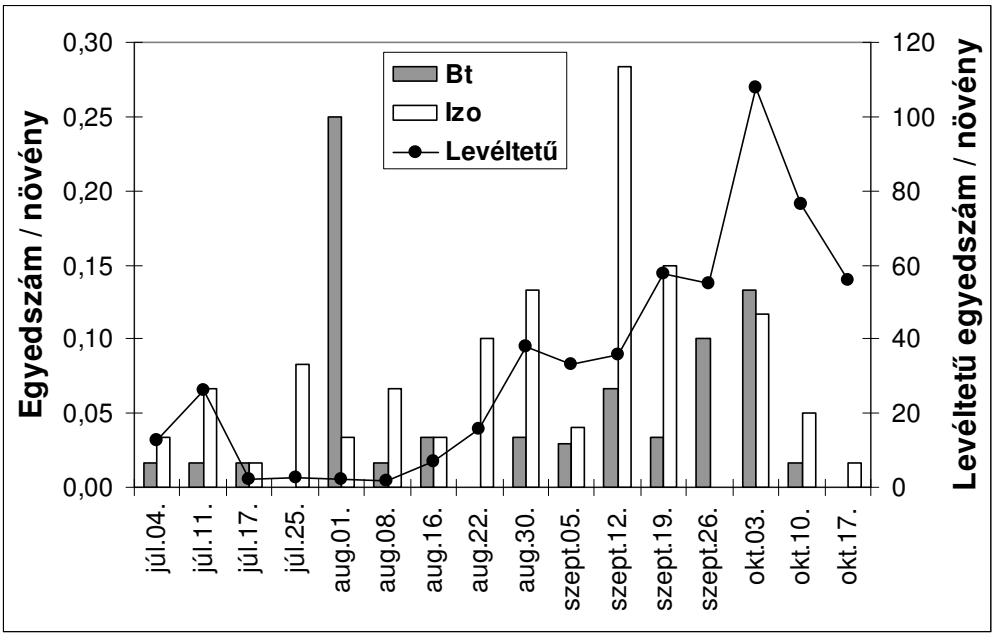


Fajnév	Faj súlya
C. septempunctata	-1.6303
H. variegata	-0.4015
P. quatuordecimpunctata	-0.1562
S. punctillum	1.0754

38. ábra: Principal Response Curves (PRC) mintázat alakulása a Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott domináns katicabogár fajok esetében, a domináns fajok fajsúlyával (Sóskút, 2003)

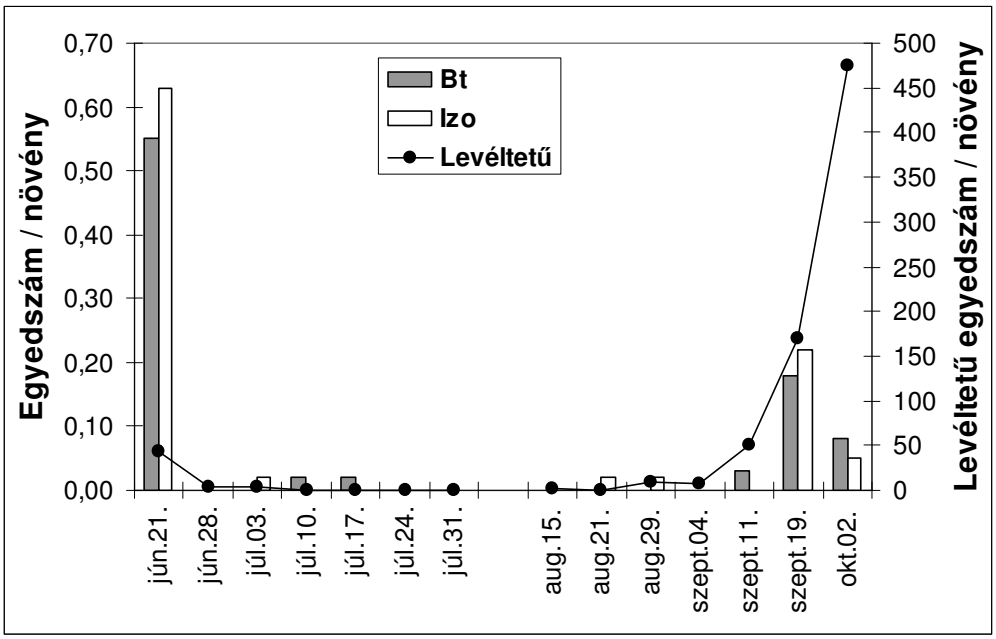
4.2.3.2. Az afidofág katicabogár lárvák és tojások szezonális abundancia-dinamikájának összevetése Bt és izogénes kukorica parcellákon

A 39. ábrán a 2001-ben, a kukorica növényeken begyűjtött afidofág katica lárvák átlagos egyedszámait tüntettem fel. Bár nagyon kevés lárva fordult elő a mintázott növényeken, ennek ellenére azok időbeli megoszlása elég szorosan követte a levéltetű dinamikát. A katica lárvák első egyedszámbeli csúcsa július első dekádjára esett, míg egy második abundancia növekedés augusztus végén, szeptember elején volt tapasztalható.



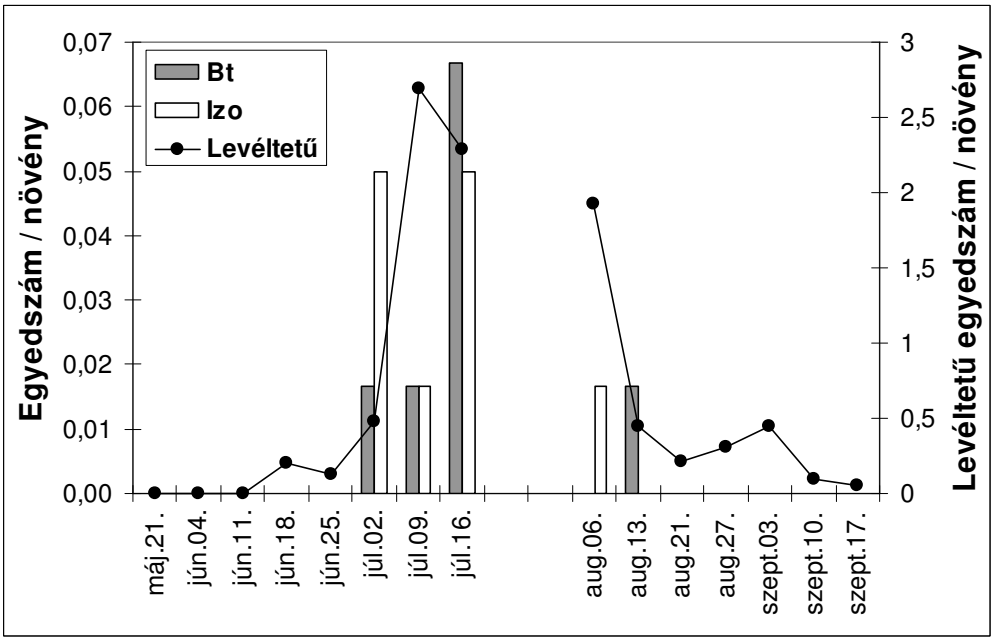
39. ábra: Az afidofág katicabogár-együttesek lárváinak szezonális abundancia-dinamikája a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2001)

A lárvákból szintén kevés példányt találtunk a 2002. évi felvételezések során. A lárvák szezonális eloszlására (40. ábra) azonban még alacsony egyedsűrűség esetén is az volt a jellemző, hogy jelenlétük a levéltetvek felszaporodásának az időszakaira, így június második felére, és szeptember második fele-október elejére, vagy ennek a kezdetére estek (augusztus 21).



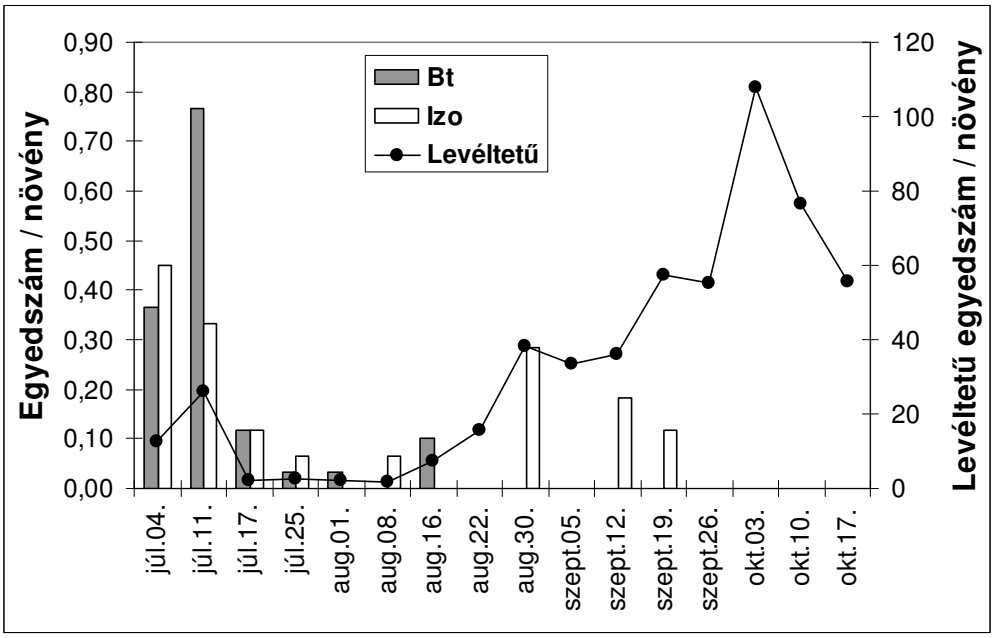
40. ábra: Az afidofág katicabogár-együttesek lárváinak szezonális abundancia-dinamikája a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2002)

Az utolsó évben volt a legalacsonyabb az afidofág katicabogarak lárváinak egyedsűrűsége. Azonban az igen alacsony egyedszám ellenére 2003-ban is, az abundancia növekedései a levéltetvek két felszaporodási időszakával (július és augusztus közepe) estek egybe (41. ábra).

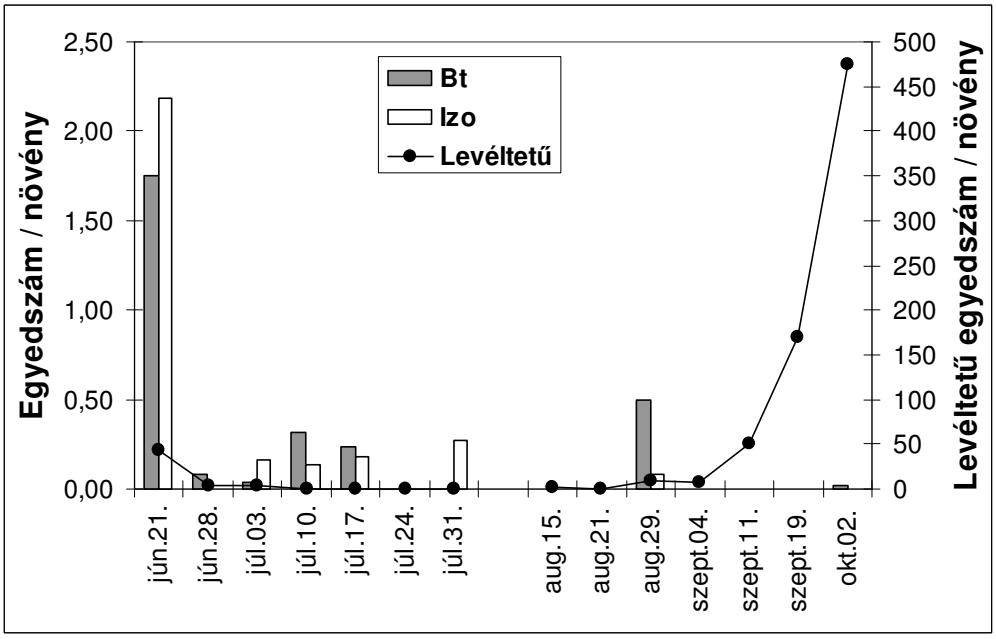


41. ábra: Az afidofág katicabogár-együttesek lárváinak szezonális abundancia-dinamikája a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2003)

Az első évben a felvételezések kezdetétől regisztráltunk afidofág katicabogár tojásokat a kukorica leveleken (42. ábra). A legmagasabb lerakott tojásszámot az első nagyobb levéltetű felszaporodás időszakában (július 11) figyeltük meg. A lerakott tojások száma folyamatosan csökkent, majd az izogénes kukorica parcellákon augusztus végén még egy kisebb tojásszám növekedés volt megfigyelhető.

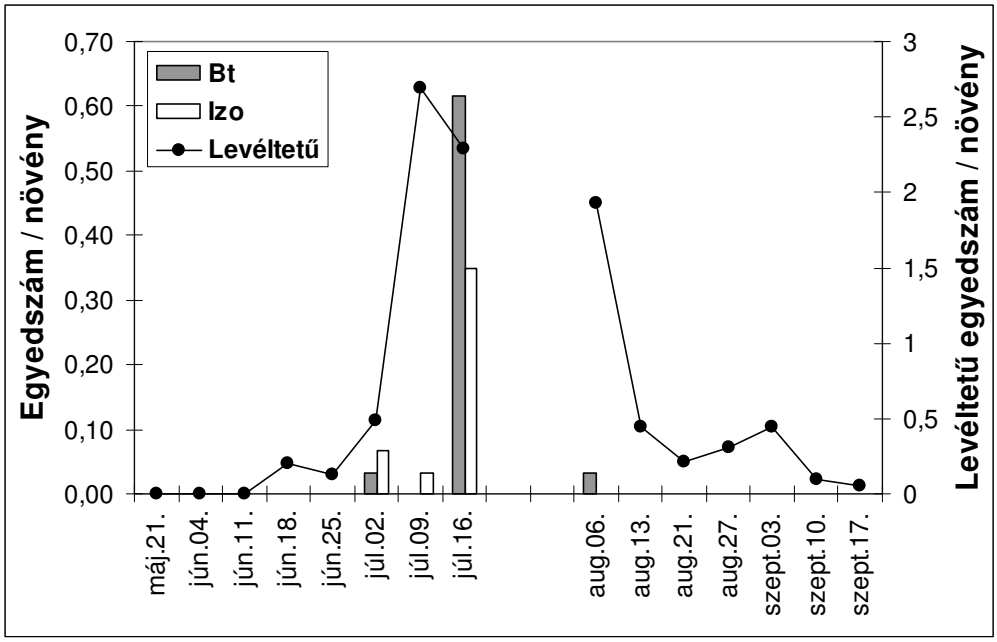


42. ábra: Az afidofág katicabogarak tojásainak szezonális dinamikája a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2001)



43. ábra: Az afidofág katicabogarak tojásainak szezonális dinamikája a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2002)

2002-ben több lerakott katicatojást regisztráltunk a növényvizsgálatok során, ezek átlagos számát a 43. ábra mutatja. Eszerint a legtöbb tojást a katicák az első levéltetű felszaporodás idején, június közepén rakták le. A szezon további részében katicatojások csak szórványosan fordultak elő a növényeken.



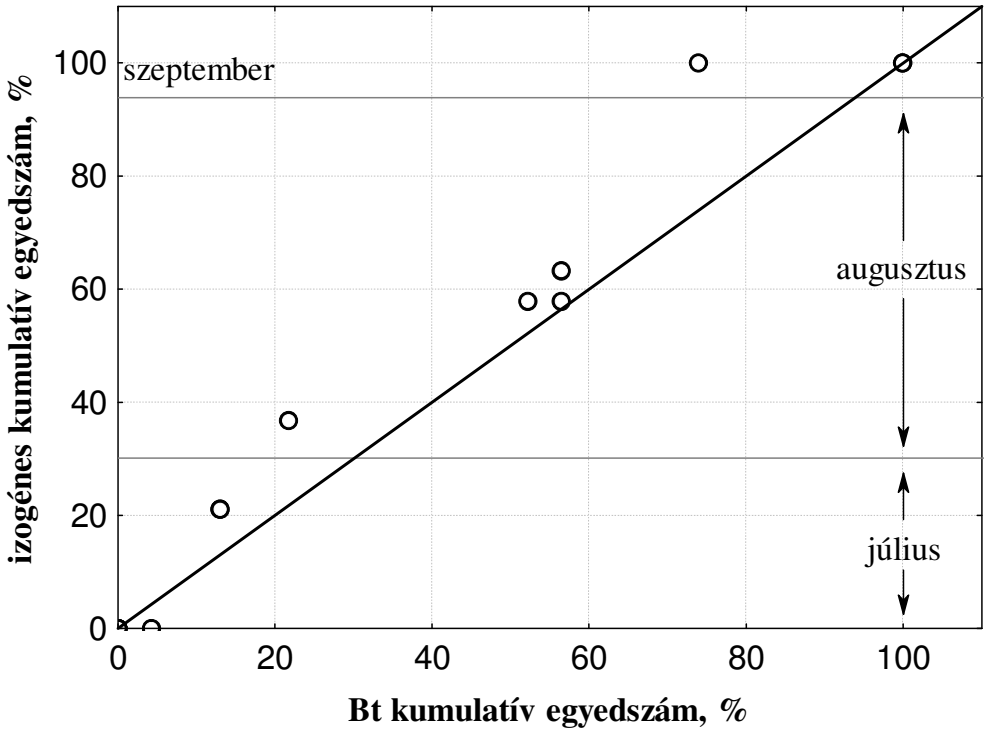
44. ábra: Az afidofág katicabogarak tojásainak szezonális dinamikája a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2003)

Az utolsó évben, az első évhez hasonlóan alacsony tojásszámot regisztráltunk. Az első lerakott tojásokat július elején észleltük a növényvizsgálat során, és augusztus első hete után nem regisztráltunk több lerakott afidofág katicatojást. A legmagasabb tojásszámot július közepén rögzítettük, mely szorosan követte a levéltetvek felszaporodását (44. ábra).

4.2.3.3. Az akarifág *Stethorus puntillum* imágók és lárvák szezonális abundancia-dinamikájának összevetése Bt és izogénes kukorica parcellákon

Az akarifág *S. punctillum* szezonális dinamikáját a 46., az 47. és az 48. ábra mutatja be. Az ábrákon feltüntettem a takácsatka fertőzöttség szezonális változásait is. Az atkászbödék fő aktiviási csúcsa az első évben szeptember 19.-én, a második évben július 10.-én, míg a harmadik évben augusztus 13.-án észleltem. A fő aktivitási periódus 2001-ben szeptember 5.-én, 2002-ben július 10.-én, 2003-ban augusztus 6.-án kezdődött. Az aktivitási periódus az első évben augusztus 26.-án, a második évben július 24.-én, 2003-ban szeptember 3.-án ért véget (Függelék, 68.-70. ábra). Az

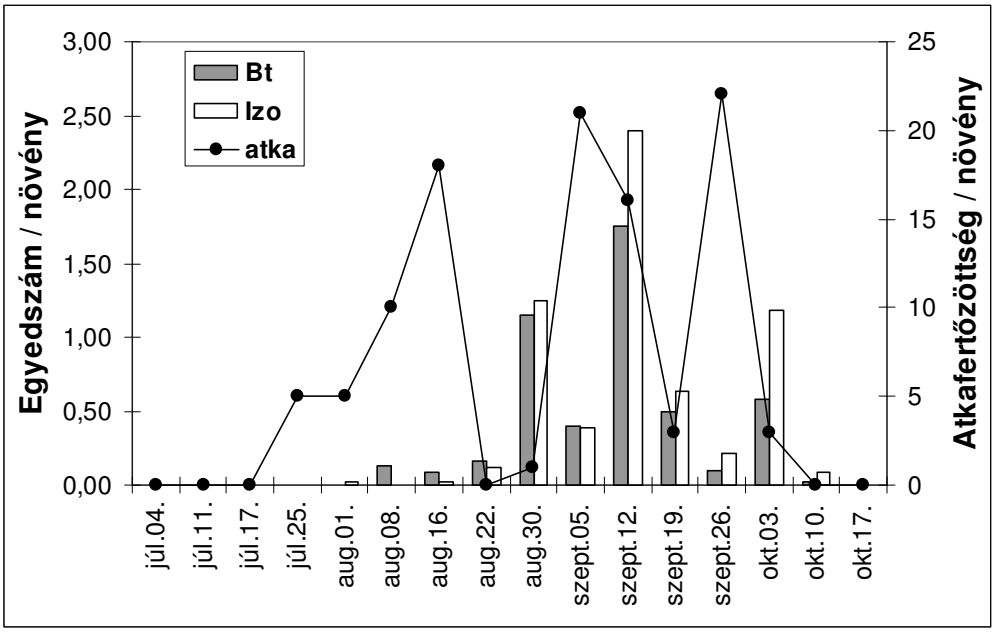
atkászbödék szezonális aktivitása mindhárom évben hasonlóan alakult (Függelék, 71.-72. ábra), a legnagyobb különbség az utolsó évben volt megfigyelhető (45. ábra). Mindhárom évben az izogénes parcellákon volt magasabb a *S. punctillum* egyedszáma. A General Linear Models (GLM) a kezelés és az időpont összefüggésben nem mutatott ki szignifikáns különbséget az imágók egyedszámában egyik évben sem (GLM F értéke; 2001: F=0,534, $d.f.$=12, p=0,884; 2002: F=0,607, $d.f.$=8, p=0,766; 2003: F=0,445, $d.f.$=1, p=0,534, Függelék, 56.-58. táblázat) a Bt és az izogénes kukorica parcellák között.



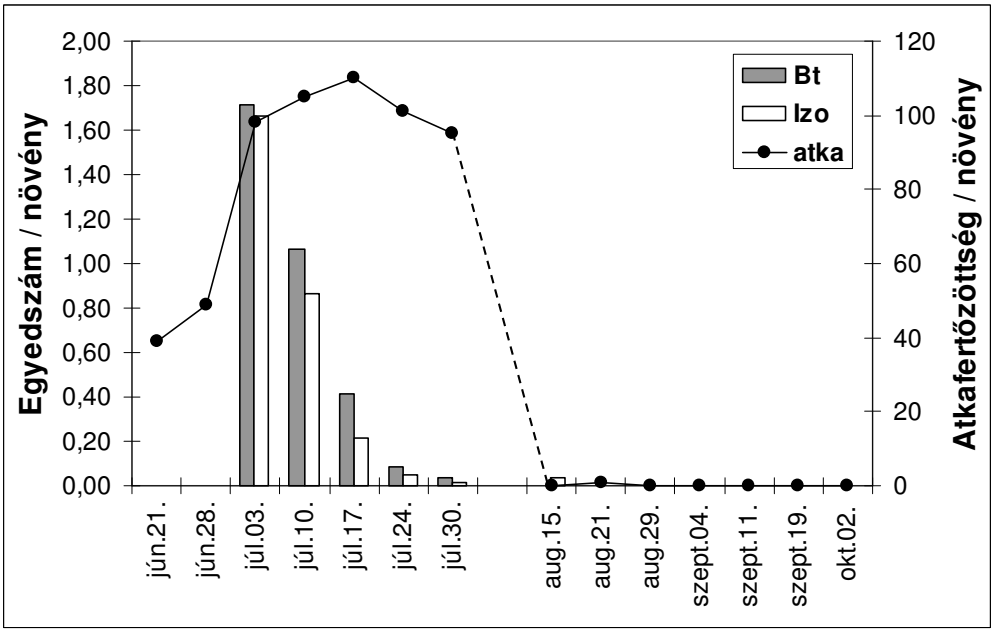
45. ábra: A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott *Stethorus punctillum* imágóinak szezonális aktivitásának összehasonlítása (Sóskút, 2003)

2001-ben két héttel korábban telepedtek be az atkák, és három felszaporodási csúcsot figyeltünk meg, míg 2003-ban csak két csúcs figyelhető meg, azonban ebben az évben az első felszaporodási csúcs időben hosszabb volt. A második évben a kukorica atkafertőzöttségének vége szinte az utolsó év atka betelepedésével esik egybe. A vizsgálat utolsó évében az atkák betelepedése és felszaporodása az első évhez hasonlított, és az atkával fertőzött növények száma is az utolsó évben volt a legalacsonyabb. Az első évben az atkászböde lárvák esetében is három abundancia csúcs alakult ki, amely a lefutott generációk számára is utalhat ebben az esetben a nagyobb populációméret miatt (46. ábra). A második évben a lárvák (47. ábra) július első dekádjában mutattak maximális egyedszámot a növényeken. Az utolsó évben az atkászböde lárvái augusztus elejétől jelentek meg, és a felvétlezés időszakának végéig jelen voltak a takácsatkák telepeiben. A

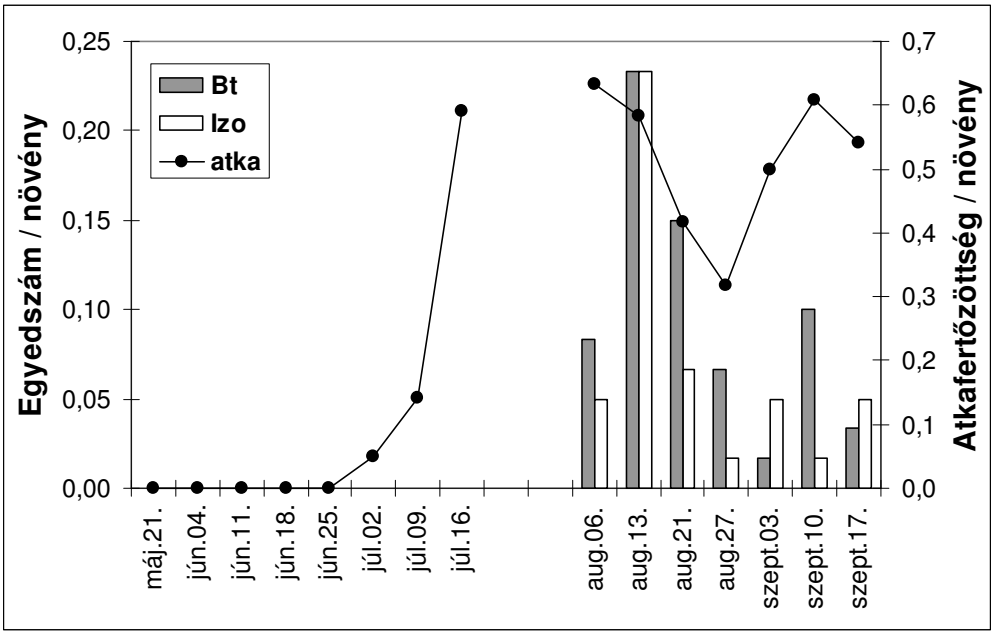
lárvák szezonális abundancia dinamikájában egy nagyobb, augusztus közepi és egy kisebb szeptember közepi egyedszám növekedés figyelhető meg (48. ábra).



46. ábra: Az akarifág *Stethorus punctillum* katica lárváinak szezonális abundancia-dinamikája a Bt és az izogénes kukorica állományokban (atkafertőzöttség: fertőzött növények száma/120 minta, Sóskút, 2001)



47. ábra: Az akarifág *Stethorus punctillum* katica lárváinak szezonális abundancia-dinamikája a Bt és az izogénes kukorica állományokban (atkafertőzöttség: fertőzött növények száma/120 minta; Sóskút, 2002)



48. ábra: Az akarifág *Stethorus punctillum* katica lárváinak szezonális abundancia-dinamikája a Bt és az izogénes kukorica állományokban (atkafertőzöttség: fertőzött növények száma/120 minta; Sóskút, 2003)

5. ÉRTÉKELÉS ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

5.1. A futóbogár-együttesek

5.1.1. A futóbogár-együttesek szerkezeti jellemzőinek összehasonlítása kukorica állományokban

A vizsgálat három éve alatt fajokban és egyedekben gazdag futóbogár populációt találtunk. Esetünkben a megemelkedett fajszám valószínűleg az egyes futóbogár fajok szomszédos gyümölcsösökből és más élőhelyekről történő bevándorlásával magyarázható. Az általunk kimutatott fajszám (58) meghaladja a hazai mezőgazdasági területekre e tekintetben megadott felső értéket (Lövei 1984; Kádár és Lövei 1989). Más európai kukorica állományban (MON 810) 57 futóbogár faj 142120 egyedét gyűjtötték, azaz az egy egyedre jutó fajszám (0,0004) az általunk kimutatott (0,001) alatt maradt (Toschki et al., 2007). Azonban nagyobb fajszám kimutatására több európai példa is szerepel a szakirodalomban, mint például Lozzia (1999) olaszországi két éves vizsgálatában, két helyszínen, izogénes és Bt 176 kukoricahibrid összehasonlítása során összesen 42 faj 3768 egyedét határoztak meg, azaz az egy egyedre jutó fajszám (0,01) meghaladja az általunk kimutatott fajszámot (0,001). Más európai kukoricásokból (Sekulić, 1976; Andriescu, et al, 1984) kimutatott egy egyedre jutó fajszám (0,01) is meghaladta az általunk kimutatott fajszámot (0,001). Prisenitz (2008) például összesen 63 futóbogár faj 12235 egyedét csapdázta két év során MON88017 kukoricahibridben, tehát az egy egyedre jutó fajszám (0,005) meghaladta az általunk kimutatott fajszámot.

A Sóskúton talajcsapdázott 6 leggyakoribb faj a mezőgazdasági területekre jellemző fajok közé tartozik (Thiele, 1977; Lövei és Sárospataki, 1990).

Vizsgálatomban mindhárom szezonban a *Pseudoophonus rufipes* (De Geer) volt eudomináns mind a Bt, mind az izogénes parcellákban. A három szezon során mindkét kukorica hibridben a *Harpalus distinguendus* (Duftschmid), a *Poecilus sericeus* Fischer von Waldheim, a *Dolichus halensis* (Schaller), a *Calathus ambiguus* (Paykull), és a *Trechus quadristriatus* (Schrank) (csökkenő dominancia sorrendben) volt domináns. Eredményeinkhez hasonlóan Sekulić et al. (1989) is a sóskúti vizsgálat során mintázott futóbogár együttesek dominancia sorrendjében első két helyet elfoglaló fajokat (*H. distinguendus* és a *P. rufipes)* gyűjtötték kiugró egyedszámban. Az ő általuk felsorolt gyakoribb fajok mindegyike szerepel a saját listánkban is. A *P. rufipes* számos Bt kukorica állományban kísérletben (Manachini et al., 1999, Lozzia, 1999, illetve Volkmar et al., 1999) is abundáns fajnak bizonyult, míg a *Calathus ambiguus* saját (MON 810) vizsgálatunkban és Volkmar et al. (1998) stúdiumában (hericid toleráns kukorica) fordult elő nagyobb számban. Jelen

vizsgálattal ellentétben Toschki et al. (2007) vizsgálatában az abundáns fajok közül a *P. melanarius*, míg Priesnitz (2008) eredményei szerint a *C. fuscipes* volt kiugró egyedszámban jelen, mely fajok a jelen kísérletben csak kis egyedsszámmal voltak képviselve (a *C. fuscipes* az első évben két százalék körüli, míg a többi évben egy százalék alatti, a *P. melanarius* mindhárom évben egy százalék alatti volt a dominanciája). Ez utóbbi különbségnek számos oka lehet, hiszen a futóbogár együttesek fajösszetételét és dominancia sorrendjét több tényező is befolyásolhatja (például: növénykúltúra, táplálék kínálat, mikroklíma stb.).

Az általunk kimutatott közepes diverzitási értékek (*H*=1,20-1,72) 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 [pl.: *Ophonus azureus* (F.), *Amara familiaris* (Duftschmid) stb.]. A magas hasonlósági értékek azt jelzik, hogy stabil együttes(ek) alakult(ak) ki a vizsgált kukorica állományokban. Az általunk kapott diverzitási értékekhez képest alacsonyabb diverzitási értékekek is szerepelnek a szakirodalomban. Például Manachini et al. (1999) szintén alacsonyabb diverzitási és hasonlósági értékeket kaptak a sóskúti eredményeknél (H' < 0,99; Sörensen index: 40-71%, illetve 42%). Lozzia (1999) vizsgálataiban, pedig a diverzitási index hol a transzgénikus (Bt 176), hol az izogénes kukoricában volt a magasabb, azonban nem számoltak be a futóbogarak diverzitási indexei alapján csökkenő trendről az egyik évről a másikra.

Vizsgálatunk során a futóbogarak parcellák közötti esetleges vándorlási hajlamát a Bt és izogénes parcellák között alkalmazott, gyommenetesen tartott művelő utak kialakításával csökkentettük. A szakirodalom széles körűen foglalkozik a különböző művelési módok hatásával a futóbogarak aktivitására. Például a futóbogarak fajgazdagsága és abundanciája pozitívan korrelált a nagyobb gyomborítású organikus műveléssel (Cárcamo et al., 1995), azonban a művelési mód nem változtatta meg szignifikánsan a teljes futóbogár-közösség aktivitását. Ennek ellenére egyes domináns fajok esetében kimutatták a művelési mód hatását a futóbogarak aktivitására, azaz fajszinten az egyes fajok különböző módon reagálhatnak a művelési módokra (Tonhasca, 1993; Cárcamo et al., 1995). Észak-Karolinában a *Harpalus* fajok szignifikánsan nagyobb aktivitást mutattak azokon a táblákon, ahol a sorközökbe lóherét vetettek, tekintet nélkül a peszticid használatra. 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). Az előző eredményt megerősítve Pavuk et al. (1997) kimutatták, hogy a futóbogarak nagyobb aktivitást mutattak a széles levelű gyomokkal, mint a fűfélékhez tartozó gyomokkal borított, illetve a gyommentes területeken.

Lövei (1984) egy Fejér megyei három éves kísérlet keretein belül vizsgálta a vetésforgó és a monokultúrás művelésmód hatását a futóbogár-együttesek diverzitására és időbeli stabilitására.

Eredményei alapján, a vetésforgós táblákon nagyobb diverzitást mutatott a futóbogár-közösség, azonban rövidebb ideig volt képviselve, mint a monokultúrás táblákon. A monokultúrás termesztés kedvezőbb volt a futóbogarak számára, bár e termesztési mód az őszi szaporodású fajoknak kedvez, mivel a tavaszi szaporodású fajok betelepedésekor a kukorica még nem nyújt megfelelő környezetet, és a táplálék is kevés lehet. Ezzel szemben a vetésforgós táblákon gyakran búza az elővetemény melynek betakarítása, valamint a kukorica termesztés talajmunkái kedvezőtlenül hatnak az ősszel szaporodó fajokra, így ezen a táblákon a futóbogarak egyedszáma és időbeni stabilitása sokkal kisebb lehet, mint a monokultúrás táblákon (Lövei, 1984). Bár az általunk vizsgált kukorica a vetésforgós műveléshez közelít (a kibocsátási engedélynek megfelelően a Bt kukorica nem kerülhet 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.

A kísérleti parcellák viszonylag kis mérete (28 m x 28 m) felvetheti a kérdést, hogy értékelhetőek-e az adataink, illetve lehetséges-e a következtetéseinket nagyobb méretű területekre is vonatkoztatni. Sajnálatos módon nem állt módunkban nagyobb méretű parcellák kialakítása, mivel a kibocsátási engedély szigorúan meghatározta az alkalmazható legnagyobb parcella méretet. Azonban a parcellák között alkalmazott gyommentes művelő utak csökkentették a futóbogarak parcellák közötti mozgásának valószínűségét (Frampton et al., 1995; Gracía et al., 2000). A mi parcella méretünknél kisebb parcellákat (10 m x 25 m) alkalmazó szabadföldi kísérletek eredményei szerint, a futóbogár-együttesek habitathoz való alaklmazkodó képességük miatt, ennél a térbeli skálánál is alkalmazhatók (Cárcamo és Spence, 1994).

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

A három éves szabadföldi vizsgálatunk során nem mutattunk ki szignifikáns különbséget a futóbogár-együttesek abundanciájában a transzgénikus és az izogénes kukorica között, más vizsgálatokhoz hasonlóan (Volkmar et al., 1998; Manachini et al, 1999; Lozzia, 1999; Manachini, 2000; Dively és Rose, 2002; Sehnal et al.; 2004; Daly és Buntin, 2005; De la Poza et al., 2005; Lopez et al, 2005; Leslie et al., 2007; Farinós et al., 2008; Priestley és Brownbridge, 2009). Fontos megjegyezni, hogy az összehasonlítások során több alkalommal is megfigyelhető nem szignifikáns különbség a két kezelés között, azonban ezek a különbségek nem mutattak tendenciát. A különbségeket több esetlegesen megváltozott tényező (például megváltozott másodlagos anyagcseretermék, mikroklíma stb.) is okozhatta, melyeket nem vizsgáltunk, hiszen e tényezők vizsgálata nem tartozott a dolgozat célkitűzései közé.

Általánosságban elmondható, hogy a vizsgálatok többségében a futóbogár közzösség egészét tekintve nem találtak szignifikáns eltérést a Bt és az izogénes kukorica között az abundanciában, azonban egyes esetekben kisebb különbségek előfordultak. Például Lozzia (1999) vizsgálatában a futóbogarak száma általában magasabb volt a Bt 176 kukorica állományban, mint az izogénesben, az összes futóbogár egyedszámát tekintve az eltérés nem volt szignifikáns. Eredményeink alapján nem volt szignifikáns különbség sem a teljes futóbogár-együttes, sem a domináns futóbogár fajok abundanciájában, viszont velünk ellentétben Manachini (2000) kimutatta, hogy vizsgálatában fajonként adódtak különbségek a kísérleti helyek között. Az előző kísérlethez hasonlóan, egy négy éves vizsgálat során a 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 (Floate et al., 2007).

Jelen vizsgálatban az éveket összehasonlítva szignifikáns különbséget mutattam ki, mely valószínűleg az eltérő időjárásnak köszönhető (a második év csapadékosabb, mint az első év, 2003-ra pedig a szárazság volt jellemző). Velünk ellentétben Manachini et al. (1999) olaszországi kísérletükben nem tudtak szignifikáns különbséget kimutatni az évek között a futóbogár populációkban. Toschki et al. (2007) három éves vizsgálatuk során az első évben számos futóbogár faj abundanciájában mutattak ki szignifikáns különbséget a Bt (MON 810 esemény) és az izogénes kukoricatáblák között. A második év során csupán egy faj esetében mutatattak ki különbséget (nem szignifkáns), míg az utolsó évben nem találtak eltérést a két kukorica hibrid között a futóbogarak abundanciájában. A szerzők hangsúlyozzák, hogy az első évben nagy mértékű *Ostrinia nubilalis*

(Hübner) fertőzés volt megfigyelhető, mely egybeesett egy meleg, száraz időjárással, melynek következtében az izogénes kukorica sokkal szárazabb volt (kedvezőtlenebb mikroklíma), mint a Bt kukorica (nagyobb zöldtömeg). Azaz az időközben kialakuló körülményeket is körültekintően figyelembe kell venni, a következtetések levonása előtt.

Egy összetettebb vizsgálat során a Bt (Cry1Ab) toxin esetleges hatását vizsgálták a talajszinten mozgó, a növényen mozgó és a repülő rovarokra (Candolfi et al., 2004). A kísérletben Bt kukorica hibridként Bt 176 hibridet, kontrolként vízzel permetezett izogénes kukoricát, pozitív kontrolokként pedig, baktérium által termelt Bt toxinnal (*Delfin WG*), illetve szintetikus inszekticiddel kezelt (*Karate Express*) izogénes kukoricát alkalmaztak. A futóbogarak esetében, hozzánk hasonlóan, nem mutatták ki a Bt kukorica abundancia csökkentő hatását, azonban a pozitív kontrolok közül a *Karate Express* esetében a hatás negatív volt, azaz a *Pterostichus melanarius* (Illiger) abundanciája csökkent, azonban egyes futóbogár fajok abundanciája pont a *Karate Express*-szel kezelt táblákon volt magasabb, mint a kontrol táblákon (Candolfi et al., 2004). Hasonló eredményre jutott Lopez et al. (2005) amerikai vizsgálatuk során a *Harpalus pensylvanicus* De Geer egyedszáma magasabb volt az inszekticiddel (permethrin, POUNCE 1.5 G) kezelt területen, mint a kontrol területen. Ennek egyik lehetséges oka, hogy korábbi kísérletek szerint e faj szívesebben fogyaszt elpusztult rovarokat, mint élő zsákmányállatot.

Zwahlen és Andow (2005) elsőként mutatták ki a Cry1Ab toxin jelenlétét hét futóbogár faj szervezetében szabadföldi körülmények között (Bt kukorica hibridek: DKC 44-42, P 36R11, P 3609, K5454, M 4521; izogénes hibridek: DKC 440, DKC 46-28, DKC 46-26, G 8707). A Bt kukorica maradvány / Bt kukorica és a Bt kukorica maradvány / izogénes kukoricatáblákban begyűjtött két domináns fajhoz tartozó futóbogár egyedek szervezetében szignifikánsan magasabb arányban volt jelen a toxin, mint az izogénes kukorica maradvány / izogénes kukoricatáblában befogott egyedek esetében, azaz ha a táblán Bt kukorica termesztése folyik, vagy folyt (növényi maradvány jelenléte) a futóbogarak ki vannak téve a toxin lehetséges direkt hatásának is. A toxin jelenléte, azon futóbogár egyedek szervezetében, melyeket Bt kukorica maradvány / izogénes kukoricatábláról származott, arra utal, hogy a toxin a kukorica növényi maradványaiból származik (Zwahlen and Andow, 2005).

Egy etetési kísérlet során Meissle et al. (2005) kimutatták, hogy a Bt kukoricán (MON 810) nevelt *Spodoptera littoralis* (Boisduval) lárvákkal etetett *Poecilus cupreus* (Linnaeus) lárvák mortalitása jóval magasabb volt, mint a két kontrol esetében. Azonban tíz napos futóbogár lárvákkal megismételt etetési kísérlet során a Bt kezelés nagyobb mortalitási százalékot okozott, mint a *Calliphora* bábokkal történő etetés esetén, mely arra utal, hogy az idősebb futóbogár lárvák kevésbé érzékenyek a zsákmányállat minőségére. Nagy valószínűséggel ez nem a Bt toxin direkt hatása, hanem a csökkent tápértékű zsákmányállat okozta indirekt hatás. Emellett a szerzők kimutatták,

hogy a *P. cupreus* lárvák az élő zsákmányállatot, valamint a *Calliphora* bábokat részesítik előnyben a felolvasztott, vagy halott prédával, illetve a *S. littoralis* lárvákkal és levéltetvekkel szemben. A vizsgálat eredménye is bizonyítja, hogy az etetési kísérletek során nagyon fontos a táplálék minőségén kívül a táplálék típusának gondos megválasztása is, az esetleges téves következtetések levonásának elkerülése végett.

A futóbogár fajok nemcsak a zsákmányállatok elfogyasztása révén kerülhet közvetlen kapcsolatba a Bt toxinnal, hanem az esetlegesen elfogyasztott kukorica pollenen keresztül is (például a toxint tartalmazó kukorica pollen megtapadhat a növényeken, melyet a vegyes táplálkozású, vagy növényevő fajok elfogyaszthatnak). Bt és izogénes kukorica pollennel beszórt és benedvesített kutyatáppal etetett *H. caliginosus* és *H. pensylvanicus* imágók túlélési arányát, termékenységét, valamint a peték életképességét nem befolyásolta hátrányosan a Cry3Bb1 toxint tartalmazó pollen fogyasztása (Ahmad et al., 2006).

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.

5.1.3. Futóbogár-együttesek szezonális dinamikájának összehasonlítása kukorica állományokban

Az aktivitási eredmények alapján megállapítottuk, hogy az izogénes és a Bt kukoricában talajcsapdázott populációk szezonális mintázatai összességében és a gyakori fajok szintjén is hasonlóak, azaz a Bt 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. Az első év feltűnően elkülönül a másik két évtől [például a *Trechus quadristriatus* (Schrank) esetében az első évben egy, míg a másik két évben két aktivitási csúcsot mutattunk ki], aminek oka a 2001. év rövidebb csapdázási időszaka. A fogási csúcsok időbeli eltolódásai fajokon belül időjárási tényezőkkel magyarázhatók, másrészt esetleges denzitás függő szaporodásukból is adódhat. A csapdák elsősorban az ún. őszi szaporodású fajokat fogták nagyobb számban [*Calathus ambiguus* (Paykull), *Dolichus halensis* (Schaller), *Pseudoophonus rufipes* (De Geer)], mivel számos tavaszi szaporodású faj fő rajzási időszaka a kukorica kelése előtt már lezajlik [*Harpalus*

distinguendus (Duftschmid), *Poecilus sericeus* Fischer von Waldheim, *Amara* spp.]. A szakirodalom is nagyon vegyes képet mutat az általunk kapott mintázatokhoz képest. Például, a *P. rufipes* esetében a mi adatainkkal ellentétben Sekulić (1976) közleményében két kiugró csúcs van, míg Sóskúton egy júliusi csúcs, ami az előbbi két csúcs közé illeszkedik. Štepanovičová és Beláková (1960) egy csúcsú aktivitást tapasztaltak ennél a fajnál. Hatvani és Kádár (2002) kalászosban jóval nagyobb csúcsot mutattak ki augusztusban és szeptemberben. A *D. halensis* esetében Gergely és Lövei (1987) elsősorban augusztusban gyűjtötték az imágókat. Jelen vizsgálat első évében hozzájuk hasonlóan szintén augusztusban, de 2002-ben július első felében csapdáztuk nagy számban egyedeit. A *T. quadristriatus* esetében hasonló a mintázat, a Desender és Pollet (1987) által kimutatott aktivitási tendenciával. Ezeket az eltéréseket az aktivitási tendenciákban valószínűleg a szaporodási periódusok és a tenerál egyedek megjelenésének időbeli átrendeződései okozhatják.

5.2. A katicabogár-együttesek

5.2.1. A katicabogár-együttesek szerkezeti jellemzőinek összehasonlítása kukorica állományokban

A kukorica rovarközösségeihez tartozó katicabogarakat hazánkban eddig legrészletesebben egy tízéves agroökoszisztéma kutatási projekt keretén (Mészáros et al., 1984) belül Radwan és Lövei (1983), valamint Tolna-megyében Kozma (1980) vizsgálták. Ilyen hazai szabadföldi vizsgálatból származnak disszertációm anyagai is, mely egy nemzetközi projekt keretében zajlott Sóskúton. A kukoricások katicabogár-együtteseire irányuló jelen vizsgálataimat nemcsak a hazai és nemzetközi ilyen tárgyú kutatások kevés száma, illetve a ragadozó katica bogaraknak a kukoricára épülő táplálkozási hálózatokban, az afidofág, vagy akarifág guildekben betöltött fontos szerepe indokolta, hanem annak a szabadföldi tesztelése is, hogy a kukoricamoly rezisztens Bt kukorica a katicabogarak-együttesére, illetve annak tagjaira gyakorol-e valamilyen direkt vagy indirekt hatást.

Az afidofág katicabogarak összes évi egyedszáma az évek során folyamatosan csökkent, mind a Bt mind az izogénes kukoricában. Ez a különbség azonban nem csak a katicabogarakra, hanem más rovarcsoportokra is jellemző volt, melynek valószínű oka a három év igen eltérő időjárása, a második évre a sok csapadék, míg az utolsó évre az extrém meleg és szárazság volt a jellemző. Az atkákat fogasztó *S. punctillum* imágók a legkisebb abundanciával az utolsó évben fordultak elő mind a Bt, mind az izogénes parcellákon, amely valószínűleg a rendkívül száraz időjárásnak köszönhető.

A három szezonban, hetenkénti növény-felvételezésekből származó anyagok feldolgozása során, a sóskúti mintaterület kukorica parcelláiról összesen kilenc fajból álló afidofág katicabogár faunát találtunk. Az évenként kialakult katicabogár-együttesekből hat fajt találtunk a kukorica állományokra jellemzőnek az irodalmi áttekintés alapján (lásd 2. táblázat). Ezek az európai térség (beleértve Kárpát-medencét is) kukorica tábláiban kialakuló katicabogár-együttesek közös, leggyakrabban előforduló, többnyire domináns összetevői, amelyeket kivétel nélkül kimutattunk vizsgálataink során. Ezek közül domináns volt a *Coccinella septempunctata* L., a *Propylea quatuordecimpunctata* L., és a *Hippodamia variegata* Goeze. E három faj szaporodott is a kukoricán, mivel tojásaikat és lárváikat is megtaláltuk a vizsgált parcellákon. A kukoricára jellemző további három faj, az *Adalia bipunctata* L., *Coccinula quatuordecimpustulata* L., és a *Hippodamia tredecimpunctata* L., csak alacsony populációszinten volt képviselve. Három afidofág faj, *Adalia decempunctata* L., *Scymnus frontalis* F. és *Excohomus quadripustulatus* L. ragadozó tevékenysége a kukoricásokban elhanyagolható volt alacsony példányszámuk miatt, ezek inkább az együttest színező elemeknek tekinthetők. A hat karakterisztikus katicabogárfaj betelepedése azért fontos tény, mert a kísérletünk egyik célja az volt, hogy kifejezetten a kukorica állományokhoz kötődő, ragadozó fajokon vizsgálhassuk a transzgénikus kukorica esetleges hatásait. A peszticiddel kezelt gyümölcsösök által izolált helyen kevéssé volt várható, hogy az együttesek a kukoricára jellemző katica fajokból fognak felépülni. Annak a hátterében, hogy a mérsékeltövi kukorica állományokban mindenfelé hasonló katicabogár-együttesek találhatók, több ok is állhat. Egyrészt az azonos tápnövényen azonos zsákmányforrások találhatók [Európában és Amerikában a kukorica legfontosabb levéltetvei megegyeznek: *Rhopalosiphum padi* L., *Rhopalosiphum maidis* (Fitch), *Metopolophium dirhodum* (Walker), *Sitobion avenae* (F.)], másrészt az azonos állományszerkezet és állományklíma, továbbá a megegyező agrotechnika, növényvédelem, mind-mind hozzájárulhat ahhoz, hogy ugyanazok a fajok, vagy génuszok képviselői alkotják a katicabogár-együtteseket.

A fajdiverzitási karakterisztikákat tekintve, az eredményeink szerint viszonylag fajszegény (6-8 spp.), alacsony diverzitással jellemezhető éves együttesek alakultak ki a kukorica állományokban. Radwan és Lövei (1983) a hazai kukoricásokból kevéssel nagyobb fajdiverzitású (*Q*: 0,91-2,52) katicabogár-együtteseket talált, mint amit a jelen vizsgálatban kimutattunk (*Q*: 1,2-1,92), ez azonban annak tulajdonítható, hogy két fajjal többet gyűjtöttek és a tipikus kukoricatermesztő övezetben lévő állományokban a katicabogarak egyedsűrűsége nagyobb volt a sóskútinál.

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-imágó együttesei között, tekintet nélkül a művelési rendszerre. Mindezen

eredmények alapján, a hazai és a mérsékeltövi kukoricásokban egy relatíve fajszegény, három domináns és három alacsonyabb abundancia-szintű, de konstans fajokból álló, afidofág katicabogár-együttesek kialakulása várható.

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

A Bt kukorica szabadföldi vizsgálata során nemzetközi összehasonlításban (lásd Függelék 3. táblázat) a jelen kísérletben szerepelt a legtöbb katica faj (9 spp.), amelyet a Cry1Ab toxin esetleges direkt vagy indirekt hatása szempontjából (Hilbeck, 2001) vizsgálhattunk. Rauschen et al. (2010) hat éves szabadföldi vizsgálatuk során viszonylag abundáns és diverz Coinellidae és Chrysomelidae populációt felvételeztek kukoricamoly rezisztens (MON 810) és kukoricabogár rezisztens (MON88017) Bt kukorica hibridekben. Az álatluk mintázott katicabogár együttes nyolc katicabogár fajból épült fel, melyből a *P. quatuordecimpunctata* és a *C. septempunctata* volt abundáns, ezek a fajok a jelen vizsgálatban is gyakoriak voltak. A három év során egyedül a *H. variegata* esetében fordult elő, hogy a Bt parcellákon szignifikánsan kevesebb katicabogár imágó volt az izogénes parcellákhoz képest, azonban e faj esetében figyelembe kell venni az alacsony átlagos egyedszámokat (vö. 26. és 42. ábrákon a mintavételi időpontokhoz tartozó parcella-átlagokat). Fontos megjegyezni, hogy az összehasonlítások során több alkalommal is megfigyelhető nem szignifikáns különbség a két kezelés között, azonban ezek a különbségek nem mutattak tendenciát. A különbségeket több esetlegesen megváltozott tényező (például megváltozott másodlagos anyagcseretermék, mikroklíma stb.) is okozhatta, melyeket nem vizsgáltunk, hiszen e tényezők vizsgálata nem tartozott a dolgozat célkitűzései közé. Mivel a többi esetben nem mutattam ki szignifikáns különbséget, és mivel nem volt lényeges különbség sem a fajkompozícióban, sem a szerkezeti jellemzők értékeiben, sem a fajdiverzitásban, 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. Rajtunk kívül még az Egyesült Államokban (Wold et al., 2001) fordult elő egy hasonló eset, amikor a *C. maculata* amerikai katicafajnál egy évben szignifikánsan kevesebb imágót találtak a Bt csemegekukoricán, szemben az izogénes hibriddel. Az összes többi esetben (3. táblázat) azt kapták eredményül, hogy a vizsgálatban szereplő katicák, vagy azok különböző fejlődési alakjainak átlagos abundanciájában nem volt szignifikáns különbség a Bt és azizogénes kukorica parcellák között. Pilcher et al. (2005) eredményei alapján elsősorban a növény fenológiai stádiuma hatott az öt vizsgált fajra [négy ragadozó faj: *Coleomegilla maculata, Cycloneda munda* (Say), *Orius*

insidiosus (Say), *Crysoperla carnea* (Stephens) és egy parazita *Macrocentrus cingulum* (Brischke)], a zsákmány, illetve a gazdaállat denzitása nem befolyásolta a katicabogarak abundanciáját. A *C. maculata* abundanciája egy-egy esetben (két generáció) szignifikánsan magasabb volt a Bt kukoricában (Bt 176 és Bt11), mint az izogénes kukoricában, azonban ha az egész évet és az összes helyet figyelembe vették, a különbség már nem volt szignifikáns.

Vizsgálatunk során azonos agrotechnikát alkalmaztunk, mind a Bt, mind az izogénes parcellákon, így egyéb tényezők (pl: inszekticides kezelés) katicabogár-együttesek abundanciájára gyakorolt hatását nem vizsgáltuk. Az alábbi két kísérlet eredményeiből kitűnik, hogy nem csak a GM kukorica hathat abundancia csökkentő módon a kukorica állományokban felépülő katicabogár-együttesekre, hanem egyéb tényezők is, mint például egy inszekticides kezelés, hiszen számos olyan tényezőt (például a gyomborítás által megváltozhat a mikroklíma) változtathat meg az inszekticides kezelés, mely befolyásolhatja a katicabogarak és egyéb ragadozó rovarok abundanciáját, betelepedési hajlamát stb.

Egy összetettebb vizsgálat során a Bt (Cry1Ab) toxin esetleges hatását vizsgálták a talajszinten mozgó, a növényen mozgó és a repülő rovarokra (Candolfi et al., 2004). A kísérletben Bt kukorica hibridként Bt 176 hibridet, kontrolként vízzel permetezett izogénes kukoricát, pozitív kontrolokként baktérium által termelt Bt toxinnal (*Delfin WG*), illetve szintetikus piretroid inszekticiddel kezelt (*Karate Express*) izogénes kukoricát alkalmaztak. A növényszinten mozgó rovarok, köztük a katicabogarak esetében, hozzánk hasonlóan, nem mutatták ki a Bt kukorica negatív hatását, azonban a pozitív kontrolok esetében a hatás negatív volt. Dively (2005) sem mutatott ki szignifikáns különbséget a katicabogarak abundanciájában a Bt (Cry1Ab toxint termelő esemény) és az izogénes kukorica között, azonban a piretroiddal kezelt pracellákon, a második kezelés után 3-4 héttel erősen lecsökkent a katicabogarak denzitása.

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 populációszintjében a két kukorica hibrid között, ettől még nincs kizárva, nem-észlelhető, hátrányos direkt, vagy indirekt hatása a Cry1Ab toxinnak. Figyelembe véve, hogy a fenti közlemények megjelenése óta több év eltelt, több tapasztalat gyűlt össze, új közlemények nem erősítettek meg nemkívánatos mellékhatást. Hiszen az eddigi vizsgálatok kisparcellákon, rövid ideig folytak, még hiányoznak a hosszú távú, sokéves, tájléptékű monitorozások eredményei. Mindenesetre, az afidofág rovarok (pl. a katicabogarak) esetében nem várható a Bt kukoricának negatív (mortalitást növelő, vagy a termékenységet, élettartamot csökkentő) hatása a laboratóriumi elemzések eredményei szerint. E vizsgálatok szerint a Bt 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 toxinfehérje kukorica esetében nem jut ki a sejtközötti járatokba, ezért a floem-ből táplálkozó fitofágok (pl. levéltetvek) nem veszik fel a toxikus fehérjét, így nem is közvetítik a tritrofikus kapcsolatrendszeren keresztül a természetes ellenségeikhez (Fearing et al., 1997; Lozzia et al., 1998, 2000; Raps et al., 2001;, Head et al., 2001; Dutton et al., 2002).

Újabb laboratóriumi vizsgálatok azonban megerősítették a hatásvizsgálat elvégzésének szükségességét. Hiszen Zhang et al. (2006) a Bt gyapoton (Cry1Ac / Ab toxint termelő Bt gyapot hibrid: NuCOTN 33B, izogénes hibrid: GK-12) nevelt levéltetvek [*Aphis gossypii* (Glover)] szervezetében kimutatták a Bt-toxint (Cry1Ab, Cry1Ac). A transzgénikus gyapoton kifejlődött levéltetveket fogyasztó katicabogár imágók [*Propylea japonica* (Thunberg)], és még azok utódai szervezetében is megemelkedett mennyiségben mutatták ki a toxint (azaz a zsákmányállat szervezetében felhalmozódott a toxin). A lerövidült szaporodás előtti szakasz, a deformált imágók megemelkedett száma, a többszöri párosodás ellenére a peterakó imágók lecsökkent egyedszáma, alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a táplálékláncon keresztül a Bt toxin (Cry1Ab, Cry1Ac) károsan befolyásolhatja a katicabogarak reprodukcióját (Zhang et al., 2006). Fontos figyelembe venni, hogy két kísérlet során a Bt toxint ugyanolyan koncentrációban mutatták ki a Bt növényen (gyapot, kukorica) táplálkozó levéltetvek (*A. gossypii*, *R. padi*) szervezetében, a ragadozó katicabogarakra gyakorolt hatás mégis különbözött (Zhang et al., 2006; Dutton et al., 2002). Tehát a Bt toxin átvitele a táplálékhálózat egyes szintjei között, még nem teljesen ismert.

A *Cheilomenes sexmaculatus* (L.) frissen kikelt lárváit naponként felváltva Cry1Ab és Cry1Ac (0,1 %) Bt toxint tartalmazó cukor oldattal és levéltetvekkel táplálták, míg a kontrol csoportot 2M cukor oldaton nevelték. Bár a Bt toxinnak direkt kitett katicabogár lárvák túlélési aránya és az imágók kikelési aránya lecsökkent a kontrol csoporthoz képest, nem mutatták ki a Bt toxin káros hatását a különböző koncentrációban tartalmazó táplálékon nevelt levéltetveket (*Aphis craccivora* Koch) fogyasztó katicabogarakra. Szignifikáns és pozitív korrelációt mutattak ki Bt toxin jelenlétében a levéltetvek és katicabogár lárvák, a levéltetvek és katicabogár imágók, illetve a katicabogár lárvák és imágók között. Következtetésük szerint szabadföldi körülmények között a Cry1Ab és a Cry1Ac negatív hatása a *C. sexmaculatus* katicabogár fajra valószínűleg elhanyagolható (Dhillon és Sharma, 2009).

A katicabogár fajok nemcsak a levéltetvek, azaz a zsákmányállat elfogyasztásával kerülhetnek kapcsolatba a toxinnal, hanem más alternatív táplálékuk elfogyasztása révén is. Ilyen alternatív táplálék lehet a pollen is, melyben megtalálható a toxin, egyes katicabogár fajok, mint például a *C. maculata* lárvái gyorsabban fejlődnek, nagyobb a lárvák túlélési aránya, illetve nagyobb a bábok súlya, abban az esetben, ha levéltetveket és pollent egyaránt fogyasztanak, mintha csak pollent, vagy csak levéltetvet fogyasztanak (Lundgren és Wiedenmann, 2002). Továbbá az *Ostrinia nubilalis* (Hübner) tojása is szolgálhat alternatív táplálékként, Schmidt et al. (2009) egy

laboratóriumi kísérlet során rámutattak, hogy a Cry1Ab és Cry3Bb toxinnal permetezett *Ephestia kuehniella* Zeller tojásokkal etetett *Adalia bipunctata* L. lárvák mortalitása szignifikánsan magasabb volt, mint a kontrol csoport esetében. A mortalitás a kezdeti lárva stádiumban volt a legmagasabb, a lárvák gyorsan elpusztultak, a túlélő egyedeknél, pedig nem figyeltek meg elhúzódó fejlődésmenetet, sem csökkent testtömeget. Mivel a kísérlet során nem észleltek csökkent táplálkozási hajlamot, mely növelte volna a mortalitást, illetve a kísérlet folyamán végig meghatározható volt a toxin mennyisége, így a toxin koncentráció csökkenése, sem okozhatta a kisebb mortalitási százalékot a későbbi lárva stádiumokban. Rauschen (2010) az előbbi vizsgálat eredményeit kritizálva amellett érvel, hogy munkájuk áltudományos. Elsőként azt kifogásolja, hogy a katicabogár lárvák által felvett toxin mennyiségét nem közölték, csak azt, hogy a táplálékként szolgáló *E. kuehniella* tojások különböző töménységű toxint tartalmazó oldattal lettek kezelve. A lárvák fejlődésük során elfogyasztott táplálék mennyiségéről sem kapunk információt. Így az első fontos kritérium (a kockázat meghatározása), azaz a kitettség mértéke nem lett pontosan meghatározva. Másdoszor, az első lárvastádium mortalitása nagyon ingadozó (7,5 és 20,8 % között mozog), melyet sem a statisztikai elemzés, sem az adatok elemzésekor nem magyaráztak meg. Ez komoly módszertani problémákra utal. Továbbá a magasabb Bt toxin koncentrációval kezelt csoport nem mutatott magasabb mortalitást, mint a kisebb toxin koncentrációval kezelt csoport, mely ellentmond a dózis-függő válasz reakció modelnek. Végül, egyik kezelés sem volt hatással a lárvák fejlődési idejére, vagy a kifejlett imágók testtömegére. Ez azt jelenti, hogy a lárvákra semmilyen hatással sincsenek a Cry toxin kezelések, ami azért meglepő, mivel több cikk számolt be a toxin szubletális hatásáról az érzékeny szervezetekre még a toxin direkt hatásának észlelése előtt (Raushen, 2010). Szintén Schmidt et al. (2009) eredményeit kritizálta Álvarez-Alfageme et al. (2010). Kísérletükben a biológiailag aktív Cry1Ab és Cry3Bb toxin fiatal *A. bipunctata* lárvákra gyakorolt hatását vizsgálták. Zsákmányállatként Bt kukoricán (MON810 és MON88017) táplálkozó takácsatkákat használtak, melyek szervezetében bionyítottan magas a toxin koncentráció. Eredményeik alapján a két Bt toxin nem befolyásolta hátrányosan az *A. bipunctata* lárvák mortalitását, testtömegét és fejlődésmenetét (Álvarez-Alfageme et al., 2010).

Nem mutattak ki sziginifikáns különbséget a *C. maculata*, *H. convergens* és *Scymnus spp.* abundanciájában a Bt (Cry3Bb1) és izogénes kukorica parcellák között. Bt (Cry3Bb1) és izogénes pollenen, és *Schizaphis graminum*-on nevelt *C. maculata* esetében, az első két lárva stádiumban nem volt szigifikáns különbség a fejlődési időben. A lárvák fejlődési ideje szignifikánsan hosszabb volt a csak zöld gabonalevéltetűn nevelt lárvák, mint a pollenen nevelt lárvák esetében. Nem volt szignifikáns különbség az élettartam, a szárnyfedő hossza, illetve a bábozódási százalékban és a báb stádium hosszában a kezelések között. A levéltetveken nevelt *C. maculata* imágók és bábok súlya szignifikánsan nagyobb volt, mint a pollenen nevelt egyedek esetében, azonban a Bt és izogénes

pollenen nevelt imágók és bábok súlya között nem volt szignifikáns különbség (Ahmad et al., 2006).

A Kemingdao 1 (KMD) GM rizs pollenjét és levéltetveket fogyasztó *P. japonica* nőstény egyedeinek élettartama szignifikánsan rövidebb volt, mint az izogénes rizs pollenjével és levéltetvekkel táplálkozó nőstényeké, azonban a másik GM rizs vonal (Kemingdao 2, KMD2) pollenjével és levéltetvekkel, valamint csak levéltetvekkel táplálkozó nőstények esetében a különbség nem volt szignifikáns. A KMD2 pollenen nevelt és frissen kiklet hím *P. japonica* imágók életereje szemmel láthatóan kisebb volt, mint az izogénes pollenen nevelteké, azonban a KMD1 és a csak levéltetvekkel táplálkozó hímek esetében a különbség nem volt szignifikáns. A fejlődésmenetben, a túlélési és szaporodási indexekben nem volt szignifikáns különbség a három pollen kezelés között. Tehát a Bt toxint (Cry1Ab) termelő rizs pollenjének nem volt nyílvánvaló negatív hatása a *P. japonica* kondíciójára, amennyiben pollennel táplálkoztak (Bai et al., 2005). 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.

Vizsgálatunk során ugyancsak nem találtam szignifikáns különbséget az atkafogyasztó *Stethorus punctillum* átlagos populációszintje között a kétféle kukorica állományban. Ez azért érdekes, mert a takácsatkák kiszívják a sejttartalmat, így szevezetükben bizonyítottan magas a Cry1Ab toxin koncentráció (Dutton et al., 2002), ennek ellenére 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. Azonban nem számoltak be káros hatásról, azaz a Bt kukorica (MON 810 és Bt 176) nem befolyásolta sem a *S. punctillum* fekunditását, sem a fejlődésmenetét (túlélési arány, fejlődésmenet hossza). Így arra a következtetésre jutottak, hogy az atkászbödére nem specifikus a Cry1Ab fehérje, azaz a *S. punctillum* középbelének epitelális sejtjei nem tartalmazzák a specifikus receptor sejteket, melyek a toxin kötődésért felelősek (Álvarez-Alfageme et al., 2008). A Bt kukorica (Bt 176) levelében található Cry1Ab toxin mennyiség megegyezik a *T. urticae* szervezetében kimutatott

toxin mennyiségével. E szabadföldi vizsgálat során gyűjtött ragadozó ízeltlábúak közül a *S. punctillum* lárváinak szervezetében volt a legmagasabb a toxin koncentráció (Obrist et al., 2006). Szintén nem mutatták ki a Cry3Bb1 toxin hátrányos hatását az a Bt kukoricán, illetve az izogénes kukoricán táplálkozó takácsatkákat fogyasztó atkászbödék fejlődésében és szaporodásában. Ez azért meglepő, mert a nőstények peterakás előtti periódusa rövidebb, a napi szaporodási hajlamuk és termékenységük nagyobb volt a Bt kezelésben, mint az izogénesben. A szerzők szerint ennek oka a növény jellemzőiben bekövetkezett, eddig még ismeretlen változások lehetnek. A toxin mennyisége a takácsatkák szervezetében hatszor magasabb, mint a *S. punctillum* lárvák szervezetében, melynek mértéke hússzor magasabb, mint az imágók szervezetében, tehát a toxin mennyisége nem halmozódik fel, hanem a táplálkozási láncon keresztül egyre csökken (Li és Romeis, 2010).

Gracía et al. (2010) szintén kimutatták a takácsatka szervezetében a toxint (Cry1Ab), illetve a táplálkozási láncon keresztül lecsökkent mennyiségben az atkákat fogyasztó holyva faj (*Atheta coriaria*) szervezetében is. Annak ellenére, hogy a toxin jelen volt az *A. coriaria* szervezetében a vizsgált paraméterekben (fejlődési stádiumok hossza, nemek aránya, túlélési százalék, termékenység, peték életképessége) nem találtak különbséget a Bt kukoricán nevelt takácsatkákkal táplált *A. coraria* és kontrol (izogénes kukorica) között. A toxin lebomlásának üteme exponenciális görbét követ, a Bt kukoricán táplálkozó takácsatkák elfogyasztását követő 24 óra múlva a toxin már nem volt kimutatható az *A. coraria* szervezetében (Gracía et al., 2010).

5.2.3. Katicabogár-együttesek szezonális dinamikájának összevetése kukorica állományokban

A vizsgált katicabogarak szezonális dinamikájának a mintázatára jellemző volt, hogy több-kevesebb késéssel mindhárom évben a levéltetvek abundancia változásait követték. Ez utóbbiak egy bimodális szezonalitást mutattak egy június-július közepéig tartó kisebb, és augusztus közepétől vagy végétől kezdődő október közepéig tartó nagyobb felszaporodási hullámmal. Az afidofág katicabogár-együttes tagjai az első levéltetű felszaporodás idején telepedtek be a mintázott kukoricásokba, ahol megkezdődött a tojásrakás és a lárvák aktivitása is. Az imágók populációinak első, nagyobbik abundancia csúcsa július elején illetve közepén, mindhárom évben egybeesett a pollenszórás időszakával. Ugyanezt az egybeesést találta a korábbi hazai kukoricás vizsgálatokban Radwan és Lövei (1983) is. Valamint Park és Obrycki (2004) vizsgálatában szintén július közepén észlelték a katicabogár imágók abundancia csúcsát, mely egybe esett a *R. maidis* abundancia csúcsával, melynek azért van jelentősége, mert a kukoricásban előforduló katica fajok imágói fogyasztják a különböző növények, így a kukorica bőségesen termő pollenjét is, amely növeli a

nőstények termékenységét és a lerakott tojások számát (Lövei, 1989; Hodek és Honek, 1996). 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). Mi sem tapasztaltunk tojásrakást a szeptember-októberi mintavételezésekkor. Míg a levéltetvek dinamikáját szinkronizáltabban követő *P. quatuordecimpunctata* abundanciája korábban (júniusban) megemelkedett és ez a szint csak július közepéig tartott, addig a *H. variegata,* és a *C. septempunctata* nagyobb fáziskéséssel augusztus közepéig mutatott nagyobb aktivitást, amikor levéltetű már nem, vagy csak alig volt a növényeken.

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 e faj egyedszáma a Bt kukoricában, mint az izogénes kukoricában. A katicabogarak abundanciájában Hoheisel és Fleischer (2007) sem mutatott ki szignifikáns különbséget a Cry1Ab toxint termelő Bt kukorica és az izogénes csemegekukorica hetenkénti összehasonlítása során, a legalacsonyabb egyedszámot az egyik héten az izogénes kukoricában felvételezték, azonban ennek nem a transzgén, a pollen, vagy a levéltetvek kisebb mértékű jelenléte okozta az izogénes kukoricában, hanem az adott hét előtti héten végzett inszekticides kezelés. Bár a szezondinamikai ábrák alapján a katicabogár populációk eltolással követik a levéltetvek felszaporodását, nem tudtunk pozitív korrelációt kimutatni a levéltetvek és a katicabogarak abundanciája között. Velünk ellentétben három katicabogár faj (*H. convergens, H. tredecimpunctata* és *C. septempunctata*) és a levéltetvek abundanciája között pozitív korrelációt (a levéltetvek egyedszámának növekedésével emelkedett a katicabogár fajok abundanciája is), míg a *C. maculata* faj esetében negatív korrelációt mutattak ki a levéltetvek és a katicabogarak abundanciája között (Elliot et al., 2002). Ez utóbbinak az oka a faj életmódjából adódhat, mivel a *C. maculata* pollen fogyasztó (Hodek és Honek, 1996).

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 kukoricásokban Kozma (1980) vizsgálatai szerint ez gyakran előfordul.

5.3. Új tudományos eredmények

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

Vizsgálatom során, a Bt (MON 810) 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-együttesei statisztikailag nem különböztek egymástól sem a fajszám, sem a fajkompozíció tekintetében;

2. a Bt (MON 810, Cry1Ab) kukorica a futóbogár együttesek diverzitásában nem okozott eltérést;

3. a magas hasonlósági értékek stabil együttesek kialakulására utal mind a Bt (MON 810, Cry1Ab), mind az izogénes kukorica parcellákban;

4. a Bt (MON 810, Cry1Ab) kukorica nem gyakorolt kedvezőtlen 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, az izogénes és a Bt kukoricában mintázott futóbogár populációk szezonális mintázatai összességében és a gyakori fajok szintjén is hasonlóak.

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

6. a Bt (MON810, 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-együttesei sem a fajkompozíció, sem a fajszám tekintetében statisztikailag nem különböztek egymástól jelentősen;

7. a fajdiverzitási rendezések szerint a Bt (MON 810, Cry1Ab) kukorica nem befolyásolta a katicabogár-együttesek diverzitását;

8. a Bt (MON 810, Cry1Ab) kukorica nem volt hatással a katicabogár-együttesek abundancia szintjére;

9. a Bt (MON 810, Cry1Ab) kukorica nem gyakorolt hatást a katicabogarak szezonális dinamikájára, hetenkénti abundanciájuk összehasonlítása során nem mutattam ki szignifikáns különbséget. Az abundancia ingadozások szinkronban voltak a Bt (MON 810, Cry1Ab) és az izogénes parcellákon.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Az elmúlt 15 év során, a kártevő rovarok elleni védekezések egy új növényvédelmi módszerrel, a genetikailag módosított (GM) növényeknek a termesztésbe való bevezetésével bővültek. A GM rovarrezisztens növények genetikai állományába a *Bacillus thuringiensis* baktérium törzseinek, egyes rovar-taxonokra, illetve adott célkártevő rovarfajokra nézve többé-kevésbé specifikus, toxikus fehérje termeléséért felelős génjét építették be. A Bt növényekben termelődő toxin a növényevő rovarokon keresztül eljuthat a magasabb trofikus szinteken lévő ragadozókhoz és parazitoidokhoz is. A táplálkozási láncok által közvetített esetleges nem-célzott hatások az agroökoszisztémák biodiverzitásának csökkenéséhez is vezethetnek, ezért a Bt növények bevezetése előtt indokolt az ökológiai hatásvizsgálat.

2001-ben kapcsolódtam be a SZIE Növényvédelemtani Tanszéke (jelenleg Növényvédelmi Intézet) irányításával folyó nemzetközi EU-5 projekt munkáiba, amelynek fő célkitűzése a kukoricamoly rezisztens Bt kukoricának az ízeltlábúak biodiverzitására gyakorolt hatásainak elemzése volt. A vizsgálat során két fontos ragadozó rovarcsoport, a futó-, és a katicabogarak mintavételezésében, határozásában, és értékelésében vettem részt. A kukoricások futó- és katicabogár-együtteseire irányuló jelen vizsgálataimat, nem csak a hazai és nemzetközi ilyen tárgyú kutatások kevés száma, és e rovarcsoportoknak a kukoricára épülő táplálkozási hálózatában betöltött fontos szerepe indokolta, hanem a Bt kukorica által termelt Cry1Ab toxin esetleges direkt vagy indirekt hatásának vizsgálata szabadföldi körülmények között, hiszen a viszgálat kezdetéig ilyen típusú vizsgálatok nem folytak Magyarországon.

A vizsgálatok 2001 és 2003 között Sóskúton folytak, Bt (DK 440 BTY, MON 810, Cry1A) és izogénes (DK 440) kukoricában. A Bt és az izogénes parcellákat váltakozó elrendezésben, 6 ismétlésben alakítottuk ki. A futóbogarak vizsgálatát parcellánként két talajcsapdával végeztük. Az egyedi növényvizsgálat során heti rendszerességgel, 10 növény teljes felületéről begyűjtöttük a katicabogarak összes fejlődési alakját, valamint a katicabogarak zsákmányállatainak egyedszámát is felbecsültük. A határozást, a kineveléseket és a statisztikai elemzéseket az MTA NKI Állattani Osztályán végeztem.

A vizsgált területen a három év során a futóbogarak fajokban és egyedekben gazdag populációját mintáztuk (összességében 58 faj, 44103 egyed). Az általunk kimutatott fajszám meghaladja a hazai mezőgazdasági területekre jellemző fajszámok felső értékét. Mindhárom évben ugyanaz a hat faj volt gyakori, mind a Bt, mind az izogénes kukoricában. A domináns fajok a mezőgazdasági területekre jellemző fajok közé tartoznak. A faj-diverzitások közepes mértékűek és hasonló egyenletességűek voltak, úgy az izogénes-izogénes, illetve a Bt-Bt között, mint az éveken belül. Az első évben az izogénes kukorica futóbogár-együttesének fajdiverzitása kis mértékben

magasabb volt, mint a Bt kukoricáé. Az együttesek hasonlósági indexei jelentős átfedésre utalnak, különösen adott éven belül az izogénes-izogénes, illetve a Bt-Bt között. Fenológiájuk fajonként különbözött, általában nem kapcsolódott a levéltetvekhez, de mindig voltak jelen nagy abundanciájú fajok (a levéltetű felszaporodáskor), így polifágiájuk miatt potenciálisan fogyaszthatták azokat. A futóbogarak szezonális aktivitása fajon belül évről évre változott, ezek az eltérések elsősorban időjárási tényezőkkel magyarázhatók, illetve denzitás függő szaporodásukból adódhat. A szerkezeti karakterisztikák, az egyedszámok és az átlagos előfordulások, illetve a szezonális dinamika tekintetében nem mutattam ki a Bt kukorica esetleges negatív hatását, sem az együttesek, sem az abundáns fajok szintjén.

A vizsgálat három éve alatt, a kukorica vegetációs idejében összesen kilenc afidofág, egy akarifág, és egy fungivór katicabogár fajt mutattunk ki a vizsgált kukorica állományokból. Ebből három afidofág, és az atkát fogyasztó akarifág katicabogár faj volt domináns, mind a Bt, mind az izogénes kukoricában. Fajösszetételben és a szerkezeti mutatókban a vizsgált katicabogár-együttesek hasonlónak bizonyultak a korábban vizsgált hazai kukoricások együtteseihez. A domináns és a konstans fajok nemcsak a hazai, de más európai kukorica vizsgálatok eredményeivel is megegyeztek, ami arra utal, hogy e növénykultúrában egy jellemző katicabogár-együttes épül fel az azonos zsákmányforrások, mikroklimatikus és növényszerkezeti feltételek következtében. Az afidofág katicafajok szezonális abundancia-változásai kis késéssel követték a domináns levéltetű (*Rhopalosiphum padi* L.) június-július eleji kisebb, valamint az augusztus végi-október eleji nagyobb populáció-felszaporodási időszakát. Az akarifág katicabogár populáció ingadozásai szinkronban voltak az atkatelepek felszaporodásával, de ez a három évben jelentősen eltérő időszakban történt, amely a zsákmányforráshoz való szoros kapcsolatra utal. A Bt és az izogénes kukorica állományok között nem volt statisztikailag szignifikáns különbség sem együttes-, sem fajszinten, a szezondinamikai jellemzők, az abundancia, és a fajösszetétel tekintetében. Kivételt képez a *Hippodamia variegata* Goeze az első és az utolsó évben, amelynek az átlagos egyedszáma kevéssel nagyobb volt az izogénes parcellákon. Az első évben a Bt kukoricában felépülő katicabogár-együttes fajdiveritása magasabb volt, mint az izogénes kukoricáé. A levont következtetések szerint a Bt kukoricának nem volt kimutatható negatív hatása a katicabogár-együttesek fajszámára, abundancia szintjére, és szezonális dinamikájára a három évben, az alkalmazott vizsgálati módszerek alapján.

7. SUMMARY

Cultivation of GM crops has been increasing worldwide since the first release of GM Bt maize (1996) in USA. GM Bt insect resistant crops, containing gene from strains of *Bacillus thuringiensis* bacterium species, express Cry protein(s) which is toxic to target species. However, various arthropods in the agroecosystems are also be exposed to the protein expressed by the Bt plant mainly through trophic interactions. The route of exposure is direct feeding with Bt crop tissues (herbivores) and partly some predators (mixed feeders). However, predators may also be exposed to the Cry protein through ingestion of their herbivore arthropod preys. In addition to that, predator arthropods might be impacted through prey quality and availability as well. Therefore, depending on the impact, outlined above, adoption of Bt crops may have effect on arthropod diversity in crop stands.

I conducted my research work as part of a three-year (2001-2003) study under the Bt-BioNoTa EU 5th Framwork project "Effects and mechanism of *Bt* transgenes on biodiversity of non-target insects: pollinators, herbivores and their natural enemies" (No.: QLK3-CT-2000-00547). I have surveyed the carabid and coccinellid assemblages in *Bt*- and in isogenic maize plots. Our aim was to asses the possible impact of *Bt*-maize on carabid and coccinellid assemblages measured by their activity density, the structural characteristics and seasonal activity patterns. Our hypothesis was that these parameters will reflect any adverse effect of transgenes on carabid and coccinellid individuals either through direct or indirect way. The three-year field experiment was carried out in an isolated field surrounded by orchards north of Budapest, Hungary. Plots (sized 28x28 m) with *Bt*- maize (DK 440 BTY- transformation event MON 810) and with its isogenic line (DK440) were established and arranged alternately, with 6 replications. An alley distance of 3 meters was used between replications. A maize hybrid of similar maturity ground to the test hybrid was planted in the retention zone (pollen capture crop surrounding the entire test field) in accordance with the requirements of the release permit. Maize was planted at a seed rate of 65 000 seeds/ha reduced to 50 000 plants/ha after emergence. Planting was late April - early May, and maize was harvested middle October to early November, depending on year. Maize plots were maintained according to the agronomic practices int the region. The carabid adults were sampled with two Barber's pitfall per plot. The whole plant visual sampling was performed on 10 plants per plot weekly. The whole maize plants were visually checked and all developmental stages of coccinellids were counted. The total number of coccinelids preys was also recorded. The identification and rearing of coccinellids were conducted in laboratory.

During the three sampling periods we found species-rich ground beetle assemblage with high individual numbers (a total of 44103 individuals of 58 carabid species). The number of collected species exceeded the one found in various regions in Hungary. The same six species were common both in Bt and in isogenic maize plots in all three years. The dominant species are typical ones being also present in agricultural fields in Europe. The species diversity was medium degree with similar evenness both in isogenic x isogenic and in Bt x Bt comparisons and within years. The similarity indexes refer to important overlapping, especially within years in isogenic-isogenic, and in Bt-Bt comparisons. The seasonal activity pattern of carabids within species varied from year to year, which were probably caused by weather conditions and by their prey density dependent reproduction. Structural characteristics, individual numbers, average densities and seasonal activity patterns of carabids were not affected by the Bt transgene either on assemblage or on species level.

During the three years study, 9 aphidophagous, 1 acariphagous and 1 fungivorous coccinellid species were sampled during the maize growing season. Three aphidophagous and one acariphagous ladybird species were dominant both in Bt and in isogenic maize plots. The species composition and structural characteruistics of the coccinellid populations in our study were similar to those reported from other maize field in Hungary. Dominant and constant species in our study were similar found in other studies in Europe. The seasonal abundance patterns of aphidophagous ladybirds followed the two aphid (predominantly *Ropalosiphum padi*) population peaks (late-June, July and early-October) with a minor delay in time. The seasonal fluctuation pattern of *Stethorus punctillum* populations were synchronised with the presence of their mite (*Tetranychus urticae*) colonies prey, but this happened in different time in the three years, which refer to close connection with prey. No significant differences were found either on assemblage, or on species level in the characteristics seasonal dynamics, abundance and species composition of coccinellids in Bt and in isogenic maize plots. Except for *Hippodamia variegate* Goeze in first and the last years, when the individual number of this species was somewhat higher in isogenic maize stand than in the Bt one. The species diversity of ladybird assemblages was similar in Bt maize plots and in isogenic plots (except the the first year with higher diversity in Bt plots). According to our conclusion, the Bt maize did not have any detectable negative effect on species number, abundance level and seasonal abundance pattern of coccinellids in the three years with the sampling methods used.

8. IRODALOMJEGYZÉK

AHMAD, A., WILDE, G. E., WHITWORTH, R. J. and ZOLNEROWICH, G. (2006):Effect of corn hybrids expressing the Coleopteran-specific Cry3Bb1 protein for corn rootworm control on aboveground insect predators. *Journal of Economic Entomology*, 99 (4): 1085-1095 p.

ÁLVAREZ-ALFAGEME, F., FERRY, N., CASTANERA, P., ORTEGO, F. and GATEHOUSE, A., M., R. (2008): Prey mediated effects of Bt maize o fitness and digestive physology of the red spider mite predator *Stethorus punctillum* Weise (Coleoptera: Coccinellidea). *Transgenic Research*, 17 (5): 943-954 p.

ÁLVAREZ-ALFAGEME, F., BIGLER, F. and ROMEIS, J. (2010): Laboratory toxicity studies demonstrate no adverse effects of Cry1Ab and Cry3Bb1 to larvae of Adalia bipunctata (Coleoptera: Coccinellidae): the importance of study design. *Transgenic Research*: 1-13 p. http://www.springerlink.com/content/5n7758gj612x0125/fulltext.pdf

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.

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.

ASÍN, L. and PONS, X. (1998): Role of predators on maize aphid populations. *Aphids in natural and managed ecosystems*, 505-511 pp.

BAI, Y. Y., JIANG, M. X. and CHENG, J.A. (2005) : Effects of transgenic Cry1Ab rice pollen on fitness of *Propylea japonica* (Thunberg). *Journal of Pest Science,* 78: 123-128.

BARÁTH, CS., ITTZÉS, A. and UGRÓSDY, GY. (1996): Boimetria módszertani alapok és a Minitab programcsomag alkalmazása. Baráth, Cs. (szerk.) Mezőgazda Kiadó, Budapest. 288 pp.

BIDDINGER, D. J., WEBER, D. C. and HULL, L. A. (2009): Coccinellidae as predators of mites: Stethorini in biological control. *Biological Control*, 51: 268-283.

BOURGUET, D., CHAUFAUX, 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.

BRAVO, A., GILL, S. S. and SOBERÓN, M. (2007): Mode of action of *Bacillus thuringiensis* Cry and Cyt toxins and their potential for insect control. (review) *Toxicon*, 49: 423-435 p.

BRUST, G. E., STINNER, B. R. and MCCARTNEY, D. A. (1986): Predator Activity and Predation in Corn Agroecosystem. *Environmental Entomology*, 15: 1017-1021 p.

BURGESS, E. P. J., LÖVEI, G. L., MALONE, L. A., NIELSEN, I. W., GATEHOUSE, H. S. and CHRISTELLER, J. T. (2002): Prey-mediated effects of the protease inhibitor aprotinin on thepredatory carabid beetle *Nebria brevicollis*. *Journal of Insect Physiology*, 48: 1093-1101 p.

CABELLO, T. (1989): Natural enemies of noctuid pests (Lep., Noctuidae) on alfalfa, corn, cotton and soybean crops in southern Spain. *Journal of Applied Entomology*, 108: 80-88 p.

CANDOLFI, M. P., BROWN, K., GRIMMI, C. and REBER, B. (2004): A faunistic approch to asses potential side-effect of genetically modified Bt-corn on non-target arthropods under field conditions. *Biocontrol Sience and Technology*, 14 (2): 129-170 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.

CÁRCAMO, H. A., NIEMALÄ, J. K. and SPENCE, J. R. (1995): Farming and ground beetles: effects of agronomic practice on populations and community structure. *The Canadian Entomologist,* 127: 123-140 p.

COTTRELL, T.E and YEARGAN, K.V. (1998): Effect of pollen on *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae) population density, predation, and cannibalism in sweet corn. *Environmental Entomology*, 27: 1402–1410 p.

CRICKMORE, N., ZEIGLER, D. R., FEITELSON, J., SCHNEPF, E., VAN RIE, J., LERECLUS, D., BAUM, J. and DEAN, D. H. (1998): Revision of the nomenclature for the *Bacillus thuringiensis* pesticidal crystal proteins. *Microbiology and Molecular Biology Reviews,* 62 (3): 807-813 p.

DALY, T. and BUNTIN, D. (2005): Effect of *Bacillus thuringiensis* transgenic corn for Lepidopteran control on nontarget arthropods. *Environmental Entomology*, 34 (5): 1292-1301 p.

DE LA POZA, M., PONS, X., FARINÓS, G. P., LÓPEZ, C., ORTEGO, F., EIZAGUIRRE, M., CASTAÑERA, P. and ALBAJES, R. (2005): Impact of farm-scale *Bt* maize on abundance of predatory arthropods in Spain. *Crop Protection*, 24: 677-684 p.

DE MAAGD, R. A., BOSCH, D. and STIEKEMA, W. (1999): *Bacilus thuringiensis* toxi-mediatedinsect resistance in plants. *Trends in Plant Science*, 4 (1): 9-13 p.

DEDRYVER, C. A., DI PIETRO, J. P, GELLE, A., PIERRE, J. S. and TANGUY, S. (1986): Quelques aspects du rôle des assolements et des pratiques culturales sur les fluctuations de populations de pucerons des céréales en région océanique. Les rotation céréaličres intensives. *Dix années d'étues concertées INRA-ONIC-ITCF*, 1973-1983. 315-330 p.

DESENDER, K. and POLLET, M. (1987): Life cycle strategies in the most abundant ground beetles from a heavily grazed pasture ecosystem. *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen van de Rijksuniversiteit Gent*, 52: 191-199 p.

DESENDER, K. and ALDERWEIRELDT, M. (1988): Population dynamics of adult and larval Carabid beetles in a maize field and its boundary. *Journal of Applied Entomology*, 106: 13-19 p.

DESENDER, K. and ALDERWEIRELDT, M. (1990): The carabid fauna of maize fields under different rotation regimes. *Mededelingen Faculteit Landbouwwetenschappen van de Rijksuniversiteit Gent*, 55: 493-500 p.

DHILLON, M. K., and SHARMA, H. C. (2009): Effects of Bacillus thuringiensis-endotoxins Cry1Ab and Cry1Ac on the coccinellid beetle, *Cheilomenes sexmaculatus* (Coleoptera, Coccinellidae) under direct and indirect exposure conditions. *Biocontrol Science and Technology*, 19: 407–420 p.

DINTER, A. (1995): Estimation of epigeic spider population densities using an intensive D-vac sampling technique and comparison with pitfall trap catches in winter wheat. *Acta Jutlandica.* 70: 23-32 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.

DIVELY, G. P. (2005): Impact of transgenic VIP3A x Cry1Ab Lepidopteran-resistant field corn ont he nontarget arthropod community. *Environmental Entomology*, 34 (5): 1267-1291 p.

DUTTON, A., KLEIN, H., ROMEIS, J. and BIGLER, F. (2002): Uptake of Bt-toxin by herbivores feeding on transgenic maize and consequances for the predator *Chrysoperla carnea*. *Ecological Entomology*, 27: 441-447 p.

DYADECHKO, N. P. (1954): Coccinellids of the Ukrainian SSR. Kiev. P.: 156 pp.

EFSA (2006): Guidance document of the Scientific Panel on Genetically Modified Organisms for the Risk Assessment of Genetically Modified Plants and Derived Food and Feed. *The EFSA Journal* (99): 1-100 p.

EFSA (2010a): Guidance on Data Exchange *EFSA Journal*, 8 (11):1895, 50 pp. www.efsa.europa.eu

EFSA (2010b): Draft Scientific Opinion on the assessment of allergenicity of GM plants and microorganisms and derived food and feed. *EFSA Journal*, 8 (7):1700, 168 pp. www.efsa.europa.eu

ELLIOTT, N. C., KIECKHEFER, R. W. and BECK, D. A. (2002): Effect of aphids and the surrounding landscape ont he abundance of Coccinellidae in cornfields. *Biological Control*, 24: 214-220 p.

FAOSTAT (2010): www.faostat.fao.org/567/default.aspx

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.

FAZEKAS, J., KÁDÁR, F., SÁROSPATAKI, M. and LÖVEI, G. L. (1997): Seasonal activity, age structure and egg production of the ground beetle Anisodactylus signatus (Coleoptera: Carabidae) in Hungary. *European Journal of Entomology*, 94: 473-484 p.

FEARING, P. L., BROWN, D., VLACHOS, D., MEGHJI, M. and 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: Caraidae) field populations to four years of Lepidopteran-specific Bt corn production. *Environmental Entomology,* 36 (5): 1269-1274 p.

FRAMPTON, G. K., ÇILGI, T., FRY, G. L. A. and WRATTEN, S. D. (1995): Effects of grassy banks on the dispersial of some carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) on farmland. *Biological Conservation*, 71: 347-355 p.

FREUDE, H., HARD, K. W. and LOHSE, G. A. (1976): Die Käfer Mitteleuropas, Band 2: *Adephaga* 1. *Goecke and Evers*, Krefeld. 302 pp.

GARCÍA, A. F., GRIFFITHS, G. J. K. and THOMAS, C. F. G. (2000): Density, distribution and dispersal of the carabid beetle *Nebria brevicollis* in two adjacent cereal fields. *Annals of Applied Biology,* 137 (2): 89-97 p.

GRACÍA, M., ORTEGO, F., CASTAŇERA, P. and FARINÓS, G. P. (2010): Effects of exposure to the toxin Cry1Ab through Bt maize fed-prey on the preformance and digestive physiology of the predatory rove beetle *Atheta coraria*. Biological Control, 55: 225-233 p.

GERGELY, G. and LÖVEI, G. L. (1987): Phenology and reproduction of the ground beetle *Dolichus halensis* in maize fields: a preliminary report. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 22: 357-361 p.

GRAY, M. E. and COATS, J. R. (1983): Effects of an Insecticide and a Herbicide on Nontarget Arthropods in a Cornfield. *Environmental Entomology*, 12: 1171-1174 p.

HŮRKA, K. (1996): Carababidae of the Czech and Slovak Republics. České a Slovenké republiky. 565 pp.

HATVANI, A. and KÁDÁR, F. (2002): A *Harpalus rufipes* szezonális aktivitása, korszerkezeti és szaporodási jellemzői (Coleoptera: Carabidae). *Növényvédelem*, 38: 163-168 p.

HEAD, G., BROWN, C. R., GROTH, M. E. and DUAN, J. J. (2001): Cry1Ab protein levels in phytophagous insects feeding on transgenic corn: implications for secondary exposure risk assessment. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 99: 37-45 p.

HESZKY, L. (2000): Rovarrezisztens transzgénikus növények. 227-233. oldal. In: Dudits, D. és Heszky, L. *Növényi biotechnológia és géntechnológia*. Agroinform Kiadó, Budapest. 312 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. and HONĚK, A. (1996): Ecology of Coccinellidae. Series Entomologica, vol. 54. *Kluwer Academic Publishers*, Dordrecht. 464 pp.

HODEK, I. and HONĚK, A. (2009): Scale insects, mealybugs, whiteflies and psyllids (Hemiptera, Sternorrhyncha) as prey of ladybirds. *Biological Control*, 51: 232-243 p.

HODEK, I. (1973): Biology of Coccinellidae. *Academia*, *Prague & Dr W. Junk, The Hague*. 260 pp.

HOHEISEL, G. A. and FLESCHER, S. J. (2007): Coccinellids, aphids, and pollen in diversified vegetable fields with transgenic and isoline cultivars. *Journal of Insect Science*, 7, 61 article: 12 pp.

HONĚK A. and MARTINKOVÁ, Z. (1991): Competition between maize and barnyard grass Echinocloa crus-galli, and its effect on aphids and their predators. *Acta Oecologica-Oecologica Applicata*, 12: 741-751 p.

HSIN, C.-Y., SELLERS, L. G. and DAHM, P. A. (1979): Seasonal Activity of Carabids and the Toxicity of Carbofuran and Terbufos to *Pterostichus chalcites. Environmental Entomology*, 8: 154-159 p.

HUMMEL, R. L., WALGENBACH, J. F., HOYT, G. D. and KENNEDY, G. G. (2002): Effects of vegetable production system on epigeal arthropod populitions. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 93: 177-188 p.

HŮRKA, K. (1996): Carabidae of the Czech and Slovak Republics. Kabourek, Zlín. 565 pp.

JAMES C. (2007): Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2007. *ISAAA Briefs No. 37. ISAAA: Ithaca, Ny.*, 1-16 p.

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.

JØRGENSEN, H. B. and LÖVEI, L. G.(1999): Tri-trophic effect on predator feeding: consumption by the carabid *Harpalus affinis* of *Heliothis armigera* caterpillars fed on proteinase imhibitor-containing diet. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 93: 113-116 p.

JØRGENSEN, H. B. and TOFT, S. (1997): Role of granivory and insectivory int he life cycle of the carabid beetle *Amara similata*. *Ecological Entomology*, 22: 7-15 p.

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.

KÁDÁR, F. and SZÉL, GY. (1989): Carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) collected by light traps in apple orchards and maize stands in Hungary. *Folia Entomologica Hungarica*, 50:27-36 p.

KÁDÁR F., SZÉL GY. and FARAGÓ S. (1998): Futóbogarak (Coleoptera: Carabidae) egy kisalföldi agrárterületen. *Növényvédelem*, 34: 3-10 p.

KÁDÁR, F. (1999): Futóbogarak. 196-201. oldal - In: TÓTH, J. (szerk.) *Erdészeti rovartan*. Agroinform Kiadó, Budapest. 480 pp.

KÁDÁR, F. és SAMU, F. (2006): A duplaedényes talajcsapdák használata Magyarországon. *Növényvédelem*, 42 (6): 305-312 p.

KESZTHELYI, S, és LENGYEL, Z (2003): Flight of the European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) as followed by light- and pheromone traps in Várda and Balatonmagyaród. *Journal of Central European Agriculture*, 4: 55–63 p.

KESZTHELYI, S., és SÁRINGER, GY. (2003): Flight of European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) as followed by light traps in 2002. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 38: (3-4) 333–340 p.

KESZTHELYI, S., NAGY, B., VASAS, L., MILE, L. and SZABÓ, Z. (2003): Veszélyes kártevők (I/4.): Kukoricamoly. *Gyakorlati Agrofórum* 14 (7): 31-44 p.

KIRK, V. M. (1982): Carabids: Minimal Role in Pest Management of Corn Rootworms. *Environmental Entomology*, 11: 5-8 p.

KISS, J. (2000a): 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, herbivors 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, I. (2000b): A kukorica termesztéstechnológiájának áttekintése. *Gyakorlati Agrofórum*, 11 (3): 2-9 p.

KISS J.; SZENTKIRÁLYI F.; TÓTH F.; C.R. EDWARDS.; KÁDÁR F.; KOZMA E.; ÁRPÁS K.; PERCZEL M. ÉS DÖMÖTÖR I. (2002b): 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.

KISS, J., SZENTKIRÁLYI, F., TÓTH, F., SZÉNÁSI, Á., KÁDÁR, F., ÁRPÁS, K., SZEKERES, D. and EDWARDS, C. R. (2002b): Bt Corn: Adjusting to Local IPM Systems. *OECD workshop on Dissemination of GMOs in Agro-ecosystems. Grossrussbach, Austria, 27-28 September 2002.*

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.

KROMP, B. (1999). Carabid beetles in sustinable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74: 187-228 p.

LĂCĂTUŞU, M., TEODORESCU, I., TUDOR, C. and PAULIAN, F. L. (1978): Structura şi evoluția entomofaunei în monocultura de porumb. *Problema de ecologia terestra, Ecologia Dăunătorilor Animali, Bucureşti*: 209-212 p.

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 ferm systems. *Environmental Entomology*, 36 (1): 234-244 p.

LI, Y. and ROMEIS, J. (2010): Bt maize expressing Cry3Bb1 does not harm the spider mite, *Tetranychus urticae*, or its ladybird beetle predator, *Stethorus punctillum*. *Biological Control*, 53 (3): 337–344 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. and RIGAMONTI, I. E. (1998): Preliminary study on the effects of transgenic maize on non target. *Integrated Control in Cereal Crops IOBC Bulletin*, 21: 171-180 p.

LOZZIA, G. C., FURLANIS, C., MANACHINI, B. & RIGAMONTI, I. E. (1998): Effects of Bt corn on *Rhopalosiphum padi* L. (Rhynchota Aphididae) and on its predator *Chrysoperla carnea* Stephen (Neuroptera Chrysopidae). *Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura*, 30: 153-164 p.

LOZZIA, G. C. (1999): Biodiversiy 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. (1989): Katicabogarak-*Coccinellidae.* 126-133.oldal In: Balázs K. és Mészáros Z. (szerk.) *Biológiai védekezés természetes ellenségekkel*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 210 pp.

LÖVEI, G. (1990): Antropogén élőhelyek futóbogár együtteseinek szerkezete és táplálkozás ökológiájuk. Kandidátusi értekezés, Budapest.

LÖVEI, G. L. and SZENTKIRÁLYI, F. (1984): Carabids climbing maize plants. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 97: 107-110 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. (1980): The biology of the ground beetle Harpalus rufipes in a strawberry field in Northumberland. *Annals of Applied Biology,* 94:153–164 p.

LUFF, M. L. (1987): Biology of Polyphagous Ground Beetles in Agriculture. *Agricultural Zoology Review*, 2: 237-278 p.

LUNDGREN, J. G. and WIEDENMANN, R. N. (2002): Coleopteran-specific Cry3Bb toxin fram transgenic corn pollen does not affect the fitness of a nontarget species, *Coleomegilla maculata* DeGeer (Coleoptera: Coccinellidea). *Environmental Entomology*, 31: 1213-1218 p.

LUNDGREN, J. G., RAZZAK, A. A. and WIEDINMANN, R. N. (2004): Population responses and food consumption by predators *Coleomegilla maculata* and *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) during anthesis ina n Illinois cornfield. *Environmental Entomology*, 33: 958-963 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.

MARTINKOVÁ, Z., SASKA, P. and HONEK, A. (2006): Consumption of fresh and buried seed by ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *European Journal of Entomology,* 103: 361–364 p.

MEISSLE, M., VOJTECH, E. and POPPY, G. M. (2005): Effects of Bt maize-fed prey ont he generalist predator *Poecilus cupreus* L. (Coleoptera: Carabidae). *Transgenic Research* 14: 123-132 p.

MEISSLE, M., MOURON, P., MUSA, T., BIGLER, F., PONS, X., VASILEIADIS, V.P., OTTO, S., ANTICHI, D., KISS, J., PÁLINKÁS, Z., DONER, Z., VAN DER WEIDE, R., GROTEN, J., CZEMBOR, E., ADAMCZYK, J., THIBORD, J.-B., MELANDER, B.,

CORDSEN NIELSEN, G., POULSEN, R. T., ZIMMERMANN, O., VERSCHWELE, A. and OLDENBURG, E. (2010): Pests, pesticide use and alternative options in European maize production: Current status and future prospects. *Journal of Applied Entomology*, 134: 357-375.

MERKL, O. (1982): Taxonómiai és faunisztikai vizsgálatok a Kárpát-medence katicabogár (Coleoptera: Coccinellidae) faunáján. Doktori értekezés, Budapest.

MERRET, P. and SNAZELL, R. (1983): A comparison of pitfall trapping and vacuum sampling for assessing spider faunas on heathland at Ashdown Forest, south-east England. *Bulletin of the British Arachnological Society*, 6: 1-13 p.

MÉSZÁROS, Z. (ed.), ÁDÁM, L., BALÁZS, K., BENEDEK, I. L., DRASKOVITS, Á. D., KOZÁR, F., LÖVEI, G., MAHUNKA, S., MESZLENY, A., MIHÁLYI, K., NAGY, L., PAPP, J., PAPP, L., POLGÁR, L., RÁCZ, V., RONKAY, L., SOÓS, Á., SZABÓ, S., SZABÓKY, CS., SZALAY-MARZSÓ, L., SZARUKÁN, I., SZELÉNYI, G. & SZENTKIRÁLYI, F. (1984): Result of Faunistical Studies in Hungarian Maize Stands (Maize Ecosystem Research No. 16). *Acta Phytopathologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 19: 65-90 p.

MÉSZÁROS, Z., JENSER, G. and BOGYA, S. (1998): Predátorok. 539-570 p. - In: JENSER, G., MÉSZÁROS, Z. és SÁRINGER, GY. (szerk.): A szántóföldi és kertészeti növények kártevői. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 630 pp.

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.

NAGY, B. (1993): Kukoricamoly (*Ostrinia nubilalis*). – In: JERMY, T. és BALÁZS, K. (szerk.) A növényvédelmi állattan kézikönyve 4/B. Akadémiai Kiadó, Budapest. 495–529 p.

OBRIST, L. B., DUTTON, A., ALBAJES, A. and BIGLER, F. (2006): Exposure of arthropod predators to Cry1Ab toxin in Bt maize fields. *Ecological Entomology*, 31: 143-154 p.

OBRYCKI, J. J., HARWOOD, J. D., KRING, T. J. and O'NEIL, R. J. (2009): Aphidophagy by Coccinellidae: application of biological control in agroecosystems. *Biological Control*, 51: 244-254 p.

ORR, D. B. and LANDIS, D. A. (1997): Oviposition of European Corn Borer (Lepidoptera: Pyralidae) and Impact of Natural Enemy Populations inTransgenic Versus Isogenic Corn. *Journal of Economic Entomology*, 90: 905-909 p.

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.

PAVUK, M. D., PURRINGTON, F. F., WILLIAMS, C. E. and STINNER, B. R. (1997): Ground Beetle (Coleoptera: Carabidae) Activity Density Community Composition in Vegetationally Diverse Corn Agroecosystems. *The American Midland Naturalist*, 138: 14-28 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.

PLEWKA, T. and PANKANIN-FRANCZYK, M. (1989): Aphids and Aphidophages on Maize in Central Poland. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 24: 169-171 p.

PODANI, J. (1997): Bevezetés a többváltozós biológiai adatfeltárás rejtelmeibe. Scientia Kiadó, Budapest, 412 pp.

PONS, X., COMAS, J. and ALBAJES, R. (1989): Maize Aphids in the North-east of Spain. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 24: 173-176 p.

PONS, X. and ALBAJES, R. (2001): Density of epigeal predators on maize plants untreated with imidacloprid. *IOBC wprs Bulletin*, 24: 73-78 p.

PRIESNITZ, K. U. (2008): Biologische Sicherheitsforschung an einem Bt-Mais mit integrierter Maiswurzelbohrer-Resistenz: Mögliche Auswirkungen des Anbaus von MON88017 auf epigäische Raubarthropoden. Jahresbericht 2007 der Bayerischen Landesansalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenschutz. www.lfl-bayern.de

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.

RÁCZ, V., SZENTKIRÁLYI, F., VISNYOVSZKY, E. and RADWAN, Z. (1983): Aphidophagous populations based on maize aphids. *P. Int. Conf. Integr. Plant Prot.*, 4: 70-76 p.

RÁCZ, V., SZENTKIRÁLYI, F. and VISNYOVSZKY, É. (1986): Study of aphid-aphidophage connections in maize stands. 317-322 p. - In: HODEK, I. (ed.): Ecology of aphidophaga. Academia, Prague: Dr. W. Junk, Dordrecht. 562 pp.

RADICS, L. (1994): Szántóföldi növénytermesztéstan. Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem, Kertészeti Kar, Budapest, 100-131 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.

RAPS, A., KEHR, J., GUGRELI, P., MOAR, W. J., BIGLER, F. and HILBECK, A. (2001): Immunological analysis of phloem sap of *Bacillus thuringiensis* corn and of the nontarget herbivore *Rhopalosiphum padi* (Homoptera: Aphididae) for the presence of Cry1Ab. *Molecular Ecology*, 10: 525-533 p.

RAUSCHEN, S. (2010): A case of “pseudo science”? A study claiming effects of the Cry1Ab protein on larvae of the two-spotted ladybird is reminiscent of the case of the green lacewing. *Transgenic Research*, 19 (1): 13–16 p.

RAUSCHEN, S., SCHAARSCHMIDT, F. and GATHMANN, A. (2010): Occurrence and field densities of Coleoptera in the maize herb layer: implications for Environmental Risk Assessment of genetically modified Bt-maize. *Transgenic Research*. 19 (5): 727-744 p.

REICZIGEL, J., HARNOS, A. és SOLYMOSI, N. (2007): Biostatisztika nem statisztikusoknak. Pars Kft. 455 pp.

RITCHIE, S. W., HANWAY, J. J. and BENSON, G. O. (1993): How a corn plant develops. Iowa State University CES Special Report No. 48. 21 pp.

ROMEIS, J., MEISSLE, M. and BIEGLER, F. (2006): Transgenic crops expressing *Bacillus thuringiensis* toxins and biological control. *Nature Biotechnology*, 24: 63-71 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.

SAMU, F. and SÁROSPATAKI, M. (1995): Estimation of population size and „home ranges” of polyphagous predators in alfalfa using mark-recapture: exploratory study. *Acta Jutlandica*, 70: 47-55 p.

SASKA, P. and JAROŠIK, V. (2001): Laboratory study of larval food requirements in nine species of Amara (Coleoptera: Carabidae). *Plant Protection Science*, 31: 103-110 p.

SCHMIDT, J. E. U., BRAUN, C. U., WHITEHAUSE, L. P. and HILBECK, A. (2009): Effects of activated Bt transgene products (Cry1Ab, Cry3Bb) on immature stages of the ladybird *Adalia bipunctata* in laboratory ecotoxicity testing. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 56 (2): 221-228 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 p.

SEKULIĆ, R. (1976): Prilog poznavanju fam. Carabidae kulture kukuruza na černozemu u srednjoj bačkoj. *Acta Entomologica Jugoslavica*, 12: 35-48 p.

SEKULIĆ, R., CAMPRAG, D., KERESI, T. and TALOSI, B. (1989): A Contribution to the Knowledge of Some Species of Coleoptera in Corn Fields in Yugoslavia. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 24: 189-193 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.

ŠTEPANOVIČOVÁ, O. and BELÁKOVÁ, A. (1960): Entomofauna kukuričného pol'a. *Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Comenianae Zoologia*, 4: 301-352 p.

STOLIAROV, M. V., GODERDZISHVILI, G. SH. and KHACHATUROVA, E. A. (1981): Some peculiarities of community of arthropoda of maize in the East Georgia. *Izvesztija Akademii Nauk GSZSZR, Szerija Biol*., 7: 540-548 p.

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.

SUTHERLAND, A. M. and PARRELLA, M. P. (2009): Mycophaga in Coccinellidae: review and synthesis. *Biological Control*, 51: 284-293 p.

SZEKERES, D., KÁDÁR, F. and KISS, J. (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 p.

SZEKERES, D., KÁDÁR, F. és KISS, J. (2006): Futóbogár (*Coleoptera: Carabidae*) együttesek Bt- (Cry1Ab, MON 810) és izogénes kukoricában. *Növényvédelem*, 42 (7): 357-363 p.

SZENTKIRÁLYI, F. (1986): Niche segregation between chrysopid and hemerobiid subguilds. p.: 297-302. - In: HODEK, I. (ed.): *Ecology of Aphidophaga. Academia*, Prague & Dr. W. Junk Publ., Dordrecht.

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 Serries 10*. Springer Verlag, Berlin, 369 pp.

TONHASCA, JR. A. (1993): Carabid beetle assemblage under diversified agroecosystems. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 68: 279-285 p.

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.

TRITTELVITZ, W. and TOPP, W. (1980): Verteilung und Ausbreitung der epigäischen Arthropoden in der Agrarlandschaft. I. Carabidae. *Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzen- und Umweltschutz*, 53: 17-20 p.

TURI, J. (2002): Gondolatok a kukoricatermelés és felhasználás jelentőségéről. *Gyakorlati Agrofórum Füzetek*, 6: 3-2 p.

TURIN, H. (1981): Provisional checklist of the European ground-beetles (Coleoptera: Cicindelidae & Carabidae). *Monografieen van de Nederlandse Entomologische Vereniging*, 9: 1-249 p.

VAN DEN BRINK, P. and TER BRAAK C. J. F. (1999): Principal Response Curves: Analysis of Time-Dependent Multivariate Responses of Biological Community to Stress. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 18 (2): 138-148 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.

VOLKMAR, C., WETZEL, TH., LÜBKE-AL HUSSEIN, M., JANY, D. and RICHTER, L. (1999): Ökologische Begleituntersuchungen beim Anbau von Transgenem Mais am Standort Friemar (Freistaat Thüringen) in den Jahren 1994 bis 1996. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 32 (4): 291-335 p.

WEBER, D. C. and LUNDGREN, J. G. (2009): Assessing the trophic ecology of the Coccinellidae: Their roles as predators and as prey. *Biological Control*, 51: 199-214 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.

ZHAVORONKOVA, T. N. (1969): Certain structural peculiarities of the carabidae (Coleoptera) in relation to their feeding habits. *Entomological Review*, 48: 462-471.

ZWAHLEN, C. and ANDOW, D. A. (2005): Field evidence for the exposue of ground beetles to Cry1Ab from transgenic corn. *Environmental Biosafety Research*, 4: 113-117 p.

1. MELLÉKLET: Kukorica fenológiai stádiumai

Ez az azonosítási szisztéma vegetatív (V) és reproduktív (R) szakaszokra bontja a növény fejlődését. A V stádiumok numerikusan számozottak V (n)-ig, ahol az (n) azoknak a leveleknek a számát jelzi, melyeknek látható a levélhüvelye. Az első és az utolsó (V) stádium VE (kelés) és VT (címer hányás) jelölést kapott. A hat reproduktív szakaszt könnyű numerikusan jelölni.

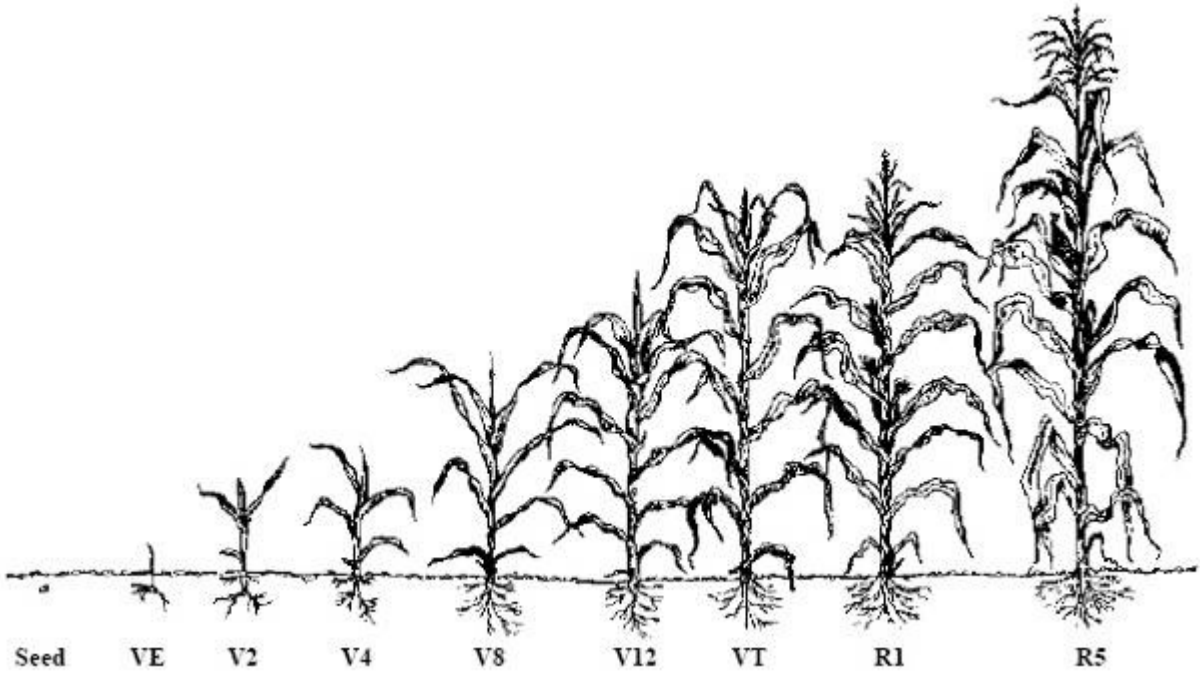
Vegetatív stádiumok

Az összes leveles stádium azon legmagasabb levél számnak megfelelően van meghatározva, melyek levélhüvelye látható. A szár és a bojtos gyökérzet növekedésének következtében a legalsó levelek elvesztése V6 stádium körül kezdődik. A megfelelő stádium meghatározása az alsó levél veszteség után, a szár hosszanti hasításával és az internóduszok meghosszabodásának vizsgálatával lehetséges. Az első meghosszabodott internódusz feletti első nódusz általában az ötödik levél nódusza. Ez az ötödik levél nódusza referencia pontként alkalmazható a látható levélhüvelyű levelek legmagasabb számának meghatározásához.

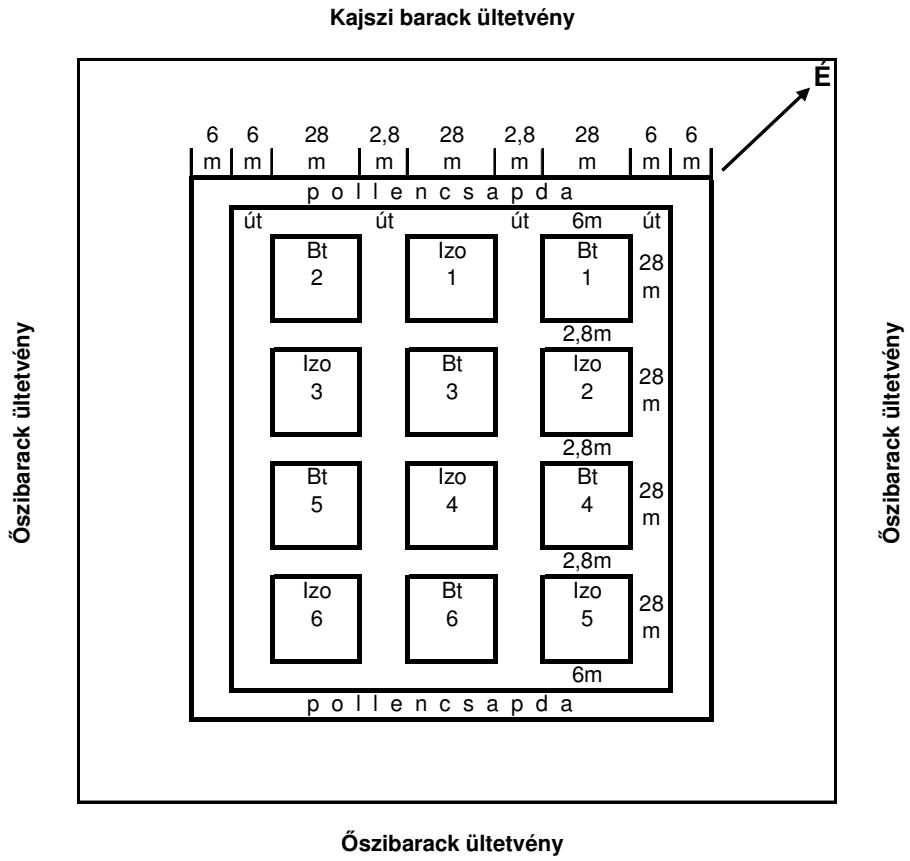
Stádium	Leírás
VE	Kelés
V1	Egy levél látható levélhüvellyel
V2	Két levél látható levélhüvellyel
V(n)	(n) levél látható levélhüvellyel
VT	A címer utolsó elágazása is látható

Reproduktív stádiumok

Stádium	Leírás
R1	Bibehányás – bibe látható a csuhéjon kívül
R2	Hólyag – szemek fehérek és hólyagra hasonlítanak
R3	Tejesérés – a szemek külseje sárga, belül tejes folyadékkal
R4	Viaszérés – a belső tejes folyadék tészta szerűvé sűrűsödik
R5	Horpadás – az összes szem teteje behorpad
R6	Fiziológiai érettség – kialakul a sötét leváló réteg


Seed
VE
V2
V4
V8
V12
VT
R1
R5

FÜGGELÉK



1. ábra. A vizsgálati tér és parcella elrendezés Sóskúton, 2001-2003 folyamán. (Jelölés: Izo: izogénes parcella, Bt: transzgénikus kukorica parcella; 1-6: ismétlések)

1. táblázat: A kísérleti területen végzett agrotechnika (Sóskút, 2001-2003)

	2001	2002	2003
Elővetemény	paradicsom	napraforgó	napraforgó
Talajművelés	őszi mélyszántás (32-36 cm) simítózás magágy készítés 2x kombinátorozás	őszi mélyszántás (32-36 cm) simítózás magágy készítés 2x kombinátorozás	őszi mélyszántás (32-36 cm) simítózás magágy készítés 2x kombinátorozás
Tápanyag utánpótlás	ősz: 216 kg/ha NPK tavasz: 68 kg/ha NH_4NO_3	ősz: 216 kg/ha NPK tavasz: 68 kg/ha NH_4NO_3	ősz: 216 kg/ha NPK tavasz: 68 kg/ha NH_4NO_3
Inszekticides kezelés	0,75 kg/ha Diazinon 5G (diazinon) sorkezelés, vetéssel egymenetben		
Vetés	május 02	április 25	április 22-23
Kelés (50 % kikelt)	május 10	május 01	május 04
Mag- és tőszám	65.000 mag/ha 50.000 tő/ha	65.000 mag/ha 50.000 tő/ha	65.000 mag/ha 50.000 tő/ha
Gyomszabályozás	preemergensen: 6 l/ha Guardian Extra (360 g/l acetochlor, 180 g/l atrazin, Ad-67) mechanikai gyomírtás a vegetációban	preemergensen: 6 l/ha Guardian Extra (360 g/l acetochlor, 180 g/l atrazin, Ad-67) mechanikai gyomírtás a vegetációban	preemergensen: 6 l/ha Guardian Extra (360 g/l acetochlor, 180 g/l atrazin, Ad-67) mechanikai gyomírtás a vegetációban
Betakarítás	október 17	november 03	október 14

2. táblázat: A Bt és az izogénes parcellákban csapdázott futóbogár fajok dominancia (%) megoszlása

(+ : az adott faj 1 dominancia százalék alatti egyedszámmal volt képviselve a területen, - : az adott faj nem volt jelen a területen)

Fajnév	2001		2002		2003	
	Bt	Iso	Bt	Iso	Bt	Iso
Abax parallelepipedus (Piller et Mitterpacher,1783)	-	+	-	+	-	-
Acupalpus meridianus (Linnaeus, 1767)	-	-	-	+	-	-
Anchomenus dorsalis (Pontoppidan, 1763)	2,07	+	+	-	+	+
Amara aenea (De Geer, 1774)	+	+	+	+	+	-
Amara apricaria (Paykull, 1790)	-	-	+	+	-	+
Amara bifrons (Gyllenhal, 1810)	-	+	+	+	+	+
Amara communis (Panzer, 1797)	-	-	+	+	-	-
Amara consularis (Duftschmid,1812)	+	+	+	+	+	-
Amara familiaris (Duftschmid,1812)	+	-	+	+	+	+
Amara ingenua (Duftschmid,1812)	-	-	2,14	1,90	+	+
Amara ovata (Fabricius, 1792)	-	-	+	-	-	-
Amara similata (Gyllenhal, 1810)	+	+	+	+	-	+
Anisodactylus binotatus (Fabricius,1787)	+	+	+	+	+	-
Anisodactylus signatus (Panzer, 1797)	+	+	+	+	1,55	2,07
Brachinus crepitans (Linnaeus, 1758)	+	-	+	+	+	+
Brachinus explodens Duftschmid, 1812	-	+	5,95	6,20	+	+
Brachinus ganglbaueri Apfelbeck, 1904	-	-	-	+	-	-
Brachinus nigricornis Gebler, 1830	-	-	+	-	-	-
Brachinus psophia Audinet-Serville, 1821	-	-	+	+	-	-
Broscus cephalotes (Linnaeus, 1758)	+	1,08	+	+	+	+
Calathus ambiguus (Paykull, 1790)	8,78	13,05	4,45	6,14	1,73	2,31
Calathus cinctus Motschulsky, 1850	+	+	+	+	-	-
Calathus fuscipes (Goeze, 1777)	+	+	+	+	+	+
Calathus melanocephalus (Linnaeus, 1758)	2,02	2,11	+	+	+	+
Calosoma auropunctatum (Herbst,1784)	-	-	+	+	-	+
Carabus coriaceus Linnaeus,1758	-	+	-	+	+	-
Cicindela germanica Linnaeus, 1758	-	-	+	+	+	+
Cryptophonus tenebrosus centralis (Schauberger, 1929)	-	-	+	-	-	-
Dolichus halensis (Schaller,1783)	5,77	5,04	6,86	6,58	2,12	2,99
Harpalus affinis (Schrank, 1781)	-	-	-	+	+	+
Harpalus distinguendus (Duftschmid, 1812)	3,16	3,41	25,83	26,03	16,78	16,22
Harpalus froelichi (Sturm, 1818)	-	-	-	-	-	+
Harpalus picipennis (Duftschmid, 1812)	-	-	+	+	+	+
Harpalus rubripes (Duftschmid, 1812)	-	-	+	-	-	-
Harpalus serripes (Qqensel, 1806)	-	-	-	+	-	-
Harpalus smaragdinus (Duftschmid, 1812)	-	-	+	+	+	+
Harpalus tardus (Panzer, 1797)	-	-	+	+	-	-
Laemostenus terricola (Herbst, 1784)	-	-	-	+	-	-

2. táblázat: folytatás

Fajnév	2001		2002		2003	
	Bt	**Iso**	***Bt***	**Iso**	***Bt***	**Iso**
Microlestes fissuralis Reitter,1900	-	-	-	+	-	-
Microlestes corticalis escorialensis C. Brisout de Barneville, 1885	-	-	+	+	-	-
Microlestes maurus (Sturm, 1827)	-	-	+	+	+	+
Microlestes minutulus (Goeze, 1777)	-	-	-	+	+	+
Microlestes plagiatus (Duftschmid, 1812)	-	-	+	-	-	-
Ophonus azureus (Fabricius, 1775)	+	+	+	+	+	+
Ophonus rufibarbis (Fabricius, 1792)	-	-	+	-	-	-
Panagaeus bipustulatus (Fabricius, 1775)	+	-	-	-	-	-
Poecilus cupreus (Linnaeus,1758)	-	+	+	+	+	+
Poecilus punctulatus (Schaller, 1783)	-	-	+	+	+	+
Poecilus sericeus Fischer von Waldheim,1823	3,01	2,60	3,26	3,04	5,09	5,92
Pseudoophonus calceatus (Duftschmid, 1812)	3,75	3,63	+	+	+	+
Pseudoophonus griseus (Panzer, 1797)	+	+	+	+	-	-
Pseudoophonus rufipes (De Geer, 1774)	64,18	59,12	45,01	43,14	68,07	65,87
Pterostichus niger (Schaller, 1783)	+	+	+	-	-	-
Pterostichus macer macer (Marsham, 1802)	-	-	-	-	+	-
Pterosichus melas (Creutzer, 1799)	-	-	+	+	+	+
Pterostichus melanarius (Illiger, 1798)	+	+	+	+	+	+
Trechus quadristriatus (Schrank, 1781)	3,95	5,85	2,08	2,70	2,80	2,65
Zabrus tenebrioides (Goeze, 1777)	+	+	+	+	+	+
Fajszám	25	27	46	47	34	33

3. táblázat: A területen gyűjtött futóbogár fajok táplálkozási típusok szerinti megoszlása (Sóskút, 2001-2003)

Táplálkozási típus	2001				2002						2003						
	júl.	aug.	szept.	okt.	máj.	jún.	júl.	aug.	szept.	okt.	ápr.	máj.	jún.	júl.	aug.	szept.	okt.
Ragadozó	11,88	21,91	51,93	63,36	29,88	18,26	33,73	17,28	22,84	16,32	1,06	46,90	13,21	9,36	30,22	33,33	22,93
Vegyes	87,29	76,93	45,87	35,83	55,52	68,54	64,34	81,43	76,45	81,98	98,73	51,54	86,64	90,55	69,43	66,67	76,82
Magevő	0,82	0,65	0,81	0,00	14,60	13,13	1,85	0,43	0,53	1,58	0,21	1,56	0,12	0,03	0,00	0,00	0,00
Növényevő	0,00	0,50	2,20	0,00	0,00	0,07	0,08	0,86	0,18	0,11	0,00	0,00	0,04	0,06	0,35	0,00	0,25

4. táblázat: A Bt és az izogénes kukoricában felvételezett futóbogarak parcellánkénti egyedszámának adott évenbelüli összehasonlításának eredménye (Mann-Withney Wilcoxon's rank sum test, Sóskút 2001-2003). A szignifikáns különbségeket pirossal jelöltük, p<0,05.

	Rank Sum Izo	Rank Sum Bt	U	Z	p-level	Z	p-level	Valid N	Valid N	2*1sided
Futóbogár imágók, 2001	119,5000	180,5000	41,50000	-1,76092	0,078253	-1,76130	0,078188	12	12	0,078024
Futóbogár imágók, 2002	158,0000	142,0000	64,00000	0,461880	0,644168	0,461880	0,644168	12	12	0,670660
Futóbogár imágók, 2003	148,0000	152,0000	70,00000	-0,115470	0,908073	-0,115495	0,908053	12	12	0,932301
C. ambiguus, 2001	162,0000	138,0000	60,00000	0,692820	0,488423	0,694483	0,487380	12	12	0,513723
C. ambiguus, 2002	176,5000	123,5000	45,50000	1,529978	0,126023	1,530644	0,125858	12	12	0,127688
C. ambiguus, 2003	181,0000	119,0000	41,00000	1,789786	0,073489	1,798408	0,072113	12	12	0,078024
D. halensis, 2001	129,0000	171,0000	51,00000	-1,21244	0,225347	-1,21667	0,223729	12	12	0,241524
D. halensis, 2002	150,0000	150,0000	72,00000	0,00	1,000000	0,00	1,000000	12	12	1,022598
D. halensis, 2003	173,5000	126,5000	48,50000	1,356773	0,174854	1,360029	0,173822	12	12	0,178182
H. distinguendus, 2001	148,0000	152,0000	70,00000	-0,115470	0,908073	-0,116591	0,907185	12	12	0,932301
H. distinguendus, 2002	150,0000	150,0000	72,00000	0,00	1,000000	0,00	1,000000	12	12	1,022598
H. distinguendus, 2003	152,5000	147,5000	69,50000	0,144338	0,885234	0,144369	0,885209	12	12	0,887386
P. rufipes, 2001	117,0000	183,0000	39,00000	-1,90526	0,056748	-1,90650	0,056586	12	12	0,059657
P. rufipes, 2002	136,5000	163,5000	58,50000	-0,779423	0,435731	-0,779762	0,435532	12	12	0,442833
P. rufipes, 2003	146,0000	154,0000	68,00000	-0,230940	0,817361	-0,230940	0,817361	12	12	0,842836
P. sericeus, 2001	131,5000	168,5000	53,50000	-1,06810	0,285477	-1,07679	0,281573	12	12	0,291343
P. sericeus, 2002	140,5000	159,5000	62,50000	-0,548483	0,583361	-0,550039	0,582293	12	12	0,589876
P. sericeus, 2003	162,0000	138,0000	60,00000	0,692820	0,488423	0,693122	0,488234	12	12	0,513723
T. quadristratus, 2001	173,5000	126,5000	48,50000	1,356773	0,174854	1,365108	0,172220	12	12	0,178182
T. quadristriatus, 2002	169,5000	130,5000	52,50000	1,125833	0,260237	1,135501	0,256166	12	12	0,265670
T. quadristriatus, 2003	143,5000	156,5000	65,50000	-0,375278	0,707454	-0,375441	0,707333	12	12	0,712535

5. táblázat: Az izogénes kukoricában felvételezett futóbogarak parcellánkénti egyedszámának évenkénti összehasonlításának eredménye (Mann-Withney Wilcoxon's rank sum test, Sóskút 2001-2003). A szignifikáns különbségeket pirossal jelöltük, p<0,05.

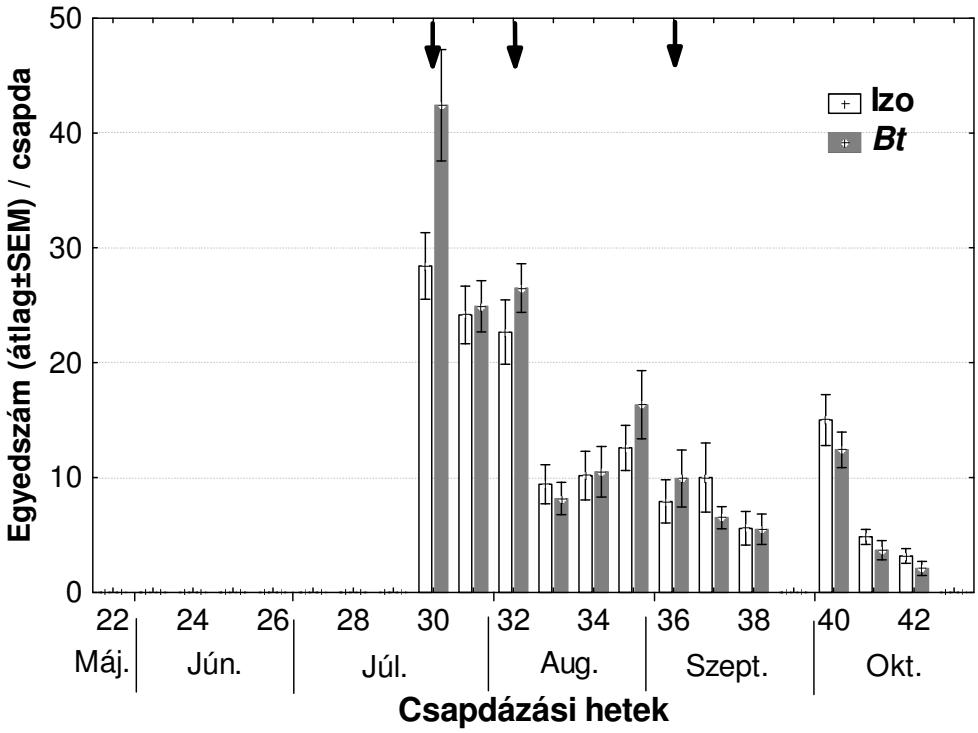
Izo - Izo	Rank Sum 2001	Rank Sum 2002	U	Z	p-level	Z	p-level	Valid N	Valid N	2*1sided
Futóbogár imágók, 2001-2002	85,50000	214,5000	7,500000	-3,72391	0,000196	-3,72472	0,000196	12	12	0,000033
C. ambiguus, 2001-2002	114,0000	186,0000	36,00000	-2,07846	0,037668	-2,07937	0,037585	12	12	0,038721
D. halensis, 2001-2002	122,5000	177,5000	44,50000	-1,58771	0,112352	-1,59187	0,111415	12	12	0,113502
H. distinguendus, 2001-2002	78,00000	222,0000	0,00	-4,15692	0,000032	-4,16326	0,000031	12	12	0,000001
P. rufipes, 2001-2002	133,5000	166,5000	55,50000	-0,952628	0,340779	-0,953042	0,340569	12	12	0,347358
P. sericeus, 2001-2002	115,0000	185,0000	37,00000	-2,02073	0,043309	-2,04853	0,040509	12	12	0,044902
T. quadristriatus, 2001-2002	158,5000	141,5000	63,50000	0,490748	0,623605	0,491925	0,622772	12	12	0,629726

Izo - Izo	Rank Sum 2002	Rank Sum 2003	U	Z	p-level	Z	p-level	Valid N	Valid N	2*1sided
Futóbogár imágók, 2002-2003	190,5000	109,5000	31,50000	2,338269	0,019374	2,338777	0,019348	12	12	0,017271
C. ambiguus, 2002-2003	178,5000	121,5000	43,50000	1,645448	0,099878	1,646881	0,099583	12	12	0,100530
D. halensis, 2002-2003	177,0000	123,0000	45,00000	1,558846	0,119034	1,568077	0,116864	12	12	0,127688
H. distinguendus, 2002-2003	190,0000	110,0000	32,00000	2,309401	0,020922	2,309903	0,020894	12	12	0,020489
P. rufipes, 2002-2003	195,0000	105,0000	27,00000	2,598076	0,009375	2,598076	0,009375	12	12	0,008293
P. sericeus, 2002-2003	87,00000	213,0000	9,000000	-3,63731	0,000276	-3,64923	0,000263	12	12	0,000072
T. quadristriatus, 2002-2003	222,0000	78,00000	0,00	4,156922	0,000032	4,374390	0,000012	12	12	0,000001

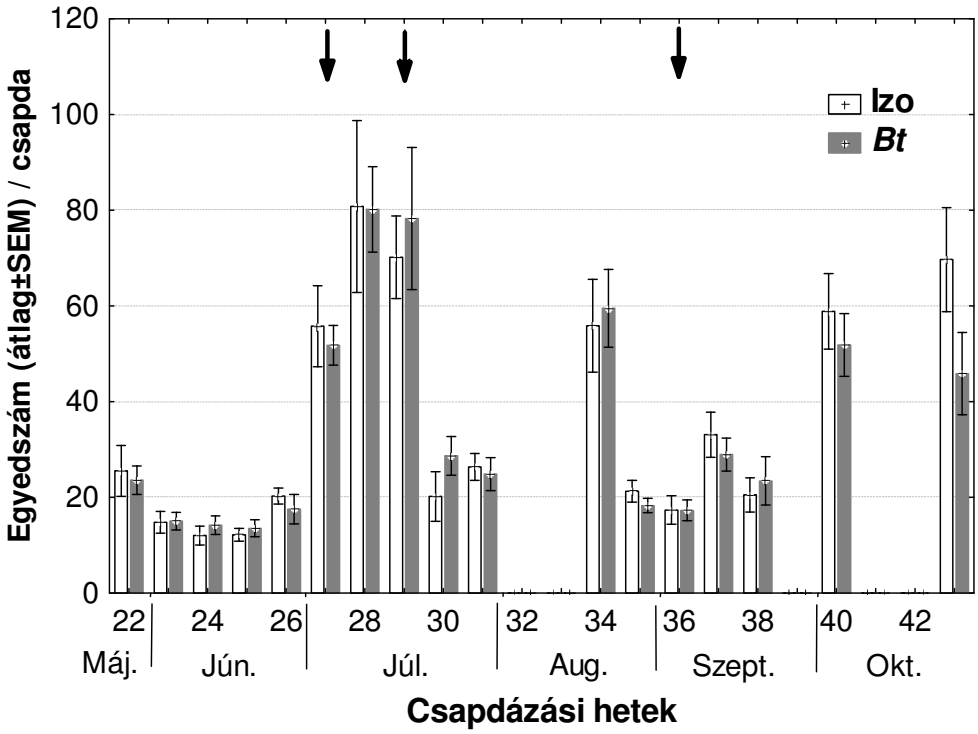
6. táblázat: A Bt kukoricában felvételezett futóbogarak parcellánkénti egyedszámának évenkénti összehasonlításának eredménye (Mann-Withney Wilcoxon's rank sum test, Sóskút 2001-2003). A szignifikáns különbségeket pirossal jelöltük, p<0,05.

Bt - Bt	Rank Sum 2001	Rank Sum 2002	U	Z	p-level	Z	p-level	Valid N	Valid N	2*1sided
Futóbogár imágók, 2001-2002	78,00000	222,0000	0,00	-4,15692	0,000032	-4,15692	0,000032	12	12	0,000001
C. ambiguus, 2001-2002	117,0000	183,0000	39,00000	-1,90526	0,056748	-1,90941	0,056210	12	12	0,059657
D. halensis, 2001-2002	149,0000	151,0000	71,00000	-0,057735	0,953960	-0,057861	0,953859	12	12	0,977402
H. distinguendus, 2001-2002	78,00000	222,0000	0,00	-4,15692	0,000032	-4,16145	0,000032	12	12	0,000001
P. rufipes, 2001-2002	151,5000	148,5000	70,50000	0,086603	0,930988	0,086659	0,930943	12	12	0,932301
P. sericeus, 2001-2002	123,0000	177,0000	45,00000	-1,55885	0,119034	-1,57888	0,114365	12	12	0,127688
T. quadristriatus, 2001-2002	150,0000	150,0000	72,00000	0,00	1,000000	0,00	1,000000	12	12	1,022598

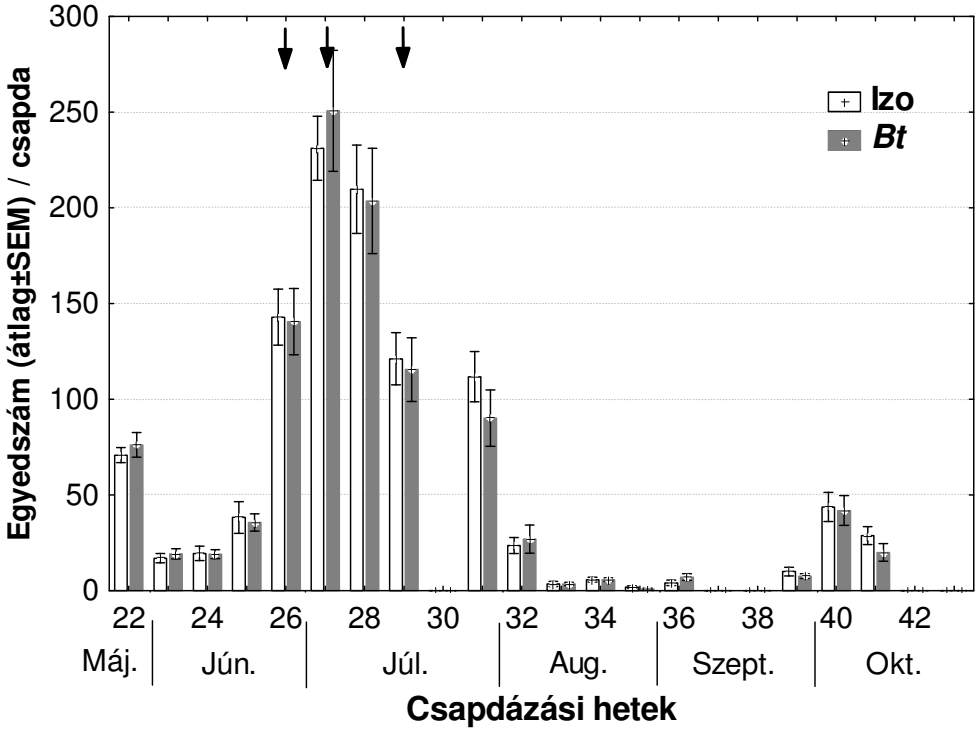
Bt - Bt	Rank Sum 2002	Rank Sum 2003	U	Z	p-level	Z	p-level	Valid N	Valid N	2*1sided
Futóbogár imágók, 2002-2003	189,0000	111,0000	33,00000	2,251666	0,024344	2,251666	0,024344	12	12	0,024184
C. ambiguus, 2002-2003	178,5000	121,5000	43,50000	1,645448	0,099878	1,647958	0,099362	12	12	0,100530
D. halensis, 2002-2003	181,5000	118,5000	40,50000	1,818653	0,068965	1,826212	0,067819	12	12	0,068361
H. distinguendus, 2002-2003	182,0000	118,0000	40,00000	1,847521	0,064673	1,847521	0,064673	12	12	0,068361
P. rufipes, 2002-2003	195,0000	105,0000	27,00000	2,598076	0,009375	2,598641	0,009360	12	12	0,008293
P. sericeus, 2002-2003	85,00000	215,0000	7,000000	-3,75278	0,000175	-3,75850	0,000171	12	12	0,000033
T. quadristriatus, 2002-2003	220,0000	80,00000	2,000000	4,041452	0,000053	4,210521	0,000025	12	12	0,000003



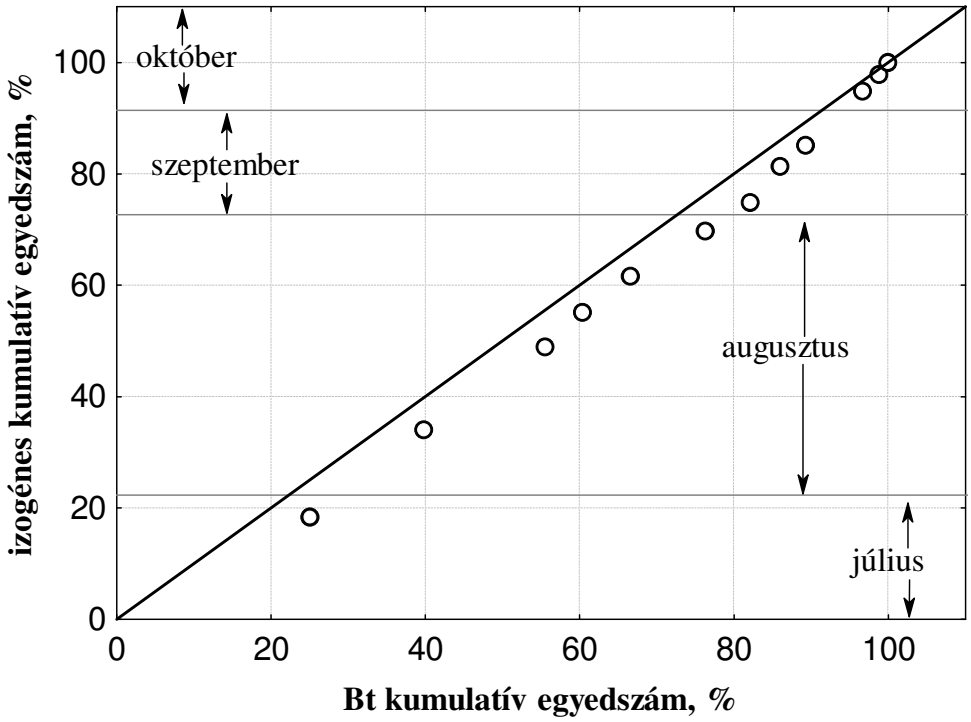
2. ábra: A futóbogár-együttesek imágóinak talajfelszíni aktivitása a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2001)



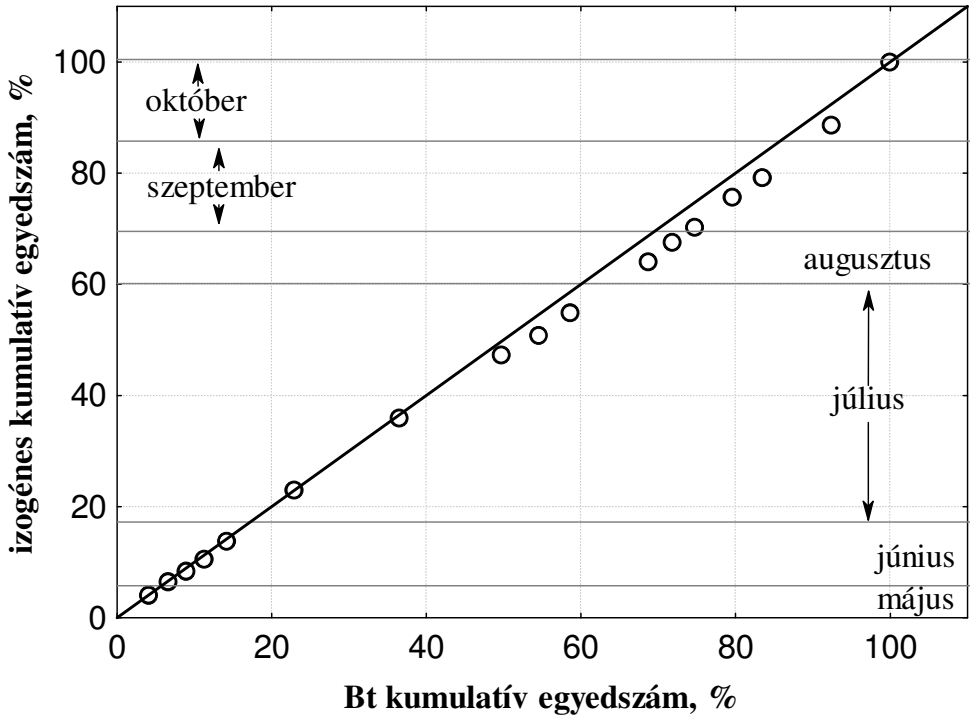
3. ábra: A futóbogár-együttesek imágóinak talajfelszíni aktivitása a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2002)



4. ábra: A futóbogár-együttesek imágóinak talajfelszíni aktivitása a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2003)



5. ábra: A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott futóbogár-együttesek imágóinak talajfelszíni aktivitásának összehasonlítása (Sóskút, 2001)



6. ábra: A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott futóbogár-együttesek imágóinak talajfelszíni aktivitásának összehasonlítása (Sóskút, 2002)

7. táblázat: A csapdázott futóbogár imágók egyedszámának időpontonkénti összehasonlításának eredménye (GLM Repeated measures ANOVA, LSD teszt, Sóskút, 2001). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

GLM ANOVA	***SS***	***d.f.***	***MS***	***F***	***p***
Intercept	54725,35	1	54725,35	458,7428	0,000000
Error	1312,24	11	119,29		
Kezlés	88,89	1	88,89	0,7618	0,401420
Error	1283,53	11	116,68		
Időpont	24048,40	11	2186,22	41,9559	0,000000
Error	6305,01	121	52,11		
Kezelés*Időpont	1464,19	11	133,11	2,3080	0,013236
Error	6978,39	121	57,67		

7. táblázat: folytatás

Fisher LSD teszt	Kezelés	Időpont	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}
1	1	1		0,172969	0,066083	0,000000	0,000000	0,000001	0,000000	0,000000	0,000000	0,000031	0,000000	0,000000
2	1	2	0,172969		0,629390	0,000005	0,000015	0,000286	0,000001	0,000012	0,000000	0,003740	0,000000	0,000001
3	1	3	0,066083	0,629390		0,000039	0,000097	0,001483	0,000005	0,000079	0,000000	0,014793	0,000000	0,000006
4	1	4	0,000000	0,000005	0,000039		0,809260	0,309106	0,629390	0,851073	0,218696	0,074213	0,141917	0,648534
5	1	5	0,000000	0,000015	0,000097	0,809260		0,437216	0,469408	0,957217	0,141917	0,121615	0,087945	0,485988
6	1	6	0,000001	0,000286	0,001483	0,309106	0,437216		0,134876	0,406350	0,025750	0,437216	0,013768	0,141917
7	1	7	0,000000	0,000001	0,000005	0,629390	0,469408	0,134876		0,502884	0,453149	0,024073	0,321957	0,978601
8	1	8	0,000000	0,000012	0,000079	0,851073	0,957217	0,406350	0,502884		0,156854	0,109409	0,098204	0,520090
9	1	9	0,000000	0,000000	0,000000	0,218696	0,141917	0,025750	0,453149	0,156854		0,002924	0,809260	0,437216
10	1	10	0,000031	0,003740	0,014793	0,074213	0,121615	0,437216	0,024073	0,109409	0,002924		0,001360	0,025750
11	1	11	0,000000	0,000000	0,000000	0,141917	0,087945	0,013768	0,321957	0,098204	0,809260	0,001360		0,309106
12	1	12	0,000000	0,000001	0,000006	0,648534	0,485988	0,141917	0,978601	0,520090	0,437216	0,025750	0,309106	
13	2	1	0,000015	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
14	2	2	0,261170	0,809260	0,469408	0,000002	0,000005	0,000119	0,000000	0,000004	0,000000	0,001763	0,000000	0,000000
15	2	3	0,537598	0,453149	0,218696	0,000000	0,000001	0,000016	0,000000	0,000000	0,000000	0,000315	0,000000	0,000000
16	2	4	0,000000	0,000001	0,000008	0,687526	0,520090	0,156854	0,935864	0,555400	0,406350	0,029412	0,284446	0,957217
17	2	5	0,000000	0,000023	0,000145	0,727378	0,914558	0,502884	0,406350	0,872148	0,115384	0,149241	0,070050	0,421615
18	2	6	0,000160	0,012808	0,043246	0,027528	0,048954	0,228811	0,007602	0,043246	0,000728	0,667917	0,000315	0,008204
19	2	7	0,000000	0,000011	0,000072	0,872148	0,935864	0,391423	0,520090	0,978601	0,164762	0,103685	0,103685	0,537598
20	2	8	0,000000	0,000000	0,000001	0,348704	0,239260	0,052041	0,648534	0,261170	0,767992	0,007041	0,591857	0,629390
21	2	9	0,000000	0,000000	0,000000	0,208909	0,134876	0,024073	0,437216	0,149241	0,978601	0,002691	0,830106	0,421615
22	2	10	0,000001	0,000236	0,001246	0,335156	0,469408	0,957217	0,149241	0,437216	0,029412	0,406350	0,015885	0,156854
23	2	11	0,000000	0,000000	0,000000	0,066083	0,038117	0,004760	0,172969	0,043246	0,537598	0,000381	0,707351	0,164762
24	2	12	0,000000	0,000000	0,000000	0,181483	0,115384	0,019604	0,391423	0,128111	0,914558	0,002091	0,893314	0,376839

7. táblázat: folytatás

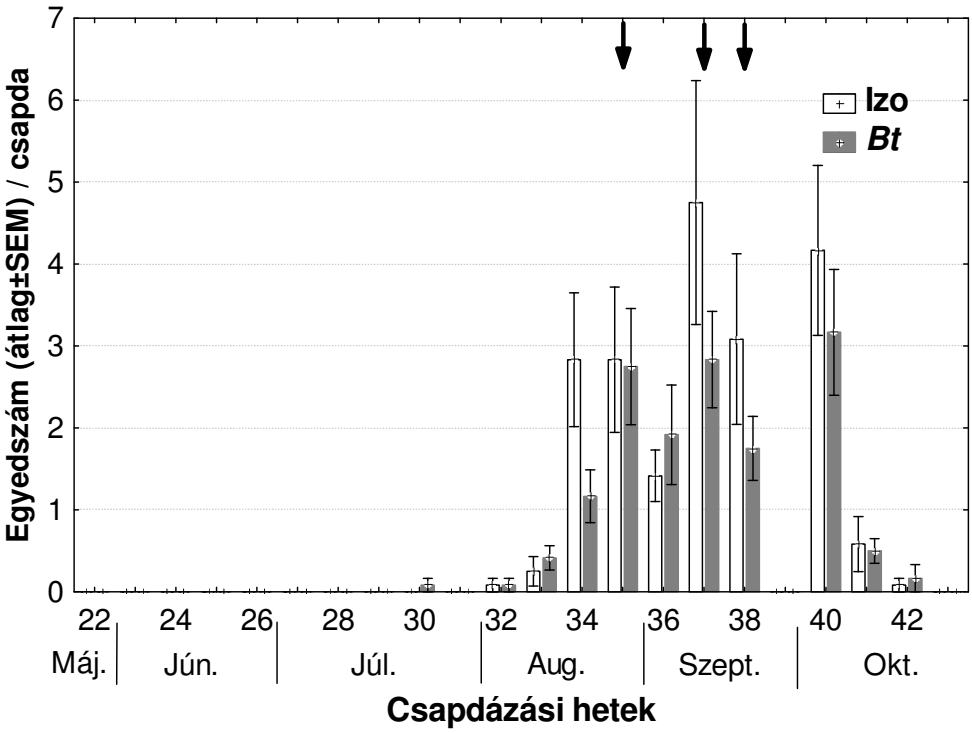
Fisher LSD teszt	Kezelés	Időpont	{13}	{14}	{15}	{16}	{17}	{18}	{19}	{20}	{21}	{22}	{23}	{24}
1	1	1	0,000015	0,261170	0,537598	0,000000	0,000000	0,000160	0,000000	0,000000	0,000000	0,000001	0,000000	0,000000
2	1	2	0,000000	0,809260	0,453149	0,000001	0,000023	0,012808	0,000011	0,000000	0,000000	0,000236	0,000000	0,000000
3	1	3	0,000000	0,469408	0,218696	0,000008	0,000145	0,043246	0,000072	0,000001	0,000000	0,001246	0,000000	0,000000
4	1	4	0,000000	0,000002	0,000000	0,687526	0,727378	0,027528	0,872148	0,348704	0,208909	0,335156	0,066083	0,181483
5	1	5	0,000000	0,000005	0,000001	0,520090	0,914558	0,048954	0,935864	0,239260	0,134876	0,469408	0,038117	0,115384
6	1	6	0,000000	0,000119	0,000016	0,156854	0,502884	0,228811	0,391423	0,052041	0,024073	0,957217	0,004760	0,019604
7	1	7	0,000000	0,000000	0,000000	0,935864	0,406350	0,007602	0,520090	0,648534	0,437216	0,149241	0,172969	0,391423
8	1	8	0,000000	0,000004	0,000000	0,555400	0,872148	0,043246	0,978601	0,261170	0,149241	0,437216	0,043246	0,128111
9	1	9	0,000000	0,000000	0,000000	0,406350	0,115384	0,000728	0,164762	0,767992	0,978601	0,029412	0,537598	0,914558
10	1	10	0,000000	0,001763	0,000315	0,029412	0,149241	0,667917	0,103685	0,007041	0,002691	0,406350	0,000381	0,002091
11	1	11	0,000000	0,000000	0,000000	0,284446	0,070050	0,000315	0,103685	0,591857	0,830106	0,015885	0,707351	0,893314
12	1	12	0,000000	0,000000	0,000000	0,957217	0,421615	0,008204	0,537598	0,629390	0,421615	0,156854	0,164762	0,376839
13	2	1		0,000000	0,000001	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
14	2	2	0,000000		0,610494	0,000000	0,000009	0,006518	0,000004	0,000000	0,000000	0,000097	0,000000	0,000000
15	2	3	0,000001	0,610494		0,000000	0,000001	0,001360	0,000000	0,000000	0,000000	0,000013	0,000000	0,000000
16	2	4	0,000000	0,000000	0,000000		0,453149	0,009538	0,573490	0,591857	0,391423	0,172969	0,149241	0,348704
17	2	5	0,000000	0,000009	0,000001	0,453149		0,062305	0,851073	0,199448	0,109409	0,537598	0,029412	0,092959
18	2	6	0,000000	0,006518	0,001360	0,009538	0,062305		0,040612	0,001921	0,000665	0,208909	0,000079	0,000504
19	2	7	0,000000	0,000004	0,000000	0,573490	0,851073	0,040612		0,272636	0,156854	0,421615	0,046025	0,134876
20	2	8	0,000000	0,000000	0,000000	0,591857	0,199448	0,001921	0,272636		0,747596	0,058709	0,362598	0,687526
21	2	9	0,000000	0,000000	0,000000	0,391423	0,109409	0,000665	0,156854	0,747596		0,027528	0,555400	0,935864
22	2	10	0,000000	0,000097	0,000013	0,172969	0,537598	0,208909	0,421615	0,058709	0,027528		0,005576	0,022493
23	2	11	0,000000	0,000000	0,000000	0,149241	0,029412	0,000079	0,046025	0,362598	0,555400	0,005576		0,610494
24	2	12	0,000000	0,000000	0,000000	0,348704	0,092959	0,000504	0,134876	0,687526	0,935864	0,022493	0,610494	

8. táblázat: A csapdázott futóbogár imágók egyedszámának időpontonkénti összehasonlításának eredménye (GLM Repeated measures ANOVA, Sóskút, 2002). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

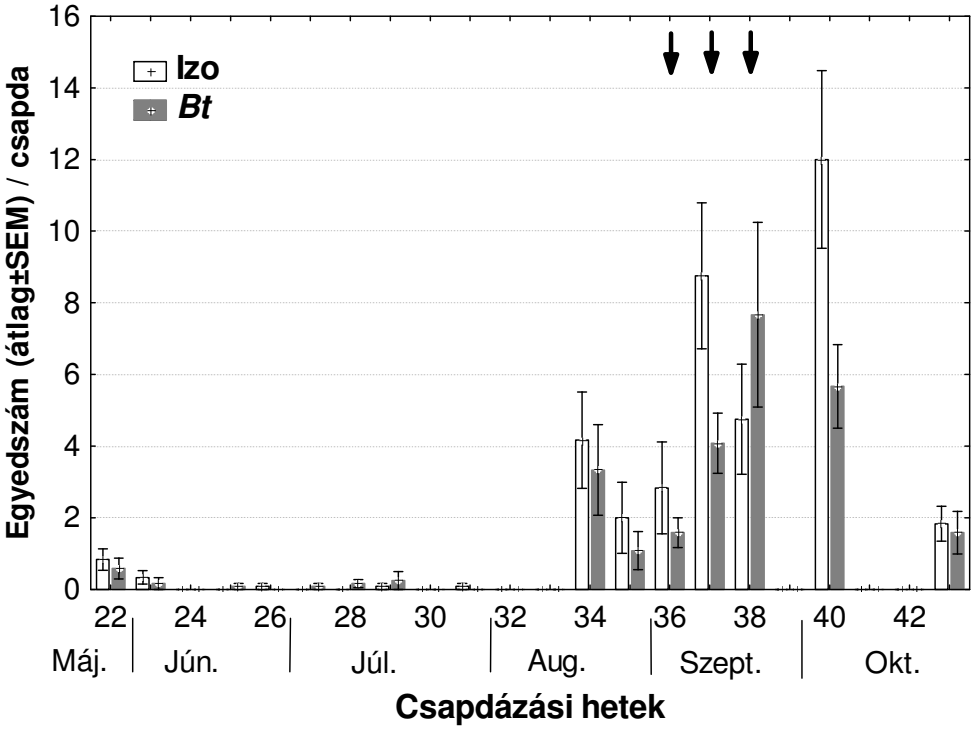
GLM ANOVA	*SS*	*d.f.*	*MS*	*F*	*p*
Intercept	513969,0	1	513969,0	773,7997	0,000000
Error	7306,4	11	664,2		
Kezelés	169,5	1	169,5	0,0943	0,764501
Error	19773,3	11	1797,6		
Időpont	193799,9	16	12112,5	25,6994	0,000000
Error	82951,2	176	471,3		
Kezelés*Időpont	4866,3	16	304,1	0,6373	0,850457
Error	83999,4	176	477,3		

9. táblázat: A csapdázott futóbogár imágók egyedszámának időpontonkénti összehasonlításának eredménye (GLM Repeated measures ANOVA, Sóskút, 2003). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

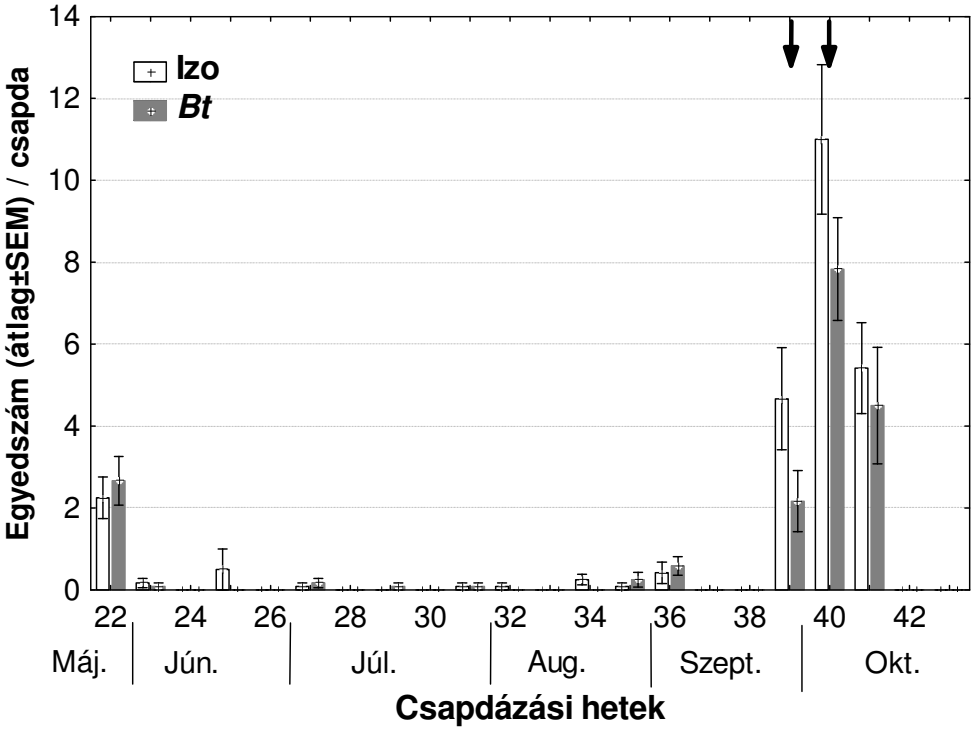
GLM ANOVA	*SS*	*d.f.*	*MS*	*F*	*p*
Intercept	1494713	1	1494713	770,4719	0,000000
Error	21340	11	1940		
Kezelés	183	1	183	0,0742	0,790303
Error	27064	11	2460		
Időpont	2130941	16	133184	89,5281	0,000000
Error	261821	176	1488		
Kezelés*Időpont	6121	16	383	0,2546	0,998546
Error	264497	176	1503		



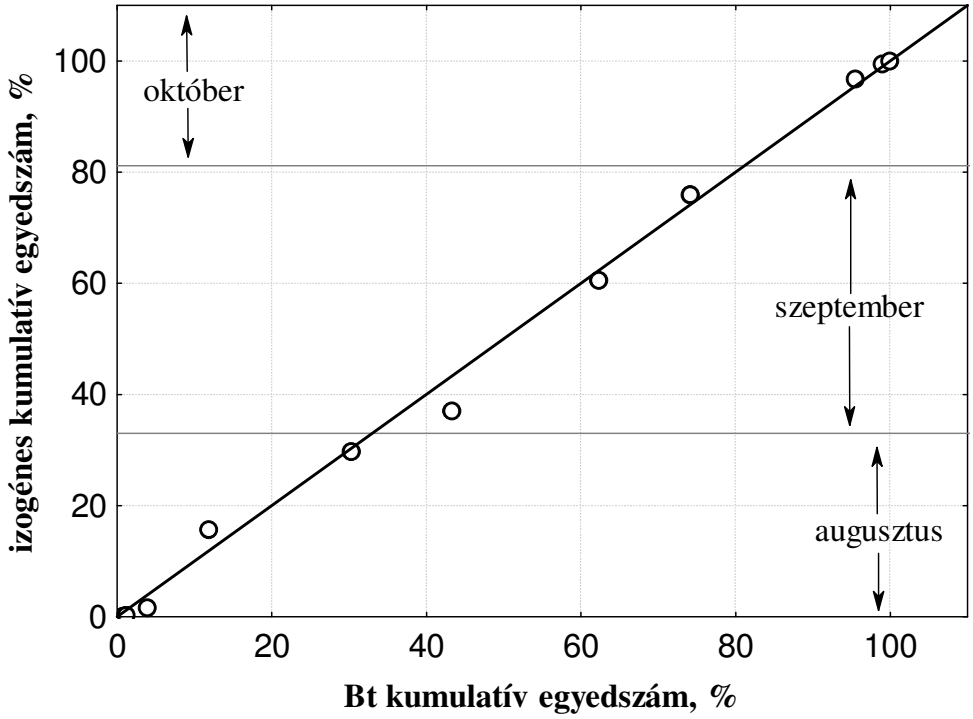
7. ábra: A *Calathus ambiguus* (Paykull) imágóinak talajfelszíni aktivitása a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2001)



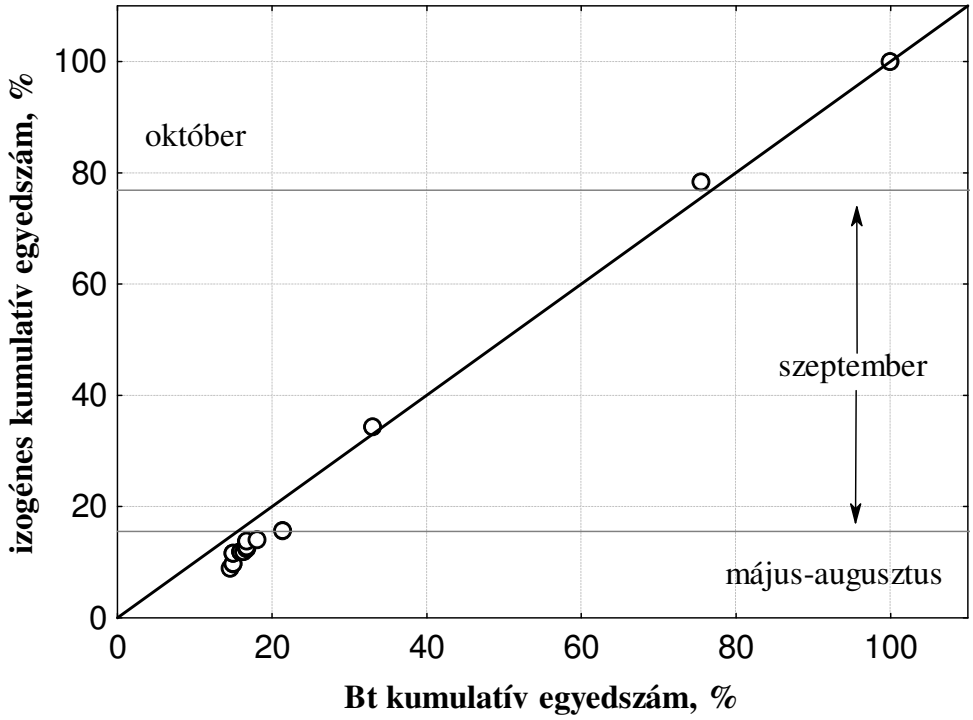
8. ábra: A *Calathus ambiguus* (Paykull) imágóinak talajfelszíni aktivitása a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2002)



9. ábra: A *Calathus ambiguus* imágóinak talajfelszíni aktivitása a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2003)



10. ábra: A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott *Calathus ambiguus* (Paykull) imágók talajfelszíni aktivitásának összehasonlítása (Sóskút, 2001)



11. ábra: A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott *Calathus ambiguus* (Paykull) imágók talajfelszíni aktivitásának összehasonlítása (Sóskút, 2003)

10. táblázat: A csapdázott *Calathus ambiguus* (Paykull) imágók egyedszámának időpontonkénti összehasonlításának eredménye (GLM Repeated measures ANOVA, Sóskút, 2001). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

GLM ANOVA	*SS*	*d.f.*	*MS*	*F*	*p*
Intercept	976,3393	1	976,3393	73,62284	0,000003
Error	145,8750	11	13,2614		
Kezelés	26,7202	1	26,7202	1,62972	0,228034
Error	180,3512	11	16,3956		
Időpont	188,2857	6	31,3810	7,31853	0,000005
Error	283,0000	66	4,2879		
Kezelés*Időpont	30,2381	6	5,0397	0,71966	0,635152
Error	462,1905	66	7,0029		

11. táblázat: A csapdázott *Calathus ambiguus* (Paykull) imágók egyedszámának időpontonkénti összehasonlításának eredménye (GLM Repeated measures ANOVA, Sóskút, 2002).A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

GLM ANOVA	*SS*	*d.f.*	*MS*	*F*	*p*
Intercept	2953,172	1	2953,172	89,95081	0,000001
Error	361,141	11	32,831		
Kezelés	100,630	1	100,630	1,43351	0,256357
Error	772,182	11	70,198		
Időpont	1426,370	7	203,767	12,59419	0,000000
Error	1245,818	77	16,179		
Kezelés*Időpont	341,078	7	48,725	2,68256	0,015365
Error	1398,609	77	18,164		

11. táblázat: folytatás

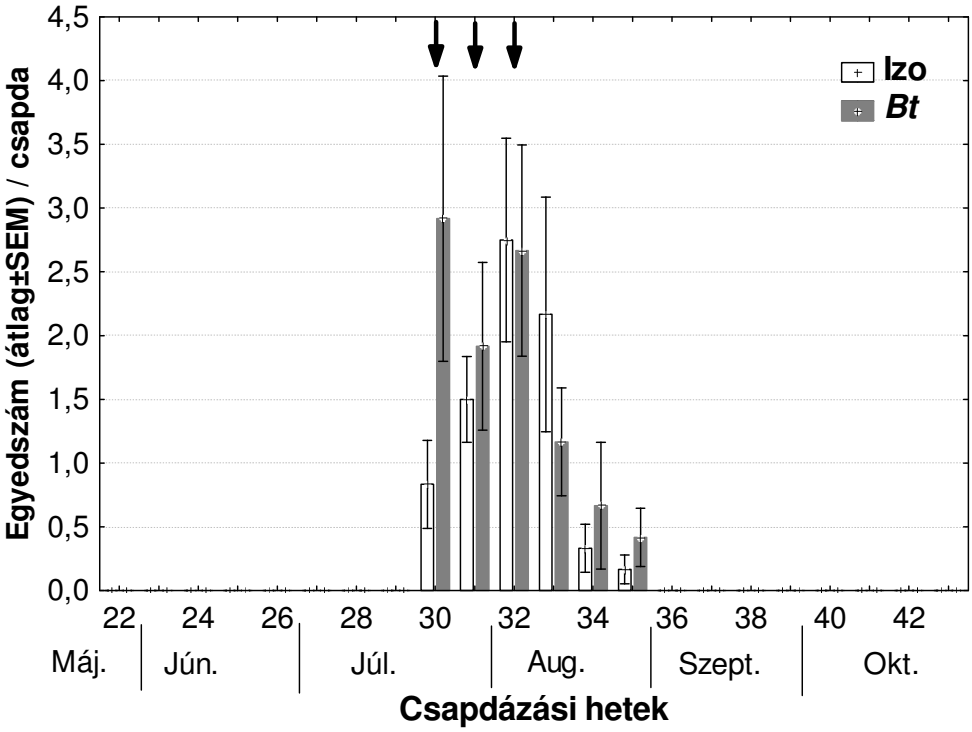
Fisher LSD Teszt	Kezelés	Időpont	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
1	1	1		0,059102	0,504525	0,253915	0,000020	0,027233	0,000000	0,567141
2	1	2	0,059102		0,216807	0,445828	0,010190	0,738336	0,000024	0,183842
3	1	3	0,504525	0,216807		0,633330	0,000219	0,118083	0,000000	0,923936
4	1	4	0,253915	0,445828	0,633330		0,001069	0,274072	0,000001	0,567141
5	1	5	0,000020	0,010190	0,000219	0,001069		0,024219	0,065579	0,000157
6	1	6	0,027233	0,738336	0,118083	0,274072	0,024219		0,000080	0,097729
7	1	7	0,000000	0,000024	0,000000	0,000001	0,065579	0,000080		0,000000
8	1	8	0,567141	0,183842	0,923936	0,567141	0,000157	0,097729	0,000000	
9	2	1	0,886124	0,042827	0,418031	0,199819	0,000011	0,019063	0,000000	0,474668
10	2	2	0,154810	0,633330	0,445828	0,774600	0,002598	0,418031	0,000004	0,391303
11	2	3	0,886124	0,080330	0,599815	0,317663	0,000034	0,038339	0,000000	0,667632
12	2	4	0,667632	0,141693	0,811373	0,474668	0,000095	0,072643	0,000000	0,886124
13	2	5	0,065579	0,961924	0,234832	0,474668	0,008948	0,702656	0,000020	0,199819
14	2	6	0,000186	0,047761	0,001676	0,006869	0,535363	0,097729	0,014908	0,001243
15	2	7	0,006869	0,391303	0,038339	0,107518	0,080330	0,599815	0,000491	0,030572
16	2	8	0,667632	0,141693	0,811373	0,474668	0,000095	0,072643	0,000000	0,886124

11. táblázat: folytatás

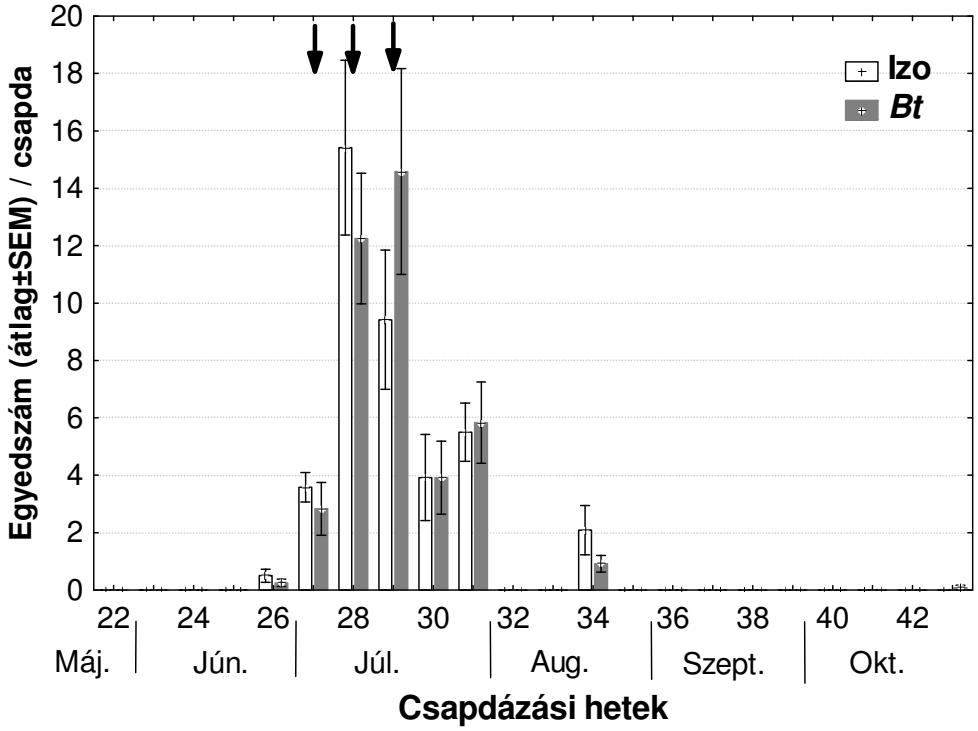
Fisher LSD Teszt	Kezelés	Időpont	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}	{16}
1	1	1	0,886124	0,154810	0,886124	0,667632	0,065579	0,000186	0,006869	0,667632
2	1	2	0,042827	0,633330	0,080330	0,141693	0,961924	0,047761	0,391303	0,141693
3	1	3	0,418031	0,445828	0,599815	0,811373	0,234832	0,001676	0,038339	0,811373
4	1	4	0,199819	0,774600	0,317663	0,474668	0,474668	0,006869	0,107518	0,474668
5	1	5	0,000011	0,002598	0,000034	0,000095	0,008948	0,535363	0,080330	0,000095
6	1	6	0,019063	0,418031	0,038339	0,072643	0,702656	0,097729	0,599815	0,072643
7	1	7	0,000000	0,000004	0,000000	0,000000	0,000020	0,014908	0,000491	0,000000
8	1	8	0,474668	0,391303	0,667632	0,886124	0,199819	0,001243	0,030572	0,886124
9	2	1		0,118083	0,774600	0,567141	0,047761	0,000112	0,004568	0,567141
10	2	2	0,118083		0,199819	0,317663	0,667632	0,014908	0,183842	0,317663
11	2	3	0,774600	0,199819		0,774600	0,088680	0,000304	0,010190	0,774600
12	2	4	0,567141	0,317663	0,774600		0,154810	0,000786	0,021504	1,000000
13	2	5	0,047761	0,667632	0,088680	0,154810		0,042827	0,365658	0,154810
14	2	6	0,000112	0,014908	0,000304	0,000786	0,042827		0,253915	0,000786
15	2	7	0,004568	0,183842	0,010190	0,021504	0,365658	0,253915		0,021504
16	2	8	0,567141	0,317663	0,774600	1,000000	0,154810	0,000786	0,021504	

12. táblázat: A csapdázott *Calathus ambiguus* (Paykull) imágók egyedszámának időpontonkénti összehasonlításának eredménye (GLM Repeated measures ANOVA, Sóskút, 2003). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

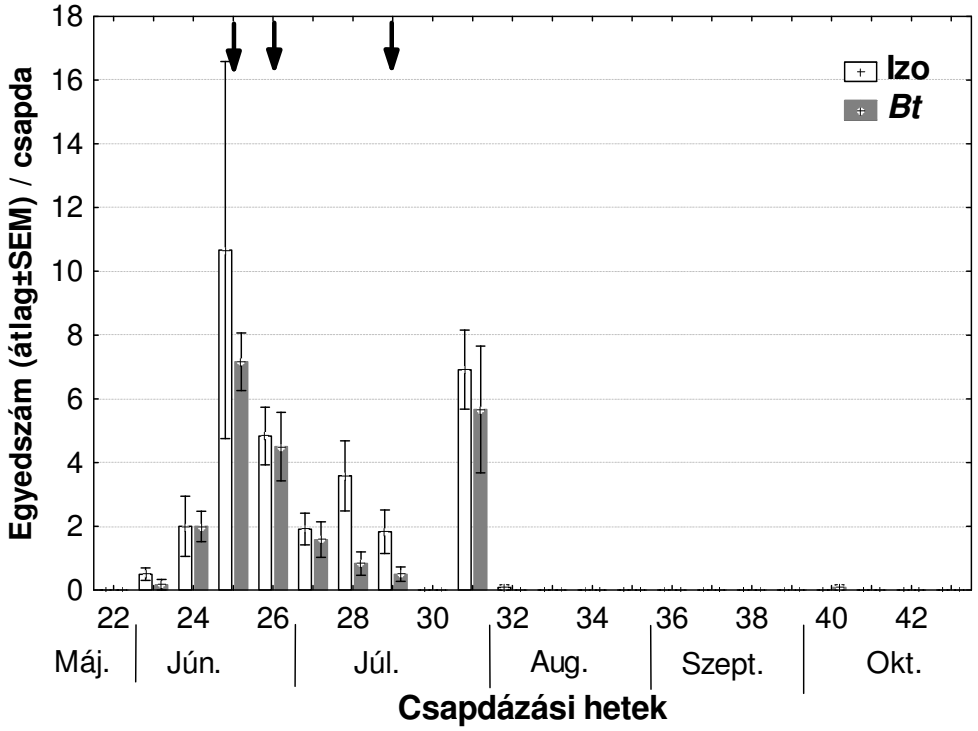
GLM ANOVA	*SS*	*d.f.*	*MS*	*F*	*p*
Intercept	2066,700	1	2066,700	101,1736	0,000001
Error	224,700	11	20,427		
Kezelés	43,200	1	43,200	3,3231	0,095581
Error	143,000	11	13,000		
Időpont	1082,717	4	270,679	28,7066	0,000000
Error	414,883	44	9,429		
Kezelés*Idpont	60,717	4	15,179	0,9997	0,417937
Error	668,083	44	15,184		



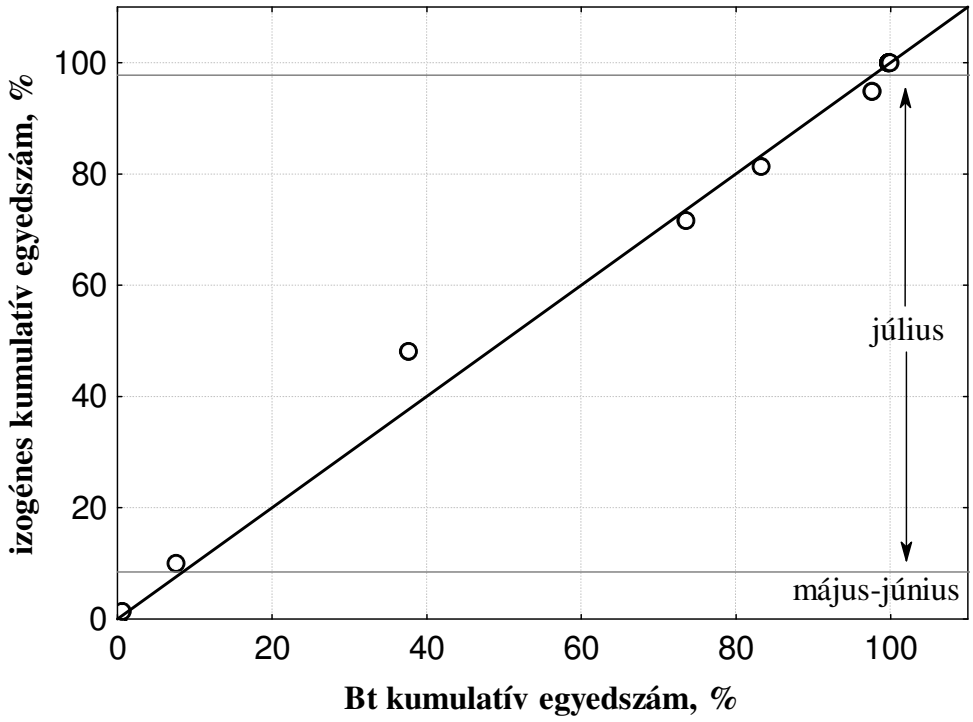
12. ábra: A *Dolichus halensis* (Schaller) imágóinak talajfelszíni aktivitása a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2001)



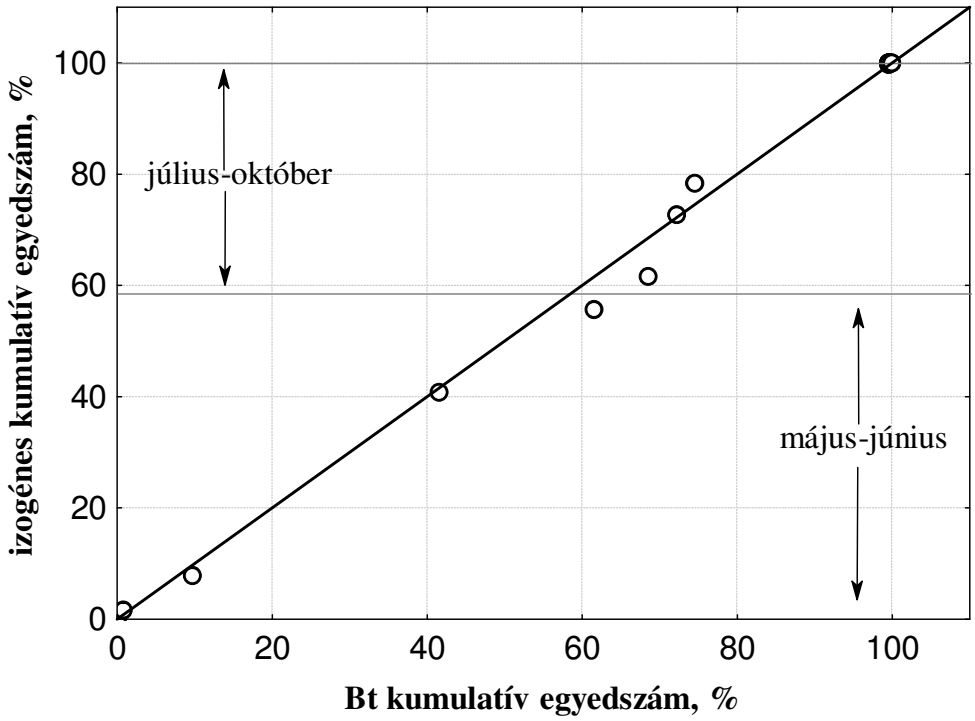
13. ábra: A *Dolichus halensis* (Schaller) imágóinak talajfelszíni aktivitása a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2002)



14. ábra: A *Dolichus halensis* (Schaller)imágóinak talajfelszíni aktivitása a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2003)



15. ábra: A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott *Dolichus halensis* (Schaller) imágók talajfelszíni aktivitásának összehasonlítása (Sóskút, 2002)



16. ábra: A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott *Dolichus halensis* (Schaller) imágók talajfelszíni aktivitásának összehasonlítása (Sóskút, 2003)

13. táblázat: A csapdázott *Dolichus. halensis* (Schaller) imágók egyedszámának időpontonkénti összehasonlításának eredménye (GLM Repeated measures ANOVA, Sóskút, 2001). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

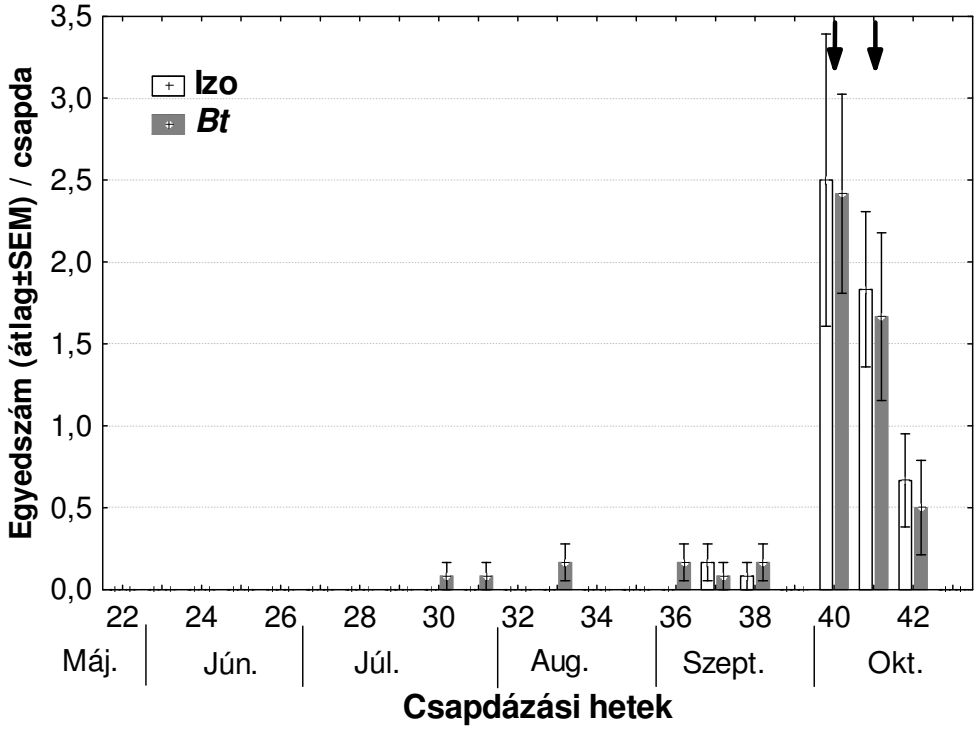
GLM ANOVA	*SS*	*d.f.*	*MS*	*F*	*p*
Intercept	343,4083	1	343,4083	50,57447	0,000020
Error	74,6917	11	6,7902		
Kezelés	3,6750	1	3,6750	0,28870	0,601756
Error	140,0250	11	12,7295		
Időpont	59,7167	4	14,9292	3,67624	0,011448
Error	178,6833	44	4,0610		
Kezelés*Időpont	30,1167	4	7,5292	1,60285	0,190492
Error	206,6833	44	4,6973		

14. táblázat: A csapdázott *Dolichus halensis* (Schaller) imágók egyedszámának időpontonkénti összehasonlításának eredménye (GLM Repeated measures ANOVA, Sóskút, 2002). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

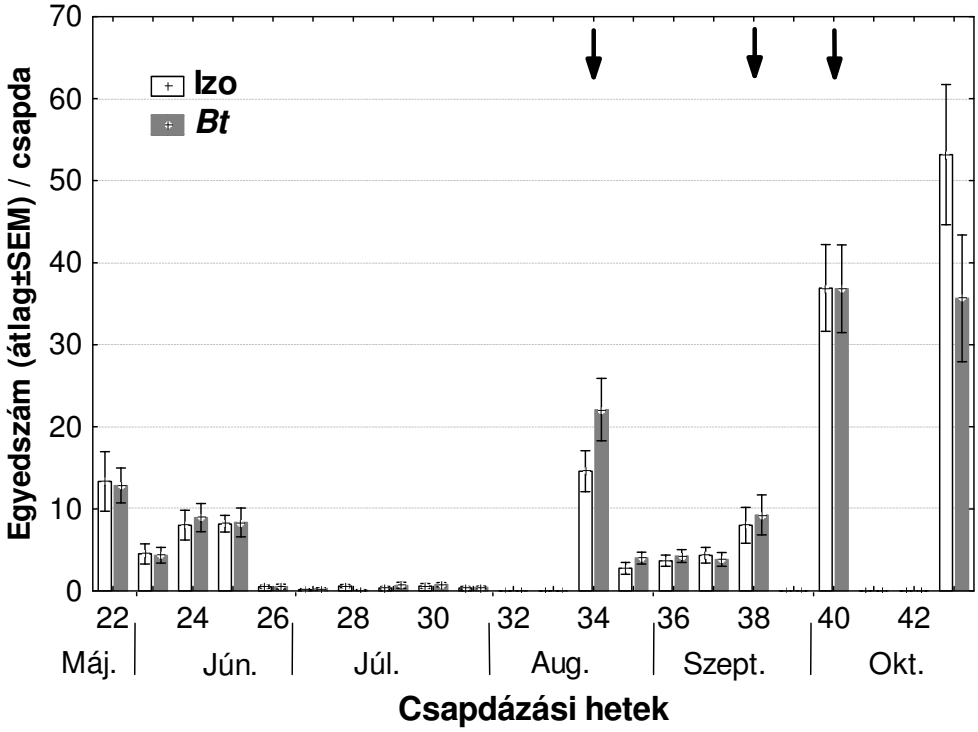
GLM ANOVA	*SS*	*d.f.*	*MS*	*F*	*p*
Intercept	6440,063	1	6440,063	89,59379	0,000001
Error	790,688	11	71,881		
Kezelés	0,174	1	0,174	0,00302	0,957156
Error	632,243	11	57,477		
Időpont	3048,479	5	609,696	14,55266	0,000000
Error	2304,271	55	41,896		
Kezelés*Időpont	232,368	5	46,474	1,40696	0,236196
Error	1816,715	55	33,031		

15. táblázat: A csapdázott *Dolichus halensis* (Schaller) imágók egyedszámának időpontonkénti összehasonlításának eredménye (GLM Repeated measures ANOVA, Sóskút, 2003). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

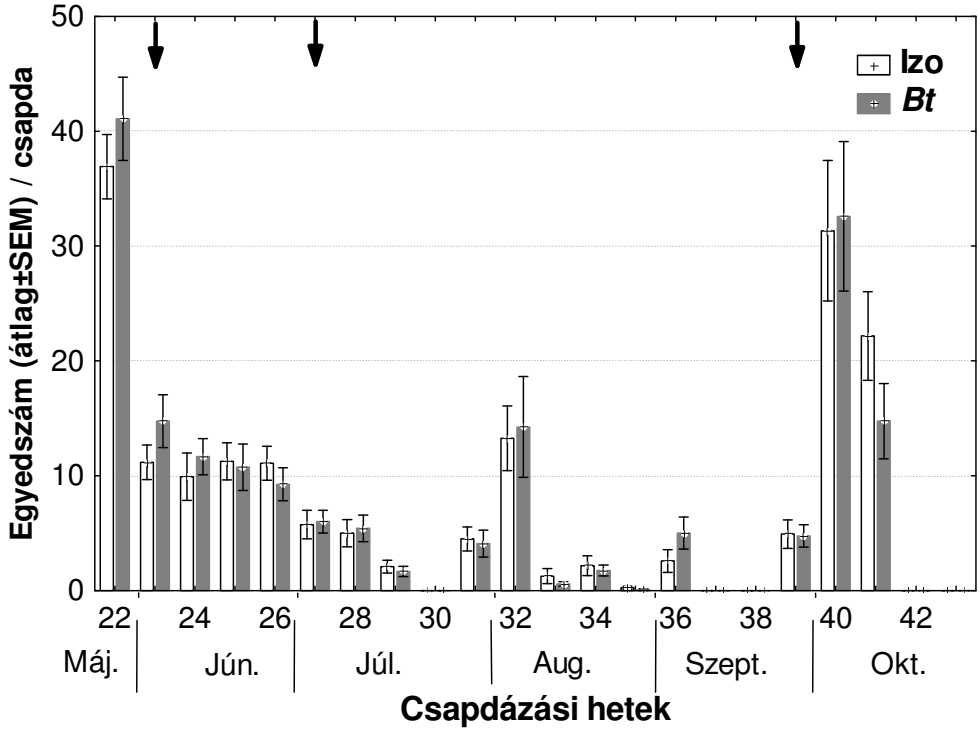
GLM ANOVA	*SS*	*d.f.*	*MS*	*F*	*p*
Intercept	2499,429	1	2499,429	57,39815	0,000011
Error	479,000	11	43,545		
Kezelés	77,357	1	77,357	2,26354	0,160611
Error	375,929	11	34,175		
Időpont	1200,655	6	200,109	5,81068	0,000066
Error	2272,917	66	34,438		
Kezelés*Időpont	62,893	6	10,482	0,22714	0,966503
Error	3045,821	66	46,149		



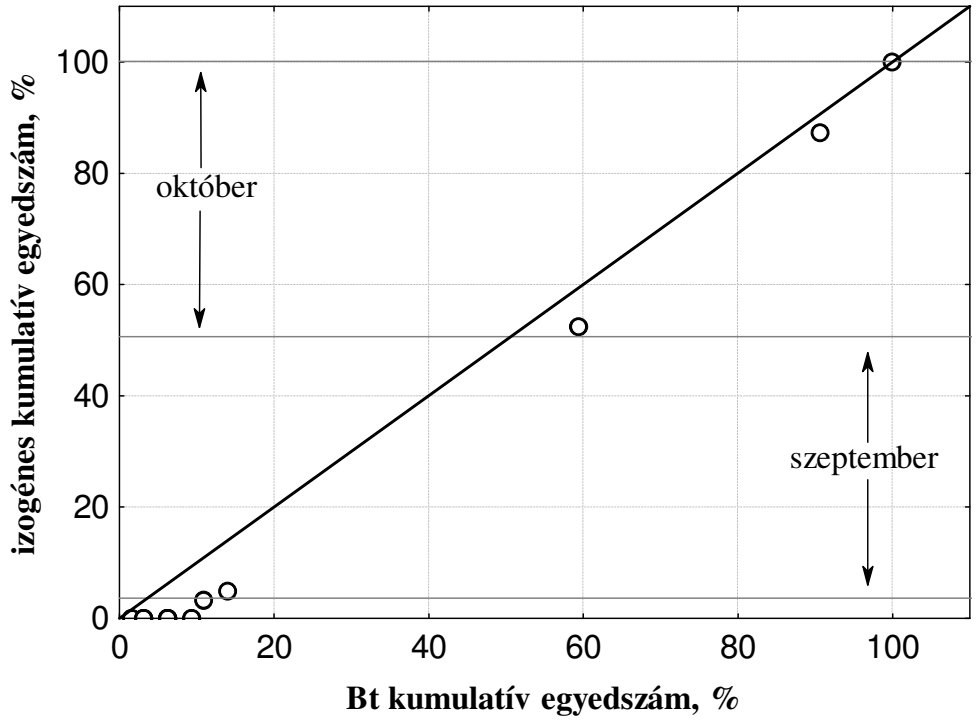
17. ábra: A *Harpalus distinguendus* (Duftschmid) imágóinak talajfelszíni aktivitása a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2001)



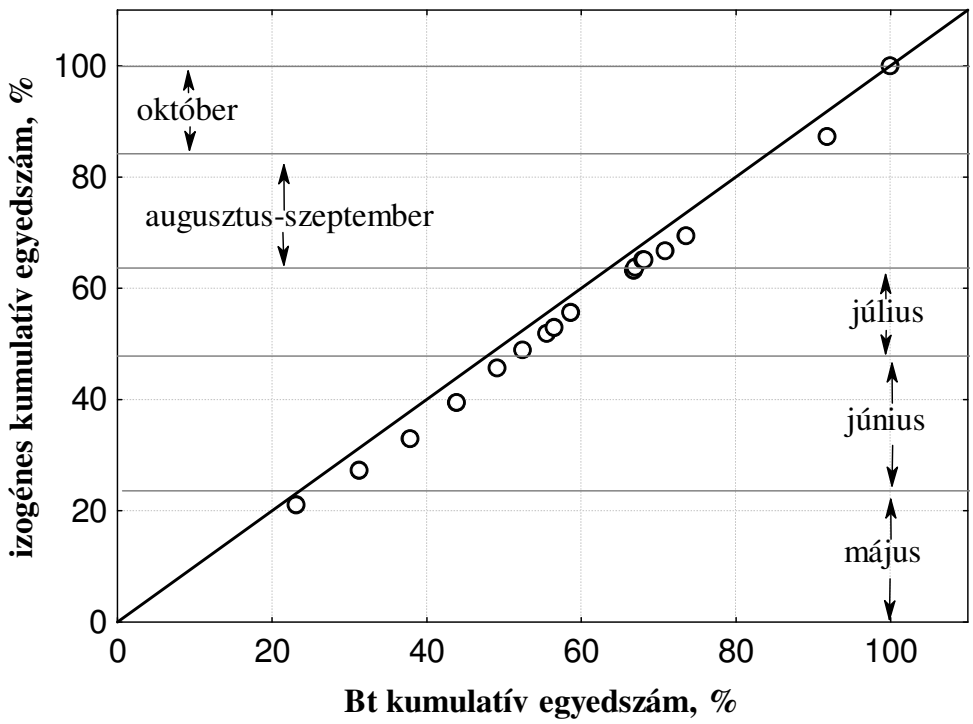
18. ábra: A *Harpalus distinguendus* imágóinak talajfelszíni aktivitása a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2002)



19. ábra: A *Harpalus distinguendus* (Duftschmid) imágóinak talajfelszíni aktivitása a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2003)



20. ábra: A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott *Harpalus distinguendus* (Duftschmid) imágók talajfelszíni aktivitásának összehasonlítása (Sóskút, 2002)



21. ábra: A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott *Harpalus distinguendus* (Duftschmid) imágók talajfelszíni aktivitásának összehasonlítása (Sóskút, 2003)

16. táblázat: A csapdázott *Harpalus distinguenduus* (Duftschmid) imágók egyedszámának időpontonkénti összehasonlításának eredménye (GLM Repeated measures ANOVA, Sóskút, 2001). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

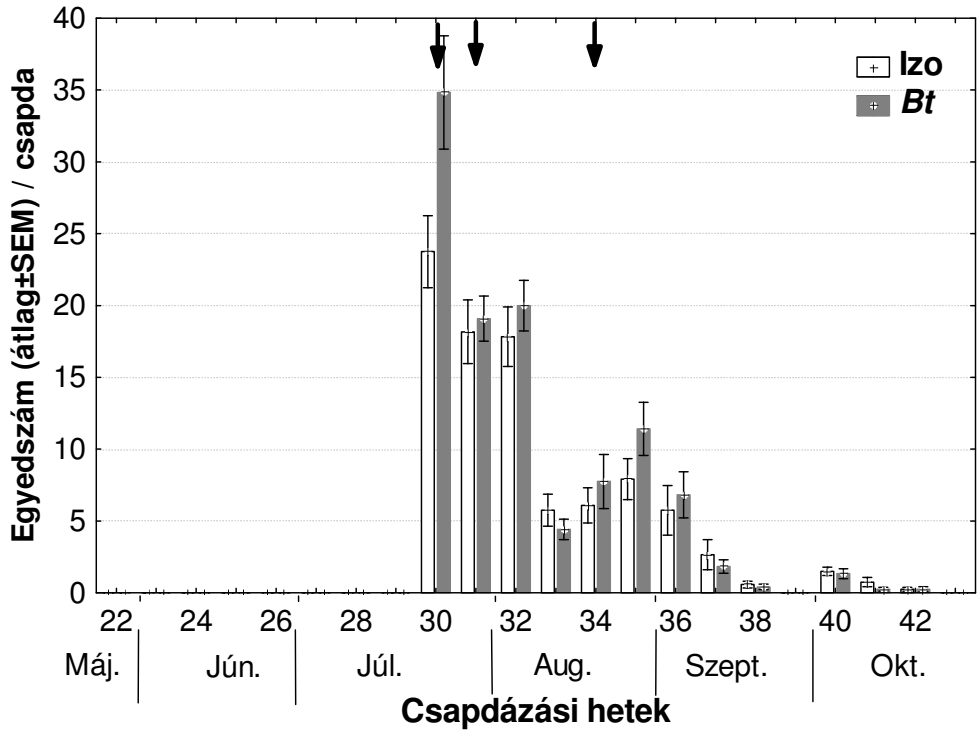
GLM ANOVA	*SS*	*d.f.*	*MS*	*F*	*p*
Intercept	183,6806	1	183,6806	64,17071	0,000006
Error	31,4861	11	2,8624		
Kezelés	0,3472	1	0,3472	0,10969	0,746718
Error	34,8194	11	3,1654		
Időpont	43,0278	2	21,5139	3,96717	0,033790
Error	119,3056	22	5,4230		
Kezelés*Időpont	0,0278	2	0,0139	0,00563	0,994391
Error	54,3056	22	2,4684		

17. táblázat: A csapdázott *Harpalus distinguenduus* (Duftschmid) imágók időpontonkénti egyedszámának összehasonlításának eredménye (GLM Repeated measures ANOVA, Sóskút, 2002). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

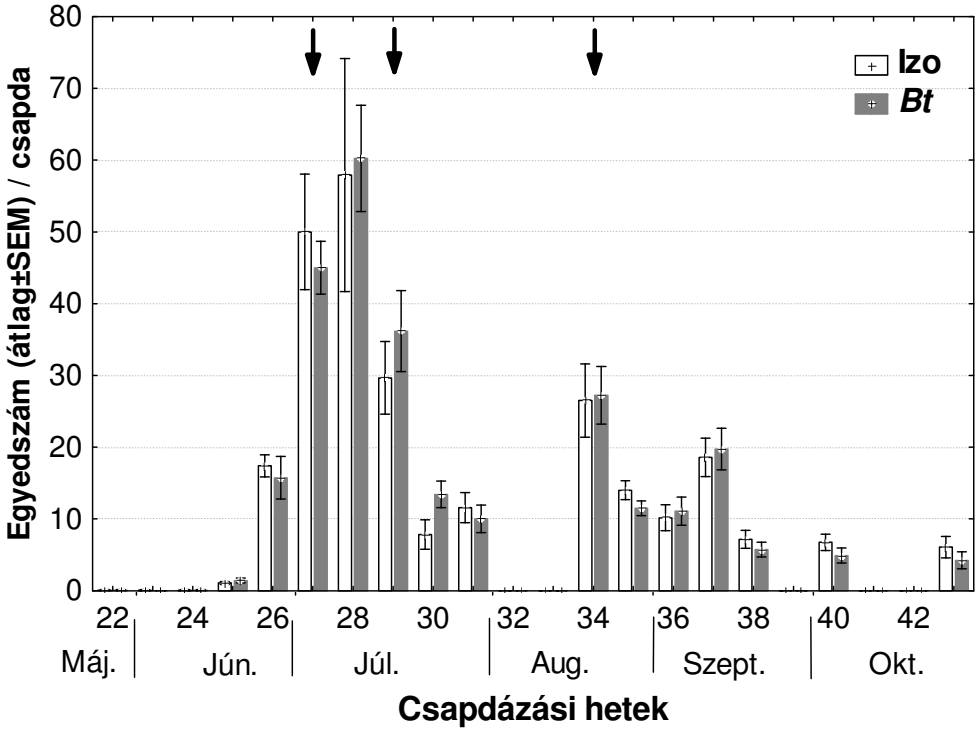
GLM ANOVA	*SS*	*d.f.*	*MS*	*F*	*p*
Intercept	38896,01	1	38896,01	266,5014	0,000000
Error	1605,46	11	145,95		
Kezelés	16,90	1	16,90	0,0465	0,833151
Error	3994,70	11	363,15		
Időpont	59941,07	14	4281,51	47,3895	0,000000
Error	13913,46	154	90,35		
Kezelés*Időpont	2188,18	14	156,30	1,6953	0,061647
Error	14198,22	154	92,20		

18. táblázat: A csapdázott *Harpalus distinguenduus* (Duftschmid) imágók egyedszámának időpontonkénti összehasonlításának eredménye (GLM Repeated measures ANOVA, Sóskút, 2003). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

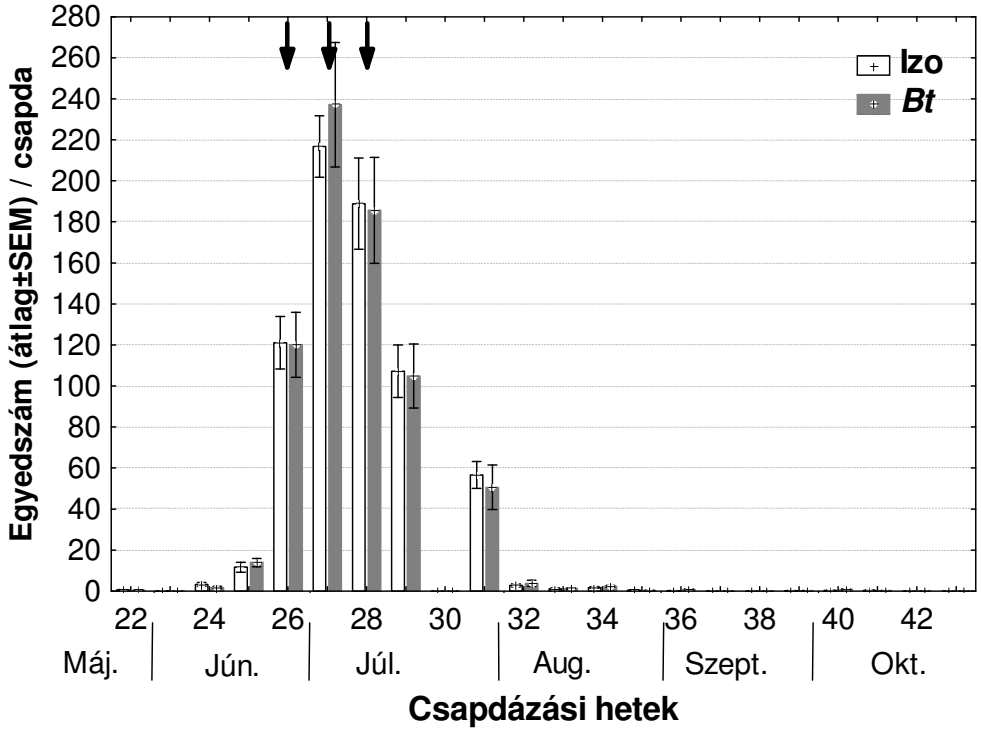
GLM ANOVA	*SS*	*d.f.*	*MS*	*F*	*p*
Intercept	46905,04	1	46905,04	387,4206	0,000000
Error	1331,77	11	121,07		
Kezelés	3,37	1	3,37	0,0206	0,888485
Error	1802,69	11	163,88		
Időpont	42059,04	15	2803,94	44,6610	0,000000
Error	10359,15	165	62,78		
Kezelés*Időpont	605,71	15	40,38	0,5532	0,906220
Error	12043,23	165	72,99		



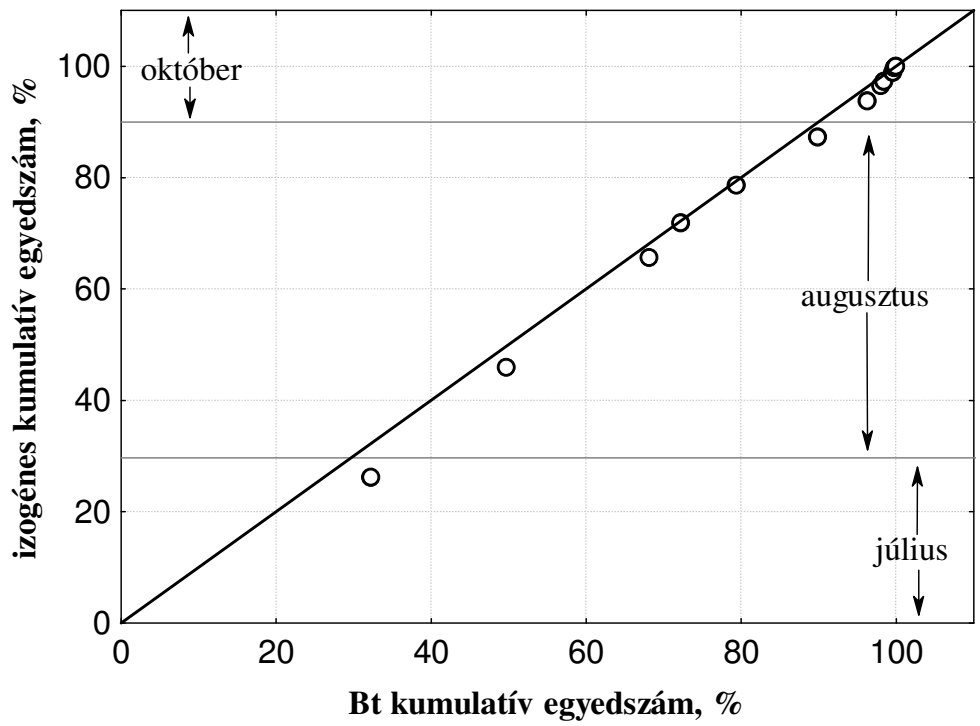
22. ábra: A *Pseudoophonus rufipes* (De Geer) imágóinak talajfelszíni aktivitása a Bt és az izogénes állományokban (Sóskút, 2001)



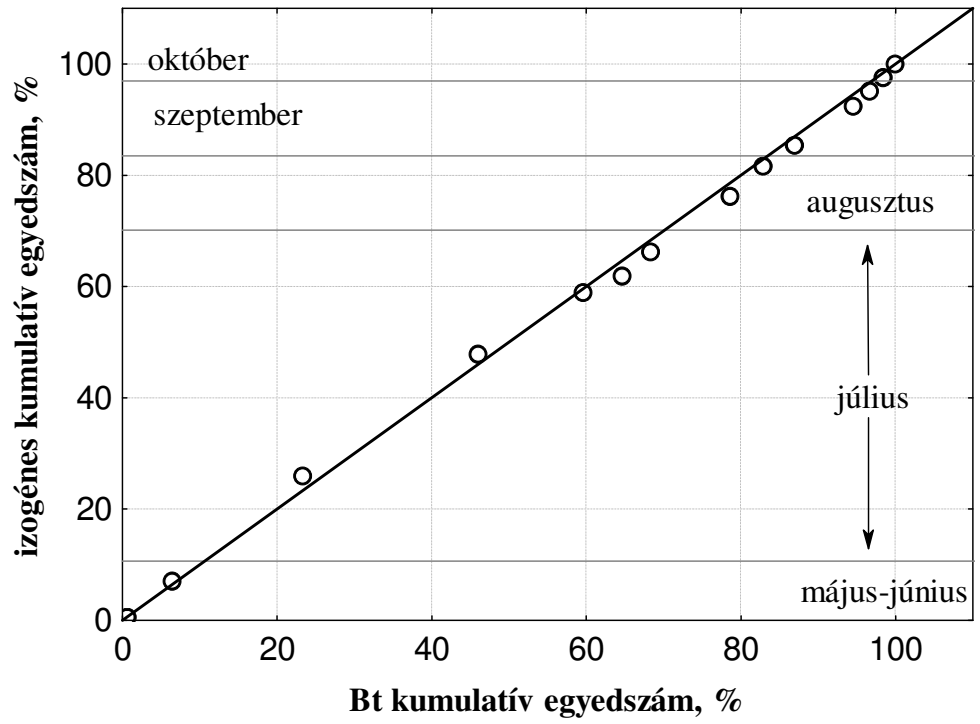
23. ábra: A *Pseudoophonus rufipes* (De Geer) imágóinak talajfelszíni aktivitása a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2002)



24. ábra: A *Pseudoophonus rufipes* imágóinak talajfelszíni aktivitása a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2003)



25. ábra: A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott *P. rufipes* imágók talajfelszíni aktivitásának összehasonlítása (Sóskút, 2001)



26. ábra: A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott *Pseudoophonus rufipes* (De Geer) imágók talajfelszíni aktivitásának összehasonlítása (Sóskút, 2002)

19. táblázat: A *Pseudoophonus rufipes* (De Geer) imágók egyedszámának időpontonkénti összehasonlításának eredménye (GLM Repeated measures ANOVA, Sóskút, 2001). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

GLM ANOVA	***SS***	***d.f.***	***MS***	***F***	***p***
Intercept	19883,50	1	19883,50	393,1160	0,000000
Error	556,37	11	50,58		
Kezelés	151,67	1	151,67	4,8588	0,049714
Error	343,37	11	31,22		
Időpont	22766,29	11	2069,66	73,6917	0,000000
Error	3398,34	121	28,09		
Kezelés*Időpont	732,45	11	66,59	2,5782	0,005652
Error	3125,00	121	25,83		

19. táblázat: folytatás

Fisher LSD Teszt	Kezelés	IdőpontT	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}
1	1	1		0,008129	0,005113	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	1	2	0,008129		0,872625	0,000000	0,000000	0,000003	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	1	3	0,005113	0,872625		0,000000	0,000000	0,000005	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4	1	4	0,000000	0,000000	0,000000		0,872625	0,298418	1,000000	0,139840	0,014120	0,042676	0,017459	0,009100
5	1	5	0,000000	0,000000	0,000000	0,872625		0,378633	0,872625	0,102190	0,009100	0,029047	0,011363	0,005752
6	1	6	0,000000	0,000003	0,000005	0,298418	0,378633		0,298418	0,012674	0,000579	0,002462	0,000761	0,000331
7	1	7	0,000000	0,000000	0,000000	1,000000	0,872625	0,298418		0,139840	0,014120	0,042676	0,017459	0,009100
8	1	8	0,000000	0,000000	0,000000	0,139840	0,102190	0,012674	0,139840		0,317307	0,574933	0,357416	0,246382
9	1	9	0,000000	0,000000	0,000000	0,014120	0,009100	0,000579	0,014120	0,317307		0,659401	0,936105	0,872625
10	1	10	0,000000	0,000000	0,000000	0,042676	0,029047	0,002462	0,042676	0,574933	0,659401		0,718359	0,547972
11	1	11	0,000000	0,000000	0,000000	0,017459	0,011363	0,000761	0,017459	0,357416	0,936105	0,718359		0,809965
12	1	12	0,000000	0,000000	0,000000	0,009100	0,005752	0,000331	0,009100	0,246382	0,872625	0,547972	0,809965	
13	2	1	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
14	2	2	0,026301	0,659401	0,547972	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
15	2	3	0,073171	0,378633	0,298418	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
16	2	4	0,000000	0,000000	0,000000	0,521660	0,423362	0,094183	0,521660	0,400618	0,067095	0,162340	0,079696	0,046837
17	2	5	0,000000	0,000002	0,000004	0,336973	0,423362	0,936105	0,336973	0,015711	0,000761	0,003156	0,000996	0,000439
18	2	6	0,000000	0,001478	0,002462	0,007252	0,011363	0,094183	0,007252	0,000048	0,000001	0,000005	0,000001	0,000000
19	2	7	0,000000	0,000000	0,000001	0,602512	0,718359	0,602512	0,602512	0,046837	0,003156	0,011363	0,004027	0,001912
20	2	8	0,000000	0,000000	0,000000	0,061446	0,042676	0,004027	0,061446	0,688641	0,547972	0,872625	0,602512	0,446854
21	2	9	0,000000	0,000000	0,000000	0,011363	0,007252	0,000439	0,011363	0,280304	0,936105	0,602512	0,872625	0,936105
22	2	10	0,000000	0,000000	0,000000	0,035297	0,023785	0,001912	0,035297	0,521660	0,718359	0,936105	0,779065	0,602512
23	2	11	0,000000	0,000000	0,000000	0,009100	0,005752	0,000331	0,009100	0,246382	0,872625	0,547972	0,809965	1,000000
24	2	12	0,000000	0,000000	0,000000	0,009100	0,005752	0,000331	0,009100	0,246382	0,872625	0,547972	0,809965	1,000000

19. táblázat: folytatás

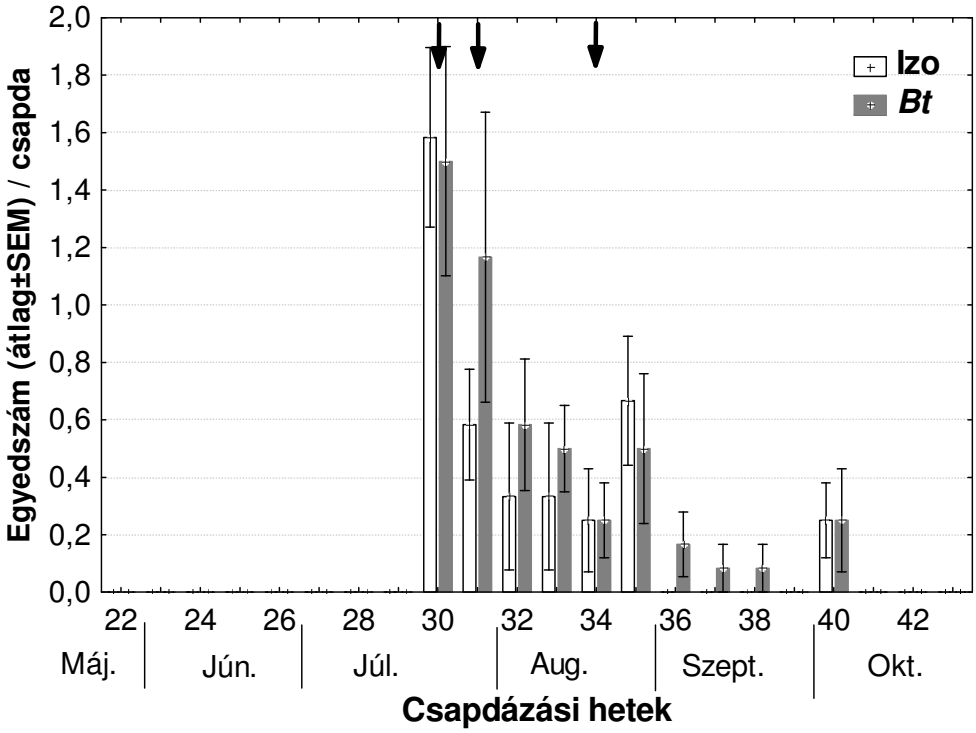
Fisher LSD Teszt	Kezelés	IdőpontT	{13}	{14}	{15}	{16}	{17}	{18}	{19}	{20}	{21}	{22}	{23}	{24}
1	1	1	0,000000	0,026301	0,073171	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	1	2	0,000000	0,659401	0,378633	0,000000	0,000002	0,001478	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	1	3	0,000000	0,547972	0,298418	0,000000	0,000004	0,002462	0,000001	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4	1	4	0,000000	0,000000	0,000000	0,521660	0,336973	0,007252	0,602512	0,061446	0,011363	0,035297	0,009100	0,009100
5	1	5	0,000000	0,000000	0,000000	0,423362	0,423362	0,011363	0,718359	0,042676	0,007252	0,023785	0,005752	0,005752
6	1	6	0,000000	0,000000	0,000000	0,094183	0,936105	0,094183	0,602512	0,004027	0,000439	0,001912	0,000331	0,000331
7	1	7	0,000000	0,000000	0,000000	0,521660	0,336973	0,007252	0,602512	0,061446	0,011363	0,035297	0,009100	0,009100
8	1	8	0,000000	0,000000	0,000000	0,400618	0,015711	0,000048	0,046837	0,688641	0,280304	0,521660	0,246382	0,246382
9	1	9	0,000000	0,000000	0,000000	0,067095	0,000761	0,000001	0,003156	0,547972	0,936105	0,718359	0,872625	0,872625
10	1	10	0,000000	0,000000	0,000000	0,162340	0,003156	0,000005	0,011363	0,872625	0,602512	0,936105	0,547972	0,547972
11	1	11	0,000000	0,000000	0,000000	0,079696	0,000996	0,000001	0,004027	0,602512	0,872625	0,779065	0,809965	0,809965
12	1	12	0,000000	0,000000	0,000000	0,046837	0,000439	0,000000	0,001912	0,446854	0,936105	0,602512	1,000000	1,000000
13	2	1		0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
14	2	2	0,000000		0,659401	0,000000	0,000000	0,000331	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
15	2	3	0,000000	0,659401		0,000000	0,000000	0,000065	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
16	2	4	0,000000	0,000000	0,000000		0,110737	0,000996	0,246382	0,215481	0,056200	0,139840	0,046837	0,046837
17	2	5	0,000000	0,000000	0,000000	0,110737		0,079696	0,659401	0,005113	0,000579	0,002462	0,000439	0,000439
18	2	6	0,000000	0,000331	0,000065	0,000996	0,079696		0,029047	0,000010	0,000001	0,000004	0,000000	0,000000
19	2	7	0,000000	0,000000	0,000000	0,246382	0,659401	0,029047		0,017459	0,002462	0,009100	0,001912	0,001912
20	2	8	0,000000	0,000000	0,000000	0,215481	0,005113	0,000010	0,017459		0,496021	0,809965	0,446854	0,446854
21	2	9	0,000000	0,000000	0,000000	0,056200	0,000579	0,000001	0,002462	0,496021		0,659401	0,936105	0,936105
22	2	10	0,000000	0,000000	0,000000	0,139840	0,002462	0,000004	0,009100	0,809965	0,659401		0,602512	0,602512
23	2	11	0,000000	0,000000	0,000000	0,046837	0,000439	0,000000	0,001912	0,446854	0,936105	0,602512		1,000000
24	2	12	0,000000	0,000000	0,000000	0,046837	0,000439	0,000000	0,001912	0,446854	0,936105	0,602512	1,000000	

20. táblázat: A csapdázott *Pseudoophonus rufipes* (De Geer) imágók egyedszámának időpontonkénti összehasonlításának eredménye (GLM Repeated measures ANOVA, Sóskút, 2002). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

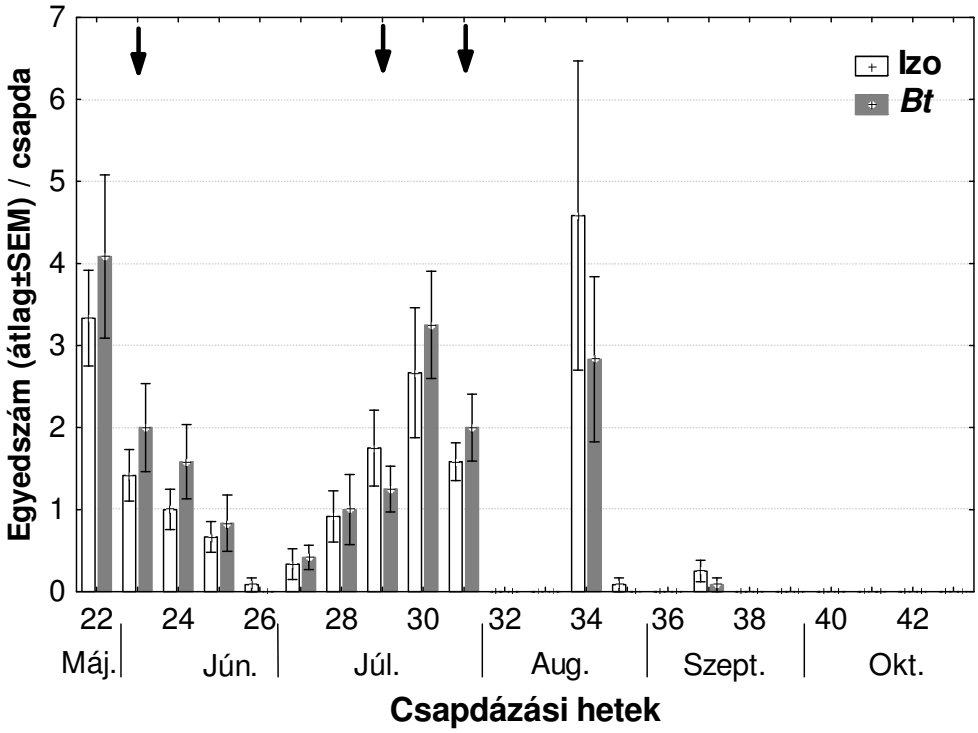
GLM ANOVA	*SS*	*d.f.*	*MS*	*F*	*p*
Intercept	120954,2	1	120954,2	482,3246	0,000000
Error	2758,5	11	250,8		
Kezelés	1,3	1	1,3	0,0018	0,967274
Error	8196,0	11	745,1		
Időpont	90342,5	13	6949,4	38,4417	0,000000
Error	25851,3	143	180,8		
Kezelés*Időpont	760,7	13	58,5	0,2279	0,997772
Error	36722,4	143	256,8		

21. táblázat: A csapdázott *Pseudoophonus rufipes* (De Geer) imágók egyedszámának időpontonkénti összehasonlításának eredménye (GLM Repeated measures ANOVA, Sóskút, 2003). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

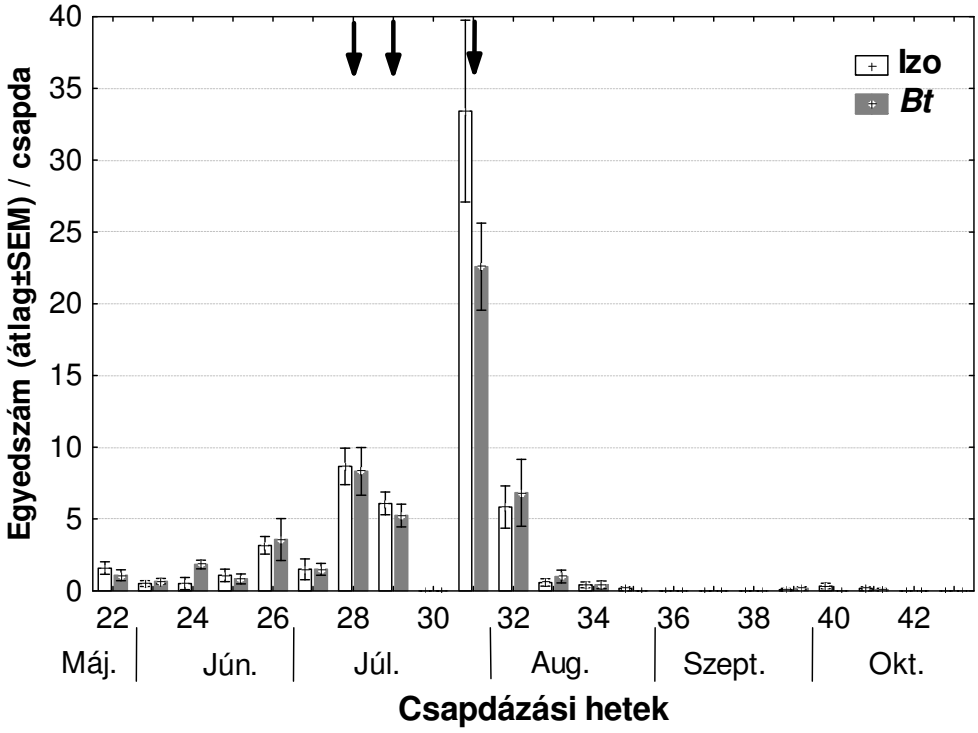
GLM ANOVA	*SS*	*d.f.*	*MS*	*F*	*p*
Intercept	950522	1	950521,9	477,0433	0,000000
Error	21918	11	1992,5		
Kezelés	57	1	56,7	0,0273	0,871669
Error	22811	11	2073,7		
Időpont	1819793	12	151649,4	103,7334	0,000000
Error	192973	132	1461,9		
Kezelés*Időpont	2820	12	235,0	0,1562	0,999504
Error	198612	132	1504,6		



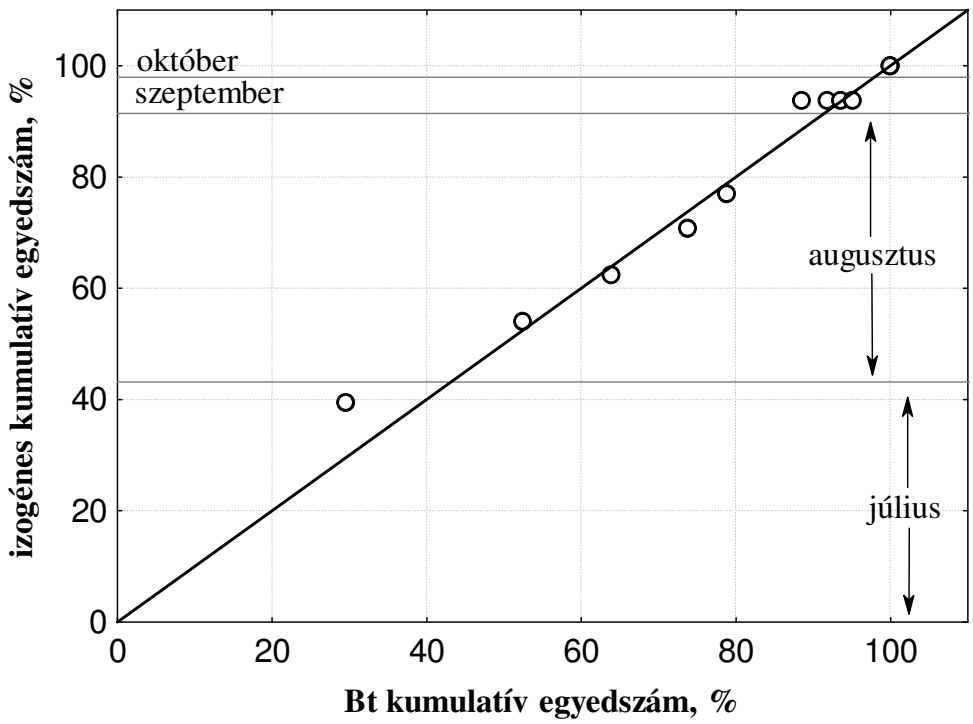
27. ábra: A *Poecilus sericeus* Fischer von Waldheim imágóinak talajfelszíni aktivitása a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2001)



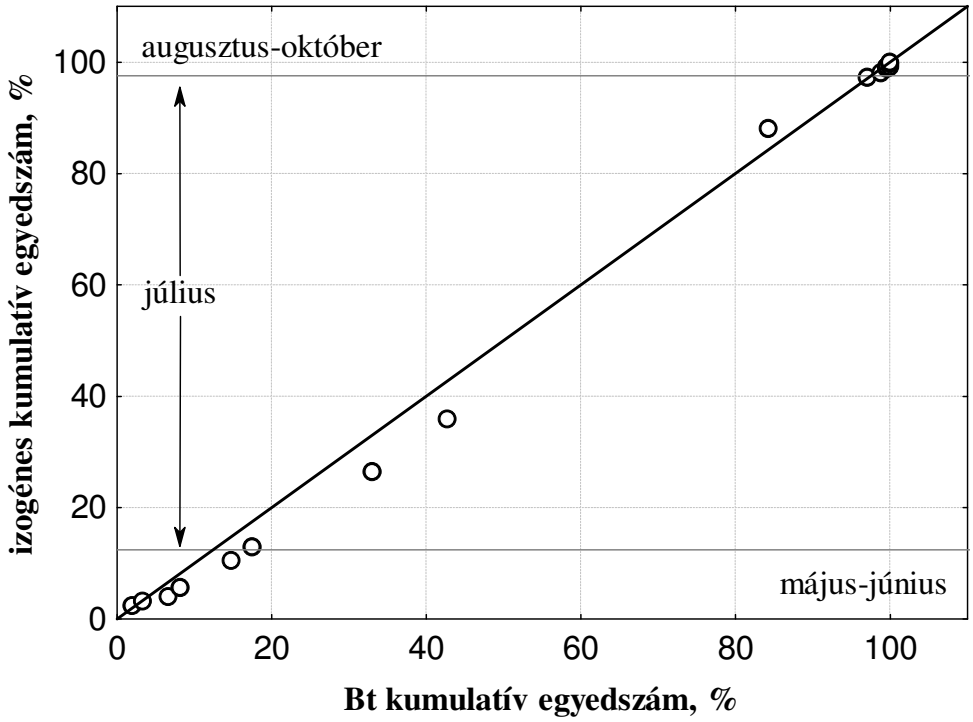
28. ábra: A *Poecilus sericeus* Fischer von Waldheim imágóinak talajfelszíni aktivitása a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2002)



29. ábra: A *Poecilus sericeus* imágóinak talajfelszíni aktivitása a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2003)



30. ábra: A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott *Poecilus sericeus* Fischer von Waldheim imágók talajfelszíni aktivitásának összehasonlítása (Sóskút, 2001)



31. ábra: A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott *Poecilus sericeus* imágók talajfelszíni aktivitásának összehasonlítása (Sóskút, 2003)

22. táblázat: A *Poecilus sericeus* Fischer von Waldheim imágók egyedszámának időpontonkénti összehasonlításának eredménye (GLM Repeated measures ANOVA, Sóskút, 2001). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

GLM ANOVA	*SS*	*d.f.*	*MS*	*F*	*p*
Intercept	72,07500	1	72,07500	39,59176	0,000059
Error	20,02500	11	1,82045		
Kezelés	0,67500	1	0,67500	0,55307	0,472651
Error	13,42500	11	1,22045		
Időpont	20,71667	4	5,17917	5,09996	0,001828
Error	44,68333	44	1,01553		
Kezelés*Időpont	2,11667	4	0,52917	0,62450	0,647502
Error	37,28333	44	0,84735		

23. táblázat: A csapdázott *Poecilus sericeus* Fischer von Waldheim imágók egyedszámának időpontonkénti összehasonlításának eredménye (GLM Repeated measures ANOVA, Sóskút, 2002). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

GLM ANOVA	*SS*	*d.f.*	*MS*	*F*	*p*
Intercept	904,4630	1	904,4630	199,9445	0,000000
Error	49,7593	11	4,5236		
Kezelés	0,2963	1	0,2963	0,0232	0,881741
Error	140,5926	11	12,7811		
Időpont	243,8704	8	30,4838	7,3919	0,000000
Error	362,9074	88	4,1239		
Kezelés*Időpont	30,2037	8	3,7755	0,5769	0,794293
Error	575,9074	88	6,5444		

24. táblázat: A csapdázott *Poecilus sericeus* Fischer von Waldheim imágók egyedszámának időpontonkénti összehasonlításának eredménye (GLM Repeated measures ANOVA, Sóskút, 2003). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

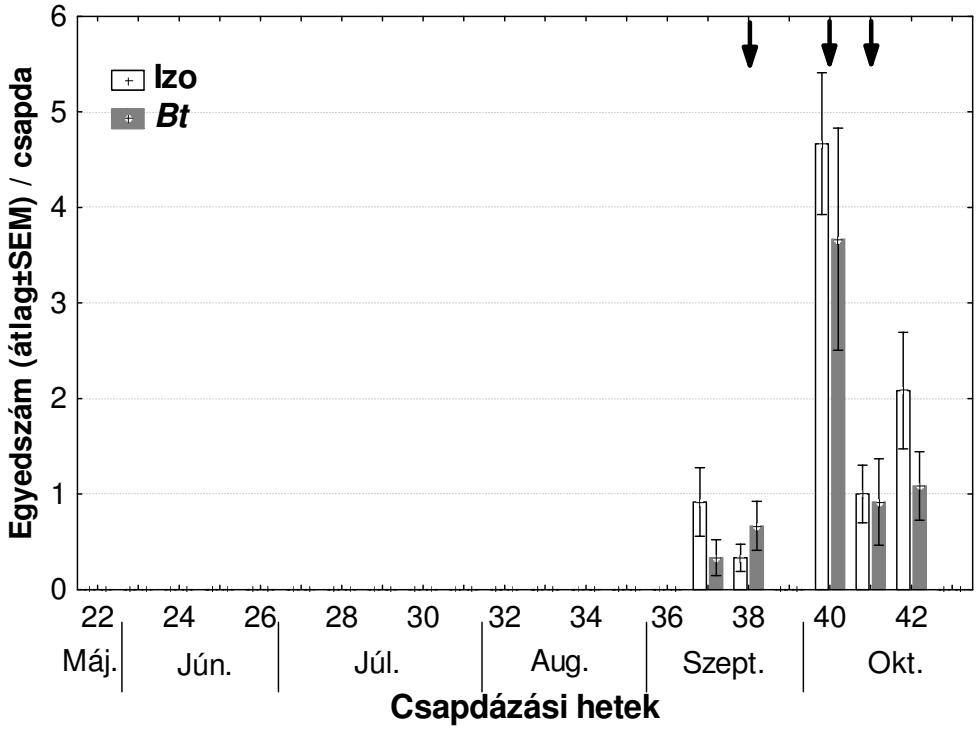
GLM ANOVA	*SS*	*d.f.*	*MS*	*F*	*p*
Intercept	6873,78	1	6873,781	99,06395	0,000001
Error	763,26	11	69,387		
Kezelés	44,34	1	44,337	1,25847	0,285832
Error	387,54	11	35,231		
Időpont	15861,68	11	1441,971	44,16302	0,000000
Error	3950,78	121	32,651		
Kezelés*Időpont	685,45	11	62,314	2,00950	0,032960
Error	3752,17	121	31,010		

24. táblázat: folytatás

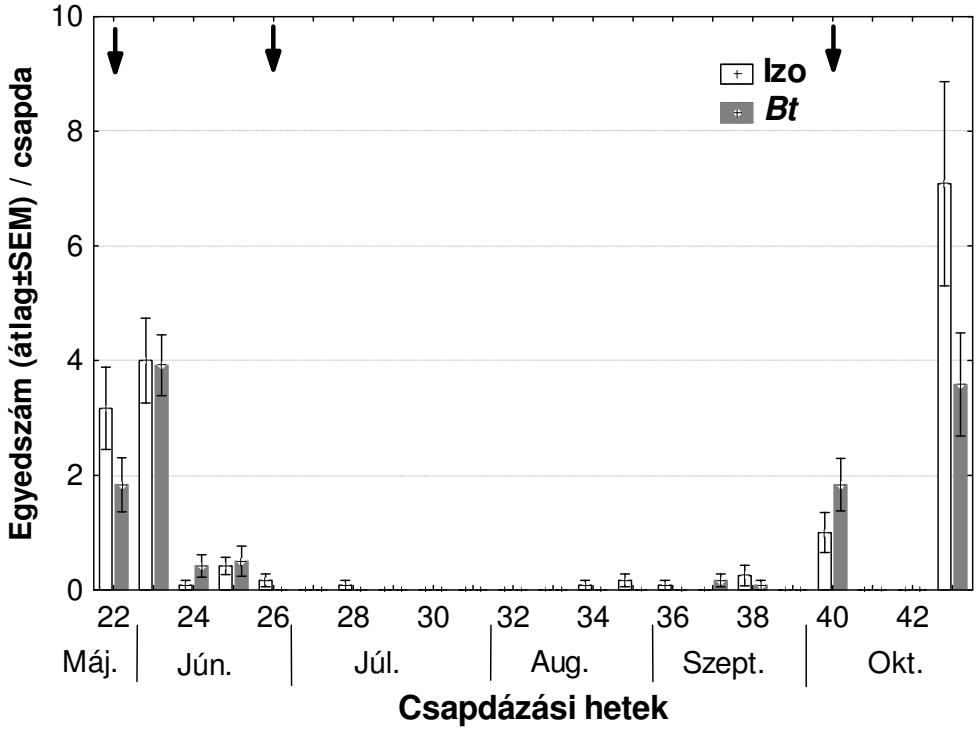
Fisher LSD Teszt	Kezelés	Időpont	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}
1	1	1		0,634557	0,634557	0,826291	0,487473	0,970820	0,002292	0,050038	0,000000	0,063976	0,660814	0,608758
2	1	2	0,634557		1,000000	0,797929	0,243102	0,660814	0,000475	0,015471	0,000000	0,020603	0,970820	0,970820
3	1	3	0,634557	1,000000		0,797929	0,243102	0,660814	0,000475	0,015471	0,000000	0,020603	0,970820	0,970820
4	1	4	0,826291	0,797929	0,797929		0,361279	0,854885	0,001130	0,029753	0,000000	0,038767	0,826291	0,769835
5	1	5	0,487473	0,243102	0,243102	0,361279		0,464902	0,017039	0,201957	0,000000	0,243102	0,258061	0,228771
6	1	6	0,970820	0,660814	0,660814	0,854885	0,464902		0,002042	0,046006	0,000000	0,059007	0,687500	0,634557
7	1	7	0,002292	0,000475	0,000475	0,001130	0,017039	0,002042		0,258061	0,000000	0,215060	0,000539	0,000418
8	1	8	0,050038	0,015471	0,015471	0,029753	0,201957	0,046006	0,258061		0,000000	0,912617	0,017039	0,014033
9	1	9	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000		0,000000	0,000000	0,000000
10	1	10	0,063976	0,020603	0,020603	0,038767	0,243102	0,059007	0,215060	0,912617	0,000000		0,022621	0,018746
11	1	11	0,660814	0,970820	0,970820	0,826291	0,258061	0,687500	0,000539	0,017039	0,000000	0,022621		0,941679
12	1	12	0,608758	0,970820	0,970820	0,769835	0,228771	0,634557	0,000418	0,014033	0,000000	0,018746	0,941679	
13	2	1	0,826291	0,797929	0,797929	1,000000	0,361279	0,854885	0,001130	0,029753	0,000000	0,038767	0,826291	0,769835
14	2	2	0,687500	0,941679	0,941679	0,854885	0,273654	0,714587	0,000611	0,018746	0,000000	0,024810	0,970820	0,912617
15	2	3	0,912617	0,558634	0,558634	0,742043	0,558634	0,883673	0,003221	0,063976	0,000000	0,081022	0,583442	0,534357
16	2	4	0,742043	0,883673	0,883673	0,912617	0,306765	0,769835	0,000784	0,022621	0,000000	0,029753	0,912617	0,854885
17	2	5	0,380741	0,177537	0,177537	0,273654	0,854885	0,361279	0,027184	0,273654	0,000000	0,324289	0,189454	0,166195
18	2	6	0,970820	0,660814	0,660814	0,854885	0,464902	1,000000	0,002042	0,046006	0,000000	0,059007	0,687500	0,634557
19	2	7	0,003601	0,000784	0,000784	0,001817	0,024810	0,003221	0,883673	0,324289	0,000000	0,273654	0,000886	0,000692
20	2	8	0,109379	0,038767	0,038767	0,069290	0,361279	0,101634	0,135471	0,714587	0,000000	0,797929	0,042254	0,035531
21	2	9	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000005	0,000000	0,000000	0,000000
22	2	10	0,022621	0,006199	0,006199	0,012716	0,109379	0,020603	0,421575	0,742043	0,000000	0,660814	0,006890	0,005572
23	2	11	0,797929	0,826291	0,826291	0,970820	0,342461	0,826291	0,001001	0,027184	0,000000	0,035531	0,854885	0,797929
24	2	12	0,608758	0,970820	0,970820	0,769835	0,228771	0,634557	0,000418	0,014033	0,000000	0,018746	0,941679	1,000000

24. táblázat: folytatás

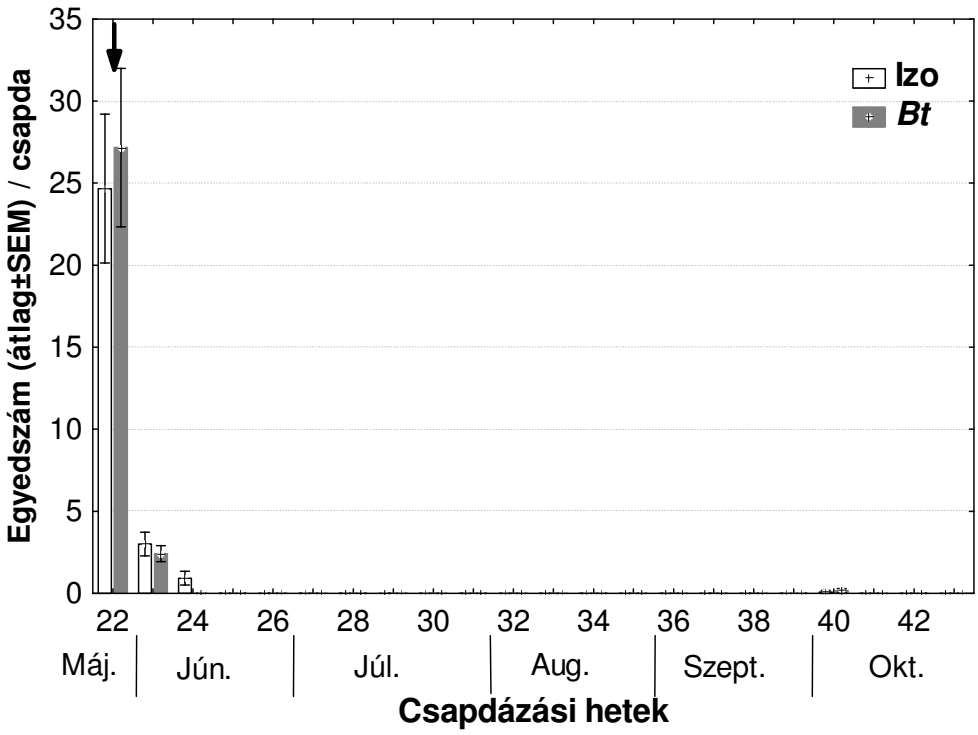
Fisher LSD Teszt	Kezelés	Időpont	{13}	{14}	{15}	{16}	{17}	{18}	{19}	{20}	{21}	{22}	{23}	{24}
1	1	1	0,826291	0,687500	0,912617	0,742043	0,380741	0,970820	0,003601	0,109379	0,000000	0,022621	0,797929	0,608758
2	1	2	0,797929	0,941679	0,558634	0,883673	0,177537	0,660814	0,000784	0,038767	0,000000	0,006199	0,826291	0,970820
3	1	3	0,797929	0,941679	0,558634	0,883673	0,177537	0,660814	0,000784	0,038767	0,000000	0,006199	0,826291	0,970820
4	1	4	1,000000	0,854885	0,742043	0,912617	0,273654	0,854885	0,001817	0,069290	0,000000	0,012716	0,970820	0,769835
5	1	5	0,361279	0,273654	0,558634	0,306765	0,854885	0,464902	0,024810	0,361279	0,000000	0,109379	0,342461	0,228771
6	1	6	0,854885	0,714587	0,883673	0,769835	0,361279	1,000000	0,003221	0,101634	0,000000	0,020603	0,826291	0,634557
7	1	7	0,001130	0,000611	0,003221	0,000784	0,027184	0,002042	0,883673	0,135471	0,000000	0,421575	0,001001	0,000418
8	1	8	0,029753	0,018746	0,063976	0,022621	0,273654	0,046006	0,324289	0,714587	0,000000	0,742043	0,027184	0,014033
9	1	9	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000005	0,000000	0,000000	0,000000
10	1	10	0,038767	0,024810	0,081022	0,029753	0,324289	0,059007	0,273654	0,797929	0,000000	0,660814	0,035531	0,018746
11	1	11	0,826291	0,970820	0,583442	0,912617	0,189454	0,687500	0,000886	0,042254	0,000000	0,006890	0,854885	0,941679
12	1	12	0,769835	0,912617	0,534357	0,854885	0,166195	0,634557	0,000692	0,035531	0,000000	0,005572	0,797929	1,000000
13	2	1		0,854885	0,742043	0,912617	0,273654	0,854885	0,001817	0,069290	0,000000	0,012716	0,970820	0,769835
14	2	2	0,854885		0,608758	0,941679	0,201957	0,714587	0,001001	0,046006	0,000000	0,007650	0,883673	0,912617
15	2	3	0,742043	0,608758		0,660814	0,442932	0,883673	0,005004	0,135471	0,000000	0,029753	0,714587	0,534357
16	2	4	0,912617	0,941679	0,660814		0,228771	0,769835	0,001275	0,054367	0,000000	0,009403	0,941679	0,854885
17	2	5	0,273654	0,201957	0,442932	0,228771		0,361279	0,038767	0,464902	0,000000	0,155413	0,258061	0,166195
18	2	6	0,854885	0,714587	0,883673	0,769835	0,361279		0,003221	0,101634	0,000000	0,020603	0,826291	0,634557
19	2	7	0,001817	0,001001	0,005004	0,001275	0,038767	0,003221		0,177537	0,000000	0,510630	0,001616	0,000692
20	2	8	0,069290	0,046006	0,135471	0,054367	0,464902	0,101634	0,177537		0,000000	0,487473	0,063976	0,035531
21	2	9	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000		0,000000	0,000000	0,000000
22	2	10	0,012716	0,007650	0,029753	0,009403	0,155413	0,020603	0,510630	0,487473	0,000000		0,011510	0,005572
23	2	11	0,970820	0,883673	0,714587	0,941679	0,258061	0,826291	0,001616	0,063976	0,000000	0,011510		0,797929
24	2	12	0,769835	0,912617	0,534357	0,854885	0,166195	0,634557	0,000692	0,035531	0,000000	0,005572	0,797929	



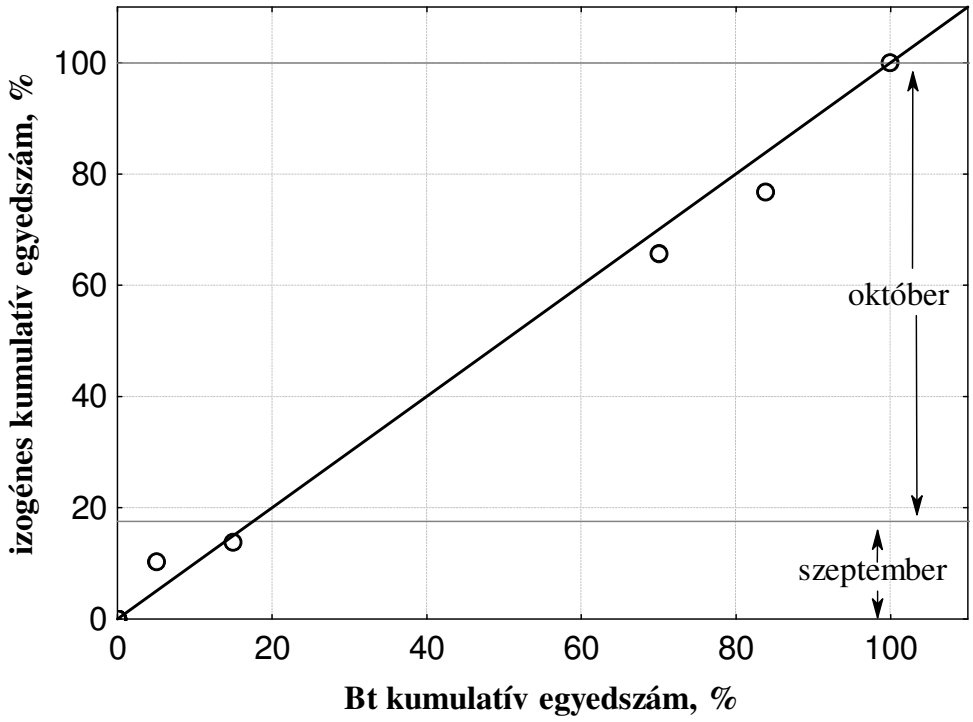
32. ábra: A *Trechus qudristriatus* (Schrank) imágóinak talajfelszíni aktivitása a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2001)



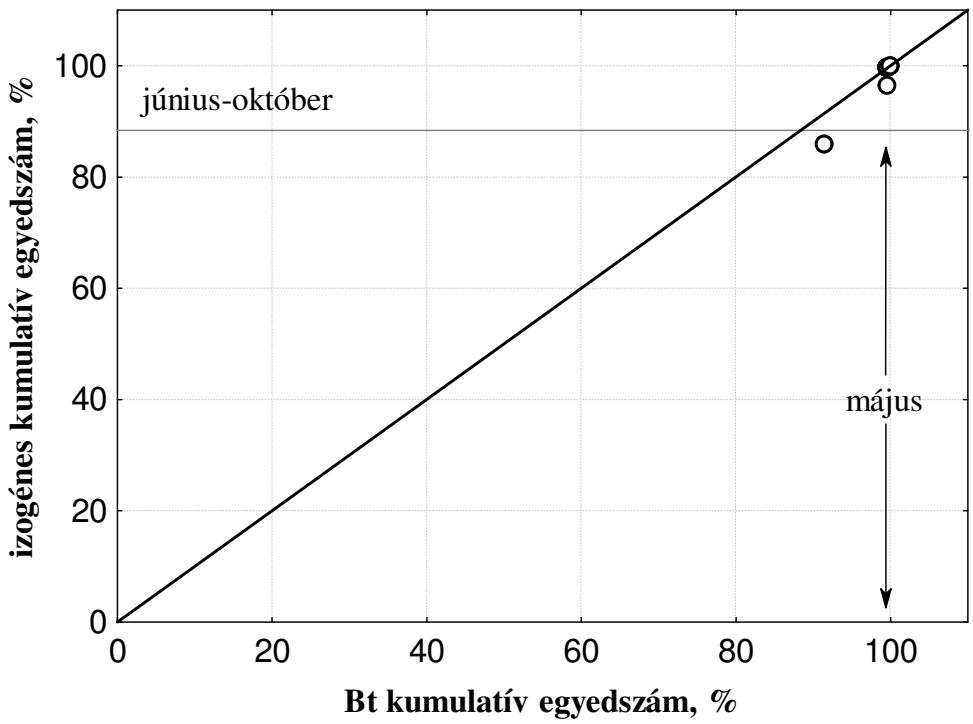
33. ábra: A *Trechus quadristriatus* imágóinak talajfelszíni aktivitása a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2002)



34. ábra: A *Trechus qudristriatus* (Schrank) imágóinak talajfelszíni aktivitása a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2003)



35. ábra: A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott *Trechus quadristriatus* (Schrank) imágók talajfelszíni aktivitásának összehasonlítása (Sóskút, 2001)



36. ábra: A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott *Trechus quadristriatus* (Schrank) imágók talajfelszíni aktivitásának összehasonlítása (Sóskút, 2003)

25. táblázat: A csapdázott *Trechus quadristriatus* (Schrank) imágók egyedszámának időpontonkénti összehasonlításának eredménye (GLM Repeated measures ANOVA, Sóskút, 2001). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

GLM ANOVA	*SS*	*d.f.*	*MS*	*F*	*p*
Intercept	294,5333	1	294,5333	38,08621	0,000070
Error	85,0667	11	7,7333		
Kezelés	6,5333	1	6,5333	1,65337	0,224909
Error	43,4667	11	3,9515		
Időpont	219,7167	4	54,9292	17,94493	0,000000
Error	134,6833	44	3,0610		
Kezelés*Időpont	8,2167	4	2,0542	0,71856	0,583830
Error	125,7833	44	2,8587		

26. táblázat: A csapdázott *Trechus quadristriatus* (Schrank) imágók egyedszámának időpontonkénti statisztikai összehasonlításának eredménye (GLM Repeated measures ANOVA, Sóskút, 2002). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

GLM ANOVA	*SS*	*d.f.*	*MS*	*F*	*p*
Intercept	896,5333	1	896,5333	72,05455	0,000004
Error	136,8667	11	12,4424		
Kezelés	19,2000	1	19,2000	2,47307	0,144113
Error	85,4000	11	7,7636		
Időpont	365,3833	4	91,3458	19,68114	0,000000
Error	204,2167	44	4,6413		
Kezelés*Időpont	69,2167	4	17,3042	2,10802	0,095871
Error	361,1833	44	8,2087		

27. táblázat: A csapdázott *Trechus quadristriatus* (Schrank) imágók egyedszámának időpontonkénti statisztikai összehasonlításának eredménye (GLM Repeated measures ANOVA, Sóskút, 2003). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

GLM ANOVA	*SS*	*d.f.*	*MS*	*F*	*p*
Intercept	9832,688	1	9832,688	64,34000	0,000006
Error	1681,063	11	152,824		
Kezelés	11,021	1	11,021	0,06952	0,796907
Error	1743,729	11	158,521		
Időpont	6463,521	1	6463,521	57,79308	0,000011
Error	1230,229	11	111,839		
Kezelés*Időpont	28,521	1	28,521	0,25174	0,625741
Error	1246,229	11	113,294		

28. táblázat: A Bt és az izogénes kukoricásban felvételezett hat domináns futóbogár faj közösségi szintű statisztikai összehasonlításának eredménye (PRC CANOCO; Sóskút, 2001)

Axes	1	2	3	4	Total variance
Eigenvalues	0.005	0.003	0.002	0.001	1.000
Species-environment correlations:	0.215	0.241	0.157	0.161	
Cumulative percentage variance					
of species data :	1.3	2.2	2.7	3.0	
of species-environment relation:	40.7	67.2	83.7	93.0	
Sum of all eigenvalues					0.366
Sum of all canonical eigenvalues					0.012

Summary of Monte Carlo test

Test of significance of first canonical axis: eigenvalue = 0.005
F-ratio = 3.373
P-value = 0.8580

Test of significance of all canonical axes: Trace = 0.012
F-ratio = 0.705
P-value = 0.8780

29. táblázat: A Bt és az izogénes kukoricásban felvételezett hat domináns futóbogár faj közösségi szintű statisztikai összehasonlításának eredménye (PRC CANOCO; Sóskút, 2002)

Axes	1	2	3	4	Total variance
Eigenvalues	0.004	0.003	0.002	0.001	1.000
Species-environment correlations:	0.244	0.288	0.192	0.207	
Cumulative percentage variance					
of species data	1.6	2.8	3.5	4.0	
of species-environment relation:	34.2	62.2	76.3	88.5	
Sum of all eigenvalues					0.255
Sum of all canonical eigenvalues					0.012

Summary of Monte Carlo test

Test of significance of first canonical axis: eigenvalue = 0.004
F-ratio = 5.753
P-value = 0.9220

Test of significance of all canonical axes: Trace = 0.012
F-ratio = 1.022
P-value = 0.5160

30. táblázat: A Bt és az izogénes kukoricásban felvételezett hat domináns futóbogár faj közösségi szintű statisztikai összehasonlításának eredménye (PRC CANOCO; Sóskút, 2003)

Axes	1	2	3	4	Total variance
Eigenvalues:	0.004	0.002	0.002	0.001	1.000
Species-environment correlations:	0.228	0.282	0.182	0.192	
Cumulative percentage variance					
of species data:	2.1	3.2	4.1	4.4	
of species-environment relation:	46.1	70.7	88.5	96.1	
Sum of all eigenvalues					0.209
Sum of all canonical eigenvalues					0.010

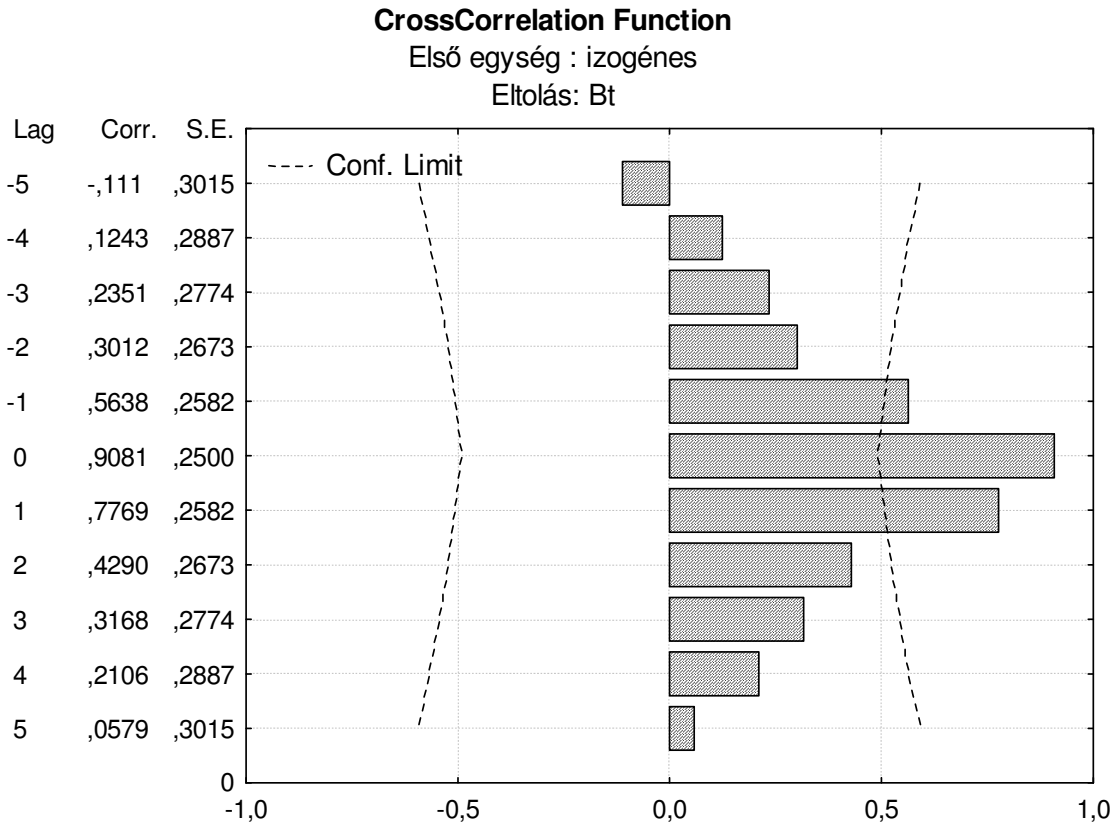
Summary of Monte Carlo test

Test of significance of first canonical axis: eigenvalue = 0.004
F-ratio = 7.852
P-value = 0.3480

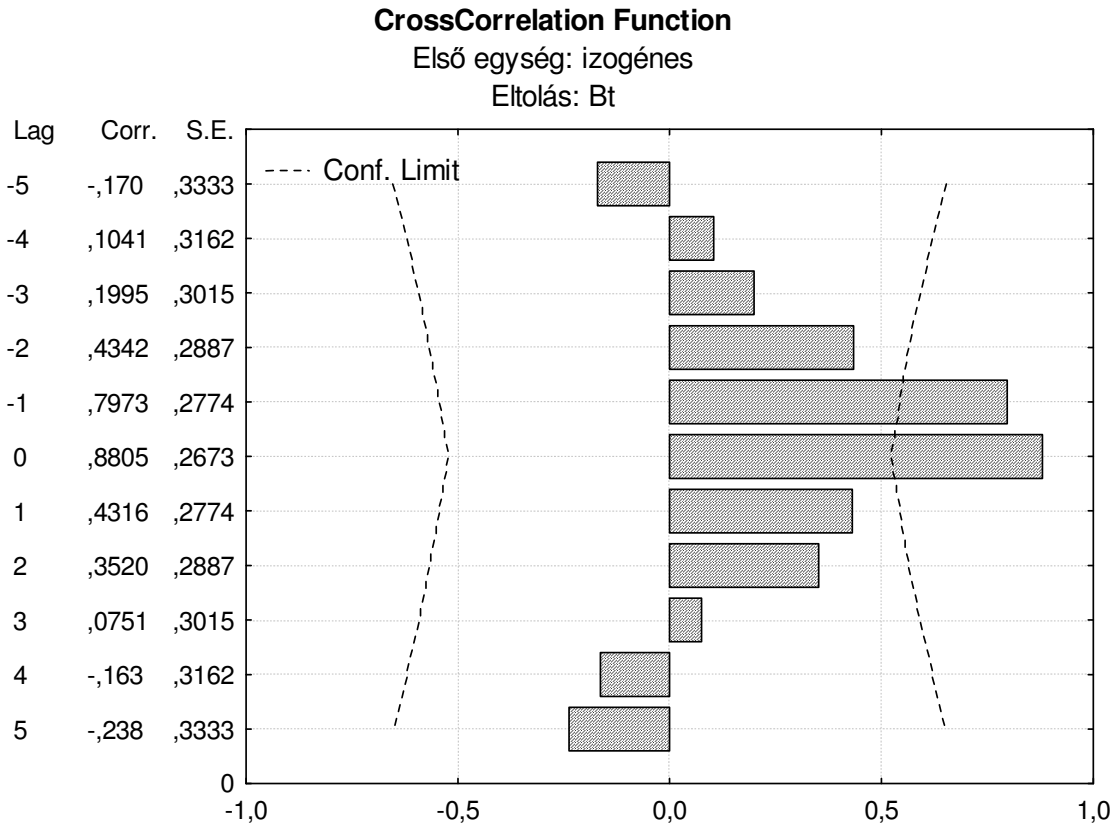
Test of significance of all canonical axes: Trace = 0.010
F-ratio = 1.028
P-value = 0.3200

31. táblázat: A Bt és az izogénes kukoricában felvételezett afidofág katicabogár-együttesek populációk idősoranalitikai kereszt-korrelációjának eredménye (Time Series Analysis, Sóskút, 2001-2003). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

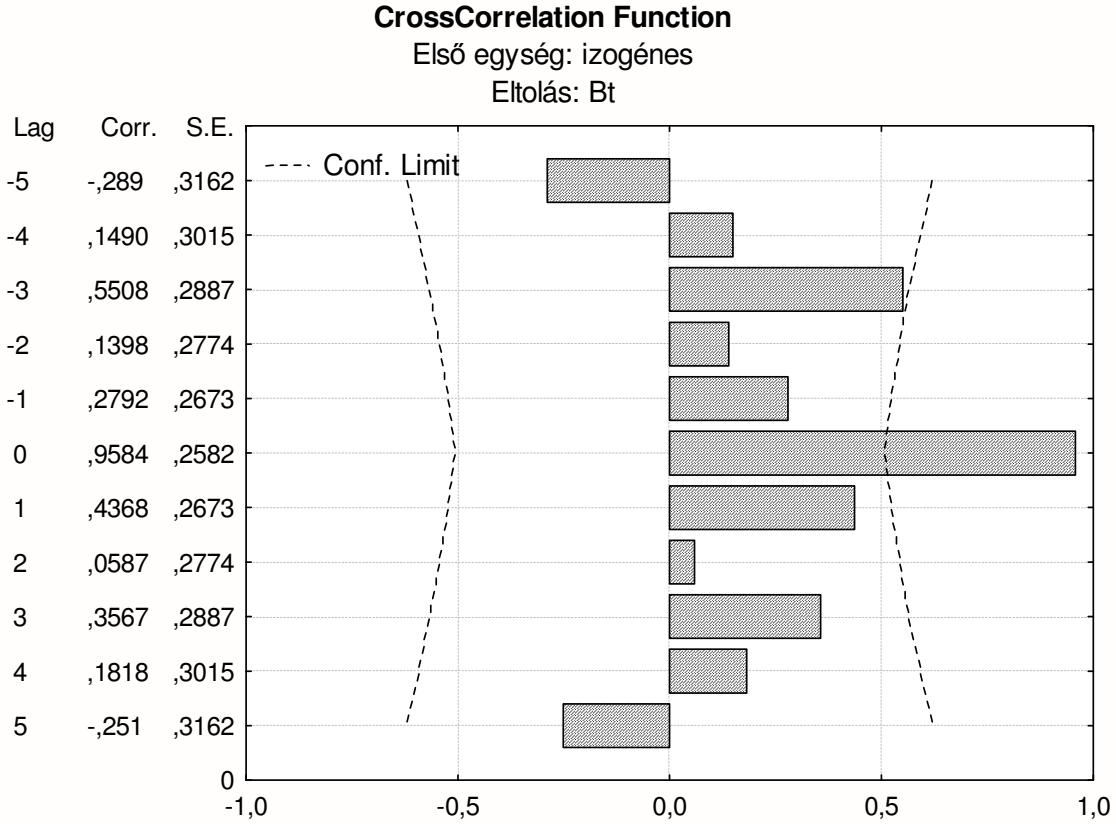
Eltolás	2001		2002		2003	
	r	*SE*	*r*	*SE*	*r*	*SE*
-5	-0,111	0,302	-0,170	0,333	-0,289	0,316
-4	0,124	0,289	0,104	0,316	0,149	0,302
-3	0,235	0,277	0,200	0,302	0,551	0,289
-2	0,301	0,267	0,434	0,289	0,140	0,277
-1	0,564	0,258	0,797	0,277	0,279	0,267
0	0,908	0,250	0,880	0,267	0,958	0,258
1	0,777	0,258	0,432	0,277	0,437	0,267
2	0,429	0,267	0,352	0,289	0,059	0,277
3	0,317	0,277	0,075	0,302	0,357	0,289
4	0,211	0,289	-0,163	0,316	0,182	0,302
5	0,058	0,302	-0,238	0,333	-0,251	0,316



37. ábra: A Bt és az izogénes kukoricában felvételezett afidofág katicabogár populációk idősoranalitikai kereszt-korrelációja (Time Series Analysis, Sóskút, 2001)



38. ábra: A Bt és az izogénes kukoricában felvételezett afidofág katicabogár populációk idősoranalitikai kereszt-korrelációja (Time Series Analysis, Sóskút, 2002)



39. ábra: A Bt és az izogénes kukoricában felvételezett afidofág katicabogár populációk idősoranalitikai kereszt-korrelációja (Time Series Analysis, Sóskút, 2003)

32. táblázat: A Bt és az izogénes kukoricában felvételezett afidofág katicabogár populációk idősoranalitikai kereszt-korrelációjának eredménye (Time Series Analysis, Sóskút, 2001). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

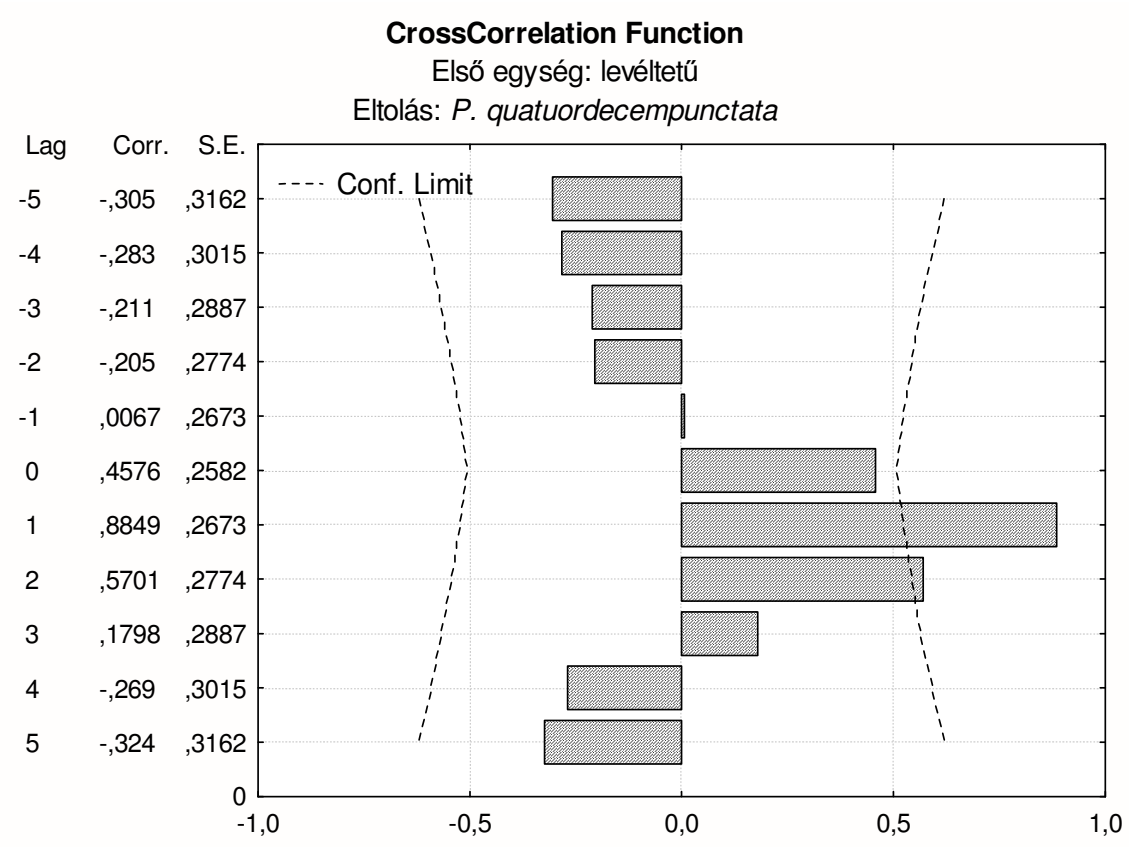
Eltolás	Afidofág katicabogár		*H. variegata*		*C. septempuntata*		*P. quatuorpunctata*	
	r	*SE*	*r*	*SE*	*r*	*SE*	*r*	*SE*
-5	0,200	0,302	0,151	0,302	0,209	0,302	0,223	0,302
-4	0,025	0,289	0,010	0,289	-0,118	0,289	0,140	0,289
-3	0,022	0,277	-0,057	0,277	0,187	0,277	0,182	0,277
-2	-0,268	0,267	-0,321	0,267	-0,095	0,267	-0,030	0,267
-1	-0,474	0,258	-0,502	0,258	-0,383	0,258	-0,199	0,258
0	-0,471	0,250	-0,602	0,250	0,368	0,250	-0,185	0,250
1	-0,515	0,258	-0,629	0,258	-0,082	0,258	-0,371	0,258
2	-0,545	0,267	-0,607	0,267	-0,099	0,267	-0,554	0,267
3	-0,592	0,277	-0,515	0,277	-0,333	0,277	-0,570	0,277
4	-0,474	0,289	-0,420	0,289	-0,307	0,289	-0,582	0,289
5	-0,294	0,302	-0,238	0,302	-0,165	0,302	-0,438	0,302

33. táblázat: A Bt és az izogénes kukoricában felvételezett afidofág katicabogár populációk idősoranalitikai kereszt-korrelációjának eredménye (Time Series Analysis, Sóskút, 2002). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

Eltolás	Afidofág katicabogár		*H. variegata*		*C. septempuntata*		*P. quatuorpunctata*	
	r	*SE*	*r*	*SE*	*r*	*SE*	*r*	*SE*
-5	0,160	0,333	0,021	0,333	0,155	0,333	0,151	0,333
-4	0,144	0,316	-0,009	0,316	0,140	0,316	0,142	0,316
-3	0,109	0,302	-0,038	0,302	0,128	0,302	0,116	0,302
-2	0,028	0,289	-0,045	0,289	0,065	0,289	0,032	0,289
-1	-0,051	0,277	0,125	0,277	-0,036	0,277	-0,059	0,277
0	-0,199	0,267	0,460	0,267	-0,205	0,267	-0,221	0,267
1	-0,204	0,277	-0,106	0,277	-0,186	0,277	-0,135	0,277
2	-0,415	0,289	-0,362	0,289	-0,433	0,289	-0,337	0,289
3	-0,442	0,302	-0,307	0,302	-0,474	0,302	-0,343	0,302
4	-0,458	0,316	-0,131	0,316	-0,533	0,316	-0,376	0,316
5	-0,413	0,333	-0,224	0,333	-0,454	0,333	-0,373	0,333

34. táblázat: A Bt és az izogénes kukoricában felvételezett afidofág katicabogár populációk idősoranalitikai kereszt-korrelációjának eredménye (Time Series Analysis, Sóskút, 2003). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

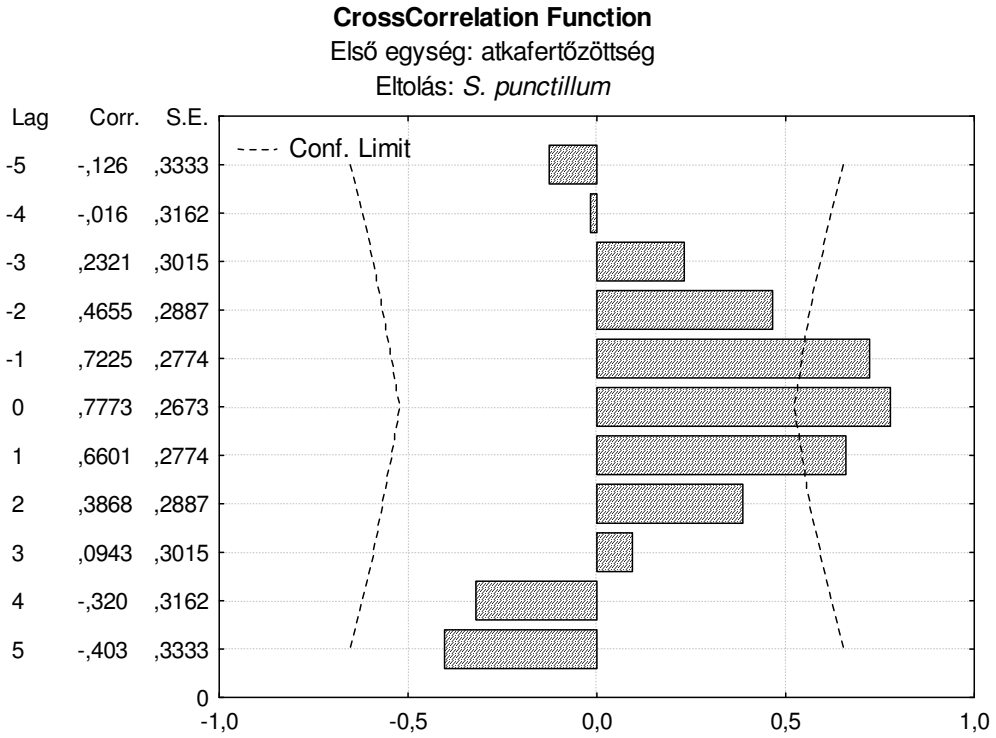
Eltolás	Afidofág katicabogár		*H. variegata*		*C. septempuntata*		*P. quatuorpunctata*	
	r	*SE*	*r*	*SE*	*r*	*SE*	*r*	*SE*
-5	0,278	0,316	0,386	0,316	0,399	0,316	-0,305	0,316
-4	0,269	0,302	0,249	0,302	0,530	0,302	-0,283	0,302
-3	0,437	0,289	0,371	0,289	0,640	0,289	-0,211	0,289
-2	0,414	0,277	0,319	0,277	0,571	0,277	-0,205	0,277
-1	0,302	0,267	0,225	0,267	0,287	0,267	0,007	0,267
0	0,136	0,258	-0,101	0,258	0,051	0,258	0,458	0,258
1	0,016	0,267	-0,328	0,267	-0,229	0,267	0,885	0,267
2	-0,138	0,277	-0,311	0,277	-0,330	0,277	0,570	0,277
3	-0,201	0,289	-0,178	0,289	-0,342	0,289	0,180	0,289
4	-0,417	0,302	-0,246	0,302	-0,377	0,302	-0,269	0,302
5	-0,488	0,316	-0,289	0,316	-0,423	0,316	-0,324	0,316



40. ábra: A Bt- és az izogénes kukoricában felvételezett *Propylea quatuordecimpunctata* (Linnaeus) imágók és levéltetű populációk idősoranalitikai kereszt-korrelációja (Time Series Analysis, Sóskút, 2003)

35. táblázat: A Bt és az izogénes kukoricában felvételezett akarifág *Stethorus punctillum* (Weise) imágók és atka populációk idősoranalitikai kereszt-korrelációjának eredménye (Time Series Analysis, Sóskút, 2001-2003). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

Eltolás	2001		2002		2003	
	r	*SE*	*r*	*SE*	*r*	*SE*
-5	0,110	0,302	-0,126	0,333	0,382	0,316
-4	0,189	0,289	-0,016	0,316	0,224	0,302
-3	0,302	0,277	0,232	0,302	0,131	0,289
-2	0,281	0,267	0,466	0,289	0,359	0,277
-1	0,454	0,258	0,723	0,277	0,490	0,267
0	0,277	0,250	0,777	0,267	0,459	0,258
1	0,345	0,258	0,660	0,277	0,198	0,267
2	-0,280	0,267	0,387	0,289	0,086	0,277
3	-0,145	0,277	0,094	0,302	0,006	0,289
4	-0,302	0,289	-0,320	0,316	-0,022	0,302
5	-0,272	0,302	-0,403	0,333	-0,091	0,316



41. ábra: A Bt és az izogénes kukoricában felvételezett *Stethorus punctillum* (Weise) imágók és atka populációk idősoranalitikai kereszt-korrelációja (Time Series Analysis, Sóskút, 2002)

36. táblázat: A Bt és az izogénes kukorica parcellákon felvételezett katicabogár fajok éves növényenkénti átlagos egyedszáma (Sóskút, 2001-2003)

Fajnév	2001		2002		2003	
	Izo	Bt	Izo	Bt	Izo	Bt
Adalia bipunctata (L.,1758)	0,083	0,200	0,017	0	0	0
Adalia decempunctata (L.,1758)	0,017	0,017	0	0	0	0
Coccinella septempunctata L.,1758	0,017	0,067	0,150	0,150	0,003	0,100
Coccinula quatuordecimpustulata (L.,1758)	1,083	1,033	0,517	0,783	0,800	0,600
Exohomus quadripustulatus (L.,1758)	0	0,033	0	0,017	0,017	0,017
Hippodamia tredecimpunctata (L.,1758)	0,150	0,050	0,017	0,100	0,033	0
Hippodamia variegata (Goeze,1777)	4,300	3,217	0,183	0,333	0,783	0,433
Propylea quatuordecimpunctata (L.,1758)	0,933	0,883	1,150	0,833	0,300	0,150
Scymnus frontalis (F., 1787)	0	0,017	0	0	0	0
Stethorus punctillum (Weise, 1891)	6,583	5,517	2,033	2,217	1,967	1,300
Összes egyedszám	395	331	122	133	118	78
Évi fajszám	7	9	6	6	6	5

37. táblázat: A Bt és az izogénes kukoricában felvételezett katicabogarak parcellánkénti egyedszámának egy adott évenbelüli összehasonlításának eredménye (Mann-Withney Wilcoxon's rank sum test, Sóskút 2001-2003). A szignifikáns különbségeket pirossal jelöltük, p<0,05.

	Rank Sum Izo	Rank Sum Bt	U	Z	p-level	Z	p-level	Valid N	Valid N	2*1sided
Afidofág imágók, 2001	43,00000	35,00000	14,00000	0,640513	0,521840	0,640513	0,521840	6	6	0,588745
Afidofág imágók, 2002	37,50000	40,50000	16,50000	-0,240192	0,810181	-0,240613	0,809855	6	6	0,818182
Afidofág imágók, 2003	46,50000	31,50000	10,50000	1,200961	0,229767	1,205182	0,228134	6	6	0,240260
A. bipunctata, 2001	32,00000	46,00000	11,00000	-1,12090	0,262333	-1,18015	0,237940	6	6	0,309524
A. bipunctata, 2002	42,00000	36,00000	15,00000	0,480384	0,630954	1,000000	0,317311	6	6	0,699134
A. bipunctata, 2003	39,00000	39,00000	18,00000	0,00	1,000000			6	6	
C. septempunctata, 2001	39,50000	38,50000	17,50000	0,080064	0,936186	0,081062	0,935393	6	6	0,937229
C. septempunctata, 2002	27,00000	51,00000	6,000000	-1,92154	0,054665	-1,94899	0,051298	6	6	0,064935
C. septempunctata, 2003	42,50000	35,50000	14,50000	0,560449	0,575174	0,572590	0,566923	6	6	0,588745
H. variegata, 2001	53,50000	24,50000	3,500000	2,321858	0,020241	2,330019	0,019806	6	6	0,015152
H. variegata, 2002	31,50000	46,50000	10,50000	-1,20096	0,229767	-1,23375	0,217297	6	6	0,240260
H. variegata, 2003	52,00000	26,00000	5,000000	2,081666	0,037374	2,119042	0,034088	6	6	0,041126
P. quatuordecimpunctata, 2001	41,50000	36,50000	15,50000	0,400320	0,688921	0,403150	0,686838	6	6	0,699134
P. quatuordecimpunctata, 2002	43,00000	35,00000	14,00000	0,640513	0,521840	0,646186	0,518159	6	6	0,588745
P. quatuordecimpunctata, 2003	47,00000	31,00000	10,00000	1,281025	0,200186	1,338413	0,180763	6	6	0,240260
S. punctillum, 2001	37,00000	41,00000	16,00000	-0,320256	0,748774	-0,320256	0,748774	6	6	0,818182
S. punctillum, 2002	35,00000	43,00000	14,00000	-0,640513	0,521840	-0,642764	0,520378	6	6	0,588745
S. punctillum, 2003	33,50000	44,50000	12,50000	-0,880705	0,378478	-0,894898	0,370842	6	6	0,393939

38. táblázat: Az izogénes kukoricában felvételezett katicabogarak parcellánkénti egyedszámának évenkénti összehasonlításának eredménye (Mann-Withney Wilcoxon's rank sum test, Sóskút 2001-2003). A szignifikáns különbségeket pirossal jelöltük, p<0,05.

Izo - Izo	Rank Sum 2001	Rank Sum 2002	U	Z	p-level	Z	p-level	Valid N	Valid N	2*1sided
Afidofág imágók, 2001-2002	57,00000	21,00000	0,00	2,882307	0,003948	2,882307	0,003948	6	6	0,002165
A. bipunctata, 2001-2002	48,50000	29,50000	8,500000	1,521217	0,128206	1,734455	0,082838	6	6	0,132035
C. septempunctata, 2001-2002	52,00000	26,00000	5,000000	2,081666	0,037374	2,096378	0,036049	6	6	0,041126
H. variegata, 2001-2002	57,00000	21,00000	0,00	2,882307	0,003948	2,934058	0,003346	6	6	0,002165
P. quatuordecimpunctata, 2001-2002	37,50000	40,50000	16,50000	-0,240192	0,810181	-0,241462	0,809197	6	6	0,818182
S. punctillum, 2001-2002	54,00000	24,00000	3,000000	2,401922	0,016310	2,401922	0,016310	6	6	0,015152

Izo - Izo	Rank Sum 2002	Rank Sum 2003	U	Z	p-level	Z	p-level	Valid N	Valid N	2*1sided
Afidofág imágók, 2002-2003	51,50000	26,50000	5,500000	2,001602	0,045328	2,005110	0,044952	6	6	0,041126
A. bipunctata, 2002-2003	42,00000	36,00000	15,00000	0,480384	0,630954	1,000000	0,317311	6	6	0,699134
C. septempunctata, 2002-2003	31,00000	47,00000	10,00000	-1,28103	0,200186	-1,29237	0,196229	6	6	0,240260
H. variegata, 2002-2003	22,00000	56,00000	1,000000	-2,72218	0,006486	-2,79136	0,005249	6	6	0,004329
P. quatuordecimpunctata, 2002-2003	55,50000	22,50000	1,500000	2,642115	0,008239	2,665517	0,007687	6	6	0,004329
S. punctillum, 2002-2003	55,00000	23,00000	2,000000	2,562050	0,010406	2,566541	0,010272	6	6	0,008658

39. táblázat: A Bt kukorica felvételezett katicabogarak parcellánkénti egyedszámának évenkénti összehasonlításának eredménye (Wilcoxon's rank sum test, Sóskút 2001-2003). A szignifikáns különbségeket pirossal jelöltük, p<0,05.

Bt - Bt	Rank Sum 2001	Rank Sum 2002	U	Z	p-level	Z	p-level	Valid N	Valid N	2*1sided
Afidofág imágók, 2001-2002	57,00000	21,00000	0,00	2,882307	0,003948	2,882307	0,003948	6	6	0,002165
A. bipunctata, 2001-2002	54,00000	24,00000	3,000000	2,401922	0,016310	2,690138	0,007143	6	6	0,015152
C. septempunctata, 2001-2002	49,50000	28,50000	7,500000	1,681346	0,092697	1,699265	0,089270	6	6	0,093074
H. variegata, 2001-2002	57,00000	21,00000	0,00	2,882307	0,003948	2,892438	0,003823	6	6	0,002165
P. quatuordecimpunctata, 2001-2002	41,50000	36,50000	15,50000	0,400320	0,688921	0,408993	0,682545	6	6	0,699134
S. punctillum, 2001-2002	57,00000	21,00000	0,00	2,882307	0,003948	2,892438	0,003823	6	6	0,002165

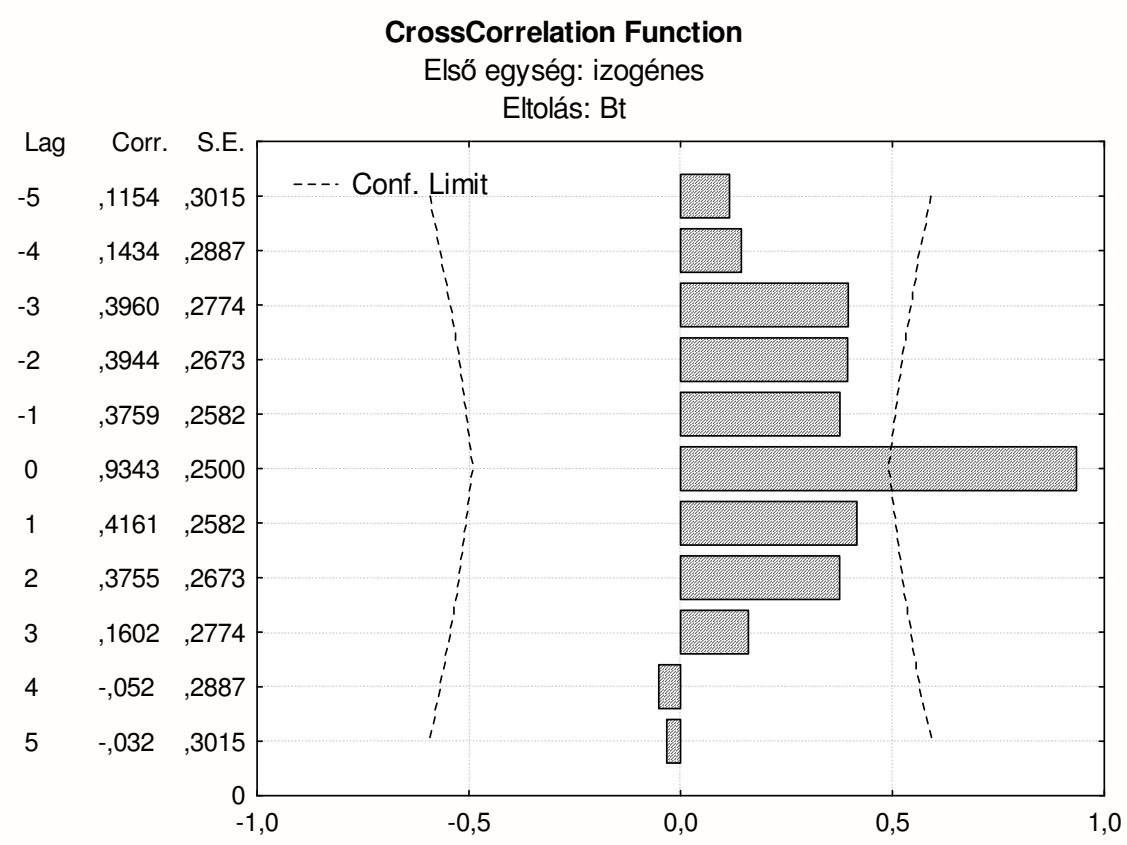
Bt - Bt	Rank Sum 2002	Rank Sum 2003	U	Z	p-level	Z	p-level	Valid N	Valid N	2*1sided
Afidofág imágók, 2002-2003	57,00000	21,00000	0,00	2,882307	0,003948	2,887359	0,003885	6	6	0,002165
A. bipunctata, 2002-2003	39,00000	39,00000	18,00000	0,00	1,000000			6	6	
C. septempunctata, 2002-2003	47,00000	31,00000	10,00000	1,281025	0,200186	1,306395	0,191419	6	6	0,240260
H. variegata, 2002-2003	35,00000	43,00000	14,00000	-0,640513	0,521840	-0,654388	0,512862	6	6	0,588745
P. quatuordecimpunctata, 2002-2003	57,00000	21,00000	0,00	2,882307	0,003948	2,918241	0,003520	6	6	0,002165
S. punctillum, 2002-2003	57,00000	21,00000	0,00	2,882307	0,003948	2,897544	0,003761	6	6	0,002165

40. táblázat: A Bt és az izogénes kukoricában felvételezett levéltetvek parcellánkénti egyedszámának egy adott évenbelüli összehasonlításának eredménye (Mann-Withney Wilcoxon's rank sum test, Sóskút 2001-2003). A szignifikáns különbségeket pirossal jelöltük, p<0,05.

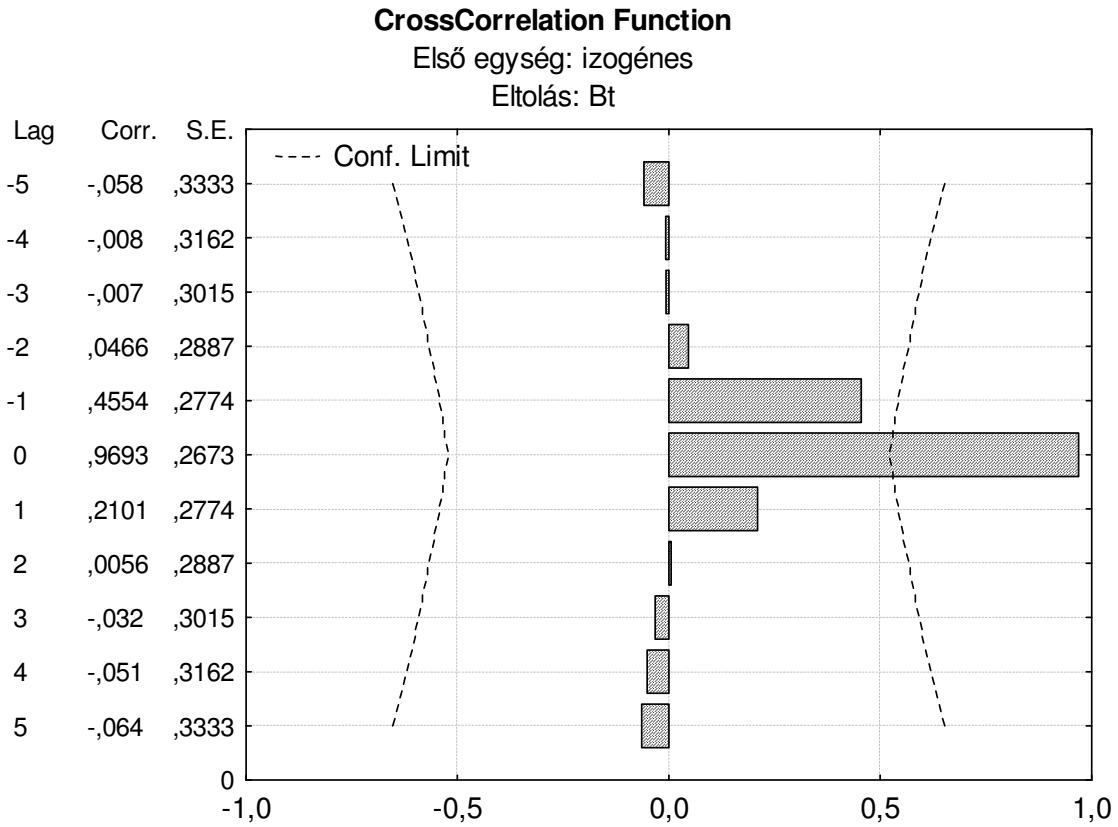
	Rank Sum Izo	Rank Sum Bt	U	Z	p-level	Z	p-level	Valid N	Valid N	2*1sided
Levéltetvek, 2001	39,00000	39,00000	18,00000	0,00	1,000000	0,00	1,000000	6	6	1,062771
Levéltetvek, 2002	38,00000	40,00000	17,00000	-0,160128	0,872780	-0,160128	0,872780	6	6	0,937229
Levéltetvek, 2003	42,00000	36,00000	15,00000	0,480384	0,630954	0,480384	0,630954	6	6	0,699134

41. táblázat: A Bt és az izogénes kukoricában felvételezett levéltetű populációk idősoranalitikai kereszt-korreláció eredménye (Time Series Analysis, Sóskút, 2001-2003). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

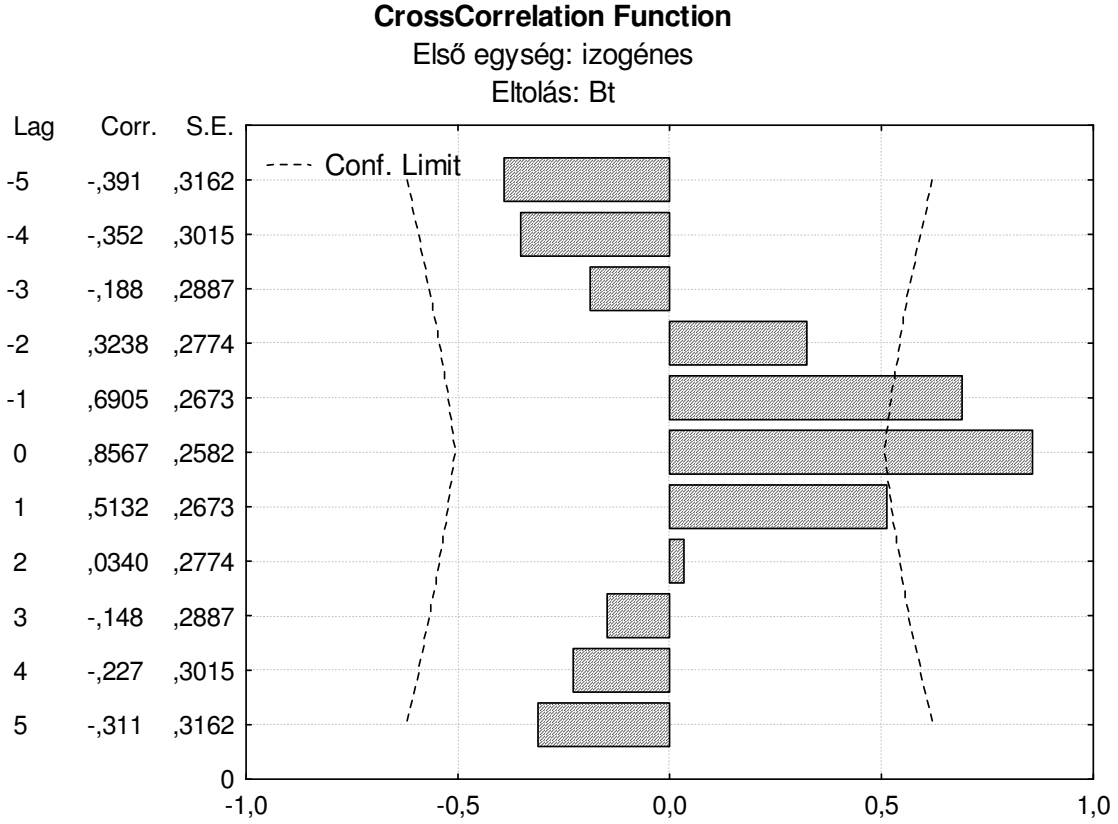
Eltolás	2001		2002		2003	
	r	*SE*	*r*	*SE*	*r*	*SE*
-5	0,115	0,302	-0,058	0,333	-0,391	0,316
-4	0,143	0,289	-0,008	0,316	-0,352	0,302
-3	0,396	0,277	-0,007	0,302	-0,188	0,289
-2	0,394	0,267	0,047	0,289	0,324	0,277
-1	0,376	0,258	0,455	0,277	0,690	0,267
0	0,934	0,250	0,969	0,267	0,857	0,258
1	0,416	0,258	0,210	0,277	0,513	0,267
2	0,376	0,267	0,006	0,289	0,034	0,277
3	0,160	0,277	-0,032	0,302	-0,148	0,289
4	-0,052	0,289	-0,051	0,316	-0,227	0,302
5	-0,032	0,302	-0,064	0,333	-0,311	0,316



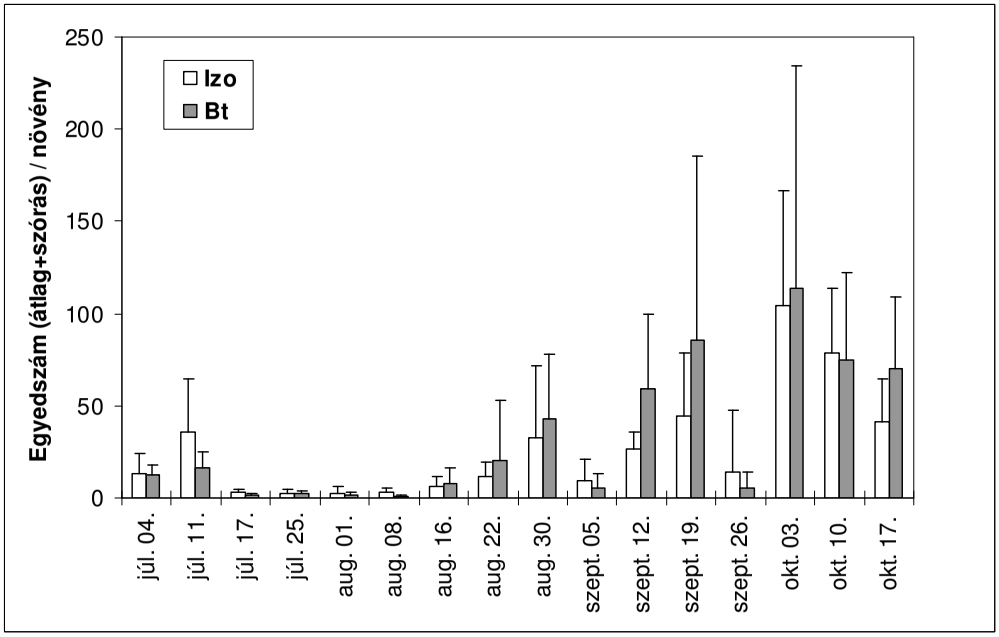
42. ábra: A Bt és az izogénes kukoricában felvételezett levéltetű populációk idősoranalitikai kereszt-korrelációja (Time Series Analysis, Sóskút, 2001)



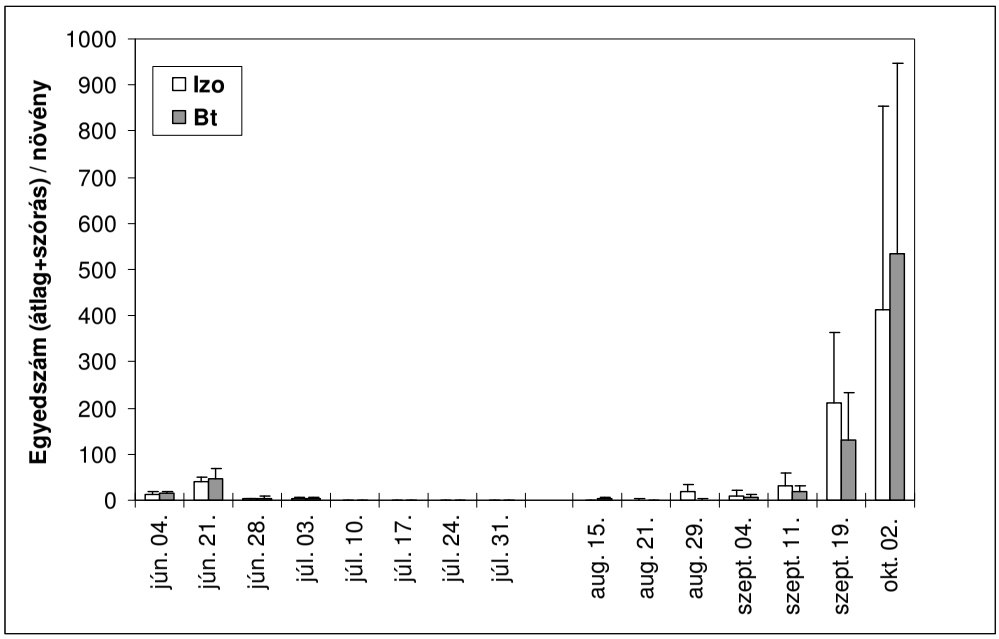
43. ábra: A Bt és az izogénes kukoricában felvételezett levéltetű populációk idősoranalitikai kereszt-korrelációja (Time Series Analysis, Sóskút, 2002)



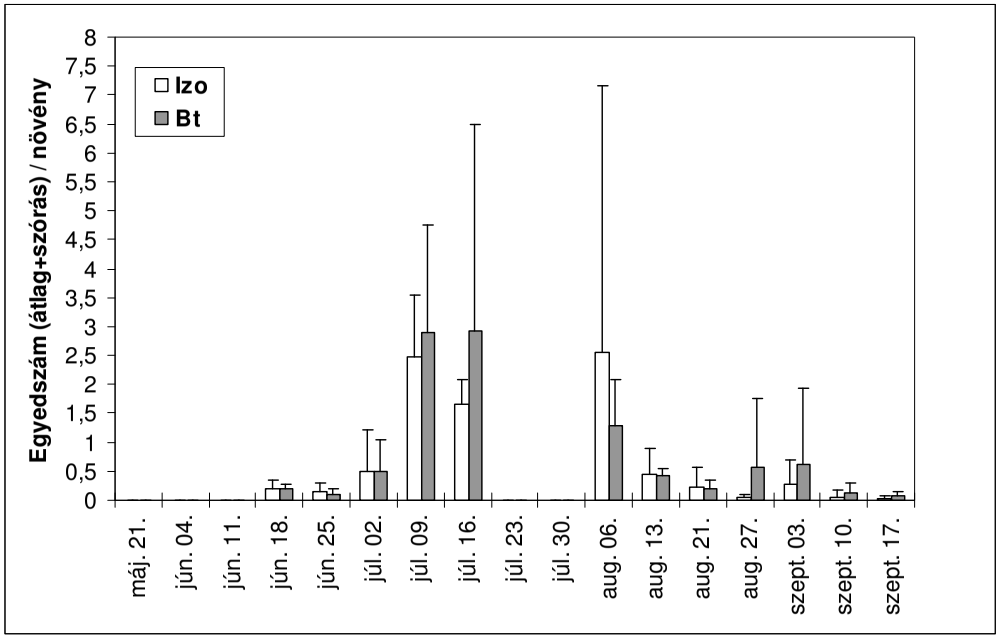
44. ábra: A Bt és az izogénes kukoricában felvételezett levéltetű populációk idősoranalitikai kereszt-korrelációja (Time Series Analysis, Sóskút, 2003)



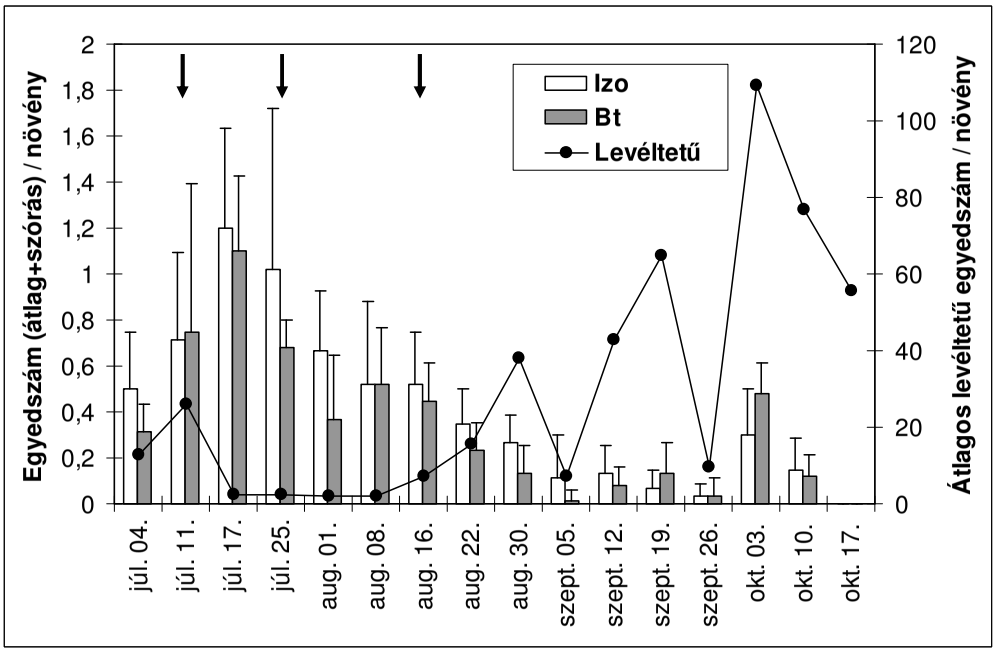
45. ábra: A levéltetvek szezonális abundancia-dinamikája a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2001)



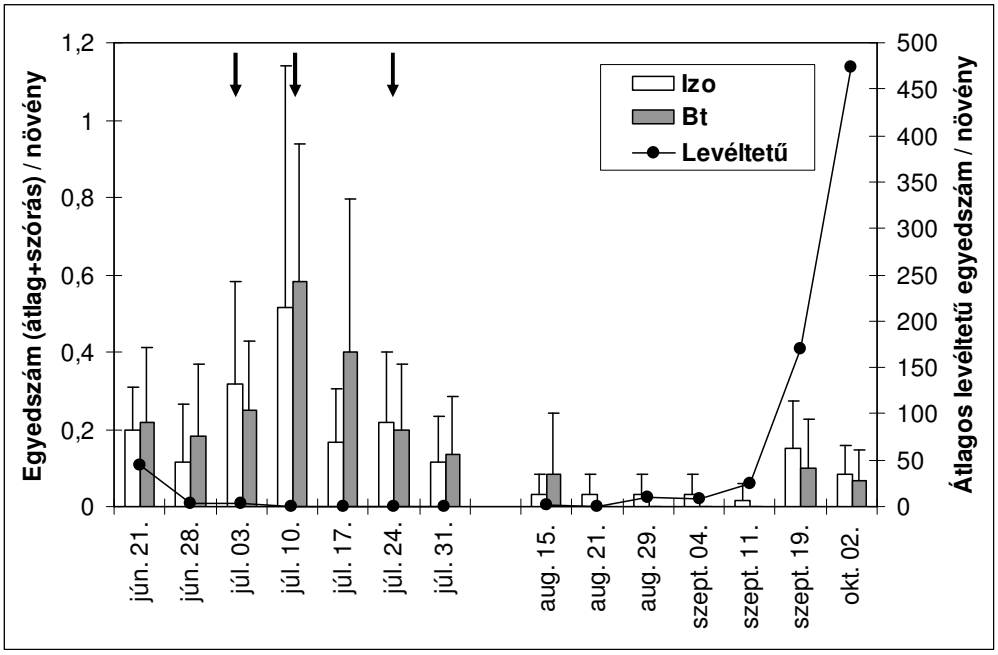
46. ábra: A levéltetvek szezonális abundancia-dinamikája a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2002)



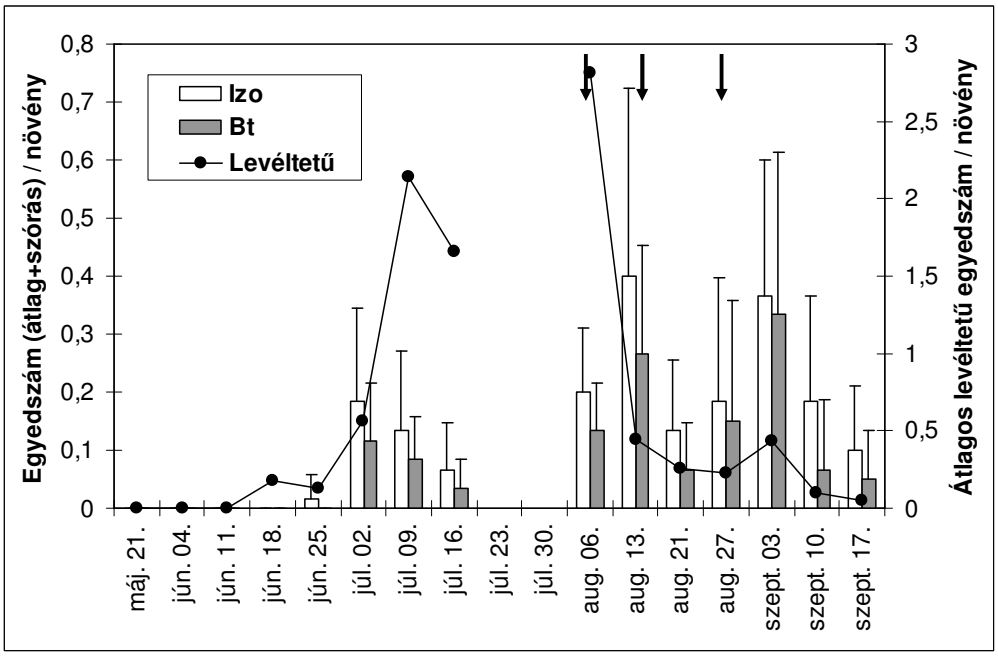
47. ábra: A levéltetvek szezonális abundancia-dinamikája a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2003)



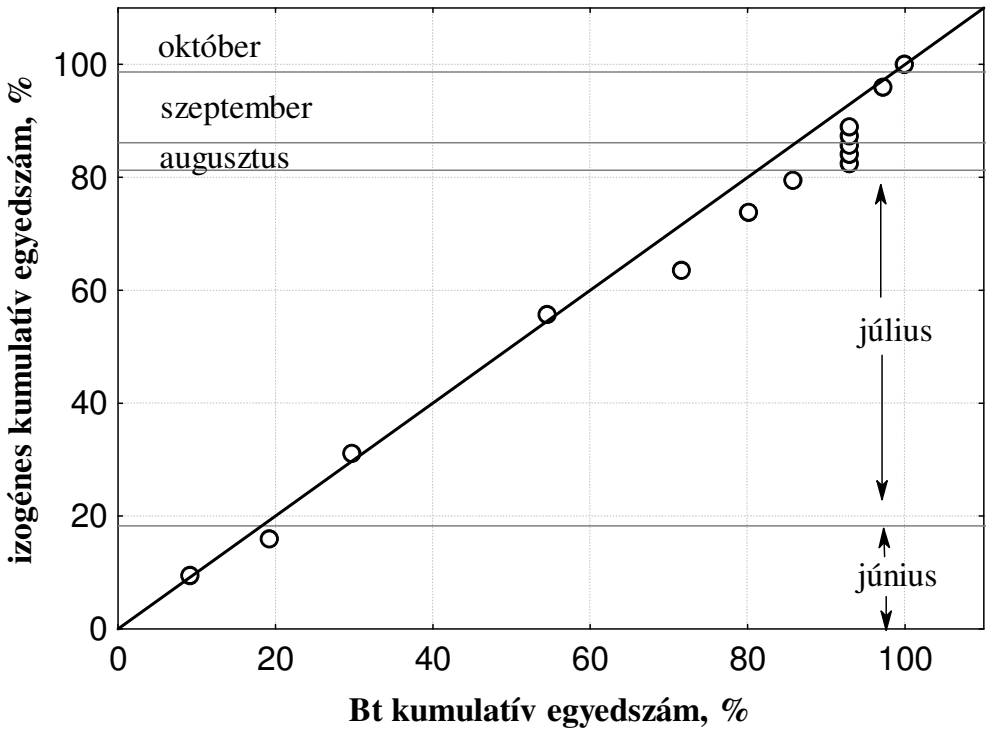
48. ábra: Az afidofág katicabogár-együttesek imágóinak szezonális abundancia-dinamikája a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2001)



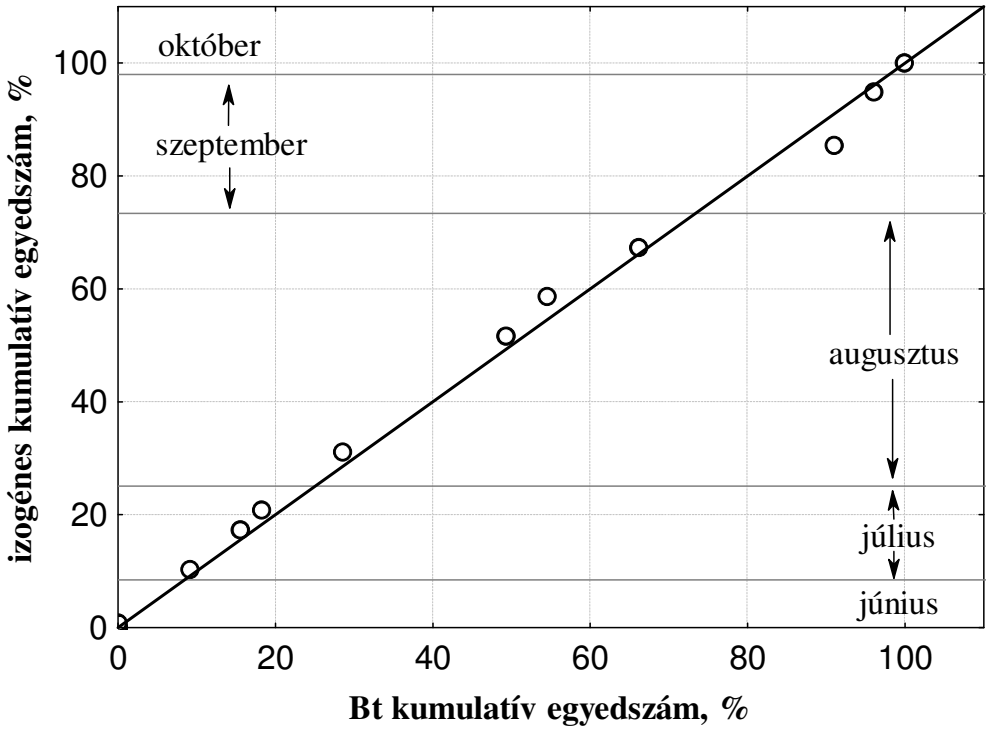
49. ábra: Az afidofág katicabogár-együttesek imágóinak szezonális abundancia-dinamikája a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2002)



50. ábra: Az afidofág katicabogár-együttesek imágóinak szezonális abundancia-dinamikája a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2003)



51. ábra: A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott afidofág katicabogár-együttes imágóinak szezonális aktivitásának összehasonlítása (Sóskút, 2002)



52. ábra: A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott afidofág katicabogár-együttes imágóinak szezonális aktivitásának összehasonlítása (Sóskút, 2003)

42. táblázat: Az egyedi növényvizsgálattal felvételezett afidofág katicabogár imágók egyedszámának időpontonkénti összehasonlításának eredménye (GLM Repeated measures ANOVA; Sóskút, 2001). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

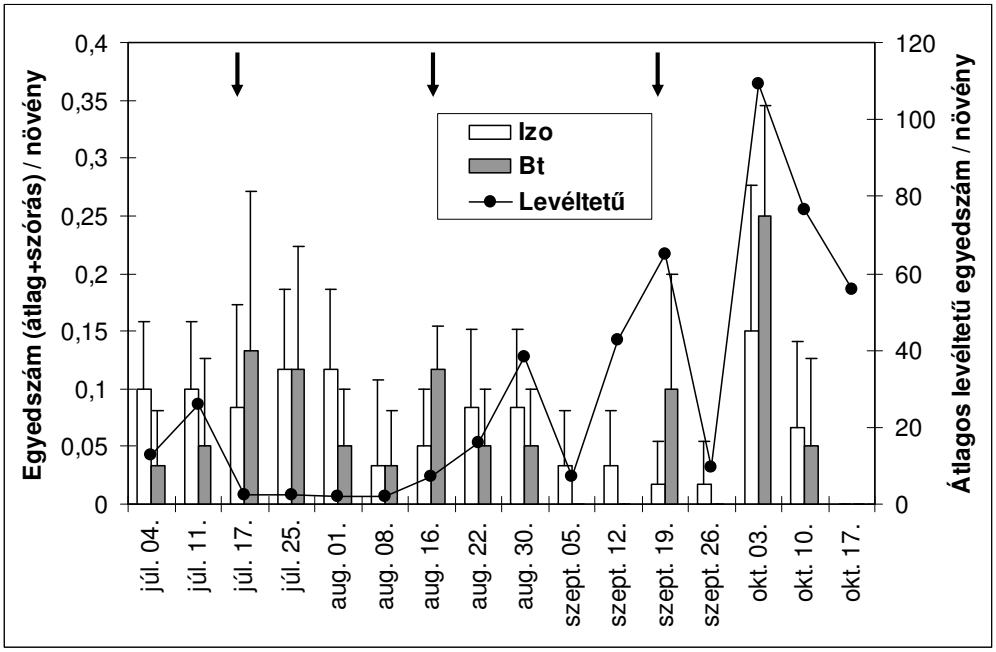
GLM ANOVA	*SS*	*d.f.*	*MS*	*F*	*p*
Intercept	2683,391	1	2683,391	167,1628	0,000049
Error	80,263	5	16,053		
Kezelés	76,160	1	76,160	5,7335	0,062043
Error	66,417	5	13,283		
Időpont	1238,859	12	103,238	12,5141	0,000000
Error	494,987	60	8,250		
Kezelés*Időpont	74,090	12	6,174	0,9017	0,550386
Error	410,833	60	6,847		

43. táblázat: Az egyedi növényvizsgálattal felvételezett az afidofág katicabogár imágók egyedszámának időpontonkénti összehasonlításának eredménye (GLM Repeated measures ANOVA; Sóskút, 2002). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

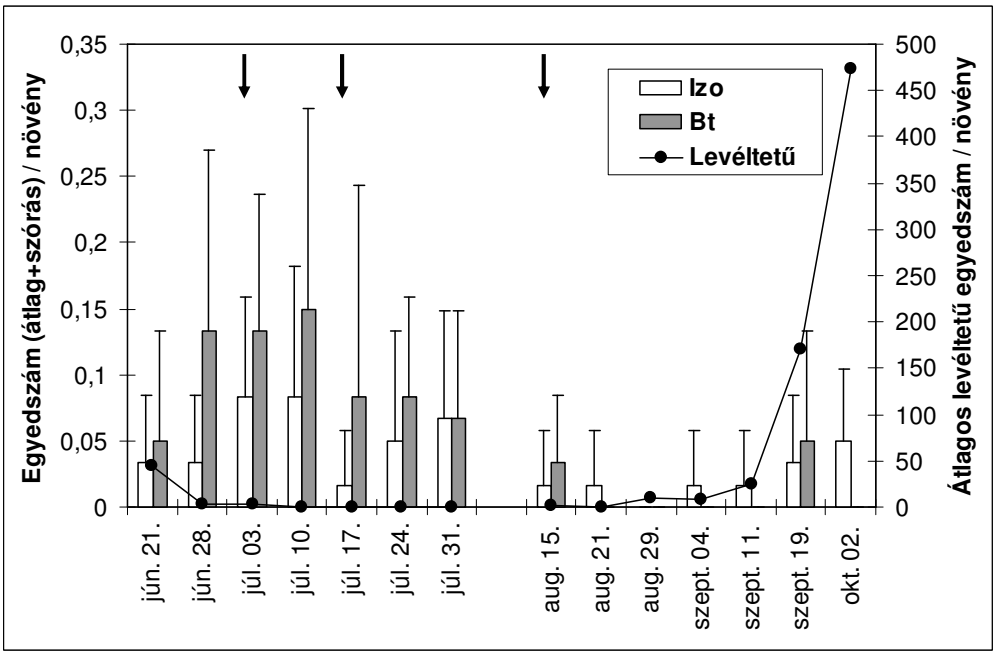
GLM ANOVA	*SS*	*d.f.*	*MS*	*F*	*p*
Intercept	560,6667	1	560,6667	112,8859	0,000128
Error	24,8333	5	4,9667		
Kezelés	2,6667	1	2,6667	0,6178	0,467476
Error	21,5833	5	4,3167		
Időpont	163,6667	7	23,3810	3,2112	0,009807
Error	254,8333	35	7,2810		
Kezelés*Időpont	18,6667	7	2,6667	0,4422	0,868651
Error	211,0833	35	6,0310		

44. táblázat: Az egyedi növényvizsgálattal felvételezett afidofág katicabogár imágók egyedszámának időpontonkénti összehasonlításának eredménye (GLM Repeated measures ANOVA; Sóskút, 2003). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

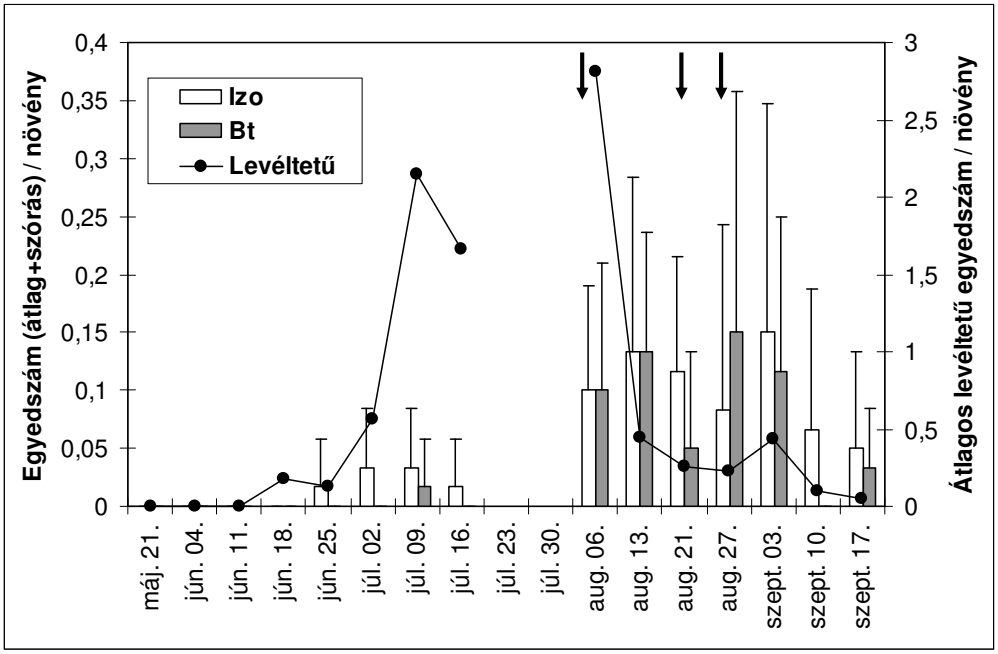
GLM ANOVA	*SS*	*d.f.*	*MS*	*F*	*p*
Intercept	330,7500	1	330,7500	115,6019	0,000121
Error	14,3056	5	2,8611		
Kezelés	12,6759	1	12,6759	2,1331	0,203985
Error	29,7130	5	5,9426		
Időpont	94,8333	8	11,8542	4,6665	0,000438
Error	101,6111	40	2,5403		
Kezelés*Időpont	2,9074	8	0,3634	0,1230	0,997960
Error	118,2037	40	2,9551		



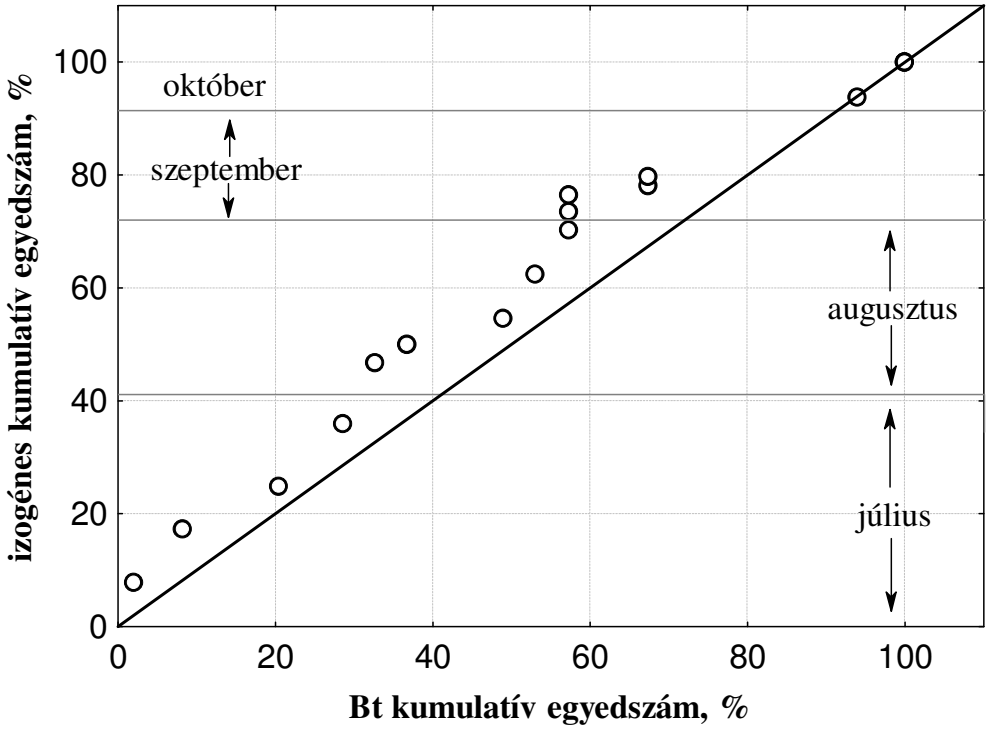
53. ábra: A. *Coccinella septempunctata* imágóinak szezonális abundancia-dinamikája a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2001)



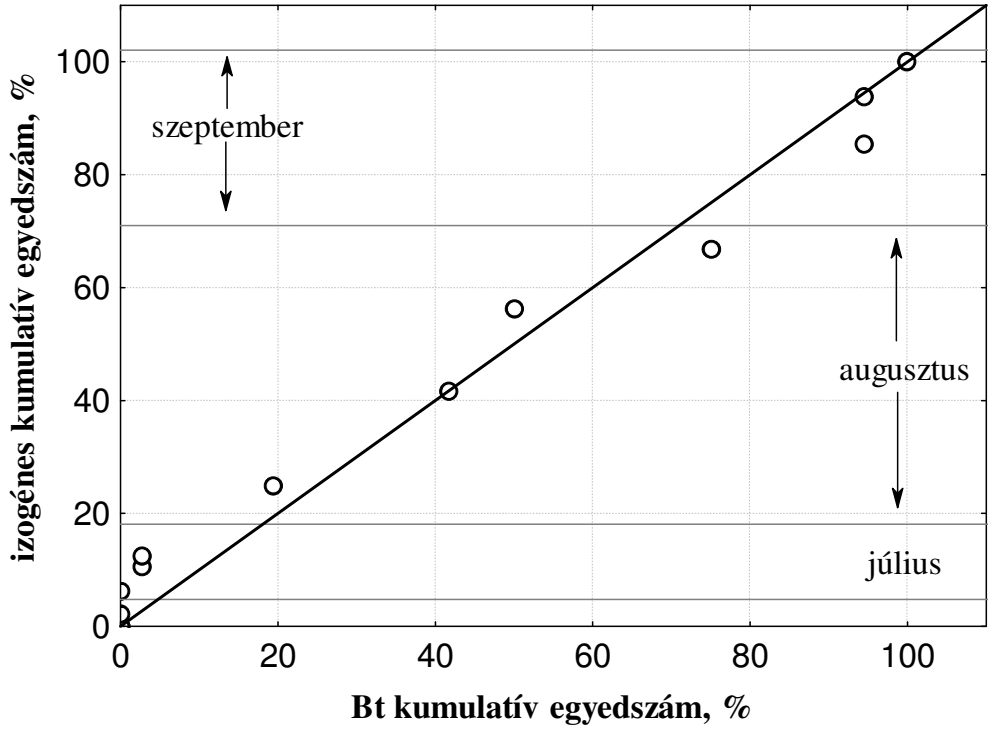
54. ábra: A *Coccinella septempunctata* imágóinak szezonális abundancia-dinamikája a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2002)



55. ábra: A *Coccinella septempunctata* imágóinak szezonális abundancia-dinamikája a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2003)



56. ábra: A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott *Coccinella septempunctata* imágóinak szezonális aktivitásának összehasonlítása (Sóskút, 2002)



57. ábra: A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott *Coccinella septempunctata* imágóinak szezonális aktivitásának összehasonlítása (Sóskút, 2003)

45. táblázat: Az egyedi növényvizsgálattal felvételezett *Coccinella septempunctata* Linnaeus imágók egyedszámának időpontonkénti összehasonlításának eredménye (GLM Repeated measures ANOVA, LSD teszt; Sóskút, 2001). A szignifikáns különbségeket pirossal jelöltük, p<0,05.

GLM ANOVA	*SS*	*d.f.*	*MS*	*F*	*p*
Intercept	105,4848	1	105,4848	102,3824	0,000162
Error	5,1515	5	1,0303		
Kezelés	0,0303	1	0,0303	0,0373	0,854430
Error	4,0606	5	0,8121		
Időpont	20,5152	10	2,0515	2,2872	0,026840
Error	44,8485	50	0,8970		
Kezelés*Időpont	11,3030	10	1,1303	2,2968	0,026228
Error	24,6061	50	0,4921		

45. ábra: folytatás

Fisher LSD teszt	Kezelés	Időpont	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}
1	1	1		1,000	0,682	0,682	0,682	0,223	0,682	0,682	0,045	0,223	0,414
2	1	2	1,000		0,682	0,682	0,682	0,223	0,682	0,682	0,045	0,223	0,414
3	1	3	0,682	0,682		0,414	0,414	0,414	1,000	1,000	0,106	0,106	0,682
4	1	4	0,682	0,682	0,414		1,000	0,106	0,414	0,414	0,017	0,414	0,223
5	1	5	0,682	0,682	0,414	1,000		0,106	0,414	0,414	0,017	0,414	0,223
6	1	6	0,223	0,223	0,414	0,106	0,106		0,414	0,414	0,414	0,017	0,682
7	1	7	0,682	0,682	1,000	0,414	0,414	0,414		1,000	0,106	0,106	0,682
8	1	8	0,682	0,682	1,000	0,414	0,414	0,414	1,000		0,106	0,106	0,682
9	1	9	0,045	0,045	0,106	0,017	0,017	0,414	0,106	0,106		0,002	0,223
10	1	10	0,223	0,223	0,106	0,414	0,414	0,017	0,106	0,106	0,002		0,045
11	1	11	0,414	0,414	0,682	0,223	0,223	0,682	0,682	0,682	0,223	0,045	
12	2	1	0,106	0,106	0,223	0,045	0,045	0,682	0,223	0,223	0,682	0,006	0,414
13	2	2	0,223	0,223	0,414	0,106	0,106	1,000	0,414	0,414	0,414	0,017	0,682
14	2	3	0,414	0,414	0,223	0,682	0,682	0,045	0,223	0,223	0,006	0,682	0,106
15	2	4	0,682	0,682	0,414	1,000	1,000	0,106	0,414	0,414	0,017	0,414	0,223
16	2	5	0,223	0,223	0,414	0,106	0,106	1,000	0,414	0,414	0,414	0,017	0,682
17	2	6	0,682	0,682	0,414	1,000	1,000	0,106	0,414	0,414	0,017	0,414	0,223
18	2	7	0,223	0,223	0,414	0,106	0,106	1,000	0,414	0,414	0,414	0,017	0,682
19	2	8	0,223	0,223	0,414	0,106	0,106	1,000	0,414	0,414	0,414	0,017	0,682
20	2	9	1,000	1,000	0,682	0,682	0,682	0,223	0,682	0,682	0,045	0,223	0,414
21	2	10	0,001	0,001	0,000	0,002	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,017	0,000
22	2	11	0,223	0,223	0,414	0,106	0,106	1,000	0,414	0,414	0,414	0,017	0,682

45. ábra: folytatás

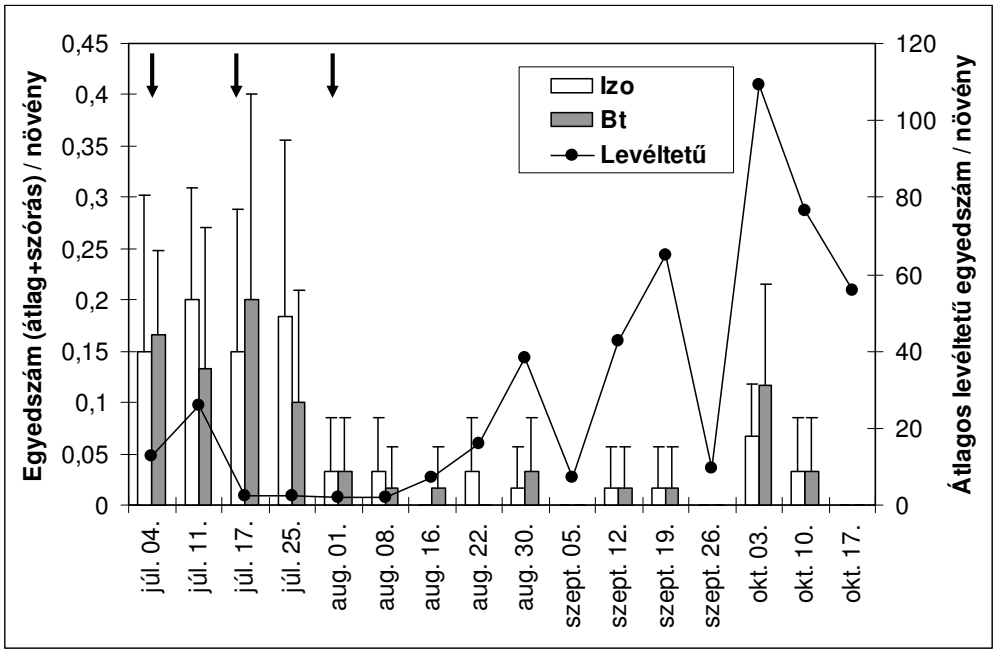
Fisher LSD teszt	Kezelés	Időpont	{12}	{13}	{14}	{15}	{16}	{17}	{18}	{19}	{20}	{21}	{22}
1	1	1	0,106	0,223	0,414	0,682	0,223	0,682	0,223	0,223	1,000	0,001	0,223
2	1	2	0,106	0,223	0,414	0,682	0,223	0,682	0,223	0,223	1,000	0,001	0,223
3	1	3	0,223	0,414	0,223	0,414	0,414	0,414	0,414	0,414	0,682	0,000	0,414
4	1	4	0,045	0,106	0,682	1,000	0,106	1,000	0,106	0,106	0,682	0,002	0,106
5	1	5	0,045	0,106	0,682	1,000	0,106	1,000	0,106	0,106	0,682	0,002	0,106
6	1	6	0,682	1,000	0,045	0,106	1,000	0,106	1,000	1,000	0,223	0,000	1,000
7	1	7	0,223	0,414	0,223	0,414	0,414	0,414	0,414	0,414	0,682	0,000	0,414
8	1	8	0,223	0,414	0,223	0,414	0,414	0,414	0,414	0,414	0,682	0,000	0,414
9	1	9	0,682	0,414	0,006	0,017	0,414	0,017	0,414	0,414	0,045	0,000	0,414
10	1	10	0,006	0,017	0,682	0,414	0,017	0,414	0,017	0,017	0,223	0,017	0,017
11	1	11	0,414	0,682	0,106	0,223	0,682	0,223	0,682	0,682	0,414	0,000	0,682
12	2	1		0,682	0,017	0,045	0,682	0,045	0,682	0,682	0,106	0,000	0,682
13	2	2	0,682		0,045	0,106	1,000	0,106	1,000	1,000	0,223	0,000	1,000
14	2	3	0,017	0,045		0,682	0,045	0,682	0,045	0,045	0,414	0,006	0,045
15	2	4	0,045	0,106	0,682		0,106	1,000	0,106	0,106	0,682	0,002	0,106
16	2	5	0,682	1,000	0,045	0,106		0,106	1,000	1,000	0,223	0,000	1,000
17	2	6	0,045	0,106	0,682	1,000	0,106		0,106	0,106	0,682	0,002	0,106
18	2	7	0,682	1,000	0,045	0,106	1,000	0,106		1,000	0,223	0,000	1,000
19	2	8	0,682	1,000	0,045	0,106	1,000	0,106	1,000		0,223	0,000	1,000
20	2	9	0,106	0,223	0,414	0,682	0,223	0,682	0,223	0,223		0,001	0,223
21	2	10	0,000	0,000	0,006	0,002	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001		0,000
22	2	11	0,682	1,000	0,045	0,106	1,000	0,106	1,000	1,000	0,223	0,000	

46. táblázat: Az egyedi növényvizsgálattal felvételezett *Coccinella septempunctata* Linnaeus imágók egyedszámának időpontonkénti összehasonlításának eredménye (GLM Repeated measures ANOVA; Sóskút, 2002). A szignifikáns különbségeket pirossal jelöltük, p<0,05.

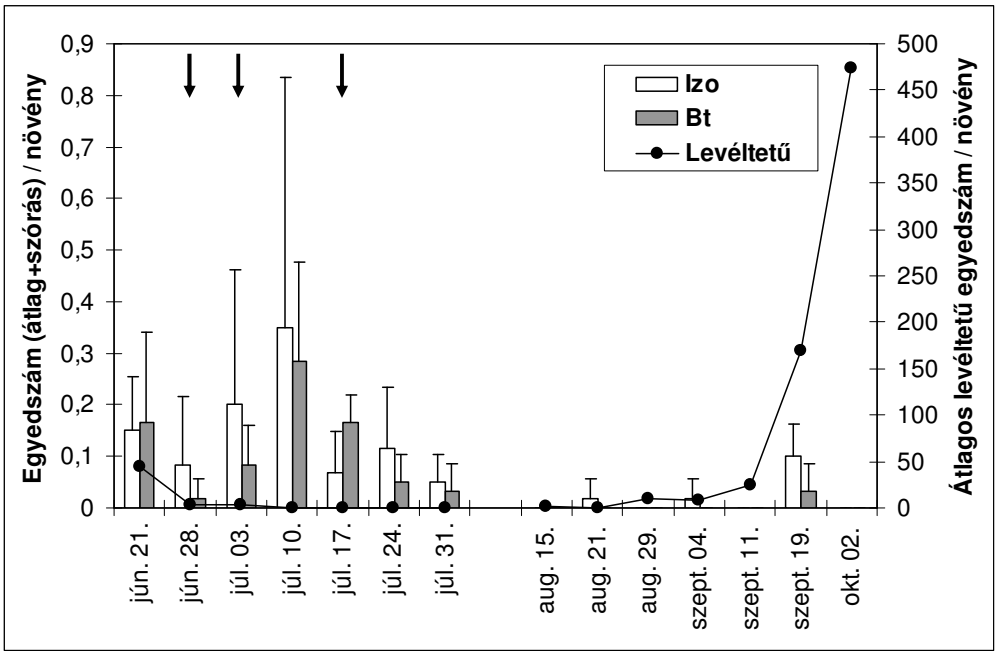
GLM ANOVA	*SS*	*d.f.*	*MS*	*F*	*p*
Intercept	46,72222	1	46,72222	84,10000	0,000259
Error	2,77778	5	0,55556		
Kezelés	3,55556	1	3,55556	13,91304	0,013571
Error	1,27778	5	0,25556		
Időpont	4,77778	5	0,95556	0,75306	0,591770
Error	31,72222	25	1,26889		
Kezelés*Időpont	1,94444	5	0,38889	0,56452	0,726206
Error	17,22222	25	0,68889		

47. táblázat: Az egyedi növényvizsgálattal felvételezett *Coccinella septempunctata* Linnaeus imágók egyedszámának időpontonkénti összehasonlításának eredménye (GLM Repeated measures ANOVA; Sóskút, 2003). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

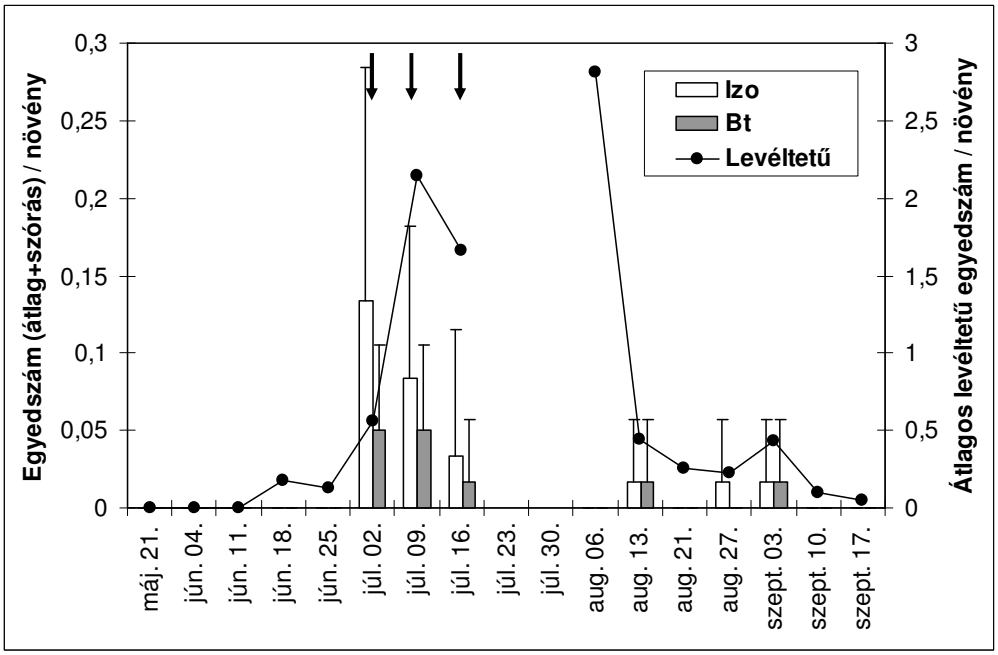
GLM ANOVA	*SS*	*d.f.*	*MS*	*F*	*p*
Intercept	77,06667	1	77,06667	222,3077	0,000025
Error	1,73333	5	0,34667		
Kezelés	0,06667	1	0,06667	0,0847	0,782656
Error	3,93333	5	0,78667		
Időpont	2,26667	4	0,56667	0,4370	0,780327
Error	25,93333	20	1,29667		
Kezelés*Időpont	2,93333	4	0,73333	0,2220	0,922964
Error	66,06667	20	3,30333		



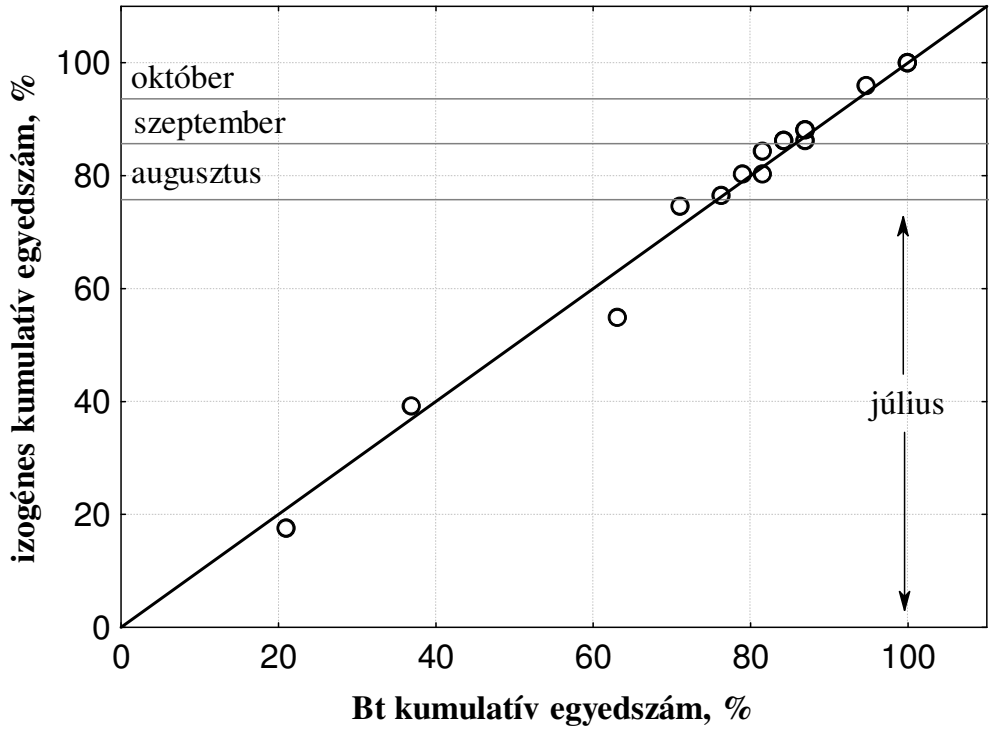
58. ábra: A *Propylea quatuordecimpunctata* imágóinak szezonális abundancia-dinamikája a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2001)



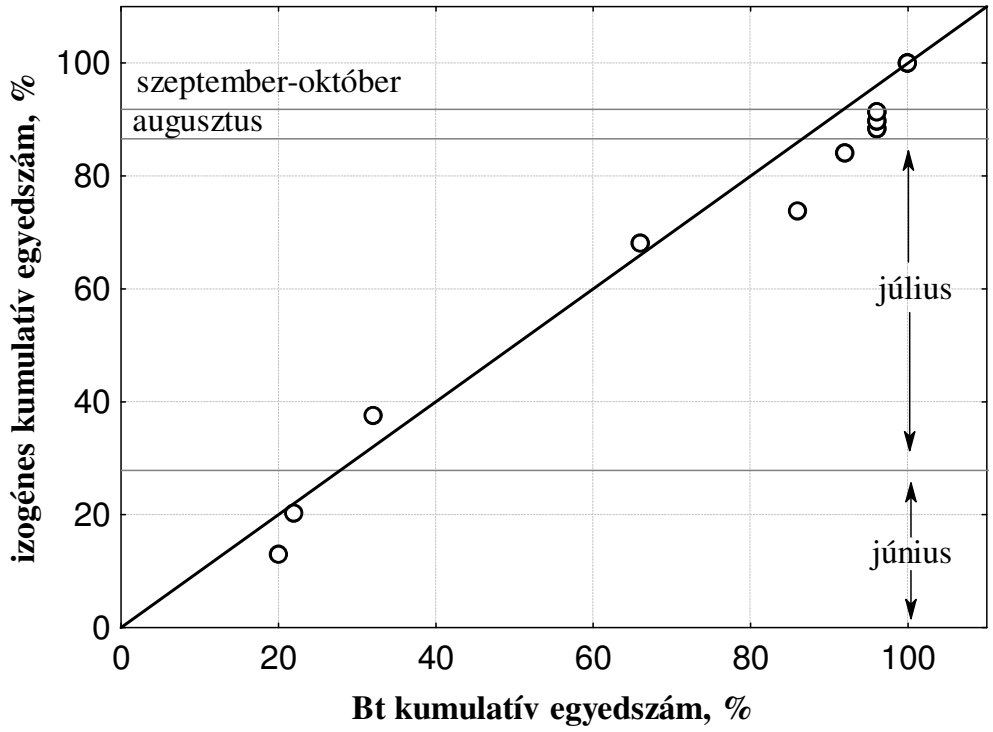
59. ábra: A *Propylea quatuordecimpunctata* imágóinak szezonális abundancia-dinamikája a mintázott Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2002)



60. ábra: A *Propylea quatuordecimpunctata* imágóinak szezonális abundancia-dinamikája a mintázott Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2003)



61. ábra: A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott *Propylea quatuordecimpunctata* imágóinak szezonális aktivitásának összehasonlítása (Sóskút, 2001)



62. ábra: A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott *Propylea quatuordecimpunctata* imágóinak szezonális aktivitásának összehasonlítása (Sóskút, 2002)

48. táblázat: Az egyedi növényvizsgálattal felvételezett *Propylea quatuordecimpunctata* (Linnaeus) imágók egyedszámának időpontonkénti összehasonlításának eredménye (GLM Repeated measures ANOVA; Sóskút, 2001). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

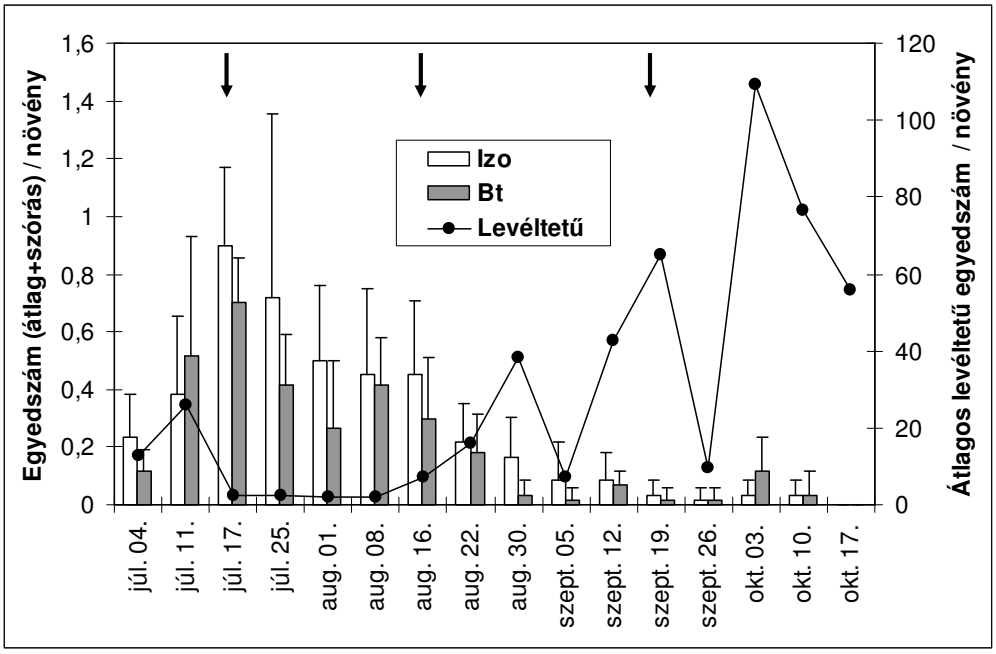
GLM ANOVA	*SS*	*d.f.*	*MS*	*F*	*p*
Intercept	129,0667	1	129,0667	136,3380	0,000081
Error	4,7333	5	0,9467		
Kezelés	0,0667	1	0,0667	0,0625	0,812534
Error	5,3333	5	1,0667		
Időpont	5,2667	4	1,3167	0,5861	0,676426
Error	44,9333	20	2,2467		
Kezelés*Időpont	4,9333	4	1,2333	0,7789	0,551942
Error	31,6667	20	1,5833		

49. táblázat: Az egyedi növényvizsgálattal felvételezett *Propylea quatuordecimpunctata* (Linnaeus) imágók egyedszámának időpontonkénti összehasonlításának eredménye (GLM Repeated measures ANOVA, Sóskút, 2002). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

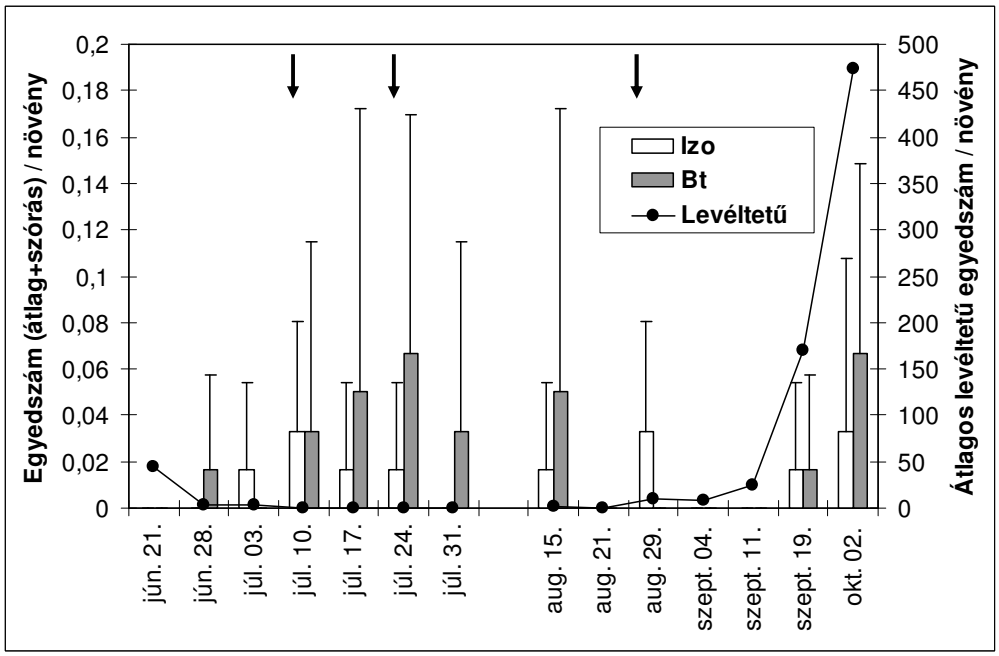
GLM ANOVA	*SS*	*d.f.*	*MS*	*F*	*p*
Intercept	156,0556	1	156,0556	67,20096	0,000440
Error	11,6111	5	2,3222		
Kezelés	2,0000	1	2,0000	0,60000	0,473597
Error	16,6667	5	3,3333		
Időpont	48,4444	5	9,6889	2,82018	0,037443
Error	85,8889	25	3,4356		
Kezelés*Időpont	9,1667	5	1,8333	0,47660	0,790177
Error	96,1667	25	3,8467		

50. táblázat: Az egyedi növényvizsgálattal felvételezett *Propylea quatuordecimpunctata* (Linnaeus) imágók egyedszámának időpontonkénti összehasonlításának eredménye (GLM Repeated measures ANOVA; Sóskút, 2003). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

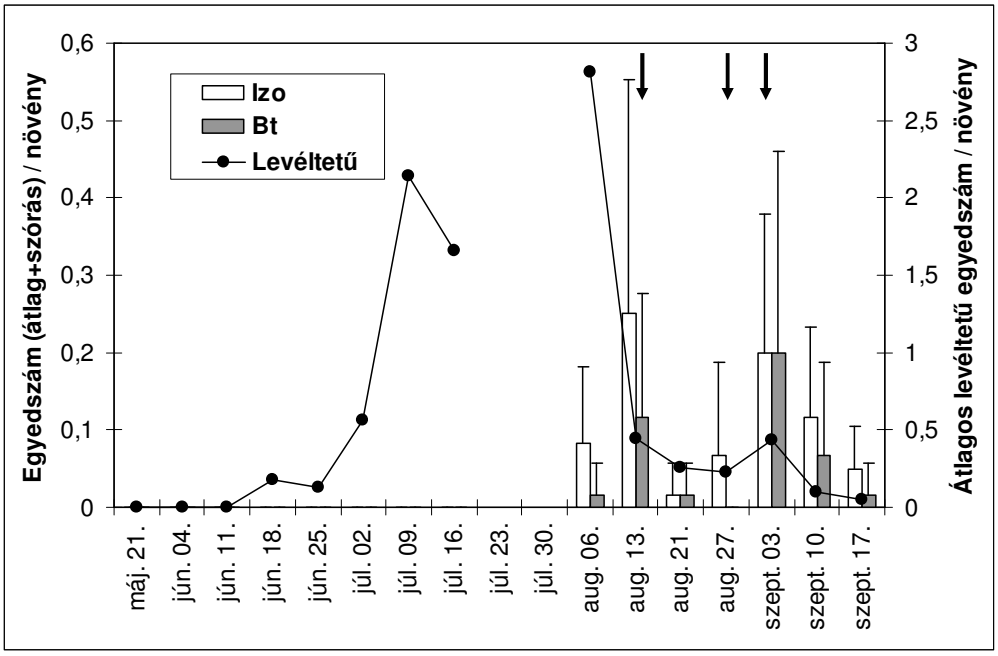
GLM ANOVA	*SS*	*d.f.*	*MS*	*F*	*p*
Intercept	15,04167	1	15,04167	13,17518	0,015064
Error	5,70833	5	1,14167		
Kezelés	2,04167	1	2,04167	1,52174	0,272179
Error	6,70833	5	1,34167		
Időpont	0,37500	1	0,37500	0,55556	0,489590
Error	3,37500	5	0,67500		
Kezelés*Időpont	0,37500	1	0,37500	0,55556	0,489590
Error	3,37500	5	0,67500		



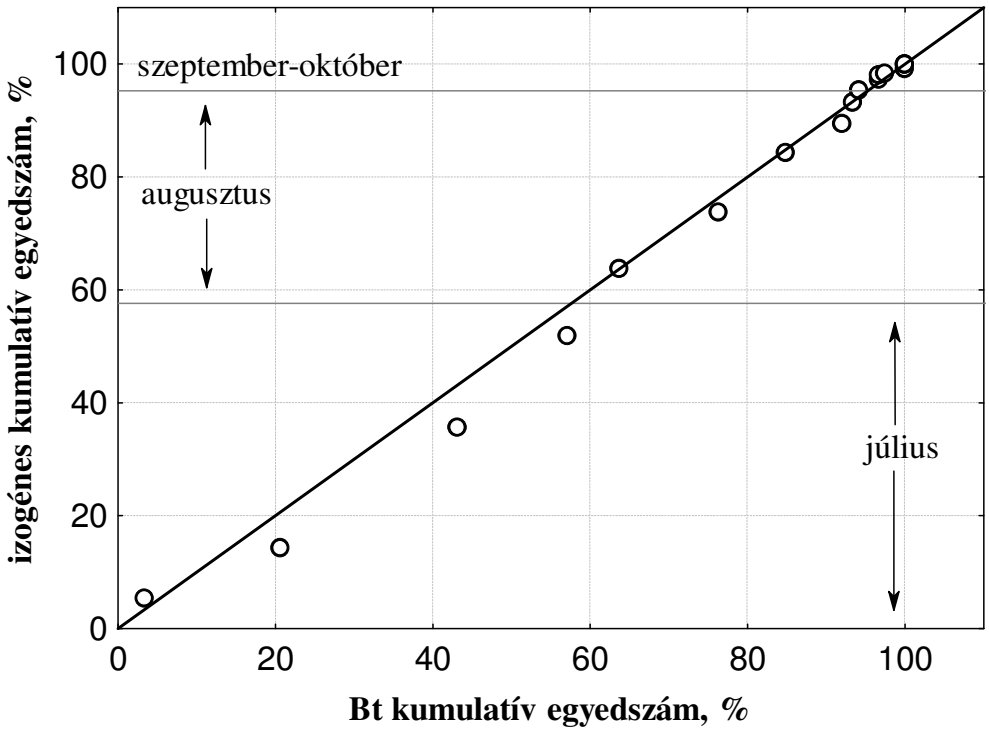
63. ábra: A *Hippodamia variegata* imágóinak szezonális abundancia-dinamikája a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2001)



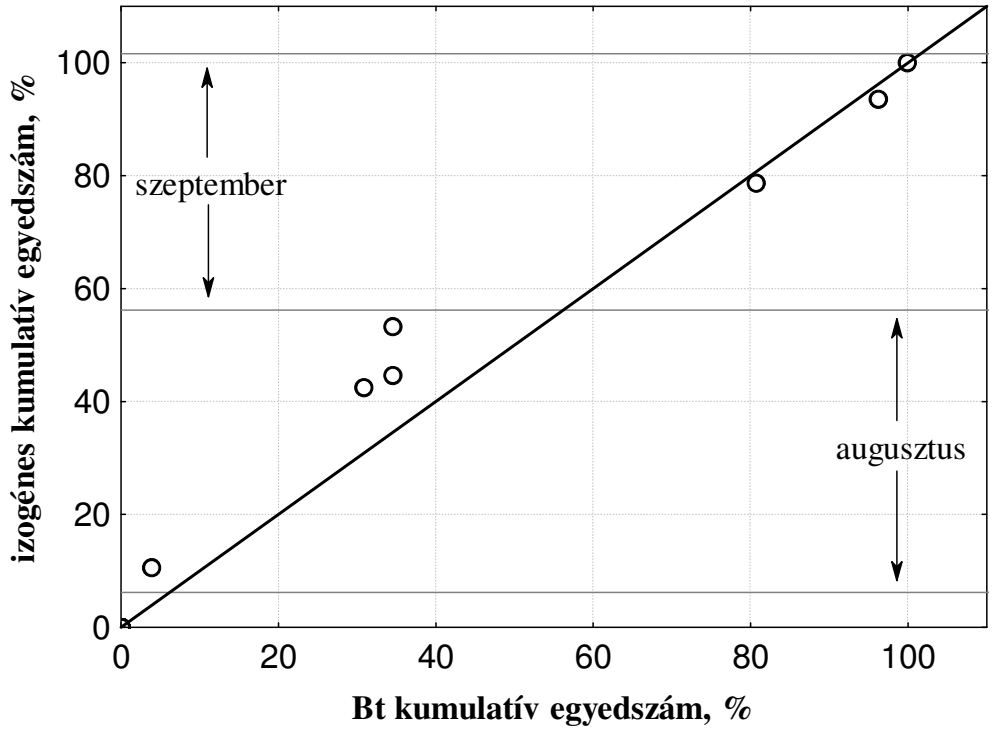
64. ábra: A *Hippodamia variegata* imágóinak szezonális abundancia-dinamikája a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2002)



65. ábra: A *Hippodamia variegata* imágóinak szezonális abundancia-dinamikája a Bt és az izogénes kukorica állományokban (Sóskút, 2003)



66. ábra: A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott *Hippodamia variegata* imágóinak szezonális aktivitásának összehasonlítása (Sóskút, 2001)



67. ábra: A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott *Hippodamia variegata* imágóinak szezonális aktivitásának összehasonlítása (Sóskút, 2003)

51. táblázat: Az egyedi növényvizsgálattal felvételezett *Hippodamia variegata* (Goeze) imágók egyedszámának időpontonkénti összehasonlításának eredménye (GLM Repeated measures ANOVA, Sóskút, 2001). A szignifikáns különbségeket pirossal jelöltük, p<0,05.

GLM ANOVA	*SS*	*d.f.*	*MS*	*F*	*p*
Intercept	1356,694	1	1356,694	1221,025	0,000000
Error	5,556	5	1,111		
Kezelés	28,444	1	28,444	8,904	0,030658
Error	15,972	5	3,194		
Időpont	723,306	11	65,755	14,557	0,000000
Error	248,444	55	4,517		
Kezelés*Időpont	52,556	11	4,778	0,728	0,707180
Error	361,028	55	6,564		

52. táblázat: Az egyedi növényvizsgálattal felvételezett *Hippodamia variegata* (Goeze) imágók egyedszámának időpontonkénti statisztikai összehasonlításának eredménye (GLM Repeated measures ANOVA; Sóskút, 2003). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

GLM ANOVA	*SS*	*d.f.*	*MS*	*F*	*p*
Intercept	90,25000	1	90,25000	38,95683	0,001546
Error	11,58333	5	2,31667		
KEZELES	3,36111	1	3,36111	1,50873	0,273993
Error	11,13889	5	2,22778		
IDO	8,16667	2	4,08333	0,62341	0,555714
Error	65,50000	10	6,55000		
KEZELES*IDO	2,72222	2	1,36111	0,39708	0,682425
Error	34,27778	10	3,42778		

53. táblázat: A Bt és az izogénes kukoricásban felvételezett három domináns afidofág, és az akarifág katicabogarak közösségi szintű statisztikai összehasonlításának eredménye (PRC CANOCO; Sóskút, 2001)

Axes	1	2	3	4	Total variance
Eigenvalues:	0.016	0.009	0.007	0.002	1.000
Species-environment correlations:	0.342	0.272	0.238	0.186	
Cumulative percentage variance					
of species data :	3.6	5.7	7.3	7.7	
of species-environment relation:	46.6	74.0	94.1	100.0	
Sum of all eigenvalues					0.435
Sum of all canonical eigenvalues					0.034

Summary of Monte Carlo test

Test of significance of first canonical axis: eigenvalue = 0.016
F-ratio = 5.800
P-value = 0.9360

Test of significance of all canonical axes : Trace = 0.034
F-ratio = 0.812
P-value = 0.9360

54. táblázat: A Bt és az izogénes kukoricásban felvételezett három domináns afidofág, és az akarifág katicabogarak közösségi szintű statisztikai összehasonlításának eredménye (PRC CANOCO; Sóskút, 2002)

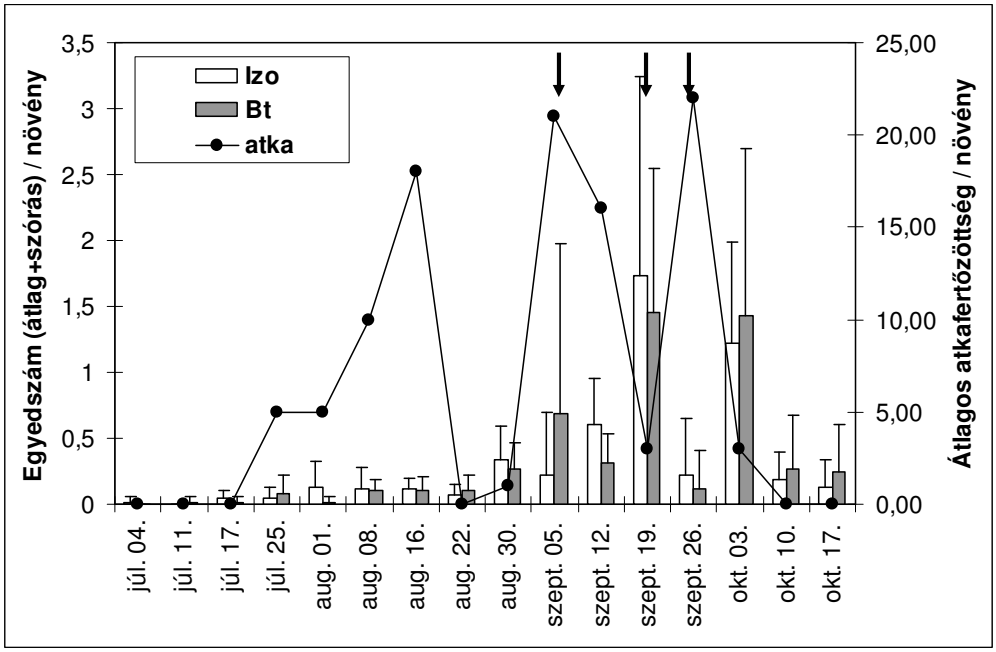
Axes	1	2	3	4	Total variance
Eigenvalues	0.023	0.013	0.009	0.003	1.000
Species-environment correlations:	0.306	0.346	0.263	0.171	
Cumulative percentage variance					
of species data :	4.1	6.3	7.9	8.3	
of species-environment relation:	48.8	75.8	94.6	100.0	
Sum of all eigenvalues					0.579
Sum of all canonical eigenvalues					0.048

Summary of Monte Carlo test
Test of significance of first canonical axis: eigenvalue = 0.023
F-ratio = 5.711
P-value = 0.8440
Test of significance of all canonical axes : Trace = 0.048
F-ratio = 0.875
P-value = 0.9100

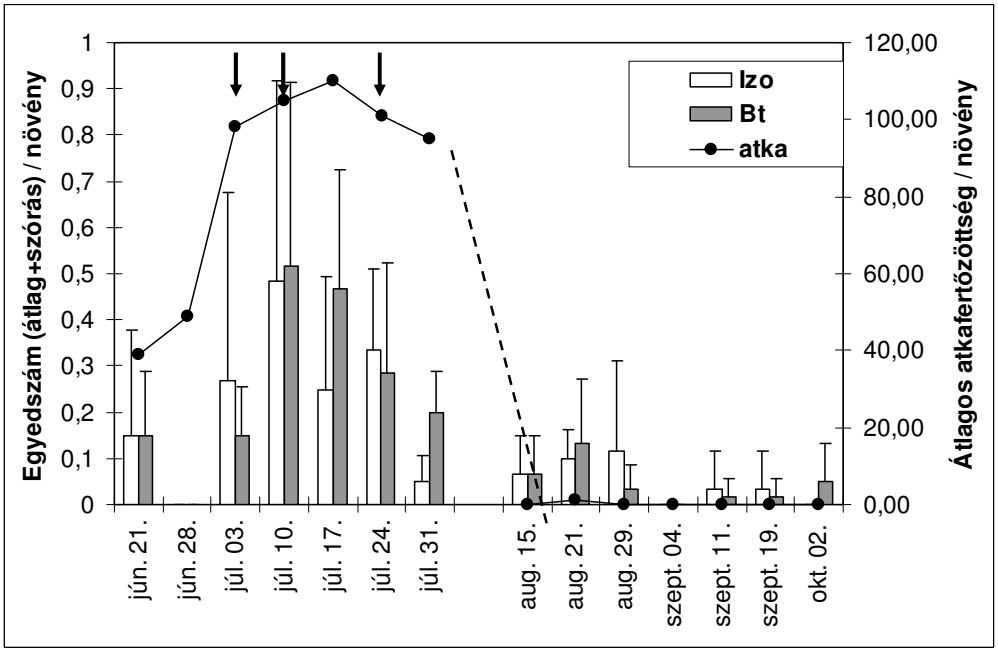
55. táblázat: A Bt és az izogénes kukoricásban felvételezett három domináns afidofág, és az akarifág katicabogarak közösségi szintű statisztikai összehasonlításának eredménye (PRC CANOCO; Sóskút, 2003)

Axes	1	2	3	4	Total variance
Eigenvalues:	0.031	0.017	0.006	0.003	1.000
Species-environment correlations:	0.337	0.290	0.207	0.180	
Cumulative percentage variance					
of species data :	4.3	6.7	7.5	8.0	
of species-environment relation:	53.9	83.9	94.0	100.0	
Sum of all eigenvalues					0.709
Sum of all canonical eigenvalues					0.057

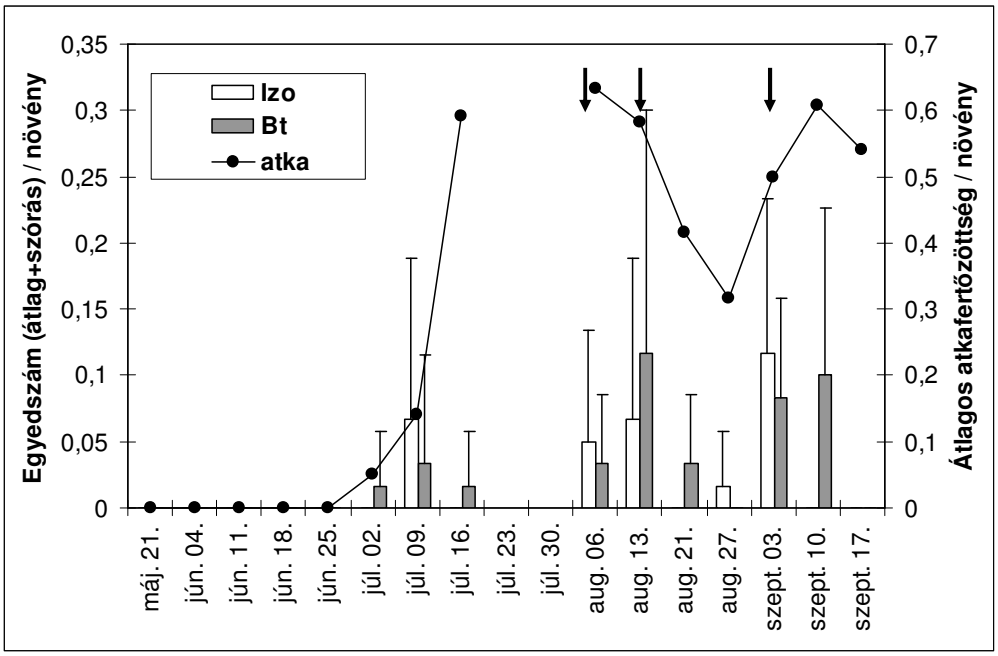
Summary of Monte Carlo test
Test of significance of first canonical axis: eigenvalue = 0.031
F-ratio = 4.726
P-value = 0.4300
Test of significance of all canonical axes : Trace = 0.057
F-ratio = 0.828
P-value = 0.3980



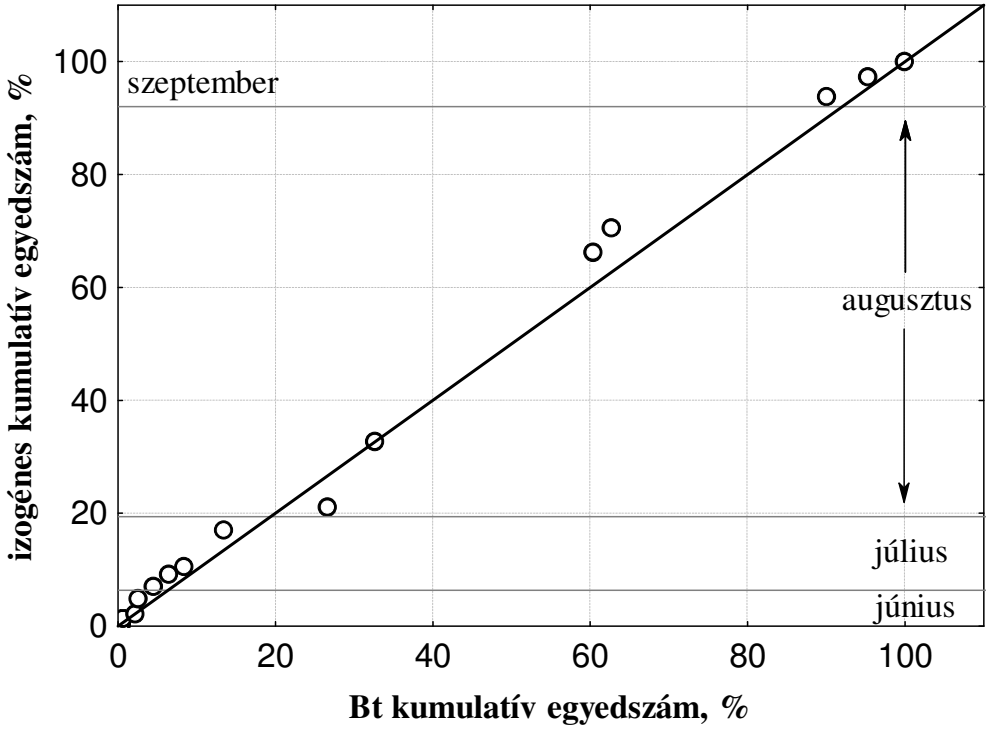
68. ábra: Az akarifág *Stethorus punctillum* katica imágóinak szezonális abundancia-dinamikája a Bt és az izogénes kukorica állományokban (atkafertőzöttség: fertőzött növények száma/120 minta; Sóskút, 2001)



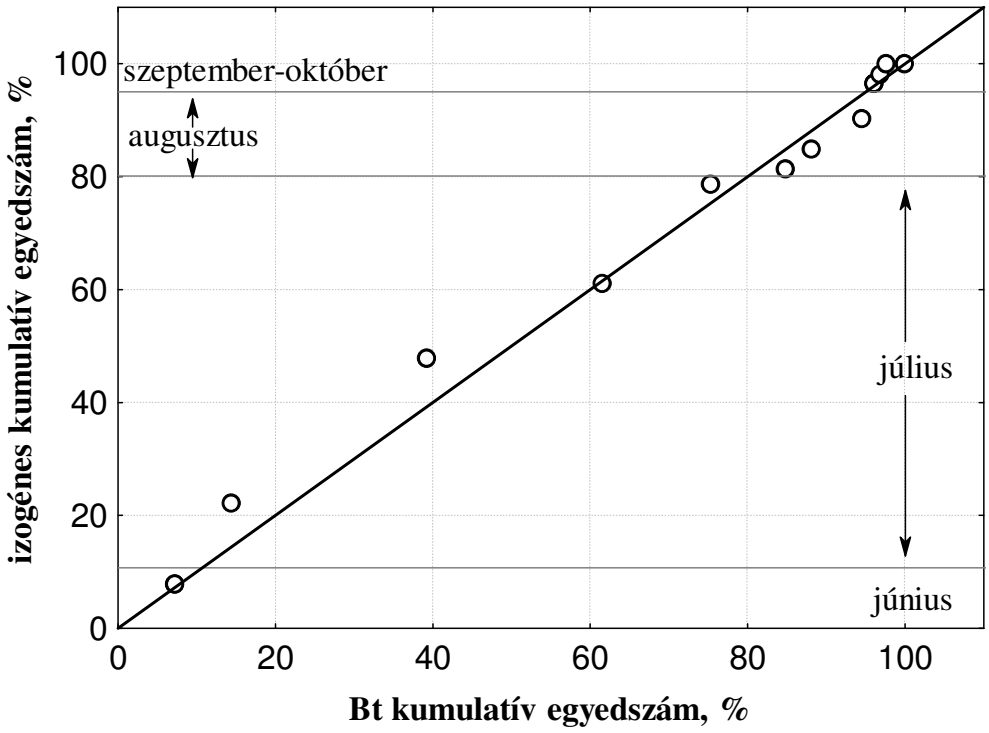
69. ábra. Az akarifág *Stethorus punctillum* katica imágóinak szezonális abundancia-dinamikája a Bt és az izogénes kukorica állományokban (atkafertőzöttség: fertőzött növények száma/120 minta; Sóskút, 2002)



70. ábra: Az akarifág *Stethorus punctillum* katica imágóinak szezonális abundancia-dinamikája a Bt és az izogénes kukorica állományokban (atkafertőzöttség: fertőzött növények száma/120 minta; Sóskút, 2003)



71. ábra: A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott *Stethorus punctillum* imágóinak szezonális aktivitásának összehasonlítása (Sóskút, 2001)



72. ábra: A Bt és az izogénes kukorica parcellákban mintázott *Stethorus punctillum* imágóinak szezonális aktivitásának összehasonlítása (Sóskút, 2002)

56. táblázat: Az egyedi növényvizsgálattal felvételezett akarifág *Stethorus punctillum* (Weise) imágók egyedszámának időpontonkénti összehasonlításának eredménye (GLM Repeated measures ANOVA; Sóskút, 2001). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

GLM ANOVA	*SS*	*d.f.*	*MS*	*F*	*p*
Intercept	2448,231	1	2448,231	35,74461	0,001876
Error	342,462	5	68,492		
Kezelés	0,103	1	0,103	0,00219	0,964449
Error	233,667	5	46,733		
Időpont	3488,436	12	290,703	7,22880	0,000000
Error	2412,872	60	40,215		
Kezelés*Időpont	142,897	12	11,908	0,53426	0,883753
Error	1337,333	60	22,289		

57. táblázat: Az egyedi növényvizsgálattal felvételezett akarifág *Stethorus punctillum* (Weise) imágók egyedszámának időpontonkénti összehasonlításának eredménye (GLM Repeated measures ANOVA; Sóskút, 2002). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

GLM ANOVA	*SS*	*d.f.*	*MS*	*F*	*p*
Intercept	485,5648	1	485,5648	53,36963	0,000753
Error	45,4907	5	9,0981		
Kezelés	1,1204	1	1,1204	0,42219	0,544511
Error	13,2685	5	2,6537		
Időpont	208,8519	8	26,1065	6,34451	0,000027
Error	164,5926	40	4,1148		
Kezelés*Időpont	27,2963	8	3,4120	0,60708	0,766352
Error	224,8148	40	5,6204		

58. táblázat: Az egyedi növényvizsgálattal felvételezett akarifág *Stethorus punctillum* (Weise) imágók egyedszámának időpontonkénti összehasonlításának eredménye (GLM Repeated measures ANOVA; Sóskút, 2003). A szignifikáns különbséget pirossal jelöltük, p<0,05.

GLM ANOVA	*SS*	*d.f.*	*MS*	*F*	*p*
Intercept	22,04167	1	22,04167	10,29183	0,023779
Error	10,70833	5	2,14167		
Kezelés	0,04167	1	0,04167	0,05618	0,822044
Error	3,70833	5	0,74167		
Időpont	0,04167	1	0,04167	0,02703	0,875856
Error	7,70833	5	1,54167		
Kezelés*Időpont	1,04167	1	1,04167	0,44484	0,534335
Error	11,70833	5	2,34167		

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném köszönetem kifejezni Témavezetőmnek dr. Kiss Józsefnek, aki tanulmányaim és munkám során szakmailag és emberileg is támogatott, bármilyen kérdésben bizalommal fordulhattam hozzá.

Köszönettel tartozom dr. Tóth Ferencnek, aki egyetemi éveim során tanácsokkal látott el és támogatta diplomamunkám és PhD értekezésem elkészülését.

Hálával tartozom Kádár Ferencnek, a MTA Növényvédelmi Kutatóintézet, Állattani Osztály, tudományos segédmunkatársának, a futóbogarak meghatározásában, a statisztikai elemzések elvégzésében, és az irodalmazásban nyújtott segítségéért. Köszönetem fejezem ki dr. Szentkirályi Ferencnek, a MTA NKI, Állattani Osztály, tudományos munkatársának, aki segítségemre volt a katicabogarak kinevelésében, meghatározásában, valamint a szakirodalom összegyűjtésében.

Köszönöm Perczel Mihálynak, az évek során elvégzett precíz agrotechnikáért, valamint a Sóskút Fruct Kft.-nek a kísérleti terület biztosításáért.

Köszönet illeti dr. Merkl Ottót a Magyar Természettudományi Múzeum Állattár, főmuzeológusát, a begyűjtött katicabogarak meghatározásában nyújtott segítségéért.

Köszönettel tartozom dr. Szőcs Gábornak, az MTA Növényvédelmi Kutatóintézet, Állattani Osztály vezetőjének, hogy munkámhoz helyet és feltételeket biztosított.

Szeretném köszönetem kifejezni azon munkatársaknak (SZIE, Növényvédelmi Intézet és MTA Növényvédelmi Kutatóintézet), akiket ugyan nem említek név szerint, de mind a terepmunkában, mind a laboratóriumi feldolgozásban segítségemre voltak.

Végül, de nem utolsó sorban hálásan köszönöm családom és barátaim kitartó türelmét és bíztatását, mellyel segítették dolgozatom elkészülését.

A dolgozat az EU-5 QLK3-CT-2000-00547 támogatásával készült.