

# **DOKTORI (PHD) ÉRTEKEZÉS**

**Németh Tamás**

**Keszthely**

**2012**

PANNON EGYETEM  
GEORGIKON KAR  
Növényvédelmi Intézet  
Növényvédelmi Állattani Osztály

ÁLLAT- ÉS AGRÁRKÖRNYEZET-TUDOMÁNYI DOKTORI  
ISKOLA

**Iskolavezető:**  
Dr. Anda Angéla  
egyetemi tanár

**Témavezetők:**  
†Dr. habil. Nádasy Miklós  
egyetemi docens

és

Dr. Marczali Zsolt  
egyetemi docens

**AZ AMERIKAI KUKORICABOGÁR (*DIABROTICA VIRGIFERA*  
*VIRGIFERA* LECONTE, 1868) ÖKOLÓGIÁJÁNAK, VALAMINT A  
LÁRVÁK ELLENI VÉDEKEZÉS LEHETŐSÉGÉNEK  
VIZSGÁLATA**

Készítette:  
**Németh Tamás**

Keszthely  
2012

AZ AMERIKAI KUKORICABOGÁR (*DIABROTICA VIRGIFERA VIRGIFERA*  
LECONTE, 1868) ÖKOLÓGIÁJÁNAK, VALAMINT A LÁRVÁK ELLENI  
VÉDEKEZÉS LEHETŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében

Írta:  
Németh Tamás

Készült a Pannon Egyetem Állat- és Agrárkörnyezet-tudományi Doktori iskolája  
keretében.

Témavezetők: †Dr. Nádasy Miklós és Dr. Marczali Zsolt

Elfogadásra javaslom (igen/nem)

.....  
aláírás

A jelölt a doktori szigorlaton .....%-ot ért el,

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom:

Bíráló neve.....igen/nem

.....  
aláírás

Bíráló neve.....igen/nem

.....  
aláírás

\*\*\*Bíráló neve.....igen/nem

.....  
aláírás

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján.....%-ot ért el

Veszprém/Keszthely,

.....  
a Bíráló Bizottság elnöke

A doktori PhD oklevél minősítése.....

.....  
az EDT elnöke

# TARTALOMJEGYZÉK

<b>KIVONAT</b> .....	6
<b>ABSTRACT</b> .....	7
<b>AUSZUG</b> .....	8
<b>1. BEVEZETÉS</b> .....	9
<b>2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS</b> .....	11
2.1. Az amerikai kukoricabogár taxonómiai besorolása és kártevő rokon fajainak rövid bemutatása .....	11
2.2. Az amerikai kukoricabogár morfológiai jellemzése .....	12
2.3. Az amerikai kukoricabogár elterjedése.....	14
2.4. Az amerikai kukoricabogár biológiája.....	17
2.4.1. Az amerikai kukoricabogár nyugalmi állapota és teelése.....	17
2.4.2. Az amerikai kukoricabogár posztembrionális egyedfejlődése .....	20
2.4.3. Az amerikai kukoricabogár rajzásfenológiája és tojásrakási etológiája .....	21
2.5. Az amerikai kukoricabogár tápnövény-választása és kártétele .....	22
2.5.1. A lárvák kártétele .....	22
2.5.2. Az imágók kártétele .....	23
2.5.3. A kukoricabogár lárvák táplálkozása és a hidroxám savak (cHx).....	24
2.6. Az amerikai kukoricabogár elleni védekezés lehetőségei .....	26
2.6.1. Agrotechnikai védekezés .....	27
2.6.2. Kémiai védekezés .....	28
2.6.3. Kukoricabogár toleráns hibridek .....	29
2.7. Az amerikai kukoricabogár előrejelzésének módszerei.....	31
2.7.1. Az imágók rajzásfigyelése .....	31
2.7.2. Nyugalmi időszakban végzett felmérés .....	32
2.7.3. Effektív hőösszeg számítás.....	33
2.7.4. Lárvaszám felmérésére vegetációban .....	34
2.8. Az amerikai kukoricabogár lárvák kártételének értékelése .....	34
<b>CÉLKITŰZÉS</b> .....	37
<b>3. ANYAG ÉS MÓDSZER</b> .....	38
3.1. Homogén mennyiségű kukoricabogár tojást tartalmazó talaj létrehozása, növényházi és laboratóriumi kísérletekhez .....	38
3.2. Atkák és az amerikai kukoricabogár ökológiai kapcsolatának vizsgálata izolált tenyészetekben .....	42
3.3. A hideg kezelések hatása az amerikai kukoricabogár embrió mortalitására .....	43
3.4. Kukoricabogár lárvák elleni készítmények összehasonlító vizsgálata .....	47
3.5. Kukorica hibridek kukoricabogárral szembeni ellenállóságának vizsgálata .....	51
3.5.1. Tenyészedenyes ellenállóság vizsgálat, szabadföldi és mesterségesen fertőzött talajjal .....	51
3.5.2. Szabadföldi hibrid összehasonlító vizsgálatok .....	56
3.5.3. A kukoricabogárral szembeni ellenállóság és a kukorica gyökér ciklikus hidroxámsav (cHx) tartalmának kapcsolata.....	58
<b>4. EREDMÉNYEK</b> .....	61
4.1. Homogén mennyiségű kukoricabogár tojást tartalmazó talaj létrehozása, növényházi és laboratóriumi kísérletekhez .....	61
4.2. Atkák és az amerikai kukoricabogár ökológiai kapcsolatának vizsgálata izolált tenyészetekben .....	63
4.3. A hidegkezelések hatása az amerikai kukoricabogár embrió mortalitására .....	66

4.4. Kukoricabogár lárvák elleni készítmények összehasonlító vizsgálata .....	68
4.5. Kukorica hibridek kukoricabogárral szembeni ellenállóságának vizsgálata .....	73
4.5.1. Tenyészedényes ellenállóság vizsgálat, szabadföldi és mesterségesen fertőzött talajjal .....	73
4.5.2. A szabadföldi hibrid összehasonlító vizsgálatok eredményei .....	77
4.5.3. A kukoricabogárral szembeni ellenállóság és a kukorica gyökér ciklikus hidroxámsav tartalmának kapcsolata .....	82
5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK .....	85
5.1. Homogén mennyiségű kukoricabogár tojást tartalmazó talaj létrehozása, növényházi és laboratóriumi kísérletekhez .....	85
5.2. Atkák és az amerikai kukoricabogár kapcsolatának vizsgálata izolált tenyészetekben .....	86
5.3. Hidegkezelések hatása az amerikai kukoricabogár embrió mortalitására .....	86
5.5. A kukorica hibridek kukoricabogárral szembeni ellenállóságának vizsgálata ....	89
5.5.1. Tenyészedényes ellenállóság vizsgálat, szabadföldi és mesterségesen tojásokkal kezelt talajjal.....	89
5.5.2. Szabadföldi hibrid összehasonlító vizsgálatok .....	90
5.5.3. A kukoricabogárral szembeni ellenállóság és a kukorica gyökér ciklikus hidroxámsav tartalmának kapcsolata .....	90
6. ÖSSZEFOGLALÁS .....	92
7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK .....	96
8. NOVEL SCIENTIFIC RESULTS .....	97
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS .....	98
9. IRODALOMJEGYZÉK .....	99
<b>FÜGGELÉK</b> .....	121

## KIVONAT

Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1868) Amerika, Európa és hazánk egyik legjelentősebb kukorica kártevője. Vizsgálataink során a kártevő biológiáját tanulmányoztuk és kezeletlen kukorica hibrideket hasonlítottunk össze, rezisztens vagy toleráns tulajdonságokat keresve.

Eredményes módszert dolgoztunk ki tenyészedények kukoricabogár tojásokkal történő ismert mértékű, homogén kezelésére. Műanyagból készült, 20 liter térfogatú tenyészedények talajába 90 db kukoricabogár tojást helyezve, átlagosan 1,73 node injury skálaértékű gyökérvártételt tapasztaltunk.

Izolált kukoricabogár tenyészetekben bizonyítottuk, hogy a nőstények primer natalitása júliusban átlagosan elérheti a  $773,6 \pm 308$ , míg augusztusban a  $459,2 \pm 300,8$  db tojást nőstényenként. Eredményeink a korábbi szakirodalmi forrásokban közölt adatok többszöröse.

Magyarországon elsőként írtuk le a *Proctolaelaps bickleyi* (Bram 1956) atka fajt és megállapítottuk, hogy a kukoricabogár imágókkal együtt élve 25%-al csökkent az élettartamát, miközben a nőstények primer natalitására nincsen hatással. Megállapítottuk továbbá, hogy a két faj közötti interspecifikus kapcsolat a forézis.

Magyarországon elsőként vizsgáltuk az alacsony hőmérséklet amerikai kukoricabogár embriókra gyakorolt hatását. Megállapítottuk, hogy a  $-2^{\circ}\text{C}$ -os hidegkezelés naponta 0,795%-kal növeli az embriók mortalitását, míg a  $-4^{\circ}\text{C}$ -os hidegkezelés nem okoz ennél magasabb mortalitást. Eredményeink alapján, Magyarországon még az átlagosnál hidegebb teleken sem következik be az áttelelő kukoricabogár embriók tömeges pusztulása.

Tenyészedényes kísérletekben megállapítottuk, hogy a lárvakártételre érzékeny kukorica hibridek átlagos, 1,73 node injury skálaértékű károsodása mellett, a SUM2162 hibrid átlagosan csupán 0,12 skálaértékű gyökérvártételt mutatott. Ezzel igazoltuk a SUM2162 kukorica hibrid kukoricabogár lárvák kártételével szembeni toleranciáját.

Megmértük három nem toleráns kukorica hibrid (átlagosan 101,51 mg/kg friss tömeg) és a toleráns SUM2162 hibrid (átlagosan 70,50 mg/kg friss tömeg) összes ciklikus hidroxámsav tartalmát. A korábbi szakirodalmi forrásokban közölt adatokkal ellentétes eredményre jutva megállapítottuk, hogy a kukoricabogár lárvákkal szembeni toleranciáért nem önmagában a magasabb összes hidroxámsav tartalom felelős.

## ABSTRACT

Western corn rootworm (WCR) (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1868) is one of the most important maize pests. In the course of our investigations, the biology of WCR was studied and maize hybrids were compared seeking features of damage resistance or tolerance.

An effective method was developed for homogeneous treatment of experimental pots with known numbers of WCR eggs. Taking 90 pieces of eggs into 20 litres plastic containers 1,73 average value of node injury was observed.

It has been proven in isolated stocks of WCR, that the fecundity of females in July may reach an average of  $773,6 \pm 308$  while in August an average of  $459,2 \pm 300,8$  pieces of eggs per female. Our results are the multiples of the data published in the former scientific literature.

A mite species *Proctolaelaps bickleyi* (Bram, 1956) was described for the first time in Hungary and it was established, that living together with the WCR adults the mites may decrease the their lifespan by 25%. Besides, it has been revealed, that the interspecific interaction is the phoresis.

Effect of low temperatures on the mortality of WCR embryos was studied on the first occasion in Hungary. It has been found, that a treatment with  $-2^{\circ}\text{C}$  temperature could increase the embryo mortality by 0,795%, while the treatment with  $-4^{\circ}\text{C}$  does not cause any further increase in the mortality. Based on our results, even winters colder than the average in Hungary could not result in the mass destruction of overwintering WCR embryos.

It has been established in our pot trials, that maize hybrids sensitive to larval damage showed 1,73 while the SUM2162 hybrid showed only 0,12 average value of node injury. With this, the tolerance of the SUM2162 hybrid against larval damage of WCR has been proven.

Total cyclic hydroxamic acid content of three non-tolerant maize hybrids (on the average 101,51 mg/kg fresh weight) and the tolerant SUM2162 hybrid (on the average 70,50 mg/kg fresh weight) was measured. In contrast to the data published earlier in the scientific literature it has been found, that the total hydroxamic acid content in itself cannot be responsible for the tolerance against larval damage of WCR.

## AUSZUG

Eine erfolgreiche Methode wurde für die homogene Behandlung der Zuchtgefäße mit bekannter Zahl der Eier entwickelt. In den Boden der aus Kunststoff hergestellten Zuchtgefäße, die 20 Liter Fassungsvermögen hatten, wurden 90 Stück Maiswurzelbohrer gelegt, dadurch wurde durchschnittlich eine 1,73 node injury Wurzelbeschädigung im Skalenwert erfahren. In den isolierten Maiswurzelbohrer-Züchten wurde es bewiesen, dass die primere Natalität der Weibchen im Juli durchschnittlich  $773,6 \pm 308$ , im August  $459,2 \pm 300,8$  Stück Eier pro Weibchen erreichen kann. Unsere Ergebnisse sind das Mehrfache der in der früheren wissenschaftlichen Literatur publizierten Daten. Zuerst wurde in Ungarn die Milben-Spezies *Proctolaelaps bickleyi* (Bram 1956) erwähnt, und es wurde festgestellt, dass sie mit den Maiswurzelbohrerimagines zusammenlebend deren Lebensdauer mit 25% reduziert. Inzwischen übt sie auf die primere Natalität der Weibchen keine Wirkung aus. Es wurde auch festgestellt, dass die interspezifische Beziehung zwischen den zwei Spezies das Foresisch/der Transport ist. Zuerst wurde in Ungarn die Wirkung der niedrigen Temperatur auf die Maiswurzelbohrer-Embryonen untersucht. Es wurde festgestellt, dass die  $-2^{\circ}\text{C}$  kalte Behandlung die Mortalität der Embryonen mit 0,795% pro Tag erhöht, demgegenüber die  $-4^{\circ}\text{C}$  kalte Behandlung keine höhere Mortalität verursacht. Laut unseren Ergebnissen ist es zu sehen, dass die Massenmortalität der (über) winternden Maiswurzelbohrer-Embryonen noch im kälteren Winter in Ungarn nicht stattfindet. In den Zuchtgefäßexperimenten wurde es bestimmt, dass die Maishybriden, die gegen die Larvenbeschädigung empfindlich sind, eine durchschnittliche 1,73 node injury Wurzelbeschädigung im Skalenwert gezeigt hatten. Dagegen hat die Hybride SUM2162 durchschnittlich nur eine 0,12 Wurzelbeschädigung im Skalenwert gezeigt. Dadurch wurde die Toleranz der Maishybride SUM2162 gegen die Beschädigung der Maiswurzelbohrerlarven beweis.

Der ganze zyklische Hydroxamsäuregehalt der sowohl drei nicht toleranten Maishybriden (durchschnittlich 101,51 mg/kg Frischgewicht) als auch der toleranten Hybride SUM2162 (durchschnittlich 70,50 mg/kg Frischgewicht) wurde gemessen. Die in der früheren wissenschaftlichen Literatur publizierten Ergebnisse wurden widerlegt, und wir sind zum folgenden Ergebnis gekommen, dass der höhere ganze Hydroxamsäuregehalt nicht selbst für die Toleranz gegen die Maiswurzelbohrerlarven verantwortlich ist.



# 1. BEVEZETÉS

Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1868; *Coleoptera: Chrysomelidae*) Amerika és Európa egyik legjelentősebb kukorica kártevője (Stamm et al., 1985). Magas egyedsűrűség és a rovar számára kedvező környezeti feltételek mellett akár 70-80%-os termésvesztést is okozhat (Sivcev és Tomasev, 2002; Széll et al., 2005). A 80-as évek közepére az USA-ban a kukoricabogár kártétele miatti veszteség és a védekezés költsége elérte az évi egy milliárd dollárt (Metcalf, 1986). A magyar kukorica termesztőknek átlagosan 5 milliárd forint járulékos költséget jelent évente a védekezés (Kiss et al., 2001a). Nem meglepő tehát, hogy a fajt a világ 9. legveszélyesebb szántóföldi kártevőjeként tartják számon (Unger és Baufeld, 2004; Wudtke et al. 2005).

A kukoricabogár a *Diabrotica* génuszba tartozik, amely valószínűleg trópusi géncentrummal rendelkező, közép-amerikai eredetű csoport (Smith, 1966; Branson és Krysan, 1981; Krysan et al., 1986). Trópusi származása ellenére túléli a mérsékelt égöv hideg téli körülményeit, a talajban diapauzáló tojás formájában (Krysan, 1986). A faj első egyedeit LeConte gyűjtötte Nyugat-Kansas területén 1867-ben (LeConte, 1868). A kártevő jelentősége akkor nőtt meg, amikor a 20. század első felére az Egyesült Államok keleti államaiban gyakorlattá vált a nagyüzemi kukoricatermesztés, így a faj hatalmas területen okozott jelentős kárt (Metcalf, 1983). Európába valószínűleg a 90-es évek elején került be, a pontos időpontról azonban csak találgathatunk. Az első egyedeket 1992-ben a mai Szerbia területén találták meg, egy a belgrádi repülőtér közelében lévő monokultúrás kukoricatáblában (Bača, 1993; Bača, 1994, Németh és Nádasy, 2008). A lárvák ekkor már gazdasági károkat okoztak. Magyarországon három évvel később 1995 nyarán észlelték az első egyedeket Csongrád és Békés megyékben (Princzinger és Ripka, 2001). A kártevő Magyarországi elterjedésére gyors, északi irányú előrehaladás volt jellemző, melynek során kihasználta a domborzati viszonyokat, az uralkodó szeleket valamint a légi és földi járműveket (Kiss et al., 2005). A populáció folyamatos terjedése mellett, előfordult a kártevő pontszerű megjelenése is Olaszországban, Franciaországban, Angliában, Hollandiában és Belgiumban. Az Európában található amerikai kukoricabogár populációk genetikai vizsgálata alapján, legalább három különböző sikeres behurcolás történt Amerikából Európába (Miller et al., 2005).

Az amerikai kukoricabogár elleni védekezés alapvető eszköze az agrotechnikai lehetőségek kihasználása. A vetésváltás a legegyszerűbb és egyben leghatékonyabb módja a védekezésnek. Az USA kukoricatermő övezetében a növénytermesztés 80%-a szója-kukorica vetésváltásra épül (Power és Follett, 1987), amit a területek 98%-án alkalmaznak (Onstad et al., 2001). A szója-kukorica vetésváltás ilyen széleskörű alkalmazása az amerikai kukoricabogár azon ritka előfordulású egyedeinek fennmaradását és elszaporodását segítette elő, melyek más növényállományok talajába is elhelyezik tojásaikat (Edwards, 1996; Levine és Gray, 1996; Sammons et al., 1997; Onstad et al., 2001). Mindez az úgynevezett vetésváltás toleráns változat (crop rotation tolerant variant) kialakulásához vezetett.

Európa egyes országában, hazánkban is, az amerikai kukoricabogár végleg megtelepedett, állandó populációja alakult ki. Az ilyen területeken alapvetően a kártétel gazdasági kártételi küszöbérték alatt tartása, valamint a kártevő egyedszámának stabilizálása vagy csökkentése a cél. Természetesen ez csak úgy lehetséges, ha jól átgondolt, tudatos és okszerű, előrejelzésre alapozott, integrált szemléletű védekezést hajtunk végre a gyakorlatban. Ezen célkitűzés sikeresen csak a kártevő biológiájának pontos ismeretében kivitelezhető, ami a faj európai adaptációja miatt az Egyesült Államokban tapasztaltakhoz képest eltérhet. A gyakorlatban a kártevő elleni kémiai védekezés talajfertőtlenítő és állománykezelésre alkalmas inszekticidekre alapozottan történik (Branson és Sutter, 1969; Dicke és Guthrie, 1988), melyek jelentős terhelést rónak a környezetre. Fontos feladat tehát a fenntartható mezőgazdaság gyakorlatába illeszkedő, alternatív védekezési lehetőségek feltárása (Adkisson és Dyck, 1980).

## 2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

### 2.1. Az amerikai kukoricabogár taxonómiai besorolása és kártevő rokon fajainak rövid bemutatása

Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) az ízeltlábúak (*Arthropoda*) törzsébe, a hatlábúak (*Hexapoda*) altörzsébe, a rovarok (*Insecta*) osztályába, a bogarak (*Coleoptera*) rendjébe, a mindenevő bogarak (*Polyphaga*) alrendjébe, a levélbogáralkatúak (*Chrysomeloidea*) öregcsaládjába, a levélbogarak (*Chrysomelidae*) családjába, az olajosbogarak (*Galerucinae*) alcsaládjába, a *Diabrotica* génusz harmadik fajcsoportjába a *Virginifera*-ba tartozik (Krysan és Smith, 1987) (1. ábra). A fajt két alfajra osztották, a *Diabrotica virgifera zea*, és az Európában is elterjedt *Diabrotica virgifera virgifera* alfajokra (Krysan et al., 1980).

A *Diabrotica* génusz világszerte ismert 354 faja három fajcsoportra tagolódik a *Fucata*, a *Signifera* és a *Virginifera* csoportokra (Krysan és Smith, 1987). A génuszba mintegy 10 kártevő faj tartozik, közülük is a négy legjelentősebb az „északi kukoricabogár” (*D. barberi* Smith and Lawrence), a *D. balteata* (LeConte), a „déli kukoricabogár” (*D. undecimpunctata howardi* Barber), valamint a „mexikói kukoricabogár” (*D. virgifera zea* Krysan and Smith).

A *D. undecimpunctata howardi* nagyobb testű, mint a *D. v. virgifera*. Szárnyfedői sárgák, vagy sárgásvörösek, rajta 12 nagy fekete folttal. A fej, a csápok és a lábak egyöntetűen feketék. Az imágók telelnek át. A hőmérséklet függvényében évente két-három nemzedéke fejlődik. A faj polifág, 280 különböző növényen táplálkozik, az első nemzedékének lárvái a kukoricagyökerén is megtalálhatók (Hays and Morgan, 1965).

A *D. virgifera zea* szárnyfedője zöld színű halvány vonalakkal. A hátsó combon sötét szegély figyelhető meg. Biológiája a nyugati kukoricabogáréval (*D. v. virgifera*) azonos, kukorica kártevő, Texasban elterjedt.

*D. balteata* imágói 5-6 mm hosszúak. Szárnyfedőik alapszíne zöldessárga, általában három zöld, néha kékes színárnyalatú haránt csíkkal. E mintázat változó, néha teljesen hiányzik (Chittenden 1912). A fej vörös, a tor fekete. Évente hat-hét nemzedéke is fejlődhet. Az imágók polifágok, de a *Cucurbitaceae*, *Rosaceae*, *Leguminosae*, és *Cruciferae* családok fajait preferálják (Saba 1970). Az Egyesült Államok déli részén elterjedt.

Az észak-amerikai kukoricatermesztésben, az Európában is elterjedt *D. v. virgifera* mellett a *Diabrotica barberi* okozza a károk jelentős részét. A *D. barberi* szárnyfedői kezdetben krémszínűek, majd az egyed korának előrehaladtával zölddé válnak. A fajnak évente egy nemzedéke fejlődik, tojás alakban tel el át. Monofág, csak a kukoricát károsítja. A *D. barberi* és a *D. v. virgifera* párosodása gyakran megfigyelhető szabadföldi körülmények között (Ball, 1957). A kukoricaöv, az úgynevezett „corn belt” területén elterjedt, míg a nyugati kukoricabogár néven ismert *D. v. virgifera* szinte az Egyesült Államok teljes területén megtalálható.

Európában és hazánkban a *D. v. virgifera*-án kívül más fajok nem fordulnak elő (Edwards 1995).

## 2.2. Az amerikai kukoricabogár morfológiai jellemzése

A tojás ovális alakú, sárgásfehér színű (Krysan, 1986) 0,6-1,0 mm hosszú, legnagyobb átmérője 0,35mm (Čamprag, 1995) (1. ábra).



1. ábra. Az amerikai kukoricabogár tojásai (Fotó: Németh Tamás)

A tojások színe az embrió fejlettségi állapotától függően árnyalataiban változik. A tojások jellegzetes, méhsejtszerűen tagolt felszínük miatt nem téveszthetők össze egyetlen más Magyarországon előforduló rovar tojásaival sem. A *D. v. virgifera* tojásainak mintázata egyedül a *D. virgifera zea* tojásaival keverhető össze (Krysan, 1986), azonban a *D. v. virgifera*-án kívül más fajok Európában nem fordulnak elő (Kiss et al., 2005; Miller et al., 2005). A *Diabrotica* génusz fajainak tojások alapján való elkülönítése csak a korion mintája alapján lehetséges (Athey et al., 1964).

A faj posztembrionális fejlődése három lárvastádiumon keresztül megy végbe (2. ábra).



**2. ábra. L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> és L<sub>3</sub> stádiumú lárvák (Fotó: Németh Tamás)**

A frissen kelt, L<sub>1</sub>-es lárvák aprók, hosszuk alig éri el a 2-3 millimétert, azonban a táplálék keresésekor akár 0,9-1,0 méteres távolságot is képesek megtenni a talajban (Hibbard et al., 2003). Testük kezdetben áttetsző, majd fehér, fejtokjuk sárgásbarna. Az L<sub>2</sub>-es lárvák testének és fejtokjának színe megegyezik az L<sub>1</sub>-es lárvákéval, testhosszuk 6-8 mm. A harmadik stádiumban a lárvák testszíne piszkosfehérre változik, fejtokjuk sárgásbarna marad, testük 12-13 mm hosszú. Mindhárom stádiumban a kilencedik szelvény anális lemeze dorzálisan sötétbarna, melynek anterior fele V-alakban bemélyedt (Mendoza és Peters, 1964). A lárvastádiumokat a fejtok szélessége alapján különítik el. Az első stádiumú lárvák fejtok mérete 200-260 µm, a másodiké 300-400 µm, a harmadiké 440-560 µm között változik (Edwards, 1995; Hammack et al., 2003). A lárvák a növényvédelmi állattanban használt lárvatipizálási rendszer szerint, az oligopod lárvák csoportjába tartoznak.

A kukoricabogár bábja szabadbáb (pupa libera), színe fehér, hossza kb. 1 cm (Hataláné és Ripka, 2001a). Jellemzője, hogy az egyedek neme könnyen meghatározható (Krysan, 1986).

A kukoricabogár imágóinak testméretét a különböző források eltérő, egymást részben fedő intervallumokkal jellemzik. A fajt leíró LeConte (1868) 5-6 milliméteres testhosszt állapított meg. A kutatók később, már a nemek közötti méretbeli különbségeket is megfigyelték, a hímeket 4,4-6,6 milliméteres, a nőstényeket 4,2-6,8 milliméteres testhosszal jellemezték (Krysan és Smith, 1987). Az imágók mérete a

lárvakori táplálék mennyiségétől és minőségétől, az imágók tápláltsági állapotától, és a ivartól függően viszonylag széles határok között -4-7,5 milliméter- változhat (3. ábra)



3. ábra. Az amerikai kukoricabogár imágói

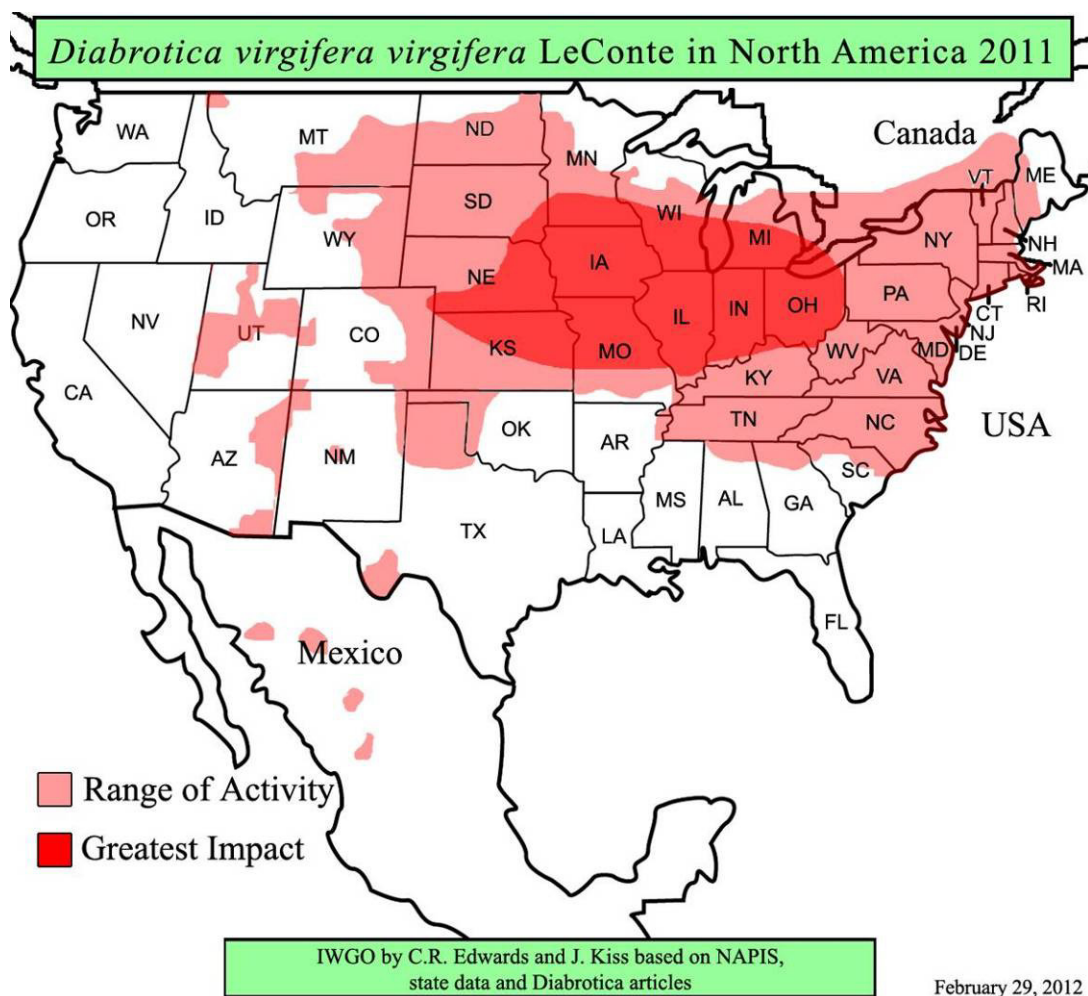
(Forrás: [http://extension.entm.purdue.edu/radicalbugs/default.php?page=pests/western\\_corn\\_rootworm](http://extension.entm.purdue.edu/radicalbugs/default.php?page=pests/western_corn_rootworm))

Az imágók feje sima, fekete színű, testük sötét sárgászöld. Az előtor nem keskenyedik el, szélességének és hosszának aránya 1:1, a háti lemezén két bemélyedés található (Hataláné és Ripka, 2001b). Csápjaik, lábszárak, lábfejeik, és a pajzsocska feketék. A párhuzamos szárnyfedők pontozottak, határozatlanul barázdáltak, széleiken taréj található, mely hosszanti lefutású (Chiang, 1973). A szárnyfedők színezete a két nemből eltér, ezért az ivarok könnyen, nagy hatékonysággal elkülöníthetők szabad szemmel is (ivari dimorfizmus). A nőstények szárnyfedői peremük mentén feketék, középtűt sárgások, így zárt állapotban fekete-sárga csíkos mintázatot mutatnak. A hímeknél a fekete sávok a legtöbb esetben egybeesnek (Kuhar és Youngman, 1995), csak fedőszárnyaik végén található egy világos folt, de a színezetek ettől el is térhetnek (Grozea et al., 2005). A hímek csápjai hosszabbak a nőstényekénél, a testhossz felénél tovább érnek, de ennek felismeréséhez gyakorlott szem szükséges. Az ivarok megbízható elkülönítéséhez az utolsó potroh szelvény mikroszkópos vizsgálatára van szükség, a hímek esetében ehhez szklerotizált lemez függelék kapcsolódik.

### 2.3. Az amerikai kukoricabogár elterjedése

Az amerikai kukoricabogár Észak-Amerikában, az úgynevezett „corn belt” területén bír a legnagyobb jelentőséggel, az Egyesült Államok legveszélyesebb kukorica kártevőjeként tartják számon (Ivezic et al., 2006b). Előfordul az Egyesült Államok

keleti partjától egészen Montana északnyugati csücskéig, de Mexikóban és Kanada déli részén is megtalálható (4. ábra). Jelenlegi észak-amerikai elterjedési területe az 1980-as évekre alakult ki. A rovar trópusi géncentrummal rendelkezik (Krysan, 1982), és valószínűleg a termesztett kukoricával együtt terjedt el, alkalmazkodva a változó környezethez (Krysan et al., 1977). A kártevő hatalmas területen okozott jelentős károkat (Metcalf, 1983), amikor a 20. század első felére az Egyesült Államok keleti államaiban gyakorlattá vált a nagyüzemi kukoricatermesztés, addig csak helyenként okozott gazdasági kárt (Branson és Krysan, 1981).



4. ábra. Az amerikai kukoricabogár észak-amerikai elterjedése, 2011  
(Forrás: <http://www.entm.purdue.edu/wcr>)

Európában Dr. Franja Bača, a Zimonyi Kukorica Kutatóintézet entomológusa találta meg a kártevőt 1992-ben, egy Belgrád melletti faluban, a mai Szerbia területén, kukorica monokultúrában (Čamprag et al., 1994). Felfedezésekor a kártevő már gazdasági kárt okozott (Bača, 1993; Bača 1994). A betelepülés időpontjáról

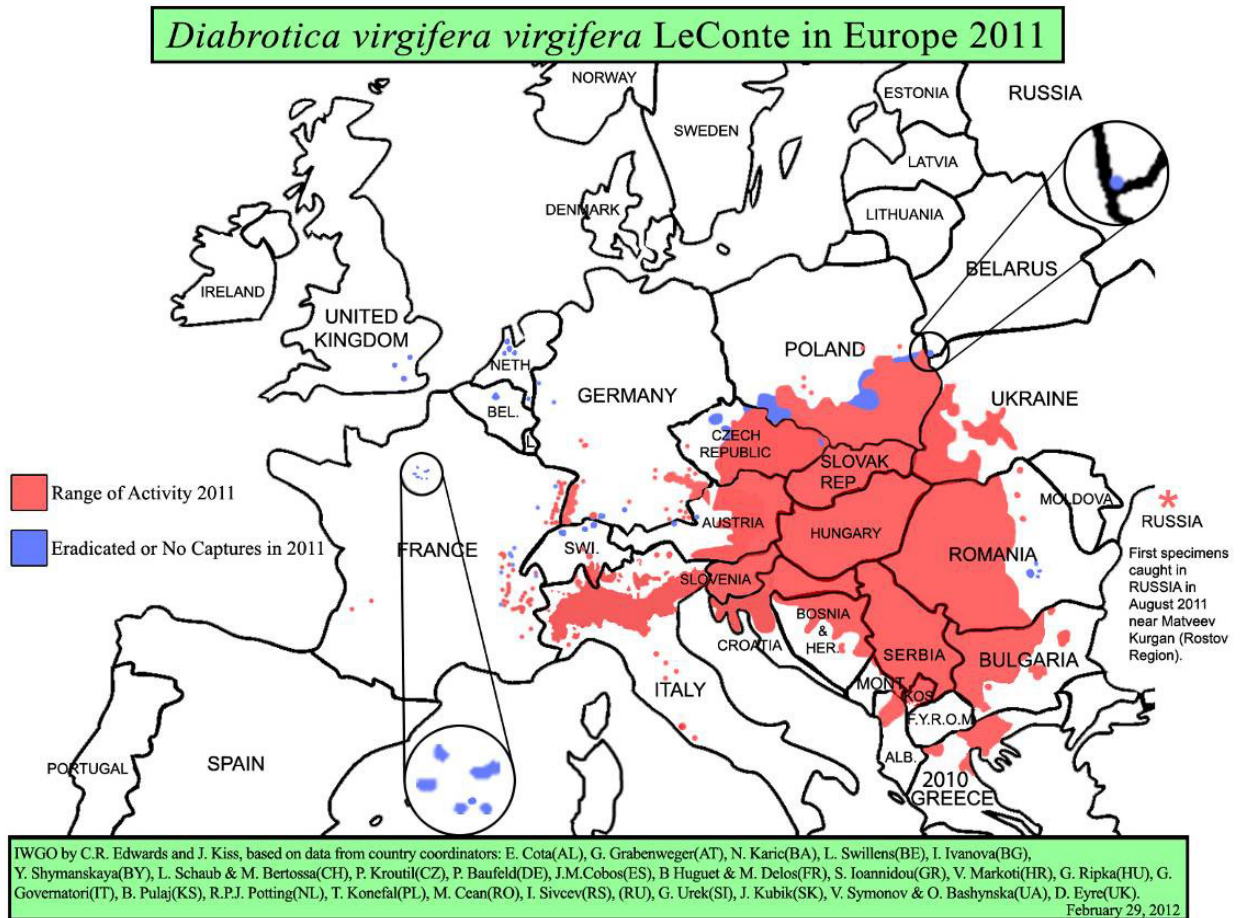
megoszlanak a vélemények. Sivcev et al. (1996) 1989-1990, mások az 1980-as évek közepére (Edwards et al., 1998) teszik a kolonizáció becsült időpontját. Tény, hogy európai megfigyelések alapján, a kártevő megjelenése és egyedszámának gazdasági kártételi szintig való emelkedése között 5-7 év telik el (Kiss et al., 2001b). A faj megtelepedését követően, páratlan gyorsasággal hódított meg újabb területeket, 1993-ban már 100.000 hektáron figyelték meg a kártevő jelenlétét (Čamprag et al., 1994). Terjedése a mai napig nem fejeződött be, megtalálták már Szerbiában (1992), Magyarországon (1995), Horvátországban (1995), Romániában (1996), Bosznia-Hercegovinában (1997), Bulgáriában (1998), Olaszországban (1998), Montenegróban (1998), Szlovákiában (2000), Svájcban (2000), Ukrajnában (2001), Ausztriában (2002), Franciaországban (2002), Csehországban (2002), az Egyesült Királyságban (2003), Hollandiában (2003), Belgiumban (2003), Szlovéniában (2003), Lengyelországban (2005), Németországban (2007) és Fehéroroszországban (2009) (5. ábra).

Ciosi et al. (2008) vizsgálatai alapján öt, egymástól független behurcolás történt Észak-Amerikából, (1) Délkelet-Európába, (2) Északnyugat-Olaszországba, (3) az Egyesült Királyságba (4-5) és két alkalommal Franciaországba (Párizs-2, Alsace). Európán belül két alkalommal került áthurcolásra a faj, az (1) Egyesültkirályságból Franciaországba (Párizs-1), valamint (2) DK-Európából Északkelet-Olaszországba.

A kukoricabogár 1995-ben lépte át Magyarország határát Mórahalom térségében (Tóth és Nagy 1995; Princzinger, 1996). A kártevő magyarországi elterjedésére gyors, északi irányú előrehaladás volt jellemző, melynek során kihasználta a domborzati viszonyokat és az uralkodó szeleket (Kiss és Edwards, 2001). Ennek oka, hogy más tényezők mellett (Toepfer et al., 2006) az imágók repülésének irányát az uralkodó szélirány is alapvetően befolyásolja (Spencer et al., 1999). Az erős szelek és viharok nagyszámú imágót sodorhatnak el (Onstad et al., 1999). Az amerikai kukoricabogár emellett önállóan is nagy távolságokra képes repülni. Évente átlagosan 30-40 kilométerrel (Széll et al., 2005) tolja ki elterjedésének határait Európában, de a domborzattól és az adott évi klimatikus viszonyoktól függően, ez akár 110-190 km is lehet (Metcalf, 1986). Hazánkban 1998-ban figyelték meg először gazdasági kártételét. 1999-ben már Somogy, Tolna, Fejér, Pest, Nógrád, Komárom, Hajdú és Szolnok megyékben is megtalálták az imágókat (Ripka et al., 2000). A következő évben átlépte hazánk északi határát és Szlovákiában is megjelent. 2001-ben a kártevőt Magyarország egész területén megfigyelték (Princzinger és Ripka, 2001).



Megjelenésével mélyrehatóan befolyásolta az európai és hazai kukoricatermesztést. Hazánkban korábban jelentős területen folyt a kukorica monokultúrás termesztése. A kukoricabogár megjelenését követően a vetésszerkezet átalakult, a kukorica önmaga után történő vetése kockázatosabbá és költségessé vált. A talajfertőtlenítő szerves védekezés költségei országosan évi 5 milliárd forint (Kiss et al., 2001a) többlet kiadást jelentenek a kukoricatermesztőknek.



5. ábra Az amerikai kukoricabogár elterjedése Európában, 2011.  
 (Forrás: <http://www.entm.purdue.edu/wcr>)

## 2.4. Az amerikai kukoricabogár biológiája

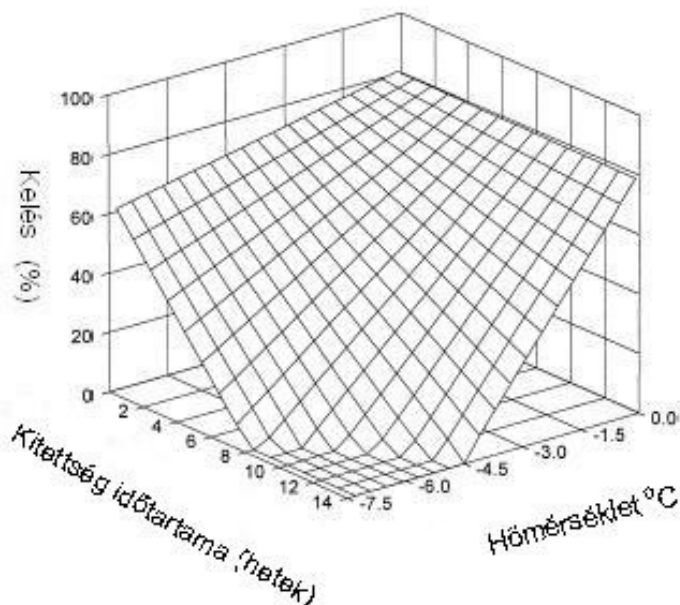
### 2.4.1. Az amerikai kukoricabogár nyugalmi állapota és telelése

Az amerikai kukoricabogár egynemzedékes, tojás alakban telel a talajban (Chiang, 1973). Magyarországon a nőtények az időjárástól függően, július közepétől rakják a talajba tojásaikat. Szakirodalmi adatok szerint a tojások 80%-a a felső 15 centiméteres

rétegben helyezkedik el (Ball, 1957), ami leginkább kitett a kedvezőtlen időjárási hatásoknak. A talaj őszi forgatásával az addig felső rétegben elhelyezkedő tojások elkeverednek szántás mélységig (28-32 cm) (Gray és Tollefson, 1988).

A mérsékelt égövben élő rovaroknál, így a kukoricabogárnál is, szükségszerűen kialakult egy védekezési mechanizmus (nyugalmi állapot), ami lehetővé teszi a hosszú ideig tartó hideg, néha fagypont alatti hőmérsékletű téli időszak átvészelését. A diapauzának nevezett nyugalmi állapot típus neurohormonális szabályozás alatt álló élettani folyamat, ami a rovar életciklusának egy speciális szakaszában alakul ki, és lehetővé teszi számára a kedvezőtlen környezeti tényezők átvészelését (Krysan et al., 1977). Az amerikai kukoricabogár esetében, a késő nyári és a kora őszi hónapokban obligát embrionális diapauza fejlődik ki (Krysan, 1982). A *Diabrotica* génuszba tartozó legtöbb faj esetében, a diapauza kialakulásának hőmérsékleti optimuma van (Tauber és Tauber, 1976). Az amerikai szakirodalomban északi kukoricabogár (*Diabrotica barberi* Smith és Lawrence) néven tárgyalt faj embrió mortalitása az áttelelés során akkor a legkisebb, ha a külső hőmérséklet kedvező intervallumon belül mozog a diapauza kialakulásakor (Krysan, 1982; Fisher et al., 1994). Emellett a tojásoknak át kell esniük egy hideg (fagypont alatti) perióduson a diapauza alatt ahhoz, hogy megkezdődjön a posztdiapauzális fejlődés. Ez a fiziológiai feltétel csökkenti annak valószínűségét, hogy a lárvák hosszú nyhe őszykőn kikeljenek. Az amerikai kukoricabogár esetében, azonban nincs szükség meghatározott környezeti hőmérsékletre a nyugalmi állapot kialakulásához, sem tartós hideg periódusra a posztdiapauzális fejlődés megkezdéséhez (Krysan, 1982), így előfordulhat, hogy a korábban lerakott tojások egy részéből hosszú, nyhe őszykőn lárvák kelnek. A diapauza hossza 73-163 nap (Krysan, 1982).

Viszonylag keveset tudunk az amerikai kukoricabogár tojásainak hidegtűró képességéről. Amerikai kutatók megállapították, hogy amennyiben a talajhőmérséklet elér egy kellően alacsony szintet, az a kukoricabogár áttelező tojásaiban az embriók mortalitásának növekedését okozza (Chiang, 1965; Calkins és Kirk, 1969; Chiang, 1974). Woodson és Gustin (1993) modellt készített arról, hogy a kukoricabogár lárvák kelése a lerakott tojások százalékos arányában hogyan alakul fagypont alatti hőmérsékleten, eltérő intenzitású és időtartamú hideg kezelések hatására (6. ábra). A hőmérséklet csökkenésével a mortalitás progresszíven nő, az alacsony hőmérsékletnek való kitettség időtartamának függvényében.



**6. ábra. A hőmérséklet hatása a kukoricabogár embrió mortalitására (Woodson és Gustin, 1993)**

(A rácsos ferde felület a kukoricabogár lárvák kelését mutatja a lerakott tojások százalékos arányában, fagyponthoz alatti hőmérsékleten, eltérő intenzitású és időtartamú alacsony hőmérséklet hatására. Az összefüggés egy többtényezős lineáris regressziós egyenlettel írható le:  $KELÉS=81.017+2.744*TP*TM$ ; ahol TP a hőmérséklet, TM pedig az alacsony hőmérsékletnek való kitettség időtartama;  $n=92$ ,  $r^2=0.823$ ).

Szabadföldi körülmények között az embrió mortalitás magas, amit az inter- és intracellulárisan képződő jégmagvak, és a fagyott állapot alatti dehidratáltság eredményez (Lee, 1989). Toepfer és Kuhlmann (2005) szerint Magyarországon az embriók diapauza előtti mortalitása 17,33%, az ősszel kikelő lárvák miatt 0,05%, a telelés alatt 38,25%. Tavasszal ennek alapján 100 lerakott tojásból átlagosan 44,37 lárva kel ki. A mortalitás ilyen pontos meghatározása azonban nem lehet általános érvényű, hiszen az áttelelés sikerességét a talajművelés (Johnson és Turpin, 1985), a talaj szerkezete, nedvességtartalma és hőmérséklete (Patel és Apple, 1967), a felszín növényi maradványokkal (Godfrey et al., 1995), hóval való borítottsága, valamint sok más tényező és azok közötti, alig ismert interakciók rendszere befolyásolja.

Amerikai kutatók bizonyították, hogy a tavasszal előjövő kukoricabogár imágók száma táblán belül heterogén eloszlást mutat (Ellsbury és Woodson, 1996; Ellsbury et al., 1997), aminek több oka is van. Egyrészt a késő nyáron és ősszel, tojásrakáskor az imágók figyelembe veszik a kukorica érettségét, a talaj szerkezetét, a növényi maradvánnyal való borítottságát, és nedvességtartalmát (Hill és Mayo, 1974; Gustin, 1979; Weiss et al., 1983; Hein et al., 1988; Gray és Tollefson, 1987; Gray et al., 1992). Másrészt az eltérő tábla részekben nem egyforma az áttelelés sikerességének esélye, ami

szintén megváltoztatja a tojások eloszlását, a közvetlenül a tojásrakást követő viszonyokhoz képest.

#### **2.4.2. Az amerikai kukoricabogár posztembrionális egyedfejlődése**

A lárvák az effektív hőösszeg elérését követően (Weiss és Mayo, 1983), az adott évi időjárástól, a talajtípustól és a tojások talajban elfoglalt vertikális helyzetétől függően tavasszal, nyár elején kelnek tömegesen. A rovar fejlődési küszöb hőmérséklete 10-13°C (Baufeld et al., 1996), a tojásból való kikeléshez szükséges effektív hőösszeg 268 nap°C (Takács, 2009). Hazai körülmények között a május második felétől június közepéig terjedő időszakra tehető a lárvakelés kezdete (Hataláné és Ripka, 2001b), akárcsak az Egyesült Államokban (Luckmann et al., 1974; Luckmann et al., 1975; Bergman és Turpin, 1984). A lárvák fejlődési ideje a nemek átlagában, optimális körülmények között 30,5 nap (Musick és Fairchild, 1971; Branson, 1976; Palmer et al., 1977; Krysan et al., 1984; Levine et al., 1992).

A kikelő lárvák a gyökerek által kibocsátott széndioxidot érzékelve felkeresik tápnövényüket. A lárvafejlődéshez szükséges feltételeket alapvetően a talajhőmérséklete, nedvességtartalma és fizikai félesége határozza meg (Kuhlman et al., 1970; Fisher, 1986). A kukoricabogár szaporodására a jó fizikai-kémiai és biológiai tulajdonságokkal rendelkező talajok kedvező hatással vannak (csernozjom, barna erdőtalajok). Homoktalajokon a lárvák mortalitása különösen száraz időszakban nagy, mert a kvarc felsérti a fiatal lárvák sérülékeny kutikuláját. A tömörödött 2,65 g/cm<sup>3</sup>-nél magasabb térfogattömegű talajok csökkentik a mozgásképességet és növelik a fiatal, táplálékot kereső lárvák mortalitását (Strnad és Bergman, 1987; Gustin és Schumacher, 1989). A fiatal lárvák túl száraz, vagy túl nedves talajviszonyok között kisebb távolságokat képesek megtenni, hamarabb elpusztulnak (Macdonald és Ellis, 1990). A nagy nedvességtartalmú talajokban a lárvák mozgása nehezebb, emellett az oxigénhiány miatt megnő a lárvák mortalitása. Az első stádiumú lárvák mortalitása a legnagyobb, ugyanis a mozgásukban gátolt lárvák 24 órán belül elpusztulnak, ha nem jutnak táplálékhoz (Edwards, 2001).

Hataláné és Ripka szerint (2001b) a lárvák fejlődése szempontjából a 22-27°C tekinthető optimálisnak, míg más szerzők tágabb, 18-30°C intervallumot adnak meg (Jackson és Elliott, 1988). A harmadik stádiumot befejező lárvák bábnyugalomba vonulnak. Kuhlman (1970), a hőmérséklet függvényében a bábállapot hosszát vizsgálva

megállapította, hogy 16°C-on 19,3 napig, 22°C-on 10,4 napig, 29°C-on 6,3 napig tart. A bábok legnagyobb hányada 22°C-on kel ki, a legmagasabb mortalitás 16°C-on tapasztalható. A bábállapot a hím egyedek esetében átlagosan egy nappal tovább tart.

### **2.4.3. Az amerikai kukoricabogár rajzásfenológiája és tojásrakási etológiája**

A lárvák kelése és az imágók megjelenése között átlagosan hímek esetén 33,4 nap, nőstények esetén 51,3 nap telik el (Nowatzki, 2001). Az imágó állapot eléréséhez 300-400 nap°C effektív hőösszegre van szükség (Baufeld et al., 1996). A kukoricabogár imágók rajzásának kezdetére hazai körülmények között június közepétől lehet számítani, akárcsak az amerikai kontinensen (Quiring és Timmins, 1990). A Tolna Megyei MgSzH Növény- és Talajvédelmi Igazgatóság munkatársainak 2009. évi megfigyelései alapján, a lárva imágóvá alakulásához szükséges idő lerövidült (Vörös, 2009). A rajzás menete termőhelyenként és évjáratonként eltérő, de július közepétől augusztus közepéig található a legtöbb imágó a kukoricatáblákon. Ebben az időszakban van a rajzáscsúcs is (Komáromi et al., 2000), ami egybeesik a tömeges, talajból történő előjövétel időpontjával (Darnell et al., 1999). Az imágók mintegy fele július közepén már előjön a talajból (Bazok, 2001; Bayar et al., 2003). A rajzásra jellemző a protandria, a rajzáscsúcs a hím imágóknál rövidebb fejlődési idejük miatt, hamarabb következik be, mint a nőstényeknél (Darnell et al., 2000; Nowatzki et al., 2002). Ennek következménye az amerikai kukoricabogárra jellemző kétcsúcsú rajzágörbe. Az imágók ivararánya változó (Sutter et al., 1991), de általában 1:1 körül mozog, amit alacsony egyedsűrűség esetén figyeltek meg (Weiss et al., 1985). A nőstények a kelést követően érési táplálkozást folytatnak 7-10 napig, ezt követi a pázás. Termékenységüket a táplálék minősége, a hőmérséklet, és a nappalhosszúság mellett sok egyéb tényező befolyásolja. Bayar et al. (2002) laboratóriumi körülmények között vizsgálták a nőstények primer natalitását. Egy nőstény júliusban átlagosan  $150,8 \pm 76,1$  db, augusztusban pedig  $269,5 \pm 144,8$  db tojást rak. Bayar et al. (2003) szerint a tojásrakás július elejétől augusztus végéig tart hazánkban, melynek során a nőstények többször is tojást raknak, előnyben részesítve a kukoricások nedves, laza talaját (Kirk et al., 1968; Pruess et al., 1968), felhasználva a szárazság miatt keletkezett talajrepedéseket, a természetes talajpórusokat, a földigiliszták és a növények gyökerei által a talajban létrehozott járatokat. Az imágók jól repülnek, évente 40-60 km-rel képesek szélesíteni elterjedési területüket. Jelenlétükre átlagos klímájú években az első fagyokig számíthatunk (Short

és Hill, 1972; Ivezic et al., 2006a), azonban száraz évjáratokban korán elhagyják a kukoricásokat és táplálékot keresve elvándorolnak (Szeőke et al., 2004).

## **2.5. Az amerikai kukoricabogár tápnövény-választása és kártétele**

### **2.5.1. A lárvák kártétele**

Fő kártevő alak a lárva, ami a tojásból való kelést követően a gyökerek által kibocsátott széndioxidot érzékelve felkeresi a gyökérzetet, és azon táplálkozni kezd (Széll et al., 2005). Az L<sub>1</sub>-es és L<sub>2</sub>-es lárvák a hajszálgyökerekben járatokat, az idősebb L<sub>3</sub>-as lárvák a nagyobb gyökerek külső szöveteibe hosszanti barázdákat rágnak. A kártétel a külső, vékony gyökereken kezdődik, és a gyökérnyak, valamint a pányvázó- és támasztógyökerek felé halad (Chiang, 1973). A károsítás nyomán vízháztartási (Riedell, 1990) és tápanyagfelvételi (Kahler et al., 1985) zavarok lépnek fel, csökken a fotoszintézis intenzitása (Godfrey et al., 1993), ennek következtében mennyiségi és minőségi kár lép fel (Carter és Hudelson, 1988; Spike és Tollefson, 1991). A csökkent méretű gyökérzet miatt, a növények 8-16%-al kevesebb termést hoznak (Sutter et al., 1990), ami szélsőséges esetben akár 40% is lehet (Godfrey et al., 1993). A legjelentősebb problémát azonban a nagymértékű károsítás nyomán meggyengülő, és a növény súlyát megtartani képtelen gyökérzet jelenti, hiszen a szemkitelítődéskor megnövekvő tömegű kukoricacső, akár enyhe környezeti hatásra (szél, eső) is a talajra fektetheti a növényt (Spike és Tollefson, 1990). A kidőlt kukorica a fototropizmus következtében felfelé törekszik, és kialakul a súlyosan károsított gyökérzetre utaló „hattyúnyak” tünet (Vörös, 2004). A nagymértékben megdőlt állományok betakarítása nehézkes, esetleg gabona adapterrel megoldható, ám ez lassú és nagy szemveszteséggel jár (Vörös, 2004). Gazdasági kártételi szintű gyökérvártételre abban az esetben számíthatunk, ha növényenként 8 db vagy több lárva táplálkozik (Ripka et al., 2001). A gazdasági kártételi szint az IOWA-skála (Hills–Peters) értékeihez viszonyítva egyes szerzők munkáiban eltérő értéket vesz fel: 2,5 (Turpin et al., 1972), 2,75 (Stamm et al., 1985), 3,0 (Mayo, 1986), 3,5 (Davis, 1994).

### 2.5.2. Az imágók kártétele

Az imágók a kukorica zöld részeit, hím virágzatát, bibéjét és a szemeket is károsítják, attól függően, hogy a növény melyik fenológiai stádiumban van. Legkorábban a leveleken megjelenő, a levél ereket is átszelő hámozásukkal találkozhatunk, amit a gyakorlatlan szem összekeverhet a búzatáblákról betelepülő *Oulema* fajok imágóinak kárképével. A két kárkép megjelenésének és megkülönböztetésének a kukorica nagy zöldtömege miatt gyakorlati jelentősége nincs. Aszályos években, hőségnapokon azt is megfigyelték, hogy az imágók a támasztó gyökereket megrágva (Fényes et al., 2008), illetve a levélhüvelyek és a szár közötti részben rejtőzve próbálnak nedvességhez jutni illetve hőmérsékletüket csökkenteni (Nádor et al., 2009).

A kukorica virágzása alatt az imágók a pollentokok megrágásával, az éretlen pollen elfogyasztásával, szétszórásával (Ludwig és Hill, 1975) károsítják a növényt. Gyakorlati jelentősége azonban ennek sincs, a kukorica ugyanis nagy mennyiségű, 35-90 kg/ha (Lauber et al., 2006) pollent termel, ami biztosítja a bibék beporzását. Az imágók a pollen mellett, a virágzás alatt folyamatosan növekvő, zsenge bibeszálakat is fogyasztják (Moeser, 2003), melynek magas imágó egyedsűrűség esetén komoly gazdasági következményei lehetnek (Culy et al., 1992). A beporzás annál könnyebben és eredményesebben megy végbe, minél hosszabbak a bibeszálak (Strachan és Kaplan, 2001). Ha a bogarak egyedsűrűsége elég magas ahhoz, hogy a virágzás alatt folyamatosan 2,5 cm-nél rövidebbre rágják a bibéket, termékenyülési hiány lép fel (Basetti és Westgate, 1993a; Basetti és Westgate 1993b), csökken a szemszám. A kártétel ilyen szintjét árukukoricában 9 db imágó/kukoricacső, vetőmag kukoricában 1-3 db imágó/kukoricacső okozza (Tuska et al., 2002; Tuska et al., 2003). Tuska et al. (2002) vizsgálataiban 20%-os termésnövekedést figyelt meg 3 imágó/kukoricacső egyedsűrűség mellett vetőmag kukoricában. Ha növényenként 1 imágót találunk, nem biztos, hogy mérhető termésvesztéssel tapasztalunk, de következő évben védekezni kell a kártevő ellen (Ripka et al., 2001).

A kártétel következő formája a teljes kukoricaszemeken lép fel. A virágzást követő nyári melegben elszáradt bibeszálakkal és a kemény epidermisszel védett, silány beltartalmú levelekkel táplálkozó imágók nem tudják fedezni folyadék, fehérje, vitamin és szénhidrát igényüket (Moeser és Hibbard, 2005). A bibét vagy pollent nem fogyasztó nőtények primer natalitása kisebb (Naranjo és Sawyer, 1987; Elliott et al., 1990). A pollen fehérjében és szénhidrátban gazdag, így a virágzás az imágók számára a

legmegfelelőbb időszak az érési táplálkozáshoz (Darnell et al., 1999). A táplálék- és vízhiányban szenvedő imágók megrágnak a kukoricacsövek végén lévő tejes kukoricaszemeket, ebből pótolják szükségleteiket, és okoznak újabb mennyiségi és súlyos minőségi kárt. Rágásukkal ugyanis fertőzési kaput nyitnak a gombáknak (*Fusarium* spp.), amik megtelepednek a csöveken és a másodlagos anyagcseretermékekkel, toxinokkal szennyezik azokat. A toxinokkal szennyezett takarmány a súlygyarapodás és a termelés csökkenést, vagy szélsőséges esetben elhullást is okozhat az állatállományban.

Az imágók a kukorica rövid virágzását követően főként gyomnövények virágzatát keresik fel, hogy kielégítsék tápanyagszükségletüket (Jones és Coppedge, 2000), ha azonban választási lehetőség kínálkozik, a kukoricát preferálják (Naranjo, 1991). Táplálkozásukat több Magyarországon is honos gyomfaj virágzatán figyelték meg: *Amaranthus* spp., *Setaria* spp., *Sorghum* spp. (Hill és Mayo, 1980), *Echinochloa crus-galli* (Moeser és Vidal 2001). Alternatív tápnövényként nemcsak gyomfajok szolgálhatnak, hanem más kultúrnövények is. A napraforgó virágzatának sárga színe vonzza az imágókat, amik annak pollenjét (Hatvani és Horváth, 2002; Moeser és Vidal, 2004) szívesen fogyasztják, sőt a sugárvirágokat is megrágnak, de ezzel gazdasági kárt nem vagy csak vetőmagtermesztés esetén okoznak.

### **2.5.3. A kukoricabogár lárvák táplálkozása és a hidroxám savak (cHx)**

A legjobb tápláltsági állapotot a kukorica (*Zea mays* L.) gyökereket fogyasztó lárvák érik el, ez biztosítja számukra a legmagasabb túlélési esélyt (Branson és Ortman, 1967a; Oyediran et al., 2004), de nem a kukorica az amerikai kukoricabogár lárvák egyetlen tápnövénye (Golden és Meinke, 1991). A lárvák táplálkozását a kukorica mellett több, Magyarországon élő gyomnövény fajon is megfigyelték: *Amaranthus retroflexus* (L.), *Echinochloa crus-galli* (L.), *Panicum miliaceum* (L.), *Setaria pumila* (Poir.) *S. verticillata* (L.) *S. viridis* (L.), (Clark és Hibbard, 2004), *Bromus inermis* (L.) *Cynodon dactylon* (L.), *Digitaria sanguinalis* (L.) (Wilson és Hibbard, 2004), *Triticum aestivum* (L.) (Branson and Ortman, 1970). A lárvák azonban nem tudnak minden felsorolt faj gyökérzetén imágóvá fejlődni, a gyökerek anyagai gyakran gátolják fejlődésüket, megakadályozzák táplálkozásukat. A *Sorghum halepense* L. rizómájának toxintartalma miatt például nem képesek azon fejlődésüket befejezni (Branson és Ortman, 1967b).

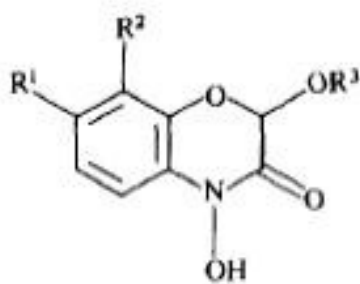


A kukorica és más gabonafélék másodlagos metabolitok egy csoportját tartalmazzák (Niemeyer, 1988), melyeket hidroxám savak (cHx) néven ismerünk (7. ábra), és amelyekről már bebizonyosodott, hogy védekező ágensként működnek a növényben a kártevő rovarokkal és betegségekkel szemben (Campos et al., 1988; Campos et al., 1989). Több növény-rovar kapcsolatban, mint a kukorica és a kukoricamoly (*Ostrinia nubilalis* Hübner) (Klun és Brindley, 1966; Robinson et al., 1978) vagy a kukorica és a kukoricabogár esetében (Xie et al., 1992), a növényi szövetek cHx tartalma szignifikáns összefüggést mutat a kártevővel szembeni toleranciával.

A kukorica szemtermésben a cHx nincs jelen, a csírázást követően jelennek meg, a csírázás utáni néhány napban eléri a maximális mennyiségüket, majd koncentrációjuk csökken (Klun és Robinson, 1969). Minden növényi részben megtalálhatók, koncentrációjuk abszolút értéke és aránya a föld feletti és a földalatti részek között a hibrid genetikai háttérének függvénye (Argandona és Corcuera, 1985; Xie et al., 1992). A fiatal levelek több cHx-t tartalmaznak, mint az öregebbek (Guthrie et al., 1986), és a levél csúcsi részében is magasabb a koncentrációjuk, mint a bazális részen. A levélerek közelében szintén magasabb koncentrációt mérhetünk, mint a levéllemezben, de a levélerek sem egyformák ilyen tekintetben, a mellékerekben magasabb a cHx mennyisége, mint a főérben (Argandona és Corcuera, 1985). A kukorica csíranövényeknél magasabb a koncentrációja gyökér belső szöveteiben, mint a cortexben (Argandona és Corcuera, 1985). A cHx tartalmat azonban külső tényezők is befolyásolják. Az alacsony hőmérséklet a növekedés közben csökkenti a kukorica gyökerek cHx tartalmát, de az alacsony hőmérsékleten töltött rövidebb idő, a fiatal szövetek nagyobb arányát eredményezi, amik magasabb cHx tartalmúak (Niemeyer, 1988). Az alacsony intenzitású fényel megvilágított kukorica növények magasabb cHx tartalmúak (Manuwoto és Scriber, 1985a), mivel ennek hatására a fiatal szövetek aránya nő meg. Egyes kukorica hibridek esetében, a nitrogén hasznosítás szintje a cHx tartalmat nem befolyásolja szignifikánsan (Manuwoto és Scriber, 1985b), más kukorica hibridek esetén a többlet nitrogén növeli a cHx tartalmat.

A kukorica gyökérzetében, a DIMBOA cHx és glikozidjai fordulnak elő a legnagyobb mennyiségben. Xie et al. (1992) 7 toleránsnak tartott hibrid gyökérzetének DIMBOA tartalma, és a hibridek gyökerén táplálkozó *Diabrotica* lárvák fejlődési erélye közötti kapcsolatot vizsgálta, laboratóriumi körülmények között. Megállapították, hogy szignifikáns fordított kapcsolat van a gyökerek DIMBOA tartalma és a lárvák

tömeggyarapodása, fejtokméret növekedése, és túlélési aránya között. Assabgui et al. (1995a; 1995b) szántóföldi körülmények között is megfigyelték, hogy a kukorica növények gyökérrendszerének cHx koncentrációja szerepet játszik a kukoricabogár lárvákkal szembeni toleranciában (allelókemikáliák). Más kutatók nem találtak szignifikáns kapcsolatot a kukorica vonalak cHx tartalma és a kukoricabogár lárvák fejlődése, valamint túlélési aránya között (Abou-Fakhr et al., 1994; Davis et al., 2000). A vegyületsorozat toleranciában betöltött szerepe vitatott, azonban ha a cHx fitokémiai indikátorként való alkalmazása lehetséges lenne, az sokszorosára gyorsíthatná a kukoricabogár elleni nemesítési programokat (Xie et al., 1992), és hatalmas gazdasági jelentőséggel bírna.



R1	R2	R3	Rövidítés
Hidroxám savak (cHx) (4-hidroxi-1,4-benzoxazin-3-egy)			
H	H	H	DIBOA
H	H	Glc	DIBOA-Glc
MeO	H	H	DIMBOA
			DIMBOA-
MeO	H	Glc	Glc
MeO	MeO	H	DIM2BOA
			DIM2BOA-
MeO	MeO	Glc	Glc
OH	H	H	TRIBOA

7. ábra. A hidroxám savak szerkezete és elnevezésük (Niemeyer, 1988)

## 2.6. Az amerikai kukoricabogár elleni védekezés lehetőségei

A kukoricabogár ellen csak a faj biológiájának megismerésével lehet alkalmas védekezési stratégiát kidolgozni. A kártevő „rejtett” életmódot él, csak rövid ideig, mintegy 65 napig (Szemán és Takács, 2004) található meg imágó alakban. A megtermékenyüléstől a kikeléséig 9 hónapot tölt a talajban, ellenálló tojás formájában. A kártevő elleni védekezésnek három módja lehetséges: az agrotechnikai és kémiai védekezés, valamint a toleráns és rezisztens kukorica hibridek nemesítése, termesztése.

### 2.6.1. Agrotechnikai védekezés

A legsikeresebb, egyben kemikáliáktól mentes, ezért talán a leginkább költségtakarékos védekezési lehetőség a kukoricabogár ellen a vetésváltás (Levine et al., 2002), hiszen így minden évben olyan területre kerül a kukorica, ahol a talajban nem fordulnak elő a kártevő tojásai. Alkalmazhatóságát az üzemi méret, és a profitkényszer azonban jelentősen korlátozhatja. Ügyelni kell a gabonatarlók „feketén” tartására. A *D. v. virgifera* nőtények tojásrakáskor a kukoricatáblák talaját preferálják. Ha a tarlón virágzó gyomfoltok találhatóak, a nőtények a tojásrakási hely kiválasztásakor előnyben részesítik azokat, a csupasz talajfelszínhez képest (Johnson és Turpin, 1985). A napraforgó virágzatának sárga színe attraktív az érési táplálkozást folytató nőtények számára, melyek tojásaikat így, lerakhatják akár a napraforgó tábla talajába is. Az ilyen lárvakártétel lehetséges oka a megnyúlt diapauza (Levine et al., 1992), de az amerikai kukoricabogár tojásokból elenyészően kevés lárva kel ki második telet követően, ezért valószínű, hogy nem ez áll a jelenség hátterében (Steffey et al., 1992).

Az észak-amerikai farmgazdálkodásban széleskörűen elterjedt a szója-kukorica bikultúra. 1987-ben észlelték először szója elővetemény utáni első éves kukoricában a lárvák gazdasági kártételét (Levine és Oloumi-Sadeghi, 1996). Az úgynevezett „vetésváltás toleráns törzs” kialakulásának okára több magyarázat született: a *D. v. virgifera* és *D. barbery* fajok kereszteződése, a széleskörű piretroid használat (Levine és Oloumi-Sadeghi, 1996), a tojások meghosszabbodott diapauzája (Steffey et al., 1992), a kettős tojásrakási stratégia (Samson et al., 1997) vagy a genetikai háttér (Onstad et al., 2003). Hazánkban azonban még hatékony megoldást kínál a nálunk jellemző búza-kukorica bikultúra a kukoricabogár elleni védekezésben.

A termesztett hibrid érési idejének megválasztása is szerephez juthat a kártevő elleni védekezésben. Az úgynevezett „korai koncepcióba” tartozó szuper korai (FAO 160-190) kukoricák alacsony, már 6°C-os talajhőmérsékletnél fejlődésnek indulnak és a lárvák kelésének idejére már erős gyökérzetet fejlesztenek. Ezáltal könnyebben regenerálódnak és vészelik át a kártételt.

A védekezés egy másik módja a megfelelő tápanyag utánpótlás, kálium kijuttatása (Halvaksz, 2004). A kálium alapvető szerepet tölt be a szárszilárdításban és fontos a helyes tápanyag arány miatt is. Az arányos tápanyagellátás a lárvák okozta gyökérvártételt önmagában azonban nem képes ellensúlyozni, és számolni kell költségnövelő hatásával.

A korai, vagy épp a kései vetés is megoldást jelenthet a kártétel mérséklésében. A vetésidő kitolása, vagy előrehozása azonban bizonytalan, végkimenetelét nem tudhatjuk előre.

### **2.6.2. Kémiai védekezés**

A kukoricabogár lárvák elleni kémiai védekezés hazánkban (Kiss et al., 2001) és az Egyesült Államokban is (Rice, 2004) a legtöbbször vetéssel egy menetben történő talajfertőtlenítő szer kijuttatást jelent. Előnye, hogy az inszekticid közvetlenül a megvédeni kívánt gyökérzethez kerül. Sokszor alkalmazzák a rovarölő szeres csávázást is a lárvakártétel mérséklésére, azonban ez a lehetőség csak a közepesnél gyengébb kártevő egyedszám esetén, normál vagy csapadékos évjáratban ajánlott. Előnye, hogy a felszívódó csávázószeres más fiatalkori kártevők (pl.: barkók) ellen is védelmet nyújtanak 3-5 leveles korig (Széll et al., 2005). A vetéssel egy menetben történő talajfertőtlenítő és csávázó szeres védekezés hatékonyságát csökkenti a növényvédő szeres kijuttatása és a lárvakelés között eltelő hosszú idő, valamint a tojások forgatásos talajművelés miatti mélyebb elhelyezkedése. Vetésváltásban a rovarölő szeres csávázás, monokultúrában a talajfertőtlenítés ajánlott (Tóth et al., 2007).

Önmagában a lárvák elleni védekezéssel nem lehet hatékonyan kordában tartani a kukoricabogár kártételét (Bača és Sivcev, 2001), ezért a következő évi tojásszám mérséklése céljából szükség van az imágók elleni védekezésre. A Magyarországon engedélyezett szerekkel jól megoldható az imágók egyedszámának csökkentése. Hatástartamuk viszonylag hosszú (akár 14 nap), ami tapadásfokozó adalékanyagokkal tovább nyújtható.

A védekezés időpontja azonban sosem egyértelmű. Az időpontot az elérni kívánt cél szabja meg. Amennyiben a cél a tojásrakás megelőzése, a nőstények rajzásának kezdetétől számított 20. napra célszerű időzíteni az első kezelést (Szemán és Takács, 2004). Ennek idejét a reggeli órákban talajon mozgó, telt potrohú nőstények szemrevételezésével és számlálásával lehet meghatározni, a csapdák fogása (szexferomon, sárgalap) csalóka képet mutathat. A termesztőknek sokszor nem célja a tojásrakás megakadályozása, mert vetésváltást alkalmaznak, ezért a kukorica virágzásának idejére időzíti a kezelést, ezzel biztosítva a kukorica termékenyüléséhez szükséges szabad egy hetet. Ha a növényenkénti imágók száma virágzáskor olyan

alacsony, hogy nem okoznak jelentős bibehossz csökkenést, az állománykezelés elhagyható.

### **2.6.3. Kukoricabogár toleráns hibridek**

A kukoricabogár elleni tolerancia kutatása több mint 60 éve indult és a mai napig is tart (Ivezic et al., 2006b). Már az 1920-as években megfigyeltek eltérő reakciókat a kukoricabogár lárvák okozta kártétellel szemben (Bigger et al., 1938). Bigger et al. (1941) bizonyították, hogy egyes hibrid vonalak kiemelkedő toleranciát mutatnak a más, érzékenyebb vonalokhoz képest. Owens et al. (1974) szerint, a tolerancia a nagyobb méretű gyökérzetben és az intenzívebb gyökérregenerációban rejlik. E tulajdonságok csupán a tolerancia elsődleges mechanizmusának tekinthetők, hiszen a növények ugyanannyi rágáskárt mutatnak, mint az érzékenyek, mégis termésveszteség nélkül képesek azt elviselni (Riedell és Evenson, 1993). Missouriban, 1997-1998-ban végzett vizsgálatok során, sikerült azonosítani néhány olyan hibridvonalat, melyeket szignifikánsan kisebb mértékben károsítottak a kukoricabogár lárvák (Hibbard et al., 1999).

A sok biztató eredmény ellenére, napjainkig sem sikerült hagyományos módszerekkel átütő eredményt elérni a nemesítésben. Történt próbálkozás Magyarországon is a kukoricabogárral szemben toleráns hibrid a Sunrise elismertetésére. A kérelmet benyújtó cég a Saaten-Union az első vizsgálati év ellentmondásos eredményei után visszavonta a hibrid elismertetésére benyújtott kérelmét.

A molekuláris genetikai módszerek azonban új alternatívákat kínáltak. A Monsanto Company munkatársai a *Bacillus thuringiensis kumamotoensis*-ből izolálták a cry3Bb1 gént, amit genetikai módosítással a kukorica genomjába ültetve és kifejeződve, a növény minden sejtjében cry3Bb1 kristályos fehérje termelését idézi elő (Rice, 2004). A termelődő fehérje az eredeti protein egy olyan változata, mely szelektíven toxikus azokra a rovar fajokra, melyek közepbelében a fehérje megkötésére alkalmas receptorok találhatóak. A cry3Bb1 fehérje receptorokon való megkötődése következtében pórusok nyílnak az epitél sejtek falán, ami akadályozza az iontranszport működését és a bél epitheliumának líziséhez vezet. Mindez a toxin dózistól függően bénulást, vagy a rovar pusztulását okozza. Az emlősökben nem ismerünk ilyen receptorokat. A módosított cryBb1 gént a MON 863 kukorica vonala hordozza, amit az USA Környezetvédelmi

Hivatala (U.S.EPA) 2003. február 25-én termesztésre engedélyezett (EPA, 2003), és a Monsanto „YieldGard Rootworm” kukorica néven forgalmaz. Mára termesztésbe kerültek olyan hibridek is, melyek genomjába több gén is beültetésre került, és egyesítik magukban a kukoricabogárral és a kukoricamollyal szembeni toleranciát valamint a glifozát sóival szembeni rezisztenciát is. A termék „YieldGard VT Triple Pro” néven ismert.

Gray (2001) szerint ezzel a kukoricabogár leküzdésére alkalmas legizgalmasabb és egyben leghatékonyabb eszköz került a növényvédelem arzenáljába. A transzgénikus kukorica azonban megosztja a szakemberek véleményét. Tény, hogy azonos vagy szignifikánsan kisebb a lárvakártétel, mint az inszekticiddel kezelt érzékeny hibridek esetén (Wilson et al., 2002). A technológia veszélye abban rejlik, hogy a toxint a transzgénikus kukorica minden sejtje termeli, így igen nagy mennyiségben képződik ott, ahol a növényt üzemi méretekben termesztik. Számos laboratóriumi kísérletben figyelték meg a toxin negatív hatását, amikor nagy koncentrációjú *Bt* fehérje, vagy *Bt* fehérjét termelő növényi szövet hatásának tettek ki, nem cél (közömbös vagy hasznos) szervezeteket (Hilbeck et al., 1998; Losey et al., 1999). Más kutatók nem (Al-Deeb et al., 2003; Al-Deeb és Wilde, 2003; Romeis et al., 2004), vagy igen elenyésző (Sears et al., 2001) kockázati tényezőt látnak a GMO növények alkalmazásában. Emellett a monogénes toleranciával szemben, az erős szelektációs nyomás következtében, könnyen kialakulhat a tulajdonsággal szemben nem érzékeny rassz. Ennek oka, hogy míg a baktérium mindig többféle toxint termel és azt protoxin formájában tartalmazza, addig a növény csak egyfélét termel, mint aktív toxint (Darvas és Lauber, 2006). A rezisztencia kialakulásnak esélye 300-szor nagyobb egy, mint négy crytoxin keveréke esetén (Tabashnik, 1994; Georghiou és Wirth, 1997).

A nem érzékeny kártevő populáció kialakulását jósló kutatóknak nem kellett sokat várniuk állításaik igazolására. Iowa északkeleti részén, 2011-ben már pozitív korrelációt figyeltek meg a kutatók a Cry3Bb1 *Bt* fehérjét tartalmazó, toleráns hibrid önmaga után történő termesztésének hossza, és a kukoricabogár populáció túlélési aránya között (Gassmann et al., 2011).

Az Európai Unióhoz való csatlakozás következtében, Magyarország a 2003/556/EK bizottsági ajánlás alapján a géntechnológiával módosított (GM) növények termesztését nem tilthatja meg, ugyanakkor olyan jogi környezetet kíván biztosítani, ami ellenőrizhetővé, átláthatóvá teszi a GM növények termesztését. Ennek eszköze a koegzisztencia-szabályozás, azaz a GM növények és a hagyományos módon, valamint

az ökológiai gazdálkodással termesztett növények adott térségben egymás mellett folytatott termesztésére vonatkozó előírások megalkotása. E szabályozás a szabad forgalmazás és a felhasználás elé állít olyan szigorú korlátokat, amelyek megakadályozhatják a fajtakeveredést és az ebből származó gazdasági hátrányokat, ugyanakkor nem létesítenek generális GMO-tilalmat, amely a közösségi jog durva megsértésének minősülne (Pásztor és Jasinka, 2006). Ennek következtében a GM növényekre és hatásukra vonatkozó mértékadó magyarországi eredmények nincsenek, hiszen tudományos célú vizsgálatuk is túlszabályozással gátolt.

A nem transzgénikus, kukoricabogár lárvák kártételével szemben poligénes toleranciájú, jó agronómiai tulajdonságokkal rendelkező kukorica hibrid létrehozása vagy azonosítása óriási jelentőséggel bírna. Az ökoszisztéma veszélyeztetése nélkül nyílna lehetőségünk a kijuttatott inszekticidek mennyiségének csökkentésére, kímélve környezetünket, csökkentve a védekezés költségeit, extraprofitra téve szert.

## **2.7. Az amerikai kukoricabogár előrejelzésének módszerei**

### **2.7.1. Az imágók rajzásfigyelése**

A védekezés eszközeinek adott gazdasági, ökológiai és földrajzi környezetben való helyes megválasztásához ismernünk kell a kukoricabogár populáció nagyságát és kártételi potenciálját. Az imágók számának felmérése és csapdákkal való észlelése, rajzásuk nyomon követése hasznos információkkal szolgál, a következő évi vetési sorrend megtervezéséhez (Edwards et al., 1998; Gerber et al., 2005). Az állományban való bonitálási és a csapdák fogási eredményeit gyakran használják a következő évi kártétel becslésére (Hein és Tollefson, 1985; Kuhar és Youngman, 1998).

Az állományban való bonitálásnak több módszere ismert. Az első módszer szerint egy növényegyedet 10 percig vizsgálunk, és számoljuk a megjelenő imágókat. Bonitálás végezhető 10 növényegyeden is, ekkor a vizsgálat nem időhöz kötött, valamint egy vagy több növény körül készített sátorizolátor segítségével (Chiang, 1973). Utóbbi módszer alkalmazása erősen megkérdőjelezhető a faj tojásrakási szokásainak és a sátor árnyékoló hatásának ismeretében.

A kukoricabogár csapdáknak csalogató hatás alapján két típusa létezik. Az egyik a vizuális ingerrel vonzó csapdatípus, melyeknek sárga színe fejt ki a csalogató hatását,

hiszen a kártevő imágói erre a színre reagálnak a legérzékenyebben (Ball, 1982). Az ilyen csapdák ragacs lap kiszerezésben készülnek. A csapdára repülő rovarokat a csalogató felületre felvitt, vízben nem oldódó ragasztó anyag ejti foglyul. Az USA-ban több ragacsos színcsapda típus van forgalomban, melyek színárnyalatukban és fényességükben különböznek (Hesler és Sutter, 1993). Felhasználási lehetőségük azonban korlátozott, hiszen a vonzó hatás kifejtéséhez vizuális kapcsolatnak kell létesülnie a csapda és a rovar között, ezért mindössze 3-5 méteres körzetben csalogatják a kukoricabogarakat, és hatékonyságukat is csak 6 napig őrzik meg (Karr és Tollefson, 1987).

A másik csapdatípus a kémiai anyag töltetű csapdák köre, melyekben a csalogató hatást egy, a rovar számára vonzó illatanyag fejt ki. Az illatanyag szexferomon vagy virágillat lehet. A kukoricabogár régóta ismert (Guss et al., 1982) szexferomonja csak a hím, a virágillat mind a hím, mind a nőstény egyedeket vonzza (Metcalf, 1994; Metcalf et al., 1998). A kukoricabogár megfigyelésére alkalmas, Magyarországon használatos, nőstényeket is fogó csapdatípusokat az MTA Növényvédelmi Kutatóintézet Állattani Osztály, Kémiai Ökológiai / Feromon Csoport munkatársai fejlesztették ki. Hatótávolságuk pontosan nem határozható meg, de a vizuális ingerrel vonzó csapdákéinak többszöröse, és általánosan alkalmazott kiszerezéseik gyakorlatilag telítődés mentesek. A virágillat anyaggal töltött csapdák felhasználása széleskörű, alacsony egyedsűrűség mellett is detektálják a kártevőt (Tóth et al., 1996; Tóth et al., 2003) és alkalmasak rajzásfigyelésre is.

A gyakorlatban a legelterjedtebb típusok a kombinált, vizuális és kémiai ingerekkel egyaránt csalogató KLPfero vagy KLPflor kalapcsapdák és a PAL vagy PALs palástcsapdák, melyek akár varsás kivitelben is készülhetnek.

### **2.7.2. Nyugalmi időszakban végzett felmérés**

A kukoricabogár tojások számának felmérése a talajban szintén a segítségünkre lehet a vetési sorrend és a kártevő elleni védekezési módszerek megválasztásában. A módszer lényege a téli, kora tavaszi időszakban a szántás mélységig (Gray és Tollefson, 1988) vett talajmintában található kukoricabogár tojások számának meghatározása. A Takács et al. (2004) által alkalmazott módszer a mintavétel eszközüül ásót, vagy talajmintavevőt használ.



A tojások talajtól való elválasztása vízszugár alatt, rostasor segítségével történik. Az eljárás elválasztja a tojásokat a talaj többi elemétől, és azt a talajfrakciót, ami a tojásokkal azonos mérettartományba esik. Az elválasztott frakciót nagyméretű Petri-csészébe mossák át, és telített konyhasó (NaCl) oldattal öntik fel, úgy, hogy az oldat a talajt teljesen ellepje. 24 óra állást követően, a tojások a talaj és a sóoldat határára rendeződnek, így mikroszkóp alatt megszámlálhatók. A módszerrel kellő mintasűrűség esetén, képet alkothatunk egy területen várható kukoricabogár lárvakártétel mértékéről.

A begyűjtött minta úgynevezett futtatásos módszerrel is vizsgálható. Az eljárás lényege, hogy a tojásokat a talajjal együtt állandó 13°C feletti hőmérsékleten tartjuk (Baufeld et al., 1996) ezzel indukálva az embrionális fejlődést. A tojásokból kelő lárvák száma alapján következtethetünk az adott területen várható kártétel mértékére.

### 2.7.3. Effektív hőösszeg számítás

A változó testhőmérsékletű állatok fejlődés sebességét a külső hőmérséklet döntően meghatározza. Az úgynevezett biológiai nullpont (fejlődési küszöb) alatt a fejlődésük megáll (Jermy, 1977). E küszöb feletti hőmérséklet tekinthető hatásosnak, vagyis effektívnek a fejlődés sebességének megszabásában.

A hőmérséklet és a fejlődési sebesség közötti összefüggést a következő egyenlet írja le:

$$n = \frac{C}{T - t_0},$$

ahol  $n$  = a fejlődési idő (nap)  
 $T$  = a mért hőmérséklet (°C)  
 $t_0$  = a biológiai nullpont (°C)  
 $C$  = a fajra jellemző termális állandó

A „C” termális állandó az adott fajra nézve a biológiai nullpont és egy állandó hőmérsékleten mért fejlődési sebesség ismeretében számítható ki:

$$C = n * (T - t_0)$$

Az egyenletből látható, hogy a termális állandó a napi biológiai nullpont feletti hőmérsékletek összege, vagyis effektív hőösszeg, melynek mértékegysége a [nap\*°C].

A számítás alkalmazható a kukoricabogár esetében, a lárvák kikelésének előrejelzésére. A kikeléséhez szükséges effektív hőösszeg ismeretében, az effektív hőmérsékletek alakulásának nyomon követésével, jó közelítéssel előre jelezhető a kelés időpontja. A többi fejlődési alak esetén is elvégezhető a számítás, azonban a törvényszerűség a többi szemaforontnál csak korlátozottan érvényes.

#### **2.7.4. lárvaszám felmérésére vegetációban**

Az adott évi vegetációs időszakban lehetőség van a tövenkénti lárvaszám felmérésére. A tövek kiásásával meghatározható a tövenként károsító lárvák száma (Ripka et al., 2001), melyből becsülhető a várható kártétel %-os mértéke (Petty et al., 1968). A módszer gyakorlati jelentőséggel nem bír, hiszen a lárvák elleni lehetséges védekezési időpontot (vetésidő) követően történik a felmérés, azonban az előjövő imágók egyedszámának becsléséhez jó támpontot nyújthat.

### **2.8. Az amerikai kukoricabogár lárvák kártételének értékelése**

A lárvakártétel értékelése a kukoricabogár lárvák elleni védekezési módszerek összehasonlításának alapvető eleme. Az értékeléshez szükséges mintavételezéseket akkor kell elvégezni, amikor a lárvakártétel a lehető legnagyobb mértékű, de az értékelést a gyökérzet regenerációja még nem akadályozza. Magyarországon ez általában július elejére tehető. Tulajdonképpen egy rövid, legfeljebb néhány hetes időintervallum áll a rendelkezésünkre, mely az adott időszak csapadék viszonyainak függvényében lerövidülhet vagy megnyúlhat. Az optimális értékelési időpont megválasztása a kártétel alakulásának előzetes mintázásával megkönnyíthető. A mintavétel során, a gyökérrendszer épségének megóvása a cél, a mintatövet ásó segítségével egy 20\*20\*20 centiméteres talaj kockával együtt kell kiemelni.

Az értékelésre több értékelési rendszert is megalkottak. Kezdetben az 1-9-es skálaértékű IOWA skálát alkalmazták a vizsgálatok során, majd ennek módosított változata az 1-6-os IOWA-skála terjedt el (Hills és Peters, 1971), ami Magyarországon elfogadott és a hatósági zoocid vizsgálatok módszertanában is alkalmazott értékelési módszer. A skála a kukorica gyökérzet károsodottságát méri, a gyökereken látható

rágásnyomok, és a náduszkörök visszarágásainak mértéke alapján (1. táblázat) (Ripka et al., 2001).

**1. táblázat. Az IOWA-skála (Ripka et al., 2001)**

<b>Skálaérték</b>	<b>Kártétel</b>
1	Nincsenek látható táplálkozási nyomok.
1,5	Látható táplálkozási sérülések vannak jelen a gyökéren.
2	1-3 gyökér enyhén rágott, járatokat tartalmaz.
2,5	Három jelentős gyökérnél több károsított, de 3,5 cm-re egy sincs visszarágva, vagy kiüregesítve.
3	1-3 gyökér 3,5 cm-re visszarágott, illetve kiüregesített
3,5	1-3-nál több gyökér 3,5 cm-re visszarágott, illetve kiüregesített, de 1 teljes náduszkör nem pusztult el.
4	1 teljes náduszkör, vagy ennek megfelelő számú gyökér elpusztult.
4,5	Körülbelül másfél náduszkör elpusztult.
5	2 teljes náduszkör, vagy ennek megfelelő számú gyökér elpusztult.
5,5	Körülbelül 2,5 náduszkör elpusztult.
6	3 vagy több náduszkör elpusztult.

A skála nem tartalmaz 0 értéket, mivel a skálát megalkotó kutatók álláspontja szerint, minden gyökéren található apró rágásnyomok, legfeljebb az értékelő nem veszi észre azokat. A skála sajátossága, néhány kutató szerint hiányossága, hogy a gyökérrendszer károsodottságának növekedésével a skálaértékek exponenciálisan és nem lineárisan növekednek. Ennek kiküszöbölésére alkotta meg Oleson és Tollefson (2000) a „node-injury” skálát (2. táblázat).

**2. táblázat A node-injury skála (Oleson és Tollefson, 2000)**

<b>Skálaérték</b>	<b>Kártétel</b>
0,00	Nincs rágási kár.
1,00	Egy náduszkör, vagy egy náduszkörrel egyező mennyiségű gyökér.
2,00	Két teljes náduszkör vagy a két náduszkörrel egyező mennyiségű gyökér lerágva.
3,00	Három vagy több náduszkör lerágva.

Az egész értékek között a kárt, a részben lerágott náduszkör százalékaival érzékeltetjük.  
Pl.: 1,25 érték = egy gyökérkör 100%-ának és egy második náduszkör 25%-ának gyökérzetével azonos mértékű rágás.

Az új, háromfokozatú skála a kártételt náduszkörönként százalékosan értékeli, lineárisan követve a gyökérrendszer egészének károsodottságát (Oleson et al., 2005),

ezáltal az apróbb kártételi különbségek is érzékeltethetők, valamint a 0,00 értéket is tartalmazza.

Minden bemutatott skála sajátossága azonban, hogy szubjektummal terhelt, vagyis az értékelő saját látószögét is tükrözi. Ennek következtében a kísérleti eredmények összevetésénél fontos szempont, hogy az értékeléseket mindig azonos személy végezze.

## CÉLKITŰZÉS

Vizsgálataink megkezdését megelőzően szembesültünk azzal a problémával, hogy a kukoricabogár foltszerűen lerakott tojásai miatt (Berger, 2008), szabadföldi körülmények között, lehetetlen olyan talajmintát gyűjteni, amely homogén eloszlásban, nagy számban tartalmaz kukoricabogár tojásokat. A nem homogén tojáseloszlás és a viszonylag alacsony tojásszám igen megnehezíti, kukoricabogár lárvák laboratóriumi és tenyészedényekben történő vizsgálatát. Célunk ezért olyan talaj előállítása volt, ami homogén eloszlásban, ismert mennyiségű kukoricabogár tojást tartalmaz. Az alapgondolat szerint, ideális feltételek mellett, sok imágót helyezünk viszonylag kis térbe, kevés talajt biztosítva számukra a tojásrakáshoz.

Kukoricabogár imágók gyűjtése során felfigyeltünk arra, hogy néhány egyed testén szabad szemmel is látható atkák kapaszkodnak. Vizsgálataink során célul tűztük ki, az atkafaj azonosítását és az imágók valamint az atkák kapcsolatának vizsgálatát.

Kísérleteink egy további területe a kártevő ökológiájának tanulmányozása volt. Az amerikai kukoricabogár tojás alakban vészeli át a téli kedvezőtlen időjárási körülményeket. A következő évi kártétel becslése szempontjából még tisztázatlan, nem indifferens faktor, hogy a télen jellemző fagyok hatására milyen mértékű embrió mortalitással számolhatunk. A gazdasági küszöbérték feletti kártételi szint fellépése nagymértékben függ a tojás alakban történő áttelelés sikerességétől. Vizsgálataink célja a számos embrió mortalitást befolyásoló tényező közül, a Magyarországon jellemző téli talajhőmérséklet tojásokban lévő embriókra gyakorolt hatásának megismerése volt.

A gyakorlatban a kártevő lárvái elleni kémiai védekezés talajfertőtlenítő és csávázó szerekre alapozottan történik. A kukoricabogár egy könnyen adaptálódó faj. A nagy területen történő egyoldalú növényvédő szer használat, a rezisztencia kialakulásának kockázatát rejti magában. Célul tűztük ki, a nagy termőterületen alkalmazott készítmények hatékonyságának összevetését.

A talajfertőtlenítő és állománykezelésre alkalmas inszekticidek azonban jelentős terhelést rónak a környezetre. Fontos feladat a fenntartható mezőgazdaság gyakorlatába illeszkedő, alternatív védekezési lehetőségek feltárása, ezért célkitűzéseinkben szereplő irányvonal, a kukorica hibridek kezeletlen körülmények közötti összehasonlítása, esetlegesen rezisztens vagy toleráns tulajdonságú hibrid(ek) keresése, továbbá siker esetén a rezisztencia vagy tolerancia hátterének tisztázása volt.

### 3. ANYAG ÉS MÓDSZER

#### 3.1. Homogén mennyiségű kukoricabogár tojást tartalmazó talaj létrehozása, növényházi és laboratóriumi kísérletekhez

Vizsgálatainkat 2008-ban és 2009-ben végeztük. A nyári időszakban, a tojásrakás kezdete után pár héttel kezdtük az imágók gyűjtését, amit 2008-ban a július 29. és augusztus 29., 2009-ben a július 26. és 31. közötti időszakban végeztünk. 2008-ban az imágókat Hetes község határában, a Vikár Béla Termelőszövetkezet művelésében álló, kukorica előveteményű kukoricatáblában gyűjtöttük. 2009-ben, szintén Hetesen a Vikár Béla Termelőszövetkezet egy zártkerti bérleményében végeztük a gyűjtést. Mindkét évben azonos metodikát alkalmaztunk. A munka felgyorsítása érdekében, molyirtó kazetta nélküli Csalomon KLPflor+ virágillat csalogató anyagú kalapcsapdákat helyeztünk ki (Németh et al., 2010a) (8. ábra).



8. ábra. Csalomon KLPflor+ kalapcsapda (Fotó: Németh Tamás)

Az alkalmazott csapdatípus két részre tagolódik, a fejrészre valamint a vizuális csalogató hatást keltő, négyzet alakú sárga bemászó lapra, melynek fejrészbe nyúló sarkán a virágillatú anyag is rögzül. A fejrész további három egységre tagolódik, az alaplagra, a csonka kúpra, valamint a kalapra. A csapdatípus előnye, hogy mind a hím, mind a nő ivarú imágókat vonzza, és amennyiben kellően erős anyagú műanyagból készül a fejrész, könnyen üríthetőnek is bizonyul. A csapdákat mindig a reggeli, délelőtti órákban ürítettük, rovarszippantó (9. ábra) segítségével (Németh et al., 2009b).



**9. ábra. Imágókkal telt rovarszippantó (Fotó: Németh Tamás)**

A begyűjtött imágókat műanyag edényekbe helyeztük. Edényként 20 liter térfogatú, jól záródó tetővel ellátott, műanyag vödröket használtunk. A szellőzést az edények tetején vágott, négyzet alakú nyílás biztosította, amit szúnyoghálóval fedtünk, a befogott egyedek kiszabadulását meggátolandó.

Az edények alsó harmadát a kísérleti területről gyűjtött barna erdőtalajjal töltöttük meg, és a szántóföldi vízkapacitás 70%-ig nedvesítettük, hogy a tojásrakáshoz kedvező viszonyokat teremtsünk. A nedvesített talaj tömege vödrönként 10 kg volt. Az edényekbe zöld bibéjű és tejes kukoricacsöveket helyeztünk táplálékként. Az előkészületek után edényenként 500-500 imágót telepítettünk, 1:1 ivararányban (10. ábra).

Az alkalmazott ivararány becsült érték, nem vizsgáltuk azt, hogy a szokásosan ivarhoz kötődő színezettől eltérő példányok milyen arányban vannak jelen, de az ivararány a nemek arányának kiegyenlítődségét követően 1:1 körül mozog (Weiss et al., 1985).



**10. ábra. Az edények töltésének folyamata**  
(Fotó 1,2,4: Németh Tamás; Fotó 3: Dr. Kadlicskó Sándor)

A vizsgálati anyagot a Pannon Egyetem Georgikon Karára, Keszthelyre szállítottuk, és a Növényvédelmi Intézet Növényvédelmi Állattani Osztályának entomológiai laboratóriumában lévő klímakamrába helyeztük (11. ábra). A kukoricabogár imágókat 26C°-on L/D 16/8 megvilágítás mellett tartottuk (Németh et al., 2009d). A talajt kézi permetező segítségével folyamatosan nedvesítettük, valamint 2-3 naponta rendszeresen friss táplálékot helyeztünk az edényekbe (Németh et al., 2009c) mindaddig, amíg minden imágó el nem pusztult.



**11. ábra. A klímakamrába helyezett edények (Fotó: Németh Tamás)**



Azokból az edényekből, amelyekben már egyetlen élő imágót sem találtunk, eltávolítottuk a táplálékként behelyezett növényi részeket, majd ültető lapát segítségével fellazítottuk és elkevertük a talajt, gondoskodva a homogén tojáseloszlásról. Az egységnyi talajban lévő tojások számát tojásmosásos módszerrel határoztuk meg (Németh et al., 2006). A mosáshoz három, eltérő lyukbőségű szitát használtunk:

No. 31230/ MESH 1.20/ WIRE 0.76

No. 31040/ MESH 0.60/ WIRE 0.40

No. 30681/ MESH 0.25/ WIRE 0.15

A felső rosta szűrte ki a mintából a növényi maradványok és a nagyobb, szét nem mosható rögök jelentős részét, a középső rosta a közepes, szét nem mosható rögöket. A legkisebb lyukbőségű rosta fogta fel a tojásokat is tartalmazó talajfrakciót. A talajmintákat vezetékes vízszugárral mostuk úgy, hogy a legfelső, nagyobb lyukbőségű rostára helyeztük, és addig mostuk, amíg a kívánt frakció le nem mosódott. A felsőbb rostákról a fennmaradt frakciókat leöntöttük. Az alsó rostán maradt anyag tartalmazta a tojásokat. Ezt a frakciót addig öblítettük, amíg a tojásoknál kisebb mérettartományú talajalkotók eltávoztak, így nem zavarták az értékelést.

Az elválasztott növényi rostokból, cisztákból, kvarcsezemcsékből és rovartojásokból álló frakciót Petri-csészékbe mostuk át, és telített konyhasóoldatot adtunk hozzá (80 g/l) (Takács et al., 2004; Takács et al., 2005). Az oldat hatására, félnapi állás után a tojások a felszínre kerültek, és binokuláris mikroszkóp alatt számolhatók voltak. Enyhe keverésre a tojások a centrifugális erő hatására a Petri-csésze közepén kialakult üledékfolt peremére rendeződtek. A már megszámlált tojásokat pipettával eltávolítottuk, hogy ne zavarják a további számlálást.

A tojászám meghatározásához, a szabadföldi mintáknál megszokottól eltérően, csökkentett tömegű (0,25 kg) talajmintákat használtunk. A módszer olyan sikeresnek bizonyult, hogy a 0,25 kg talajban is szinte megszámlálhatatlan mennyiségű tojás fordult elő (12. ábra). A Petri-csészékben egyenletesen szétrázott, kimosott frakciót 8 egyenlő részre osztottuk, és a nyolcadban megszámlált tojások számának nyolcszorosát tekintettük a minta becsült, átlagos tojászámának.

2008-ban 19 db, 2009-ben 10 db edényben történt mesterséges körülmények közötti tojásrakás, az ismertett módszert alkalmazva. A tenyészedényes kísérletek során problémát jelentett az, hogy az előző év végén lerakott tojások csak a következő év tavaszán kerültek felhasználásra. Biztosítanunk kellett az áttelelést, olyan feltételek mellett, hogy a tojások életképessége ne csökkenjen. Erre két megoldás kínálkozott. 6

edényt, az 1, 3, 4, 5, és 9, valamint a 13 jelzésű edényeket szabadföldön, talajszintig beásva telettettük át, 30-60 centiméteres mélységben. A tojásokat tartalmazó talaj feletti 0-30 centiméteres részt kukoricabogár tojásoktól mentes talajjal takartuk. A két talajréteget Rashel zsákkal választottuk el, az edények aljára pedig körkörösön 6 db, 10 mm átmérőjű furatot készítettünk, hogy a környező talajjal közös vízmozgást biztosítsuk. Az edényekbe hulló csapadék mennyiségét az edények fölé helyezett, eltávolítható tetőszerkezet segítségével szabályoztuk (12. ábra).



12. ábra. A szabadföldön beásott edények (Fotó: Németh Tamás)

6 edényt, a 2, 6, 7, 10, és 17, valamint a 18 jelzésű edényeket 4°C-on, hűtőben tároltunk, így biztosítva azt, hogy a lárvák a kelésükhöz szükséges effektív hőösszeget csak a tavaszi vetés idejére éri el. A 14-es, 15-ös valamint a 19-es sorszámú edények az atkák tömeges megjelenése miatt nem kerültek be a vizsgálatokba.

### 3.2. Atkák és az amerikai kukoricabogár ökológiai kapcsolatának vizsgálata izolált tenyészetekben

A nagyszámú kukoricabogár tojást tartalmazó talaj létrehozásakor az imágók gyűjtése során figyeltünk fel arra, hogy néhány egyed testén szabad szemmel is látható atkák kapaszkodnak. A megfigyelt imágókat 2008-ban, a 14-es, 15-ös valamint a 19-es edényekbe helyeztük. Az edényeket a többi izolált tenyésztől külön kezeltük. Az atkák jelenlétét 2009-ben is megfigyeltük. Az érintett edényeket megjelöltük, később megfigyeltük, hogy az atkák ismét tömegesen jelentek (13. ábra). Ebből azt a következtetést vontuk le, hogy a két faj közötti kapcsolat a természetben is jelen van.

Számos atka egyedet gyűjtöttünk, amiket 70%-os alkoholban tartósítottunk, majd Dr. Ripka Gézához küldtük, aki az alkoholból tejsavba tett át tisztulni jó néhány

egyedet, hogy a preparátumban tisztán látszódjanak a határozás szempontjából fontos morfológiai bélyegek. Ez a folyamat néhány hetet vett igénybe. A preparálást követő határozást Dr. Szabó Árpád, a Budapesti Corvinus Egyetem Rovartani Tanszékének munkatársa végezte.



13. ábra. Atkák a kukoricabogár imágók testén (Fotó: Németh Tamás)

Felmerült a kérdés, hogy az atkák jelenléte van-e bármilyen hatással a kukoricabogár imágók életképességére, a nőtények primer natalitására. Egytényezős varianciaanalízissel összehasonlítottuk az atkákat tartalmazó, valamint az atkáktól mentes edényekben élő imágók élettartamát, és a nőtények primer natalitását. Az értékelést a 2008-as adatok alapján GenStat12<sup>th</sup> Edition programmal végeztük.

### **3.3. A hideg kezelések hatása az amerikai kukoricabogár embrió mortalitására**

A Magyarországon elterjedt forgatáson alapuló talajművelési rendszer jelentősen eltér az Észak-Amerikában alkalmazott, forgatás nélküli művelést („no till”, „minimum till”) preferáló gyakorlattól (Johnson és Turpin, 1985).

Vizsgálatainkhoz, a negatív hőmérsékletű hidegkezelések hőmérsékletének és időtartamának kiválasztásához, a talaj felső 30 centiméteres rétegének hőmérséklet

változásait vettük alapul. Hét egymást követő év (2002-2008) talajhőmérséklet adatait vizsgáltuk, amiket a Pannon Egyetem Georgikon Kar, Meteorológia és Vízgazdálkodás Tanszékének vezetője, Dr. Anda Angéla bocsátott rendelkezésünkre.

Az adatbázisból kiválogattuk azokat az időjárási eseményeket, melyek az adott évekre vonatkozóan jellemzőek. Az adatsorok feldolgozása során két szempont alapján szelektáltuk a hőmérsékleti értékeket. Először a negatív hőmérsékleti értékeket válogattuk ki, majd a szűkített adathalmazt vizsgáltuk, figyelembe véve azt, hogy egy adott hőmérsékleti érték milyen hosszú ideig állt fenn. Az említett ismérvek alapján, eredményként hőmérséklet és időtartam kombinációk álltak rendelkezésünkre. Végül ezen időjárási események gyakoriságát vizsgáltuk, vagyis azt, hogy az adott években, egy adott időjárási esemény hány alkalommal fordult elő. Kísérletünkben azokat a hőmérséklet és időtartam kombinációkat kívántuk modellezni, melyek minden évben, legalább egyszer, azonos időtartamig előfordultak. Az eredmények alapján, Magyarországon a -1, -2, -3°C-os talajhőmérsékleti értékek voltak jellemzőek a vizsgált időintervallumban, melyek maximum 8, minimum 1 napig álltak fenn.

Az időjárási körülmények szimulálására egy speciálisan átalakított, szabályozható hőmérsékletű mélyhűtő állt a rendelkezésünkre, melynek hőtehetetlensége  $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$  volt. A gép ezen paraméterét figyelembe véve, a modellezéshez a  $-2^{\circ}\text{C}$  és a  $-4^{\circ}\text{C}$  hőmérsékleti értékekre esett a választásunk.

A  $-2^{\circ}\text{C}$  hőmérséklet esetén, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 és 8 napig végeztünk kezeléseket, négy ismétlésben. A minél valóságosabb körülmények biztosítása érdekében, a kukoricabogár tojásokat talajba keverten tettük ki a hideg hatásnak. Vizsgálati egységként 1,1 kg talajt kezeltünk, amely homogéneen elkeverve, 1356 db kukoricabogár tojást tartalmazott (Németh és Nádasy, 2010) (14. ábra). A talajkockák belső hőmérsékletét folyamatosan mértük, a kezelt talajkockák paramétereivel teljesen megegyező ellenőrző dobozban.



**14. ábra. Edények kezelés közben (Fotó: Németh Tamás)**

A kezeléseket akkor tekintettük megkezdettnek, amikor a talajkockák belső hőmérséklete elérte a kezelés kívánt hőmérsékletét. A kezelés kezdetétől számítva minden 24 óra elteltével 4 vizsgálati egységet távolítottunk el a mélyhűtőből és helyeztünk a Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Növényvédelmi Intézet entomológiai laboratóriumában lévő, 24°C átlaghőmérsékletű klímakamrába (15. ábra), melynek hőtehetetlensége  $\pm 2^\circ\text{C}$  volt.

Az első kezelés áthelyezésével azonos időpontban, 4 db hidegkezelést nem kapott, kontroll talajkockát is elhelyeztünk a klímakamrában. A kezeléseket tehát a  $-2^\circ\text{C}$ -os hőmérséklet esetén, 8 napig, 4 ismétlésben folytattuk.



**15. ábra. Kezelések a klímakamrában (Fotó: Németh Tamás)**

A  $-4^\circ\text{C}$ -os hőmérséklet esetén, 1, 2, 3 és 4 napig végeztünk kezeléseket, négy ismétlésben. Vizsgálati egységenként szintén 1,1 kg talajt kezeltünk, ami homogéneen elkeverve, ugyancsak 1356 db kukoricabogár tojást tartalmazott. Az ellenőrző dobozokban elhelyezett talajkockák belső hőmérsékletét ebben az esetben is figyelemmel kísértük. A kezelés kezdetétől számítva minden 24 óra végén, 4 vizsgálati egységet távolítottunk el a hűtőből, és helyeztünk a 24°C átlaghőmérsékletű

klímakamrába. Az első kezelés áthelyezésével azonos időpontban, újabb 4 db hidegkezelést nem kapott, kontroll talajkockát helyeztünk a klímakamrába.

A kezelések hatására elpusztult embriók számát klímakamrás futtatás segítségével határoztuk meg. A tojásokat tartalmazó talajkockákat a már említett 24°C átlaghőmérsékleten klímakamrában tartottuk. A faj biológiai nullpontja 10,1°C (Takács, 2009), ennek megfelelően naponta 13,9°C effektív hőmérséklettel és a keléshez szükséges 268 nap°C effektív hőösszeggel (Takács, 2009) számolva, a kelés megindulása előtt 97,3 nap°C-al, előcsíráztatott kukorica magvakat helyeztünk a talajkockák felszínére, melyek zsenge gyökerei összegyűjtötték a kelő lárvákat. A gyökér növekedése közben CO<sub>2</sub>-ot bocsát ki, ami vonzza a frissen kikelt, táplálékot kereső kukoricabogár lárvákat, melyek annak belső szöveteibe rágják be magukat.

A magvak csíráztatását „between paper” módszerrel, a kezeléseknél használt klímakamrában végeztük. A módszer lényege, hogy több réteg szűrőpapírt vízbe merítünk, majd lecsorgatunk. Egy jól záródó, fedővel rendelkező, lehetőleg fényáteresztő edényt a lecsorgatott szűrőpapírral kibélelünk, majd ezen egyenletesen elhelyezzük a magvakat, és újabb nedvesített szűrőpapírral fedjük. A kukorica ilyen körülmények között, 24°C átlaghőmérsékletű klímakamrában, 3-4 nap alatt gyökeret fejleszt.

A csíranövényeket 2 naponta lecseréltük és úgynevezett futtató poharakba helyeztük. A futtató pohár két darab, 0,5 l térfogatú műanyag pohárból, valamint egy 1 mm lyukbőségű, 10 cm átmérőjű műanyaghálo korongból készült. Az egyik poharat a felénél, a másikat a talprészéhez közelebb kettévágtuk. A félbevágott pohár felső részét fejtetőre fordítottuk, majd ráterítettük a háló korongot. A kétharmadánál elvágott poharat erre ráfordítottuk, így a háló a poharak felső részei közé feszült. Talprészként a félbe vágott pohár alsó részét használtuk, melybe kis mennyiségű vizet töltöttünk (Takács, 2009; Németh et al., 2010b).

A futtató pohárban, a vízfelszín felett feszülő hálós szöveten elhelyezett csíranövények elpusztultak, elhaló gyökereikből a fiatal lárvák a hálón keresztül a pohár aljában lévő víz felszínére hullottak. A felületi feszültség miatt, a vízfelszínen úszó lárvák szabad szemmel számolhatók voltak. Minden csíranövény csere alkalmával pótoltuk az elpárologott vízmennyiséget is. A futtatást addig folytattuk, amíg minden életképes lárvát kikelt. Abban az esetben értékeltük kifutottnak az adott vizsgálati egységet, ha három egymást követő csíranövény csere alkalmával sem találtunk lárvát a futtató pohárba töltött víz felszínén.

Eredményeinket kétféle módon értékeltük. Első lépésben a talajkockánként kelt lárvák összes számának és a talajkockában eredetileg elhelyezett tojások számának különbségéből következtettünk a kezelések hatására fellépő mortalitás százalékos értékére. A mortalitás értékek és a hidegkezelés időtartamának kapcsolatát regresszió analízissel vizsgáltuk, melyhez a Microsoft Excel 2003 programot használtuk. Másrészt a vizsgálat során alkalmunk nyílt arra is, hogy megfigyeljük a kelés időbeli lefolyását. A mortalitási százalék számítására a következő képletet alkalmaztuk:

$$\text{Mortalitási}\% = 100 * \frac{(t - k)}{t}, \text{ ahol}$$

t = a kezelt talajkockában elhelyezett tojások száma

k = a kezelt talajkockában kikelt lárvák száma

### **3.4. Kukoricabogár lárvák elleni készítmények összehasonlító vizsgálata**

A 2008. és 2010. évben szabadföldi talajfertőtlenítő és csávázószer összehasonlító vizsgálatokat végeztünk. Minden évben azonos módszert követtünk a vizsgálatok beállítása során.

A télvégi időszakban több kukorica előveteményű területet választottunk ki, melyek adottságaikat tekintve megfeleltek a kísérlet helyszínével szemben támasztott követelményeinknek:

1. Egyenletes talajfelszín, 2%-nál nem nagyobb lejtéssel.
2. Homogén, lehetőleg középötött, de semmiképpen sem homoktalaj.
3. Szabályos alakú tábla, a kísérlet könnyebb elhelyezhetősége érdekében.
4. Jó megközelíthetőség, aszfaltozott út a közvetlen közelben.

A vizsgálati területek talajában előforduló kukoricabogár tojások számának és eloszlásának meghatározásához minden lehetséges helyszínen, a téli fagyok elmúltával talajmintákat gyűjtöttünk, 10\*10 méteres négyzethálós kötésben. Minden mintavételi ponton 1 kg mintát vettünk a szántás mélységig, amit laboratóriumba szállítottunk. A begyűjtött mintákból 0,5 kg tömegű laboratóriumi mintát választunk el homogenizálás

és keverés után, majd a tojásmosásos módszerrel (Takács et al., 2005; Németh et al., 2007) megvizsgáltuk, hogy a minta hány darab kukoricabogár tojást tartalmaz. Minden évben olyan területet választottunk, amely nagy számban és a szabadföldi körülményekhez képest egyenletes eloszlásban tartalmazott kukoricabogár tojásokat.

Vizsgálatainkat minden évben azonos módszertant követve, négy ismétlésben, véletlen blokk elrendezésben állítottuk be. A vizsgálatok során alkalmazott parcellaméret 4,5 m \* 50 m (225 m<sup>2</sup>) volt. A parcellaméret megválasztásának praktikus okai voltak. A hazai gyakorlatban, a legtöbb termelőüzem a 75 cm-es sortávolságra veti a kukoricát, ami azt jelenti, hogy egy művelő nyom 4,5 m széles (16. ábra).



**16. ábra. A 2007-ben, Batén beállított kísérlethez használt 6 soros Monosem vetőgép (Fotó: †Dr. Nádasy Miklós)**

2008-ban a Zalavári László gazdálkodó tulajdonában álló, Kaposvár (Fészerlak) határában fekvő területre esett választásunk. 2010-ben a Vikár Béla Termelészövetkezet egy Hetes melletti tábláján végeztük vizsgálatainkat. A kísérleteket a 3. táblázat adatai szerint állítottuk be. A talajfertőtlenítő szerek a vetéssel egy menetben kerültek kijuttatásra mikrogranulátum szóró adapter segítségével. A csávázószerkezetek esetében a forgalmazóktól előre csávázott vetőmag került beszerzésre és felhasználásra a kísérletben.

**3. táblázat. A szabadföldi vizsgálatok beállításának időpontjai**

Év	Földhasználó	Helység	Kísérlet beállítás ideje	Hibrid
2008	Zalavári László	Fészerlak	2008. április 24.	PR38A24
2010	Vikár Béla Termelészövetkezet	Hetes	2010. április 22.	DKC3511



Nyár elején felvételeztük a kukoricabogár lárvák által okozott gyökérvártétel mértékét. Parcellánként 20 mintatövet gyűjtöttünk az értékeléshez. A parcella két szélső sorából, valamint az első és hátsó egy méteres sávjából nem vettünk mintát. A mintatövek kiemeléséhez ásót használtunk. A töveket egy 20\*20\*20 cm-es földkockával együtt emeltük ki, majd erős műanyag zsákokba helyeztük, és a gyökérmosás helyszínére szállítottuk, ügyelve, hogy a gyökérrendszer a lehető legkevésbé sérüljön. A mosáshoz 2008-ban a Kaposvári Egyetem Tangazdasága, 2010-ben a Vikár Béla Termelőszövetkezet biztosított lehetőséget. A mosás helyszínén a töveket beáztattuk, majd vezetékes vízszugár segítségével a talajt véglegesen eltávolítottuk a gyökerekről. Értékelésre a módosított IOWA-skálát (Hills–Peters) használtuk (4. táblázat). A gyökérvártétel értékelés eredményeinek konzisztencia százalékát is kiszámítottuk. A konzisztencia értéke jelzi az adott vizsgálat megbízhatóságát. Minél magasabb a konzisztencia szintje, annál kevésbé megbízhatóak az adott vizsgálat eredményeiből levont következtetések. A konzisztencia százalék tulajdonképpen a vizsgált adatsor IOWA 3 érték alatti gyökérvártétel értékeinek százalékos arányát fejezi ki. A konzisztencia számítása azért volt indokolt, mert az IOWA 3 skálaérték a kártétel gazdasági küszöbértéke, valamint az egyes IOWA értékekre jutó kártétel mértéke csak e skálaérték felett egyenlő, alatta exponenciálisan csökken.

**4. táblázat. A gyökérvártétel értékelés időpontjai**

<b>Év</b>	<b>Gyökérvártétel értékelés ideje</b>
2008	2008. július 10.
2010	2010. június 30.

A vizsgált készítményeket növénydőlés tekintetében is összehasonlítottuk. A növénydőlés felvételezését a nyárvégi időszakban végeztük, a csöképződés, a szemkitelítődés után, amikor a cső a növények szárát már jelentős tömeggel terhelte. Minden parcellában 4 ismétlésben, 20 kukoricaegyedet szemrevételeztünk. A felvételezés során azokat a töveket tekintettük dőltnek, melyek a „hattyúnyak” tünetet mutatták, illetve azokat, melyek a tünetet nem mutatták, azonban a talajjal 60°-nál kisebb szöget zártak be (Németh et al., 2009c). A növénydőlés felvételezés adatait az 5. táblázat mutatja.

**5. táblázat. A növénydőlés felvételezés időpontjai**

Év	Növénydőlés felvételezés ideje
2008	2008. augusztus 31.
2010	2010. augusztus 6.

A tenyészidőszak végén termésmérést végeztünk. Minden parcella teljes területét kombájnnal betakarítottuk és a termés mennyiségét mérőtalpak segítségével mértük. Minden parcella terméséből három-három mintát vettünk és azok nedvességtartalmát gyors nedvességmérő segítségével megmértük. A három mérés eredményét átlagoltuk, és a kapott átlag értéket tekintettük az adott parcelláról betakarított termés nedvességtartalmának. A terméseredményeket 14%-os nedvesség tartalomra átszámítva értékeltük. A betakarítások időpontjait a 6. táblázat mutatja be.

**6. táblázat. A növénydőlés felvételezés időpontjai**

Év	A termésmérés ideje
2008	2008. október 10.
2010	2010. október 25.

A 2008. évi vizsgálatban a kukoricabogár ellen a gyakorlatban leggyakrabban alkalmazott készítményeket teszteltük (7. táblázat). 2010-ben a vizsgálatba egy újonnan engedélyt kapott talajfertőtlenítő szert is bevontunk. A dolgozatban a gyártókkal szembeni pártatlan állásfoglalás miatt csak a készítmények hatóanyagait és azok koncentrációját közöljük.

**7. táblázat. A növényvédő szer összehasonlító vizsgálatban tesztelt készítmények hatóanyagainak listája**

2008.		2010.		Készítmény típusa
Hatóanyag	Dózis	Hatóanyag	Dózis	
350 g/l tiametoxam	0,63 mg/mag	350 g/l tiametoxam	0,63 mg/mag	csávázószer
600 g/l klotianidin	1,25 mg/mag	600 g/l klotianidin	1,25 mg/mag	csávázószer
15 g/kg teflutrin	15 kg/ha	15 g/kg teflutrin	15 kg/ha	talajfertőtlenítő szer
		10 g/kg klotianidin	11 kg/ha	talajfertőtlenítő szer

### **3.5. Kukorica hibridek kukoricabogárral szembeni ellenállóságának vizsgálata**

#### **3.5.1. Tenyészedényes ellenállóság vizsgálat, szabadföldi és mesterségesen fertőzött talajjal**

A kukoricabogárral szembeni védekezés költséges volta mellett, egyben nagy mennyiségű peszticid kijuttatásával is jár, ami jelentős terhelést ró a környezetre. Lehetséges alternatívaként kínálkozik a kukoricabogár rezisztens GMO (Genetically Modified Organism) kukorica hibridek termesztésbe vonása, mely roppant vitatott és egyben Magyarországon jelenleg tiltott technológia.

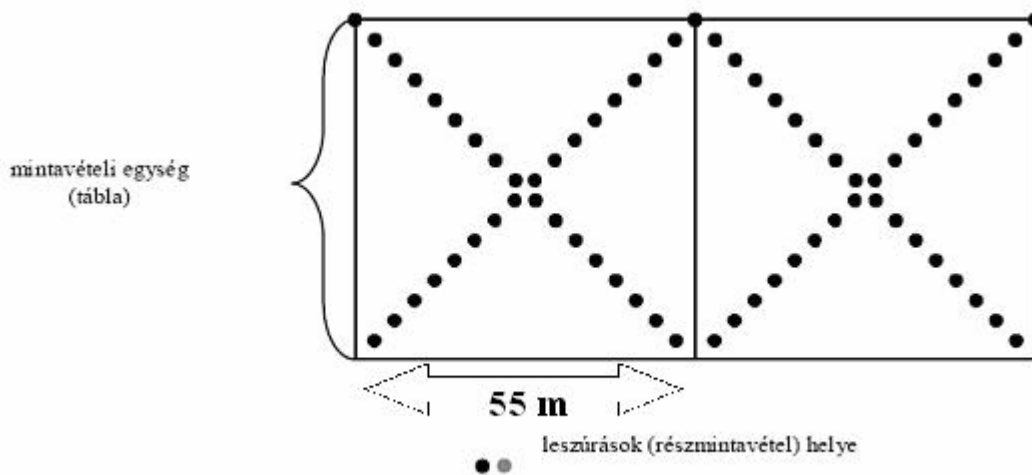
A Südwestsaat GbR. magyarországi munkatársai hagyományos nemesítési módszerekkel előállítottak egy a kukoricabogár lárvákkal szemben ellenálló, SUM2162 elnevezésű hibridet. Vizsgálataink fő célja a SUM2162 hibrid kukoricabogárral szembeni ellenállóságának vizsgálata volt, mesterséges, ellenőrzött körülmények között. A SUM2162 mellett más, köztermesztésben már szereplő hibrideket is teszteltünk, azonos módszerekkel. A kísérlet helyszínéül a Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Növényvédelmi Intézetének, Növényvédelmi Állattani Osztályának üvegházát választottuk (17. ábra).



**17. ábra. A vizsgálat helyszíne (Fotó: Németh Tamás)**

A vizsgálatokhoz az első évben szabadföldről, kukorica előveteményű kukoricatáblákról gyűjtött természetes körülmények között tojásokat tartalmazó talajt

alkalmaztunk. Két kukoricatáblát jelöltünk ki a gyűjtés helyszínéül, amelyek talaját tojásmosás módszerével vizsgáltuk. Az első helyszín a keszthelyi kukorica tartamkísérlet volt, amely már évtizedek óta monokultúras terület. A második helyszín egy sármelléki gazdálkodó zalavári területe volt, melyen a vizsgálatot megelőző hat évben kukoricát termesztett. A kiválasztott táblarészleteket két azonos, megközelítőleg négyzet alakú részre osztottuk. A képzeletbeli négyzeteket a főátlók mentén mintáztuk meg (18. ábra).



18. ábra. Mintavételi vázlat talajminták vételezéséhez

A két főátlóban összesen 16 db, egyenként 1 kg tömegű mintát vettünk, amiket laboratóriumba szállítottunk. Mindkét helyszínen a legnagyobb tojászámot mutató mintavételi pont közvetlen környezetéből gyűjtöttük a vizsgálathoz felhasználandó talajmintát, ásó segítségével, a talaj felső 35 cm-es mélységéig. A két helyszínről származó talajokat külön kezeltük és párhuzamosan mindkét talajon beállítottuk a vizsgálatokat. Erre a kukoricabogár tojásrakási viselkedése miatt volt szükség. Természetes körülmények között a kukoricabogár nőstények a tojásrakáskor figyelembe veszik a kukorica érettségét, a talaj szerkezetét, növényi maradványokkal való borítottságot és a talaj nedvességtartalmát (Hill és Mayo, 1974; Gustin, 1979; Weiss et al., 1983; Hein et al., 1988; Gray and Tollefson, 1987; Gray et. al., 1992). Ebből fakadóan a lerakott tojások eloszlása nem egyenletes, továbbá az eltérő táblarészletekben nem egyforma az áttelelés sikerességének esélye sem. Nem számíhattunk tehát arra, hogy két különböző helyszínről származó talaj egyenletes eloszlásban, azonos mennyiségben tartalmaz kukoricabogár tojásokat, ezért azokat rostáltuk és homogenizáltuk.

A második évben kukoricabogár tojásoktól mentes talajt gyűjtöttünk szabadföldről, amihez mesterségesen adtunk az általunk létrehozott nagyszámú kukoricabogár tojást tartalmazó talajból, biztosítva az egyenletes tojáseloszlást. A begyűjtött talaj a Georgikon Tanüzem Kht. rozs előveteményű táblájából származott, így kukoricabogár tojásokat elméletileg nem tartalmazhatott. A tojásoktól való mentesség igazolására 16 db 0,5 kg-os részmintát vettünk a talajból, amelyekből homogenizálást követően 4 db 0,5 kg-os laboratóriumi mintát különítettünk el. Ezeken elvégeztük a tojásmosásos vizsgálatot, amely során egyetlen esetben sem találtunk tojásokat. A vizsgálatot követően a talajt rostáltuk és homogenizáltuk.

A tojásokat tartalmazó talaj hozzáadását a tenyészedényekbe való töltést követően végeztük el. Minden tenyészedény tojásmentes talajába 90-90 sértetlen, egészséges küllemű kukoricabogár tojást helyeztünk (19. ábra). A nagyszámú kukoricabogár tojást tartalmazó talajból a tojásmosásos módszer apró módosítását követően nyertünk tojásokat (Németh et al., 2006; Takács et al., 2007; Németh et al., 2009a):

- A mosáshoz csökkentett mennyiségű, 10 dkg talajt használtunk fel.
- A mosást követően a szűrletet nem telített konyhasóoldattal, hanem csapvízzel öntöttük fel.
- A szűrletből a vízzel való felöntést követően maximum 10 percig nyertünk ki tojásokat, aminek leteltét követően a szűrletet elöntöttük.



**19. ábra.** Egészséges küllemű kukoricabogár tojások a szűrletben (Fotó: Németh Tamás)

A tojások külleme alapján történő válogatás és a mosási módszer módosításának köszönhetően, a tojások életképességének csökkentése nélkül nyerhettük ki azokat a talajból. A kezelésre szánt tojásokat a tenyészedények talajának felszíne alá, 10 centiméteres mélységben, az edények középpontjában helyeztük el.

Az első évben két hibridet hasonlítottunk össze tenyészedenyes vizsgálatban. A kukoricabogár lárvakártételével szemben ellenálló SUM2162 (Südwestsaat GbR. FAO 560), és a fogékony standardként használt Zamora (FAO 460) hibrideket. A vizsgálat két eltérő termőhelyről származó, szabadföldön gyűjtött talajon párhuzamosan, talajonként és hibridenként 4 növényvel, 4 ismétlésben, 20 literes edényekben folyt. A kísérlet beállítására 2008. május 16-án került sor (20. ábra).



**20. ábra. A kísérlet beöntözése (Fotó: Simon Ferenc)**

Minden edénybe 3 szem vetőmag került, melyeket a gyomlálás alkalmával kiegyeltünk, ezzel biztosítva azt, hogy minden edényben biztosan kikeljen egy életképes növény. Az egyelés során ügyeltünk arra, hogy azonos fejlettségű növényegyedet hagyjunk meg minden edényben, lehetőleg az edény közepéhez közel, hogy a gyökérzet fejlődését az edény fala a lehető legkisebb mértékben korlátozza. Az egyelés során a nem kívánt növényeket gyökerestől távolítottuk el. A vizsgálati anyag május 20-án érte el az 50%-os kelést, majd május 22-én már 100%-ban kikelt. Az egyelést május 26-án végeztük el, a gyomlálással egyetemben.

A gyökérvártétel értékelését 2008. július 7-én végeztük. A vizsgálat során a tenyészedenyekből a talajjal együtt eltávolítottuk a gyökérzetet és óvatosan kiemeltük a gyökeret a talajból. A gyökérzetet vezetékes vízszugár alatt tisztára mostuk, majd az értékelést a módosított IOWA-skálát (Hills–Peters) alapján végeztük.

A második évben egy kilenc hibridből álló kezeletlen kísérleti sort hasonlítottunk össze, tenyészedenyes vizsgálatban, ami a kukoricabogár lárvakártételével szemben ellenálló valamint fogékony hibrideket egyaránt tartalmazott. A vizsgálat Keszthely határából szabadföldön gyűjtött, hibridenként 4 növényegyeddel, 4 ismétlésben, 20 literes edényekben folyt. A kísérlet beállítására 2009. április 28-án került sor (21. ábra).



**21. ábra. A beállított kísérlet (Fotó: Németh Tamás)**

A beállítás módszere megegyezett a megelőző évi kísérlet beállítása során ismertetettel, annyival kiegészülve, hogy a vetést megelőzően adtuk hozzá a tojásokat az edények talajához. A vizsgálati anyag május 8-án érte el a 100%-os kelést. Az egyelést május 13-án végeztük el, a gyomlálással egyetemben (22. ábra).



**22. ábra. A kiegyelt vizsgálati anyag (Fotó: Németh Tamás)**

A gyökérvártétel értékelést 2009. július 7-én került sor. A gyökérvártétel eltávolítása és megtisztítása során az előző évi módszerrel azonos módon jártunk el. Tekintettel a 2008 évi gyökérvártétel vizsgálat eredményeire, a „node-injury” (Oleson–Tollefson) skálát használtuk az értékeléshez. Ennek oka, hogy a skálaérték növekedésének üteme a gyökérvártétel növekedésének függvényében lineáris, így az apróbb gyökérvárteteli különbségek is érzékelhetőek, és pontosabb értékelés végezhető, mely megmutathatja alacsonyabb gyökérvárteteli szint esetén is a hibridek közötti különbségeket.

Továbbá a skála a 0,00 értéket is tartalmazza. Az eredményeinket egytényezős varianciaanalízissel hasonlítottuk össze, a GenStat12<sup>th</sup> Edition program segítségével, továbbá regresszió analízissel vizsgáltuk a gyökérkártételi értékek és az egyes hibridek érési idejének kapcsolatát,.

### 3.5.2. Szabadföldi hibrid összehasonlító vizsgálatok

A Pioneer Hi-Bred Magyarország Kft. munkatársai segítségével, három éven át (2007-2009) végeztünk szabadföldi hibrid összehasonlító vizsgálatokat.

A terület kiválasztása a 3.4. fejezetben ismertetett módszert követve történt. Vizsgálatainkat minden évben azonos módszertant követve a 3.4. fejezetben leírtak szerint, négy ismétlésben, véletlen blokk elrendezésben állítottuk be. Vizsgálatainkat 2007-ben a Kaposvári Egyetem Tangazdaságának gondozásában lévő, Baté község határához tartozó táblán végeztük. 2008-ban és 2009-ben a Zalavári László gazdálkodó tulajdonában álló, Kaposvár (Fészerlak) határában fekvő területre esett választásunk. A kísérleteket a 8. táblázat adatai szerint állítottuk be.

8. táblázat. A szabadföldi vizsgálatok beállításának időpontjai

Év	Földhasználó	Helység	Kísérlet beállítás ideje
2007	Kaposvári Egyetem Tangazdasága	Baté	2007. április 24.
2008	Zalavári László	Fészerlak	2008. április 24.
2009	Zalavári László	Fészerlak	2009. április 22.

A hibridek ellenállóságában megnyilvánuló különbségek kimutatására, nyár elején értékeltük a kukoricabogár lárvák által okozott gyökérkártétel mértékét. A mintavétel és a gyökérmosás során 3.4. fejezetben bemutatott eljárást követtük (23. ábra). A mosáshoz minden évben a Kaposvári Egyetem Tangazdasága biztosított lehetőséget. Értékelésre a korábban már ismertetett, módosított IOWA-skálát (Hills–Peters) használtuk (9. táblázat).





23. ábra. A 2008. évi kísérlet mintatöveinek szállítása és értékelése (Fotó: †Dr. Nádasy Miklós)

9. táblázat. A gyökérvártétel értékelés időpontjai

Év	Gyökérvártétel értékelés ideje
2007	2007. július 2.
2008	2008. július 10.
2009	2009. június 30.

A vizsgált hibrideket növénydőlés tekintetében is összehasonlítottuk. A növénydőlés felvételezése a 3.4. fejezetben leírtak szerint zajlott. A növénydőlés felvételezésekhez kapcsolódó időpontokat az 10. táblázat mutatja.

10. táblázat. A növénydőlés felvételezés időpontjai

Év	Növénydőlés felvételezés ideje
2007	2007. augusztus 24.
2008	2008. augusztus 31.
2009	2009. augusztus 6.

A három szabadföldi és a 3.5.1. alfejezetben ismertetett tenyészedényes vizsgálat eredményei alapján, három-három hibridet választottunk ki, amelyek a négy vizsgálat során alacsonyabb illetve magasabb kártételi értékeket mutattak az átlagnál. A kiválasztott hibrideket ciklikus hidroxámsav tartalom meghatározásnak vetettük alá. A kísérletek során megvizsgált hibridek listáját a 11. táblázat mutatja.

11. táblázat. A szabadföldi és a tenyészedenyes kísérletek során vizsgált hibridek listája

2007. Szabadföldi	2008. Szabadföldi	2009. Szabadföldi	2009. Tenyészedenyes
PR37D25 (FAO330)	PR37D25 (FAO330)	PR37Y12 (FAO 400)	<b>Zamora (FAO 460)</b>
<b>PR38A24 (FAO 380)</b>	<b>PR38A24 (FAO 380)</b>	PR37F73 (FAO 410)	<b>PR35F38 (FAO 510)</b>
PR37Y12 (FAO 400)	PR37Y12 (FAO 400)	PR38A79 (FAO 310)	<b>DKC5143 (FAO 440)</b>
PR37F73 (FAO 410)	PR37F73 (FAO 410)	PR37N01 (FAO 380)	<b>DKC3511 (FAO 340)</b>
PR37D79 (FAO 210)	PR37D79 (FAO 210)	<b>PR35F38 (FAO 510)</b>	<b>SUM2068 (FAO 380)</b>
	PR38A79 (FAO 310)		PR35P12 (FAO 510)
	PR37N01 (FAO 380)		PR38R92 (FAO 310)
	<b>PR35F38 (FAO 510)</b>		SUM1352 (FAO 280)
			SUM2162 (FAO 560)

PR=PioneerHi-Bred Mo. Kft. hibridje, SUM+Zamora=Südwestaat Gbr. hibridje, DKC=Monsanto Hun.  
Kft. hibridje

A szántóföldi vizsgálatba vont hibridek kiválasztásánál a fontos szempont volt, hogy abban eltérő érési idejű hibridek szerepeljenek, mivel az érési idő a hibrid habitusában szerepet játszhat, ami jelentőséggel bírhat az esetleges különbségek magyarázatánál. A tenyészedenyes vizsgálatba vont hibridek kiválasztásakor cél volt, hogy a kiválasztott hibridek változatos genetikai háttérrel rendelkezzenek, ezért kerültek a vizsgálatba a Monsanto Hungária Kft. és a Pioneer Hi-Bred Magyarország Kft. eltérő érési idejű hibridjei is a Südwestsaat Gbr. hibridjei mellett.

### 3.5.3. A kukoricabogárral szembeni ellenállóság és a kukorica gyökér ciklikus hidroxámsav (cHx) tartalmának kapcsolata

2007-2009 között, szabadföldi körülmények között vizsgáltuk kukorica hibridek kukoricabogár lárvakártétellel szembeni ellenállóságát. A hibridek közötti ellenállóság tekintetében mutatkozó különbségek kimutatására gyökérvártétel és növénydőlés értékelést végeztünk. 2009-ben tenyészedenyekben hasonlítottunk össze több hibridet, a gyökérvártétel alapján. A vizsgálatok eredményei alapján, kiválasztottunk 3 érzékeny és 3 ellenálló hibridet. A kiválasztott hibridek egyedeit klímakamrában, tápoldaton neveltük fel. A 8 napos növények gyökereiben meghatároztuk az összes cHx

mennyiségét. A meghatározás a hidroxámsavak vaskomplexeinek fotometrikus mérésén alapul. Vizsgálataink célja, a különböző genetikai háttérű kukorica hibridek amerikai kukoricabogárral szembeni ellenállóságának és az ellenállóság okainak vizsgálata volt.

A cHx tartalom meghatározást a Debreceni Egyetem Növénytudományi Intézetének munkatársa, Dr. Makleit Péter végezte.

A kiválasztott kukorica hibridek összes cHx tartalmát 8 napos növények gyökeréből határozták meg. Ennek oka, hogy a kukorica 8 napos korára elegendő mennyiségű hidroxámsavat termel ahhoz, hogy elvégezhessük a cHx tartalom meghatározást.

A növényeket klímakamrában, tápoldaton neveltük, amihez Treeby et al. (1989) módszerét követve, vasat adagoltunk Fe(III)-EDTA formában,  $10^{-4}$  mol/liter mennyiségben. A magok felületét ötszörösen hígított hidrogén-peroxid ( $H_2O_2$ ) oldattal sterilizáltuk. A magokat bőséges desztillált vízzel való öblítést követően,  $10^{-2}$  mol/liter koncentrációjú kalcium-szulfát ( $CaSO_4$ ) oldatban áztattuk négy órán át, a jobb csírázás érdekében. A magvakat függőleges irányban felállított, nedvesített szűrőpapírok közé helyezve csíráztattuk. A csíranövényeket  $24^{\circ}C$ -on, sötétben tartottuk, a mezokotil megnyújtása érdekében. A növényeket tápoldatra helyeztük és klímakamrában, ellenőrzött környezeti tényezők között tartottuk: L/D 10/14 fotoperiódus, 390 mEm-2s-1 fényintenzitás,  $24/20^{\circ}C$  hőmérséklet és 65-70% relatív páratartalom mellett. 10 darab kukoricánövényt helyeztünk 3 literes edényekbe, melyekben a tápoldatot minden harmadik napon cseréltük, és folyamatosan levegőztettük (24. ábra).



**24. ábra. A tápoldatra helyezett csíranövények (Fotó: Dr. Makleit Péter)**

A gyökerek cHx tartalmát Long et al. (1974) módszerét alkalmazva mértük. A meghatározás alapja a ciklikus hidroxámsavak vaskomplex tartalmának fotometrikus mérése. A vizsgálati eredmények értékeléséhez az SPSS 16. statisztikai programcsomagot használtuk. A hibridek adatait páronként Student-féle t-próbával és a Mann–Whitney próbával hasonlítottuk össze.

## 4. EREDMÉNYEK

### 4.1. Homogén mennyiségű kukoricabogár tojást tartalmazó talaj létrehozása, növényházi és laboratóriumi kísérletekhez

A módszerrel 2008-ban 19 edényben hoztunk létre sikeresen nagyszámú kukoricabogár tojást tartalmazó talajt (12. táblázat).

12. táblázat. A 2008-ban létrehozott edények talajainak adatai

Edény jele	Gyűjtés ideje	Az imágók elpusztultak	Imágók élettartama (nap)	Becsült tojásszám db/kg	Megjegyzés
1	július 29.	szeptember 21.	54	13360	beásva
2	július 31.	szeptember 12.	43	7040	hűtve 4°C
3	augusztus 1.	szeptember 14.	44	14280	beásva
4	augusztus 2.	szeptember 12.	41	4768	beásva
5	augusztus 3.	szeptember 14.	42	6120	beásva
6	augusztus 4.	szeptember 14.	41	5120	hűtve 4°C
7	augusztus 5.	szeptember 16.	42	14160	hűtve 4°C
8	augusztus 6.	szeptember 16.	41	7160	
9	augusztus 19.	szeptember 29.	41	13920	beásva
10	augusztus 20.	október 20.	61	8920	hűtve 4°C
11	augusztus 21.	október 21.	61	14360	-
12	augusztus 21.	október 21.	61	3960	-
13	augusztus 22.	október 20.	59	11640	beásva
14	augusztus 23.	október 8.	46	9840	atka jelenlét
15	augusztus 24.	október 2.	39	13960	atka jelenlét
17	augusztus 27.	október 20.	50	10840	hűtve 4°C
18	augusztus 27.	október 16.	68	13560	hűtve 4°C
19	augusztus 28.	november 5.	40	19000	atka jelenlét
20	augusztus 28.	október 7.	48	18160	-

2009-ben 10 edényben a módszert megismételtük (13. táblázat).

13. táblázat. A 2009-ben létrehozott edények talajainak adatai

Edény jele	Gyűjtés ideje	Az imágók elpusztultak	Imágók élettartama (nap)	Becsült tojásszám db/kg	Megjegyzés
1	július 26.	augusztus 27.	33	13920	beásva
2	július 27.	szeptember 7.	43	19400	beásva
3	július 27.	szeptember 7.	43	12360	hűtve 4°C
4	július 28.	szeptember 1.	36	11640	beásva.
5	július 28.	szeptember 1.	36	17720	beásva
6	július 29.	szeptember 7.	41	13640	hűtve 4°C
7	július 29.	szeptember 1.	35	15480	beásva
8	július 30.	szeptember 3.	36	15480	beásva
9	július 30.	szeptember 14.	47	27040	hűtve 4°C
10	július 31.	szeptember 3.	35	13960	hűtve 4°C

A tojásszám becslésének eredményei alapján, módszerünkkel nagy hatékonysággal nyerhető nagyszámú kukoricabogár tojást tartalmazó talaj. A tojások kilogrammonkénti becslt számának szórása azonban mindkét évben nagyon magas volt (2008:  $S=4471,9$  és  $V\%=40,4$ ; 2009:  $S=2483,9$   $V\%=16,7$ ). A egyedek élettartama és a lerakott tojások száma között sem találtunk lineáris kapcsolatot ( $r=0,02$ ).

Eredményeinket Bayer et al. (2002) laboratóriumi körülmények közötti vizsgálatának eredményeivel is összevetettük (14. táblázat).

14. táblázat. A tojások számának összevetése

Értékek	Saját eredmény 2008 július	Bayer et al. (2002) július	Saját eredmény 2008 augusztus	Bayer et al. (2002) augusztus
Átlag db tojás/kg	16064	–	11381,3	–
Átlag db tojás/edény	160640	56725	113813,3	103575,0
Minimum tojás db/nöstény	465,6	74,7	158,4	124,7
Maximum tojás db/nöstény	1081,6	226,9	760	414,3
Medián tojás db/nöstény	773,6	150,8	459,2	269,5

Eredményeink szerint egy nőstény júliusban  $773,6 \pm 308$  db, augusztusban  $459,2 \pm 300,8$  db tojást rak. Bayer et al. (2002) azt tapasztalta, hogy a nőstények júliusban kevesebb, augusztusban több tojást raknak. Saját vizsgálataink eredményei szerint a nőstények abszolút értékben mindkét hónapban nagyobb számú tojást raktak, mint Bayer et al. (2002) szerint. Eltérést azonban nem csak a lerakott tojások számában tapasztalhatunk. Vizsgálatainkban a lerakott tojások számának havonkénti alakulása ellentétes tendenciájú, mint Bayer et al. (2002) eredményeiben, tehát a nőstények júliusban több tojást raktak, mint augusztusban.

#### **4.2. Atkák és az amerikai kukoricabogár ökológiai kapcsolatának vizsgálata izolált tenyészetekben**

A gyűjtött egyedekből, Dr. Ripka Géza által készített preparátumok alapján, Dr. Szabó Árpád azonosította a *Proctolaelaps bickleyi* (Bram 1956) atka fajt. A faj az ízeltlábúak (*Arthropoda*) törzsébe, a csáprágósok (*Chelicerata*) altörzsébe, a pókszabásúak (*Arachnida*) osztályába, a *Mesostigmata* rendbe, a *Dermanyssina* alrendbe, *Ascoidea* családba, *Proctolaelaps* génuszba tartozik (Forrás: [http://www.faunaeur.org/full\\_results.php?id=244068](http://www.faunaeur.org/full_results.php?id=244068)).

A *Proctolaelaps bickleyi*-t Bram 1956-ban írta le. Az Ascidae családba tartozó állat a *Garmania striata* nevet kapta. A faj bogarakon él és számos szakirodalmi adat származik megtalálásáról. Garrett és Haramoto (1967) a hawaii szigetvilág faunalistáján szerepelteti. McGraw és Farrier (1969) *Pinus taeda* fenyőket megtámadó *Dendroctonus terebrans* és *Ips avulsus* fajokon talált nagy számban egyedeket. A *Dendroctonus frontalis* faj lárváin és bábján is megtalálták, de nem vélték alkalmasnak biológiai védekezésre (Moser, 1975). Közép- és Dél-Amerikában is ismert a faj, Guatemalában (Moser et. al., 1974) és Brazíliában, ahol kávé (gondolom vmelyik kávé kártevőn) fordult elő (Mineiro et. al., 2009).

Lindquist és Hunter (1965) szerint a *Garmania striata* név szinonim a később keletkezett *Proctolaelaps striatus* névvel. Leírója szerint nem gyakori elterjedésű, elsőként rothadó almáról gyűjtötte a németországi Erlangen környékén (Westerboer, 1963). Az irodalmi adatokból látható, hogy az atkafaj különböző *Coleoptera* fajokkal él együtt. Az egész Földön elterjednek tűnik, hiszen megtalálták már Görögországban szűbogar (*Ips calligraphus*) járatában, Portugáliában nyitvatermő növény

kéregpedésében, az Amerikai Egyesült Államokban egy fenyőféléket károsító ormányos bogár (*Pissodes strobi*) fajon (Lindquist és Hunter, 1965). Előfordult továbbá a mezei gabonamoly tojásai közt, rothadó gyümölcsön és szilfa kérgén is (Lindquist és Hunter, 1965).

Magyarországon elsőként, több példányát nekünk sikerült begyűjtenünk (25. ábra).

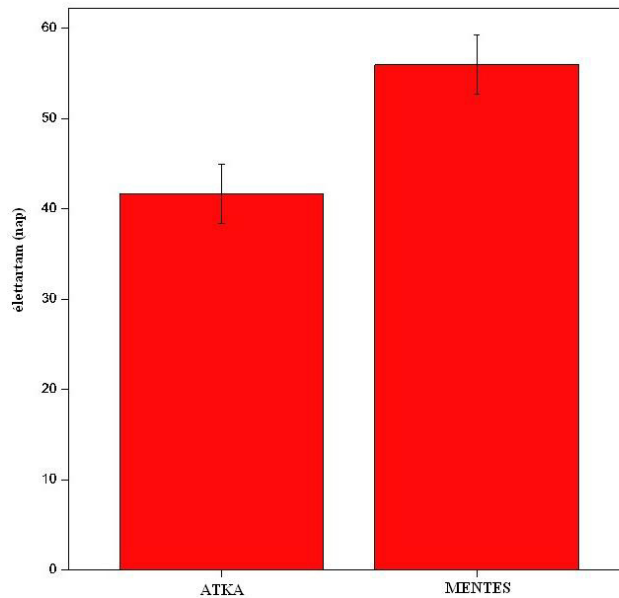


**25. ábra. Az atka határozó bélyegei**  
(Forrás: Westerboer (1963), fotó: Dr. Szabó Árpád)

Már a kukoricabogár imágók gyűjtésekor megfigyeltük az atkák egyedeit azok testén. Ebből azt a következtetést vontuk le, hogy a két faj közötti kapcsolat a természetben is jelen van. A tenyészetek fenntartása során azt tapasztaltuk, hogy az atkák felszaporodtak és a kukoricabogár imágókon szabad szemmel is jól látható tömeget képeztek (13. ábra). Megfigyeltük az atkákkal borított kukoricabogár imágók és az atkák viselkedését. A kukoricabogarakat jól láthatóan zavarták a testükön nagy tömegben jelenlévő atkák. Folyamatosan igyekeztek azokat lerázni magukról, de azok azonnal visszakapaszkodtak a testfelületükre. Az atkák szemmel láthatóan nem viselkedtek agresszíven, mindössze „vitetni” akarták magukat az imágókkal, inkább tömeges egyedszámuk miatt jelentettek stresszt. Az általunk biztosított mesterséges körülmények kedveznek az atkák tömeges felszaporodásának.

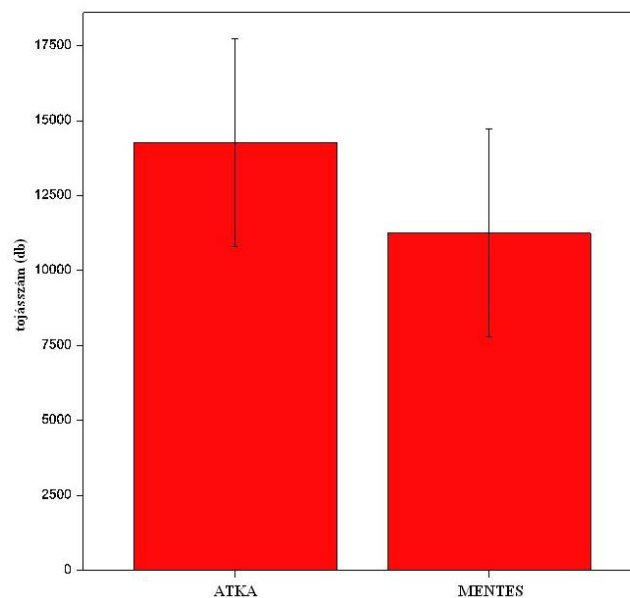


Az atkákat hordozó populációban 41,7 nap, míg az atkáktól mentes populációban 56 nap átlagos élettartamot figyeltünk meg. (Függelék 1. táblázat). Az élettartamok összehasonlítása során, statisztikai különbség mutatkozott az atkákat hordozó és az atkáktól mentes bogarak között, az utóbbiak javára (SzD<sub>5%</sub>= 12,76 nap) (26. ábra).



**26. ábra.** Az atkákat hordozó és azoktól mentes imágók élettartama

Nem sikerült azonban ezt a különbséget kimutatni a populációk által rakott tojások számának vonatkozásában (27. ábra).



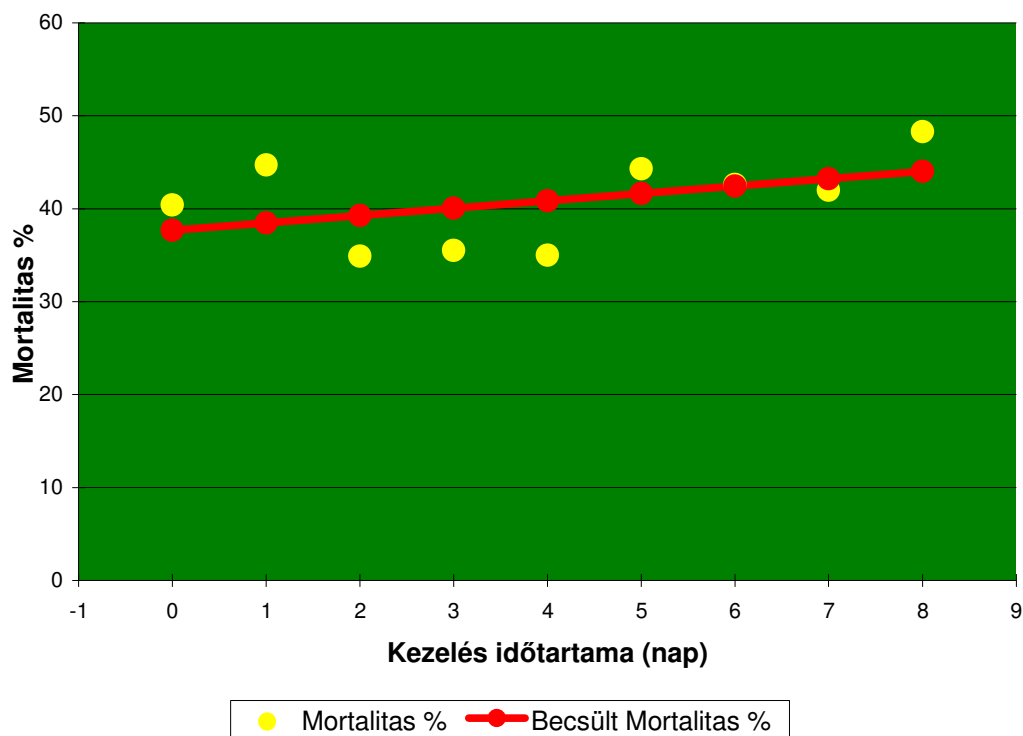
**27. ábra.** Az atkákat hordozó és azoktól mentes nőstények által rakott tojások száma

Az atkákat hordozó populációban 14267 db, míg az atkáktól mentes populációban 11253 db tojás átlagos primer natalitást figyeltünk meg (Függelék 2. táblázat).

### 4.3. A hidegkezelések hatása az amerikai kukoricabogár embrió mortalitására

A kelés az obligát diapauza feloldódását követően, a  $-2^{\circ}\text{C}$ -os kezelésnél átlagosan  $259,6 \text{ nap}^{\circ}\text{C}$  effektív hőösszegnél kezdődött, és  $778,8 \text{ nap}^{\circ}\text{C}$ -ig tartott. Ugyanez a  $-4^{\circ}\text{C}$ -os kezelésnél átlagosan  $283,5 \text{ nap}^{\circ}\text{C}$ -on kezdődött és  $734 \text{ nap}^{\circ}\text{C}$ -ig tartott. Összehasonlítva az értékeket, látható, hogy a  $-4^{\circ}\text{C}$ -os kezelés hatására, a lárvák kelése átlagosan  $23,9 \text{ nap}^{\circ}\text{C}$  effektív hőösszeggel (másfél nappal) később kezdődött és  $44,8 \text{ nap}^{\circ}\text{C}$ -kal (három nappal) korábban fejeződött be, mint a  $-2^{\circ}\text{C}$ -os kezelés esetén.

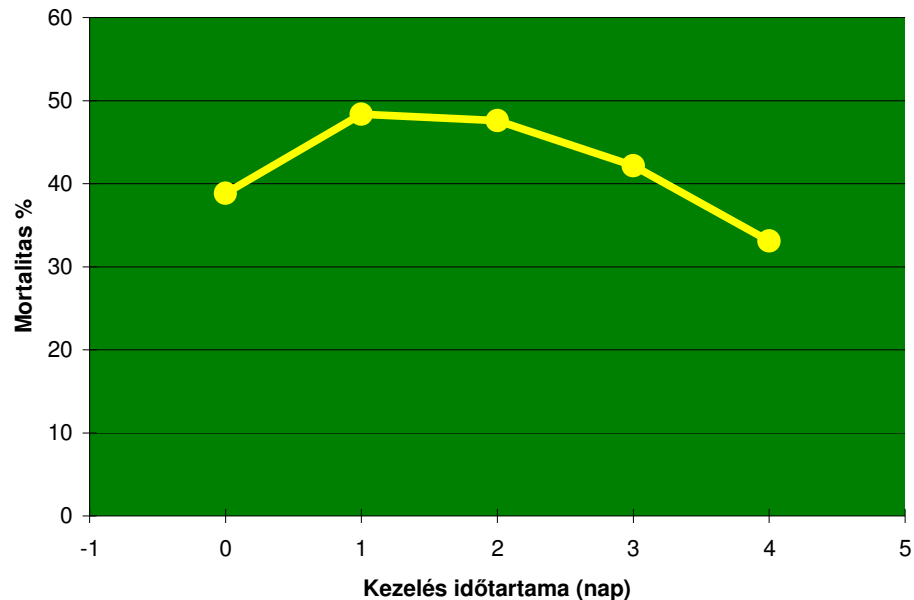
A  $-2^{\circ}\text{C}$ -os kezelések eredményeinek regresszióanalízisét a 28a. ábra szemlélteti.



28a. ábra. Az embriók mortalitásának alakulása  $-2^{\circ}\text{C}$ -os hidegkezelések hatására

Az ábrán megfigyelhető, hogy a  $-2^{\circ}\text{C}$ -os kezelés eredményeire egy lineáris trendvonal illeszthető, mely lassan emelkedik. A hidegkezelés és a mortalitás alakulása között szignifikáns pozitív lineáris kapcsolat áll fenn. A trendvonal becsült értékeit vizsgálva megállapítható, hogy 1 napig tartó hidegkezelés átlagosan  $0,795\%$  mortalitás

növekedést okozott. A  $-4^{\circ}\text{C}$ -os kezelés esetében nem sikerült szignifikáns lineáris kapcsolatot kimutatnunk a hidegkezelések időtartama és a mortalitás között (28b. ábra).

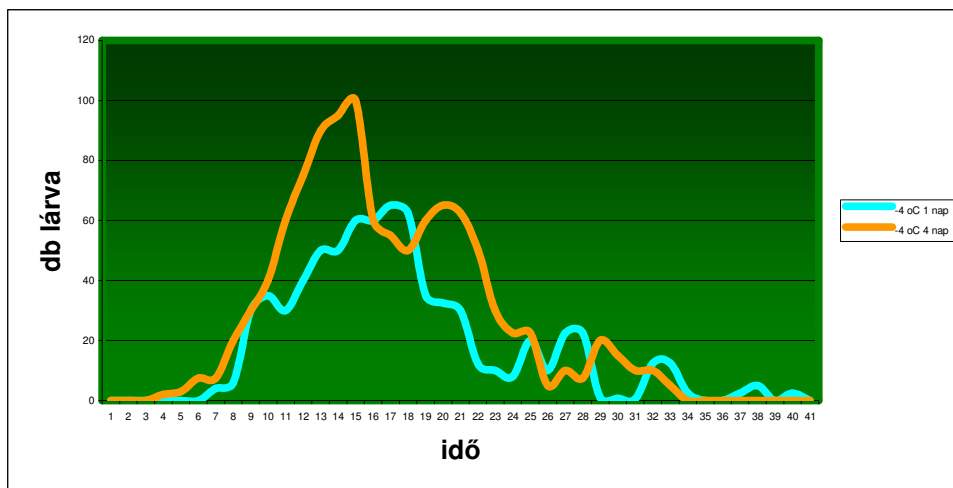


**28b. ábra.** Az embriók mortalitásának alakulása  $-4^{\circ}\text{C}$ -os kezelések hatására

A  $-4^{\circ}\text{C}$ -os kezelés a  $-2^{\circ}\text{C}$ -os kezeléshez képest, az első négy napban nem okozott magasabb mortalitást. A  $-4^{\circ}\text{C}$ -os kezelés esetén az átlagos mortalitási érték  $40,9\%$ , míg ugyanez a  $-2^{\circ}\text{C}$ -os kezelésnél  $42,0\%$  (Függelék 3. táblázat). A kezeletlen kontrollban  $39,63\%$ -os átlagos mortalitást tapasztaltunk, ami az amerikai szakirodalmi adatoknak mintegy kétszerese.

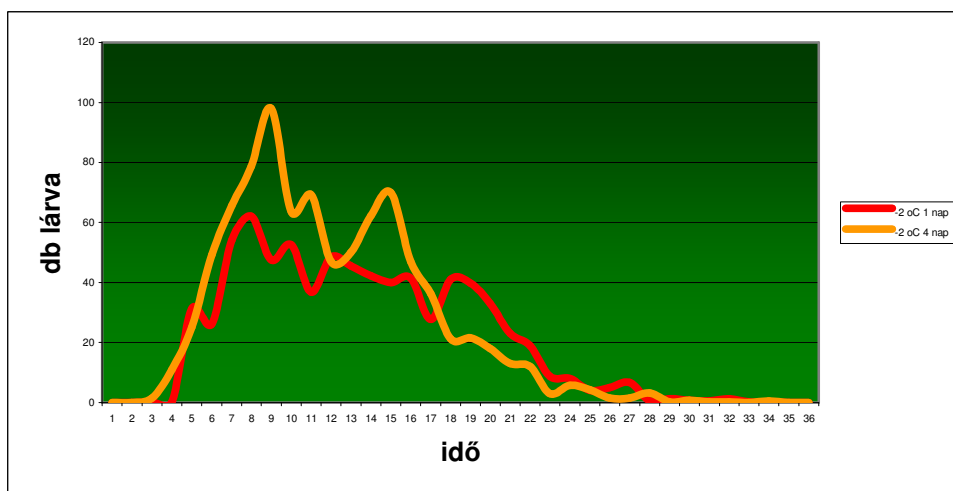
A  $-4^{\circ}\text{C}$ -os kezelések görbéje a csökkenő mortalitás trendjét mutatja az első négy napban, azonban kísérleteinket a  $-4^{\circ}\text{C}$ -os kezelés esetében négy napnál tovább nem folytattuk. Ennek oka, hogy az időjárási adatsorok vizsgálata során megállapítottuk, hogy Magyarországon nem jellemző a talajok négy napnál tovább tartó  $-4^{\circ}\text{C}$ -os, folyamatosan fagyott állapota. A mortalitás további alakulásáról emiatt csak találgathatunk. Valószínűsíthető, hogy a  $-4^{\circ}\text{C}$ -os kezelés esetén is, a negyedik nap után, lineáris trend mentén növekvő mortalitási értékek jelennének meg.

A naponta kelt lárvák száma alapján, alkalmunk nyílt a kelés időbeli alakulásának megfigyelésére. A  $-4^{\circ}\text{C}$ -os, eltérő időtartamú hidegkezelések görbéit összehasonlítva megállapítottuk, hogy azok hatást gyakoroltak a kelés ütemére (29. ábra).



29. ábra. A kukoricabogár lárvák kelésének időbeli alakulása 1 és 4 nap időtartamú, -4°C hőmérsékletű hidegkezelés esetén

A 31. ábrán megfigyelhető, hogy az 1 nap időtartamú kezelés esetén, a lárvák kelését kissé balra tolódott, egysúcsú görbe írja le. A jelenség a -2°C-os kezelés esetén is megfigyelhető (30. ábra).

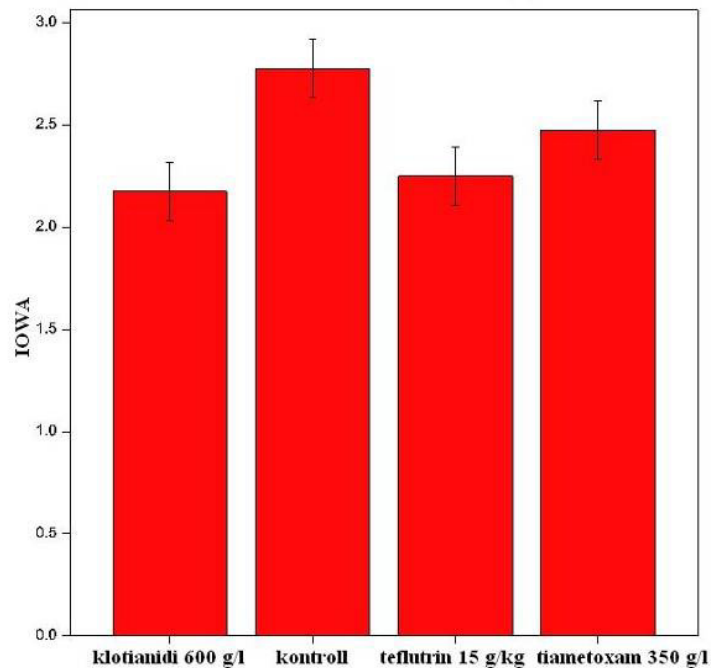


30. ábra. A kukoricabogár lárvák kelésének időbeli alakulása 1 és 4 nap időtartamú, -2°C hőmérsékletű hidegkezelés esetén

#### 4.4. Kukoricabogár lárvák elleni készítmények összehasonlító vizsgálata

A kaposvári (Fészlerlak) területen alacsony, gazdasági kártételi küszöbérték alatti (IOWA 3) gyökérvártételt figyeltünk meg. A kísérlet átlagában IOWA 2,42 gyökérvártételt és 83% konzisztenciát tapasztaltunk, ami csökkenti az eredmények

megbízhatóságát. A 2008. évi gyökérvédelem értékelés eredményei a 31. ábrán láthatók (Függelék 4. táblázat).

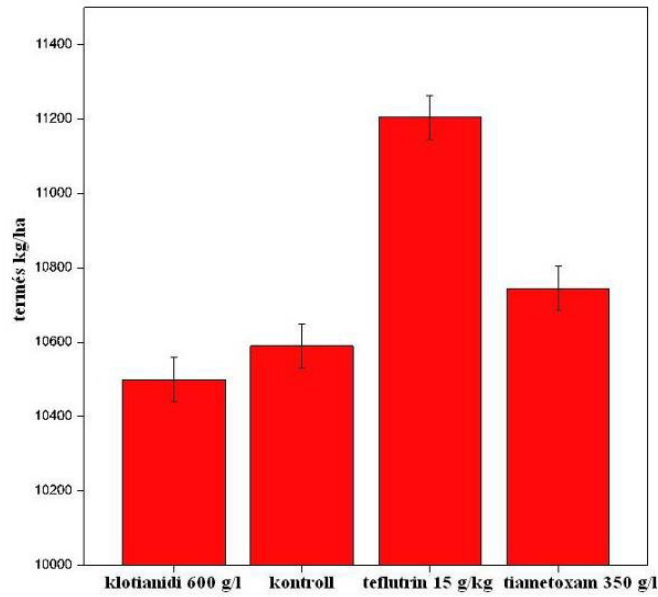


31. ábra. Az egyes rovarölő hatóanyagok hatása a lárvakártétel mértékére (2008)

A 2008. évi gyökérvédelem értékelés során szignifikáns különbséget ( $SzD_{5\%} = 0,4386$  IOWA) tapasztaltunk a klotianidin hatóanyagú csávázószer és a kontroll között. A szignifikáns különbség a teflutrin hatóanyagú talajfertőtlenítő szer és a kontroll között is fenn állt. A tiametoxam hatóanyagú csávázószer és a kontroll között nem tapasztaltunk szignifikáns különbséget. A vizsgált készítmények nem különböztek egymástól statisztikailag igazolható módon.

A növénydőlés értékelésére nem került sor, mivel növénydölést nem tapasztaltunk a területen, az állomány gyakorlatilag nem dőlt meg.

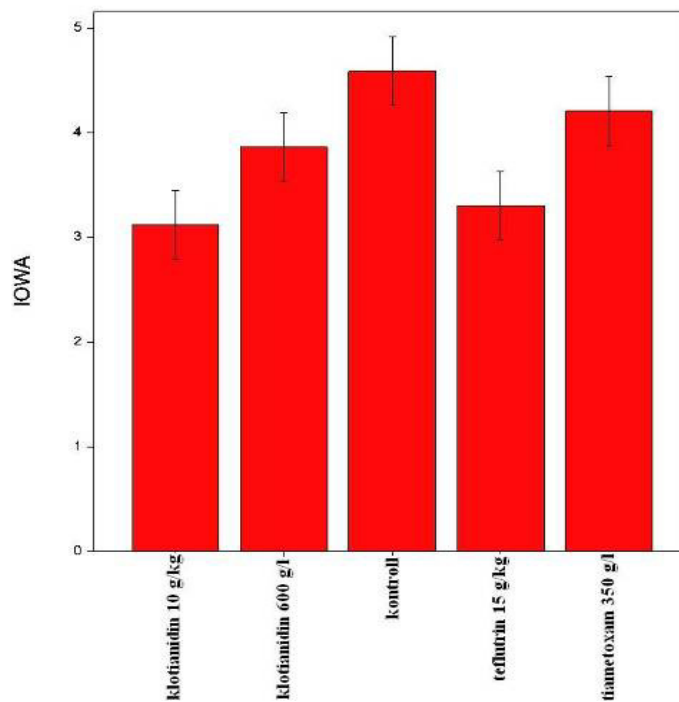
A termésérés eredményeit a 32. ábra szemlélteti. A termés mennyiségek alakulása nem teljesen harmonizált a gyökérvédelem értékelés eredményeivel.



32. ábra. Az egyes rovarölő hatóanyagok hatása a termés mennyiségére (2008)

A teflutrin hatóanyagú talajfertőtlenítő szer és a kontroll terméseredményei között szignifikáns különbség mutatkozott ( $SzD_{5\%}=183,2$  kg termés/ha). A többi készítménnyel kezelt parcella eredményei és a kontroll kezelés között nem tapasztaltuk ezt a különbséget.

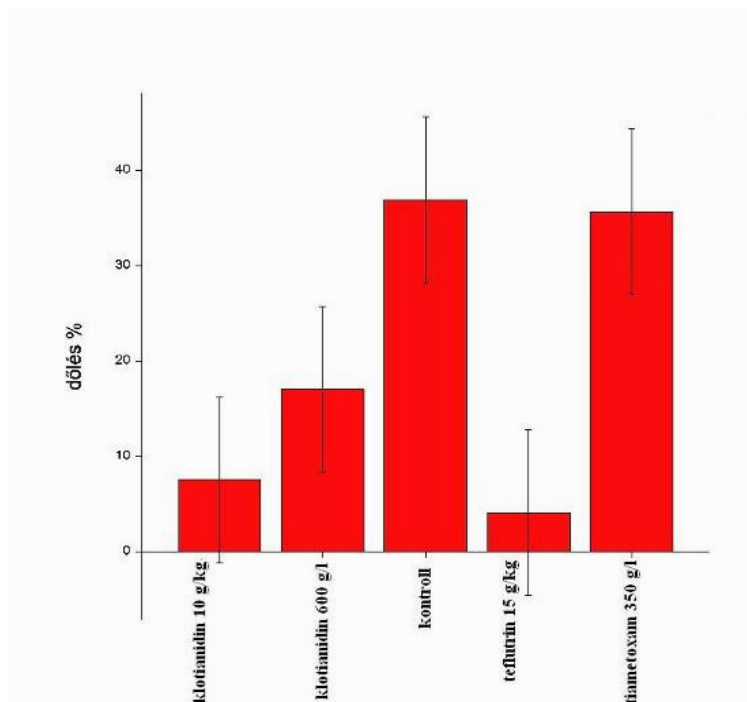
A 2010. évi gyökérvártétel értékelés eredményeit a 33. ábra szemlélteti (Függelék 6. táblázat).



33. ábra. Az egyes rovarölő hatóanyagok hatása a lárvakártétel mértékére (2010)

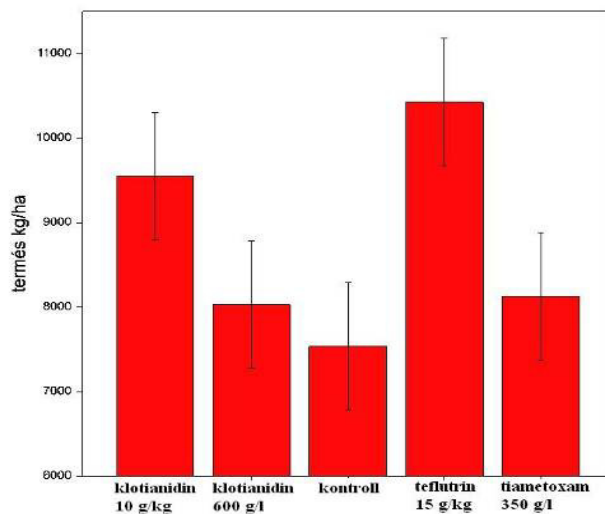
2010-ben, a kísérleti területen a kártételi küszöbérték feletti kártétel jelentkezett, a kísérlet átlagában IOWA 3,82, konzisztencia 20%. A vizsgálat során szignifikáns különbség mutatkozott a klotianidin hatóanyagú talajfertőtlenítő szer (IOWA 3,13) és a kontroll között (IOWA 4,59) ( $SzD_{5\%}=0,987$  IOWA). A különbség fennállt a teflutrin hatóanyag esetében is (IOWA 3,31). A két hatóanyag között nem lehet különbséget felfedezni hatékonyság tekintetében. A vizsgált csávázószerek nem teljesítettek jól. Sem a klotianidin (IOWA 3,86), sem a tiametoxam (IOWA 4,21) esetében nem volt szignifikáns eltérés a kontrollhoz képest. A csávázószereket kiragadva a vizsgálatból, a klotianidin hatóanyagú készítmény mutatott jobb hatékonyságot.

A növénydőlés vizsgálat eredményei harmonizáltak a gyökérvártétel értékelés eredményeivel (Függelék 7. táblázat). A két talajfertőtlenítő hatékonyságát tekintve azonos értékű volt, és szignifikáns különbséget mutatott a kontrollhoz képest ( $SzD_{5\%}=26,24$  dőlés %) (34. ábra). A csávázószerek ebben az esetben sem mutattak szignifikáns különbséget a kontrollhoz képest. A klotianidin (dőlés 17,03%) azonban hatékonyabbnak bizonyult a kártétel mérséklésében, mint a tiametoxam (dőlés 35,63%).



34. ábra. Az egyes rovarölő hatóanyagok hatása a növénydőlésre (2010)

A termésérés eredményeit a 35. ábra szemlélteti (Függelék 8. táblázat).



**35. ábra. Az egyes rovarölő hatóanyagok hatása a termés mennyiségére (2009)**

A 2010-es termésérés eredményei szintén egybeváltak mind a gyökérvártétel értékelés, mind a növénydőlés felvételezés eredményeivel. A szignifikáns különbség ( $SzD_{5\%}=2272,8$  kg/ha) itt is megfigyelhető a kontroll és mindkét talajfertőtlenítő hatóanyag eredményei között. A terméseredmények tekintetében nem szignifikáns, de jelentős különbség mutatkozik a két talajfertőtlenítő hatóanyag között. A klotianidin fele annyi terméstöbbletet védett meg a lárvák kártételétől, mint a teflutrin hatóanyagú készítmény. A csávázószer terméseredményei nem különböznek szignifikánsan a kontrolltól, de mérhető terméstöbbletet nyerünk alkalmazásukkal, ami azonban a teflutrin hatóanyagú talajfertőtlenítő szer eredményeitől szignifikánsan elmarad. A terméseredmény a klotianidin hatóanyagú csávázószer esetében meglepően alacsonyan alakult. A korábbi vizsgálatok során lényegesen rosszabb eredménnyel teljesítő tiametoxam, azonos mennyiségű terméstöbbletet védett meg a lárvák kártételétől.



## 4.5. Kukorica hibridek kukoricabogárral szembeni ellenállóságának vizsgálata

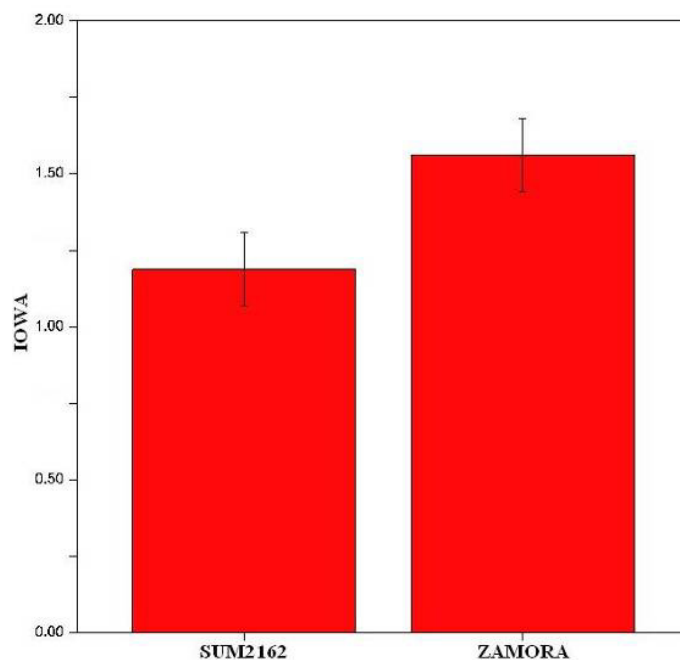
### 4.5.1. Tenyészedényes ellenállóság vizsgálat, szabadföldi és mesterségesen fertőzött talajjal

A 2008-ban végzett vizsgálat két eltérő helyszínéről származó, természetes úton tojásokat tartalmazó, szabadföldről gyűjtött talaján kapott eredményeinket külön-külön értékeltük.

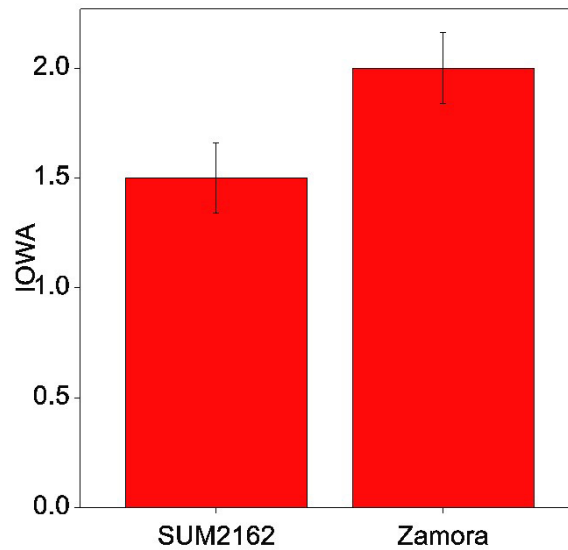
A keszthelyi kukorica tartamkísérlet területéről származó talajon alacsony gyökérvártételt tapasztaltunk, a kísérlet átlagában IOWA 1,375, konfidencia 100%. (Függelék 9. táblázat).

A Zalavárról származó talaj esetén, a kártétel fokozottabb volt, de ebben az esetben is, minden ismétlés a kritikus, IOWA 3-as gyökérvártételi érték alatt maradt. A kísérlet átlaga IOWA 1,75, konfidencia 100% (Függelék 10. táblázat).

Az eredményeinket egytényezős varianciaanalízissel hasonlítottuk össze, a GenStat 12<sup>th</sup> Edition programmal. Egyik talaj esetén sem sikerült szignifikáns különbséget kimutatni a hibridek kártételi szintjei között (36-37. ábra), de mindkét vizsgálat azt mutatta, hogy a SUM2162 esetén a kártétel alacsonyabb volt, mint a fogékony Zamora hibrid esetén.



36. ábra. A keszthelyi talajon végzett tenyészedényes vizsgálatok eredményei

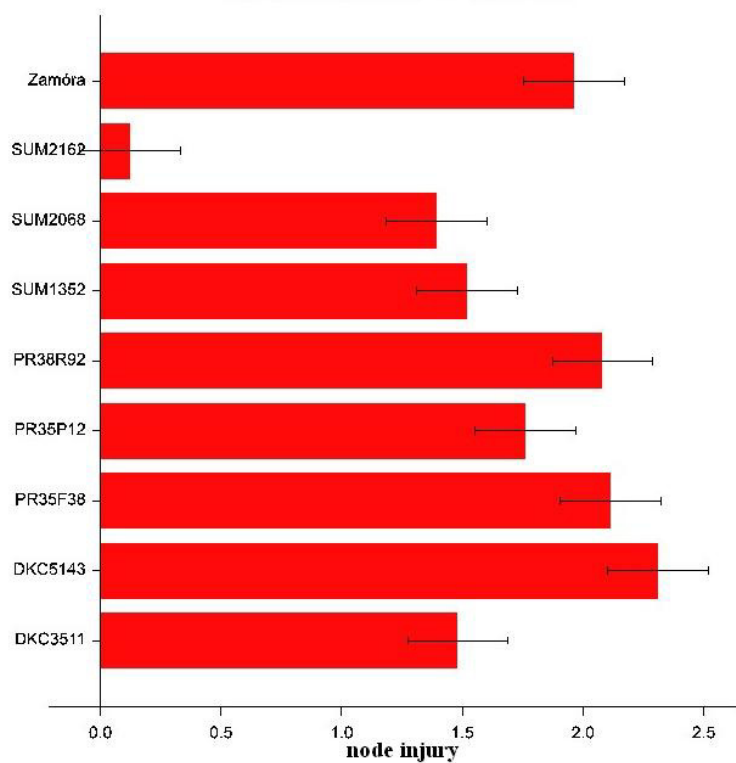


**37. ábra. A zalavári talajon végzett tenyészedényes vizsgálatok eredményei**

2009-ben, vizsgálatainkat mesterségesen hozzáadott tojásokkal kezelt talajon folytattuk, egy kilenc hibridből álló, kezeletlen hibrid sort vizsgálva (15. táblázat). A vizsgálat során magas gyökérvártételeket tapasztaltunk. A szabadföldi körülményekhez képest alacsony szórású eredményhalmazt kaptunk, ami a tojások mesterséges hozzáadása által generált, homogén kártételi nyomásnak volt köszönhető. A hibridek gyökérvártételeit egytényezős varianciaanalízissel vetettük össze ( $SzD_{5\%} = 0,6063$  node injury) (38. ábra). A vizsgálat során, a SUM2162 kiemelkedően teljesített, a többi hibridhez képest szignifikánsan alacsony gyökérvártételt mutatott. A vizsgált érzékeny hibridek átlagosan 1,73, míg a SUM2162 mindössze 0,12 node injury értékű kártételt szenvedett el (Függelék 11. táblázat). A hibrid magas fokú ellenálló képességgel rendelkezik, még nagy kártételi nyomás esetén is.

15. táblázat. A tojásokkal mesterségesen kezelt talajon vizsgált hibridsor

Hibrid	FAO	Nemesítő
SUM1352	280	Südwest
PR38R92	310	Pioneer
DKC3511	340	Monsanto
SUM2068	380	Südwest
DKC5143	440	Monsanto
Zamora	460	Südwest
PR35P12	510	Pioneer
PR35F38	510	Pioneer
SUM2162	560	Südwest



38. ábra. A tojásokkal mesterségesen kezelt talajon végzett vizsgálat eredményei

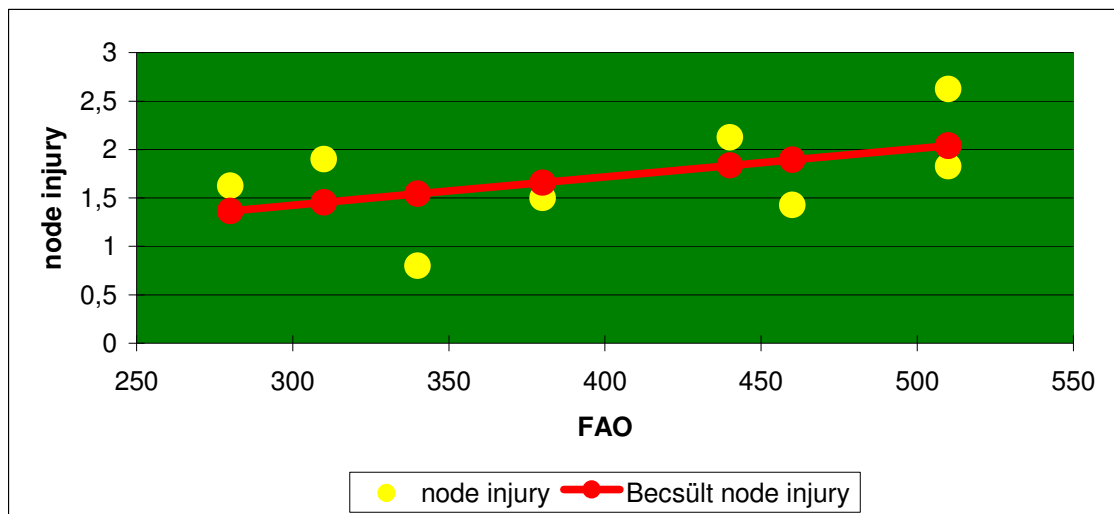
A vizsgálatban a DKC3511 (1,48 node injury) és a SUM2068 (1,39 node injury) jelű hibridek is gyenge kártételt mutattak a kísérlet átlagához képest, sőt a vizsgálatban legerősebb kártételt mutató DKC5143 (2,31 node injury) hibridhez képest szignifikáns különbséget eredményeztek. E megfigyelésekre alapozva, a kukoricabogár lárvák kártételével szembeni ellenállóság tekintetében, a vizsgált hibrideket három csoportra osztottuk (16. táblázat). Figyelembe véve a SUM2162 hibrid különlegesen kicsi kártételi értékét, ami a gazdasági kártételi küszöbérték alatt maradt -miközben a többi

hibrid nagymértékű kártételt mutatott- a „toleráns” csoportba került. A „kevésbé érzékeny” csoportba azok a hibridek kerültek, amelyek a legnagyobb gyökérvártétel értéket mutató DKC5143 hibridtől szignifikánsan különböztek. Az érzékeny csoportba a többi hibridet soroltuk.

16. táblázat. A hibridek csoportosítása

Toleráns	Kevésbé érzékeny	Érzékeny
SUM2162	SUM2068	ZAMORA
	DKC3511	PR35P12
	SUM1352	PR35F38
		PR38R92
		DKC5143

A kísérlet eredményeit más szempontból is elemeztük. Regresszió analízissel összevetettük a vizsgált hibridsor gyökérvártelési értékeit az egyes hibridek érési idejének alakulásával (39. ábra).

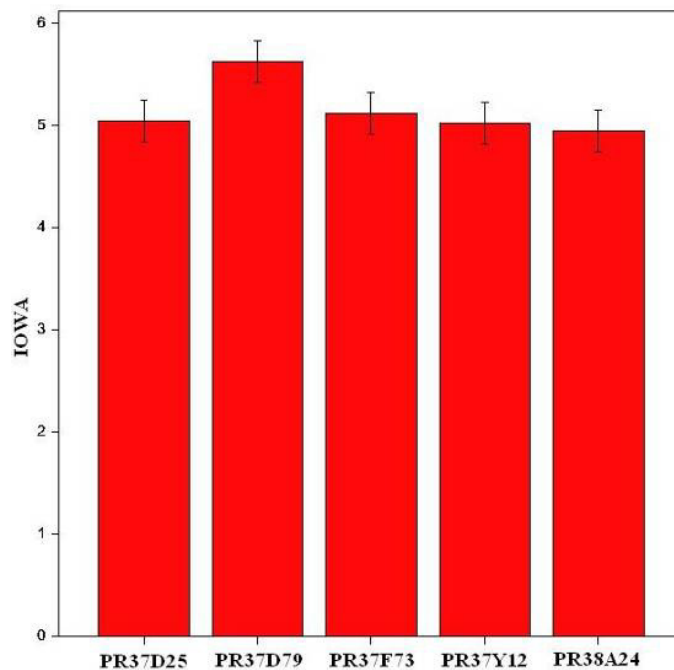


39. ábra. Az érési idő és a gyökérvártelési értékek összevetése

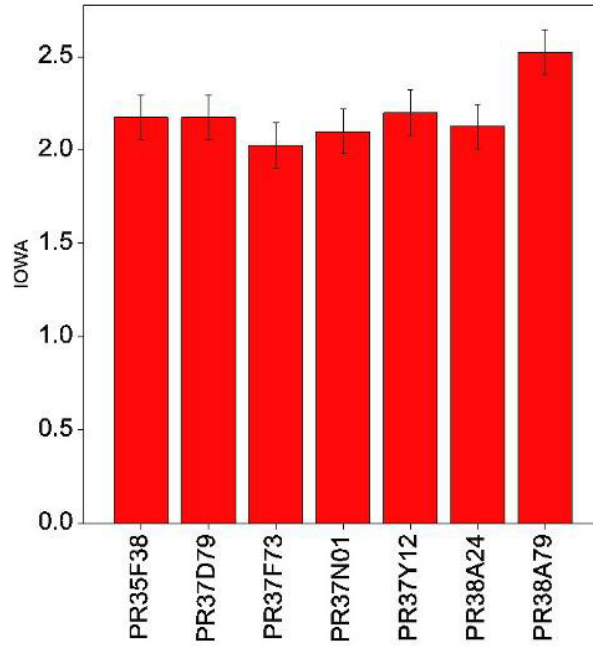
A 39. ábrán megfigyelhető, hogy a kártétel alakulása szinte konstans. Az érési idő függvényében pozitív lineáris trendvonal illeszthető a kártétel eredményeire, de a kapcsolat nem szignifikáns. Ráadásul a tendencia sem logikus, hiszen a nagyobb habitusú, erősebb gyökérvártetésű hibridek felé haladva növekszik a kártétel mértéke.

#### 4.5.2. A szabadföldi hibrid összehasonlító vizsgálatok eredményei

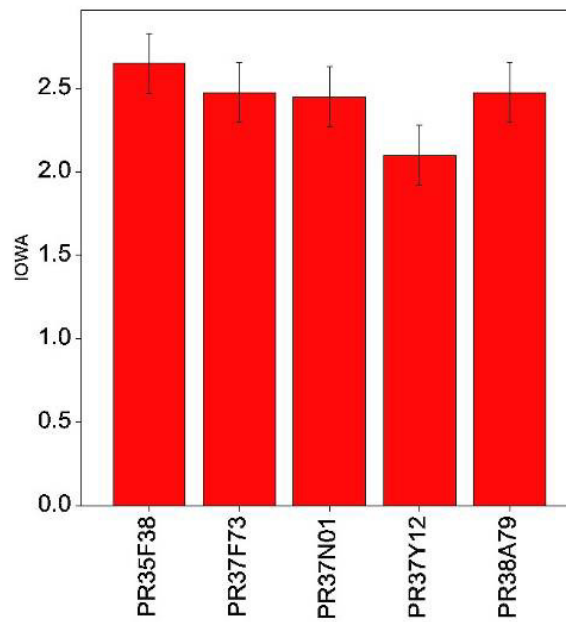
A 2007-ben, Batén végzett szabadföldi gyökérvártétel értékelés során erős kártételi nyomás mellett hasonlíthattuk össze a vizsgált hibrideket (a kísérlet átlagában 5,16 IOWA, konfidencia 0%) (Függelék 12. táblázat). Ennek ellenére csak egyetlen esetben sikerült szignifikáns különbséget kimutatni a PR38A24 (4,95 IOWA) és PR37D79 (5,63 IOWA) hibridek között, az előbbi javára ( $SzD_{5\%} = 0,6156$  IOWA) (40. ábra). A 2008-as és 2009-es fészeralaki szabadföldi gyökérvártétel értékelések eredményeit a 41. és a 42. ábra mutatja.



40. ábra. A 2007-ben Batén végzett szabadföldi gyökérvártétel értékelés eredményei



41. ábra. A 2008-ban Fészerlakon végzett szabadföldi gyökérvérvétel értékelés eredményei

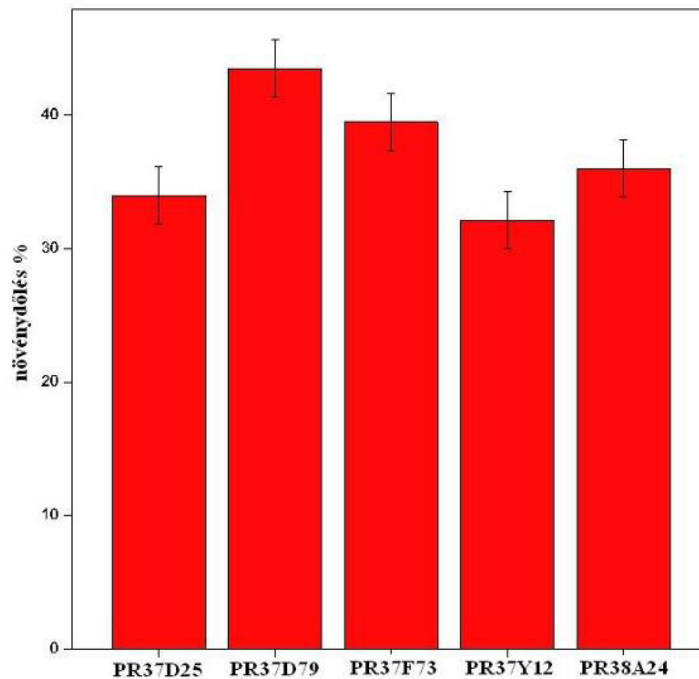


42. ábra. A 2009-ben Fészerlakon végzett szabadföldi gyökérvérvétel értékelés eredményei

Sajnos 2008-ban és 2009-ben, minden erőfeszítésünk ellenére sem sikerült olyan területet kiválasztanunk, ahol a kísérleti átlag az IOWA 3-as kártételi küszöbértéket meghaladta volna (Függelék 13. és 14. táblázat). Ez azért jelentett problémát, mert eredményeink magas konzisztencia százalékuak voltak. 2008-ban a kísérlet átlagában 91%, 2009-ben 69% konzisztenciát mértünk, ami az eredményeink statisztikai

értékelésének megbízhatóságát csökkenti. Ennek ellenére, eredményeinket egytényezős varianciaanalízissel vizsgáltuk. Nem sikerült szignifikáns különbséget kimutatnunk a vizsgált hibridek között.

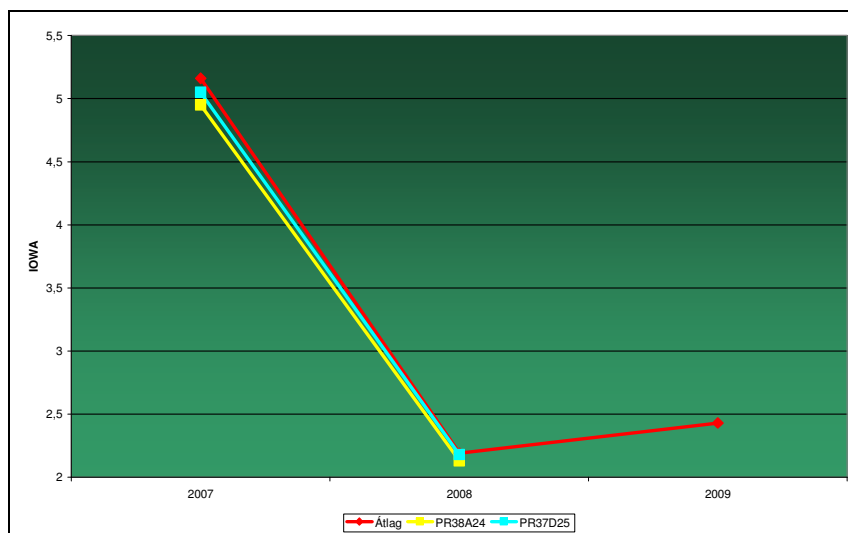
A 2007-ben végzett növénydőlés felvételezés (Függelék 15. táblázat) statisztikai elemzésének eredményei a 43. ábrán láthatóak.



43. ábra. A 2007-ben Batén végzett szabadföldi növénydőlés felvételezés eredményei

Az eredmények alapján, növénydőlés tekintetében is a PR38A24 (36% dőlés) és a PR37D25 (35% dőlés) hibridek emelhetők ki, melyek a PR37D79 (43,5% dőlés) hibridhez képest szignifikánsan alacsonyabb mértékben dőltek meg ( $SzD_{5\%} = 6,118 \%$ ). 2008-ban és 2009-ben nem tapasztaltunk értékelhető mértékű növénydőlést a kísérleti területen.

A vizsgálat során olyan hibrideket kerestünk, amelyek gyökérvégtelek tekintetében minden évben a kísérleti átlag alatt maradtak, és szignifikánsan különböztek a 2007-ben legjobban megdőlé PR37D79 (43,5% dőlés) hibridtől. E feltételnek mindössze két hibrid, a PR38A24 (36% dőlés) és a PR37D25 (35% dőlés) felelt meg (44. ábra).

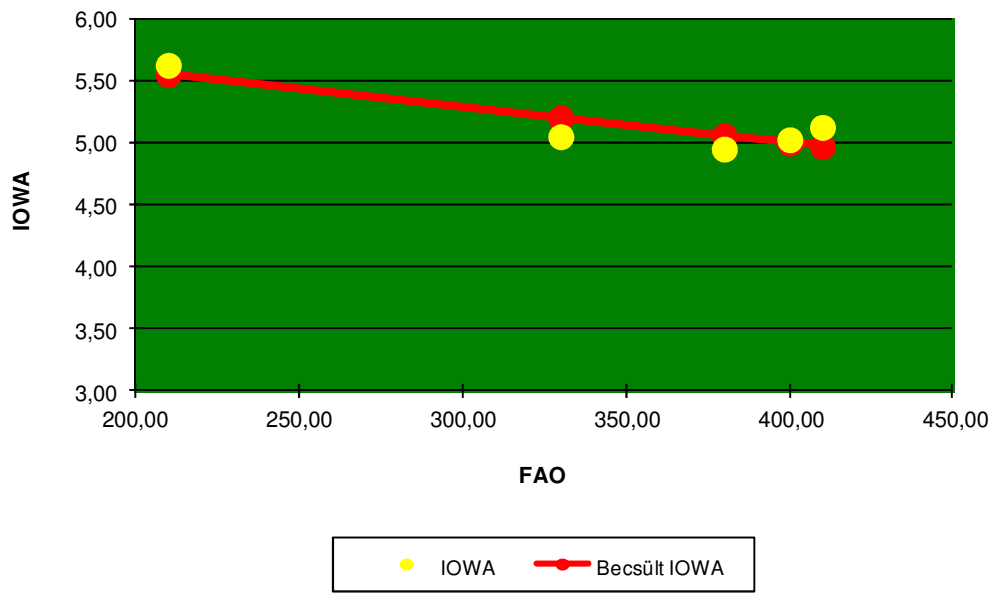


44. ábra. A PR38A24 és a PR37D25 hibridek és a kísérleti átlag IOWA értékei

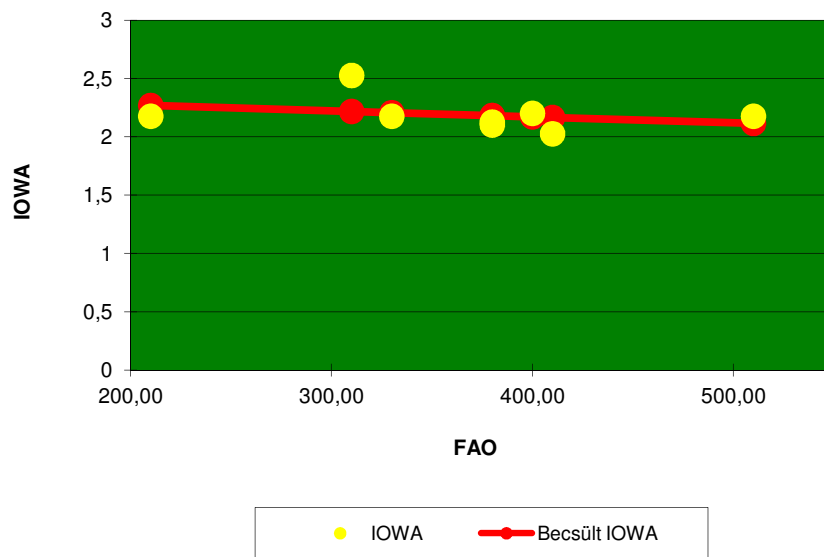
A 2007-es eredmények és a későbbi tendenciák alapján, a PR38A24 és a PR37D25 hibrideket, a tenyészedényes vizsgálatnál alkalmazott csoportosítás szerint a „kevésbé érzékeny” kategóriába soroltuk, míg a szabadföldi vizsgálatainkban szereplő összes többi hibridet „érzékenynek” tekintettük.

E vizsgálat során is megfigyeltük az érési idő és a gyökérvártétel alakulását mindhárom évben. 2007-ben (45. ábra) 2008-ban (46. ábra) és 2009-ben (47. ábra) sem tapasztaltunk kapcsolatot az érési idő és a gyökérvártétel mértéke között. Illeszthetők ugyan pozitív (2009) és negatív (2007, 2008) lineáris trendvonalak a gyökérvártételi értékek eredményhalmazára, de ezek nem szignifikánsak. Sőt az egyes évek trendjei is ellentmondásosak. A 2007. és 2008. évi eredmények alapján az érési idő növekedésével csökken a kártétel, a 2009. évi eredmények szerint nő. A kártétel szintje minden évben közel konstans. Megfigyelhetők ugyan helyenként kiugró értékek, de ezek a csúcsok minden évben más-más érésidőjű hibridhez köthetők.

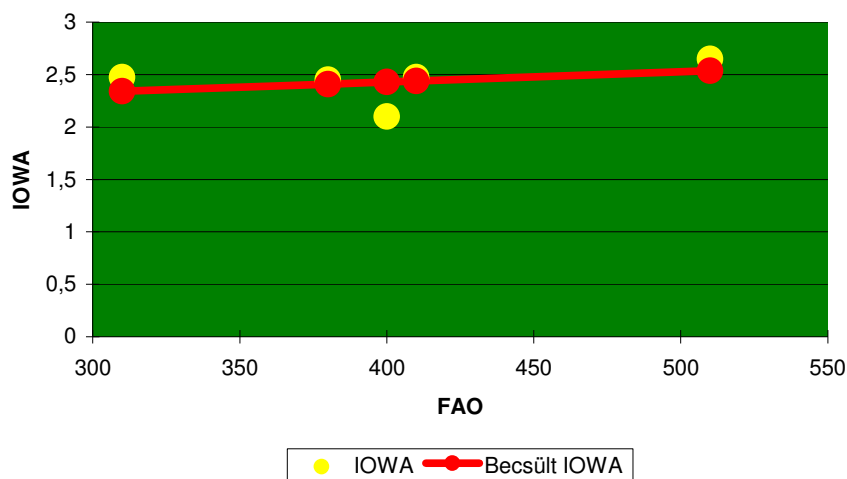




45. ábra. A gyökérvártétel és az érési idő kapcsolata (2007)



46. ábra. A gyökérvártétel és az érési idő kapcsolata (2008)



47. ábra. A gyökérkártétel és az érési idő kapcsolata (2009)

#### 4.5.3. A kukoricabogárral szembeni ellenállóság és a kukorica gyökér ciklikus hidroxámsav tartalmának kapcsolata

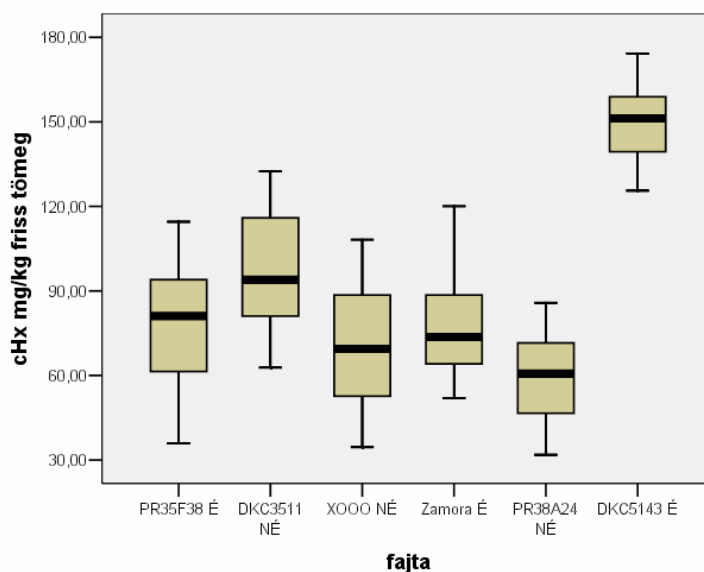
A növényházi és szabadföldi vizsgálatok eredményeit alapul véve, három érzékeny, egy toleráns és két kevésbé érzékeny hibrid került kiválasztásra és beosztásra a vizsgálandó két csoportba (17. táblázat).

17. táblázat. A növényházi és szabadföldi vizsgálatok alapján kiválasztott hibridek

Érzékeny	Kevésbé érzékeny/toleráns
PR35F38	PR38A24
ZAMORA	SUM2162
DKC5143	DKC3511

A vizsgálandó hibridek kiválasztásánál nemcsak a vizsgálati eredményeket vettük figyelembe, hanem azt is, hogy az azonos nemesítőktől származó hibridekből mindkettő, az érzékeny és a kevésbé érzékeny/toleráns csoportba is kerüljön egy-egy.

A cHx tartalom meghatározás eredménye nem harmonizált a növényházi és szabadföldi vizsgálatok eredményei alapján kialakított csoportosítással. A kísérlet átlagában 88,85 mg/kg friss tömeg cHx tartalmat mértünk. Mind az érzékeny, mind a kevésbé érzékeny/toleráns csoportban megfigyeltünk magasabb és alacsonyabb cHx tartalmat (48. ábra).



**48. ábra. Az összes ciklikus hidroxámsav (cHx) tartalom meghatározás eredményei**  
(A SUM2162 az ábrán XOOO NÉ jelöléssel szerepel.)

A PR35F38 (77,92 mg/kg), a SUM2162 (70,5 mg/kg) és a Zamora (77,08 mg/kg) hibridek között nem volt szignifikáns különbség. A többi hibrid szignifikánsan különbözött ettől a három hibridtől, és egymástól is. A SUM2162 nem mutatott kimagasló cHx tartalmat sem pozitív, sem negatív irányban.

Abszolút értékben nagyobb cHx értékeket mértünk a DKC hibridekben (123,62 mg/kg), míg a PR hibridek (69,14 mg/kg) kisebb cHx tartalmúak voltak, a SUM2162-vel (70,5 mg/kg) és a Zamorával (77,08 mg/kg) együtt. Az eredményeket figyelembe véve, páronként is megvizsgáltuk a cHx tartalmat (18. táblázat).

**18. táblázat. A cHx tartalom hibridpáronkénti összevetése**

Érzékeny		Kevésbé érzékeny/toleráns	
Hibrid	cHx mg/kg friss tömeg	Hibrid	cHx mg/kg friss tömeg
PR35F38	77,91773	PR38A24	60,36799
ZAMORA	77,07575	SUM2162	70,50045
DKC5143	149,5345	DKC3511	97,69996

Eredményeinket különválasztva, az azonos nemesítőtől származó hibrideket páronként értékelve megfigyelhető, hogy minden hibridpár esetében az érzékeny hibridek rendelkeznek magasabb cHx tartalommal. A PR és a DKC hibridpárok esetén ez a különbség szignifikáns. A Zamora és a SUM2162 esetén nem, de tendenciaszerűen itt is megfigyelhető, az érzékeny Zamora magasabb cHx tartalmú. Vizsgálataink alapján megállapítottuk, hogy nincs összefüggés a SUM2162 jelű hibrid kukoricabogár lárvák

kártételével szembeni „toleráns” tulajdonsága, és a friss gyökérben mért összes cHx tartalom között.

## **5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK**

### **5.1. Homogén mennyiségű kukoricabogár tojást tartalmazó talaj létrehozása, növényházi és laboratóriumi kísérletekhez**

A vizsgálat eredménye alapján, a kukoricabogár imágók viszonylag könnyen begyűjthetők a KLPflor csapda és rovorszippantó segítségével. Tenyészedényben könnyen izolálható egy kisebb tenyészet, amelynek egyedei szaporodnak és a nőtények életképes tojásokat raknak.

Bayar et al. (2002) laboratóriumi körülmények között vizsgálták a nőtények primer natalitását. Eredményeinket összevetve Bayer et al., (2002) eredményeivel, az általunk izolált tenyészetekben a nőtények augusztusban átlagosan kétszer, júliusban négyszer több tojást raktak. Ellentétes eredményekre jutottunk a lerakott tojások számának havonkénti alakulása tekintetében is, tenészeinkben a nőtények júliusban raktak több tojást. Figyelembe véve, hogy a kukorica fő virágzása júliusra tehető és, hogy a bibét vagy pollent nem fogyasztó nőtények primer natalitása kisebb (Naranjo és Sawyer, 1987; Elliott et al., 1990), vizsgálati eredményeink logikusnak tűnnek. Vizsgálataink alapján, a nőtény kukoricabogár imágók primer natalitása a korábbi irodalmi adatok alapján feltételezett érték többszöröse.

Eredményeink leíró statisztikai elemzése alapján megállapítottuk, hogy az egyes edényekbe került imágók kondíciója olyan változót jelent, hogy pusztán az edénybe helyezett talaj mennyisége és az imágók száma alapján, nem becsülhető az edény talajának tojástartalma. Ennek következtében, a talaj növényházi vagy laboratóriumi vizsgálatokhoz történő további felhasználását megelőzően, tojásmosásos vizsgálattal kell meghatározni az adott edényre jellemző kilogrammonkénti tojásszámot. A tojásszám meghatározást követően, a talaj tömege alapján becsülhető az egységnyi mennyiségű talaj tojástartalma.

Egy másik eljárás, ha a tojásmosás módszerével, kívánt számú kukoricabogár tojást adunk egy kisebb mennyiségű, kukoricabogár tojásoktól mentes talajhoz. Bármely módszer alkalmazása lehetővé teszi a további felhasználást növényházi, vagy laboratóriumi vizsgálatok során.

## **5.2. Atkák és az amerikai kukoricabogár kapcsolatának vizsgálata izolált tenyészetekben**

A megtalált *Proctolaelaps bickleyi* (Bram 1956) atka és a kukoricabogár imágók közötti kapcsolat megfigyelésünk alapján, a természetben is jelen van. Igaz, az atkák jóval kisebb egyedszámban találhatók meg az imágók testfelületén. Izolált tenyészetben az atkafaj felszaporodik, és jelenlétével komoly hatást gyakorolt az imágókra. Élettartamukat, lerövidíti a testükön folyamatosan jelenlévő hatalmas atka tömeg. Az atkáktól mentes populációkéhoz képest, mintegy 25%-kal lecsökken az élettartam. A nőtények által lerakott tojások számára azonban az atkák jelenléte nem gyakorolt statisztikailag igazolható hatást. Várakozásainkkal ellentétben, nem sikerült különbséget kimutatnunk a foretikus atkákat hordozó és az atkáktól mentes nőtények primer natalitása között, sőt az atkákat hordozó nőtények abszolút értékben több tojást raktak.

A két faj közötti ökológiai kapcsolat vonatkozásában nem sikerült irodalmi adatokat fellelnünk. Vizsgálataink tükrében nem vonhatunk le egzakt következtetéseket e tárgyban, ennek ellenére tehetünk néhány megállapítást. Egyértelműnek tűnik, hogy az atkák helyváltoztatás céljából kapaszkodtak a *D. v. virgifera* imágók testén. Az élettartam csökkenése az atkák egyedszámát és testméretét figyelembe véve csekély volt. Az imágók gyűjtésekor tett megfigyeléseink alapján, természetes környezetben valószínűleg jelentősen alacsonyabb egyedszámban kapaszkodnak a *Proctolaelaps bickleyi* (Bram 1956) faj egyedei a *D. v. virgifera* imágók testére, a helyváltoztatást követően elhagyva azt, szinte észrevétlen hatást gyakorolva a gazdaállatra. A két faj közötti laza ökológiai kapcsolatot ennek alapján forézisnek tekinthetjük.

## **5.3. Hidegkezelések hatása az amerikai kukoricabogár embrió mortalitására**

Woodson és Gustin (1993) kutatásai szerint, a kezeletlen tojások mortalitásának mértéke 20%. Topfer és Kuhlmann (2005) eredményei szerint azonban a tojások mortalitása 55,63% a telelés végén. Vizsgálatainkban átlagosan 39,63%-os mortalitást tapasztaltunk. A kontroll kezelések – Woodson és Gustin (1993) eredményeihez viszonyított – magasabb mortalitás értékeit az válhatta ki, hogy vizsgálatainkban szabadföldről gyűjtött talajt alkalmaztunk, amely magasabb, a valós környezeti tényezőkhöz közelebb álló mortalitást okozott.

A hőösszeg adatok áttekintése során megállapítottuk, hogy a hidegkezelés a kelés időtartamát némileg leszűkítette, a lárvák kelése néhány nappal hamarabb fejeződött be, amennyiben alacsonyabb hőmérsékletű kezelésben részesültek. Ennek oka az, hogy a hőstressz a kevésbé életképes egyedek mortalitását növeli, ez azonban gyakorlati jelentőséggel nem bír.

A -2 és -4°C-on végzett hidegkezelések a kukoricabogár embrió mortalitását nem befolyásolták jelentősen. A mortalitás mértékét a -2 és -4°C-os tartományban a behatás hőmérsékleti értéke nem befolyásolta. A mortalitás a -2°C-os kezelés időtartamának növelésével, szignifikánsan lineárisan növekedett, ami arra enged következtetni, hogy a hidegkezelés időtartama gyakorol hatást a mortalitásra. Minél hosszabb időtartamú hideghatás éri a tojásokat, annál nagyobb mortalitás értéket tapasztalunk. A növekedés mértéke azonban lassú, a nyolc napig tartó, folyamatosan fagyott állapot is csak csekély embrió mortalitás emelkedést okozott. A -2°C-os kezelés esetén egynap fagyott állapot 0,795% mortalitás növekedést okozott. Magyarországi éghajlati körülmények között azonban ritkán fagy át a talaj 30 centiméteres mélységig nyolc napnál hosszabb időre. Tehát forgatásos talajművelés esetén, még hideg télen sem számíthatunk forgatásos talajművelés esetén a kukoricabogár tojások mortalitásának jelentős növekedésére. Vizsgálati eredményeink harmonizálnak Woodson és Gustin (1993) kutatásai eredményeivel, akik szerint az általunk is vizsgált alacsonyabb hőmérsékleti tartományban, a hideghatás hosszának nagyobb a jelentősége a tojásokban lévő embriók mortalitásának előidézésében Több héten át kellett a tojásokat folyamatosan fagypon alatti hőmérsékleten tartaniuk a mortalitási jelentős növekedéséhez.

A lárvák kelése az imágórajzással egybevágó mintázatú, kétcsúcsú görbével ábrázolható, amennyiben a tojásokat rövid időtartamú hideghatás éri. Felvetődhet a kérdés, vajon a protandria jelensége már a tojások kelésénél is érvényesül-e? Vizsgálataink eredményei alapján azonban nem tudunk választ adni a kérdésre. Nem egyértelmű, hogy a nőstényembriókat rejtő tojásoknak nagyobb-e az effektív hőigényük, vagy lárvaként tart tovább fejlődésük, mint a hímegegyedeké. A bábállapotban töltött idő hosszában is lehet eltérés a nemek tekintetében, de az is lehetséges, hogy mindhárom fejlődési alak esetén tapasztalhatunk különbségeket.

#### **5.4. Kukoricabogár lárvák elleni készítmények összehasonlító vizsgálata**

Eredményeink alapján megállapítottuk, hogy a vizsgált talajfertőtlenítő hatóanyagok mindegyike nagy kártételi nyomás esetén is alkalmas a gyökérzet károsodottságát a gazdasági kártételi küszöbön tartani. A kevésbé károsodott gyökérzet képes a későbbi regenerálódásra. A talajfertőtlenítők hatékonysága növénydőlés tekintetében is megmutatkozott, hiszen a kezelt állományokban alig tapasztaltunk dőlést, ami nagy termésveszteséggel jár. A vizsgált csávázószerként alkalmazott hatóanyagok közül a klotianidin hatékonyan csökkentette mind a gyökérkártételt, mind a növénydőlést. A tiametoxam az eredmények tükrében sem gyökérkártétel, sem növénydőlés tekintetében nem tudta megvédeni sikeresen a kezelt állományt.

A terméseredmények némileg meglepően alakultak. A gyökérkártétel és növénydőlés vizsgálat során azonos hatékonyságot mutató talajfertőtlenítők között nem szignifikáns, de jelentős különbséget mértünk. A teflutrin hatóanyaggal kezelt parcellák adták a legtöbb termést, ehhez képest a talajfertőtlenítőként alkalmazott klotianidin csupán a teflutrin által megóvott terméstöbblet felét volt képes megvédeni a lárvák kártételétől. A csávázószeres esetében, a korábban megfigyelt trendtől eltérő eredményt kaptunk. A gyökérkártételt és növénydőlést figyelembe véve jobban teljesítő csávázószerként alkalmazott klotianidin a tiametoxammal azonos mennyiségű termést volt képes megvédeni a lárvák kártételétől.

A terméseredmények alapján tehát mindkét klotianidin hatóanyagú készítmény gyengébben teljesített a korábbi vizsgálatokhoz képest. Elgondolkodtató az a tény, hogy egyik készítmény esetében sem tapasztaltunk fitotoxikus tüneteket, továbbá, hogy a gyökérkártétel és a növénydőlés értékelés metodikája független a parcella növényállományának tőszámától, a termésérés azonban nem.

Összegezve a vizsgált talajfertőtlenítő hatóanyagok mindegyike nagy kártételi nyomás esetén is alkalmas a kártétel gazdasági küszöbérték alatt tartására. Alkalmazásukkal csökkenthető a kukoricatermesztés kockázata és biztosan számíthatunk a védekezési költségek megtérülésére betakarításkor. A lárvakártétel mérséklésére, a csávázószeres is alkalmasak, azonban magas kártételi nyomás esetén alkalmazásuk nem rentábilis, kockázatos. Amennyiben közepes vagy alacsony kártételre számítunk egy adott területen, felhasználásuk indokolt lehet, különösen, ha figyelembe vesszük a felszívódó hatóanyagok fiatalkori kártevőkkel szembeni hatékonyságát is. Vizsgálataink során, hazai szerzők (Kiss et al., 2001; Tóth et al., 2007) korábbi eredményeivel egybecsengő eredményekre jutottunk.



## **5.5. A kukorica hibridek kukoricabogárral szembeni ellenállóságának vizsgálata**

### **5.5.1. Tenyészedenyes ellenállóság vizsgálat, szabadföldi és mesterségesen tojásokkal kezelt talajjal**

2008-as vizsgálataink eredményei azt mutatták, hogy a szabadföldről gyűjtött, természetes körülmények között tojásokkal kezelt talajjal nem biztosítható a tenyészedenyes vizsgálatához szükséges kártételi potenciál. Eredményeink alapján, a SUM2162 kisebb gyökérvártételt mutatott, mint az érzékeny standardként használt Zamora.

A vizsgálatot 2009-ben mesterségesen tojásokkal kezelt talajon, több köztermesztésben lévő hibriddel kibővítvé megismételtük. Ennek során, jelentős különbség mutatkozott a SUM2162 és a többi hibrid között, így azt „toleránsnak” minősítettünk. Rágásnyomokat ugyan tapasztaltunk a gyökérvártételen, de ezek minden ismétlés esetén a gazdasági kártételi küszöbérték alatt maradtak. A lárvák ellen alkalmazott hatóanyagokkal összevetve, a hibrid jóval kisebb kártételt mutatott, mint amit a növényvédő szerekkel kezelt állományokban tapasztaltunk. A gyökérvártétel ilyen alacsony szintű alakulása perspektivikussá teszi a hibrid termesztésbe vonását. A kukoricatermesztés fő célja azonban nem a kis gyökérvártétel, hanem a nagy termésmennyiség, betakarításkori alacsony nedvességtartalommal. A SUM2162 agronómiai tulajdonságait ugyan nem teszteltük, de magas FAO száma alapján valószínűsíthető, hogy hazánkban nehezen lenne beilleszthető az általánosan jellemző kukorica-búza bikultúrába.

Feltételezésünk szerint, mivel a későbbi érésű hibridek gyökérvártételen jellemzően nagyobb tömegű, mint a korábban érő hibrideké, lehetséges, hogy kisebb gyökérvártételt tapasztalhatunk a magasabb FAO számú hibridek esetén. A feltevés tisztázására, összevetettük a vizsgált hibridsor gyökérvártételi értékeit az egyes hibridek érési idejével. Az eredmények azt mutatták, hogy az egyes hibridek kártételi szintje független azok érési idejétől. Illeszthető ugyan trendvonal a kártétel eredményhalmazára, de az összefüggés nem szignifikáns és a feltevés ellentétes. Nem igaz tehát az a feltevés, hogy a nagyobb habitusú kukorica hibridek kisebb

mértékű kártételt mutatnak. Emellett, e megfigyelés is alátámasztja, hogy módszerünkkel sikerült egyenletes kártételi nyomást kialakítani a tenyészedeényekben.

### **5.5.2. Szabadföldi hibrid összehasonlító vizsgálatok**

Hároméves vizsgálatsorozatunk eredményei alapján nem sikerült olyan hibridet kiválasztanunk, ami kiemelkedő ellenállóságot mutatott volna a kukoricabogár lárvák kártételével szemben. 2008-ban és 2009-ben csupán tendenciaszerű eredmények alapján tudtuk besorolni a hibrideket, a tenyészedeényes vizsgálathoz hasonló csoportokba. Mindössze két hibrid, a PR38A24 és a PR37D25 felelt meg a „kevésbé érzékeny” csoport elvárásainak. Az átlagok minden vizsgálati évben a kísérleti átlag alatt maradtak, és a növénydőlés tekintetében 2007-ben a legérzékenyebb PR37D79 hibridtől szignifikánsan különböztek.

Az érési idő és a gyökérvártétel kapcsolatát a szabadföldi vizsgálatok eredményeiben is vizsgáltuk. Mindhárom év eredményeiben megfigyelhetők ugyan helyenként kiugró értékek, de ezek a csúcsok minden évben más-más érésidőhöz köthetők. A kártételi eredményekre nem szignifikáns trendvonal illeszthető, mely évjáratonként ellentétes lefutású. E megfigyelés is alátámasztja azt az állítást mely szerint az érési idő és a gyökérvártétel mértéke független egymástól.

### **5.5.3. A kukoricabogárral szembeni ellenállóság és a kukorica gyökér ciklikus hidroxámsav tartalmának kapcsolata**

A korábbi szabadföldi és növényházi vizsgálataink során csoportosított hibridek közül, hatot vizsgáltunk meg ciklikus hidroxámsav (cHx) tartalom tekintetében. Az irodalmi adatoknak megfelelően, a „toleráns” SUM2162 hibridnek kiemelkedő cHx tartalommal kellett volna rendelkeznie. A vizsgálatban azonban átlagos értéket mértünk, a kísérleti átlag 88,8 cHx mg/kg friss tömeg volt, míg a SUM2162 hibridben 70,5 cHx mg/kg friss tömeg. Ennek alapján, a hibrid sem negatív sem pozitív irányban nem volt kiemelkedő.

Eredményeinket szeparáltan is értékeltük. Amikor az azonos nemesítőtől származó hibridpárokat vizsgáltuk megfigyeltük, hogy mind három nemesítő esetében az érzékeny hibridek cHx tartalma volt nagyobb. A PR és a DKC hibridpárok esetében ez a

különbség szignifikáns volt, a Zamora és a SUM2162 esetén nem, de tendenciaszerűen itt is megfigyelhető volt.

Vizsgálataink alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a SUM2162 „toleráns” tulajdonsága, a kukoricabogár lárvák kártételével szembeni ellenálló képessége háttérében, nem a megnövekedett összes ciklikus hidroxámsav tartalom áll. Ezzel a korábban közölt szakirodalmi adatokkal (Xie et al., 1992; Assabgui et al., 1995a; 1995b) ellentétes eredményre jutottunk, melyek szerint a megnövekedett cHx tartalom és a lárvák kártételével szembeni ellenállóság között szoros összefüggés áll fenn. Eredményeink alapján ez nem csak hogy nem érvényesül, de ennek tekintetében antagonista trend figyelhető meg.

A SUM2162 hibrid „toleráns” tulajdonságának okára vizsgálataink nem adtak magyarázatot. A hibrid gyökérzetének beltartalmi értékeit további, széleskörű vizsgálatnak kéne alávetni.

## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1868) Amerika és Európa egyik legveszélyesebb kukorica kártevője. A faj erős kártételi potenciállal bír, kártételének csökkentése jelentős költségekkel jár. A kukoricabogár hazánkban egynemzedékes, a talajban, embrionális diapauzában telel át. Észak-Amerikában őshonos, Európába behurcolás révén került az 1990-es évek elején. Magyarországon, 1995 nyarán fogták első egyedeit. Az amerikai kukoricabogár elleni védekezés alapvető eszköze az agrotechnikai lehetőségek kihasználása. A kártétel gazdasági kártételi küszöb alatt tartása, valamint a kártevő egyedszámának stabilizálása, a kártevő elleni kémiai védekezésre alapozottan is történhet, ami azonban jelentős terhelést ró a környezetre. Fontos feladat a fenntartható mezőgazdaság gyakorlatába illeszkedő, új, alternatív védekezési lehetőségek kidolgozása.

Vizsgálataink kezdetekor célul tűztük ki olyan talaj előállítását, ami homogén eloszlásban, ismert mennyiségű kukoricabogár tojást tartalmaz. További célunk volt a kukoricabogár imágók gyűjtése során megfigyelt atkafaj azonosítása és az imágók valamint az atkák közötti interspecifikus kapcsolat tisztázása. Vizsgáltuk a Magyarországon jellemző téli talajhőmérséklet embriókra gyakorolt hatását. Összevetettük a nagy termőterületen alkalmazott lárvák elleni hatóanyagok hatékonyságát. Összehasonlító vizsgálatokban toleráns tulajdonságú hibrideket kerestünk, kutatva a tolerancia hátterében álló tulajdonság mibenlétét.

A kártevő biológiai vizsgálatának keretei között, a számos embrió mortalitást befolyásoló tényező közül, a Magyarországon jellemző téli talajhőmérséklet tojásokra gyakorolt hatását vizsgáltuk. A kísérletek kivitelezéséhez olyan talajra volt szükségünk, amely homogén eloszlásban, nagy számban tartalmaz kukoricabogár tojásokat. Ennek létrehozásához 20 liter térfogatú edényekben 500-500 imágót izoláltunk, 1:1 ivararányban. Az edényeket klímakamrában tároltuk 26C°-on, L/D 16/8 fotoperiódus mellett, folyamatosan friss táplálékot biztosítva az állatok számára. Az izolált tenyészet pusztulását követően, megvizsgáltuk az edényekbe helyezett, talajban található kukoricabogár tojások számát. Az eredmények alapján megállapítottuk, hogy az edényenkénti tojásszámot alapvetően a befogott imágók kondíciója határozza meg. A talajok további vizsgálatokban való felhasználása megoldható, amennyiben tojásmosásos vizsgálattal a homogenizált talajban lévő tojások számát előzetesen meghatározzuk, vagy tojásoktól mentes talajhoz adunk kukoricabogár tojásokat.

Megfigyeléseink szerint, izolált tenyészetekben a nőtények primer natalitása a korábbi irodalmi adatok (Bayer et al., 2002) többszöröse volt.

Az ismert számban, homogén eloszlásban kukoricabogár tojást tartalmazó talaj létrehozásakor, az imágók gyűjtése során figyeltünk fel arra, hogy néhány egyed testen szabad szemmel is látható atkák kapaszkodtak. A megfigyelt imágókat megjelölt edényekbe helyeztük, majd később tapasztaltuk, hogy az atkák ismét tömegesen megjelentek. Ebből azt a következtetést vontuk le, hogy a két faj közötti kapcsolat a természetben is jelen van. Az atkák meghatározásához Dr. Ripka Géza és Dr. Szabó Árpád segítségét kértük. Dr. Ripka Géza preparálta a befogott atkákat, majd Dr. Szabó Árpád azonosította a *Proctolaelaps bickleyi* (Bram, 1956) magyarországi faunára új atka fajt. Megvizsgáltuk az edényekben megjelent atkáknak a kukoricabogár imágók élettartamára és a nőtények primer natalitására gyakorolt hatását. Az atkákat hordozó imágók élettartama jelentősen, mintegy 25%-kal lerövidült. A primer natalitás tekintetében nem sikerült különbséget kimutatnunk az atkákat szállító és az azoktól mentes nőtények között. A lerövidült élettartamot az atkák tömeges jelenléte által okozott stressz válthatta ki, de ez a kártételi potenciált nem csökkentette. A két faj közötti ökológiai kapcsolat vonatkozásában nem sikerült irodalmi adatokat fellelnünk. Vizsgálataink alapján megállapítható, hogy a kérdéses interspecifikus kapcsolat a természetes környezetben is fennálló forézis.

Ismert számú, homogéne eloszlott kukoricabogár tojást tartalmazó talaj segítségével modelleztük a jellemző magyarországi téli talajhőmérséklet kukoricabogár tojásokra gyakorolt hatását. 1356 db kukoricabogár tojást helyeztünk 1,1 kg-os talajkockákba, homogéne elkeverve, melyeket  $-2^{\circ}\text{C}$ -on nyolc napig, valamint  $-4^{\circ}\text{C}$ -on négy napig tartottunk. A talajkockánként kelt összes lárva számának és a talajkockában eredetileg elhelyezett tojások számának különbségéből következtettünk a kezelések hatására fellépő mortalitás százalékos értékére. Emellett a vizsgálat során alkalmunk nyílt arra is, hogy megfigyeljük a kelés időbeli alakulását. Megállapítottuk, hogy a Magyarországon jellemző hőmérséklet viszonyok között nem a hidegkezelés hőmérséklete, hanem a behatás időtartama gyakorol hatást a mortalitásra. Megállapítottuk, hogy a hidegkezelés és a mortalitás alakulása között szignifikáns pozitív lineáris kapcsolat áll fenn. A  $-2^{\circ}\text{C}$ -os hidegkezelés naponta 0,795%-kal növeli az embriók mortalitását, míg a  $-4^{\circ}\text{C}$ -os hidegkezelés nem okoz nagyobb embrió mortalitást. Minél hosszabb idejű hideghatás érte a tojásokat, annál magasabb mortalitás értéket tapasztalunk, továbbá a hidegkezelés a kelés időtartamát is leszűkítette.

Eredményeink harmonizáltak Woodson és Gustin (1993) korábbi kutatásainak eredményeivel. Vizsgálataink során, a kontroll kezelésekben szokatlanul nagy mortalitást tapasztaltunk. Ennek oka a szabadföldről gyűjtött talaj alkalmazása volt, mely magasabb, a valós állapothoz közelebbi mortalitást okozott. Megállapítható, hogy a Magyarországon jellemző időjárási paraméterek nem befolyásolják jelentős mértékben a kukoricabogár tojások áttelelésének sikerességét. A kelési görbék vizsgálata azt mutatta, hogy a lárvakelés kétcsúcú görbéjének kialakulásához a tojásnak egy rövid, legalább egy-két napos hideghatáson kell átesnie.

Szabadföldön talajfertőtlenítő és csávázószer összehasonlító vizsgálatokat végeztünk 2008-ban és 2009-ben. Azokat a hatóanyagokat vizsgáltuk, melyeket a legnagyobb területen alkalmaznak a gyakorlatban a lárvák elleni védekezésben. A télvégi időszakban a tojásmosásos módszer segítségével választottunk kukorica előveteményű kísérleti területet. Vizsgálatainkat mindkét évben azonos módszertant követve, négy ismétlésben, véletlen blokk elrendezésben állítottuk be. A vizsgálatok során alkalmazott parcellaméret  $225 \text{ m}^2$  volt. Nyár elején felvételeztük a kukoricabogár lárvák által okozott gyökérvédekezést. Az értékelésre a módosított IOWA-skálát használtuk. A vizsgált készítményeket növénydőlés tekintetében is összehasonlítottuk. A tenyészidőszak végén termésmerést végeztünk. Eredményeink alapján megállapítottuk, hogy a vizsgált talajfertőtlenítőként alkalmazott hatóanyagok mindegyike alkalmas nagy kártételi nyomás esetén is a kártétel gazdasági küszöbérték alatt tartására, továbbá közepes vagy alacsony kártétel esetén, egy adott területen a csávázószer felhasználása is indokolt lehet. Vizsgálataink eredményei harmonizáltak a korábbi irodalmi adatokkal (Kiss et al., 2001; Tóth et al., 2007.).

Kezeletlen kukorica hibridek összehasonlítását tenyészedenyes és szabadföldi vizsgálatokban is elvégeztük. A tenyészedenyes vizsgálatokat kezdetben szabadföldről gyűjtött, majd mesterségesen tojásokkal kezelt talajjal töltött tenyészedenyekben végeztük. Így a kártétel mértéke olyan kicsi volt, hogy nem tudtunk különbségeket kimutatni, csupán megfigyeléseket tehettünk. A korábban előállított, nagyszámú kukoricabogár tojást tartalmazó talajból nyert tojások segítségével, mesterségesen adtunk tojásokat a tenyészedenyes tojásoktól mentes talajához. E vizsgálat eredményeként a SUM2162 hibridről bebizonyosodott, hogy a kukoricabogár lárvák kártételével szemben toleráns tulajdonsággal bír. Vizsgáltuk az érési idő és a gyökérvédekezés kapcsolatát is. Megállapítottuk, hogy nem igaz az a feltevés, hogy a

nagyobb habitusú, késői érésű kukorica hibridek kisebb mértékű kártételt szenvednek el.

Szabadszíri hibrid összehasonlító vizsgálatainkat a kémiai készítmények vizsgálatával azonos metodika szerint állítottuk be. A kísérlet értékelésére nyár elején felvételeztük a kukoricabogár lárvák által okozott gyökérvártételt a módosított IOWA-skála szerint. A vizsgált hibrideket növénydőlés tekintetében is összehasonlítottuk. Vizsgálataink során nem sikerült a tenyészedényes vizsgálatokhoz hasonló különbséget igazolnunk a hibridek között, csupán empirikus megfigyelésekre hagyatkozhattunk. Az eredményeinkben ezúttal is vizsgáltuk az érési idő és a gyökérvártétel kapcsolatát, a korábbi megállapításokkal egybecsengő következtetésre jutva.

A szakirodalom tanulmányozása során, figyelmünket a ciklikus hidroxámsavak (cHx) rovarrezisztenciában betöltött szerepe keltette fel. Így a korábbi kukorica hibrid összehasonlítások során kapott eredmények alapján, hat hibridet választottunk ki, melyek cHx tartalmát Dr. Makleit Péter mérte meg. Egyes irodalmi adatok szerint, a „toleráns” SUM2162 hibridnek kiemelkedően kellett volna teljesítenie, azonban ilyen különbséget nem tapasztaltunk. Amikor az azonos nemesítőtől származó hibrid párokat vizsgáltuk megfigyeltük, hogy mind három nemesítő esetében az érzékeny hibridek cHx tartalma volt nagyobb. Vizsgálataink alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a SUM2162 „toleráns” tulajdonsága, a kukoricabogár lárvák kártételével szembeni ellenálló képessége háttérben, nem önmagában a megnövekedett összes ciklikus hidroxámsav tartalom áll. Ezzel a vizsgálattal korábban közölt szakirodalmi adatokkal (Xie et al., 1992; Assabgui et al., 1995a; 1995b) ellentétes eredményre jutottunk melyek szerint a megnövekedett cHx tartalom és a lárvák kártételével szembeni ellenállóság között szoros összefüggés áll fenn. Eredményeink alapján ez nem csak hogy nem érvényesül, de ennek tekintetében antagonista trend figyelhető meg. Vizsgálatunkkal a SUM2162 hibrid „toleráns” tulajdonságának okára nem sikerült kielégítő magyarázatot adni.

## 7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Eredményes módszert dolgoztunk ki tenyészedenyek kukoricabogár tojásokkal történő ismert mértékű, homogén kezelésére. Műanyagból készült, 20 liter térfogatú tenyészedenyek talajába 90 db kukoricabogár tojást helyezve, átlagosan 1,73 node injury skálaértékű gyökérvártételt tapasztaltunk.
2. Izolált kukoricabogár tenyészetekben bizonyítottuk, hogy a nőstények primer natalitása júliusban átlagosan elérheti a  $773,6 \pm 308$ , míg augusztusban a  $459,2 \pm 300,8$  db tojást nőstényenként. Eredményeink a korábbi szakirodalmi forrásokban közölt adatok többszörösei.
3. Magyarországon elsőként írtuk le a *Proctolaelaps bickleyi* (Bram 1956) atka fajt és megállapítottuk, hogy a kukoricabogár imágókkal együtt élve 25%-al csökkenti azok élettartamát, miközben a nőstények primer natalitására nincsenek hatással. Megállapítottuk továbbá, hogy a két faj közötti interspecifikus kapcsolat a forézis.
4. Magyarországon elsőként vizsgáltuk az alacsony hőmérséklet amerikai kukoricabogár embriókra gyakorolt hatását. Megállapítottuk, hogy a  $-2^{\circ}\text{C}$ -os hidegkezelés naponta 0,795%-kal növeli az embriók mortalitását, míg a  $-4^{\circ}\text{C}$ -os hidegkezelés nem okoz ennél magasabb mortalitást. Eredményeink alapján, Magyarországon még az átlagosnál hidegebb teleken sem következik be az áttelelő kukoricabogár embriók tömeges pusztulása.
5. Tenyészedenyes kísérletekben megállapítottuk, hogy a lárvakártételre érzékeny kukorica hibridek átlagos, 1,73 node injury skálaértékű károsodása mellett, a SUM2162 hibrid átlagosan csupán 0,12 skálaértékű gyökérvártételt mutatott. Ezzel igazoltuk a SUM2162 kukorica hibrid kukoricabogár lárvák kártételével szembeni toleranciáját.
6. Megmértük három nem toleráns kukorica hibrid (átlagosan 101,51 mg/kg friss tömeg) és a toleráns SUM2162 hibrid (átlagosan 70,50 mg/kg friss tömeg) összes ciklikus hidroxámsav tartalmát. A korábbi szakirodalmi forrásokban közölt adatokkal ellentétes eredményre jutva megállapítottuk, hogy a kukoricabogár lárvákkal szembeni toleranciáért nem önmagában a magasabb összes hidroxámsav tartalom felelős.



## 8. NOVEL SCIENTIFIC RESULTS

1. An effective method was developed for homogeneous treatment of experimental pots with known numbers of WCR eggs. Taking 90 pieces of eggs into 20 litres plastic containers 1.73 average value of node injury was observed.
2. It has been proven in isolated stocks of WCR, that the fecundity of females in July may reach an average of  $773.6 \pm 308$  while in August an average of  $459.2 \pm 300.8$  pieces of eggs per female. Our results are the multiples of the data published in the former scientific literature.
3. A mite species *Proctolaelaps bickleyi* (Bram, 1956) was described for the first time in Hungary and it was established, that living together with the WCR adults the mites may decrease the their lifespan by 25%. Besides, it has been revealed, that the interspecific interaction is the phoresis.
4. Effect of low temperatures on the mortality of WCR embryos was studied on the first occasion in Hungary. It has been found, that a treatment with  $-2^{\circ}\text{C}$  temperature could increase the embryo mortality by 0.795%, while the treatment with  $-4^{\circ}\text{C}$  does not cause any further increase in the mortality. Based on our results, even winters colder than the average in Hungary could not result in the mass destruction of overwintering WCR embryos.
5. It has been established in our pot trials, that maize hybrids sensitive to larval damage showed 1.73 while the SUM2162 hybrid showed only 0.12 average value of node injury. With this, the tolerance of the SUM2162 hybrid against larval damage of WCR has been proven.
6. Total cyclic hydroxamic acid content of three non-tolerant maize hybrids (on the average 101.51 mg/kg fresh weight) and the tolerant SUM2162 hybrid (on the average 70.50 mg/kg fresh weight) was measured. In contrast to the data published earlier in the scientific literature it has been found, that the total hydroxamic acid content in itself cannot be responsible for the tolerance against larval damage of WCR.

# KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozom †**Dr. habil. Nádasy Miklós** egyetemi docensnek, aki egyetemi tanulmányaimtól kezdve irányította és terelte munkám, valamint pártfogolta és igazgatta életemet. Nagyon sajnálom, hogy nem köszönhetem meg neki személyesen a rengeteg szakmai és emberi támogatást.

Köszönöm **Dr. Marczali Zsolt** egyetemi docensnek hogy elvállalta a témavezetői tisztséget és a sok segítséget, melyet a dolgozat létrehozása és prezentálása során nyújtott.

Köszönöm **Dr. Makleit Péter** egyetemi docensnek, hogy egy rövid időre együtt dolgozhattunk.

Köszönöm **Dr. Ripka Gézának** és **Dr. Szabó Árpádnak** az atkák preparálásban és határozásában végzett munkáját.

Köszönöm **Dr. Takács Józsefnek**, hogy munkája során együtt dolgozhattunk, és elleshettem szakmai fogásait.

Köszönöm **PhD hallgató kollégáimnak** és **barátaimnak** a mindig vidám munkahelyi légkört, és a munkámban nyújtott, gyakran tevékeny segítségüket.

Köszönöm **Családom** hathatós támogatását, hogy bíztattak és támogattak a dolgozat készítése során.

## 9. IRODALOMJEGYZÉK

- ABOU-FAKHR, E.M., HIBBARD, B.E., BJOSTAD, L.B. (1994): Tolerance of western corn rootworm larvae (Coleoptera: Chrysomelidae) to 6-methoxy-2-benzoxazolinone, a corn semiochemical for larval host location. *J. Econ. Entomol.*, 87. (3): 647-652.
- ADKISSON, P.L. and DYCK, V.A. (1980): Resistant varieties in pest management system, pp. 233-251. In: Maxwell F.G., Jennings P.G. (eds.), *Breeding plants resistant to insects*. New York.
- AL-DEEB, M.A., and WILDE, G.E. (2003): Effect of *Bt* corn expressing the Cry3Bb1 toxin for corn rootworm control on above ground non-target arthropods. *Environ. Entomol.*, 32. (4): 1164-1170.
- AL-DEEB, M.A., WILDE, G.E., BLAIR, J.M., TODD T.C. (2003): Effect of Bt Corn for Corn Rootworm Control on Nontarget Soil Microarthropods and Nematodes. *Environ. Entomol.*, 32. (4): 859-865.
- ARGANDONA, V.H. and CORCUERA, L.J. (1985): Distribution of hydroxamic acids in *Zea mays* tissues. *Phytochemistry* 24. (1): 177-178.
- ASSABGUI, R.A., ARNASON, J.T., HAMILTON, R.I. (1995a): Field evaluations of hydroxamic acids as antibiosis factors in elite maize inbreds to the western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). *J. Econ. Entomol.* 88. (5): 1482-1493.
- ASSABGUI, R.A., HAMILTON, R.I., ARNASON, J.T. (1995b): Hydroxamic acid content and plant development of maize (*Zea mays* L.) in relation to damage by the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte. *Can. J. Plant Sci.*, 75. (4): 851-856.
- ATYEO, W.T.; WEEKMAN, G.T., LAWSON, D.E. (1964): The identification of *Diabrotica* species by chorion sculpturing. *J. Kans. Entomol. Soc.* 37: 9-11.
- BAČA, F. (1993): New member of the harmful entomofauna of Yugoslavia *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera, Chrysomelidae). *IWGO Newsletter* XII: 21.
- BAČA, F. (1994): Novi clan stetne entomofaune u Jugoslaviji *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae). *Zastita bilja* 45. (2), 125-131.
- BAČA, F. és SIVCEV I. (2001): A kukoricabogár kártétele és az ellene való védekezés technológiája Jugoszláviában (Damage and control of WCR in Yugoslavia.). *Gyakorlati Agrofórum*, 12. (5): 19-21.

- BALL, H.J. (1957): On the biology and egg-laying habits of the western corn rootworm. J. Econ. Entomol., 50: 126-128.
- BALL, H.J. (1982): Spectral response of the adult western corn rootworm (*Coleoptera, Chrysomelidae*) to selected wavelengths. J. Econ. Entomol., 75: 932-933.
- BASETTI, P. and WESTGATE, M. (1993a): Senescence and Receptivity of maize silks. Crop Sci., 33: 275-278.
- BASETTI, P. and WESTGATE, M. (1993b): Emergence, Elongation and Senescence of maize silks. Crop Sci., 33: 271-275.
- BAUFELD, P., ENZIAN, S., MOTTE, G. (1996): Establishment potential of *Diabrotica virgifera* in Germany. EPPO Bulletin, 26. (3-4.): 511-518.
- BAYAR K., KOMÁROMI J., KISS J. (2002): A *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte tojásprodukciója laboratóriumi tenyészetben. Növényvédelem, 38. (10): 543-545.
- BAYAR. K., KOMÁROMI J., KISS J., EDWARDS, C.R., HATALA-ZSELLÉR I., SZÉLL E. (2003): Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) populációjának jellemzői kukorica monokultúrában. Növénytermelés, 52: 185-202
- BAZOK, R. (2001): Istrazivanje biologije i ekologije *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte – Novog člana entomofaune Hrvatske (Research on the biology and ecology of *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte - new member of entomofauna in Croatia). PhD Thesis, Zagreb.
- BERGER, H.K. (2008): The Western Corn Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera*): a new maize pest threatening Europe. EPPO Bulletin, 31. (3): 411-414.
- BERGMAN, M.K. and TURPIN, F.T. (1984): Impact of corn planting date on the population dynamics of corn rootworms (*Coleoptera: Chrysomelidae*). Environ. Entomol., 13: 898-901.
- BIGGER, J.H., SNELLING, R.O., BLANCHARD, R.A. (1941): Resistance of corn strains to the southern corn rootworm, *Diabrotica duodecimpunctata* (F.). J. Econ. Entomol., 34: 605-613.
- BIGGER, J.H., HOLBERT, J.R. FLIN, W.P., LONG, A.L. (1938): Resistance of certain corn hybrids to attack of southern corn rootworm. J. Econ. Entomol., 31: 102-107.
- BRANSON, T.F. (1976): Viability and hatching pattern of eggs of western corn rootworm exposed to chill periods of different durations. Entomol. Exp. Appl., 19: 77-81.

- BRANSON, T.F. and ORTMAN, E.E. (1967a): Fertility of western maize rootworms as larvae on alternative hosts. *J. Econ. Entomol.*, 60: 595.
- BRANSON, T.F. and ORTMAN, E.E. (1967b): Host range of larvae of the western corn rootworm. *J. Econ. Entomol.*, 60: 201-203.
- BRANSON, T.F. and SUTTER, G.R. (1969): Evaluating and breeding for maize resistance to the rootworm complex, pp. 130-139. In: *Toward insect resistant maize for the third world: proceeding of the international symposium on methodologies for developing host plant resistance to maize insects*, CIMMYT, Mexico, D.F.
- BRANSON, T.F. and ORTMAN, E.E. (1970): The host range of larvae of the western corn rootworm: Further studies. *J. Econ. Entomol.* 63: 800-803.
- BRANSON, T.F. and KRYSAN, J.L. (1981): Feeding and oviposition behavior and life cycle strategies of *Diabrotica*: Evolutionary view with implications for pest management. *Environ. Entomol.* 10: 826-831.
- CALKINS, C.O. and KIRK, V.M. (1969): Effect of winter precipitation and temperature on overwintering eggs of northern and western corn rootworms. *J. Econ. Entomol.*, 62: 541-543.
- CAMPOS, F., ATKINSON J., ARNASON J.T., PHILOGÉNE B.J.R., MORAND P., WERSTIUK N.H., TIMMINS G. (1988): Toxicity and toxicokinetics of 6-methoxy-benzoxazolinone (MBOA) in the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Hübner). *J. Chem. Ecol.*, 14: 989-1002.
- CAMPOS, F., ATKINSON J., ARNASON J.T., PHILOGÉNE B.J.R., MORAND P., WERSTIUK N.H., TIMMINS G. (1989): Toxicokinetics of 2,4-dihydroxy-7-methoxy-1,4-benzoxazin (DIMBOA) in the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Hübner). *J. Chem. Ecol.*, 15: 1989-2001.
- ČAMPRAG, D. (1995): *Kukuruzna zlatica (Diabrotica virgifera virgifera Le Conte)*. Društvo za zaštitu bilja Srbije, Beograd. November 1995. pp. 112.
- ČAMPRAG, D., SEKULIČ, R., BAČA, F. (1994): A kukorica új kártevője az amerikai gyökérféreg Jugoszláviában. *Agrofórum*, 4. (7): 41-42.
- CARTER, P.R. and HUDELSON, K.D. (1988): Influence of simulated wind lodging on corn growth and grain yield. *J. Prod. Agric.*, 1: 295-299.
- CHIANG, H.C. (1965): Survival of northern corn rootworm eggs through one and two winters. *J. Econ. Entomol.*, 58: 470-472.

- CHIANG, H.C. (1973): Bionomics of the northern and western corn rootworms. *Annu. Rev. Entomol.*, 18: 47-72.
- CHIANG, H.C. (1974): Temperature effects on hatching of the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* eggs: factual and theoretical interpretations. *Entomol. Exp. Appl.*, 17: 149–156.
- CHITTENDEN, FH. (1912): Notes on the cucumber beetles. USDA Bur. Entomol. Bull. 82: 67-75.
- CIOSI, M., MILLER, N.J., KIM, K.S., GIORDANO, R., ESTOUP, A., GUILLEMAUD, T. (2008): Invasion of Europe by the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera*: multiple transatlantic introductions with various reductions of genetic diversity. *Molecular Ecology*, 17. (16): 3614-3627.
- CLARK, T.L. and HIBBARD, B.E. (2004): Comparison of non-maize hosts to support western corn rootworm (*Coleoptera: Chrysomelidae*) larval biology. *Environ. Entomol.*, 33: 681-689.
- CULY, M.D., EDWARDS, C.R., CORNELIUS, J.R. (1992): Effect of silk feeding by western corn rootworm (*Coleoptera, Chrysomelidae*) on yield and quality of inbred corn in seed corn production fields. *J. Econ. Entomol.*, 85: 2440-2446.
- DARNELL, S.J., MEINKE, L.J. YOUNG, L.J. (2000): Influence of corn phenology on adult western corn rootworm (*Coleoptera: Chrysomelidae*) distribution. *Environ. Entomol.*, 29: 587-595.
- DARNELL, S.J., MEINKE, L.J., YOUNG, L.J. GOTWAY, C.A. (1999): Geostatistical investigation of the small-scale variation of western corn rootworm (*Coleoptera: Chrysomelidae*) adults. *Environ. Entomol.*, 28: 266-274.
- DARVAS B. és LAUBER É. (2006): Cry1-toxinrezisztencia. ONYN „Mezőgazdasági géntechnológia – elsőgenerációs GM-növények”, Budapest, 2006. 11. 22. pp. 51-53.
- DAVIS, C.S., NI, X., QUISENBERRY, S.S., FOSTER, J.E. (2000): Identification and quantification of hydroxamic acids in maize seedling root tissue and impact on western corn rootworm (*Coleoptera: Chrysomelidae*) larval development. *J. Econ. Entomol.*, 93: 989-992.
- DAVIS, P.M. (1994): Comparison of economic injury levels for western corn rootworm (*Coleoptera: Chrysomelidae*) infesting silage and grain corn. *J. Econ. Entomol.*, 87: 1086-1090.

- DICKE, F.F. and GUTHRIE, W.D. (1988): The most important corn insects, pp.769-868. In: Sprague G.F. and Dudley F.W. (eds.), Corn and corn improvement, 3. ed. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- EDWARDS, C.R. (1995): Az amerikai kukoricabogár, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (*Coleoptera: Chrysomelidae*), a kukorica új kártevője Európában. *Növényvédelem*, 31: 353-360.
- EDWARDS, C.R. (1996): The dramatic shift of the western corn rootworm to first year-corn. In: Proceedings of the Illinois Agricultural Pesticides Conference. Cooperative Extension Service, University of Illinois at Urbana-Champaign, Illinois, 5-6. January 1996., pp. 14-15.
- EDWARDS, C.R. (2001): Talajviszonyok hatása a kukoricabogárra. *Gyakorlati Agrofórum*, 12. (5): 14.
- EDWARDS, C.R., GERBER, C., BLEDSOE, L.W., BARNA GY., KISS J. (1998): Comparisons of Hungarian Pheromone and Pherocon AM traps under economic Western Corn Rootworm populations in Indiana, USA. *Pflanzenschutzberichte*, 57. (2): 3-14.
- ELLIOTT, N.C., GUSTIN, R.D., HANSON, S.L. (1990): Influence of adult diet on the reproductive biology and survival of the western corn rootworm, *D. virgifera virgifera*. *Entomol. Exp. Appl.*, 56: 15-22.
- ELLSBURY, M.M. and WOODSON, W.D. (1996): Spatial variability in rootworm populations and the soil environment: potential management applications. *Proc. Inform. Agric. Conf. July 30–August 1, 1996, Champaign, Ill.*, pp. 58–59
- ELLSBURY, M.M., WOODSON, W.D., CLAY, S.A., CARLSON, C.G. (1997): Spatial characterization of corn rootworm populations in continuous and rotated corn. *Proc. 3<sup>rd</sup> Int. Symp. Site-Specific Manage. Agric. Syst.*, 23–26., June 1996., Minneapolis, Minn., pp. 487–494.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 2003. New corn pest control approved by EPA can lead to reduced pesticide use: Non-chemical alternative to conventional insecticides for control of corn rootworm. Online. *Pesticides: Regulating Pesticides*. Feb. 25, <http://yosemite.epa.gov/opa/admpress.nsf/d0cf6618525a9efb85257359003fb69d/b7a583e5ad62660c85256cd800729c3c!OpenDocument>

- FÉNYES D., NÁDOR G., ORAVECZ S., VASAS L. (2008): Kísérleti vizsgálatok kukoricabogár kártételének kimutatására úrtávérzékeléssel. XVIII. Keszthelyi Növényvédelmi Fórum, Keszthely, 2008. jan. 30-febr. 1., pp. 49.
- FISHER, J.R. (1986): Development and survival of pupae of *Diabrotica virgifera virgifera* and *D. undecimpunctata howardi* (Coleoptera: Chrysomelidae) at constant temperatures and humidities. Environ. Entomol., 15: 626-630.
- FISHER, J.R., JACKSON, J.J., LEW, A.C. (1994): Temperature and diapause development in the egg of *Diabrotica barberi* Coleoptera: Chrysomelidae. Environ. Entomol., 23: 464-471.
- GARRETT, L. E. and HARAMOTO, F. H. (1967): A catalog of Hawaiian Acarina. Proc. Hawaiian Entomol. Soc., 19: 381-414.
- GASSMANN, A.J., PETZOLD-MAXWELL, J.L., KEWESHAN. R.S., DUNBAR, M.W. (2011): Field-evolved resistance to *Bt* maize by western corn rootworm. PLoS ONE 6. (7): e22629. doi:10.1371/journal.pone.0022629
- GEORGHIOU, G.P. and WIRTH, M.C. (1997): Influence of Exposure to Single versus Multiple Toxins of *Bacillus thuringiensis subsp. israelensis* on Development of Resistance in the Mosquito *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) Appl. Environ. Microbiol., 63. (3): 1095-1101.
- GERBER, C.K., EDWARDS, C.R., BLEDSOE, L.W., OBERMEYER, J.L., BARNAGY, FOSTER, R.E. (2005): Sampling devices and decision rule development for western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) adults in soybean to predict subsequent damage to maize in Indiana. pp. 221-239. In Vidal, S., Kuhlmann U. and Edwards, C.R. (eds.): Western corn rootworm ecology and management. CABI, Cambridge, MA.
- GODFREY, L.D., MEINKE, L.J., WRIGHT, R.J. (1993): Vegetative and reproductive biomass accumulation in field corn: Response to root injury by western corn rootworm (Coleoptera, Chrysomelidae). J. Econ. Entomol., 86: 1557-1573.
- GODFREY, L.D., MEINKE, L.J., WRIGHT, R.J., HEIN, G.L. (1995): Environmental and edaphic effects on western corn rootworm Coleoptera: Chrysomelidae overwintering egg survival. J. Econ. Entomol., 88: 1445-1454.
- GOLDEN, K.L. and MEINKE, L.J. (1991): Immature development, fecundity, longevity and egg diapause of *Diabrotica longicornis* (Coleoptera: Chrysomelidae). J. Kansas Entomol. Soc., 64: 251-256.



- GRAY, M.E. (2001): Transgenic insecticidal cultivars for corn rootworms: Meeting the challenges of resistance management. Proc. Ill. Crop Prot. Tech. Conf., Univ. Ill., Champaign-Urbana, 28. April 2001. pp. 36-41.
- GRAY, M.E. and TOLLEFSON, J.J. (1987): Influence of tillage and western and northern corn rootworm *Coleoptera: Chrysomelidae* egg populations on larval populations and root damage. J. Econ. Entomol., 80: 911–915.
- GRAY, M.E. and TOLLEFSON, J.J. (1988): Influence of tillage systems on egg populations of western and northern corn rootworms (*Coleoptera: Chrysomelidae*). J. Kansas Entomol. Soc., 61: 186-194.
- GRAY, M.E., HEIN, G.L., BOETHEL, M.A., WALGENBACH, D.D. (1992): Western and northern corn rootworm *Coleoptera: Chrysomelidae* egg densities at three soil depths: implications for future ecological studies. J. Kansas Entomol. Soc., 65: 354–356.
- GROZEA, I., PALAGESIU, I., CARABET, A., CHIRITA, R. (2005): Colour variability of *Diabrotica virgifera virgifera* adults from a population in western part of Romania. IWGO Newsletter, XXVI: 24.
- GUSS, P.L., TUMLINSON, J.H., SONNET, P.E., PROVEAUX, A.T. (1982): Identification of a female produced sex pheromone of the western corn rootworm *Diabrotica virgifera virgifera*. J. Chem. Ecol., 8: 545-556.
- GUSTIN, R.D. (1979): Effect of moisture and population levels on oviposition of the western corn rootworm. Environ. Entomol., 8: 406–407.
- GUSTIN, R.D. and SCHUMACHER, T.E. (1989): Relationship of some soil pore parameters to movement of first-instar western corn rootworm (*Coleoptera: Chrysomelidae*). Environ. Entomol., 18: 343-346.
- GUTHRIE, W.D., TSENG, C.T., RUSSELL, W.A., COATS, J.R., ROBBINS J.C., TOLLEFSON J.J. (1986): DIMBOA Content at Seven Stages of Plant Development in a Maize Synthetic Cultivar. J. Kansas Entomol. Soc., 59: 356-360.
- HALVAKSZ B.-NÉ (2004): Mesterfogások a kukoricatermesztésben a kukoricabogár lárvák ellen. Gyakorlati Agrofórum Extra 8., 50-51.
- HAMMACK, L., ELLSBURY, M.M., ROEHRDANZ, R.L. PIKUL, J.L. JR. (2003): Larval sampling and instar determination in field population of northern and western corn rootworm (*Coleoptera: Chrysomelidae*). J. Econ. Entomol., 96: 1153- 1159.

- HATALÁNÉ ZS.I. és RIPKA G. (2001a): Integrált védekezés az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera*) ellen. AGROINFORM Kiadó és Nyomda, Budapest.
- HATALÁNÉ ZS.I. és RIPKA G. (2001b): A kukoricabogár biológiája és életsiklusa. Gyakorlati Agroforum, 12. (5): 7-8.
- HATVANI A. és HORVÁTH Z. (2002): A kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) kártétele Észak-Bácska napraforgó állományában. Növényvédelem, 38: 513-517.
- HAYS, S.B. and MORGAN, L.W. (1965): Observations on the biology of the southern corn rootworm and insecticidal tests for its control in Georgia. J. Econ. Entomol., 58: 637-642.
- HEIN, G.L. and TOLLEFSON, J.J. (1985): Use of the Pherocon AM trap as a scouting tool for predicting damage by corn rootworm (*Coleoptera: Chrysomelidae*) larvae. J. Econ. Entomol., 78: 200-203.
- HEIN, G.L., TOLLEFSON, J.J., FOSTER, R.E. (1988): Adult northern and western corn rootworm *Coleoptera: Chrysomelidae* population dynamics and oviposition. J. Kansas Entomol. Soc. 61: 214–223.
- HESLER, L.S. and SUTTER, G.R. (1993): Effect of trap color, volatile attractants, type of toxic bait dispenser on captures of adult corn rootworm beetles (*Coleoptera: Chrysomelidae*). Environ. Entomol., 22: 743-750.
- HIBBARD, B.E., DARRAH, L.L., BARRY, B.D. (1999): Combining ability of resistance leads and identification of a new resistance source for western corn rootworm (*Coleoptera: Chrysomelidae*) larvae in corn. Maydica, 44: 133-139.
- HIBBARD, B.E., DURAN, D.P., ELLERSIECK, M.R., ELLSBURY, M.M. (2003): Post-establishment movement of western corn rootworm larvae (*Coleoptera: Chrysomelidae*) in Central Missouri corn. J. Econ. Entomol., 96: 599-608.
- HILBECK, A., BAUMGARTNER, M., FRIED, P.M., BIGLER, F. (1998): Effects of transgenic *Bacillus thuringiensis* corn-fedprey on mortality and development time of immature *Chrysoperla carnea* (*Neuroptera: Chrysopidae*). Environ. Entomol., 27: 480-487
- HILL, R.E. and MAYO, Z.B. (1974): Trap-corn to control corn rootworm. J. Econ. Entomol., 67: 748–750.

- HILL, R.E. and MAYO, Z.B. (1980): Distribution and abundance of corn rootworm species as influenced by topography and crop rotation in eastern Nebraska. *Environ. Entomol.*, 9: 122-127.
- HILLS, T.M. and PETERS, D.C. (1971): A method of evaluating postplanting insecticide treatments for control of western corn rootworm larvae. *J. Econ. Entomol.*, 64: 764-765.
- IVEZIĆ, M., I. MAJIĆ, E. RASPUDIĆ, M. BRMEŽ, B. PRAKATUR (2006a): Značaj kukuruzne zlatice u ponovljenom uzgoju kukuruza (The importance of western corn rootworm in continuous maize) *Poljoprivreda. Agri. Sci.*, 12: 35-40.
- IVEZIĆ, M., TOLLEFSON, J.J., RASPUDIC, E., BRKIC, I., BRMEZ, M., HIBBARD, B.E. (2006b): Evaluation of corn hybrids for tolerance to corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) larval feeding. *Cereal Res. Comm.*, 34. 2-3: 1101–1107.
- JACKSON, J.J. and ELLIOTT, N.C. (1988): Temperature-dependent development of immature stages of the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera, Chrysomelidae). *Environ. Entomol.*, 17: 166-171.
- JERMY T. (1977): A környezet tényezői. pp. 11-37: SÁRINGER GY. (szerk.), *Ökológia. Agrártudományi Egyetem, Keszthely.*
- JOHNSON, T.B. and TURPIN, F.T. (1985): Northern and western corn rootworm *Coleoptera: Chrysomelidae* oviposition in corn as influenced by foxtail populations and tillage systems. *J. Econ. Entomol.*, 78: 57–60.
- JONES, G.D. and COPPEREDGE, J.R. (2000): Forigang resources of adult mexican corn rootworm (*Coleoptera: Chrysomelidae*) in Bell County, Texas. *J. Econ. Entomol.*, 93: 636-643.
- KAHLER, A.L., OLNES, A.E., SUTTER, G.R., DYBING, C.D. DEVINE, O.J. (1985): Root damage by western corn rootworm and nutrient content in maize. *Agron. J.*, 77: 769-774.
- KARR, L.L. and TOLLEFSON, J.J. (1987): Durability of the Pherocon AM trap for adult western and northern corn rootworm (*Coleoptera: Chrysomelidae*) sampling. *J. Econ. Entomol.*, 80: 891-896.
- KIRK, V.M., CALKINS, C.O., POST F.J. (1968): Oviposition Preferences of Western Corn Rootworms for Various Soil Surface Conditions (*Diabrotica virgifera virgifera*). *J. Econ. Entomol.*, 61: 1322-1324.

- KISS J. és EDWARDS, R.C. (2001): A kukoricabogár európai elterjedése. Gyakorlati Agrofórum, 12. (5): 2-3.
- KISS J., HATALÁNÉ ZS.I., VÖRÖS G., RIPKA G. (2001a): A kukoricabogár elleni védekezés lehetőségei. Gyakorlati Agrofórum, 12. (5): 10-13.
- KISS J., EDWARDS, C.R., ALLARA, M., SIVCEV, I., IGRC-BARČIĆ, J., FESTIĆ, H., IVANOVA, I., PRINCZINGER, G., SIVICEK, P., ROSCA, I. (2001b): A 2001 update on the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, in Europe. Proceedings book of the XXI IWGO Conference and VIII Diabrotica Subgroup Meeting, October 27<sup>th</sup> – November 3<sup>rd</sup> 2001., pp. 83-87.
- KISS J., EDWARDS, C.R., BERGER, H.K., CATE, P., CEAN, M., CHEEK, J.D., FESTIC, H., FURLAN, L., IGRC-BARCIC, J., IVANOVA, I., LAMMERS, W., OMELYUTA, V., PRINCZINGER, G., REYNAUD, P., SIVCEV, I., SIVICEK, P., UREK, G. VAHALA, O. (2005): Monitoring of western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) in Europe 1992-2003. pp. 29-39. In: Vidal, S., Kuhlman, U. and Edwards, C.R. (eds): Western Corn Rootworm Ecology and Management. CABI Publishing
- KLUN, J.A. and BRINDLEY. T.A. (1966): Role of 6 methoxybenzoxazolinone in inbred resistance of host plant (maize) to first-brood larvae of European corn borer. J. Econ. Entomol., 59: 711-718.
- KLUN, J.A. and ROBINSON, J.F. (1969): Concentration of two 1,4-benzoxazinones in dent corn at various stages of development of the plant and its relation to resistance of the host plant to the European corn borer. J. Econ. Entomol., 62: 214-217.
- KOMÁROMI J., EDWARDS, C.R., KISS J. (2000): Comparison of absolute and relative sampling methods for WCR in Bácska region. IWGO Newsletter, XXI: 10-11.
- KRYSAN, J.L. (1982): Diapause in the Nearctic species of the *virgifera* group of *Diabrotica*: evidence for tropical origin and temperate adaptation. Ann. Entomol. Soc. Am., 75: 136–142.
- KRYSAN, J.L. (1986): Introduction: biology, distribution, and identification of pest *Diabrotica*. pp. 1-24 In: KRYSAN, J.L., MILLER, T.A. (eds.), Methods for the Study of Pest *Diabrotica*. Springer- Verlag, New York.

- KRYSAN, J.L. and SMITH, R.F. (1987): Systematics of the *virgifera* species group of *Diabrotica* (Coleoptera: Chrysomelidae: Galeruciane). Entomography, 5: 375-484.
- KRYSAN, J.L., BRANSON, T.F., CASTRO, G.D. (1977): Diapause in *Diabrotica virgifera* Coleoptera: Chrysomelidae: a comparison of eggs from temperate and subtropical climates. Entomol. Exp. Appl., 22: 81–89.
- KRYSAN, J.L., JACKSON, J.J., LEW, A.C. (1984): Field termination of egg diapause in *Diabrotica* with new evidence of extended diapause in *D. barberi* (Coleoptera, Chrysomelidae). Environ. Entomol., 13: 1237-1240.
- KRYSAN, J.L., SMITH, R.F., BRANSON, T.F., GUSS, P.L. (1980): A new subspecies of *Diabrotica virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae): description, distribution, and sexual compatibility. Annals Entomol. Soc. Am., 82: 574-581.
- KRYSAN, J.L., FOSTER, D.E., BRANSON, T.F., OSTLIE K.R., CRANSHAW, W.S (1986): Two years before the hatch: rootworms adapt to crop rotation. Bull. Entomol. Soc. Am., 32: 250-253.
- KUHAR, T.P., and YOUNGMAN, R.R. (1995): Sex ratio and sexual dimorphism in western corn rootworm adults (Coleoptera: Chrysomelidae) on yellow sticky traps in corn. Environ. Entomol., 24: 1408-1413.
- KUHAR, T.P. and YOUNGMAN, R.R. (1998): Olson yellow sticky trap: Decision-making tool for sampling western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) adults in field corn. J. Econ. Entomol., 91: 957-963.
- KUHLMAN, D.E. (1970): Bionomics of *Diabrotica longicornis* (Say) and *Diabrotica virgifera* Le Conte (Coleoptera: Chrysomelidae). Ph.D. Thesis. University of Illinois, Urbana.
- KUHLMAN, D.E., HOWE, W.L., LUCKMANN, W.H. (1970): Development of immature stages of the western corn rootworm at varied temperatures. Proc. North Central Branch Entomol. Soc. Am., 25: 93-95.
- LAUBER É., POLGÁR A.L., DARVAS B. (2006): A MON 810-es kukorica pollene és a védett lepkék. ONYN „Mezőgazdasági géntechnológia – elsőgenerációs GM-növények”, Budapest, 2006. 11. 22. pp. 30-32.
- LECONTE, J.L. (1868): New *Coleoptera* collected on the survey for the extension of the Union Pacific Railroad, E.D. from Kansas to Fort Craig, New Mexico. Trans. Am. Entomol. Soc., 2: 49-59.

- LEE, R.E. JR. (1989): Insect cold-hardiness: to freeze or not to freeze. *Bioscience*, 39: 308–312.
- LEVINE, E. and GRAY, M. (1996): First year corn rootworm injury: east central Illinois research progress to date and recommendations for 1996, pp. 3-13. In: 1996 Proceedings Illinois Agricultural Pesticides Conference, Cooperative Extension Service, University of Illinois at Urbana-Champaign. 8-9. January, 1996.
- LEVINE, E. and OLOUMI-SADEGHI, H. (1996): Western corn rootworm (*Coleoptera: Chrysomelidae*) larval injury to corn grown for seed production following soybeans grown for seed production. *J. Econ. Entomol.*, 89: 1010-1016.
- LEVINE, E., OLOUMI-SADEGHI, H., FISHER, J.R. (1992): Discovery of multiyear diapause in Illinois and South Dakota northern corn rootworm (*Coleoptera, Chrysomelidae*) eggs and incidence of the prolonged diapause trait in Illinois. *J. Econ. Entomol.*, 85: 262-267.
- LEVINE, E., SPENCER, J.L., ISARD, S.A., ONSTAD, D.W. GRAY, M.E. (2002): Adaptation of the western corn rootworm to crop rotation: Evolution of a new strain in response to a management practice. *Am. Entomol.*, 48: 94-107.
- LINDQUIST, E.E, and HUNTER, P.E. (1965): Some mites of the genus *Proctolaelaps berlese* (*Acarina: Blattisociidae*) associated with forest insect pests. *Can. Entomol.*, 97: 15–32.
- LONG B. J., DUNN G. M., ROUTLEY, D. G. (1974): Rapid procedure for estimating cyclic hydroxamate (DIMBOA) concentration in maize. *Crop Sci.*, 14: 601-603.
- LOSEY, J.E., RAYOR, L.S., CARTER, M.E. (1999): Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature* 399: 214.
- LUCKMANN, W.H., CHIANG, H.C., ORTMAN, E.E., NICHOLS, M.P. (1974): Bibliography of the northern corn rootworm, *Diabrotica longicornis* (Say), and the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera* LeConte (*Coleoptera: Chrysomelidae*). *Biological Notes*, 90: 15. [BN90]
- LUCKMANN, W.H., SHAW J.T., KUHLMAN D.E., RANDELL R., LESAR, C.D. (1975): Corn rootworm pest management in canning sweet corn. *Circular*, 54: 10. [C54]
- LUDWIG, K.A. and HILL, R.E. (1975): Comparison of gut contents of adult western and northern corn rootworms in northeast Nebraska. *Environ. Entomol.*, 4: 435-438.

- MACDONALD, P.J. and ELLIS, C.R. (1990): Survival time of unfed, first-instar western corn rootworm (*Coleoptera: Chrysomelidae*) and the effects of soil type, moisture, and compaction on their mobility in soil. *Environ. Entomol.*, 19: 666-671.
- MANUWOTO, S. and SCRIBER, J.M. (1985a): Neonate larval survival of European corn borers, *Ostrinia nubilalis*, on high and low dimboa genotypes of maize: Effects of light intensity and degree of insect inbreeding. *Agric. Ecosys. Environ.*, 14. (3-4): 221-236.
- MANUWOTO, S. and SCRIBER, J.M. (1985b): Differential effects of nitrogen fertilization of three corn genotypes on biomass and nitrogen utilization by the southern armyworm, *Spodoptera eridania*. *Agric. Ecosys. Environ.*, 14. (3-4): 25-40.
- MAYO, Z.B. (1986): Field evaluation of insecticides for control of larvae of corn rootworms. pp. 183-203. In: KRYSAN, J. and MILLER, T. (eds): *Methods for the Study of Pest Diabrotica*. Springerl-Verlag, New York.
- MCGRAW, J.R. and FARRIER, M.H. (1969): Mites of the superfamily *Parasitoidea* (*Acrina: Mesostigmata*) associated with *Dendroctonus* and *Ips* (*Coleoptera: Scolytidae*). *North Carolina Agric. Exp. Stat. Technic. Bull.*, 192: 1-162.
- MENDOZA, C.E. and PETERS, D.C. (1964): Species differentiation among mature larvae of *Diabrotica undecimpunctata howardi*, *D. virgifera*, and *D. longicornis*. *J. Kansas Entomol. Soc.*, 37: 123-125.
- METCALF, R.J. (1983): Implications and prognosis of resistance to insecticides. pp. 703-733. In: GEORGHIU, G.P. and SAITO T. (eds.) *Pest Resistance to Pesticides*. John Wiley and Sons, New York.
- METCALF, R.L. (1986): Foreword. pp. 1-23. In: KRYSAN J. and MILLER, T. (eds.): *Methods for the Study of Pest Diabrotica*. Springerl-Verlag, New York.
- METCALF, R.L. (1994): Chemical ecology of *Diabroticites*. pp. 153-169. In: P.H. JOLIVET, M.L. COX and E. PETITPIERRE (eds.): *Novel aspects of the biology of Chrysomelidae*. Kluwer Academic Publishers, The Hague, The Netherlands.
- METCALF, R.L., LAMPMAN, R.L., LEWIS, P.A. (1998): Comparative kairomonal chemical ecology of *Diabroticite beetles* (*Coleoptera: Chrysomelidae: Galerucinae: Luperini: Diabroticina*) in a reconstituted tallgrass prairie ecosystem. *J. Econ. Ent.*, 91: 881-890.

- MILLER, N., ESTOUP, A., TOEPFER, S., BOURGUET, D., LAPCHIN, L., DERRIDJ, S., KIM, K. S., REYNAUD, P., FURLAN, L., GUILLEMAUD, T. (2005): Multiple transatlantic introductions of the western corn rootworm. *Science*, 310: 992
- MINEIRO, J.L.C., RAGA, A., SATO, M.E., LOFEGO, A.C. (2009): Mites associated with coffee plants (*Coffea* spp.) in the state of São Paulo, Brazil. Part I. *Mesostigmata*. *Biota Neotropica*, 9. (1): (<http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032009000100005>)
- MOESER J. (2003): Nutritional ecology of the invasive maize pest *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte in Europe. Ph.D. dissertation, Georg-August Universität, Göttingen, Deutschland
- MOESER, J. and VIDAL, S. (2001): Alternative food resources for adult *Diabrotica virgifera virgifera* in Southern Hungary. VIII: Diabrotica Subgroup Meeting. Proceedings Book, Padova, 27. October- 3. November 2001., pp. 19-24.
- MOESER, J. and VIDAL, S. (2004): Do alternative hosts enhance the invasion of the maize pest *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleopter: Chrysomelidae, Galerucinae) in Europe? *Environ. Entomol.*, 33: 1169-1178.
- MOESER, J. and HIBBARD, B.E. (2005): A synopsis of the Nutritional Ecology of larvae and adults of *Diabrotica virgifera virgifera* (LeConte) in the new and old world-Nouvelle cuisine for the invasive maize pest *Diabrotica virgifera virgifera* in Europe? pp. 41-65. In: VIDAL, S., KUHLMANN, U., EDWARDS, C.R. (eds.), *Western corn rootworm ecology and management*. CABI, Cambridge, MA.
- MOSER, J.C. (1975): Mite predators of the southern pine beetle. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 68: 1113–1116.
- MOSER, J.C., WILKINSON, R.C., CLARK, E.W. (1974): Mites associated with *Dendronctonus frontalis* Zimmerman (Scolytidae: Coleoptera) in Central America and Mexico. *Turrialba*, 24: 379–381.
- MUSICK, G.L. and FAIRCHILD, M.L. (1971): Field studies on rate of hatch of western corn rootworm eggs in Missouri during 1965-68. *J. Econ. Entomol.*, 64: 9-11.
- NARANJO, S.E. (1991): Movement of corn rootworm beetles, *Diabrotica* spp. (Coleoptera, Chrysomelidae), at cornfield boundaries in relation to sex, reproductive status, and crop phenology. *Environ. Entomol.*, 20: 230-240.



- NARANJO, S.E. and SAWYER, A.J. (1987): Reproductive biology and survival of *Diabrotica barberi* (Coleoptera, Chrysomelidae): Effect of temperature, food, and seasonal time of emergence. Ann. Entomol. Soc. Am., 80: 841-848.
- NÁDOR G., FÉNYES D., SUREK GY., VASAS L. (2009): Kukoricabogár lárvakártétel távérzékeléses kimutatása. XIX. Keszthelyi Növényvédelmi Fórum, 2009 febr. 4-6., pp. 119.
- NÉMETH T. és NÁDASY M. (2008): A kukoricabogár múltja, jelene és jövője Magyarországon. XIV. Ifjúsági Tudományos Fórum, Keszthely, 2008. április 3.,
- NÉMETH T. és NÁDASY M. (2010): A téli hideg hatása az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) tojás mortalitására. XX. Keszthelyi Növényvédelmi Fórum, Keszthely, 2010 január 27-29., pp. 124.
- NÉMETH T., TAKÁCS J., NÁDASY M. (2006): Módszerfejlesztés az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1868) téli előrejelzéséhez, és annak alkalmazása a precíziós mezőgazdaságban. 52. Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest, 2006. február 23-24. pp. 15.
- NÉMETH T., NÁDASY M., TAKÁCS J. (2009a): Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1868) téli előrejelzéséhez, és annak felhasználhatósága a precíziós mezőgazdaságban. Növényvédelem, 45. (2): 69-72.
- NÉMETH T., NÁDASY M., TAKÁCS J. (2009b): Nagyszámú kukoricabogár tojást tartalmazó talaj létrehozása, növényházi és laboratóriumi kísérletekhez. Növényvédelem, 45 (2): 91-93.
- NÉMETH T., NÁDASY M., TAKÁCS J. (2009c): Mesterségesen megnövelt kukoricabogár tojásterheltségű talaj előállítása, növényházi és laboratóriumi kísérletekhez. 55. Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest, 2009. február 23-24., pp. 11.
- NÉMETH T., MAKLEIT P., NÁDASY M. (2010a): Relation between western corn rootworm tolerance and cyclic hydroxamic acid content of maize roots. Növénytermelés, Vol. 59.: 125-128.
- NÉMETH T., NÁDASY M., SZERECZ A. (2010b): Hideg kezelések hatása az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) tojás kori mortalitására. Növényvédelem, 46 (4): 155-160.
- NÉMETH T., NÁDASY M., FÁBIÁN L., HAVANCSÁK A. (2009d): Csávázó szerek és talaj fertőtlenítő anyagok kukoricabogár lárvák elleni hatékonyságának

- vizsgálata, 2007-ben és 2008-ban. XIX. Keszthelyi Növényvédelmi Fórum, Keszthely, 2009 február 4-6., pp. 124.
- NÉMETH T., NÁDASY, M, MARCZALI, ZS. TAKÁCS J. (2009d): Making soil containing numerous eggs of WCR for greenhouse and laboratory experiments. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 74. (2): 309-312.
- NÉMETH T., NÁDASY M., MARCZALI ZS., SIMON F., TAKÁCS J. (2007): A kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1868) téli előrejelzése GPS technológia segítségével. INTEGRÁLT TERMESZTÉS a kertészeti és szántóföldi kultúrákban XXVIII., Budapest, pp. 39-43.
- NIEMEYER, H.M. (1988): Hydroxamic acids (4-hydroxy-1,4-benzoxazin-3-ones), defence chemicals in *Gramineae*. *Phytochemistry*, 27: 3349-3358.
- NOWATZKI, T.M. (2001): Improvements in management of corn rootworms (*Coleoptera: Chrysomelidae*). Ph.D. dissertation, Iowa State University, Ames, IA.
- NOWATZKI, T.M., TOLLEFSON, J.J., CALVIN, D.D. (2002): Development and validation of models for predicting the seasonal emergence of corn rootworm beetles (*Coleoptera: Chrysomelidae*) in Iowa. *Environ. Entomol.*, 31: 864-873.
- OLESON, J.D. and TOLLEFSON, J.J. (2000): A new Iowa scale for rating corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) larval injury. IWGO Abstracts. 7th International IWGO- Workshop, Stuttgart, 16-17. November 2000., pp. 9.
- OLESON, J.D., PARK, Y., NOWATZKI, T.M., TOLLEFSON, J.J. (2005): Node-injury scale to evaluate corn rootworm injury by corn rootworms (*Coleoptera: Chrysomelidae*). *J. Econ. Entomol.*, 98: 1-8.
- ONSTAD, D.W., GUSE, C.A., SPENCER, J.L., LEVINE, E., GRAY, M. (2001): Modeling the adaptation to transgenic corn by western corn rootworm (*Coleoptera: Chrysomelidae*). *J. Econ. Entomol.*, 94: 529-540.
- ONSTAD, D.W., CROWDER, D.W., MITCHELL, P.D., GUSE, C.A., SPENCER, J.L., LEVINE, E. GRAY, M.E. (2003): Economics versus alleles: balancing IPM and IRM for rotationresistant western corn rootworm (*Coleoptera: Chrysomelidae*). *J. Econ. Entomol.*, 96: 1872-1885.
- ONSTAD, D.W., JOSELYN, M.G., ISARD, S.A., LEVINE, E., SPENCER, J.L., BLEDSOE, L.W, EDWARDS, C.R., DI FONZO, C.D., WILLSON, H. (1999):

- Modeling the spread of western corn rootworm (*Coleoptera: Chrysomelidae*) populations adapting to soybean-corn rotation. *Environ. Entomol.*, 28: 188-194.
- OWENS, J.C., PETERS, D.C., HALLAUER, A.R. (1974): Corn rootworm tolerance in maize. *Environ. Entomol.*, 3: 767-772.
- OYEDIRAN, I.O., HIBBARD, B.E., CLARK, T.L. (2004): Prairie grasses as hosts of the western corn rootworm (*Coleoptera: Chrysomelidae*). *Environ. Entomol.*, 33: 740-747.
- PALMER, D.F., FRENCH, L.K., CHIANG, H.C. (1977): Effects of chill temperatures on developing western corn rootworm eggs. *Environ. Entomol.*, 6: 862-864.
- PATEL, K.K. and APPLE, J.W. (1967): Ecological studies on eggs of the northern corn rootworm. *J. Econ. Entomol.*, 60: 496-500.
- PÁSZTOR T. és JASINKA A. (2006): A védzáradék és a koegzisztencia szabályozás közösségi és nemzeti jogi környezete. Országgyűlési Nyílt Napok, 2006 november 22. pp.60-62.
- PETTY, H.B., KUHLMAN, D.E., SECHRIEST, R.E. (1968): Corn yield losses correlated with rootworm larval populations. *Entomol. Soc. Amer. N. Cent. Br. Proc.* 24, 141-142.
- POWER, J. F. and FOLLETT, R.F. (1987): Monoculture. *Sci. Am.* 256: 78-86
- PRINCZINGER G. (1996): Monitoring of western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) in Hungary 1995. *IWGO Newsletter XVI* 1. pp. 7-11.
- PRINCZINGER G. és RIPKA G. (2001): A kukoricabogár hazai elterjedése. *Gyakorlati Agrofórum*, 12. (5): 4-7.
- PRUESS, K.P., WEEKMAN, G.T., SOMERHALDER, B.R. (1968): Western corn rootworm egg distribution and adult emergence under two corn tillage systems. *J. Econ. Entomol.*, 61: 1424-1427.
- QUIRING, D.T. and TIMMINS, P.R. (1990): Influence of reproductive ecology on feasibility of mass trapping *Diabrotica virgifera virgifera* (*Coleoptera: Chrysomelidae*). *J. Appl. Ecol.*, 27: 965-982.
- RICE, M.E. (2004). Transgenic rootworm corn: Assessing potential agronomic, economic, and environmental benefits. *Plant Health Progress*, Progress doi: 10.1094/php-2004-0301-01-RV. Online publikálva: <http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/review/2004/rootworm/>
- RIEDEL, W.E. (1990): Rootworm and mechanical damage in maize: Greenhouse technique and plant response. *Crop Sci.*, 30: 628-631.

- RIEDEL, W.E. and EVENSON, P.D. (1993): Rootworm feeding tolerance in single-cross maize hybrids from different eras. *Crop Sci.*, 33: 951-955.
- RIPKA G., HATALÁNÉ ZS.I., KISS J. (2000): Hol tart ma az amerikai kukoricabogár Európában? *Gyakorlati Agrofórum*, 11. (3): 106-108.
- RIPKA G., KISS J., HATALÁNÉ ZS.I. (2001): A kukoricabogár felderítése, előrejelzése, a védekezési döntés. *Gyakorlati Agrofórum* 12. (5): 9.
- ROBINSON, J.F., KLUN, J.A., BRINDLEY, T.A. (1978): A nonpreference mechanism of leaf feeding resistance and its relationship to 1,4-benzoxazin-3-one concentration in dent com tissue. *J. Econ. Entomol.*, 71: 461-465.
- ROMEIS, J., DUTTON, A., BIGLER, F. (2004): *Bacillus thuringiensis* toxin (Cry1Ab) has no direct effect on larvae of the green lacewing *Chrysoperla carnea* (Stephens) (*Neuroptera: Chrysopidae*). *J. Ins. Physiol.*, 50. (2-3): 175-183.
- SABA, F. (1970): Host plant spectrum and temperature limitations of *Diabrotica balteata*. *Can. Entomol.* 102: 684-691.
- SAMMONS A.E., EDWARDS C.R., BLEDSOE, L.W., BOEVE, P.J., STUART, J.J. (1997): Behavioral and feeding assays reveal a western corn rootworm (*Coleoptera: Chrysomelidae*) variant that is attracted to soybean. *Environ. Entomol.*, 26: 1336-1342.
- SEARS, M.K., HELLMICH, R.L., STANLEY-HORN, D.E., OBERHAUSER, K.S., PLEASANTS, J.M., MATTILA, H.R., SIEGFRIEDI, B.D., DIVELY, G.P. (2001): Impact of *Bt* corn pollen on monarch butterfly populations: A risk assessment. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 98. (21): 11937-11942.
- SHORT, D.E. and HILL. R.E. (1972): Adult emergence, ovarian development, and oviposition sequence of the western corn rootworm in Nebraska. *J. Econ. Entomol.*, 65: 685-689.
- SIVCEV I. and TOMASEV I. (2002): Distribution of *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte in Serbia in 1998. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* 37: 145-153.
- SIVCEV, I., MANOJLOVIC, M., BAČA, F., SEKULIC, R., CAMPRAG, D., KERESI, T. (1996): Occurrence of *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte in Yugoslavia in 1995. *IWGO News Letter XVI*: 20–25.
- SMITH, R.F. (1966): Distributional patterns of selected western north American insects: The distribution of *Diabroticities* in western north America. *Bull. Entomol. Soc. Am.*, 12: 108-110.

- SPENCER, J.L., ISARD, S.A., LEVINE, E. (1999): Free flight of western corn rootworm (*Coleoptera: Chrysomelidae*) to corn and soybean plants in a walk-in wind tunnel. J. Econ. Entomol., 92: 146-155.
- SPIKE, B.P. and TOLLEFSON, J.J. (1990): Relationship of root ratings, root size, and root regrowth to yield of corn injured by western corn rootworm (*Coleoptera, Chrysomelidae*). J. Econ. Entomol., 82: 1760-1763.
- SPIKE, B.P. and TOLLEFSON, J.J. (1991): Yield response of corn subjected to western corn rootworm (*Coleoptera, Chrysomelidae*) infestation and lodging. J. Econ. Entomol., 84: 1585-1590.
- STAMM, D.E., MAYO, Z.B., CAMPBELL, J.B., WITKOWSKI, J.F., ANDERSEN, L.W., KOZUB, R. (1985): Western corn rootworm (*Coleoptera, Chrysomelidae*) beetle counts as a means of making larval control recommendations in Nebraska. J. Econ. Entomol., 78: 794-798.
- STEFFEY, K.L., GRAY, M.E., KUHLMAN, D.E. (1992): Extent of Corn Rootworm (*Coleoptera: Chrysomelidae*) Larval Damage in Corn After Soybeans: Search for the Expression of the Prolonged Diapause Trait in Illinois. J. Econ. Entomol., 85: 268-275.
- STRACHAN, S.D. and KAPLAN S.L. (2001): Responses of High-Oil and Hybrid Corn to Rootworm Beetles during Pollination. Agron. J., 93: 1043-1048.
- STRNAD, S.P. and BERGMAN, M.K. (1987): Movement of first instar Western Corn Rootworms (*Coleoptera: Chrysomelidae*) in Soil. Environ. Entomol., 16: 975–978.
- SUTTER, G.R., FISHER, J.R., ELLIOTT, N.C., BRANSON, T.F. (1990): Effect of insecticide treatments on root lodging and yields of maize in controlled infestations of western corn rootworms (*Coleoptera, Chrysomelidae*). J. Econ. Entomol., 83: 2414-2420.
- SUTTER, G.R., BRANSON, T.F., FISHER, J.R., ELLIOTT, N.C. (1991): Effect of insecticides on survival, development, fecundity, and sex ratio in controlled infestations of western corn rootworm (*Coleoptera, Chrysomelidae*). J. Econ. Entomol., 84: 1905-1912.
- SZEMÁN A. és TAKÁCS A. (2004): Az amerikai kukoricabogár elleni védekezés stratégiáinak végiggondolása és kidolgozása. Gyakorlati Agrofórum Extra 8.: 47-49.

- SZEŐKE K., TÓTH B., VASAS L., VÖRÖS G. (2004): Kockázatos-e a kukorica monokultúrás termesztése 2005-ben? Gyakorlati Agrofórum, 15. (10): 42-45.
- SZÉLL E., ZSELLÉR I., RIPKA G., KISS J., PRINCZINGER G. (2005): Strategies for controlling Western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera*). Acta Agron. Hung. 53: 71-79.
- TABASHNIK, B.E. (1994): Evolution of resistance to *Bacillus thuringiensis*. Annu. Rev. Entomol. 39: 47-79.
- TAKÁCS J. (2009): Az amerikai kukoricabogár várható kártételének előrejelzése, és a rovar ellen használható alternatív védekezési módok. Doktori (Ph.D.) értekezés, Pannon Egyetem, Keszthely
- TAKÁCS J., BALOGH P., NÁDASY M. (2004): A kukoricabogár tojákszámának gyors meghatározása talajból. 9. Tiszántúli Növényvédelmi Fórum, Debrecen, 2004 október 20-21., pp. 277-281.
- TAKÁCS J., BALOGH P., NÁDASY M. (2005): Quick scouting of eggs of western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1868) from soil. Commun. Agric. Appl. Biol. Sci., 70. (4): 693-697.
- TAKÁCS J., NÁDASY M., NÉMETH T. (2007): Módszertani vizsgálatok az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1868) téli felvételezéséhez. 53. Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest, 2007. február 20-21. pp. 5.
- TAUBER, M.J. and TAUBER, C.A. (1976): Insect seasonality: diapause maintenance, termination, and postdiapause development. Annu. Rev. Entomol., 21: 81-107.
- TOEPFER, S. and KUHLMANN, U. (2005): Natural mortality factors acting on western corn rootworm populations: a comparison between United States and Central Europe. pp. 95-120. In: Vidal, S., Kuhlmann, U., Edwards C.R. (eds.), Western corn rootworm ecology and management. CABI, Cambridge, MA.
- TOEPFER, S., LEVAY, N., KISS J. (2006): Adult movements of newly introduced alien *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae) from non-host habitats. Bull. Entomol. Res., 96: 327-335.
- TÓTH M. és NAGY B. (1995): Amerikából jöttem...A kukoricabogár. Élet és Tudomány, 8: 227-229.
- TÓTH B., VASAS L., SZEŐKE K., KURUCZ A., VÖRÖS G. (2007): Hogyan tetszett az amerikai kukoricabogárnak az idejé aszályos év? Gyakorlati Agrofórum, 18. (11): 52-60.

- TÓTH M., TÓTH V., UJVÁRY I., SIVCEV, I., MANOJLOVIC, B., ILOVAI Z. (1996): Szexferomonnal bogarak ellen is? Az első hazai bogár szexferomon csapda kifejlesztése az amerikai kukoricabogárra (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte). Növényvédelem, 32: 447-452.
- TÓTH M., SIVCEV, I., UJVÁRY I., TOMASEK I., IMREI Z., HORVÁTH P., SZARUKÁN I. (2003): Development of Trapping Tools for Detection and Monitoring of *Diabrotica v. virgifera* in Europe. Acta Phytopat. Ent. Hung., 38: 307-322.
- TREEBY M., MARSCHNER H., RÖMHELD V. (1989): Mobilisation of iron and other micronutrient cations from a calcareous soil by plant borne, microbial and synthetic chelators. Plant and Soil, 114: 217-226.
- TURPIN, F.T., DUMENIL L.C., PERERS, D.C. (1972): Edafic and agronomic characters that effect potential for rootworm damage to corn in Iowa. J. Econ. Entomol., 65: 1615-1619.
- TUSKA T., KISS J., EDWARDS, C.R., SZABÓ Z., ONDRUSZ I., MISKUCZA P. GARAI A. (2002): Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) imágó veszélyességi küszöbértékének (biberágás) meghatározása vetőmag-kukoricában. Növényvédelem, 38: 505-511.
- TUSKA T., KISS J., EDWARDS, C.R., SZABÓ Z., ONDRUSZ I., MISKUCZA P., GARAI A. (2003): Establishing economic thresholds for silk feeding by Western Corn Rootworm adults in seed and commercial corn. International Symposium on the Ecology and Management of Western Corn Rootworm. Göttingen, Germany, 19-23. January 2003., pp. 25.
- UNGER J.G und BAUFELD P. (2004): Die Ausbreitung des Westlichen Maiswurzelbohrers. Mais, 2: 40–43.
- VÖRÖS G. (2004): Az árukukorica kártevői elleni védekezés. Gyakorlati Agrofórum Extra 5., 43-46.
- VÖRÖS G. (2009): Szóbeli közlés, Mohács, A közlés lényege: Megfigyeléseink szerint a lárva imágóvá fejlődéséhez szükséges idő lerövidült.
- WEISS, M.J. and MAYO, Z.B. (1983): Potential of corn rootworm (*Coleoptera: Chrysomelidae*) larval counts to estimate larval populations to make control decisions. J. Econ. Entomol., 76: 158–161.

- WEISS, M.J., MAYO, Z.B., NEWTON, J.P. (1983): Influence of irrigation practices on the spatial distribution of rootworm *Coleoptera: Chrysomelidae* eggs in the soil. *Environ. Entomol.*, 12: 1293–1295.
- WEISS, M.J., SEEWERS, K.P., MAYO, Z.B. (1985): Influence of WCR larval densities and damage on corn rootworm survival, development time, size and sex ratio (*Coleoptera Chrysomelidae*). *J. Kansas Entomol. Soc.*, 58: 397-402.
- WESTERBOER, I. (1963): Die Familie Podocinidae. pp. 356-359. In: STAMMER, H.-J. (1963): Beiträge zur Systematik und Ökologie Mitteleuropäischer Acarina. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.-G.
- WILSON, T.A. and HIBBARD, B.E. (2004): Host suitability of nonmaize agroecosystem grasses for the western corn rootworm (*Coleoptera: Chrysomelidae*). *Environ Entomol.*, 33: 1102-1108.
- WILSON, T.A., OLESON, J.D., TOLLEFSON, J.J. (2002): Efficacy of YieldGard Rootworm and YieldGard Plus corn rootworm hybrids against western and northern corn rootworm larvae, 2001. *Arthropod Management Tests*. Vol. 27. Online. Entom. Soc. Am., Lanham, MD. <http://www.entsoc.org/Protected/AMT/AMT27/resultsgood.asp>
- WOODSON, W.D. and GUSTIN, R.D. (1993): Low temperature effects on hatch of western corn rootworm eggs *Coleoptera: Chrysomelidae*. *J. Kansas Entomol. Soc.*, 66: 104–107.
- WUDTKE A., HUMMEL H.E., ULRICH C. (2005): Der Westliche Maiswurzelbohrer *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (*Col.: Chrysomelidae*) auf dem Weg nach Deutschland. *Gesunde Pflanzen*, 57: 73–80.
- XIE, Y., ARNASON, J.T., PHILOGÉNE, B., J.R., OLECHOWSKI, H.T., HAMILTON, R.I. (1992): Variation of hydroxamic acid content in maize roots in relation to geographic origin of maize germ plasm and resistance to western com rootworm (*Coleoptera: Chrysomelidae*). *J. Econ. Entomol.*, 85: 2478-2485.



## FÜGGELÉK

1. táblázat. A foretikus atkákkal terhelt és az atkáktól mentes populációk élettartama

Ismétlés	Atkás	Mentes
	Élettartam nap	
1	46	61
2	39	59
3	40	48
Átlag	41,7	56

2. táblázat. A foretikus atkákkal terhelt és az atkáktól mentes populációk primer natalitása

Ismétlés	Atkás	Mentes
	Élettartam nap	
1	9840	3960
2	13960	11640
3	19000	18160
Átlag	14267	11253

3. táblázat. A -2 és -4°C-os kezelések során mért mortalitás százalékos értékei

Kezelés időtartama (nap)	Mortalitási %	Mortalitási %
	-2 °C	-4 °C
0	40,4	38,86
1	44,7	48,36
2	34,9	47,6
3	35,5	42,15
4	35	33,1
5	44,3	—
6	42,6	—
7	42	—
8	48,3	—
Átlag	40,9	42,0

4. táblázat. A 2008-as fészlerlaci készítmény összehasonlító vizsgálat gyökérvártétel értékelés eredményei

Készítmény	IOWA				
	1 ismétlés	2 ismétlés	3 ismétlés	4 ismétlés	Átlag
Kontroll	3,1	3,3	2,3	2,4	2,775
tiametoxam 350 g/l	2,70	2,40	2,20	2,60	2,48
klotianidin 600 g/l	2,10	2,20	2,30	2,10	2,18
teflutrin 15 g/kg	2,40	2,30	2,10	2,20	2,25
Kísérleti átlag					2,41

5. táblázat. A 2008-as fészlerlaci készítmény összehasonlító vizsgálat termésmérés eredményei

Készítmény	Ternés kg/ha				
	1 ismétlés	2 ismétlés	3 ismétlés	4 ismétlés	Átlag
Kontroll	10450	10560	10680	10670	10590
tiametoxam 350 g/l	10570	10890	10800	10720	10745
klotianidin 600 g/l	10370	10590	10590	10450	10500
teflutrin 15 g/kg	11130	11340	11080	11270	11205
Kísérleti átlag					10760

6. táblázat. A 2010-es hetesi készítmény összehasonlító vizsgálat gyökérvártétel értékelés eredményei

Készítmény	IOWA				
	1 ismétlés	2 ismétlés	3 ismétlés	4 ismétlés	Átlag
Kontroll	4,40	4,23	5,20	4,53	4,59
tiametoxam 350 g/l	3,48	4,15	4,08	5,13	4,21
klotianidin 600 g/l	3,63	4,53	2,58	4,73	3,86
teflutrin 15 g/kg	3,05	3,68	3,45	3,05	3,31
klotianidin 10 g/kg	3,00	2,30	3,33	3,88	3,13
Kísérleti átlag					3,82

7. táblázat. A 2010-es hetesi készítmény összehasonlító vizsgálat növénydőlés felvételezés eredményei

Készítmény	Dőlesi %				
	1 ismétlés	2 ismétlés	3 ismétlés	4 ismétlés	Átlag
Kontroll	21,88	16,25	28,75	80,63	36,88
tiametoxam 350 g/l	45,00	5,00	44,38	48,13	35,63
klotianidin 600 g/l	10,63	2,50	28,13	26,88	17,03
teflutrin 15 g/kg	9,38	3,75	1,25	1,88	4,06
klotianidin 10 g/kg	4,38	0,00	9,38	16,25	7,50
Kísérleti átlag					20,22

8. táblázat. A 2010-es hetesi készítmény összehasonlító vizsgálat termésmérés eredményei

Készítmény	Termés kg/ha				
	1 ismétlés	2 ismétlés	3 ismétlés	4 ismétlés	Átlag
Kontroll	6517	8301	7780	7535	7533,25
tiametoxam 350 g/l	7534	8965	8065	7963	8131,75
klotianidin 600 g/l	9317	8021	9435	5332	8026,25
teflutrin 15 g/kg	8699	7981	11408	13613	10425,25
klotianidin 10 g/kg	9853	9119	9434	9795	9550,25
Kísérleti átlag					8733,35

9. táblázat. A keszthelyi kukorica tartamkísérlet talaján végzett hibrid összehasonlító vizsgálat eredményei

keszthelyi kukorica tartamkísérlet	SUM2162	Zamora
Ismétlés	IOWA	IOWA
1	1	1,5
2	1,25	1,75
3	1	1,75
4	1,5	1,25
Átlag	1,19	1,56

10. táblázat. A zalavári kukoricatábláról származó talajon végzett hibrid összehasonlító vizsgálat eredményei

zalavári monokultúra	SUM2162	Zamora
ismétlés	IOWA	IOWA
1	1,5	1,5
2	1,5	2
3	1,25	2,5
4	1,75	2
Átlag	1,50	2,00

11. táblázat. A tojásokkal mesterségesen kezelt talajon végzett hibrid összehasonlító vizsgálat eredményei

Hibrid	„node injury” érték				
	1 ismétlés	2 ismétlés	3 ismétlés	4 ismétlés	Átlag
Zamóra	1,43	1,75	2,53	2,15	1,96
PR35P12	1,83	1,63	1,58	2,01	1,76
PR35F38	2,63	2,25	1,83	1,75	2,11
PR38R92	1,9	1,83	2,10	2,50	2,08
DKC5143	2,125	2,43	2,50	2,20	2,31
DKC3511	0,8	1,53	2,48	1,13	1,48
SUM1352	1,625	1,00	2,40	1,05	1,52
SUM2162	0,175	0,13	0,13	0,07	0,12
SUM2068	1,5	1,35	1,65	1,08	1,39
Kísérleti átlag					1,63

12. táblázat. A 2007-es batéi szabadföldi hibrid összehasonlító vizsgálat gyökérvártétel értékelésének eredményei

Hibrid	IOWA érték				
	1 ismétlés	2 ismétlés	3 ismétlés	4 ismétlés	Átlag
PR37D25	5,20	5,70	5,20	4,10	5,05
PR38A24	4,50	5,00	4,90	5,40	4,95
PR37Y12	4,70	5,20	5,50	4,70	5,03
PR37F73	5,10	5,50	5,10	4,80	5,13
PR37D79	5,60	5,70	5,60	5,60	5,63
Kísérleti átlag					5,16

13. táblázat. A 2008-as fészlerlaki szabadföldi hibrid összehasonlító gyökérvártétel értékelésének eredményei

Hibrid	IOWA érték				
	1 ismétlés	2 ismétlés	3 ismétlés	4 ismétlés	Átlag
PR38A24	2,30	2,10	1,90	2,20	2,13
PR37Y12	2,30	2,10	2,20	2,20	2,20
PR37F73	2,10	2,00	2,00	2,00	2,03
PR37D79	2,40	2,10	2,30	1,90	2,18
PR38A79	2,20	3,20	2,10	2,60	2,53
PR37N01	2,30	2,10	1,80	2,20	2,10
PR35F38	2,10	2,10	2,10	2,40	2,18
PR37D25	2,10	2,20	2,10	2,30	2,18
<b>Kísérleti átlag</b>					2,19

14. táblázat. A 2009-es fészlerlaki szabadföldi hibrid összehasonlító gyökérvártétel értékelés eredményei

Hibrid	IOWA érték				
	1 ismétlés	2 ismétlés	3 ismétlés	4 ismétlés	Átlag
PR37Y12	1,9	2,2	2	2,3	2,1
PR37F73	2,6	2,7	2,1	2,5	2,475
PR38A79	2,6	2,4	2,6	2,3	2,475
PR37N01	1,8	3,2	2,6	2,2	2,45
PR35F38	2,3	2,7	2,4	3,2	2,65
<b>Kísérleti átlag</b>					2,43

15. táblázat. A 2007-es batéi szabadföldi hibrid összehasonlító vizsgálat növénydőlés felvételezés eredményei

Hibrid	Dőlési %				
	1 ismétlés	2 ismétlés	3 ismétlés	4 ismétlés	Átlag
PR37D25	31	33	37	39	35
PR38A24	30	36	38	40	36
PR37Y12	28	35	32	33,5	32,1
PR37F73	37	45	41	35	39,5
PR37D79	45	49	38	42	43,5
<b>Kísérleti átlag</b>					37,2