

DIPLOMADOLGOZAT

Czakó Tamás

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

Növényvédelmi Intézet

Növényorvos mesterképzési szak

**AZ AMERIKAI KUKORICABOGÁR (*DIABROTICA VIRGIFERA*
VIRGIFERA LECONTE) LÁRVÁJA ELLENI INSZEKTICIDES VÉDEKEZÉSI
MÓDSZEREK VIZSGÁLATA**

Belső konzulens: Dr. Pálincás Zoltán
egyetemi docens

**Belső konzulens
intézete/tanszéke:** NVI Integrált Növényvédelmi
Tanszék

Készítette: Czakó Tamás

Szent István Campus

2024

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés, célkitűzések.....	3
2. Irodalmi áttekintés	4
2.1. A kukorica jelentősége a világon és Magyarországon	4
2.2. Az amerikai kukoricabogár rendszertani besorolása és elterjedése.....	5
2.3. Az amerikai kukoricabogár alaktani jellemzése és életsiklusa.....	6
2.4. Az amerikai kukoricabogár lárvájának és imágójának kártétele	9
2.5. Az amerikai kukoricabogár elleni integrált védekezés	11
2.6. A kukorica fontosabb kártevői által okozott mennyiségi és minőségi kár	18
3. Anyag és módszer	19
3.1. Kísérleti helyszín bemutatása	19
3.2. Időjárási viszonyok a vizsgálatok során	20
3.3. Termesztéstechnológiai és növényvédelmi lépések a kísérleti területen.....	21
3.4. Kísérlet beállítása	23
3.5. Felvételezési módszerek	24
3.5.1. A kukorica gyökérvágatételének vizsgálata	24
3.5.2. A kukorica dőlésének és szárátmérőjének vizsgálata	25
3.5.3. Betakarításkori paraméterek felvételezése.....	26
3.5.4. Statisztikai módszerek	27
4. Eredmények	28
4.1. IOWA 1-6 skála szerinti gyökérvágat elemzése	28
4.2. Kukorica növények dőlésszögének elemzése.....	29
4.3. Kukorica értékmérő tulajdonságainak elemzése	31
4.3.1. A kukoricaszár területének alakulása az inszekticidés kezelésekre hatására.....	31
4.3.2. A cső hosszának alakulása az inszekticidés kezelésekre hatására	32
4.3.3. A cső területének alakulása az inszekticidés kezelésekre hatására	33
4.3.4. A csőbenkénti szemszám alakulása az inszekticidés kezelésekre hatására	35

4.3.5. Az ezermagtömeg alakulása az inszekticides kezelések hatására.....	36
4.3.6. A termésmennyiség alakulása az inszekticides kezelések hatására	37
4.4. A kukoricaszár dőlésszöge és a termésmennyiség közötti összefüggések	39
5. Következtetések és javaslatok	41
6. Összefoglalás	44
7. Köszönetnyilvánítás	46
8. Irodalomjegyzék.....	47

1. Bevezetés, célkitűzések

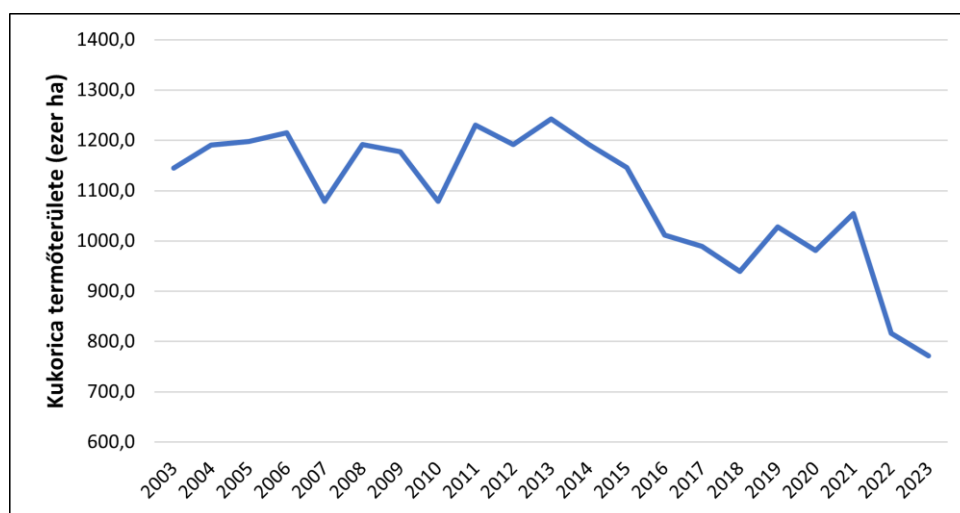
A kukorica (*Zea mays*) napjaink egyik legfontosabb szántóföldi növénye világszerte. A humán táplálkozásban, állati takarmányozásban és ipari feldolgozásban is rendkívül fontos szerepet játszik. A kukorica kártevői közül az egyik legfontosabb az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera*), mely Európában feltehetően az 1990-es évek elején megjelent faj, a 2000-es évek végére Európa összes kukoricatermesztő vidékén jelen volt és jelen van napjainkban is. A lárvák a kukorica gyökerével táplálkoznak, a gyökerek elfogyasztásával víz- és tápanyag-gazdálkodási zavarokat okoznak a növényben. Nagyobb lárvaszám esetén, a gyökérkárról mértéke is nagyobb, mely következtében a növény megdőlhet, ilyenkor alakul ki a jellegzetes „hattyúnyak” tünet (Vörös 2004). Az anyagcsere folyamatok megzavarása és a dőlés miatt gazdasági kár keletkezhet. A lárvák által okozott gyökérkárról kialakuló dőlés hatással van a növények fotoszintetikus hatékonyságára, mert a levelek állása változik, így a beérkező fény hasznosítása is megváltozik, mely a vizsgálatok szerint a termésátlagra negatív hatással van (Sekhon et al. 2020). Az egyik leggyakrabban alkalmazott védekezési mód a vetésváltás, mellyel a károsító életciklusát szakítjuk meg. A gazdálkodók egy része azonban több tényező miatt (gazdasági, agrotechnikai, megszokás) visszaveti a kukoricát ugyanarra a területre, ebben az esetben az előző évi imágó egyedszám alapján kell döntenünk az integrált szemléletű védekezési lehetőségekről. Amennyiben nem alkalmazunk vetésváltást, abban az esetben is csökkenthető az amerikai kukoricabogár lárvák kártétel talajinszekticid kezelésével (Hill és Peters 1971). Jelenleg a Magyarországon engedélyezett talajfertőtlenítő inszekticidok mindegyike a piretroidok csoportjába tartozik, ezért is kifejezetten fontos, hogy ezen hatóanyagokat kizárólag szükséges esetekben használjuk.

Diplomadolgozatomban célkitűzése volt a Magyarországon engedélyezett három piretroid hatóanyagcsoportba tartozó talajfertőtlenítő inszekticid hatóanyag (teflutrin, lambda-cihalotrin, cipermetrin) hatásának vizsgálata az amerikai kukoricabogár lárvája által okozott kártételre, illetve a kukorica egyes paramétereire (szár terület, csőhossz, csőkerület, csővenkenti szemszám, ezermagtömeg, termésátlag). Ezen felül arra kerestem a választ, hogy milyen összefüggések vannak a kártevő lárvája által okozott növénydőlés mértéke és a termésmennyiség között.

2. Irodalmi áttekintés

2.1. A kukorica jelentősége a világon és Magyarországon

A kukorica (*Zea mays*) az egyik legjelentősebb termesztett növény a világon, 2022-ben 203 millió hektáron termesztettek kukoricát, ami az elmúlt 20 év egyik legmagasabb értéke, és folyamatos növekedés figyelhető meg. Eközben Magyarországon csupán 816 ezer hektár volt a termőterülete, ami jóval elmarad az elmúlt évek átlagától, és az utóbbi 10 évben folyamatos csökkenést mutatott (1. ábra). A kukorica elmúlt 10 éves termésátlaga a világon 5,6 t/ha, Magyarországon pedig 6,6 tonna hektáronként (http5). A kukorica rendkívül jól reagál az öntözésre, így az öntözött területeken az átlagos termésátlag többszörösét is el lehet érni (Nagy 1989).



1. ábra: Kukorica termőterületének változása az elmúlt 20 évben Magyarországon. (http5)

A kukorica elsődleges géncentruma Peru, innen terjedt el Közép- és Észak-Amerikába, majd Európába és a világ többi részére (Hidvégi 2007). Egyes fejlődő országokban többnyire közvetlen a humán táplálkozás során hasznosítják, azonban a legtöbb országban az állati takarmányozásban van jelentős szerepe, mivel nagy az energiaszolgáltató képessége (Radics 2007).

A termesztéstechnológiája jól beilleszthető a vetésforgóba, a növényvédelmi technológiája széles skálán mozog (biológiai készítmények, megfelelő mennyiségű hatóanyag), ökonómiai szempontból jövedelmező növénynek számít, emiatt a legtöbb gazdálkodó szívesen választja, akár monokultúrában is termesztik (Vörös et al. 2022).

2.2. Az amerikai kukoricabogár rendszertani besorolása és elterjedése

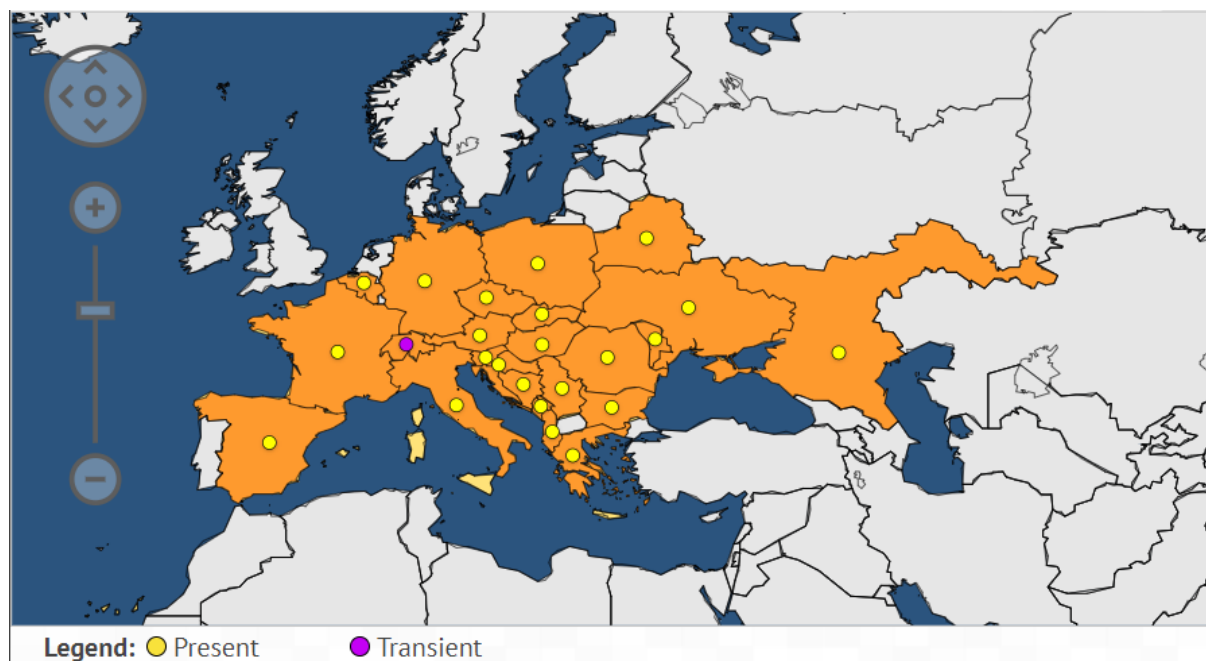
Az amerikai kukoricabogár, tudományos nevén *Diabrotica virgifera virgifera*, az *Arthropoda* (ízeltlábúak) törzsbe, *Coleoptera* (bogarak) rendbe, *Chrysomelidae* (levélbogarak) családba és a *Galerucinae* (olajos bogarak) nemzetségbe tartozik (Krysan és Smith 1987). A *Diabrotica virgifera* fajt két alfajra osztották: *Diabrotica virgifera virgifera* és *Diabrotica virgifera zea* (Krysan et al. 1980). Az utóbbi a mexikói kukoricabogár, mely Közép-Amerikában és az USA déli államaiban károsít. Az amerikai kukoricabogár pedig az USA, illetve a behurcolása óta Európa legfontosabb kukorica kártevője (Kiss 2017).

Közép-amerikai eredetű faj, innen került be Észak-Amerika kukoricatermő vidékeire (Krysan 1982). LeConte írta le először a fajt 1868-ban a *Cucurbita foetidissima* növény virágjáról (Kiss 2017). A XX. század elején figyelték meg az első gazdasági kárt csemegekukoricában (Gilette 1912). Az 1900-as években a kukorica termesztésének területe jelentős mértékben megnövekedett az Egyesült Államokban, mely kedvezett az amerikai kukoricabogár terjedésének és a kultúrnövény fő kártevőjévé vált (Levine és Oloumi-Sadeghi 1991).

Európában 1992-ben találták meg Belgrád mellett, ahová egy repülőgépes import szállítmánnyal érkezettek imágók Észak-Amerikából. Először nem az imágót fedezték fel, hanem a lárvakártételt észlelték (Baca 1993). A kártevő feltehetően már évekkel a megtalálása előtt bekerült Európába, csak szükség volt 8-13 évre, amíg elegendő egyedszám lett a tényleges (látható) kártételhez (Kiss és Edwards 2001, Szalai et al. 2011). Az inváziójának következő lépése a környező országokba történő betelepülés volt, ekkor került hazánkba is, illetve Bulgáriába, Romániába, Bosznia-Hercegovinába és Horvátországba is (Bazok et al. 2021).

Hazánkban elsőként 1995-ben figyelték meg az ország déli részén (Tóth és Nagy 1995, Princzinger 1996, Kiss 2017). Magyarországon az első gazdasági kárt 1998-ban okozta (Ripka et al. 2000). A faj terjedését jelentősen befolyásolja a globális kereskedelem, a környezeti változások, például az éghajlatváltozás, szintén hozzájárulnak elterjedéséhez és adaptációjához (Keszthelyi 2016). A távolabbi országokba történő szétszóródása jelenleg is zajlik és már Európa legtöbb országában megjelent (Mrganic et al. 2018) (2. ábra). Az európai megjelenése óta több nemzetközi vizsgálat indult az amerikai kukoricabogár megismerésére. Az első a “Development and Implementation of Containment and Control of the Western Corn Rootworm in Europe” volt 1997 és 2000 között, melyet a FAO (Food and Agriculture

Organization of the United Nations) alapított. 2003-ban a FAO egy újabb projektet indított “Integrated Pest Management for Western Corn Rootworm in Central and Eastern Europe (GTFS/RER/017/ITA)” néven abban a hét országban, amelyek a legveszélyeztetettebbek: Horvátország, Szerbia, Bosznia-Hercegovina, Szlovákia, Románia, Bulgária és Magyarország) (Bazok et al. 2021). Az első Európai Unió által támogatott vizsgálat 2000 és 2003 között zajlott “Threat to European Maize Production by Invasive Quarantine Pest, Western Corn Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera*): A New Sustainable Crop Management Approach” címen. Felméréseket végeztek a kultúrnövény és a károsító kölcsönhatásáról, megfigyelték a természetes ellenségeket, védekezési lehetőségeket alapoztak meg a kutatások során (Cordis 2024). 2006 és 2008 között volt még egy EU által finanszírozott vizsgálat sorozat. Ekkor különféle védekezési eljárások hatékonyságát vizsgálták, többek között a biológiai védekezést, biotechnológiai lehetőségeket, a növény rezisztencia tulajdonságait (Cordis 2008).

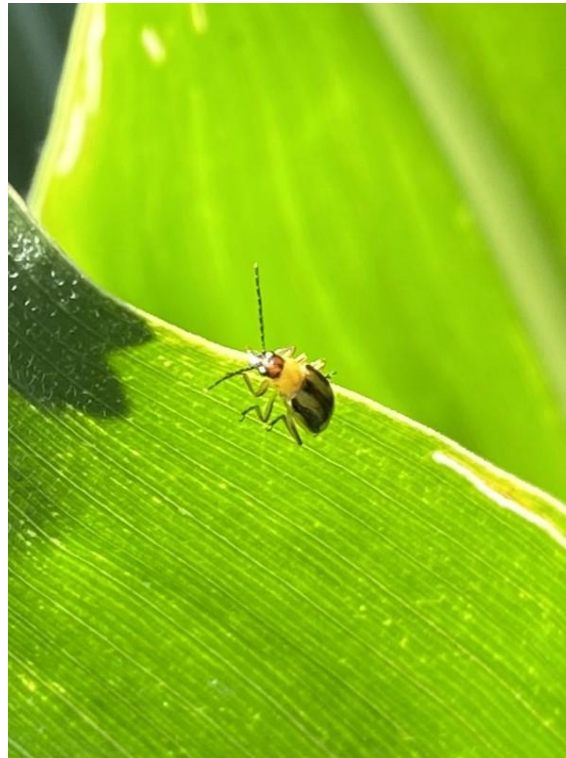


2. ábra: Az amerikai kukoricabogár elterjedése Európában (EPPO 2024)

2.3. Az amerikai kukoricabogár alaktani jellemzése és életciklusa

A kifejlett imágók testhossza ivar szerint eltérő, a hímek 4,4-6,6 mm, a nőstények 4,2-6,8 mm hosszúak (Krysan és Smith 1987). A lábfej, a lábszár és a csápok feketék, kivéve a három alapi csápízt, melyek vörösbarnák. Feje sima, tora olyan széles amilyen hosszú (Chiang 1973). A szárnyfedők kissé barázdáltak. A nőstény szárnyfedőinek széle általában fekete, közepe sárga, emiatt sárga-fekete csíkossnak látszik (3. ábra). A hímeké egyszínű fekete, a

szárnyfedők vége sárga (Németh et al. 2009). A tojás alakja ovális, hossza 0,6 mm, színe fehér, később krémszínű. A lárvák kikeléskor 1,2 mm hosszúak, krémszínűek, kifejlett állapotukban 13 mm-esek (Sáringer 1998). A báb nagyjából 1 cm-es, fehér színű szabad báb (*pupa libera*) (Hataláné és Ripka 2001, Keszthelyi 2016).



3. ábra: Amerikai kukoricabogár nőstény imágó (Vereb, 2024, saját fotó)

Az amerikai kukoricabogárra jellemző az ivari dimorfizmus. Az ivarok megkülönböztetése több morfológiai jellemző alapján is lehetséges. A fedőszárnyakon lévő három fekete sáv a nőstényeknél jól láthatóan elkülönül, és a sávok szabályosan helyezkednek el, míg a hímeknél ezek elmosódottak lehetnek, vagy akár a teljesen fekete fedőszárny is előfordulhat (Kuhar és Youngmann 1995). A nőstények esetében a csíkozottság erőssége változhat, ezért előfordulhat szinte teljesen fekete nőstény imágó is (Kiss 2017). Egy másik tulajdonság, ami alapján megkülönböztethetjük a női és hím egyedet, az a csápok és csápízek hossza. A nőstények csápja legfeljebb a testhosszuk harmadát éri el és a harmadik csápíz lényegesen hosszabb a többinél. A hímek csápja meghaladja a testhosszuk felét és a második és harmadik csápíz is jelentősen hosszabb a többinél (Krysan és Smith 1987). A fent említett határozó bélyegeken kívül, még megfigyelhetjük a hímek potrohának végén található tompa fedőlemezt, mely a nőstényeknél teljesen hiányzik (Krysan 1986).

Évente egy nemzedéke van, tojás alakban telel a talaj 10-30 cm mélységében, egy tojáscsomó többnyire 40-50 darab tojásból áll (Kiss 2017), más forrás szerint egyszerre 60-80 db tojást rak le a nőtény (Keszthelyi et al. 2009). Az őszi talajművelés során a talaj felső rétegébe helyezett tojások elkeveredhetnek a szántás mélységéig (átlagosan 28-32 cm) (Gray és Tollefson 1988). Az áttelelés során bekövetkező extrém időjárási körülmények magas mortalitást okoznak. Toepfer és Kuhlmann (2005) vizsgálták az embriók mortalitását különböző időszakokban Magyarországon, eredményeik szerint 100 lerakott tojásból átlagosan 44,37 lárva fog kikelni tavasszal. A mortalitás viszont nem általánosítható, csak viszonyításként alkalmazhatjuk ezt a számot, mert a kikelő lárvák számát befolyásolja a talaj szerkezete, hőmérséklete és nedvességtartalma (Patel és Apple 1967), a talajfelszín borítottsága (Goldfrey et al. 1995), valamint a talajművelés is (Johnson és Turpin 1985).

A lárva kelését az április 1-je utáni 12,7 °C-os napi átlaghőmérséklet feletti értékek összeadásával tudjuk kiszámítani (Vörös 2011). A lárvák akkor kelnek ki, ha ez a hőösszeg eléri a 162,5 °C-ot, ez általában május végére, június elejére várható. A kikelt egyedek csupán 2%-a éri meg a kifejlett kort (Toepfer és Kuhlmann 2005). Nedves, nyirkos talaj ideális a lárvák fejlődéséhez, legkönnyebben ilyen állapotú talajban tudnak mozogni, táplálékot keresni (Turpin és Peters 1971). A lárva fejlődésének három stádiuma van (L_1 , L_2 , L_3) (Krysan 1986). Az első stádiumban 1,2 mm hosszúak, azonban a harmadik stádiumban elérhetik a 13 mm-t (Edwards 1995). Kezdetben a testük áttetsző, majd fehérre vált, fejtokjuk sárgásbarna. Az L_2 -es lárvák színe megegyezik az L_1 -es lárvákéval, csak méretbeli különbség van, az L_2 stádiumban 6-8 mm hosszúak. A harmadik stádiumban színük megváltozik, piszkosfehér lesz, de fejtokjuk marad sárgásbarna (Mendoza és Peters 1964). A talaj nedvességtartalma, hőmérséklete és fizikai félesége nagy mértékben befolyásolja a lárvák fejlődését (Kuhlmann et al. 1970). Előnyben részesítik a nedves, nyirkos talajokat, valamint a löszös agyagtalajok kedvezőbbek a homokos vályogtalajoknál (Turpin és Peters 1971). A talajszemcsék között, nedves talajon könnyebben mozognak, keresik a kukorica hajszálgököreit, körülbelül 30-100 cm-t képesek megtenni. Maximum 1 napig képesek életben maradni a kikelés után táplálék nélkül. Ha ez idő alatt nem találunk kukoricagyökeret, akkor muhar fajokon vagy egyéb egyszikű gyomnövényeken képesek fennmaradni, de a mortalitás sokkal magasabb (Kiss 2017). A lárva állapot 3 hétig tart, majd bebábozódnak és egy hét után kelnek ki a kifejlett egyedek (Meinke et al. 2009).

Az imágók nagyrésze július első és harmadik hete között jön elő a talajból, előbb a hímek, majd a nőtények. A rajzáscsúcs július végén, augusztus elején várható (Nowatzki et al. 2002, Keszthelyi 2016). Az imágók jól repülnek, augusztus közepéig figyelhetők meg a

növényen (Hataláné és Ripka 2001). A hím és nő ivarú egyedek találkozása során megtörténik a párosodás, mely után 2 héttel kezdődik a peterakás időszaka (Meinke et al. 2009). Egy nőtényi imágó élete során körülbelül 400 tojást rak le (Ball 1957). Az amerikai kukoricabogár vándorlási távolsága átlagosan 40 km, de ezt nagy mértékben befolyásolhatja az évjárat (Edwards és Kiss 2012). Az imágók környező táblákra való áttelepülése is számottevő, ezáltal akár az elsőéves kukoricatáblákon megfigyelhetők (Keszthelyi 2005; Spencer et al. 2009). Tojásrakásuk július-augusztusban történik (Bayar et al. 2003). Európában a nőtények előnyben részesítik a kukoricatáblát a tojásrakás során, emiatt az egymás utáni, több évig tartó kukoricatermesztés komoly problémát jelenthet (Kiss 2017).

2.4. Az amerikai kukoricabogár lárvájának és imágójának kártétele

Fő tápnövénye a kukorica, de a lucernát, napraforgót és néhány dísnövényt is károsíthat (Kuroli 1997). A lárv a fő károsító alak, a kukorica vetése után nagyjából egy hónappal jelenik meg (Luckmann et al. 1974). Az első lárv stádiumú (L_1) egyedek hajszálgökökkel és a gyökök külső szöveteivel táplálkoznak. A második és harmadik stádiumú (L_2 - L_3) lárvák a fejlettebb gyökereket is károsítják, valamint a gyökök belső szöveteit is elpusztítják (Chiang 1973). A gyökérvártétel hatására víz- és tápanyaggazdálkodási zavarok alakulnak ki, illetve a fotoszintézis intenzitása is csökken, mely termésvesztéshez vezethet (Riedell 1990, Goldfrey et al. 1993). Ha nagy számban vannak jelen a területen, akkor akár teljesen le is rághatják a kukorica gyökerét (4. ábra). Amennyiben ez bekövetkezik a növény könnyedén megdől, majd a fototropizmus következtében felfelé növekszik és kialakul a jellegzetes „hattyúnyak” tünet (Vörös 2004, Németh et al. 2009). A kártétel mértéke széles skálán mozog: a gazdaságilag elhanyagolhatótól a teljes kidőlésig terjedhet, mely komoly gazdasági kárt jelenthet (Keszthelyi et al. 2007). A növénydőlés mértékét nem csak a lárvák által okozott gyökérvártás befolyásolja, hanem a környezeti tényezők (szél, csapadék) is hatással vannak rá (Spike és Tollefson 1991).



4. ábra: IOWA 1-6 skála szerinti 6-os mértékű amerikai kukoricabogár gyökérvérvétel
(Vereb, 2023, saját fotó)

Az imágók június végén, július elején másznak ki a talajból (Bayar et al. 2003). Először a kukorica leveleit kezdik hámozgatni, majd virágzáskor a portokokba rágnak be, ahol a pollent fogyasztják, illetve a bibeszálakat is visszarágják (Keszthelyi et al. 2009). A károsítások közül a bibe rágása a legjelentősebb, mert csökkenti a termékenyülést. A beporzás a termékenyülés kritikus időszaka a növény fejlődése során, ha károsodnak a bibeszálak, akkor a beporzás nem lesz tökéletes, emiatt a csövek szemhiányosan képződnek, szinte biztos a gazdasági kár kialakulása (Gyeraj 2022). A növényenkénti nagyobb egyedszám esetén akár teljesen visszarághatják a bibeszálakat, amely nagy termés kiesést képes okozni, különösen, ha ez már a termékenyülés első néhány napjában bekövetkezik (Tuska et al. 2002).

2.5. Az amerikai kukoricabogár elleni integrált védekezés

Megelőzés és védekezés

Az integrált növényvédelem első lépése a megelőzés és a védekezés. Célunk a kártétel elkerülése, melynek egyik lehetséges módja a kultúrnövény és az amerikai kukoricabogár egy helyen és egy időben történő jelenlétének elkerülése. Ezt a vetésváltás betartásával tudjuk leghatékonyabban elérni (Spencer et al. 2009, Szalai et al. 2014). Az amerikai kukoricabogár mérsékelt éghajlaton egynemzedékes faj, tápnövényköre szűk, és termesztett növényeink közül csak a kukorica gyökerén képes fejlődni, a nőtények az áttelelő petéiket a kukoricatáblák talajába helyezik, ezzel próbálják biztosítani a tápnövény jelenlétét a következő generációnak (Miller et al. 2009). A vetésváltás költséghatékony és egyben környezetkímélő is (Levine et al. 2002). Ennek a védekezési módnak az alkalmazását azonban az üzem méret, illetve a gazdasági tényezők korlátozhatják (Németh 2012). A gabonatarlókon meghagyott gyomfoltok vonzóak az amerikai kukoricabogár imágói számára, a növényzettel borított területet előnyben részesítik a peterakáskor, mint a művelt, bolygatott talajfelszínt (Johnson és Turpin 1985).

Az USA-ban az 1900-as évek második felében gyakran került egymás után szója és kukorica, azzal a céllal, hogy elkerüljék az amerikai kukoricabogár lárvájának kártételét. Viszont több államban (például Illinois) tapasztaltak a gazdálkodók szója után vetett kukoricában is lárvakártételt. Több magyarázat is született az új változat – „vetésváltás-rezisztens törzs” – kialakulására (Edwards 1995, Kiss 2017). Két *Diabrotica* faj kereszteződését, illetve a piretroidok túlzott használatát is lehetséges magyarázatnak tartják a kutatók (Levine és Oloumi-Sadeghi 1996). Európában, így Magyarországon sem jelent még meg ez a változat (Toepfer et al. 2011). A védekezésnek nem tábla szinten, hanem térség szinten kell megvalósulnia, amennyiben a térség 80%-án megvalósul a vetésváltás, a kártevő egyedszáma kárküszöb érték alatt tartható csupán a vetésváltással (Szalai 2012).

A kukorica korai vagy kései vetése is hozzájárulhat ahhoz, hogy az amerikai kukoricabogár lárvájának kelésideje ne essen egy időbe a kukorica érzékeny, korai fenofázisával (Németh 2012). Több vizsgálat során kimutatták, hogy a korábbi vetésidő kedvező hatással van a termésmennyiségére, a növényállomány fejlődésére (Kovács 1958, Berzsenyi et al. 1998). Az egy hónappal korábban elvetett növények a lárvák kelésekor fejlettebbek lesznek, nagyobb gyökértömeggel rendelkeznek (Keszthelyi et al. 2009). A nagyobb gyökértömeg több táplálékot biztosít a lárváknak, ezáltal hozzájárul a károsított növények számának csökkentéséhez (Ciobanu et al. 2009). A szuper korai, FAO 160-190

éréscsoportú hibridek már 6°C-os talajhőmérsékleten fejlődésnek indulnak, így a lárva kelés idejére már erős gyökérzettel rendelkeznek, mely által könnyebben képesek regenerálódni (Németh 2012). Hosszú tenyészidejű hibridek termesztése esetén viszont, fokozott tojásrakásra számíthatunk, mivel a kukoricabogár hosszabb ideig találja meg az ideális életfeltételeket, így nagyobb lehet a betelepülése és a tojásrakása is (Bódi 2005, Vörös 2024). A vetésidő kitolása vagy előre hozása esetén a végeredmény ismeretlen és teljesen megszüntetni nem tudjuk a kártételt, csak bizonyos szintig mérsékelni (Németh 2012).

A kukorica kifejezetten tápanyagigényes növény (Dóka et al. 2022), de mind a tápanyaghiány, mind a túladagolás negatívan befolyásolhatja fejlődését. A tápanyaghiány gyengíti a növény védekező mechanizmusait, valamint csökkenti a stressztűrő és alkalmazkodóképességét (Benton 1998). Az optimális tápanyagellátottság nagy mértékben képes segíteni a növény regenerálódását az amerikai kukoricabogár lárvájának kártétele után (Pepó et al. 2006). A megfelelő mennyiségű kálium kijuttatására kifejezetten oda kell figyelni, mert ez szárszilárdító hatású, illetve a helyes tápanyag arány miatt is fontos (Németh 2012). A kijuttatott nitrogén mennyiségének növelésével is mérsékelhetjük a gyökérkárosodás mértékét (Illes et al. 2021).

Monitoring

Az amerikai kukoricabogár elleni integrált védekezést a károsító megfigyelése, felvételezése, előrejelzése alapozza meg. A kártevők egyedszámának változását folyamatos figyelemmel kell kísérnünk, a döntés alapját a felmért egyedszám és a kártételi küszöbérték határozza meg (Kiss et al. 2017). A kifejlett imágó egyedszámának megfigyelésével hasznos adatokhoz jutunk a jövő évi gyökérkár mértékével kapcsolatban. A tojások és a lárvák a talajban vannak, ezért a felvételezésük nehéz (Manninger 1960). Az imágókat relatív és abszolút módszerekkel is vizsgálhatjuk a vegetációs időszakban. A relatív módszerek esetében különféle csapdákat alkalmazunk, többféle csapdatípus közül tudunk választani (Hein és Tollefson 1985, Vörös 2021). Az imágók számlálása varsás vagy sárga ragacslapos rendszerű szexferomon csapda segítségével történhet (Ilovai et al. 1997, Tóth et al. 2020). A feromoncsapda a nőstények ivari csalogatóanyagát tartalmazza, mely vonzza a hímeket. Ha a csapdába növényi illatanyagot is helyezünk, akkor a nőstények rajzás dinamikáját is figyelemmel tudjuk kísérni, azaz a nemek aránya is rendelkezésünkre áll az előrejelzés során (Nagy és Prohászka 2003, van Herk et al. 2022). A hím egyedek rajzása 4-6 nappal korábban kezdődik, mint a nőstényeké (Isard et al. 2000). A sárga szín vonzza mindkét nemet, ezért a sárga ragacslap akár önmagában is elegendő a megfigyeléshez. Mind a varsás, mind a ragacslapos csapdát az első cső

magasságában kell kihelyezni (Nagy és Prohászka 2003, van Herk et al. 2022). A következő évi lárvakár becsléséhez a csapdát augusztus második felében érdemes kihelyeznünk (Hein és Tollefson 1985). Ezt az időpontot későbbi vizsgálatok alapján korábbira módosították, Bazok et al. (2011) kutatásai szerint augusztus eleje az ideális időpont. Más kutatások is augusztus közepén, végén mérték a rajzás csúcsot, így az augusztus elején történő kihelyezés megfelelő (Grozea és Costea 2022).

A lárvakár közvetlen előrejelzése történhet talajmosással, mely során a talajmintát vízzel szétiszapolják és a benne talált tojásokat megszámlálják, ennek eszközei a Montgomery és az Illinois-apparát (Krysan és Miller 1986). A tövet károsító lárvák száma a növény kiásott gyökérzetének és az azt körülvevő talajnak a vizsgálatával pontosan meghatározható (Chiang 1973). Június elején a tábla 10 pontján 1-1- növényt kell kiásni 20 cm-es talajkockával együtt majd a talajt óvatosan lemorzsolni és vízbe helyezni a növényt. A lárvák fejönnek a víz tetejére, ahol könnyedén megszámlálhatók (Nagy és Prohászka 2003).

Az előrejelzéseken és a küszöbértéken alapuló döntés

Az integrált növényvédelem során nem célunk a károsítók teljes megszüntetése, csak a fertőzöttség elfogadható szinten tartása. Az intézkedések szükségességének megítélése során figyelembe kell vennünk a megfigyeléseink eredményeit, a korábbi évek tapasztalatait, gazdaságunk és környezetünk viszonyait. A kártevők esetében – szemben a kórokozókkal és a gyomnövényekkel – kutatások során kárküszöbértékeket határoztak meg, ezzel segítve a gazdálkodókat a döntés meghozatalában (Kiss et al. 2017). Hein és Tollefson (1985) sárga ragacs lapos (Pherocon AM) vizsgálataik során arra jutottak, hogy amennyiben rajzási időszakban naponta 6 vagy hetente 40 imágót számlálunk a csapdán, akkor a következő évben gazdasági kártételre számíthatunk a kukorica gyökerén monokultúra esetén. Egyedi növény vizsgálat során növényenként átlagosan 0,5-1 egyed találva, szintén gyökérkártételre számíthatunk a következő vegetációs időszakban (Bazok et al. 2011). A gazdasági kárküszöb érték eltérő a különböző célból termesztett kukoricákban és időjárási körülmények között. Csemegekukoricában 12 imágó/cső sem okoz jelentős termésvesztést csapadékos évjáratban (Gyeraj 2022), ezzel szemben vetőmagtermesztésben már 1-3 imágó/cső gazdasági kárt képes okozni, árukukoricában 4-6 imágó/cső esetén tapasztalhatunk szignifikáns terméscsökkenést (Tuska et al. 2002). Ha a lárvák felmérése során 8 vagy annál több lárvát találunk egy növény gyökerén, szükség lehet beavatkozásra a gazdasági kár elkerülése érdekében (Nagy és Prohászka 2003).

Nem kémiai módszerek

A nem kémiai módszerek alkalmazása során célunk, hogy különböző védekezési módszerek együttes alkalmazásával elérjük a kémiai védekezéssel elérhető védekezési szintet. Ez magában foglalja a megelőzést és az alternatív módszereket is, melyek önmagukban nem biztos, hogy kielégítő védelmet nyújtanak, de integráltan alkalmazva szinergizmust idéznek elő és biztosítják a megfelelő növényvédelmet (Kiss et al. 2017).

Az amerikai kukoricabogárnak több természetes ellensége is ismert, többek között entomopatogén gombák, vírusok, baktériumok, ragadozó ízeltlábúak, illetve entomopatogén fonálféreg (Toepfer et al. 2010). Az entomopatogén gombák közül az *Ascomycota* törzsbe tartozó *Beauveria* és *Metarrhizum* fajok mindenhol jelen vannak a talajban és természetes körülmények között is gyéríthetik az amerikai kukoricabogár lárváit mind Európában, mind az USA-ban (Pilz et al. 2007, Toepfer et al. 2009). Rauch et al. (2017) vizsgálták az entomopatogén gombák hatásfokát kémiai védekezéssel összehasonlítva, eredményeik szerint nem tapasztaltak szignifikáns különbséget a kezelések között.

Az entomopatogén fonálféreg közé tartozó *Heterohabditis bacteriophora* képes lehet küszöbérték alatt tartani a lárvakártételt (Toepfer et al. 2010). A fonálféreg vektorként jutnak be a kártevő testébe, ahol a velük szimbiózisban élő baktériumok kiszabadulnak a fonálféreg testéből és elfolyósítják a kártevőt, így táplálékot biztosítva a fonálféreg számára. A bejutástól számított két-három napon belül bekövetkezik a gazdaszervezet pusztulása. Az elpusztult lárvában a fonálféreg tovább fejlődnek és szaporodnak, majd új juvenil lárvák szabadulnak ki (Ciche and Jerald 2003, Vörös et al. 2022). Vizsgálatok során kimutatták, hogy a *H. bacteriophora* hatására 3-15%-kal csökkent a gyökérvártétel az Iowa-skála szerint (Toepfer et al. 2010), valamint inszekticides talajfertőtlenítő granulátumokkal összehasonlítva nem tapasztaltak szignifikáns különbséget a kémiai és a biológiai kezelések hatására (Toepfer et al. 2019). A *H. bacteriophora*-t tartják a legmegfelelőbbnek biológiai növényvédőszerként történő alkalmazásra a gyártási körülményeket és a költségeket tekintve, de a *Steinernema arenarium* és a *Steinernema feltiae* fajok vizsgálata során is kedvező eredményekre jutottak (Toepfer et al. 2005). A 2024-es évben egyedül a *H. bacteriophora* makroszervezetnek van engedélye kukoricában a Nébih növényvédőszer adatbázisa szerint ([http1](http://)).

A genetikai védekezés központi eleme a GM (genetikailag módosított) kukorica kifejlesztése, amelyek ellenállóak a kukoricabogár lárvája ellen. A géntechnológiával módosított szervezet (GMO) olyan szervezet az Európai Unióban érvényes meghatározás szerint, melynek úgy módosították a genetikai állományát, hogy az természetes módon nem tudna kialakulni

(European Commission 2001). Ezt a védekezési módot az Amerikai Egyesült Államokban sikerrel alkalmazzák, ezzel csökkenthető a kijuttatott inszekticid mennyisége. Viszont ez az eljárás hazánkban nem áll rendelkezésre az Európai Unió szabályozás miatt (Vörös 2021). Az Európai Unióban a GM növények termesztési célú, illetve a környezetbe történő egyéb szándékos kibocsátása az elővigyázatosság elvén alapszik, azaz minden egyes genetikai esemény kockázatelemzését el kell végezni az engedélyezés előtt. Jelenleg csak a MON810 eseményű kukoricák termesztése engedélyezett az Európai Unióban (Pálincás 2016). A *Bacillus thuringiensis* (Bt) génjének beillesztése a kukoricába lehetővé teszi a növény számára, hogy önállóan termeljen Bt-toxin fehérjét, amely hatékonyan szabályozza az amerikai kukoricabogár egyedszámát, mivel specifikusan célozza meg a kártevőt anélkül, hogy jelentős környezeti hatásokat okozna (Gill et al. 1992).

Már évtizedek óta vizsgálják az egyes hibridek ellenállóképességét az amerikai kukoricabogár lárvák kártétele ellen. Bigger et al. (1941) kimutatták, hogy van különbség az egyes hibrid vonalak toleranciájában. Owens et al. (1974) az eltérő mértékű ellenállóképességet a gyökérzet habitusával, a gyökérregeneráció mértékével magyarázták. A nagyobb méretű gyökérzettel rendelkező, gyorsabb gyökérregenerációra képes hibridek esetén kisebb kártételt tapasztaltak. Washburn et al. (2023) 282 beltenyésztett vonalból álló kísérlet során olyan genetikai lókuszokat – a fenotípusos adatokat felhasználva – térképezett fel, melyek a jövőbeli nemesítési vizsgálatok során hasznosak lehetnek. Eredményeik megerősítették, hogy az amerikai kukoricabogárral szembeni ellenállóképesség összetett, az öröklődőképessége alacsony és a környezeti hatások is erősen befolyásolják. A biztató eredmények ellenére jelenleg nincs olyan kukoricahibrid, ami hatékonyan ellenáll az amerikai kukoricabogár kártételének (Ivezić et al. 2009, Szabó et al. 2021).

Peszticid kiválasztás

Az integrált növényvédelem arra törekszik, hogy csökkentse a peszticid-függőséget. Amennyiben a megelőzés és az alternatív módszerek nem érik el a kívánt eredményt, akkor a szelektív peszticidek alkalmazása javasolt. A növényvédő szerek megfelelő kiválasztása szükséges ahhoz, hogy a lehető legkisebbre csökkentsük az egészségügyi és környezeti kockázatokat (Kiss et al. 2017).

Az Egyesült Államokban és Magyarországon is a legeredményesebb kémiai módszer az amerikai kukoricabogár lárvái ellen a vetéssel egy menetben kijuttatott talajfertőtlenítőszer alkalmazása (Kiss és Edwards 2001, Pálfay 2001, Rice 2004). Hazánkban jelenleg csak olyan hatóanyagok vannak engedélyezve, melyek a piretroidok közé tartoznak. A 2024-es évben a

lambda-cihalotrin, a teflutrín és a cipermetrin hatóanyagoknak van engedélye hazánkban ([http1](#)). A piretroidok a feszültségfüggő nátriumcsatorna agonistái, serkentik az idegrendszeri ingerületátvitelt, ami kezdeti szenzoros hiperizgalomhoz vezet. Ezt követően koordinációs problémák és görcsök lépnek fel, végül pedig a rovar pusztulásához vezethetnek. A hatás gyors és taglózó. Ezeknek a hatóanyagoknak a többsége a méhekre és a vízi élőlényekre mérsékelten vagy kifejezetten veszélyes, a hatásukat befolyásolja a rendeltetésük, formulációjuk. A piretroidok érintőmérgek a rovarok számára, azaz a hatóanyagnak közvetlenül kell érintkeznie a rovarral ahhoz, hogy a hatását ki tudja fejteni (Sörös 2019). A kiszerelési formája az összes, amerikai kukoricabogár ellen engedélyezett talajfertőtlenítőszernek granulátum. Ennek célja, többek között az is, hogy minél lassabb legyen a bomlás, ezzel minél hosszabb ideig biztosítva a védelmet a növény számára ([http2](#)). A teflutrín hatóanyag képes kismértékű gázosodásra ([http3](#)), megfelelő tartamhatással rendelkezik (Vörös et al. 2022). A nagy mértékű használat azonban rezisztencia kialakulásához vezethet, az Egyesült Államokbeli kutatások arról számolnak be, hogy többéves vizsgálat során hatékonyság csökkenést tapasztaltak (Pereira et al. 2015, Souza et al. 2020).

A kártevők elleni védekezés során a talajfertőtlenítő inszekticidek helyett gazdaságosabb megoldást jelent a vetőmag inszekticiddel történő csávázása (Camprag 1995). Hazánkban a neonikotinoid hatóanyagokat sikerrel alkalmazták az amerikai kukoricabogár lárvák elleni védekezés során, mint csávázószerket (Csorba 2002). Az Európai Unió 2018. december 31-én korlátozta a neonikotinoidok használatát, mert a hosszú hatástartamuk miatt veszélyt jelentenek a beporzó szervezetekre. Az imidakloprid, a klotianidin és a tiametoxam hatóanyagot tartalmazó növényvédő szerek már nem használhatók szántóföldön, csak zárt termesztő berendezésben alkalmazhatóak ([http4](#)). Jelenleg a lambda-cihalotrin hatóanyagoknak van engedélye csávázószerként ([http1](#)), viszont Papp (2007) több esetben is kimutatta, hogy az inszekticides csávázás hatékonysága kisebb, mint a talajinszekticidekkel történő kezelés az amerikai kukoricabogár lárvája ellen.

A lárvák elleni védekezéssel önmagában nem tudjuk kártételi küszöbérték alatt tartani az amerikai kukoricabogár károsítását, hanem ki kell egészíteni az imágók elleni védekezéssel, mellyel a következő évi lárvakárt tudjuk csökkenteni (Németh 2012). A tojásrakás megelőzéséhez a nőtények rajzásának kezdetétől számított 20. napon kell védekezni először, amennyiben a felmért egyedszám eléri a kárküszöb értéket (Szemán és Takács 2004). A 2024-es évben állománykezelésre a következő hatóanyagokat használhatjuk: acetamiprid, lambda-cihalotrin, deltametrin, cipermetrin, eszfenvalerát ([http1](#)).

Értékelés

Az értékelés fontos pontja az integrált növényvédelemnek. Rávilágíthat egyes bevett gyakorlatok hatékonyságának csökkenésére, illetve az újként kipróbált módszerek hatékonyságát igazolhatja, vagy bebizonyíthatja, hogy adott környezeti feltételek mellett nem alkalmazható megfelelő hatékonysággal. A gazdálkodók gyakran elfeledkeznek ennek a lépésnek a szükségességéről, így rengeteg hasznos információtól esnek el (Kiss et al. 2017).

Az amerikai kukoricabogár elleni védekezés hatékonyságát, illetve az általa okozott kárt több módszerrel is értékelhetjük. A gyökérkárosodás mértéke könnyedén számszerűsíthető az IOWA 1-6 skála segítségével (Hills és Peters 1971). Amennyiben a károsítás mértéke eléri a 2,5 értéket, akkor gazdasági kárra kell számítani (Turpin et al. 1972). Ezt a határértéket több alkalommal módosították: először 2,75-re (Stamm et al. 1985), aztán 3-ra (Mayo 1986), később pedig 3,5-re (Davis 1994). A gyökérkártétel vizsgálatához szükséges mintanövényeket júliusban érdemes begyűjteni, mert ekkor figyelhető meg a legnagyobb mértékű kártétel (Németh 2012).

Az 1-6-os IOWA-skála beosztása (Hills és Peters 1971):

- 1: nincs szabad szemmel látható károsítás
- 2: kisebb rágások az alacsonyabb rendű gyökereken
- 3: egy támasztógyökér 3 cm-nél rövidebbre van visszavágva
- 4: egy teljes nóduszkör hiányzik
- 5: két teljes nóduszkör hiányzik
- 6: három teljes nóduszkör hiányzik

A lárvák károsítását a növénydőlés mértékének meghatározásával is értékelhetjük. Vizsgálhatjuk a megdőlt növények arányát, függetlenül a dőlés mértékétől (Széll et al. 2003, Beres 2013). Létrehozhatóak különböző kategóriák a dőlés mértéke alapján, melyekkel a dőlt növények között is különbséget tudunk tenni, következtethetünk a károsítás mértékére (Nagy et al. 2003, Costea et al. 2024).

2.6. A kukorica fontosabb kártevői által okozott mennyiségi és minőségi kár

Az amerikai kukoricabogár lárvája és imágója is komoly károkat képes okozni a kukoricatermesztés során. Monokultúrás termesztés során 75-85 %-os megdőlést tapasztaltak (rovarölőszeres kezelés nélkül), míg búza elővetemény esetén (a termesztéstechnológiai elemek és a helyszín megegyezett) nem dőltek meg a növények. A megdőlés a termésmennyiségben jelentős eltérést okozott. A monokultúrás parcellák esetében 2000-5000 g/parcella volt az átlag termés, míg a búza-kukorica bikultúrás parcellák esetében 8500-12000 g/parcella volt a termésátlag. Az eredményeket összesítve megállapítható, hogy a kukoricát monokultúrában termesztve, talajfertőtlenítő szer alkalmazása nélkül akár 35-70 %-os termésveszteségre is számíthatunk (Bosnyákné 2015). A növények dőlése miatt bekövetkezhet közvetlen termésveszteség, mely a gépi betakarítás nehézségeiből adódik (Baca 1993). A dőlés okozhat közvetett termés kiesést is, mert a dőlés következtében megváltozik a térállás, a levelek elhelyezkedése, így a fotoszintézis hatékonysága lecsökken, mely megjelenhet a termésmennyiség változásában (Geisert et al. 2018, Sekhon et al. 2020, Vörös et al. 2024). A bibe visszarágás hatására a frakciók közötti megoszlás is változik, mely leginkább a vetőmagtermesztés során jelentős. A kedvező nagy és kis lapos frakciók helyett a kis és nagy gömbölyű frakciók kerülnek túlsúlyba, mely nehézségeket okoz a vetőmagelőállítás technológiai elemei során (Tuska et al. 2002).

Az amerikai kukoricabogár mellett a kukoricacsövet leggyakrabban a kukoricamoly (*Ostrinia nubilalis*) és a gyapottok-bagolylepke (*Helicoverpa armigera*) hernyói károsítják (Szieberth 2015). A kukoricamoly kártétel foltszerűen jelentkezik a táblán. A hernyó végigrágja a szár belsejét, mellyel megzavarja a kukorica tápanyagforgalmát. Emellett előfordulhat, hogy a szemeket is megrágja, melynek következtében szaprofita gombák (*Fusarium* spp., *Aspergillus* spp.) telepednek meg a csövön és okoznak minőségi kárt (Keszthelyi et al. 2007). A kukoricamoly hernyója által okozott közvetlen és közvetett kár 20 %-os termésmennyiség csökkenéshez is vezethet egyes vizsgálatok szerint (Papp 1990). A gyapottok-bagolylepke polifág kártevő, több növény generatív részét is megtámadhatja, a kukorica címerét és csövét is előszeretettel fogyasztja a hernyó. A berágás helyén különféle egyéb szervezetek is károsíthatják a termést (*Fusarium* spp., *Aspergillus* spp.). A lárva károsításának hatására akár 16%-os termésveszteség is kialakulhat (Keszthelyi et al. 2009).

3. Anyag és módszer

3.1. Kísérleti helyszín bemutatása

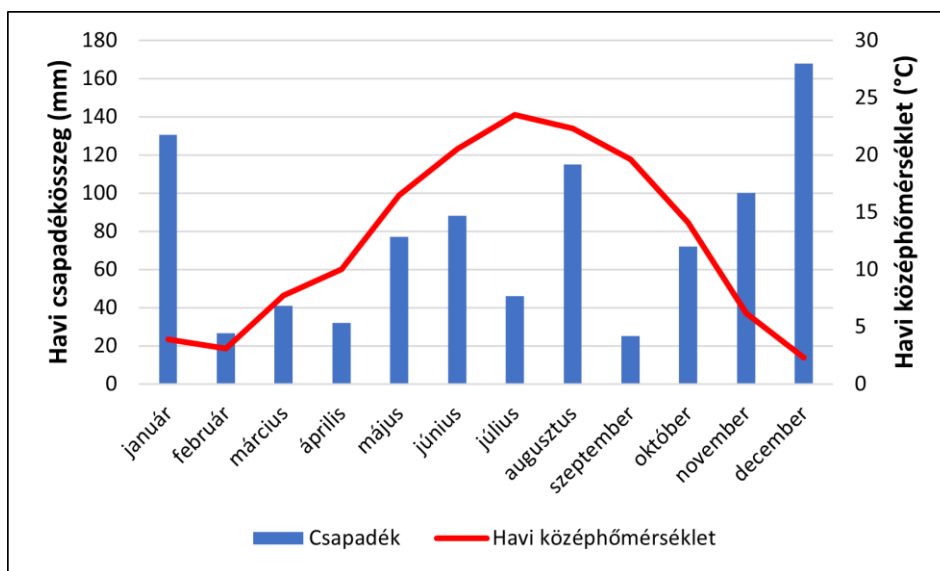
A szántóföldi kísérletet családi gazdaságunkban állítottam be a Fejér vármegyei Vereb és Pázmánd községek határaiban fekvő mezőgazdasági táblákon (3. ábra). A családi gazdaságban túlnyomó részt őszi kalászosok, kukorica, napraforgó és repce termesztése folyik. A környéken bevett gyakorlat ugyanazon a táblán egymást követő két évben kukoricát termesztani, így az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera*) jelenléte és károsítása jól megfigyelhető a térségben. A domborzati viszonyokhoz mérten igyekeztem homogén területeket választani mind talajtípus, mind víz- és tápanyag ellátottság alapján. A térségre a mészlepedékes csernozjom talajtípus jellemző. Ez a talajtípus felső rétegeiben humuszban gazdag, kémhatása semleges, vagy enyhén lúgos (Stefanovits et al. 1999).



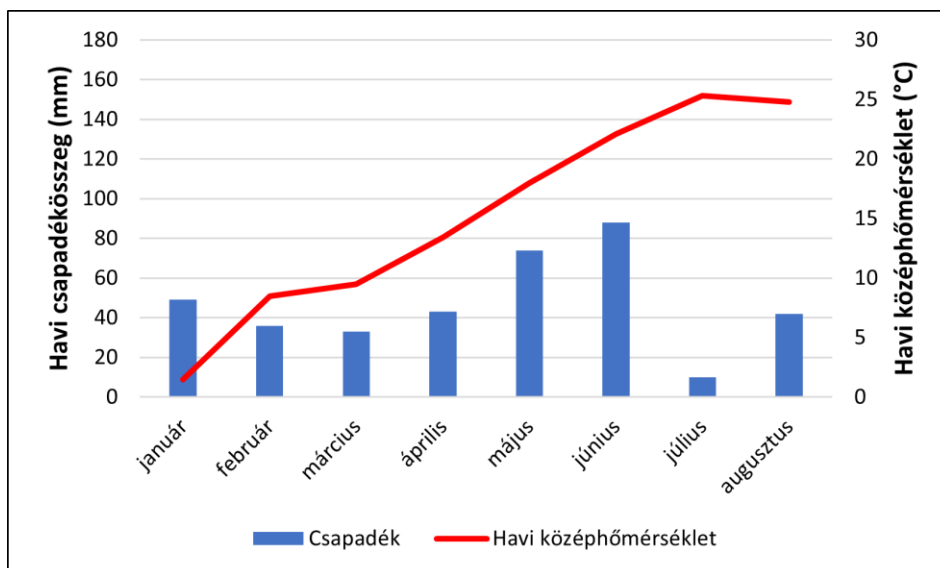
5. ábra: Kísérleti helyszín elhelyezkedése (MePAR, saját szerkesztés)

3.2. Időjárási viszonyok a vizsgálatok során

A 2023-as évben 921 mm csapadék hullott a kísérleti területen, az éves középhőmérséklet 12,5 °C volt. December bizonyult a legcsapadékosabb hónapnak (168 mm), a legszárazabb pedig a szeptember, ekkor mindössze 25 mm csapadék hullott. 2023-ban, április és augusztus között (a kukorica vegetációs időszakában) összesen 358 mm csapadékot mértem (6. ábra). A vizsgálat második évében (2024) augusztusig bezárólag 375 mm csapadék hullott, ez az adat a kukorica vegetációs időszakában 257 mm volt, mintegy 100 mm-el elmaradva a 2023-as vegetációs időszakban mérttől. A csapadékhiányt tetézte a nem megfelelő eloszlás, ugyanis a kukorica virágzásakor (július) mindössze 10 mm csapadék hullott. Ezen felül a július hónap volt az év legmelegebb hónapja, 25,3 °C-os havi középhőmérsékletet mértem (7. ábra).



6. ábra: A 2023-as évben mért havi középhőmérséklet és csapadékmennyiség (saját adatok)



7. ábra: 2024-es évben mért havi középhőmérséklet és csapadék mennyiség a betakarítás napjáig (saját adatok)

3.3. Termesztéstechnológiai és növényvédelmi lépések a kísérleti területen

A vizsgálatához választott táblán az elővetemény 2022-ben kukorica volt. Betakarítás után tárcsával történt a tarlóhántás, melyet őszi mélyszántás követett. A szántás elmunkálása március elején történt, majd április végén kompaktossal készítettünk magágyat. A vetésre április 27-én került sor Pioneer P0216 hibriddel (65.000 szem/ha). Posztemergens gyomszabályozást végeztünk a kukorica 3 leveles fenológiai állapotában klopíralid (Cliophar 600 SL) hatóanyaggal. Májusban sorközművelő kultivátorral végeztünk mechanikai gyomszabályozást, ezzel egyben 200 kg/ha Pétisót (27% N) juttattunk ki. A betakarítást parcellánként végeztük november 13-án (1. táblázat).

1. táblázat: A 2023-as évi kísérleti területen végzett termesztéstechnológiai és növényvédelmi elemek (saját szerkesztés)

Kezelés időpontja	Művelet megnevezése	Kijuttatott anyag	Dózis
2022.11.07.	szántás		
2023.03.08.	szántás elmunkálás, lezárás		
2023.04.22.	magágykészítés		
2023.04.27.	vetés	P0216 hibrid	65 000 tő/ha
	talajfertőtlenítés	teflutrin (Teflix) cipermetrin (Belem 0,8 MG) lambda-cihalotrin (Ercole)	12 kg/ha
2023.05.29.	herbicides kezelés	klopiralid (Cliophar 600 SL)	0,2 l/ha
2023.06.14.	sorközművelő kultivátorozás	27% N (Pétisó)	200 kg/ha
2023.11.13	betakarítás		

A kísérletemet a következő évben is megismételtem egy másik, ugyanazon szempontok alapján választott táblán. A termesztéstechnológia elemei teljes mértékben megegyeztek a 2023-as évi vegetációs időszakban végzett műveletekkel. A vetésre május 1-jén, a betakarításra pedig szeptember 6-án került sor (2. táblázat).

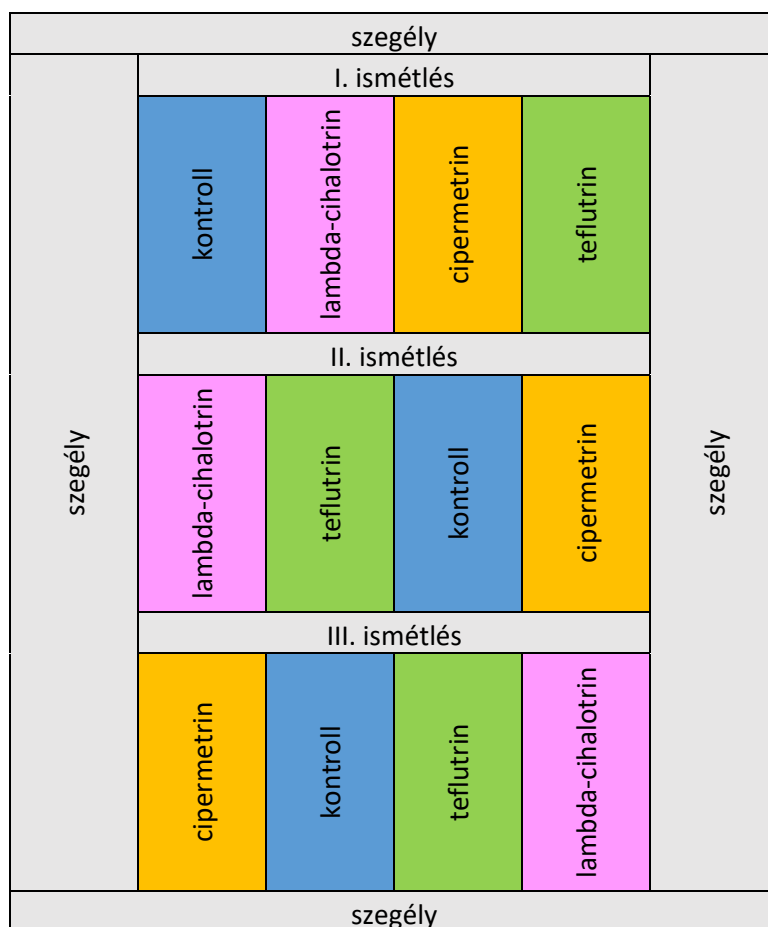
2.táblázat: A 2024-es évi kísérleti területen végzett termesztéstechnológiai és növényvédelmi elemek (saját szerkesztés)

Kezelés időpontja	Művelet megnevezése	Kijuttatott anyag	Dózis
2023.12.02.	szántás		
2024.03.14.	szántás elmunkálás, lezárás		
2024.04.25.	magágykészítés		
2024.05.01.	vetés	P0216 hibrid	65 000 tő/ha
	inszekticides talajfertőtlenítés	teflutrin (Teflix) cipermetrin (Belem 0,8 MG) lambda-cihalotrin (Ercole)	12 kg/ha
2024.05.26.	herbicides kezelés	klopiralid (Cliophar 600 SL)	0,2 l/ha
2024.06.09.	sorközművelő kultivátorozás	27% N (Pétisó)	200 kg/ha
2024. 09. 06.	betakarítás		

3.4. Kísérlet beállítása

A vizsgálatomat két vegetációs időszakban (2023-as, 2024-es) végeztem. Mindkét évben olyan táblát választottam, melyekben az elővetemény kukorica volt. Vetéssel egy menetben, a vetőgép mikrogranulátum-kijuttató rendszere segítségével, három különböző inszekticidet, három különböző hatóanyaggal (teflutrin, cipermetrin, lambda-cihalotrin) juttattam ki. A kezelt parcellákon kívül létrehoztam egy kontroll parcellát is. 9 méter széles és 120 méter hosszú parcellákat alakítottam ki, egy ismétlésbe három kezelt és egy kezeletlen parcella került, a kísérletet három ismétlésben végeztem el. A vizsgálat randomizációját az ismétléseken belül véletlenszerűen elhelyezett kezelésekkel biztosítottam. Minden parcella tizenkét sorból állt, melyek szélső sorait pufferzónaként tekintettem, így azokból nem vettem mintát (3. táblázat).

3. táblázat: A kísérlet elrendezése (szegélynövények: szürke szín, kezeletlen kontroll: kék szín, lambda-cihalotrin: rózsaszín, cipermetrin: sárga, teflutrin: zöld)



3.5. Felvételezési módszerek

3.5.1. A kukorica gyökérkátételének vizsgálata

A gyökérkártétel megállapításához a parcellákon kijelölt mintateret mindegyikéről lehet véletlenszerűen kiválasztott növényt ástam ki (12 parcella $\times$ 6 növény = 72 növény). A 2023-as vegetációs időszakban július 8-án, a 2024-es évben július 15-én ástam ki a növényeket. A növények gyökerét parcellánként elkülönítve szállítottam el és egy éjszakára beáztattam. Másnap lemostam a gyökerekről a maradék talajt és az IOWA 1-6 IOWA-skála (Hills és Peters 1971) alapján értékeltem a gyökérkár mértékét (8-9. ábra).



8. ábra: Kukorica gyökérének kiásása (Vereb, 2023, saját fotó)



9. ábra: Gyökérvérvétel értékelése IOWA 1-6 skála alapján (Vereb, 2024, saját fotó)

3.5.2. A kukorica dőlésének és szárátmérőjének vizsgálata

A gyökérvérvétel vizsgálathoz szükséges növények kiásásakor másik 6 növényt megjelöltem további vizsgálatokra. Betakarítás előtti napon megkerestem a megjelölt növényeket és megmértem a dőlésszögüket, illetve a szárkerületüket. A dőlés mértékét úgy határoztam meg, hogy a száron lemértem a talajfelszín és a harmadik nódusz közötti távolságot (A), illetve ugyanezt a távolságot vízmérték segítségével függőlegesen is (B) (10. ábra). A dőlésszöget a szinusz-tétel segítségével számoltam ki. A szárkerületet a talaj szintjétől számolva a 2. internodium közepénél mértem.



10. ábra: A dőlésszög meghatározása (Vereb, 2023, saját fotó)

3.5.3. Betakarításkori paraméterek felvételezése

A betakarítás előtti napon a kijelölt növényekről letörtem a csövet, melyeket egyesével megjelöltem (melyik parcella, melyik növénye), majd zsákba helyeztem és a telephelyre szállítottam. A kézzel betakarított csöveket egyesével értékeltem. Megmértem a csövek hosszát, a csövek területét, feljegyeztem növényenként a szemek számát, illetve a szemek tömegét (11. ábra). Ezen felül az egyes parcellákat külön-külön takarítottuk be és külön szállítójárművel szállítottuk a telephelyre, ahol megmértük parcellánként a termés mennyiségét.



11. ábra: Morzsolás és a kukoricaszemek tömegének mérése növényenként (Vereb, 2024, saját fotó)

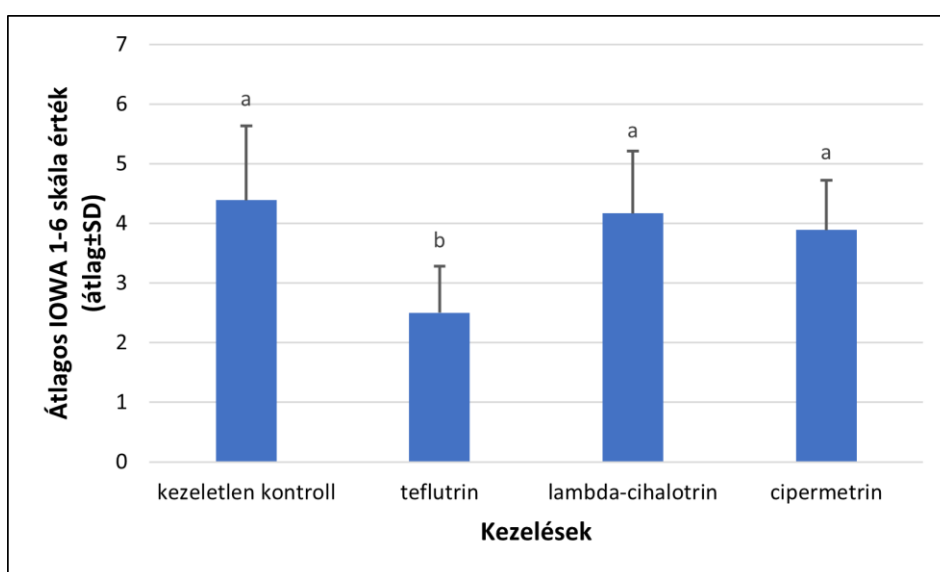
3.5.4. Statisztikai módszerek

A kísérlet során összegyűjtött adatokat a Microsoft Excel programban rendszereztem. A diagramok elkészítése során, valamint egyes számítások elvégzése során szintén a Microsoft Excel programmal dolgoztam. A statisztikai műveleteket Past programmal végeztem. Az adatok kiértékeléséhez egytényezős varianciaanalízist (ANOVA), valamint Tukey-tesztet alkalmaztam. A különbségek szignifikancia szintjéhez az 5%-os küszöbértéket vettem alapul (Baráth et al. 1996).

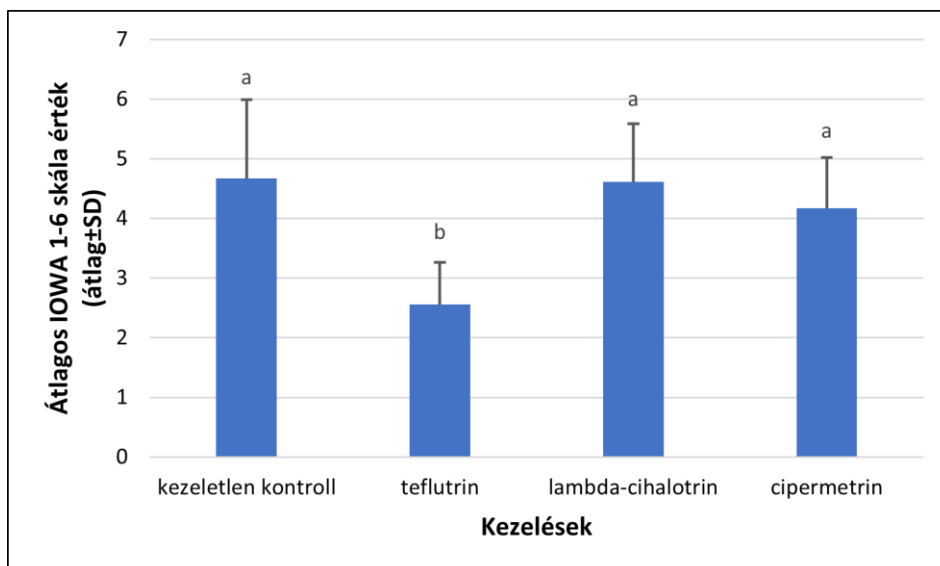
4. Eredmények

4.1. IOWA 1-6 skála szerinti gyökérkár elemzése

A 2023-as és a 2024-es vegetációs időszakokban végzett IOWA 1-6 skála szerinti gyökérkár-elemzés során a kezeletlen kontroll (4,39), a lambda-cihalotrin (4,17) és a cipermetrin (3,89) hatóanyagokkal kezelt parcellák gyökérkárosításai között nem volt kimutatható szignifikáns eltérés. A legkisebb gyökérkártételt a teflutrin hatóanyaggal kezelt parcellákon mértem (2,51), ami szignifikánsan kisebb volt, mint a másik három parcella értékei ($p=0,000$) (12-13. ábra).



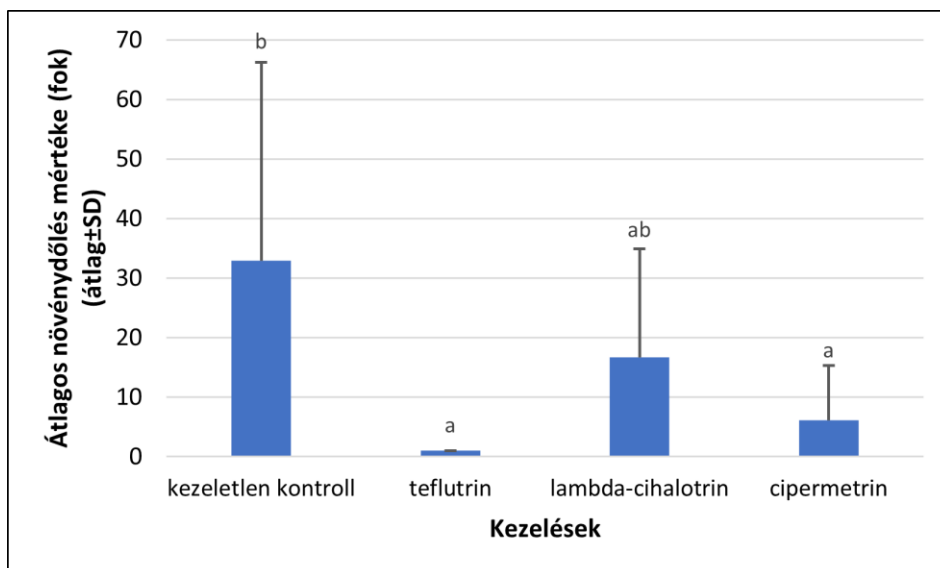
12. ábra: A növények átlagos IOWA 1-6 skála szerinti gyökérkártétel mértéke az egyes parcellákban a 2023-as vegetációs időszakban



13. ábra: A növények átlagos IOWA 1-6 skála szerinti gyökérvérvétel mértéke az egyes parcellákban a 2024-es vegetációs időszakban

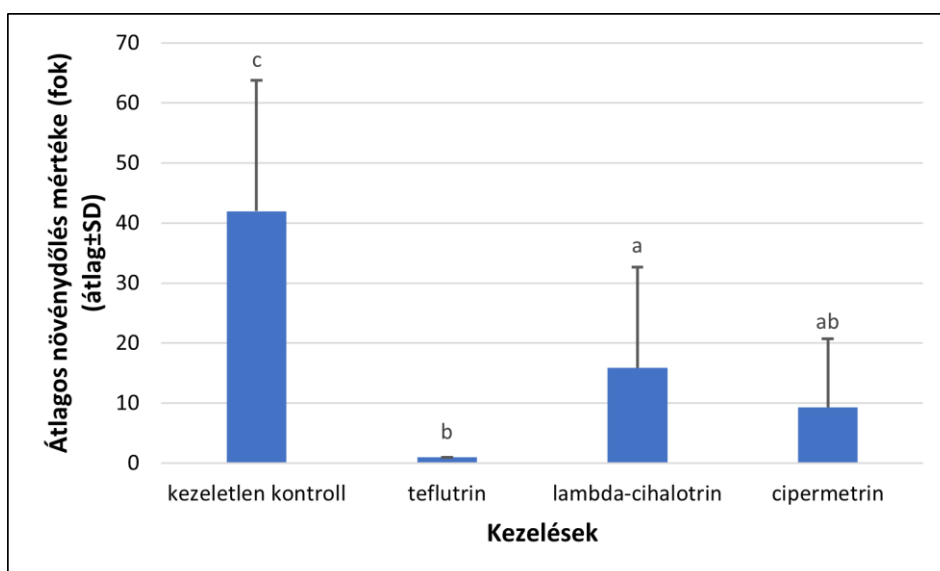
4.2. Kukorica növények dőlésszögének elemzése

A 2023-as vegetációs időszakban a teflutrin hatóanyaggal kezelt parcellákon a növények átlagos dőlése $1,05^\circ$, a cipermetrin hatóanyaggal kezelt parcellákon a növények átlagos dőlése $6,11^\circ$ volt. Ezeken a parcellákon szignifikánsan kisebb volt a növények dőlésszöge (teflutrin: $p=0,000$; cipermetrin: $p=0,000$), mint a kezeletlen kontroll parcellákon. A lambda-cihalotrin hatóanyaggal kezelt parcellákon mért átlagos dőlésszög ($16,65^\circ$) sem a kezeletlen kontroll ($p=0,070$), sem a másik két inszekticiddal kezelt parcellák értékeitől (teflutrin: $p=0,060$; cipermetrin: $p=0,037$) nem különböztek szignifikánsan. A kezeletlen kontroll parcellákon volt a legnagyobb dőlésszög ($32,38^\circ$) (14. ábra).



14. ábra: A növények átlagos dőlésének mértéke a 2023-as vegetációs időszakban

A 2024-es vegetációs időszakban kijelenthető, hogy mindhárom inszekticides kezelés során szignifikánsan kisebb volt a növények átlagos dőlése ($p=0,000$), mint a kezeletlen kontroll parcellákon. A teflutrin hatóanyaggal kezelt parcellákon mértem a legkisebb átlagos dőlésszöget ($1,12^\circ$), ez szignifikánsan kisebb volt, mint a lambda-cihalotrin hatóanyaggal kezelt parcellák átlagos növénydőlése ($15,86^\circ$) ($p=0,011$). A cipermetrin hatóanyaggal kezelt parcellák átlagos növénydőlése sem a teflutrin ($p=0,25$), sem a lambda-cihalotrin ($p=0,55$) hatóanyagokkal kezelt parcellák értékeitől nem tért el szignifikánsan (15. ábra).

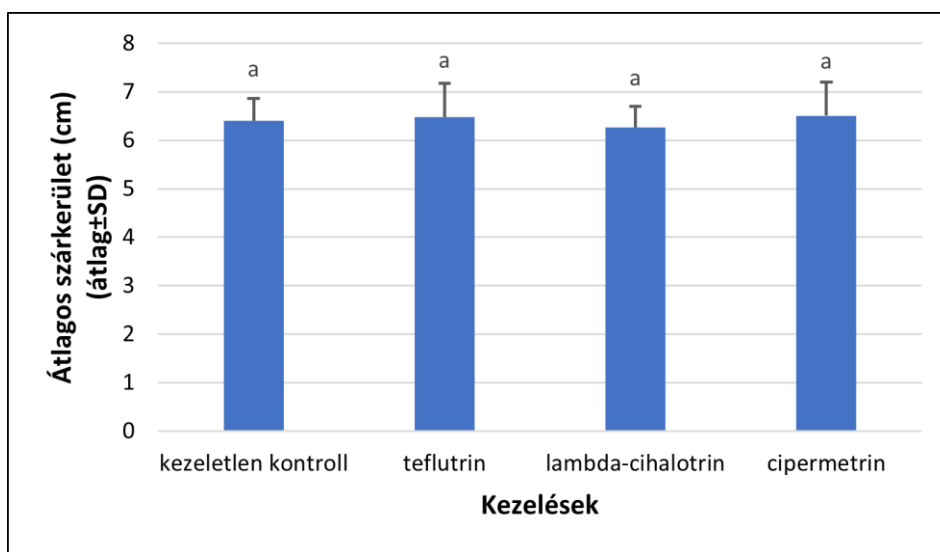


15. ábra: A növények átlagos dőlésének mértéke a 2024-es vegetációs időszakban

4.3.Kukorica értékmérő tulajdonságainak elemzése

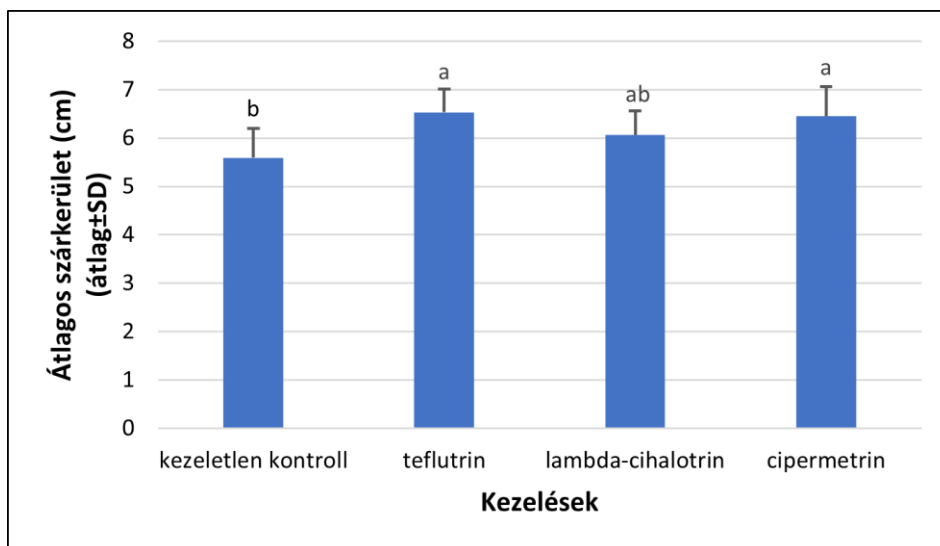
4.3.1. A kukoricaszár kerületének alakulása az inszekticides kezelések hatására

A 2023-as vegetációs időszakban a vizsgált parcellák kukoricaszár kerületei között nem volt szignifikáns különbség, a legkisebb átlagos értéket a lambda-cihalotrin hatóanyaggal kezelt parcellákon mértem (6,27 cm), a legnagyobbat a cipermetrin hatóanyaggal kezelt parcellákon (6,51 cm) (16. ábra).



16. ábra: A növények szárának átlagos kerülete a 2023-as vegetációs időszakban

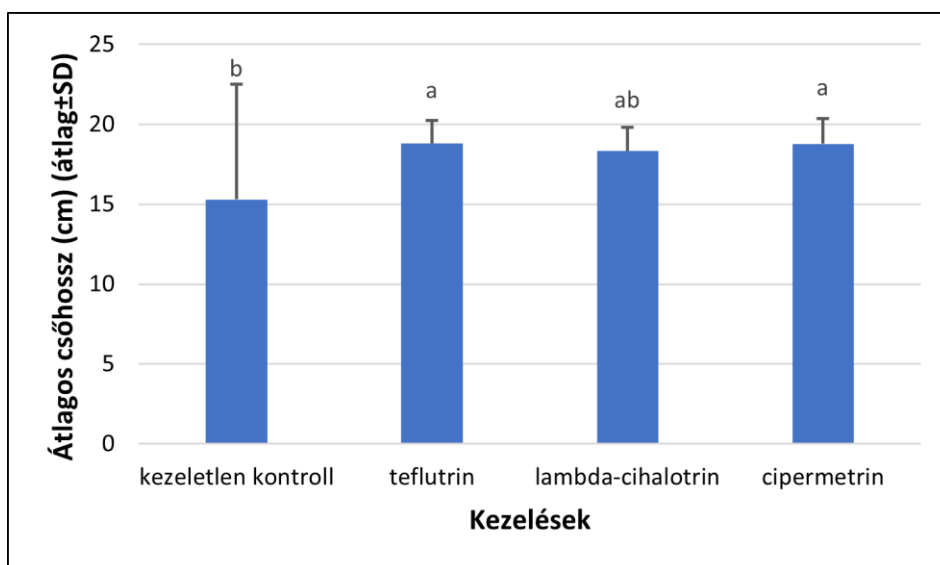
A 2024-es vegetációs időszakban a legnagyobb átlagos szárkerületet a teflutrin hatóanyaggal kezelt parcellák növényein mértem (6,53 cm), a legkisebbet a kezeletlen kontroll parcellákon (5,59 cm). A kezeletlen kontroll parcellák növényeinek szárkerületei szignifikánsan kisebbek voltak a teflutrin ($p=0,000$) és a cipermetrin ($p=0,000$) hatóanyagokkal kezelt parcellák növényein mért kerületekhez képest. A lambda-cihalotrin hatóanyaggal kezelt parcellák növényeinek kerülete sem a kezeletlen kontroll ($p=0,062$), sem a másik két hatóanyaggal kezelt parcellákon mért értékektől nem tért el szignifikánsan (teflutrin: $p=0,065$; cipermetrin: $p=0,17$) (17. ábra).



17. ábra: A növények szárának átlagos kerülete a 2024-es vegetációs időszakban

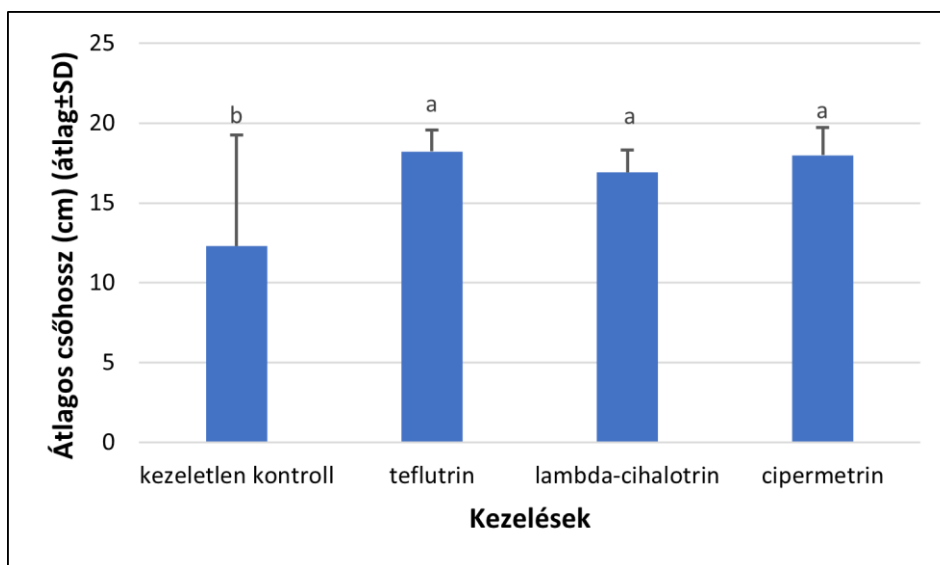
4.3.2. A cső hosszának alakulása az inszekticides kezelések hatására

A legnagyobb csőhosszúságot a teflutrin hatóanyaggal kezelt parcellák növényein mértem (18,81 cm). A csőhosszúság a kezeletlen kontroll parcellák növényein volt a legkisebb (15,29 cm). A kezeletlen kontroll parcellák csőhosszúsága szignifikánsan kisebb volt, mint a teflutrin ($p=0,037$) és a cipermetrin ($p=0,039$) hatóanyagokkal kezelt parcellák csőhosszúsága. A lambda-cihalotrin hatóanyaggal kezelt parcellák csőhosszúsága (18,33 cm) a másik három parcella csőhosszúságától nem tért el szignifikánsan a 2023-as vegetációban (18. ábra).



18. ábra: A csövek átlagos hosszúsága a 2023-as vegetációs időszakban

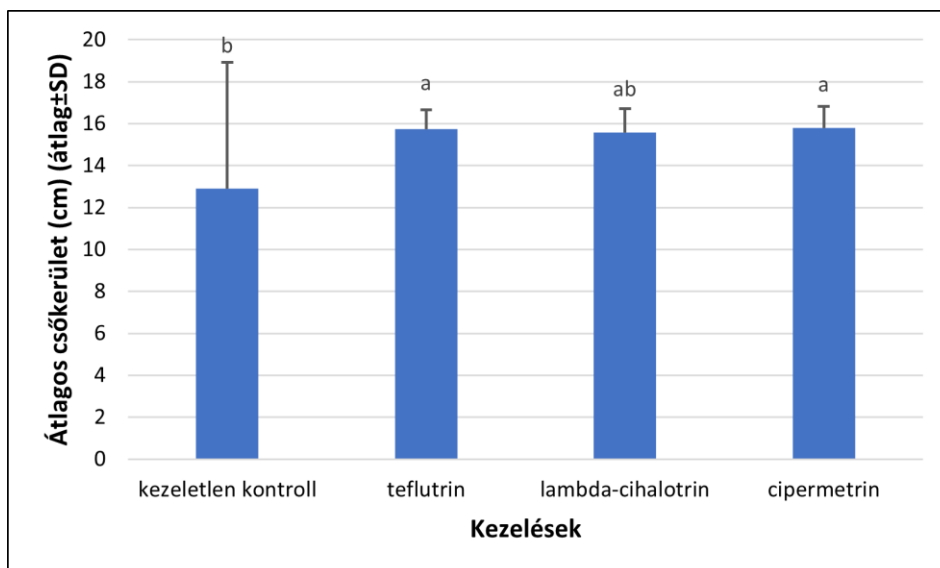
A 2024-es vegetációban az inszekticiddel kezelt parcellákon mért csőhosszúság nem tért el egymástól szignifikánsan, a legkisebb átlagos csőhosszt a lambda-cihalotrin hatóanyaggal kezelt parcellákon mértem (16,92 cm), a legnagyobbat pedig a teflutrín hatóanyaggal kezelt parcellákon (18,22 cm). A kezeletlen kontroll parcellákon mért átlagos csőhosszúság 12,3 cm volt, ez szignifikánsan kisebb a három inszekticiddel kezelt parcella növényein mért csőhosszúságnál (teflutrín: $p=0,000$; lambda-cihalotrin: $p=0,002$; cipermetrin: $p=0,000$) (19. ábra).



19. ábra: A csövek átlagos hosszúsága a 2024-es vegetációs időszakban

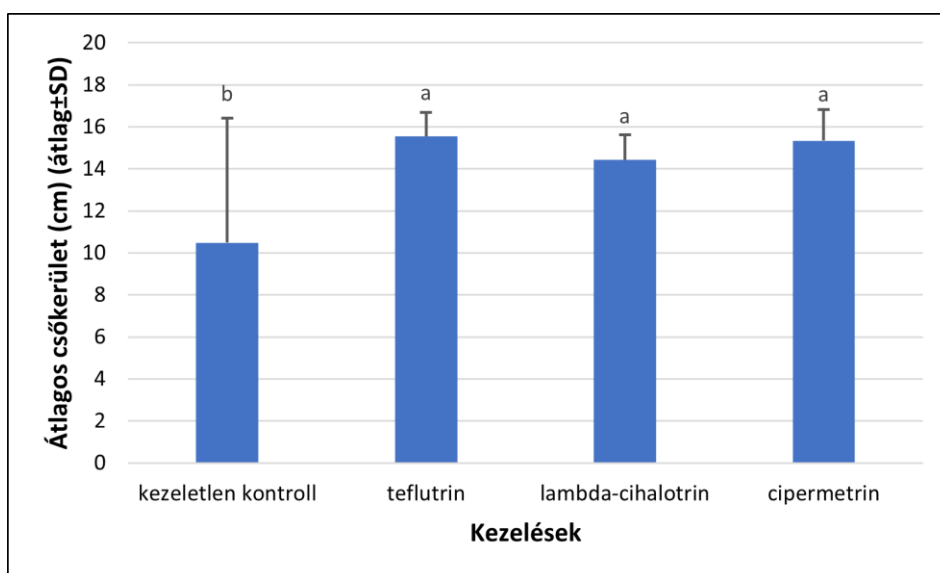
4.3.3. A cső kerületének alakulása az inszekticides kezelések hatására

A kezeletlen kontroll parcellák növényein mért csőkerület szignifikánsan eltért a teflutrín ($p=0,041$) és cipermetrin ($p=0,036$) hatóanyagokkal kezelt parcellák növényein mért csőkerülettől. A lambda-cihalotrin hatóanyaggal kezelt parcellák növényeinek csőkerülete sem a kezeletlen kontroll parcella, sem a másik két inszekticiddel kezelt parcella növényein mért csőkerülettől nem tért el szignifikánsan a 2023-as vegetációban (20. ábra).



20. ábra: A csövek átlagos kerülete a 2023-as vegetációs időszakban

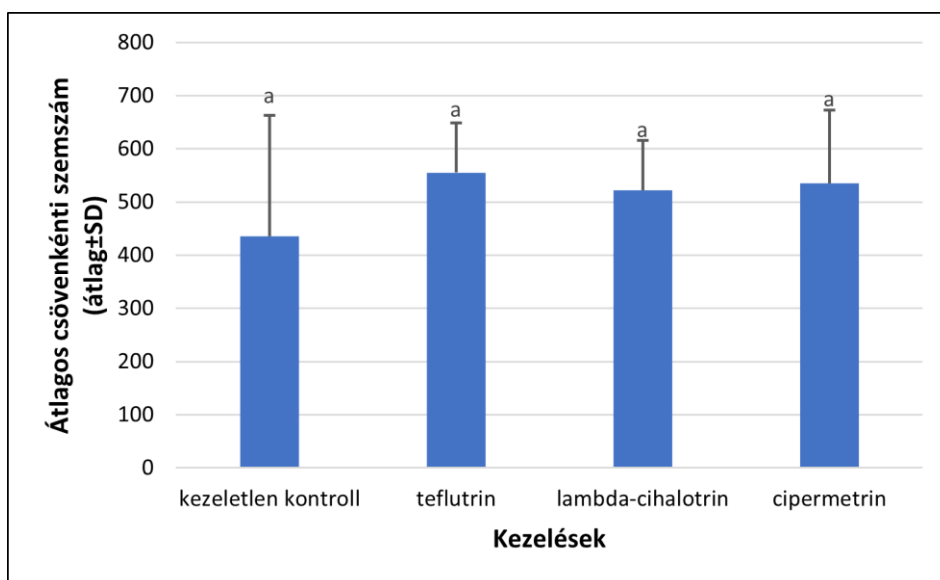
A 2024-es vegetációs időszakban az inszekticiddel kezelt parcellákon mért csőkerület értékek nem tértek el egymástól szignifikánsan, a legkisebb átlagos csőkerület értéket a lambda-cihalotrin hatóanyaggal kezelt parcellákon mértem (14,43 cm), a legnagyobbat pedig a teflutrin hatóanyaggal kezelt parcellákon (15,54 cm). A kezeletlen kontroll parcellákon mért átlagos csőkerület érték 10,49 cm volt, ez szignifikánsan kisebb, mint a három inszekticiddel kezelt parcella értékei (teflutrin: $p=0,000$; lambda-cihalotrin: $p=0,002$; cipermetrin: $p=0,000$) (21. ábra).



21. ábra: A csövek átlagos kerülete a 2024-es vegetációs időszakban

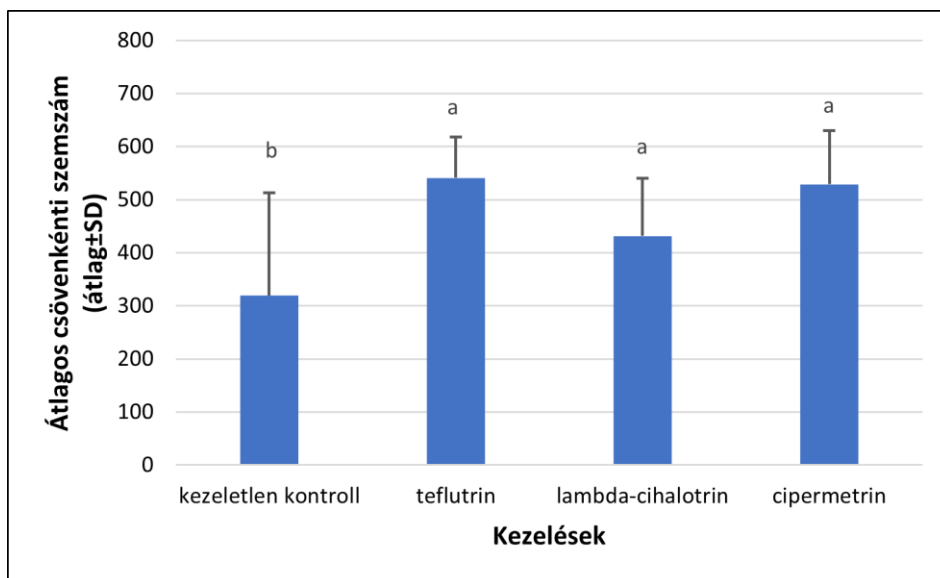
4.3.4. A csövenkénti szemszám alakulása az inszekticides kezelések hatására

A 2023-as vegetáció során a csövenkénti szemszám között a vizsgált parcellákon nem volt szignifikáns különbség, a legkisebb átlagos szemszám a kezeletlen kontroll parcellákon volt (435,6 db), a legnagyobb a teflutrin hatóanyaggal kezelt parcellákon (555,3 db) (22. ábra).



22. ábra: A csövenkénti átlagos szemszám a 2023-as vegetációs időszakban

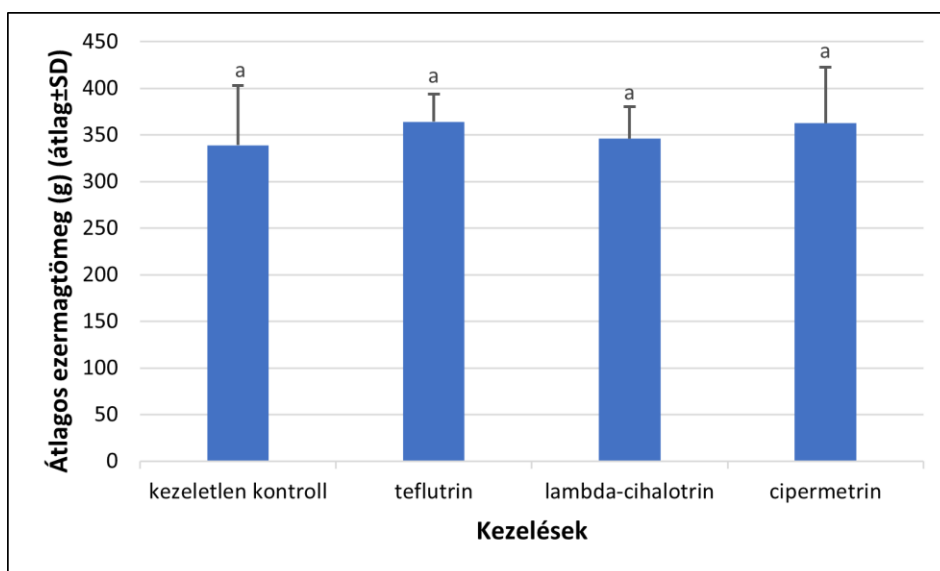
A 2024-es vegetációs időszakban az átlagos csövenkénti szemszám az inszekticiddel kezelt parcellákon 431,5 és 540,8 darab között mozgott, ezek egymástól nem tértek el szignifikánsan, azonban a kezeletlen kontroll parcellákon mért szemszám (319,1 db) szignifikánsan kisebb volt mindhárom talajfertőtlenítő szerrel kezelt parcella átlagos szemszámánál (teflutrin: $p=0,000$; lambda-cihalotrin: 0,049; cipermetrin: $p=0,000$) (23. ábra).



23. ábra: A csövenkénti átlagos szemszám a 2024-es vegetációs időszakban

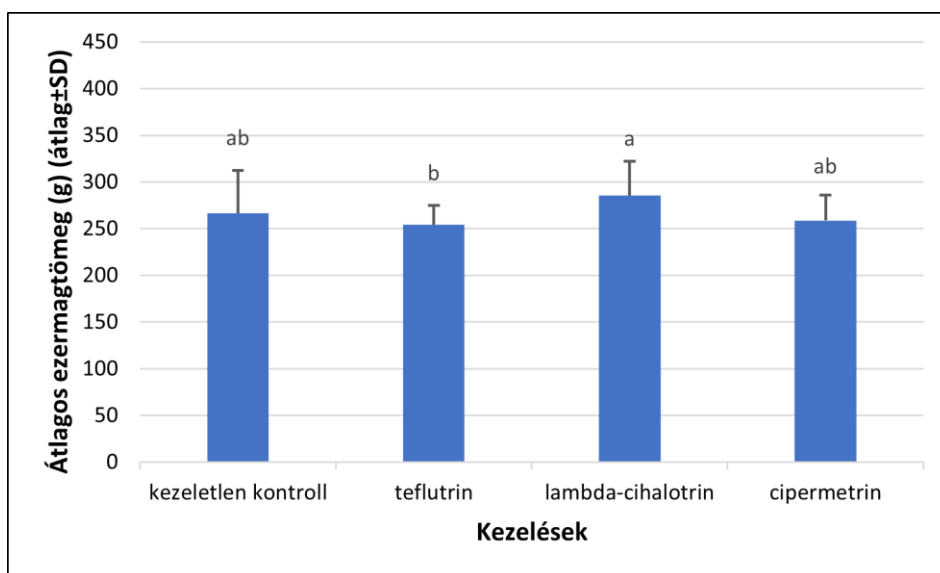
4.3.5. Az ezermagtömeg alakulása az inszekticides kezelések hatására

A 2023-as vegetációs időszakban az átlagos ezermagtömeg nem mutatott szignifikáns eltérést a vizsgált parcellákon. A legkisebb ezermagtömeget a kezeletlen kontroll parcellákon mértem (339,1 g), a legnagyobb ezermagtömeg a teflutrin hatóanyaggal kezelt parcellákon volt (364,0 g) (24. ábra).



24. ábra: Átlagos ezermagtömeg alakulása a 2023-as vegetációs időszakban

A 2024-es vegetációban a teflutrín hatóanyaggal kezelt parcellákon volt a legkisebb az átlagos ezermagtömeg (254,2 g), a legnagyobb átlagos ezermagtömeg a lambda-cihalotrin hatóanyaggal kezelt parcellákon volt megfigyelhető (285,6 g), a két érték között szignifikáns különbség volt ($p=0,039$). Sem a teflutrín, sem a lambda-cihalotrin hatóanyaggal kezelt parcellák ezermagtömegétől nem tértek el szignifikánsan a kezeletlen kontroll parcellák (266,5 g) és a cipermetrin hatóanyaggal kezelt parcellák (258,7 g) ezermagtömegei (25. ábra).

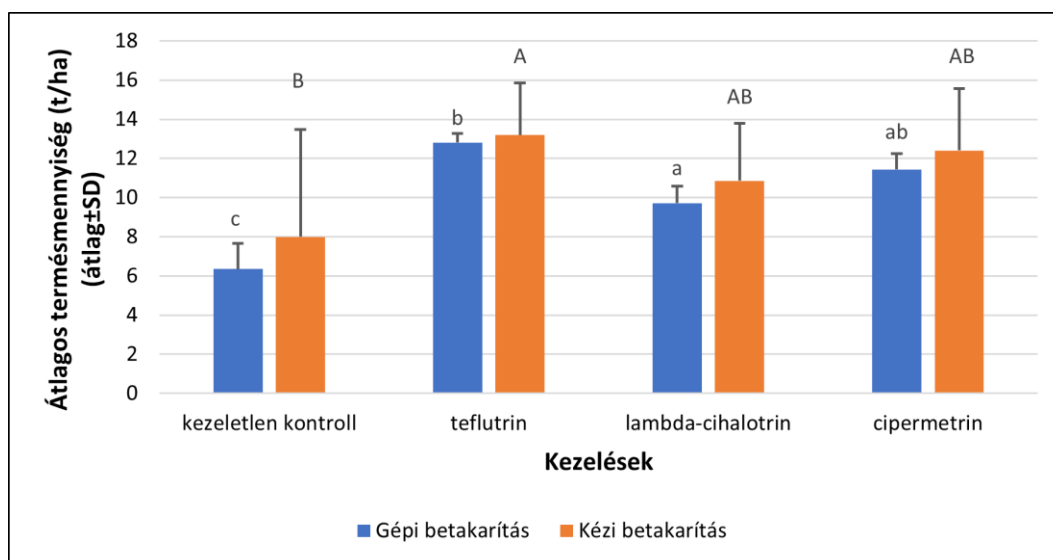


25. ábra: Átlagos ezermagtömeg alakulása a 2024-es vegetációs időszakban

4.3.6. A termésmennyiség alakulása az inszekticides kezelések hatására

A gépi betakarítás során a legnagyobb átlagos termésmennyiség a teflutrín hatóanyaggal kezelt parcellákon volt (12,8 t/ha), ez szignifikánsan nagyobb, mint a kezeletlen kontroll (6,3 t/ha, $p=0,000$) és a lambda-cihalotrin hatóanyaggal kezelt (9,7 t/ha, $p=0,014$) parcellák átlagos termésmennyisége. A cipermetrin hatóanyaggal kezelt parcellák átlagos termésmennyisége 11,4 t/ha volt, ez szignifikánsan nagyobb, mint a kezeletlen kontroll parcellák termésmennyisége ($p=0,000$), de a teflutrín és a lambda-cihalotrin hatóanyaggal kezelt parcellák átlagos termésmennyiségével összehasonlítva nem volt szignifikáns különbség (26. ábra).

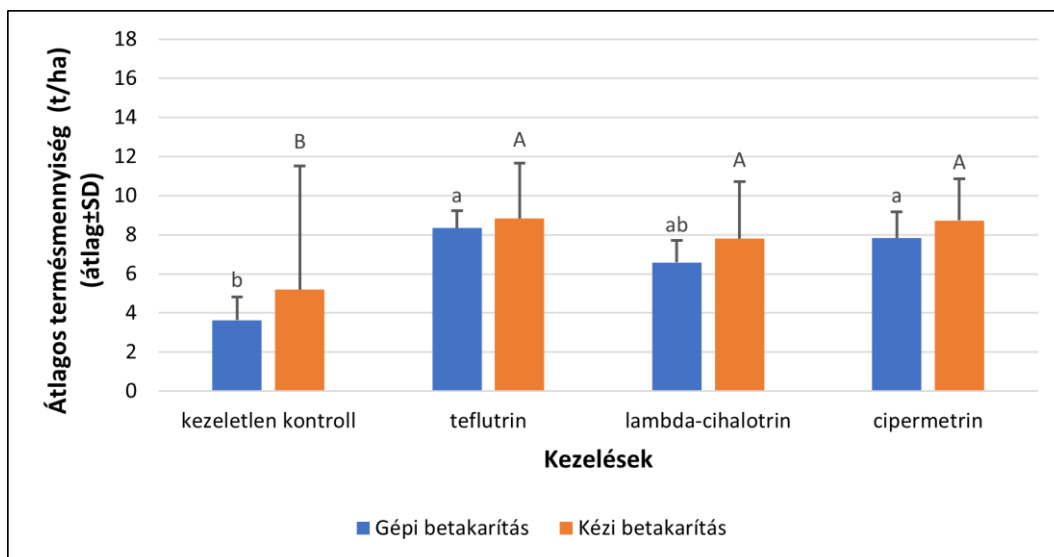
A kézi betakarítás során az átlagos termésmennyiség tekintetében kizárólag a kezeletlen kontroll (8 t/ha) és a teflutrin hatóanyaggal kezelt (13,2 t/ha) parcellákon volt kimutatható szignifikáns különbség ($p=0,029$), a lambda-cihalotrin hatóanyaggal (10,9 t/ha) és a cipermetrin hatóanyaggal (12,4 t/ha) kezelt parcellák nem tértek el szignifikánsan sem a kezeletlen kontroll, sem a teflutrin hatóanyaggal kezelt parcellák termésmennyiségétől a 2023-as vegetációban (26. ábra).



26. ábra: A parcellánkénti átlagos termésmennyiség a 2023-as vegetációs időszakban

A 2024-es vegetációban a gépi betakarítás során a legnagyobb átlagos termésmennyiség a teflutrin hatóanyaggal kezelt parcellákon volt (8,35 t/ha), ez szignifikánsan nem tért el a cipermetrin (8,7 t/ha) és a lambda-cihalotrin (7,8 t/ha) hatóanyaggal kezelt parcellák átlagos termésmennyiségétől. A legkisebb átlagos termésmennyiség a kezeletlen kontroll parcellákon volt (3,6 t/ha), mely szignifikánsan kisebb, mint a teflutrin ($p=0,004$) és a cipermetrin ($p=0,009$) hatóanyaggal kezelt parcellák átlagos termésmennyisége (27. ábra)

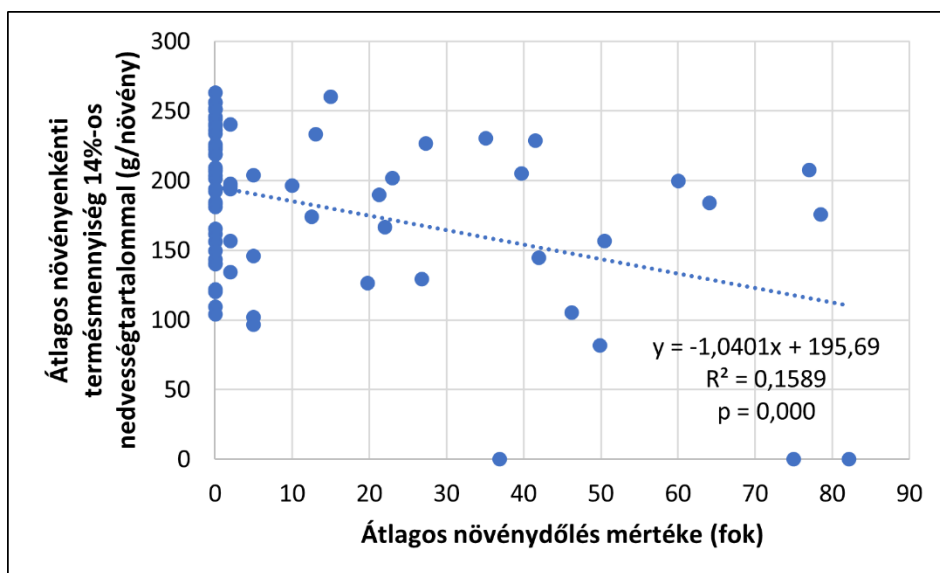
A 2024-es vegetációs időszakban az átlagos termésmennyiség a kézi betakarítás során a három inszekticiddal kezelt parcellán nem tért el szignifikánsan (7,8-8,8 t/ha). A kezeletlen kontroll parcellák átlagos termésmennyisége (5,2 t/ha) mindegyik talajfertőtlenítő szerrel kezelt parcella átlagos termésmennyiségénél szignifikánsan kisebb volt (teflutrin: $p=0,000$; lambda-cihalotrin: $p=0,004$; cipermetrin: $p=0,000$) (27. ábra).



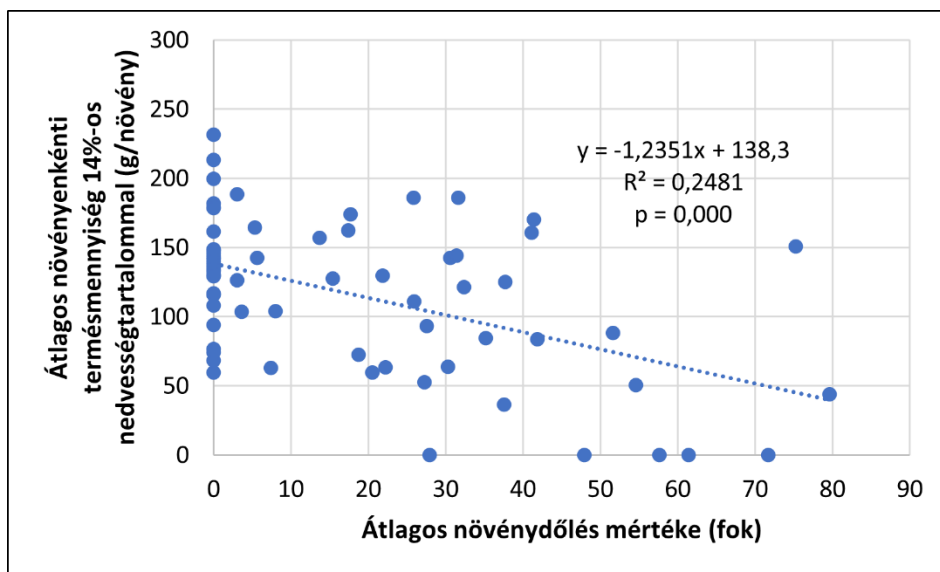
27. ábra: A parcellánkénti átlagos termésmennyiség a 2024-es vegetációs időszakban

4.4. A kukoricaszár dőlésszöge és a termésmennyiség közötti összefüggések

A növények átlagos dőlésszöge és a növényenkénti átlagos termésmennyiség között mindkét vizsgált vegetációs időszakban szoros összefüggést ($p=0,000$) figyeltem meg, minél nagyobb volt a növények dőlésének mértéke, annál kisebb volt a termésmennyiség (28-29. ábra).



28. ábra: Az átlagos termés és a növények átlagos dőlésszöge közti összefüggés, 2023-as vegetációs időszakban



29. ábra: Az átlagos termés és a növények átlagos dőlésszöge közti összefüggés, 2024-es vegetációs időszakban

5. Következtetések és javaslatok

Mindkét vizsgálati évben (2023, 2024) a teflutrinnal kezelt parcellákon kisebb volt a gyökérvérvényesítés mértéke a kezelt kontroll parcellákhoz képest. A teflutrinnal kezelt parcellák IOWA 1-6 skála szerinti átlagos gyökérvérvényesítésének mértéke 2023-ban 2,5, 2024-ben 2,6 volt, melyek nem érik el a Davis (1994) által megállapított 3,5-ös küszöbértéket, tehát a kezelés hatásos volt. A másik két kezelés (lambda-cihalotrin: 4,17-4,67, cipermetrin: 3,89-4,17) esetében az átlagos érték 3,5 felett volt, ezeken a parcellákon a kezelés ellenére is jelentős kártétel volt megfigyelhető. Az inszekticidekkel kezelt területekhez képest a kezelt kontroll parcellák nagyobb (4,39-4,67) gyökérvérvényesítései azt jelentik, hogy mindegyik kezelésnek volt hatása, azonban a hatásfok eltérő volt. Az IOWA 1-6 skála szerinti gyökérvérvényesítés-eredményei közül csak a teflutrinnal kezelt parcellák átlagos gyökérvérvényesítései vannak Davis (1994) gazdasági küszöbértéke alatt. Ezért a kezelt kontroll és a másik két inszekticiddel kezelt parcellán, melyek a gazdasági küszöbérték felett vannak, gazdasági kár, termés csökkenésre számítottam. Ennek ellenére, a termésátlagot vizsgálva csak a kezelt kontroll parcellákról betakarított termés mennyisége maradt alul az inszekticiddel kezelt parcellákhoz képest.

A teflutrinnal és a cipermetrinnal kezelt parcellákon mindkét vizsgálati évben kisebb volt a növények átlagos dőlése, mint a kezelt kontroll parcellákon. A lambda-cihalotrinnal kezelt parcellák növényeinek átlagos dőlése csak a 2024-es évben volt kisebb, mint a kezelt kontroll parcellák növényeinek átlagos dőlése. Nagy et al. (2003) vizsgálatai szerint a növények dőlése és a betakarított termés mennyisége összefügg, azaz a dőlés mértékéből következtethetünk a termésátlagra. Ezt a megállapítást a vizsgálataim során én is megerősítettem, mivel a termésátlagot vizsgálva az inszekticiddel kezelt parcellákon szignifikánsan nagyobb értékeket mértem, mint a kezelt kontroll parcellákon.

A 2024-es év aszályos nyarának köszönhetően hamarabb sor került a betakarításra, ami a 2023-hoz képest kisebb hozamot produkált, illetve feltehetően hatással volt a különböző értékmérő tulajdonságokra. A növények szárkerületében a 2023-as vegetációs időszakban nem volt különbség, viszont a 2024-es évben a teflutrinnal és a cipermetrinnel kezelt parcellák növényein mért értékek szignifikánsan nagyobbak voltak a kezelt kontrollénál. Ennek az eltérésnek lehet az oka a kevesebb csapadék, ahogyan ezt Orosz (2009) is tapasztalta vizsgálatai során.

A csőhossz és csőkerület alapján szintén megállapítható, hogy a kezeletlen kontroll parcellák növényein mért értékek mindkét évben alulmaradtak az inszekticiddel kezelt parcellák növényeihez képest. A teflutrinnal és a cipermetrinnel kezelt parcellák növényein mért csőhossz és csőkerület mindkét évben szignifikánsan nagyobb értéket mutatott, míg a lambda-cihalotrinnal kezelt parcellák növényein mért adatok csak a 2024-es vegetációs időszakban voltak nagyobbak a kezeletlen kontroll parcellák növényeihez képest. A lambda-cihalotrinnal kezelt parcellák esetében tapasztalt eltérés oka lehet a két év eltérő időjárása (Orosz 2009), az aszályos viszonyok között jobban megmutatkoztak a különbségek az inszekticiddel kezelt és a kezeletlen kontroll parcellák között, mint a 2023-as évben, amikor csapadékeloszlás szempontjából jobbak voltak a viszonyok.

Az ezermagtömeg vizsgálat eredményeit tekintve a 2023-as vegetációs időszakban nem volt különbség az inszekticiddel kezelt és a kezeletlen kontroll parcellák között, viszont a 2024-es évben tapasztaltam eltéréseket. Mivel az első vizsgálati évben nem volt különbség, a második évben sem számítottam rá, így egyéb tényezőket is vizsgáltam az ezermagtömeg értékek közötti különbségek megmagyarázására. Nagy et al. (2023) kutatásaik során kukoricahibridek termés paramétereit vizsgálták öntözött állományban, ahol folyamatosan biztosított volt a szükséges nedvesség és a hibridek a rájuk jellemző ezermagtömeget produkálták, eredményeik miatt én is a terület mikroklimájában kerestem a választ. Az időjárési adatokat megnézve látható, hogy a júliusi csapadék mennyiség szinte a nullával egyenlő. A kukorica virágzása a nyárnak ebben az időszakában van, és a kötődéshez szüksége van nedvességre, mely az idei évben nem állt rendelkezésre, ezért hiányosan termékenyülő csövek alakultak ki, melyek ahhoz vezettek, hogy az ezermagtömeg értékek között nagy különbségeket tapasztalhattunk.

Fontosnak tartom kiemelni, hogy annak ellenére, hogy a megdőlt növények is neveltek termést, ez sok esetben nem volt géppel betakarítható az alacsony elhelyezkedésük miatt. A 2023-as vegetációs időszakban a kezeletlen kontroll parcellákon gépi betakarítást követően mért átlagos termésmennyiség 20,7%-kal maradt el az előzőleg kézi morzsolással mért termésmennyiségtől. Ugyanez a különbség a teflutrinnal kezelt parcellák esetében 3%, a lambda-cihalotrin hatóanyaggal kezelt parcellák esetében 10,5%, a cipermetrin hatóanyaggal kezelt parcellák esetében pedig 7,9%. A 2024-es vegetációban is hasonló termésveszteséget figyeltem meg, de a kisebb átlagos termésmennyiség miatt az eltérés aránya nagyobb volt (kezeletlen kontroll: 30,2%, teflutrinnal: 5,5%, lambda-cihalotrin: 15,6%, cipermetrin: 10,5%). Illetve a megdőlt állományban a kombájnnal jelentősen kisebb sebességgel tudott haladni, mely rontotta a hatékonyságot.

javaslom a termelőknek, hogy ha egymás utáni két évben ugyanazon a területen szeretnék kukoricát termeszteni, annak ellenére, hogy a legjobb védekezés a megelőzés, azaz a vetésváltás, mindenképpen végezzenek előző évben felmérést az imágók egyedszámáról. Amennyiben az imágók eléri a gazdasági kárküszöbértéket, szükséges valamilyen beavatkozás a lárvák által okozott gyökérvárosodás mérséklésére.

6. Összefoglalás

Diplomadolgozatom célkitűzése volt a Magyarországon engedélyezett három piretroid hatóanyagcsoportba tartozó talajfertőtlenítő inszekticid hatóanyag (teflutrin, lambda-cihalotrin, cipermetrin) hatásának vizsgálata az amerikai kukoricabogár lárvája által okozott kártételre, illetve a kukorica egyes paramétereire (szár terület, csőhossz, csőkerület, csövenkénti szemszám, ezermagtömeg, termésátlag). Ezen felül arra kerestem a választ, hogy milyen összefüggések vannak a kártevő lárvája által okozott növénydőlés mértéke és a termésmennyiség között.

A vizsgálatomat a saját gazdaságunkban két vegetációs időszakban (2023-as, 2024-es) végeztem. Mindkét évben olyan táblát választottam, melyekben az elővetemény kukorica volt. Vetéssel egy menetben, a vetőgép mikrogranulátum-kijuttató rendszere segítségével, három különböző inszekticidet, három különböző hatóanyaggal (teflutrin, cipermetrin, lambda-cihalotrin) juttattam ki. A kezelt parcellákon kívül létrehoztam egy kontroll parcellát is. 9 méter széles és 120 méter hosszú parcellákat alakítottam ki, egy ismétlésbe három kezelt és egy kezeletlen parcella került, a kísérletet három ismétlésben végeztem el. A vizsgálat randomizációját az ismétléseken belül véletlenszerűen elhelyezett kezelésekkel biztosítottam. Minden parcella tizenkét sorból állt, melyek szélső sorait pufferzónaként tekintettem, így azokról nem vettem mintát. Vizsgáltam a lárvák által okozott gyökérvérít mértékét IOWA 1-6 skála alapján, mértem a növények dőlését, illetve szárkerületét, valamint az értékmérő tulajdonságaikat.

A kísérletben vizsgált hatóanyagokkal kezelt parcellák közül minden esetben a teflutrinnal kezelt parcellák voltak a legkisebb mértékű károsítások, illetve ezeken a parcellákon mértem a legnagyobb átlagos termésmennyiséget is. A teflutrin hatóanyaggal kezelt parcellákon a gyökérvérít IOWA 1-6 skála értéke – két éves átlagban – 2,53 volt, ami jóval kisebb a lambda-cihalotrin (4,39), illetve cipermetrin (4,03) hatóanyagokkal kezelt parcellákhoz képest. A kezeletlen kontroll parcellákon mért értékek két éves átlagban 4,53, azaz csak a teflutrin hatóanyaggal kezelt parcellákon volt szignifikánsan kisebb a kár. A csövek méretét tekintve a kezeletlen kontroll parcellák értékei mindkét évben alulmaradtak az inszekticiddel kezelt parcellákról betakarított csövekhez képest. Mindhárom hatóanyag mérsékelte a kárt, azonban a hatásfok eltérő volt. A betakarított mintacsövek alapján becsült termésmennyiség és a gépi betakarítás során mért átlagos termésmennyiség közötti különbség rávilágított arra, hogy a megdőlt növények hiába képesek csövet fejleszteni, ha azt a gép nem képes betakarítani.

A kukoricatermesztés során elengedhetetlen az integrált növényvédelem lépéseinek betartása. Amennyiben egymás utáni két évben is kukoricát szeretnénk termesztetni elkerülhetetlen az előrejelzésre alapozott döntéshozatal és - ha szükséges – a megfelelő védekezési mód kiválasztása. A gazdasági év végén nem maradhat el az integrált szemléletű gazdálkodás legfontosabb lépése, az értékelés, mely a jövőbeli döntéshozatal alapját képezi.

7. Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek **Dr. Pálincás Zoltánnak**, aki irányt mutatott a kísérletem beállítása és diplomadolgozatom elkészítése során.

Köszönettel tartozom továbbá **családom tagjainak**, hogy lehetővé tették kísérletem elvégzését saját gazdaságunkban és támogattak a dolgozatom megírásában.

8. Irodalomjegyzék

- Baca, F. (1993): New member of the harmful entomofauna of Yugoslavia. Report at the „XXI Yugoslavian Entomol. Conference”, Belgrade, 1993. 11. 17-18.
- Ball, H. J. (1957): On the biology and egg-laying habits of the western corn rootworm.
- Baráth Cs., Ittész A. és Ugrósdý Gy. (1996): Biometria módszertani alapok és a MINITAB programcsomag alkalmazása. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 288 p.
- Bayar K., Komáromi J., Kiss J., Edwards, C. R., Hataláné Zsellér I. és Széll E. (2003): Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) populációjának jellemzői kukorica monokultúrában. Növénytermelés, 52:185–202.
- Bazok, R., Sivcev, I., Kos, T., Igrc-Barcic, J., Kiss, J. and Jankovic, S. (2011): Pherocon AM trapping and the “Whole plant count” method — A comparison of two sampling techniques to estimate the WCR adult densities in Central Europe. Cereal Research Communications, 39: 298–305.
- Bazok, R., Lemic, D., Chiarini, F. and Furlan, L. (2021): Western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) in Europe: Current status and sustainable pest management. Insects, 12 (3): 195.
- Benton, J. J. Jr. (1998): Plant nutrition manual. CRC Press, USA, 230 p.
- Beres, P.K. (2013): Study on the improvement of integrated maize protection against the Western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) and the European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hbn.).
- Berzsenyi Z., Ragab, A.Y. és Lap, D.Q. (1998): A vetésidő hatása a kukoricahibridek (*Zea mays* L.) növekedési jellemzőire (a klasszikus és a HP-modell összehasonlítása). Növénytermelés, 47(6): 655-676.
- Bigger, J.H., Snelling, R.O. and Blanchard, R.A. (1941): Resistance of corn strains to the southern corn rootworm, *Diabrotica duodecimpunctata* (F.). Journal of Economic Entomology, 34: 605-613.
- Bódi Z. (2005): Speciális kukoricafajták termesztési lehetőségei és perspektívái hazánkban. „A jövő tudósai, a vidék jövője” doktoranduszok konferenciája, DE MTK, Debrecen, Nov. 18.

- Bosnyákné E.H. (2015): Monokultúrában tapasztalt amerikai kukoricabogár kár és gazdasági következményei. *Agrofórum Extra*, 62: 84-85.
- Camprag, D. (1995): Kukoruzna zlatica (*Diabrotica virgifera virgifera*). Drustvo za zastitutu bilja Srbije, Beograd. November 1995. 112. p.
- Chiang, H. C. (1973): Bionomics of the northern and western corn rootworms. *Annual Review of Entomology*, 18: 47-72.
- Ciche, T. A. and Jerald, J. C. (2003): For the insect pathogen *Photorhabdus luminescens*, which end of a nematode is out? *Applied and Environmental Microbiology*, 69(4): 1890-1897.
- Ciobanu, C., Sandor, M., Ciobanu, G., Domuta, C., Samuel, A.D., Vuscan, A. and Chereji, I. (2009): Research regarding *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte (the Western root worm) control in sustainable agriculture. *Romanian Agricultural Research*, 26: 79-84.
- Cordis (2008): https://cordis.europa.eu/docs/results/22/22623/123869751-6_en.pdf (2024. október)
- Cordis (2024): <https://cordis.europa.eu/project/id/QLK5-CT-1999-01110/pl> (2024. október)
- Costea, M-A., Lalescu, D. and Grozea, I. (2024): Monitoring and Managing Pests in Conventional and Organic Corn through Environmentally Friendly Approaches. *Romanian Agricultural Research*, 41: 229-240.
- Csorba Cs. (2002): Védekezési lehetőségek csávázással az amerikai kukoricabogár ellen. *Gyakorlati Agrofórum Extra*, 1: 42-44.
- Davis, P.M (1994): Comparison of economic injury levels for western corn rootworm (*Coleoptera: Chrysomelidae*) infesting silage and grain corn. *Journal of Economic Entomology*, 87: 1086-1090.
- Dóka L. F., Szabó A., Szabó É. és Ragán P. (2022): A takarmánykukorica vetéstechnológiája – mire is figyeljünk? *Mezőhír*, 26(11): 84-86.
- 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. and Kiss, J. (2012): Western Corn Rootworm in Europe 2012. URL <http://www.entm.purdue.edu/wcr>

EPPO (2024): <https://gd.eppo.int/taxon/DIABVI/distribution>

European Commission (2001): Directive 2001/18/EC of the European Parliament and of the Council on the deliberate release into the environment of genetically modified organisms and repealing Council Directive 90/220/EEC. Official Journal of the European Communities, 17.4.2001, L 106/1.

Geisert, R.W., Cheruiyot, J.D., Hibbard, B.E. and Coudron, T.A. (2018): Comparative Assessment of Four Steinernematidae and Three *Heterorhabditidae* Species for Infectivity of Larval *Diabrotica virgifera virgifera*. Journal of Economic Entomology, 111(2)

Gillette, C.P. (1912): *Diabrotica virgifera* as a corn rootworm. Journal of Economic Entomology, 5: 364–366.

Gill, S. S., Cowles, A. E. and Pietranonio, V. P. (1992): The mode of action of *Bacillus thuringiensis* endotoxins. Annual review of Entomology, 37: 615-636.

Goldfrey, L.D., Meinke, L.J. and Wright, R.J. (1993): Vegetative and reproductive biomass accumulation in field corn: Response to root injury by western corn rootworm (*Coleoptera*, *Crysomelidae*). Journal of Economic Entomology, 86: 1557-1573.

Goldfrey, L.D., Meinke, L.J., Wright, R.J. and Hein, G.L. (1995): Environmental and edaphic effects on western corn rootworm *Coleoptera: Crysomelidae* overwintering egg survival. Journal of Economic Entomology, 88: 1445-1454.

Gray, M.E. and Tollefson, J.J. (1988): Influence of tillage systems on egg populations of western and northern corn rootworms (*Coleoptera: Chrysomelidae*). Journal of the Kansas Entomological Society, 61: 186-194.

Grozea, I., and Costea, M. A. (2022): Management of the Western Corn Rootworm (*D. v. virgifera*) in Corn Cultivation System. Universal Journal of Agricultural Research, 10(5): 501-513.

Gyeraj A. (2022): Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) imágó-bibekártételének elemzése csemegekukoricában. Doktori értekezés, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő, 96 p.

Hataláné Zs. I. és Ripka G. (2001): Integrált védekezés az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera*) ellen. Agroinform Kiadó és Nyomda, Budapest

- 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. *Journal of Economic Entomology*, 78: 200-203.
- Hidvégi Sz. (szerk.) (2007): *Növénytermesztés*. Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma, Agrárgazdasági és Vidékfejlesztési Kar, Debrecen, 141 p.
- Hills, T. M. and Peters, D. C. (1971): A method of evaluating postplanting insecticide treatments for control of western rootworm larvae. *Journal of Economic Entomology*, 64(3): 764-764.
- http1: Nébih Növényvédő szerek adatbázisa. <https://novenyvedoszer.nebih.gov.hu/Engedelykereso/kereso> (2024. január)
- http2: Sumi Agro – Ercole. <https://sumiagro.hu/kategoria/rovar-es-atkaoloszerek/ercole/> (2024. január)
- http3: Corteva – Teflix. <https://www.corteva.hu/agronomiai-kozpont/Teflix-az-uj-talajfertotlenito-szer-kukoricaban-es-napraforgoban.html> (2024. január)
- http4: Nébih neonikotinoidok <https://portal.nebih.gov.hu/-/uveghazi-felhasznalasra-korlatoztak-a-neonikotinoidokat> (2024. október)
- http5: KSH https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0012.html (2024. október)
- Illes, A., Bojtor, C., Szeles, A., Mousavi, S. M. N., Toth, B., Nagy, J., and Popovic, Vera (2021): "Analyzing the Effect of Intensive and Low-Input Agrotechnical Support for the Physiological, Phenometric, and Yield Parameters of Different Maize Hybrids Using Multivariate Statistical Methods" *International Journal of Agronomy*, 1: 1687-8167
- Ilovai Z., Princzinger G. és Tóth M. (1997): Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, *Coleoptera: Chrysomelidae*) felderítése Magyarországon 1996-ban. *Növényvédelmi Tudományos Napok*, Budapest.
- Isard, S. A., Spencer, J. L., Nasser, M. A. and Levine, E. (2000): Aerial movement of western corn rootworm (*Coleoptera: Chrysomelidae*): Diel periodicity of flight Activity in Soybean fields. *Environmental Entomology*, 29(2): 226-234.
- Ivezić, M., Raspudić, E., Brmež, M., Majič, I., Brkić, I., Tollefson, J. J., Bohn, M., Hibbard, B. E. and Simič, D. (2009): A review of resistance breeding options targeting western corn

- rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte), Agricultural and Forest Entomology, 11: 307-311.
- Johnson, T.B. and Turpin, F.T. (1985): Northern and western corn rootworm *Cloeoptera: Crysmelidae* oviposition in corn as influenced by foxtail populations and tillage systems. Journal of Economic Entomology, 78: 57-60.
- Keszthelyi S. (2005): Immigration of western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) adults into first year corn in Somogy county 2004. Cereal Research Communications, 33: 747-754.
- Keszthelyi S., Szabó T. és Kurucsai P. (2007): Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) kártételének vizsgálata. Növényvédelem, 43(8): 345-351.
- Keszthelyi S., Vörös G., Szeőke K. és Fischl G. (2009): Az árukukorica növényvédelme. Növényvédelem, 45(5): 257-277.
- Keszthelyi S. (2016): Szántóföldi növények kártevői. Agroinform Kiadó és Nyomda, Budapest, 190 p.
- Kiss J., Edwards C. R. (2001): A kukoricabogár európai elterjedése. Gyakorlati Agrofórum, 12(5): 2-3.
- Kiss J. (2017): Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte). Agrofórum Extra, 72: 90-94.
- Kiss J., Zanker A. és Eke I. (2017): Az integrált növényvédelem nyolc alapelve. Növényvédelem, 78(53): 429-453.
- Kovács I. (1958): A kukorica hidegtűrő képességének vizsgálata, különös tekintettel az optimális vetésidő megállapítására. In: Kukoricatermesztése kísérletek 1953-1957. Szerk.: I'só I. Akadémia Kiadó, Budapest, 189-204.
- Krysan, J. L., Smith, R. F., Branson, T. F. and Guss, P. L. (1980): A new subspecies of *Diabrotica virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae): description, distribution, and sexual compatibility. Annals of the Entomological Society of America, 82: 574-581.
- Krysan, J. L. (1982): Diapause in the nearctic species of the *virgifera* group of *Diabrotica*: evidence for tropical origin and temperate adaptations. Annals of the Entomological Society of America, 75: 136-142.

- Krysan, J. L. (1986): Introduction: Biology, Distribution, and Identification of pest *Diabrotica*, 1-23. Methods for the Study of Pest *Diabrotica*. Springer-Verlag, New York.
- Krysan, J. L. and Miller, T. A. (1986): Methods for the Study of Pest *Diabrotica*. – Springer Series in Experimental Entomology. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo.
- Krysan, J. L. and R. F. Smith (1987): Systematics of the *virgifera* species group of *Diabrotica* (*Coleoptera: Chrysomelidae: Galerucinae*) Entomography. 5: 375-484
- Kuhar, T. P. and Youngmann, R. R. (1995): Sex ratio and sexual dimorphism in western corn rootworm adults (*Coleoptera: Chrysomelidae*) on yellow sticky traps in corn. Environmental Entomology, 24: 1408-1413.
- Kuhlman, D. E., Howe, W. L. and Luckmann, W. H. (1970): Development of immature stages of the western corn rootworm at varied temperatures. Proceedings, North Central Branch Entomological Society of America., 25: 93-95.
- Kuroli G. (1997): A kukorica kártevői. In: Glits M., Horváth J., Kuroli G. és Petróczi I. (szerk.): Növényvédelem. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 661 p. 61-81.
- Levine, E. and Oloumi-Sadeghi, H. (1991): Management of Diabroticite rootworms in corn. Annual Review of Entomology, 36:229–255
- 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. Journal of Economic Entomology, 89: 1010-1016.
- Levine, E., Spencer, J.L., Onstand, D.W. and Gray, M.E. (2002): Adoption of the western corn rootworm to crop rotation: Evolution of a new strain in response to a management practice. American Entomologist, 48: 94-107.
- Luckmann, W.H., Chiang, H.C., Ortman, E.E. and 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)
- Manninger G. A. (1960): Szántóföldi növények állati kártevői. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 375 p.

- Mayo, Z.B. (1986): Field evaluation of insecticides for control of larvae of corn rootworms. In: Krysan, J. and Miller, T. (eds): Methods for the study of pest *Diabrotica*. Springer-Verlag, New York, 183-203.
- Meinke, L., T. Sappington, D. Onstad, T. Guillemaud, N. Miller, J. Komaromi, N. Levay, L. Furlan, J. Kiss and F. Toth (2009): Western Corn Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) population dynamics. Agricultural and Forest Entomology, 11: 19-46
- Mendoza, C.E. and Peters, D.C. (1964): Species differentiation among mature larvae of *Diabrotica undecimpunctata howardii*, *D. virgifera* and *D. longicornis*. Journal of the Kansas Entomological Society, 37: 123-125.
- Miller, N., Guillemaud, T., Giordano, R., Siegfried, B. D. and Gray, M. (2009): Genes, gene flow and adaptation of *Diabrotica virgifera virgifera*. Agricultural and Forest Entomology, 11: 47-60.
- Mrganic, M., Bažok, R., Mikac, K.M., Benitez, H.A. and Lemic, D. (2018): Two Decades of Invasive Western Corn Rootworm Population Monitoring in Croatia. Insects 9: 160.
- Nagy J. (1989): A műtrágyázás és az öntözés hatása a kukoricahibridek termésére. DATE Tudományos Közlemények. XXVIII. 437-452.
- Nagy J., Zelenák A., Illés Á., Bojtor Cs., Gombos B., Szabó A., Nyéki A. és Széles A. (2023): Eltérő FAO-számú kukorica (*Zea mays* L.) hibridek termésparamétereinek elemzése öntözött állományban. Növénytermelés, 72(1): 69-84.
- Nagy K. és Prohászka P. (2003): Amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera* var. *virgifera*) előrejelzés. Agronapló, 7(7)
- Nagy G., Komáromi J. és Kiss J. (2003): Az amerikai kukoricabogár lárvakártételének hatása a monokultúrában termesztett kukorica terméseredményeire. Gyakorlati Agrofórum Extra 4.: 9-11.
- Németh T., Nádasdy M. és Takács J. (2009): Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* Leconte, 1868) téli előrejelzése, és annak felhasználhatósága a precíziós mezőgazdaságban. Növényvédelem, 45(2): 69-72.
- Németh T. (2012): Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1868) ökológiájának, valamint a lárvák elleni védekezés lehetőségeinek vizsgálata. Doktori értekezés, Pannon Egyetem, Keszthely, 124 p.

- Nowatzki, T. M., Tollefson, J. J. and Calvin, D. D. (2002): Development and validation of models for predicting the seasonal emergence of corn rootworm (*Coleoptera: Chrysomelidae*) beetles in Iowa. *Environmental entomology*, 31(5): 864-873.
- Orosz F. (2009): Termesztéstechnológiai elemek hatása a csemegekukorica koraiságára. Doktori értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest, 154 p.
- Owens, J.C., Peters, D.C. and Hallauer, A.R. (1974): Corn rootworm tolerance in maize. *Environmental Entomology*, 3: 767-772.
- Pálfay G. (2001): Talajfertőtlenítéssel a kukoricabogár ellen. *Gyakorlati Agroforum*, 12(5): 6.
- Pálinkás Z. (2016): *Diabrotica*-rezisztens (Cry34/35Ab1, Cry34/35Ab1 x Cry1F fehérjét termelő) kukorica hibridek környezeti kockázatelemzése egyes ízeltlábú csoportokra. Doktori értekezés, Szent István Egyetem, Gödöllő, 157 p.
- Papp Z. (2007): Tapasztalatok a kukoricabogár elleni védekezésben. *Agroforum Extra* 17.: 39-42
- Papp I. (1990): A kukorica növényvédelmi technológiája. Komárom-Esztergom megyei Növényegészségügyi és Talajvédelmi Állomás.
- Patel, K.K and Apple, J.W. (1967): Ecological studies on eggs of the northern corn rootworm. *Journal of Economic Entomology*, 60: 496-500.
- Pepó, P., Vad, A. and Berényi, S. (2006): Effect of some agrotechnical elements on the field of maize on chernozem soil. *Cereal Research Communications*. 34(1): 621-624.
- Pereira, A. E., Wang, H., Zukoff, S.N., Meinke, L.J., French, B.W. and Siegfried, B.D. (2015): Evidence of Field-Evolved Resistance to Bifenthrin in Western Corn Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) Populations in Western Nebraska and Kansas. *Plos One*, 10(11)
- Pilz, C., Wegensteiner, R. and Keller, S. (2007): Selection of entomopathogenic fungi for the control of the western corn rootworm *Diabrotica virgifera virgifera*. *Journal of Applied Entomology*, 131(6): 426-431.
- Princzinger, G. (1996): Monitoring of western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) in Hungary 1995. *IWGO Newsletter*, 16(1): 7–11.

- Radics L. (szerk.) (2007): Szántóföldi növénytermesztés. Szaktudás Kiadó Ház Zrt., Budapest, 260 p.
- Rauch, H., Steinwender, B.M., Mayerhofer, J., Sigsgaard, L., Eilenberg, J., Enkerli, J., Zelger, R. and Strasser, H. (2017): Field efficacy of *Heterorhabditis bacteriophora* (Nematoda: *Heterorhabditidae*), *Metarhizium brunneum* (Hymenoptera: *Clavicipitaceae*), and chemical insecticide combinations for *Diabrotica virgifera virgifera* larval management. *Biological Control*, 107: 1-10.
- Rice, M.E. (2004): Transgenic rootworm corn: Assessing potential agronomic, economic, and environmental benefits. *Plant Health Progress*, Progress.
- Riedell, W.E. (1990): Rootworm and mechanical damage in maize: Greenhouse technique and plant response. *Crop Science*, 30: 628-631.
- Ripka G., Hataláné Zsellér I. és Kiss J. (2000): Hol tart ma az amerikai kukoricabogár Európában? *Gyakorlati Agrofórum*, 11(3): 106–108.
- Sáringer Gy. (1998): Rend: Bogarak – *Coleoptera*. In: Jenser G., Mészáros Z. és Sáringer Gy.: A szántóföldi és kertészeti növények kártevői. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 630 p. 142-295.
- Sekhon, R. S., Joyner, C. N., Ackerman, A. J., McMahan, C. S., Cook, D. D. and Robertson, D. J. (2020): Stalk bending strength is strongly associated with maize stalk lodging incidence across multiple environments. *Field Crops Research*, 249
- Souza, D., Peterson, J.A., Wright, R.J. and Meinke, L.J. (2020): Field efficacy of soil insecticides on pyrethroid-resistant western corn rootworms (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte). *Pest Management Science*, 76(2): 827-833.
- Sörös Cs. (2019): Növényvédelmi kémia és toxikológia. Typotex Kiadó, Budapest, 250 p.
- Spencer, J. L., Hibbard, B. E., Moeser, J. and Ostand, D. W. (2009): Behaviour and ecology of the western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte). *Agricultural and Forest Entomology*, 11(1): 9-27.
- Spike, B. P. and Tollefson, J. J. (1991). Yield response of corn subjected to western corn root worm (*Coleoptera: Chrysomelidae*) infestation and lodging. *Journal of Economic Entomology*, 84(5): 1585-1590.

- Stamm, D.E., Mayo, Z.B., Bambell, J.B., Witkowski, J.F., Andersen, L.W. and Kozub, R. (1985): Western corn rootworm (*Coleoptera, Chrysomelidae*) beetle counts as a means of larvae control recommendations in Nebraska. *Journal of Economic Entomology*, 78: 794-798.
- Stefanovits P., Filep Gy. és Fülek Gy. (1999): Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 470 p.
- Szabó A. Illés Á. Bojtor Cs., Szélse A., Zelenák A. és Nagy J. (2021): Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) lárvakártétel hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésének mennyiségi és minőségi paramétereire szántóföldi tartamkísérletben. *Növénytermelés*, 70(3): 41-62.
- Szalai, M., Papp Komáromi, J., Bažok, R., Barčić, J.I., Kiss, J. and Toepfer, S. (2011): Generational growth rate estimates of *Diabrotica virgifera virgifera* populations (*Coleoptera: Chrysomelidae*). *Journal of Pest Science*, 84: 133-142.
- Szalai M. (2012): Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) populációdinamikájának térség szintű modellezése. Doktori értekezés, Szent István Egyetem, Gödöllő, 105 p.
- Szalai, M., Kiss, J., Kövér, Sz. and Toepfer, S. (2014): Simulating crop rotation strategies with a spatiotemporal lattice model to improve legislation for the management of the maize pest *Diabrotica virgifera virgifera*. *Agricultural Systems*, 124: 39-50.
- Széll E., Streb P., Kovácsné K.M. és Hataláné-Zsellér I. (2003): Az amerikai kukoricabogár elleni védekezést szolgáló kísérleteink 2003. évi eredményeiről. *Gyakorlati Agrofórum Extra*, 4: 3-8.
- Szemán A. és Takács A. (2004): Az amerikai kukoricabogár elleni védekezés stratégiáinak végiggondolása és kidolgozása. *Gyakorlati Agrofórum Extra*, 8: 47-49.
- Szieberth D. (2015): Kukoricamoly és gyapottok-bagolylepke a kukoricában. *Agrofórum Extra*, 62: 86-89.
- Toepfer, S. and Kuhlmann, U. (2005): Natural mortality factors acting on western corn rootworm populations: a comparison between United States and Central Europe, 95-119.
- Toepfer, S., Gueldenzoph, C., Ehlers, R.U. and Kuhlmann, U. (2005): Screening of entomopathogenic nematodes for virulence against the invasive western corn rootworm,

- Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae) in Europe. Bulletin of Entomological Research, 95(5): 473–482.
- Toepfer, S., Haye, T., Erlandson, M., Goettel, M., Lundgren, J.G., Kleespies, R.G., Weber, D.C., Cabrera, Walsh, G., Peters, A., Ehlers, R.U., Strasser, H., Moore, D., Jackson, J., Keller, S., Vidal, S. and Kuhlmann, U. (2009): A review of the natural enemies of beetles in the subtribe *Diabroticina* (Coleoptera: Chrysomelidae): implications for sustainable pest management. Biocontrol Sci Technol (in press)
- Toepfer, S., Hatala-Zseller, I., Ehlers, R.U., Peters, A. and Kuhlmann, U. (2010): The effect of application techniques on field-scale efficacy: Can the use of entomopathogenic nematodes reduce damage by western corn rootworm larvae? Agricultural and Forest Entomology, 12(4): 389–402.
- Toepfer, S., Zellner, M. and Kuhlmann, U. (2011) Oviposition of *Diabrotica* in non-maize crops and implications on crop rotation. Bulletin of Entomological Research, 96: 327–335.
- Toepfer, S., Knuth, P., Glas, M., Tóth, Sz. and Zellner, M. (2019): Field level dose-efficacy response of entomopathogenic nematodes at controlling *Diabrotica v. virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae). Poszter. 65. Növényvédelmi Tudományos Napok Budapest, február 19–20.
- Tóth M. és Nagy B. (1995): Amerikából jöttem... A kukoricabogár. Élet és Tudomány, 8: 227–229.
- Tóth, Z., Tóth, M., Jósvai, J. K., Tóth, F., Flórián, N., Gergőcs, V. and Dombos, M. (2020). Automatic field detection of western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera*; Coleoptera: Chrysomelidae) with a new probe. Insects, 11(8): 486.
- Turpin, F. T. and Peters, D. C. (1971): Survival of southern and western corn rootworm larvae in relation to soil texture. Journal of Economic Entomology, 64(6): 1448-1451.
- Turpin, F.T., Dumenil, L.C. and Peters, D.C. (1972): Edafic and agronomic characters that effect potential for rootworm damage to corn in Iowa. Journal of Economic Entomology, 65: 1615-1619.
- Tuska T., Kiss J., C.R. Edwards, Szabó Z., Ondrusz I., Miskucza P. és Garai A. (2002): Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) imágó veszélyességi

- küszöbértékének (biberágás) meghatározása vetőmag-kukoricában. Növényvédelem, 38(10): 505-511.
- van Herk, W. G., Hueppelsheuser, T. and Mitchell, T. (2022). Monitoring of western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae) beetles with pheromone-baited sticky cards in southern British Columbia. Journal of the Entomological Society of British Columbia, 119: 3-8.
- Vörös G. (2004): Az árukukorica kártevői elleni védekezés. Gyakorlati Agrofórum Extra, 5: 43-46.
- Vörös G. (2011): Az amerikai kukoricabogár 2011. évi biológiai ciklusa, kártételi és védekezési tapasztalatok Tolna megyében. Agrofórum Extra, 42: 104-106.
- Vörös L. (2021): Az amerikai kukoricabogár elleni védekezési eljárások áttekintése. Acta Agronomica Óváriensis, 62(2): 141-162.
- Vörös L., Ábrahám R., Nagy K., Tóth Sz. és Toepfer S. (2022): Megtartja-e a *Heterorhabditis bacteriophora* fonálféreg a kukoricabogár lárvára (*Diabrotica v. virgifera*) gyakorolt ölü hatását kisebb vízmennyiségekkel történő kijuttatás esetén? Növényvédelem, 83(5): 192-200.
- Vörös L. (2024): Az amerikai kukoricabogár kártétele és annak megelőzése. AgrárUnió, 25(6-7)
- Vörös, L., Kerekes, G. and Ábrahám, R. (2024): Control of western corn rootworm with entomopathogenic nematodes in maize monoculture. BIO Web of Conferences 125.
- Washburn, J.D., LaFond, H.F., Lapadatescu, M.C., Pereira, A.E. and Erb, M. (2023): GWAS analysis of maize host plant resistance to western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) reveals candidate small effect loci for resistance breeding. Journal of Economic Entomology, 116(4)

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Czakó Tamás
A Hallgató Neptun kódja: JXWAUN
A dolgozat címe: AZ AMERIKAI KUKORICABOGÁR (*DIABROTICA VIRGIFERA VIRGIFERA* LECONTE) LÁRVAJA ELLENI INSZEKTICIDES VÉDEKEZÉSI MÓDSZEREK VIZSGÁLATA
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: Növényvédelmi Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Integrált Növényvédelmi Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumába. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumában.

Kelt: Gödöllő, 2024. 11. 04.



Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Czakó Tamás (hallgató Neptun azonosítója: JXWAUN) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Gödöllő, 2024. november 4.



belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.