



AZ AMERIKAI KUKORICABOGÁR ELLENI VÉDEKEZÉSI ELJÁRÁSOK ÁTTEKINTÉSE

VÖRÖS LEVENTE

Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,
H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2.

ÖSSZEFOGLALÓ

Magyarországon a kukoricakárosítók közül az amerikai kukoricabogár elleni védekezés adja a legnagyobb költséghányadot a gazdák részéről. Miután az Európai Unió egyre több hatékony, de a környezetet nagymértékben terhelő hatóanyag engedélyét vonta vissza, előtérbe kerülnek az alternatív, fenntartható mezőgazdaságot megteremtő biológiai védekezési lehetőségek. A szemleciikk rövid áttekintést nyújt az utóbbi évtizedekben az amerikai kukoricabogár ellen folytatott védekezési kísérletek hazai és külföldi, eredményeiről, különös tekintettel a lárvák ellen kidolgozott biológiai megoldásokra.

Kulcsszavak: amerikai kukoricabogár, rovarpatogén fonálférgék, botanikai rovarölő szerek, talajfertőtlenítés, csávázás

A KUKORICABOGÁR JELENTŐSÉGE

Európában napjainkban az egyik legveszélyesebb kukoricakárosító az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte 1868), amely rendszertanilag a bogarak (Coleoptera) rendjének levélbogarak (Chrysomelidae) családjába és ez utóbbin belül az olajos bogarak (Galerucinae) alszaládjába tartozik. Nagy inváziós potenciállal rendelkezik, nagyságrendileg 50 km-t terjed évente. Megjelenését követően 5-7 évvel később már gazdasági kárt okoz (Kiss és Edwards, 2001). Terjedése szexferomoncsapdával és ragacsleppal nyomon követhető (Tóth, 2005).

Az idősebb lárvák az elsődleges kártevők, melyek a növények támasztó gyökereit rágiák el (*Pálfay*, 2001; *Gyeraj et al.*, 2021; *Ferralinu et al.*, 2021), amelynek következtében a növény jellegzetesen megdől. Ezt a szaknyelv hattyúnyak jelenségnek nevezi (*Chiang*, 1973; *Spike és Tollefson*, 1991a). Száraz évjáratokban a lárvák által károsított gyökerek nem képesek regenerálódni és ennek hiányában egy szélvihar vagy egy nagyobb eső akár az egész állományt ledöntheti (*Vörös*, 2002a). A kifejlett egyedek a bibék és portokok rágásával termékenyülési problémát okoznak (*Culey et al.*, 1992a), valamint ezen túlmenően a levelek átrágásával a fotoszintetikusán produktív felületet is csökkentik (*Camprag et al.*, 1994; *Mouser*, 2003; *Ludwig és Hill*, 1995; *Krysan és Miller*, 1986; *Tuska et al.*, 2002). Ismerté vált továbbá az is, hogy vektor szerepet betöltve a *Pantoea ananatis* baktériumot terjesztik, mely a növény levelének foltosodását okozza (*Krawczyk et al.*, 2021).

Az amerikai kukoricabogár elterjedésével egyenes arányban nőtt az ellene való védekezés költsége. A lárvák és az imágók elleni felhasznált kemikáliák együttes költsége (kijuttatási-és szerköltség hektáronként) vetekszik a hibrid vetőmag árával.

A kártevő viselkedésének megismerése nagy szerepet játszik az ellene irányuló védekezésben. A hatékony védekezés érdekében pontosan fel kell tárnunk a lárvák és imágók mozgását, valamint figyelmet kell fordítani a rezisztens egyedek kialakulására is (*Spencer et al.*, 2009).

AZ ELŐREJELZÉS MÓDSZEREI

A kártevő 1868-as leírása óta foglalkoztatja a kutatókat, hogy a kártevőt illetve a tevékenységét hogyan lehetne előrejelezni (*Krysan és Miller*, 1986). A kifejlett imágókat megfigyelhetjük és abból következtethetünk a jövő évi populáció nagyságára. Mivel a tojás és a lárva a talajban él nehezen lehet őket számszerűsíteni (*Manninger*, 1960).

Az amerikai kukoricabogár előrejelzésére közvetlen és közvetett módszert alkalmaznak.

A közvetlen előrejelzés két fő iránya a nevelés a talajkimosásos technikák (*Fromm et al.*, 1999; *Krysan és Miller*, 1986). A nyugalmi időszakban végzett felvételezésnek két módja ismeretes. A talajkimosásos vizsgálat, a talajminta vízzel való szétiszapolásán és a bennük található tojások számának meghatározásán alapszik, melynek eszközei a Montgomery illetve az Illinois -apparát (*Krysan és Miller*, 1986). A másik módszer a

talajból való futtatás, melynek lényege, hogy a kukoricatábláról vett mintát állandó hőmérsékleten kell tartani a tojások keléséig (*Baufeld et al., 1996; Wilde, 1971*). Az állományban végzett felvételezésnek formái, a lárvaszámok meghatározása, valamint az imágók számának felmérése. A töveket károsító lárvák száma növények kiásásával és a gyökérzet, valamint az őt körülvevő talaj átvizsgálásával pontosan felmérhető a (*Chiang, 1973*). Ezzel a módszerrel pontosan megállapítható a várható kifejtett egyedek száma, valamint a termésveszteség is, egy az amerikai kukoricabogárra kidolgozott kártételbecslő egyenlet segítségével, amelyben az "x" a növényenkénti lárvaszámot jelöli (*Petty et al., 1968*).

$$\text{Termésveszteség \%} = 0,001 + 0,765x$$

Az imágók számának alakulásának nyomon követése csapdázásos technikával, vagy vizuális megfigyeléssel végezhető el. Varsás vagy sárga ragacslos rendszertű szexferomon csapda (*Ilova, et al., 1997*) segítségével a nyár folyamán nyomon követhető a rajzás (*Komáromi et al., 2001; Vörös, 2002b*).

Állományban a felvételezés szabad szemmel történhet (*Chiang, 1973*):

- Egy növényen végzett imágók számlálásával és begyűjtésével;
- 10 növényen végzett imágók számlálásával és begyűjtésével;
- Egy, vagy több növényt magába foglaló sátorizolátorok kihelyezésével, majd a bennük mutatkozó imágók számlálásával és begyűjtésével;

Az állományban végzett imágókat érintő vizsgálatokkal kapcsolatban meg kell jegyezni, hogy a hím egyedek 4-6 nappal korábban jelennek meg, mint a nőtények. Az imágók intenzív repülése napnyugta előtt tapasztalható (*Isard et al., 2000*).

A közvetett módszerekkel – mint például a károsítás mértékének megállapításával – következtetni lehet a jövő évi lárvakelésre (*Camprag et al., 1994*). A kártevőnk esetében közvetett módszerként használják a gyökérvisszarágottság mértékének meghatározására több módszer került kifejlesztésre (*Hills és Peters, 1971; Musick és Schuttle, 1972*). Napjainkban az IOWA és a módosított IOWA skálát alkalmazzák a felvételezés során (*Hills és Peters, 1971*). Erős gyökérvisszarágottság esetén a termés kiesés elérheti a 40%-ot (*Godfrey et al., 1993*). A lárvakártétel a termés mennyisége mellett rendkívüli mértékben befolyásolja a minőséget is (*Kahler et al.,*

1985). Amerikai adatok alapján, gazdasági kár lép fel, amennyiben a károsítás mértéke az Iowa-skála szerint eléri a 2,5 értéket (*Turpin et al., 1972*). Ezt az értéket a későbbiekben 2,75-re (*Stamm et al., 1985*), majd 3-ra (*Mayo, 1986*), végül 3,5-re (*Davis, 1994*) emelték.

AZ AMERIKAI KUKORICABOGÁR ELLENI VÉDEKEZÉS LEHETŐSÉGEI

A kártevő elleni védekezési stratégiában fontos szempont, hogy kukorica elővetemény esetén védekezni szükséges a lárvák ellen és fel kell készülni az imágók elleni védekezésre is.

Kontinensünkön a védelem legelterjedtebb módszerei az agrotechnikai védekezésen túl a növényvédőszeres talajfertőtlenítés, a vetőmagcsávázás, illetve az inszekticides állománykezelés (*Vörös, 2004; Horváth, 2003; Boriani et al., 2006*).

Az Amerikai kontinensen a kártevővel szembeni védekezés egyik, nagyon jelentős eszköze még a transzgénikus módon előállított fajták termesztése is (*Niu et al., 2017*).

AZ AGROTECHNIKAI VÉDEKEZÉS

A vetésváltás az egyik leghatékonyabb védekezés az amerikai kukoricabogár lárvakártételének csökkentésére (*Gillette, 1912; Szalai et al., 2014; Spencer et al., 2009*). Ezen módszer azért megfelelő, mivel a kártevő egynemzedékes faj, a nőtények a következő évi nemzedék fejlődését megalapozó áttelelő petéket a kukoricatáblák talajába rakják (*Chiang, 1973; Miller et al., 2009*). A módszer alkalmazásával környezetkímélő és költséghatékony védekezés valósítható meg (*Levine et al., 2002*). A módszer alkalmazhatóságát jelentős mértékben befolyásolja a gazdaság mérete, a termesztett növényfajok száma, valamint a gazdasági szempontok. Az előző szempontokból kifolyólag sok helyen monokultúrás termesztést folytatnak.

Észak-Amerika egyes vidékein elterjedt a szója-kukorica vetésváltása. 1987-ben és ezeken a helyeken gazdasági kártételt észleltek kukoricán először a szója elővetemény után. A jelenséget előidéző törzseket a szaknyelv „vetésváltás-toleráns” törzseknek nevezi. (*Levine és Oloumi-Sadeghi, 1996*).

A vetésváltás a legfontosabb, nem kémiai védekezési mód ott, ahol ez gazdaságilag ésszerű megoldásként jöhet szóba.

A LÁRVÁK ELLENI KÉMIAI VÉDEKEZÉS

A lárvák elleni legeredményesebb kémiai védekezés hazánkban (Kiss et al., 2001) és az Egyesült Államokban is (Rice, 2004) a vetéssel egy menetben történő talajfertőtlenítőszer kijuttatás (Pálfay, 2001). A legelterjedtebben használt talajfertőtlenítő hatóanyag a teflutrin (Force 1,5 G, Force 10 CS, Force Evo, Bomber, SoilGuard 1,5 GR) (Tímár, 2003), mely azokkal a gépekkel, amelyek rendelkeznek mikrogranulátum kijuttatására alkalmas berendezéssel könnyen a vetőágyba juttatható. A teflutrin hosszú hatástartammal rendelkezik, de hektárkötsége magas. A folyamatos szerkivonások miatt, tulajdonképpen az egyedüli alkalmas és hatékony készítmény az amerikai kukoricabogár lárvák ökonómiai küszöbérték alá való visszaszorítására. Az előzőekben említett előnyök mellett, nagymértékű használata számos hátránnyal is párosulhat. Hosszú időn keresztül, nagy területen történő kijuttatása rezisztencia kialakulásához vezethet. Erről a tényről számol be több, friss Egyesült Államokbeli kutatás, ahol több éves vizsgálat alapján megállapították, hogy jelentős a teflutrin – és mellette a bifentrin – talajszekticid hatékonyságának csökkenése a piretroid rezisztencia kialakulása következtében (Pereira et al., 2015; Souza et al., 2020). További hátrányként említhető még, hogy a nagy mennyiségű hatóanyag kijuttatása jelentős mértékben terheli a környezetet, ~~valamit~~ veszélyes lehet a kijuttatást végző személyek egészségére, valamint a hasznos szervezetekre is.

A kártevők elleni harcban egy hatékony, könnyen kezelhető, és a talajfertőtlenítő szerekhez képest olcsóbb megoldás a vetőmag rovarölőszerekkel való csávázása, amely a vetés pillanatától védelmet nyújt az amerikai kukoricabogár lárva és más talajlakó kártevők ellen (Camprag, 1995; Ferralini et al. 2021).

Magyarországon a közelmúltban a neonikotinoid hatóanyagokat (klotianidin, imidakloprid, tiametoxam) csávázószerként eredményesen alkalmazták az amerikai kukoricabogárlárvák ellen (Csorba, 2003), melyek a csíranövényben felszívódva, akár két hónapig is védelmet nyújtottak. Az Európai Unió, a beporzó szervezetekre való veszélyessége miatt 2018.12.31-én betiltotta a neonikotinoidokkal való csávázást. A tiltást követően jelenleg nincs olyan készítmény, amely ugyanezzel az eljárással alkalmazva kellő hatékonysággal védene az amerikai kukoricabogár lárva ellen.

Nagy áttörést jelentene a növényvédelemben, ha rendelkezésre állna egy kedvező hektárkötséggű, a környezetet kímélő, a hasznos szervezeteket nem veszélyeztető

hatóanyag, mely a fenti eljárást alkalmazva, eredményes védelmet nyújtana a talajlakó kártevők ellen kukorica kultúrában.

AZ IMÁGÓK ELLENI KÉMIAI VÉDEKEZÉS

A védekezés célja a kifejlett bogarak kártételének mérséklése (bibeszálak visszarágása) és monokultúrába történő termesztés esetén a következő évi lárvapopuláció visszaszorítása. Az imágók elleni védekezés szükségességét az egyedszám és értékének alakulása, (Szemán és Takács, 2004), valamint a kukorica fejlettségi állapota határozza meg (Keszthelyi, 2019; Dzoic et al., 2010). Hazai körülmények között a csúcsrajzás július I. és II. dekádjára esik.

A védekezés történhet magasszárú permetezőgéppel, vagy légi úton. A légi permetezés előnye a nagy területteljesítmény (300-400 ha/nap). Hátránya viszont, hogy az utóbbi években engedélyezését, annak dokumentálását jelentős mértékben megszigorították. A légi kijuttatásnál további nehézséget okoz, hogy bizonyos szerek nem rendelkeznek légi kijuttatási engedéllyel, ezen kívül az elsodródás veszélye is fennáll. A magasszárú permetezőgépek területteljesítménye elmarad a légi védekezéstől és taposási kár is keletkezik. Előnye, hogy több készítmény áll rendelkezésre és 150-200 l/ha-os lémenyiséggel is lehet dolgozni (Vörös, 2019).

A jelenleg érvényes jogszabályok értelmében a kukorica virágzó kultúrájának számít. A jogszabályból következően a tartamhatással amúgy sem rendelkező hatóanyagot csak méhkímélő technológiával lehet kijuttatni, amely a nagy gazdaságok esetén nehezen megoldható (Vörös, 2014). Az utóbbi időben tanulmányok születtek arról, hogy ezen kontakt hatású idegmérgekkel szemben rezisztencia alakult ki (Souza et al., 2020). Előnyük abban rejlik, hogy a védekezés velük olcsón elvégezhető.

A neonicotinoidok, mint az acetamiprid (Spilan 20 SG, Mospilan 20 SG) és a nemrég kivonásra került tiakloprid (Biscaya) előnye, hogy méhekre nem jelöléskötelesek, tartamhatással rendelkeznek, felszívódó, transzlokálódó szerek. Hátrányuk, hogy a piretroidoknál nagyobb költségvonzattal rendelkeznek (Keszthelyi, 2019).

Egy másik lehetőség volt a kártevő imágók elleni védelemben az INVITE technológia, mellyel a környezetet kímélve lehetett, hatékony, gazdaságos és tartós sikert elérni az imágók ellen. Az INVITE EC (kukurbitacin) nem rovarölőszert, hanem egy keserű dinnye fajtából nyert csalogató anyag, melyet az amerikai kukoricabogár nagyon kedvel (jobban,

mint a kukoricát) (*Biomark*, 2003; *Ferguson és Metcalf*; 1985). Ezt a táplálkozást fokozó illatanyagot a klórpírifosz hatóanyag (Diabro 0,15 l/ha) 90%-os csökkentése mellett kipermetvezve erős mortalitást lehetett elérni a károsítóval szemben. E technológia a szervesfoszforsav észterek Európai Unió kivonását követően (2020.02.16.) már nem végezhető. Az említett megoldás, a fenntartható mezőgazdaság céljainak figyelembevételével, más csalogatóanyag és más inszekticid felhasználásával a jövőben ismét előtérbe kerülhet.

Kukoricában az amerikai kukoricabogár imágó ellen jelenleg engedélyezett rovarölőszereket az 1. táblázat sorolja fel (URL3).

1.táblázat. A kukoricabogár elleni védekezésben felhasználható hatóanyagok

Table 1: Ranges that can be used in the control of maize beetle

cipermetrin	Cyperkill Max
alfa-cipermetrin	Penge 10 EC
indoxakarb	Avaunt 150 EC, Steward 30 DF, Explicit plus
lambda-cihalotrin	Kaiso EG, Karate 2,5 WG, Lamdex Extra, Hunter, Full 5 CS, Karate Zeon 5CS, Karis 10 CS, Ninja Zeon 5 CS, Wakizasi
acetamiprid	Mospilan 20 SP, Gazelle 20 SG, Spilan 20 SG, Rafting
eszfenvalerát	Sumi-Alfa 5 EW, Wizard
acetamiprid+ lambda-cihalotrin	Inazuma, Gazelle Pro

BIOLÓGIAI VÉDEKEZÉS ROVARPATOGÉN FONÁLFÉRGEKKEL

A kukoricabogár elleni védekezés vegyszeres lehetőségei egyre inkább leszűkülnek, mivel az engedélyezett és hatékony inszekticidok száma fokozatosan csökken. Napjainkban a kutatások középpontjába kerültek, olyan biológiai megoldások, amelyek káros mellékhatások nélkül, környezetet és a munkát végző személyek egészségét nem veszélyeztetve, kizárólag a célfajt pusztítják.

Külföldi és hazai szakirodalmakban, többféle biológiai védekezési módszer található, melyek eredményesen felveszik veszi fel a harcot a károsító szervezetekkel szemben

(Raja et al., 2011). Ilyen lehetőségek lehetnek az entomopatogén gombák, például az Ascomycota törzsbe tartozó *Beauveria* és a *Metarrhizum* fajok, melyek számos, talajban élő növénykárosító kártevőnek, köztük az amerikai kukoricabogár lárvájának is természetes ellenségei (Pilz et al., 2007; Rudeen et al., 2013). Egy Ausztriában 2014-2015-ben végzett kísérletben biológiai készítmények hatásfokát hasonlították össze a kémiai védekezési lehetőségekkel, az amerikai kukoricabogár lárvái ellen. A kísérlet eredményi szerint nem tapasztaltak szignifikáns különbséget a kezelések között (Rauch et al., 2017).

Egy másik hatékony biológiai védekezés lehet a különféle rovarpatogén fonálféreg alkalmazása. Laboratóriumi vizsgálatok során kiderült, hogy ezek a szervezetek képesek bejutni a kártevő lárvájába és bennük szaporodva a gazdaszervezet pusztulását okozzák. Ilyen fajok a *Steinernema glasseri*, *S. arenarium*, *S. abassi*, *S. bicornatum*, *S. feltiae*, *S. krausszei*, *S. carpocapsae*, és a *Heterorhabditis bacteriophora*. A vizsgált fajok közül a *Heterorhabditis bacteriophora* bizonyult a leghatékonyabbnak 77 %-os mortalitását okozva a kukoricabogár lárváknak (Toepfer et al., 2007). A fonálféreg vektorszerepet betöltve a velük szimbiózisban élő baktériumokat juttatják be a károsító testébe, melyek ott felszaporodva a célfaj pusztulását okozzák. A baktériumok a kukoricabogár lárvá testének elfolyósítása révén biztosít megfelelő táplálékot a fonálféreg számára, elősegítve ezzel felszaporodásukat (Ciche et al., 2003; Ciche, 2007; Stock et al., 2008; Dillman et al., 2012). A nematódák a gazdaszervezetük által kiválasztott szaganyagok segítségével találják meg azokat (pl. CO₂ kibocsátás) (Rasmann et al., 2005; Hallem et al., 2011). A bejutástól számított 2-3 napon belül a megtámadott lárvá elpusztul. Az elpusztult lárvában a fonálféreg tovább szaporodnak és 12-nap múlva az új juvenil infektív lárvák kiszabadulnak, és új „áldozatokat” keresnek fel.

A gyártási körülmények és a költségek alapján a *Heterorhabditis bacteriophora* a legalkalmasabb rovarpatogén fonálféreg biológiai növényvédőszer kialakítására.

Ígéretesnek bizonyultak még a *Steinernema arenarium* és a *Steinernema feltiae* szervezetek is (Toepfer et al., 2005). A Santos et al., (2011) által végzett kísérleti eredmények azt mutatják, hogy a *Steinernema* és a *Heterorhabditis* nemzetségbe tartozó nematódák a leghatásosabbak a kukoricabogár lárvák ellen. További kísérletekben úgy találták, hogy a *Heterorhabditis bacteriophora* hatására az Iowa -skála szerinti gyökérvédekezés 3-15%- al csökkent, a gyökéremelekek sérültségét mutató skála szerint a kártétel 14-54%-kal lett kisebb (Toepfer et al., 2010/b).

A Magyarországon szántóföldi kísérletekben vetéskor kijuttatva vizsgálták a rovarpatogén fonálférgék, valamint három eltérő hatóanyagú (klórpirifosz, cipermetrin, teflutrin) rovarölő, granulátumnak az amerikai kukoricabogár lárvára kifejtett hatását. Mindegyik kezelés csökkentette a sátorizolátorokban később megfigyelt imágók számát. A tapasztaltak alapján továbbá azt a következtetést is levonták, hogy az az inszekticidekkel szemben a nematódák határfoka az idő előrehaladtával arányosan kevésbé csökkent. Ez utalhat arra, hogy a talajban a fonálférgék képesek szaporodni és így mérsékelni a később kikelt imágók számát is (Tóth et al., 2019).

A CABI nemzetközi nonprofit szervezet is létrehozott – többek között – a kukoricabogár elleni biológiai védekezés kidolgozására egy projektet, melynek eredményeképpen 2012-ben sikerült a *Heterorhabditis bacteriophora* rovarpatogén fonálféreg faj tömegtenyésztését megoldani, és az így előállított terméket Dianem néven kereskedelmi forgalomba hozni.

2004 és 2007 között a CABI project keretein belül Magyarországon is folytak a talajba juttatás lehetséges módját (talajba injektálás és talajra permetezés) vizsgáló kísérletek, ugyanis ez a fonálféreg készítmény hatékonyságát nagymértékben befolyásolja. A vizsgálatok alapján a fonálférgék hatékonyságát értékelték különféle kijuttatási technikák mellett. Talajba injektálás esetén folyóméterenként 230000 db, amíg talajra permetezéskor 400 000 db/m² nematodát juttattak ki. A hatékonyságot a gyökérvártétel értékelésével állapították meg. Mindkét módszer több mint 50 %-kal csökkentette a *D. v. v.*-lárvák kártételét. A legjobb hatást (a lárvák 68%-os mortalitását) akkor tapasztalták, amikor a fonálférgeket a vetéssel egy menetben a talajba injektálták.

A leghatékonyabb megoldást az jelenti, ha a fonálférgeket közvetlenül a megnyitott magágyba juttatják. Erre a célra speciális injektorokat fejlesztettek ki. Jelenleg a Monsem NG 2, a Monosem NG plus 3, a Monosem NG plus 4, a Kuhn Maxima és a Kuhn Maxima II készülékekhez kaphatók adapterek, de más egyszerű vetőgépekhez történő adaptálásuk is probléma nélkül megoldható.

A kezeléshez hektáronként 200 liter vízzel 2 milliárd fonálférget juttatnak ki. A módszer előnye a talajpermetezéshez képest, hogy tized annyi a vízigénye, nincsen szükség külön talajpermetező adapterre és a fonálférgék nincsenek a káros UV hatásnak kitéve (Toepfer et al. 2010/a).

Egy másik hazai kísérlet is bizonyította, hogy a nematódák különféle kijuttatási technikái közül (felületpermetezés, injektálás), az injektálva kijuttatott *Heterorhabditis*

törzzsel érhető el a legjobb 79%-os mortalitási eredmény (Toepfer et al., 2010; Toepfer et al., 2010/a). Egyes szerzők szerint a 2 milliárd fonálféreg/hektár dózis már elég a kukoricabogár lárvá kártételének a megakadályozásához (Toepfer et al., 2019). Egy későbbi tanulmány bebizonyította, hogy a fonálférgek injektált formában, a vetőágyba kijuttatva hasonló hatékonyságúak, mint a jelenleg használt peszticidek

A fonálféreg alapú bioinszekticidek alkalmazásakor a legjobb hatás, csak abban az esetben érhető el, ha a fonálférgek számára az ökológiai körülmények megfelelőek (minimum 10 Celsius fokos talajhőmérséklet, és nedves talajviszonyok) (Toepfer et al., 2020).

A fonálférgek életképességére a talajtípusnak is befolyása van. Magyarországon négy éven keresztül vizsgáltak *Heterorhabditis* és a *Steinernema* nemzetségbe tartozó fonálférgeket a *Diabrotica* lárvák ellen három különböző talajtípuson. Az eredmények azt mutatták, hogy a kötött talajok esetében a nematódák hatékonysága valamivel kisebb volt, mint a homokosabb, kevésbé kötött talajokon. Az eredményekből tehát levonható az a következtetés, hogy a fonálférgek a kevésbé kötött talajokat preferálják (Toepfer et al., 2010).

2010-2011 -es években különböző talajtípusokon a *Heterorhabditis bacteriophora* fonálféreg fajjal végeztek szántóföldi kísérletet Németországban, Ausztriában és Magyarországon. A nematódákat vagy közvetlen folyékony formában, vagy granulátum vízben feloldott formájában juttatták ki a vetés sorába. Megállapítást nyert, hogy a biológiai ágens függetlenül a formulációjától vitalitását és perzisztenciáját megőrizte a kukoricabogár lárváinak keléséig (Pilz et al., 2014).

Egy Dél-Magyarországi kísérletben a rendelkezésre álló, biológiai (fonálférgek, gombák) és kémiai (klotianidin, teflutrin) rovarölő készítmények nem kívánt mellékhatásának spektrumát vizsgálták a talajfauna vonatkozásában. A vizsgálat eredményeiből megállapítást nyert, hogy a kemikáliák nagyobb mértékben degradálták a talaj faunáját, elpusztítottak a célfajokon kívül hasznos szervezeteket is (Badendreier et al., 2015).

A rovarpatogén fonálférgeknek az előzőekben vázolt előnyeiken túlmenően számos egyéb kedvező hatása van, például felhasználhatók biogazdálkodásban, nem károsítják a hasznos szervezeteket (méhek, földigiliszták) valamint csökkentik a kialakuló rezisztencia kockázatát.

BIOLÓGIAI VÉDEKEZÉS NÖVÉNYI EXTRAKTUMOKKAL

Napjainkban egyre nagyobb jelentőséget tulajdonítanak az olyan botanikai inszekticidek használatának, amelyek eredményesen veszik fel a harcot a kártevőkkel, kórokozókkal szemben. Hatékonyságuk mellett ezek a készítmények nem terhelik a környezetet (könnyen lebomlanak) és az emberiségre, valamint a hasznos szervezetekre is alacsony toxicitást gyakorolnak (Lengai et al., 2020).

A fenti kritériumoknak megfelelő egyik ilyen növényi kivonat az azadirachtin hatóanyag, mely a Dél-Kelet és Dél-Ázsiából származó *Meliaceae* családjába tartozó örökzöld Neem-fa (*Azadirachta indica*) magjának a kivonata (Chaudhary et al., 2017). A más néven Indiai orgonként, vagy Margosa fa néven is ismert növény gécentruma a szubtrópusi éghajlattal rendelkező India és innen terjedt el Ázsia és Afrika számos országába. Az első három évben 4-7 m-es magasságot ér el, de később 30-40 m magasra nő. Egy fa 40-50 kg gyümölcsöt teremhet évente, melyből 5 kg mag nyerhető, ez utóbbi mennyiségből pedig 0,1-0,9% azadirachtin hatóanyagot lehet kivonni.

Butterworth és *Morgan* voltak az elsők, akik izolálták az azadirachtint a Neem-fa magjából (Url1; Url2). A hatóanyagot eredményesen lehet használni a károsító szervezetek elleni védekezésben. Szisztémikus hatása révén hosszú tartamhatást biztosít. Az azadirachtin hatásspektruma meglehetősen széles. A táplálkozást, repellens és növekedésszabályzó hatás mellett blokkolásra kerül – az ekdizon hormontermelés megzavarása következtében – a vedlés folyamata, amely a rovarok pusztulását eredményezi (Schmutterer, 1988; Immaraju, 1998). A fentiekén kívül még reprodukciós tulajdonságokat befolyásoló hatással is rendelkezik (Mordue, et al., 1993). A Neem-fából kinyert olaj előnyös tulajdonsága továbbá az is, hogy az azadirachtin mellett számos triterpenoidot is tartalmaz, amelyek nagymértékben gátolják az azadirachtinra való rezisztencia kialakulását (Mordue et al., 1997; Feng and Isman, 1995). A Neem termékek szelektív hatással rendelkeznek, ugyanis nem toxikusak a kártevők természetes ellenségeire, sem a melegvérű szervezetekre, ezért fontos szerepük lehet a kukoricabogár elleni védekezésben, a fenntartható módon végzett mezőgazdasági termelésben.

Jelenleg az Európai Unióban és Magyarországon a Neemazal T/S (1 % azadirachtin hatóanyag tartalommal) termék van engedélyezve, melyet felületpermetezéssel kijuttatva széles körben eredményesen használnak a különböző rovarkártevők ellen, számos

zöldség és gyümölcs kultúrában. E biológiai anyagok elterjedése a közeljövőben várható, hiszen ez lehet az egyik alapja a fenntartható mezőgazdaságnak.

EGYÉB AZ EURÓPAI UNIÓBAN NEM ENGEDÉLYEZETT VÉDEKEZÉSI ELJÁRÁS

Az amerikai kukoricabogár Észak-Amerikában is az egyik legveszélyesebb, legnagyobb gazdasági kárt okozó kártevő. A kontinensen számos, az EU-ban is használatos módon lehet ellene védekezni, mint például a vetésváltással, valamint a rendelkezésre álló széles hatásspektrumú talajinszekticidek segítségével. Ugyanakkor a védekezési paletta részét képezi egy az EU-ban tiltás alatt álló lehetőség is, mégpedig a genetikailag módosított (GMO) növények termesztése. Ez az agrotechnikai eljárás egy jelentős eszköz a gazdálkodók kezében, amivel csökkenteni lehet általa a vegyszerkijuttatást a területen. A transzgenikus növények közül legelterjedtebb a Bt-toxint termelő kukoricánövények termesztése, melyekkel egyszerűen lehet védekezni a kukoricabogár ellen, de hosszú távú használatuk mellett – hasonlóan az inszekticidekhez – rezisztencia kialakulására lehet számítani (Doves et al., 2013). A kukoricabogár elleni védekezés szakirodalmában találkozhatunk, más GMO-s eljárásokkal is. Például védekezési célzattal növényekkel a *Chromobacterium piscinae* által termelt fehérje toxinokat termeltetik, mellyel nagy mortalitás érhető el (Sampson et al., 2017).

A fenti technológiák előnye, hogy alkalmazásukkal könnyen a kártételi küszöbérték alá szorítható a károsítók létszáma, ugyanakkor még kellően nem tisztázott a génmódosítás hosszú távú hatása a melegvérűek és az ökoszisztéma működésére sem. Ezen módszerek használata az előnyeik ellenére az előbbieken említettek miatt számos helyen tiltott (PI: EU). Tiltásukban valószínűsíthető az is, hogy évtizedeken keresztül használva, rezisztens populációk kialakulásához vezethetnek.

OVERVIEW OF PROTECTION PROCEDURES AGAINST WESTERN CORN ROOTWORM IN THE PURPOSE OF SUSTAINABLE AGRICULTURE

LEVENTE VÖRÖS

Faculty of Agricultural and Food Sciences,

István Széchenyi University of Hungary, 9200 Mosonmagyaróvár Vár. 2.

SUMMARY

Among the corn pests in Hungary, farmers spend the most on controlling the western corn rootworm. As the European Union withdraws its authorization for more and more effective but environmentally harmful active substances, alternative biological control options that create sustainable agriculture will come to the fore. The review article provides a brief overview of the results of domestic and foreign control experiments against the corn borer in recent decades, with special reference to the biological solutions developed against larvae.

Keywords: western corn rootworm, insect pathogenic nematodes, botanical insecticides, soil disinfection, dressing

IRODALOMJEGYZÉK

Antal J. (2005): A növénytermesztés alapjai, Mezőgazda Kiadó

Baća, F. (1993): New member of the harmful entomofauna of Yugoslavia *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae). *Zastita Bilja* 45:125-131

Badendreier, D., Jeanneret, P., Pilz, C., Toepfer, S. (2015): Non-target effects of insecticides, entomopathogenic fungi and nematodes applied against western corn rootworm larvae in maize. *Journal of Applied Entomology*, 139. (6): 457-467.

Baufeld, P., Enzian, S., Motte, G. (1996): Establishment potential of *Diabrotica virgifera* in Germany. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 26. (3-4): 511-518.

Biomark (2003): Új ígéretes eljárás kukoricabogár ellen: az Invite technológia. *Gyakorlati agrofórum*, 14: 7,53.

- Boriani, N., Agost, M., Kiss, J., Edwards, C.R.* (2006): Sustainable management of the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae), in infested areas: experiences in Italy, Hungary and the USA. Bulletin OEPP/EPPO, 36. (3): 531-537.
- Čamprag, D.* (1995): Kukoruzna zlatica (*Diabrotica virgifera virgifera*). Društvo za zastitutu bilja Srbije, Beograd. November 1995.pp.112
- Čamprag, D., Sekulič, R., Bača, F.* (1994): A kukorica új kártevője az amerikai gyökérféreg Jugoszláviában. Agroforum, 4. (7): 41-42.
- Čamprag, D., SEculič R., Bača, F.* (1994): A kukorica új kártevője az amerikai gyökérféreg Jugoszláviában. Agroforum, 4. (7): 41-42.
- Chaudhary, S., Kanwar, R.K., Sehgal, A., Cahill, D.M., Barrow, C.J., Sehgal, R., Kanwar, J.R.*(2017): Progress on *Azadirachta indica* Based Biopesticides in Replacing Synthetic Toxic Pesticides. Front. Plant Sci, 8:610.
- Chiang, H.C.* (1973): Bionomics of the northern and western corn rootworms. Annu. Rev. Entomol. 18:47-72.
- Chiang, H.C.* (1973): Bionomics of the northern and western corn rootworms. Annu. Rev. Entomol. 18:47-72
- Ciche, T. A.* (2007): The biology and genome of *Heterorhabditis bacteriophora*. WormBook.
- Ciche, T.A., Jerald, J.C.* (2003): For the insect pathogen *Photorhabdus luminescens*, which end of a nematode is out?. Appl Environ Microbiol, 69. (4): 1890-1897.
- Culey, M.D., Edwards, C.R., Cornelius, J.R.* (1992A): Effect of silk feeding by western corn rootworm (Coleoptera, Chrysomelidae) on yield and quality of inbred corn in seed corn production fields. J. Econ. Entomol., 85:2440-2446
- Csorba, CS.* (2003): Védekezési lehetőségek csávázással az amerikai kukoricabogár ellen. Gyakorlati Agroforum, 14: E-4,32.
- Davis, P.M* (1994): Comparison of economic injury levels for western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) infesting silage and grain corn. J. Econ. Entomol., 87: 1086-1090.
- Dillman, A.R., Sternberg, P.W.* (2012): Entomopathogenic Nematodes. Curr Biol, 22. (11): 430-431.
- Doves, Y., Meihls, L.N., Kiss, J., Hibbard, B.E.* (2013): Resistance evolution to the first generation of genetically modified *Diabrotica*-active Bt-maize events by western corn

rootworm: management and monitoring considerations. *Transgenic Research*, 22: 269-299.

Dzoic, D., Ivezic, M. Raspuđic, E., Brmez, M. (2010): Development of model for emergence prediction of adult corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) in east Slavonia. Conference paper 45. hrvatski i 5. Međunarodni simpozij agronoma, 15-19 veljače 2010, Opatija, Hrvatska. Zbornik Radova 2010 702-706.

Feng, R., Isman, M.B. (1995): Selection for resistance to azadirachtin in the green peach aphid, *Myzus persicae*. *Experimentia*, 51: 831-833.

Ferguson, J.E., Metcalf, R.L. (1985): Cucurbitacins: plant-derived defense compounds for diabroticites (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of economic entomology*, 11. (3): 311-318.

Ferralinu, C., Blandino, M., Rigamonti, I.E., Jucker, E., Saladini, M.A., Reyneri, A., Alma, A. (2021): Chemical-based strategies to control the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte. *Crop Protection*, Volume 139.

Fromm, E.A., Bernklau, E.J., Bjostad, L.B. (1999): Simple Technique for scouting Corn Rootworm Larvae. BSPM Dept., Colorado State University, Fort Collins.

Gillette, C.P. (1912): *Diabrotica virgifera* as a corn rootworm. *J. Econ. Entomol.*, 5:364-366

Godfrey, L.D., Meinke, L.J., Wright, R.J., Hein, G.L. (1995): Environmental and edaphic effects on western corn rootworm (Coleoptera, Chrysomelidae) overwintering egg survival. *J. Econ. Entomol.* 88: 1445-1454.

Grozea, I. (2000): Research regarding growth and development of *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte in the laboratory and fields of the western part of the country [Romania]. *Lucrări Științifice - Agricultură, Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară a Banatului Timișoara* 2000 Vol.32 No.2 pp.613-618.

Gyeraj, A., Szalai, M., Pálinkás, A., Edwards, C.R., Kiss, J. (2021): Effects of adult western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, Coleoptera: Chrysomelidae) silk feeding on yield parameters of sweet maize. *Crop Protection*, Volume 140.

Hallem, E.A., Dillman, A.R., Hong, A.V., Zhang, Y., Yano, J.M., DeMarco, S.F., Sternberg, P.W. (2011): A sensory code for host seeking in parasitic nematodes. *Current Biology*, 21. (5): 377-383.

- Hill, R.E.* (1975): Mating, oviposition patterns, fecundity and longevity of the western corn rootworm . *Journal of Economic Entomology*, 68:311–315
- Horváth A.* (2003): A kukoricabogár elleni védekezésre engedélyezett rovarölő szerek az engedélykíratok alapján. *Gyakorlati Agrofórum Extra* 4,15.
- Ilovai, Z., Princzinger G., Tóth, M.* (1997): Az Amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, Coleoptera: Chrysomelidae) felderítése Magyarországon 1996-ban. *Növényvédelmi Tudományos Napok*, Budapest.
- Immaraju, J.* (1998): The commercial use of azadirachtin and its integration into viable pest control programmes. *Pesticide Science*, 54. (3): 285-289.
- 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. *Environ. Entomol.* 29 (2): 226-234.
- Kahler, A.L.; Olness, A.E., Sutter, G.R., Dybing, C.D., Devine, O.L.* (1985): Root damage by western corn rootworm and nutrient content in maize. *Agron. J.*, 77: 769-774.
- Keszthelyi, S.* (2019): Veszélyes kártevők talajlakók. *Agrofórum online*.
- Kiss J., Edwards, C.R.* (2001): A kukoricabogár európai elterjedése (European distribution of western com rootworm). *Gyakorlati Agrofórum* 12 (5): 2–3.
- Kiss, J., Edwards, R.C.* (2001): A kukoricabogár európai elterjedése. *Gyakorlati Agrofórum*, 12. (5): 2-3
- Komáromi, J., Kiss J., Edwards, C.R.* (2001): A kukoricabogár rajzásdinamikája és egyedsűrűségének változása Bácska térségében. *Agrofórum*, 12:17-18
- Krawczyk, K., Forys, J., Nakonieczny, M., Tranawska, M., K.Beres, P.* (2021): Transmission of *Pantoea ananatis*, the causal agent of leaf spot disease of maize (*Zea mays*), by western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte). *Crop Protection*, Volume 141.
- Krysan, J.L.* (1986): Introduction: Biology, Distribution, and Identification of Pest *Diabrotica*. In: Krysan J. and Miller, T. (eds): *Methods for the Study of Pest Diabrotica*. Springer-Verlag, New York pp. 1-23.
- Krysan, J.K., Miller, T.A.* (1986): *Methods for the Study of Pest Diabrotica*. - Springer Series in Experimental Entomology. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo. 272 S., 81 Abb., 19 Tab. - Preis 198.- DM.

- Kuhlmann, U., W.A.C.M. van der Burght* (1998): Possibilities for biological control of the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, in Central Europe. *Biocontrol News and Information*, 19: 59-68.
- Lang, G.* (1976): Szántóföldi növénytermesztés, Mezőgazda Kiadó
- Lengai, G.M.W., Muthomi, J.W., Mbega, E.R.* (2020): Phytochemical activity and role of botanical pesticides in pest management for sustainable agricultural crop production. *Scientific African*, 7.
- Levine, E. and Oloumi-Sadeghi, H.* (1996): Western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) larval injury to corn grown for seed production following soybeans grown for seed production. *J. Econ. Entomol.*, 89: 1010-1016.
- Levine, E., Spencer, J.L., Onstand, D.W., Gray, M.E.* (2002): Adoption of the western corn rootworm to crop rotation: Evolution of a new strain in response to a management practice. *Am. Entomol.*, 48: 94-107
- Ludwig, K.A., Hill, R.E.* (1975): Comparisons of gut contents of adult western and northern corn rootworms in northeast Nebraska. *Environ. Entomol.*, 4: 435-438
- Manninger, G.A.* (1960): Szántóföldi növények állati kártevői. Budapest, Mezőgazdasági Kiadó.
- Mayo, Z.B.* (1986): Field evaluation of insecticides for control of larvae of corn rootworms pp. 183-203. In: KRYSAN, J. and MILLER, T. (eds): *Methods for the study of pest Diabrotica* Spinger- Verlag, New York pp. 1-23.
- Miller, N.J., Giordano, R., Siegfried, B.D., Gray, M.E., Meinke, L.J., Sappington, T.W.* (2009): Genes, gene flow and adaptation of *Diabrotica virgifera virgifera*. *Agric Forest Entomol*, 11: 47-60.
- Mooser, J.* (2003): Nutritional ecology of the invasive maize pest *Diabrotica v. virgifera* LeConte in Europe. 89 pp PhD thesis, Faculty of Agricultural Sciences. Georg-August-University, Goettingen.
- Mordue, A.J., Artes, R.J.* (1997): Feeding Deterrence and Toxicity of Neem Triterpenoids. *Journal of Chemical Ecology*, 23: 2117-2132
- Mordue, A.J., Black, A.* (1993): Azadirachtin: an update. *Journal of Insect Physiology*, 39. (11): 903-924.
- Musick, G.L. and Suttle, P.J.* (1972): Ohio northern corn rootworm research. Part 1: Chemical control. Annual report. Ohio Agricultural development and Research Center, Wooster, Ohio

- Niu, X., Kassa, A., Hu, X., Robenson, J., McMahon, M., Richtman, N.M., Steimel, J.P., Kernodle, B.M., Crane, V.C., Sandhl, G., Ritland, J.L., Persani, J.K., LU, Albert, L., Wu, G.* (2017): Control of Western Corn Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera*) Reproduction through Plant-Mediated RNA Interference. *Nature, Scientific reports*, 7.(1).
- Pálfay, G.* (2001): Talajfertőtlenítéssel a kukoricabogár ellen. *Gyakorlati Agrofórum*, 12. (5) : 6.
- Pálfay, G.* (2001): Talajfertőtlenítéssel a kukoricabogár ellen. *Gyakorlati Agrofórum*, 12. (5) :6.
- Pereira, A. E., Wang, H., Zukoff, S.N., Meinke, L.J., French, B.W., 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).
- Petty, H.B., Kuhlman, D.E., Sechriest, R.E.* (1968): Corn yield losses correlated with rootworm larval populations. *Entomol. Soc. Ameri. N. Cent. Br. Proc.* 24, 141-142. in: CHIANG, H.C. (1973): Binomics of the northern and western corn rootworms. *Annual Review of Entomology*, (18): 47-72.
- Pilz, C., Toepfer, S., Knuth, P., Strimitzer, T., Heimbach, U., Grabenweger, G.* (2014): Persistence of the entomoparasitic nematode *Heterorhabditis bacteriophora* in maize fields. *Journal of Applied Entomology*, 138. (3): 202-212.
- Pilz, C., Wegensteiner, R., 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 XVI* 1. pp. 7–11.
- Raja, R.K., Padmanaban, K., Sivaramakrishnan, S.* (2011): Entomopathogenic Nematodes: A Best Bio-control Agent for Insect Pest: Isolation and Identification of Entomopathogenic Nematodes from Agricultural land. Lambert Academic Publishing.
- Rasmann, S., Köllner, T. G., Degenhardt, J., Hiltbold, I., Toepfer, S., Kuhlmann, U., Gershenson, J., Turlings, J.* (2005): Recruitment of entomopathogenic nematodes by insect-damaged maize roots. *Nature* 434(7): 732-738
- Rauch, H., Steinwender, B.M., Mayerhofer, J., Sigsgaard, L., Elienberg, J., Enkerli, J., Zelger, R., Strasser, H.* (2017): Field efficacy of *Heterorhabditis bacteriophora* (Nematoda: Heterorhabditidae), *Metarhizium brunneum* (Hypocreales: 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 doi: 10.1094/php-2004-0301-01-RV. Online publikálva

Ripka, G., Hataláné Zs.I., Kiss, J. (2000): Hol tart ma az amerikai kukoricabogár Európában? *Gyakorlati Agrofórum*, 11. (3): 106-108.

Rudeen, M.L., Jaronski, S.T., Petzold-Maxwell, J.L., Gassmann, A.J. (2013): Entomopathogenic fungi in cornfields and their potential to manage larval western corn rootworm *Diabrotica virgifera virgifera*. *J Invertebr Pathol*, 144 (3): 329-332.

Sampson, K., Zaitseva, J., Stauffer, M., Berg, B.K., Guo, R., Tomso, D., McNulty, B., Desai, N., Balasubramanian, D. (2017): Discovery of a novel insecticidal protein from *Chromobacterium piscinae*, with activity against Western Corn Rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera*. *J Invertebr Pathol*. 142: 34-43.

Santos, V., Junior, A.M., Andaló, V., Moreira, C.C, Alves de Olinda, R. (2011): Virulence of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) for the control of *Diabrotica speciosa* germar (coleoptera: chrysomelidae). *Ciencia e Agrotecnologia*, 35. (6).

Schmutterer, H. (1988): Potential of azadirachtin-containing pesticides for integrated pest control in developing and industrialized countries. *Journal of Insect Physiology*, 34. (7): 713-719.

Souza, D., Peterson, J.A., Wright, R.J., Meinke, L.J. (2020): Field efficacy of soil insecticides on pyrethroid-resistant western corn rootworms (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte). *Pest Manage Sci.*, 76. (2): 827-833.

Spencer, J.L., Hibbard, B.E., Moeser, J., 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. Tollefson, J.J. (1991 a): Yield response of corn subjected to western corn rootworm (Coleoptere, Chrysomelidae) infestation and lodging. *J. Econ. Entomol.*, 84: 1585-15

Stamm, D.E., Mayo, Z.B., Bambell, J.B., Witkowski, J.F., Andersen, L.W., Kozub, R. (1985): Western corn rootworm (Coleoptera, Chrysomelidae) beetle counts as a means of larvae control recommendations in Nebraska. *J. Econ. Entomol.* 78: 794-798.

- Stock, S.P., Goodrichblair, H.* (2008): Entomopathogenic nematodes and their bacterial symbionts: The inside out of a mutualistic association. *Symbiosis*, 46. (2): 65-75.
- Szalai, M., Kiss, J., Kövér, SZ., 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.
- Szemán, A. és Takács, A.* (2004): Az amerikai kukoricabogár elleni védekezés stratégiáinak végig gondolása és kidolgozása. *Gyakorlati Agroforum Extra 8.*: 47- 49.
- Tímár, A.*(2003): Komoly kihívásra, komoly válasz... . *Gyakorlati Agroforum Extra 2*: 13-89.
- Tirpin, F.T., Dumenil, L.C., Perers, D.C.* (1972): Edafic and agronomic characters that effect potential for rootworm damage to corn in Iowa. *J. Econ. Entomol.*, 65: 1615-1619.
- Toepfer, S. – Gueldenzoph, C. – Ehlers, R.U. – Kuhlmann, U.* (2005): Screening of entomopathogenic nematodes for virulence against the invasive western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae) in Europe. *Bull. entomol. Res.* 95(5): 473-482
- Toepfer, S. – Hatala-Zseller, I. – Ehlers, R.U. – Peters, A.* (2010/B): 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)
- Toepfer, S.– Burger, I. – Ehlers, R.U. – Peters, A. – Kuhlmann, U.* (2010/A): Controlling Western corn rootworm larvae with entomopathogenic nematodes: effect of application techniques on plant-scale efficacy. *Journal of Applied Entomology*. 134(5): 467-480
- Toepfer, S., Burger, R., Ehlers, R.U., Peters, A., Kuhlmann, U.* (2010): Controlling western corn rootworm larvae with Entomopathogenic nematodes: effect of application techniques on plant-scale efficacy. *Journal of Applied Entomology*, 134. (5): 467-480.
- Toepfer, S., Guldenzoph, C., Ehlers, R.U., Kuhlmann, U.* (2007): Screening of entomopathogenic nematodes for virulence against the invasive western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae) in Europe. *Bull Entomol Res.*, 95.(5): 473-482
- Toepfer, S., Kurtz, B., Kuhlmann, U.* (2010): Influence of soil on the efficacy of entomopathogenic nematodes in reducing *Diabrotica virgifera virgifera* in maize. *Journal of Pest Science*, 83. (3): 257-264.

- Toepfer, S., Tóth, SZ.* (2020): Entomopathogenic nematode application against root-damaging *Diabrotica* larvae in maize: what, when, and how? *Microbial and Nematode control of Invertebrate Pests. IOBC-WPRS Bulletin*, vol:150: 185-188.
- Toepfer, S. – Knuth, P. – Glas, M. – Tóth, SZ. – Zellner, M.* (2019): Field level dose-efficacy response of entomopathogenic nematodes at controlling at *Diabrotica v. virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Poszter. 65.Növényvédelmi Tudományos Napok Budapest, február 19-20.*
- Topor, V.E.* (2020): *Kertmagazin*
- Tóth, M. és Nagy, B.* (1995): Amerikából jöttem...A kukoricabogár. *Élet és Tudomány*, 8: 227–229.
- Tóth, SZ. – SZalay, M. – Zellner, M. – Knuth, P. – Glas, M. – Kiss, J. – Toepfer, S.* (2019): A *Diabrotica v. virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae) lárvája elleni kémiai és biológiai védekezési lehetőségek hatékonyságának időbeli különbségei szabadföldön. *Poszter. 65.Növényvédelmi Tudományos Napok Budapest, február 19-20.*
- Tóth, V.* (2005): Protection against western corn rootworm adults (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) in Baranya county (Hungary).
- Tuska, T., Kiss, J., Edwards, C.R., Szabó, Z., Ondriusz, I., Miskucz, P., Garai, A.* (2002): Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera*LeConte) imágóveszélyességi küszöbértékének (bíberágás) meghatározása vetőmag-kukoricában. *Növényvédelem* 38:505-511
- Vörös, G.* (2002a): Újabb kukorica-ellenség: Az amerikai kukoricabogár. *Gyakorlati Agrofórum, Gyakorlati Agrofórum füzetek* (6) 35.
- Vörös, G.* (2004): Az áru kukorica kártevői elleni védekezés. *Gyakorlati Agrofórum Extra*, 5: 43-46.
- Vörös, G.,* (2002b): Az Amerikai kukoricabogár hat éve Tolna megyében. *Növényvédelem*, 38 (10): 547-550.
- Vörös, L.* (2019): Védekezési lehetőségek az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera*) lárvái ellen. *Diplomamunka, Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Növénytudományi Tanszék, Mosonmagyaróvár.*
- Wessler, J., Fall, E.H.* (2010): Potential damage costs of *Diabrotica virgifera virgifera* infestation in Europe – the ‘no control’ scenario. *Journal of Applied Entomology*, 134. (5): 385-394.

Wilde, G.E. (1971): Temperature effect on development of western corn rootworm eggs. *J. Kans. Entomol. Soc.* 44, 185-187. in: *CHIANG, H.C.* (1973): Bionomics of the northern and western corn rootworms. *Annual Review of Entomology*, (18) 47-72.

URL1: UKEssays. (2018): Effect of Azadirachtin on Insects. Retrieved from <https://www.ukessays.com/essays/biology/effect-of-azadirachtin-on-insects-biology-essay.php?vref=1>

URL2: V. TOPOR, E. (2020): Neem-fa és a Neem olaj: <https://www.kertportal.hu/5-tipp-neem-fa-es-a-neem-olaj/>

URL3: NÉBIH: Magyarországon engedélyezett növényvédő szerek hivatalos adatbázisa <https://novenyvedoszer.nebih.gov.hu/Engedelykereso/kereso>

A szerzők levélcíme – Address of the authors:

Vörös Levente

e-mail: