



**BOTANIKAI INSZEKTICIDDEL AZ AMERIKAI KUKORICABOGÁR
(*DIABROTICA VIRGIFERA VIRGIFERA*) LÁRVÁI ELLEN**

VÖRÖS LEVENTE - LEDÓNÉ ÁBRAHÁM RITA

Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, Növénytudományi
Tanszék, Mosonmagyaróvár;

ABSTRACT

The Western Corn Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) is one of the most important pests of maize in Hungary. As both larvae and imagoes are capable of causing major economic losses, their control in continuous maize cropping systems is essential. The control of larvae is costly and the related use of large doses of soil disinfectants places an increased burden on the environment. In recent years, several chemical products used as soil insecticides and seed dressings have been phased out, thus increasing the value of environmentally friendly biological products that provide effective protection against the pest. The active ingredient azadirachtin, the extract of the seeds of *Azadirachta indica* is one of such biological agents. In our experiments, we studied the efficiency of two azadirachtin products, Neemazal T/S (1% azadirachtin; 10 g/l) and Neemazal F (5% azadirachtin; 50 g/l) used as seed dressing against corn rootworm larvae. The products were used in different concentrations (10 to 150%) in different regions and on various soil-types in Hungary. The active ingredient could efficiently control the pest in its larval stage. Treatments with concentrations exceeding 50% were efficient in all the replications.

Keywords: *Diabrotica virgifera virgifera*; maize pests; azadirachtin; neem tree; biological control methods

BEVEZETÉS

A föld népességének folyamatos növekedése és a termőterületek csökkenése miatt egyre nagyobb kihívást jelent a lakosság megfelelő mennyiségű és minőségű étellemmel történő ellátása, oly módon, hogy minél kevésbé károsítsuk környezetünket (*Campos et al.*, 2016). A kukorica (*Zea mays*) a búza (*Triticum aestivum*) és a rizs (*Oryza sativa*) mellett az emberiség legjelentősebb gabonánövénye. Földünkön vetésterülete 140-160 millió hektár. Hazánkban is az egyik legjelentősebb a termesztett kultúrnövények közül. A kukoricatermesztés során megfelelő agrotechnikai eljárások mellett (talajművelés, tápanyagellátás, gyomirtás, vetett tőszám) egyre nagyobb kihívást jelent az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera*) elleni védekezés, mely napjainkban az

egyik legjelentősebb kukoricakárosító. Ezen kártevő elleni védekezés nagyban befolyásolja a betakarítandó termés mennyiségét és minőségét egyaránt. Az Európai Unióban 2018-tól kezdődően nagyfokú hatóanyag-kivonási eljárás vette kezdetét, ennek következtében sok, a kártevő ellen eredményesen használható, biztos védelmet nyújtó inszekticid tűnt el az Európai piacról (pl. neonikotinoidok, szerves P-észterek). Napjainkban egyre nagyobb kihívást jelent a talajban károsító szervezetek elleni védekezés, különösen nagy nehézséget okoz az amerikai kukoricabogár lárvájának gyérítése.

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az amerikai kukoricabogár lárvákártétele

A fő kártevő alak a lárvák, melyek a kukoricavetését követően 4-6 hét múlva május közepén kezd kelni a tojásokból és megkezdik a táplálkozást a kukoricánövénnyel gyökerein (Pálfay, 2001). Az idősebb lárvák az elsődleges kártevők, melyek a növény támasztógyökereinek visszarágásával (Pálfay, 2001; Gyeraj et al., 2021), a növények jellegzetes megdőlését okozzák, ezt a szaknyelv hatyúnyak jelenségnek nevezi (Chiang, 1973; Spike és Tollefson 1991a). Különösen száraz évszakokban ezek a gyökerek nem képesek regenerációra, ezért egy szélvihar, vagy nagyobb eső következtében az egész állomány ledőlhet, a kár elérheti akár a 100%-ot is (Vörös, 2002a; Goldfrey et al., 1993). A lárvakártétel a termés mennyisége mellett rendkívüli mértékben befolyásolja a minőséget is (Kahler et al., 1985).

Az amerikai kukoricabogár lárvakártételének meghatározására több módszer került kifejlesztésre (Hills és Peters, 1971; Musick és Schuttle, 1972). Az USA-ban eleinte az 1-9-ig terjedő Iowa-skálát alkalmazták, mely gyenge kártétel esetén pontosabb értéket tesz lehetővé (Musick és Schuttle 1972). A későbbiekben a hatpontos Iowa-skálát és a módosított Iowa-skálát alkalmazzák a lárvakártétel pontos meghatározására (Hills és Peters 1971). A módosított Iowa-skála, a hagyományos egész értékekkel lépdelő skálához képest, sokkal informatívabb a gyökérvisszarágottság vonatkozásában. Amerikai adatok alapján gazdasági kár lép fel, amennyiben a gyökérvisszarágottság mértéke a módosított Iowa-skála szerint eléri a 3,5-ös értéket (Davis, 1994).

Növényi extraktumok alkalmazása a növényvédelemben

Korunkban egyre nagyobb jelentőséggel bírnak, az olyan biológiai eredetű növényvédő szerek, melyek jó eredménnyel felveszik a harcot a kártevőkkel, kórokozókval szemben, nem perzisztensek a környezetben, ezáltal az emberiségre, és a hasznos organizmusokra is alacsony toxicitást gyakorolnak. Ezen védekezési eljárások a fenntarthatóság tükrében fontos szerephez jutnak a gyakorlati növényvédelem területén. A fenti kritériumoknak megfelel a Délkelet- és Dél-Ázsiából származó Neem-fa (*Azadiracta indica*) magjának kivonata, melynek fő komponense az azadirachtin hatóanyag (Chaudhary et al., 2017).

Az azadirachtin hatásspektruma széles, táplálkozásgátlás, repellens és növekedésszabályozó hatású, az ecdyson hormontermelés megzavarása következtében

blokkolásra kerül a vedlési ciklus. A fentiekén kívül reprodukciós tulajdonságokat befolyásoló hatással rendelkezik, gátolja a peterakást, termékenyülési zavarokat, sterilitást okoz (*Brahmachari*, 2004; *Gonzales-Coloma et al.*, 2013; *Schmutterer*, 1988; *Immaraju*, 1998; *Mordue et al.*, 1997; *Feng és Isman*, 1995; *Morgan* 2009; *Mulla és Su* 1999). Számos tanulmány született arról, hogy a hatóanyagot már több lombkártevő ellen eredményesen alkalmazták, valamint vizsgálatok kezdődtek a hatóanyag talajlakó kártevők elleni felhasználásával kapcsolatban is. *Xie et al.* (1991) labor kísérleteket végeztek, ahol talajba öntözéssel, valamint fiatalkorú növények leveleinek permetezésével vizsgálták az azadirachtin hatóanyag hatását, biztató eredményekről beszámolva, kukoricabogár lárva ellen. Tanulmányukból megtudhatjuk, hogy az azadirachtin hatóanyag hatékony lehet a kukoricabogár lárvája ellen, főleg talajba való beöntözés révén. A lárva elleni hatékonyság nagy mértékben csökkent abban az esetben, amikor a fiatal növényeken lombpermetezést végeztek. *Tóth et al.* (2021) üvegházi körülmények között egy azadirachtin hatóanyagot tartalmazó granulátummal folytatott kísérleteket a kukoricabogár lárvája ellen. Tanulmányaik során bizonyítást nyert, hogy a 200 g/ha hatóanyagot tartalmazó granulátum a nagyobb károsodástól megfelelő védelmet nyújtott, viszont a tökéletes hatás eléréséhez 380 g/ha hatóanyagot tartalmazó granulátummennyiségre van szükség.

Ismervén a hatóanyag károsító rovarok elleni pozitív hatását, olyan hipotézist állítottunk fel, hogy az azadirachtin a talajlakó kártevők, különösen az amerikai kukoricabogár ellen csávázásos technológiával alkalmazva is hatékonyan működik. Ezen hipotézisünk bizonyítására több éven keresztül különböző helyszíneken, eltérő lárva-denzitás alatt álló területeken végeztünk vizsgálatokat.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Kísérleteinkben két éven keresztül (2020, 2021) több helyszínen (Gyömöre, Rőjtökmuzsaj, Hajdúvid) került vizsgálatra két azadirachtin hatóanyagot tartalmazó készítményt csávázásos technológiával alkalmazva az amerikai kukoricabogár lárvája ellen. Az egyik készítmény az Európában forgalomban lévő Neemazal T/S (Trifolio-M Gmbh, Németország), mely 1% (10g/l) azadirachtin A hatóanyagot tartalmaz. A másik vizsgálatba vont készítmény, az Indiában engedélyezett, ennél koncentráltabb Neemazal F (5% azadirachtin A+B; 50g/l) volt (Coromandel International Limited Bio Products Division Thyagavally -India). A Neemazal F termékben a biztonsági adatlapja szerint az 5%-os hatóanyag megoszlása közel 80% azadirachtin A és 20% azadirachtin B. Az említett fő komponenseken kívül, mindegyik termék tartalmazza a növényi extraktumokra jellemző, kisebb mennyiségű egyéb Neem-komponenseket is. A kezeléseket 4 ismétlésben, randomizált elrendezéssel, kisparcellákon végeztük. A vetőmag típusa minden vizsgálati évben a DKC 5141 hibrid volt, melynek ezermag tömege 360 g. A csávázási lémenység 12 l/1000 kg magmenységéből került kiszámításra, így a 360 g vetőmagra 4,32 ml csávázó lémenység került.

2020-évi kísérlet Gyömöre

A 2020-as évben arra kerestük a választ, hogy az azadirachtin hatóanyag egyáltalán hatásos-e a kukoricabogár lárvája ellen, vagy sem, amennyiben igen, melyik az a dózishatár, amellyel a jövőben el lehet kezdeni a kísérleteket és az évek előrehaladtával ezt tovább pontosítani. Ebben az évben Gyömörén (Győr-Moson-Sopron vármegye) kezdtem vizsgálataimat, egy harmadéves kukorica-termőterületen. Ezen termőterületen a kukoricabogár lárvadenzitása nem kiemelkedően magas, viszont védekezés nélkül képes a kártevő itt is gazdasági kár kialakítására. Azért választottuk vizsgálatunk kezdetül ezt a helyszínt, mivel egy jó kiindulási alaphelyzetre bizonyult, hogy a következő években, mely koncentrációkat tartjuk meg, és finomítsuk/pontosítsuk tovább, olyan területeken, ahol a lárvakártétel kiemelkedőbb.

A kezelések a Neemazal T/S (10 g/l) azadirachtin A készítménnyel kerültek elvégzésre, különböző dóziskoncentrációk (10% - 100%) formájában április 27-én. A 100%-os dóziskoncentrációnál kisebb dózisok esetén vízzel hígítva. A százalékban kifejezett dózisértékek, vagy koncentrációértékek, a Neemazal T/S koncentrációit jelentik a csávázási lében, tehát a 100%-os dózis, vagy a 100%-os koncentráció a nem hígított Neemazal T/S- el való csávázást jelenti (1. táblázat).

1. táblázat: kezeléslista 2020-évi kísérlet során

Kezelések	Dózis	1000 db vetőmag tömege (g)	Neemazal T/S (ml)	Víz (ml)	Azadirachtin A (mg/mag)	Azadirachtin A (g/50000mag)	Force 1,5 G (kg/ha)
1.	100%	360	4,32	-	0,043	2,15	-
2.	75%	360	3,24	1,08	0,033	1,65	-
3.	50%	360	2,16	2,16	0,022	1,10	-
4.	25%	360	1,08	3,24	0,011	0,55	-
5.	10%	360	0,43	3,89	0,0043	0,22	-
6.	Kezeletlen Kontroll	-	-	-	-	-	-
7.	Force 1,5 G (pozitív kontroll)	-	-	-	-	-	15

Negatív kontrollként (kezelésben nem részesült), kezeletlen parcellákat állítottunk be, pozitív kontroll (forgalomban lévő, népszerű talajfertőtlenítő) a teflutrin hatóanyagú Force 1,5 G volt 15 kg/ha-os dózisban. A csávázást a kis vetőmagmennyiségeket figyelembe véve kézzel végeztük. Elkészítésre került a megfelelő mennyiségű és koncentrációjú csávázólé a Neemazal T/S készítményből, szükség esetén vízzel hígítva,

majd beleöntöttük a 360 g mennyiségű vetőmagot, és keveréssel biztosítottuk, hogy a csávázószer egyenletesen kerüljön felvitelre a magvak felszínére.

2021-évi kísérlet Rőjtökmuzsaj és Hajdúvid

2021-ben Rőjtökmuzsajon (Győr-Moson-Sopron vármegye), valamint Hajdúviden (Szabolcs- (Szatmár- Bereg vármegye) végeztünk kísérleteket. Mind a két terület jó helyszínnek bizonyul a hatóanyag tesztelésére, ugyanis Rőjtökmuzsajon 60 éve monokultúrában termesztik a kukoricát, Hajdúvid pedig alföldi elhelyezkedése révén a kukoricabogár „öshazájának” számít hazánkban. Mivel 2021-ben predesztinálható volt a magasabb lárvasűrűség a vizsgálatokba vont területen, magasabb hatóanyag dózisokat kellett alkalmazni, így a 2020-as évben az alacsonyabb lárvadenzitású területeken nem megfelelő hatékonyságú kezeléseket elhagytuk, helyettük magasabb hatóanyag dózisú kezeléseket végeztünk.

A magasabb hatóanyagkoncentrációk már csak a Neemazal F készítmény felhasználásával voltak kivitelezhetők, melyeket a megfelelő koncentráció eléréséhez vízzel kellett hígítani. A dózisok úgy kerültek beállításra, hogy az 50%, 75% és 100%-osnak nevezett dózishoz tartozó azadirachtin A+B mennyisége megfeleljen a 2020-as kísérlet szerinti 50%, 75%, illetve 100%-os azadirachtin A mennyiségének. Ezek alapján a 2021-es csávázós kezeléseket a 2. táblázat szemlélteti. A vetésre Rőjtökmuzsajon április 25-én, míg Hajdúviden április 20-án került sor.

2. táblázat: kezeléslista 2020-évi kísérlet során

Kezelések	Dózisok	1000 db mag tömege (g)	Neemazal F (ml)	Víz (ml)	Azadirachtin A+B (mg/mag)	Azadirachtin A+B (g/50000mag)	Force 1,5 G (kg/ha)
1.	150%	360	1,29	3,03	0,065	3,25	-
2.	125%	360	1,08	3,24	0,053	2,65	-
3.	100%	360	0,86	3,46	0,043	2,15	-
4.	75%	360	0,65	3,67	0,033	1,65	-
5.	50%	360	0,43	3,98	0,022	1,10	-
6.	Kezeletlen Kontroll	-	-	-	-	-	-
7.	Force 1,5 G (pozitív kontroll)	-	-	-	-	-	15

A kísérletek felvételezési módszere, minden kezelés esetben és minden évben azonos volt. Felvételeztük a gyökérszónában élő lárvákat, melyből meghatározásra kerültek a növényenkénti átlagos lárvaszámok. A kiásott gyökerek visszarágottságának mértékét, a módosított Iowa-skála alapján értékeltük. A lárvaszámok felvételezése, minden évben előrejelzésre alapozottan történt, a területre kihelyezett szexferomon csapdával ellátott sárga fogólapok segítségével. Az első imágók megjelenésekor azonnal kezdődött a munka, ugyanis ez alapján biztosak lehettünk abban, hogy a talajban lévő lárvák fejlődésének stádiuma a végéhez közeledik (L3; Báb). Egy kísérleti parcellából, véletlenszerűen 5 db növény került kiásásra, 20x20 cm-es földlabdával. A kiásást követően megszámláltuk a kukorica gyökeréről levett földben, valamint a kiásott gödörben az élő lárvákat. Az L3 lárvaállapot, szabadbáb állapot és az esetlegesen éppen a földből előjövő imágók között nem tettünk különbséget. Általánosságban elmondható, hogy az adott kísérleti évben keletről nyugatra haladva végeztük a felvételezést, ugyanis az Alföldi tájegységen a kukoricabogár fejlettségi állapota egy-két héttel megelőzi a Dunántúli- régiót. A kiásott gyökereket minden esetben parcellánként, felcímkézett zsákba helyezve a gyömörei telephelyre szállítottuk, ahol áztatást követően sor került a módosított Iowa-skála szerinti gyökérvisszarágottság meghatározására (3. táblázat). Az egyes parcellákról kapott lárvaszámokat, valamint a gyökérvisszarágottsági vizsgálatok során gyűjtött adatokat folyamatosan rögzítettük, majd matematikai-statisztikai módszerek segítségével elemzésre kerültek (One-way Anova; Tukey post hoc test).

3. táblázat: A kísérletek felvételezésének időpontjai összefoglalva

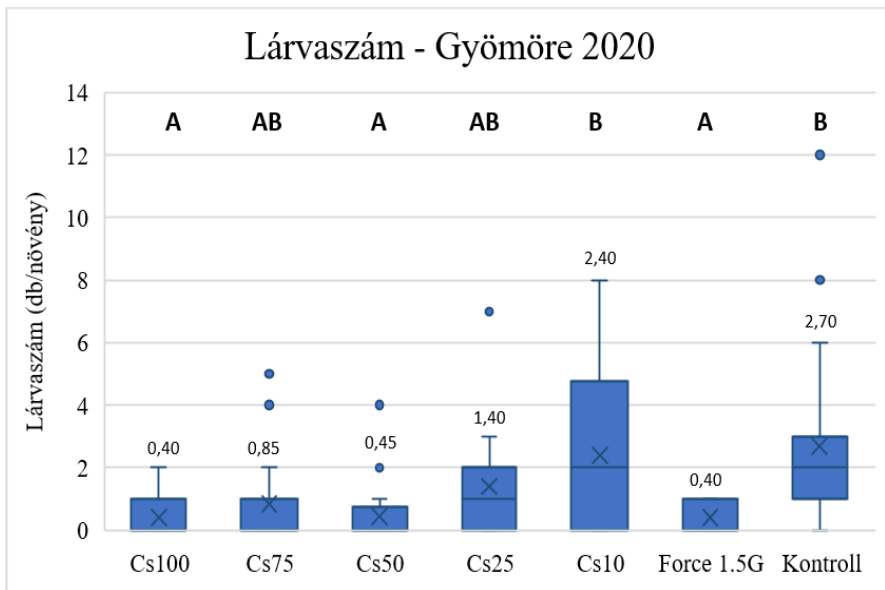
Vizsgálati helyszín	Vizsgálati év	Vetési időpont	Lárvaszámok felvételezésének időpontja	Gyökérvisszarágottság felvételezésének időpontja
Gyömöre	2020	2020.04.27.	2020.06.25.	2020.06.27.
Röjtökmuzsaj	2021	2021.04.25.	2021.06.22.	2021.06.23.
Hajdúvid	2021	2021.04.20	2021.06.19.	2021.06.21.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

2020-évi kísérlet Gyömöre

Gyömörén 2020-ban végzett kísérlet eredményei alapján, a vizsgáltba bevont kezelések közül a kezeletlen kontroll ($2,7 \pm 3,05$ lárva/növény) esetében mértük a legmagasabb lárvaszámot. A csávázott (azadirachtin hatóanyaggal kezelt) parcellák közül a legmagasabb lárvaszámmal a 10 %-os koncentráció volt jellemezhető ($2,4 \pm 2,50$

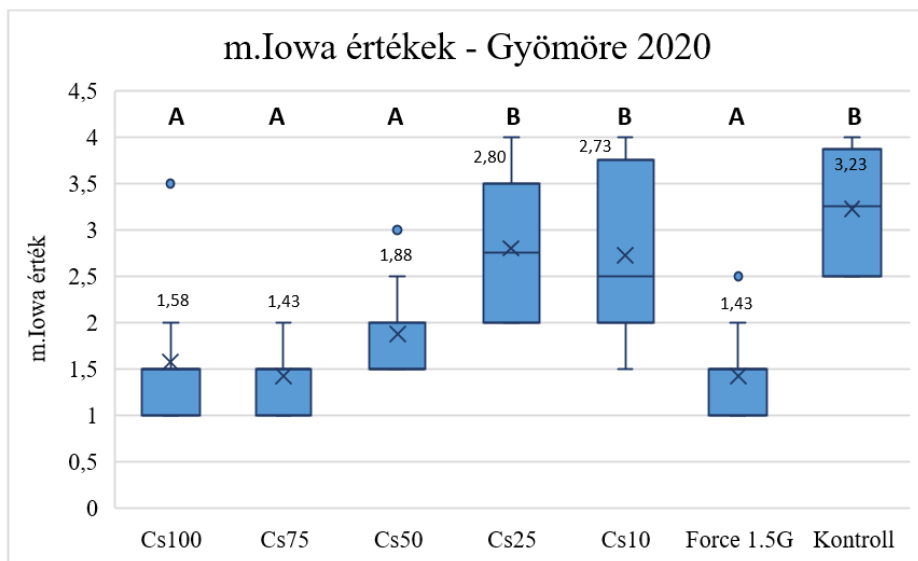
lárva/növény), ezt a 25 %-os ($1,40 \pm 1,64$ lárva/növény), a 75 %-os ($0,85 \pm 1,39$ lárva/növény), az 50 %-os ($0,45 \pm 1,00$ lárva/növény) és a 100 %-os ($0,40 \pm 0,60$ lárva/növény) koncentrációk követték. Látható, hogy az azadirachtin hatóanyag koncentrációjának növekedésével csökken a lárvaszám. A Force 1,5 G-vel kezelt terület esetén a 100 %-os koncentrációval megegyezően alacsony a lárvaszám értéke ($0,40 \pm 0,50$) (1. ábra).



1. ábra: Lárvaszámok alakulása a kísérletben 2020-Gyömöre

Az SPSS programmal elvégzett Oneway ANOVA elemzés alapján elmondható, hogy szignifikáns különbség van ($p < 0,05$) a kezelések között lárvaszám értékek tekintetében ($p = 0,000$; $F = 6,109$). A Tukey HSD Post hoc teszt eredményei szerint a negatív kontroll parcella szignifikánsan különbözik ($p < 0,05$), a 100 %-os ($SE = 0,557$ pTukey = 0,001), a 75 %-os ($SE = 0,557$ pTukey = 0,019), az 50 %-os ($SE = 0,557$ pTukey = 0,002) dózissal és a Force 1,5 G hatóanyaggal kezelt ($SE = 0,557$ pTukey = 0,001) parcelláktól. A 10 %-os dózissal kezelt parcella szignifikánsan eltér a 100 %-os ($SE = 0,557$ pTukey = 0,008) és az 50 %-os ($SE = 0,557$ pTukey = 0,011) dózissal és a Force 1,5 G hatóanyaggal kezelt ($SE = 0,557$ pTukey = 0,008) kísérleti területektől.

A legnagyobb gyökérvisszarágottság a negatív kontroll parcellán volt tapasztalható (m.Iowa: $3,23 \pm 0,60$). Csávázott formában felvitt azadirachtin hatóanyaggal kezelt vetőmaggal bevetett parcellák közül a gyökérvisszarágottság mértéke a 25 %-os koncentráció esetében volt a legmagasabb ($2,8 \pm 0,68$), ezt a 10 %-os ($2,73 \pm 0,85$), az 50 %-os ($1,88 \pm 0,51$) és a 100 %-os ($1,58 \pm 0,71$) koncentrációk követik (2. ábra).



2. *ábra:* Gyökérvisszarágottság mértékének alakukása az m. Iowa-skála szerint a kísérletben 2020-Gyömöre

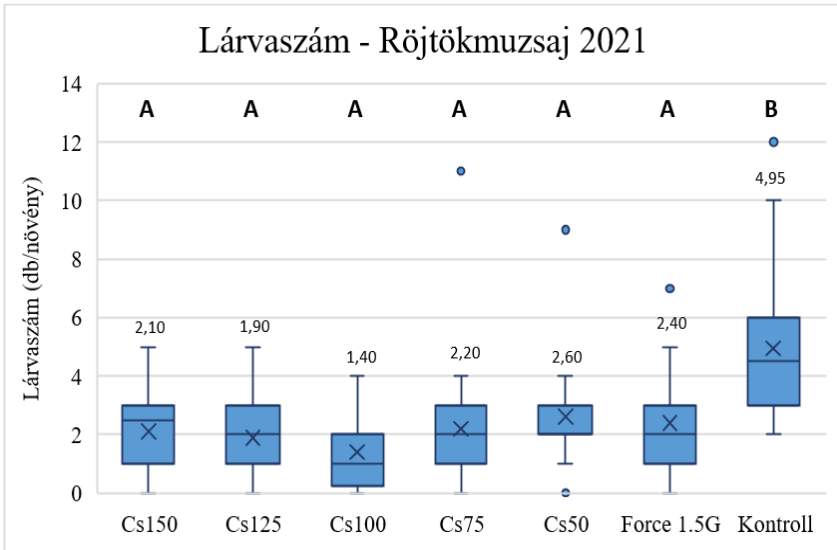
Az statisztikai elemzés alapján elmondható, hogy szignifikáns különbség van ($p < 0,05$) a parcellák között az m.Iowa értékek alapján ($p = 0,000$; $F = 30,441$). A Tukey HSD Post hoc teszt eredményei szerint a negatív kontroll parcella szignifikánsan különbözik az 50%-os dóziskoncentrációnál nagyobb kezelésektől, valamint a pozitív kontrolltól. A 10 %-os és a 25%-os dózissal kezelt területek statisztikailag igazolható különbséget mutatnak a 100 %-os ($SE = 0,1920$ $p_{Tukey} = 0,000$), a 75 %-os ($SE = 0,1920$ $p_{Tukey} = 0,000$) és az 50 %-os ($SE = 0,1920$ $p_{Tukey} = 0,000$) dózissal és a Force 1,5 G hatóanyaggal ($SE = 0,1920$ $p_{Tukey} = 0,000$) kezelt parcelláktól.

Az eredmények szerint Gyömөрөн a kár mértéke a vizsgált parcellák közül csak a kontroll parcella esetében közelítette meg 3,5-es Iowa értéket, ez jól mutatja, hogy a csávázószer (azadirachtin) és a Force 1,5 G alkalmazásával, a kár mértékét lényegesen a gazdasági kár határértéke alá lehet szorítani.

2021-évi kísérlet Röjtökmuzsaj

A 2021-es adatokat elemezve megállapítható, hogy a röjtökmuzsaji kezelések közül a kezeletlen kontroll parcella esetében mértük a legmagasabb lárvaszámot ($4,95 \pm 2,68$ lárva/növény). A csávázott (azadirachtin hatóanyaggal kezelt) vetőmaggal bevetett parcellákat tekintve a legmagasabb lárvaszám az 50 %-os koncentráció esetében volt megfigyelhető ($2,60 \pm 1,85$ lárva/növény), ezt a Force 1,5 G hatóanyaggal kezelt ($2,40 \pm 1,79$ lárva/növény), a 75 %-os ($2,20 \pm 2,42$ lárva/növény), a 150 %-os ($2,10 \pm 1,59$ lárva/növény) és a 125 %-os ($1,90 \pm 1,41$ lárva/növény) csávázási-koncentrációk követik.

A 100 %-os koncentrációjú azadirachtinnal kezelt területek esetén mértük a legalacsonyabb lárvaszám értéket ($1,40 \pm 1,19$ lárva/növény) (3. ábra).

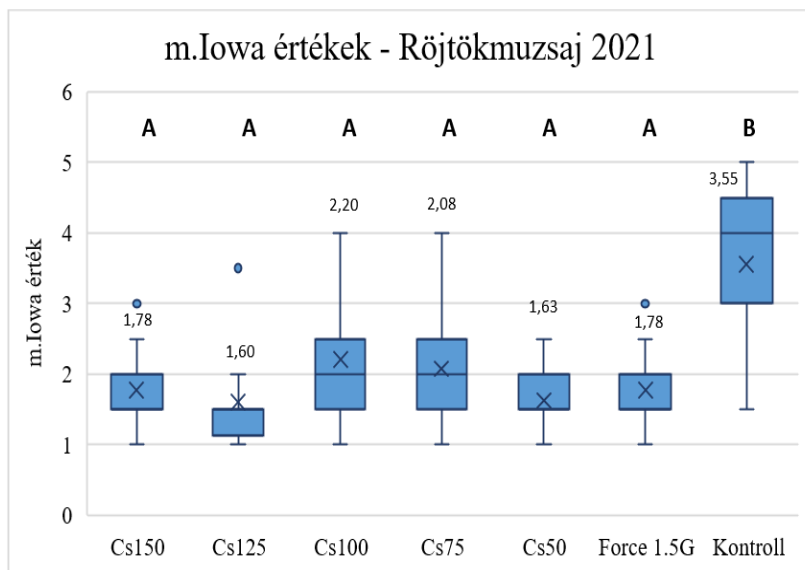


3. ábra: Lárvaszámok alakulása a kísérletben 2021-Röjtökmuzsaj

A statisztikai elemzés alapján elmondható, hogy szignifikáns különbség van ($p < 0,05$) a parcellák között ($p = 0,000$; $F = 7,151$). Az eredmények azt mutatják, hogy a kezelések mindegyike jól elkülönül a kontroll parcella esetében mért lárvaszám értékektől, tehát a kezelés hatása kimutatható. Az egyes kezelések között nem található szignifikáns különbség.

A gyökérvisszarágottság szempontjából elmondható (4. ábra), hogy a kezeletlen kontroll parcellán a kár mértéke meghaladta az ökonómiai küszöbhatárt.

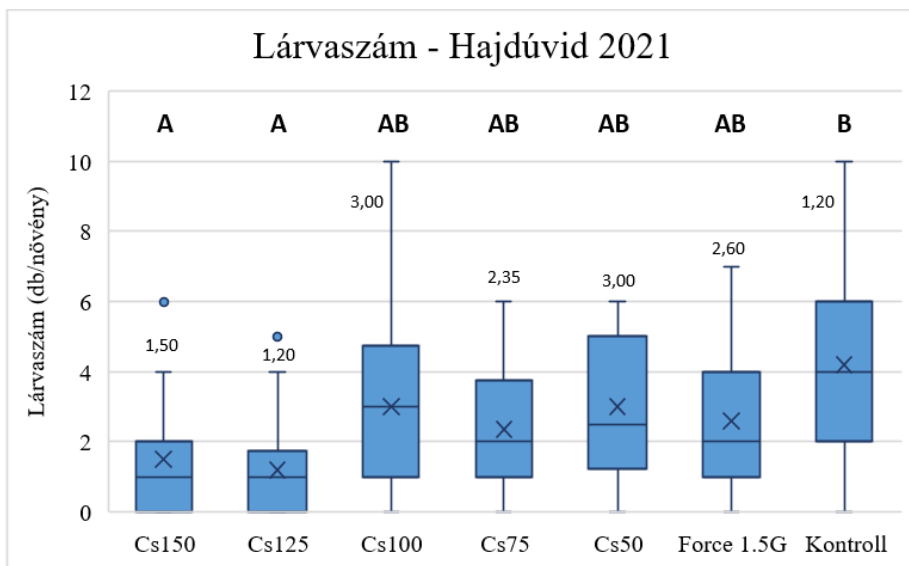
Statisztikai elemzés után elmondható, hogy a negatív kontroll minden parcellától szignifikánsan különbözik ($p < 0,05$). Az egyes kezelések között nem található szignifikáns különbség ($p > 0,05$) az m.Iowa értékek alapján.



4. ábra: Gyökérvisszarágottság mértékének alakulása az m. Iowa-skála szerint a kísérletben 2021-Röjtökmuzsaj

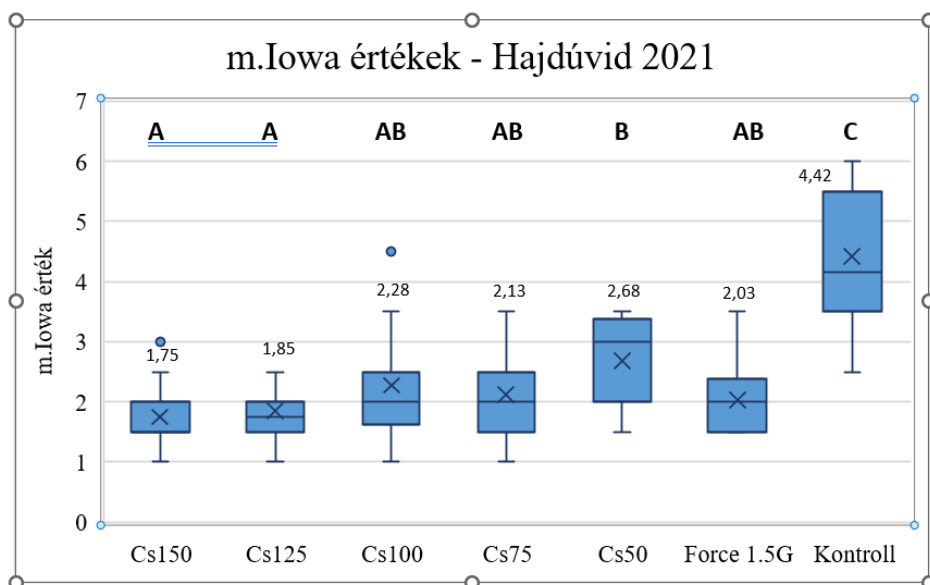
2021-évi kísérlet Hajdúvid

Hajdúvidi terület lárvaszám adatait elemezve megállapítható, hogy a vizsgáltba bevont parcellák közül a kezeletlen kontroll esetében mértük a legmagasabb lárvaszámot ($4,20 \pm 2,91$ lárva/növény), ezt az 50 %-os ($3,00 \pm 2,00$ lárva/növény) és 100 %-os ($3,00 \pm 2,53$ lárva/növény) koncentrációban felvitt azadirachtin hatóanyaggal kezelt területek követik. Ennél alacsonyabb mértékű átlagos növényenkénti lárvaszám a Force 1,5 G készítménnyel kezelt ($2,60 \pm 2,06$ lárva/növény), a 75 %-os ($2,35 \pm 1,76$ lárva/növény), a 150 %-os ($1,50 \pm 1,61$ lárva/növény) azadirachtinnal kezelt parcellák esetében volt tapasztalható. A 125 %-os koncentrációjú azadirachtinnal kezelt magvak esetén mértük a legalacsonyabb lárvaszám értéket ($1,20 \pm 1,40$ lárva/növény) (5. ábra).



5. ábra: Lárvaszámok alakulása a kísérletben 2021-Hajdúvid

Az elvégzett statisztikai elemzés alapján elmondható, hogy szignifikáns különbség van ($p < 0,05$) a parcellák között, a negatív kontroll csak a 150 %-os dózisú kezeléstől ($SE = 0,663$ pTukey = 0,002) és a 125 %-os dózisú kezeléstől ($SE = 0,663$ pTukey = 0,000) különbözik szignifikánsan ($p < 0,05$). A kezelt parcellák egymástól szignifikanciát nem mutatnak ($p > 0,05$). A gyökérvisszarágottság tekintetében (6. ábra), a vizsgált kezelések közül a kezeletlen kontroll esetében tapasztaltuk a legnagyobb mértékű kárt (m.Iowa: $4,42 \pm 1,16$). Ez az érték lényegesen meghaladja a gazdasági kár határának tekintett 3,5-ös m.Iowa értéket. Az azadirachtin hatóanyaggal kezelt vetőmaggal bevetett területek közül a gyökérvisszarágottság mértéke az 50 %-os koncentráció esetében volt a legmagasabb ($2,68 \pm 0,75$). A legalacsonyabb gyökérvisszarágottságot a 125 %-os ($1,85 \pm 0,49$) és a 150 %-os ($1,75 \pm 0,62$) azadirachtinnal kezelt vetőmaggal bevetett parcellák esetében tapasztaltuk.



6. ábra: Gyökérvisszarágottság mértékének alakulása az m. Iowa-skála szerint a kísérletben 2021-Hajdúvid

Az SPSS programmal elvégzett oneway ANOVA elemzés alapján megállapítható, hogy szignifikáns különbség van ($p < 0,05$) a parcellák között az m.Iowa értékek alapján ($p = 0,000$; $F = 28,322$). A Tukey HSD Post hoc teszt eredményei szerint a negatív kontroll minden kezeléstől szignifikánsan különbözik ($p < 0,05$). A vizsgálat eredményei szerint a kezelések mindegyike jól elkülönül a kontroll parcella esetében mért gyökérvisszarágottságtól, tehát a kezelések esetében statisztikailag igazolható különbség mutatható ki. A kísérleti parcellák közül csak kettő között található szignifikancia ($p < 0,05$). A 150 %-os dózisz kezelés, szignifikánsan különbözik az 50 %-os dózisz kezeléstől ($SE = 0,2445$ $p_{\text{Tukey}} = 0,004$).

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A nagy kukoricatermesztő körzetekben, különösen ott, ahol nagyarányú a növény monokultúrás termesztése, jelentős problémát okoz az amerikai kukoricabogár lárvája és imágója elleni védekezés. Az utóbbi években, a fenntartható mezőgazdasági/növényvédelmi gyakorlatot szem előtt tartva felértékelődnek a biológiai eredetű, hasznos szervezeteket védő készítmények, mint a botanikai extraktumok. Az azadirachtin hatóanyag talajlakó kártevők elleni pozitív hatását több a közelmúltban megjelent tanulmány is említi.

Xie *et al.* (1991) laboratóriumi körülmények között tesztelték a hatóanyagot a kukoricabogár lárvája ellen, talajba-öntéssel, valamint fiatalkori növények leveleinek lepermetezésével, biztató eredményekről beszámolva a kukoricabogárlárvák elleni

hatásról. Kísérleteikkel összevetve saját vizsgálatainkat elmondható, hogy szántóföldi körülmények között tesztelve a hatóanyagot (kisparcellás kísérletekben) szintén hatékonynak bizonyult a kukoricabogár lárvák ellen. A vetéssel egy menetben juttattuk ki ezt a botanikai inszezticidet csávázásos formában, mely a mezőgazdaságban bevált egyszerű megoldás. Bizonyításra került az azadirachtin hatóanyag rendkívül hosszú tartamhatása. Ez a védelem elérte, sőt egyes helyeken meg is haladta az általánosan használt teflutrin hatékonyságát.

Tóth et al. (2021) üvegházi körülmények között végeztek vizsgálatokat egy azadirachtin hatóanyagtartalmú granulátummal kapcsolatban. Vizsgálataik során igazolták, hogy 200 g/ha hatóanyagot tartalmazó készítmény alkalmazása révén nem okoz a kukoricabogárlárvája gazdasági kárt, de a teljes védelem elérése érdekében 380 g/ha hatóanyag alkalmazása indokolt.

Korábban mi is végeztünk kísérleteket ezen granulátummal és azt tapasztaltuk, hogy a viszonylag száraz, csapadékszegény tenyészidőszakban még a gyökérfelvételezés során is felfedezhető volt a gyökérszónában feloldatlan granulátumszemcse. Az ismertetett csávázásos technológiának az előnye, hogy a mag felületére felvitt azadirachtin hatóanyagot a csíranövény nagy százalékban közvetlenül fel tudja venni, ezáltal tartós védelmet biztosít a károsítók ellen. Ennek köszönhető az a tény, hogy több éven keresztül, több helyszínen, különböző lárvanyomás alatt álló területeken végzett kísérleteinkben lényegesen kevesebb hatóanyagmennyiség is megfelelő védelmet nyújtott.

Kutatásunk során megállapítottuk, hogy a magasabb lárvafertőzöttségű területeken a magasabb csávázási dóziskoncentrációk használata (125% - 150%) indokolt, míg az alacsonyabb lárvadenzitás alatta álló területek esetében az 50-100%-os dóziskoncentrációk is eredményes védelmet nyújtanak a kukoricabogár lárvájával szemben.

IRODALOM

- Brahmachari G.* (2004): Neem—An Omnipotent Plant: A retrospection. 5:408-421
<https://doi.org/10.1002/cbic.200300749>
- Campos EVR. - Lima R. - Fraceto FL. - Oliveira LJ. - Pascoli M.* (2016): Neem oil and crop protection: From Now to the Future. *Front. Plant. Sci.*, 7:1
<https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01494>
- 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
- 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.

- Feng R. and Isman M.B.* (1995): Selection for resistance to azadirachtin in the green peach aphid, *Myzus persicae*. *Experimentia*, 51: 831-833.
- Godfrey L.D.- Meinke L.J.- Wright R.J.- Hein G.L.* (1995): Environmentak and edafic effects on western corn rootworm (Coleoptera, Chrysomelidae) overwintering egg survival. *J. Econ. Entomol.* 88: 1445-1454.
- Gonzalez-Coloma A.- Reina M.- Diaz C.E.- Fraga B.M.- Santana-Meridas O.* (2010): Natural Product-Based Biopesticides for Insect Control https://www.researchgate.net/publication/276271852_Natural_Product-Based_Biopesticides_for_Insect_Control Accessed 12 April 2022
- Gyeraj A.- Szalai M.- Pálincás A.- Edwards CR.- Kiss J.* (2021): Effects of adult western corn rootworm (*Diabrotica virgifera* LeConte, Coleoptera: Chrysomelidae) silk feeding on yield parameters of sweet maize. *Crop Protection*, 140 <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105447>
- Hill T. M. and Peters D. C.* (1971): A method of evaluating postplanting insecticide treatments for control of western corn rootworm larvae. *Journal of Economic Entomology* 64: 764-765.
- Immaraju J.* (1998): The commercial use of azadirachtin and its integration into viable pest control programmes. *Pesticide Science*, 54. (3): 285-289.
- Kahler A.- 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.
- Mordue A.J. and Artes R.J.* (1997): Feeding Deterrence and Toxicity of Neem Triterpenoids. *Journal of Chemical Ecology*, 23: 2117-2132
- Morgan E.D.* (2009): Azadirachtin, a scientific gold mine. *Bioorg. Med. Chem.* 17(12):4096-4105 <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2008.11.081>
- Mulla M.S., and Su T.* (1999): Activity and biological effects of neem products against arthropods of medical and veterinary importance. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 15(2):133-152
- Musick G.L. and Suttle P.J.* (1972): Ohio northern corn rootworm research. Part 1: Chemical control. Annual report. Ohio Agricultur development and Reserach Center, Wooster, Ohio
- Pálfay G.* (2001): Talajfertőtlenítéssel a kukoricabogár ellen (“Soil disinfection to control corn rootworm”). *Gyakorlati Agroforum* (“Practical Agroforum”) 12(5):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 [https://doi.org/10.1016/0022-1910\(88\)90082-0](https://doi.org/10.1016/0022-1910(88)90082-0)
- Spike B.P. and Tollefson J.J.* (1991a): Yield response of corn subjected to western corn rootworm (Coleoptera, Chrysomelidae) infestation and lodging. *J. Econ. Entomol.*, 84: 1585-15
- Tóth SZ., Szalai M., Vörös L., Ledóné Ábrahám R., Doshi P., Toepfer S.* (2021): Az azadirachtin aktív hatóanyagot tartalmazó biológiai talajfertőtlenítő szerek képesek védelmet nyújtani a *Diabrotica v. virgifera* (Coleoptera: chrysomelidae) lárvái ellen. 67. Növényvédelmi Tudományos Napok Konferencia Kiadvány p.24.

Vörös G. (2002a): Újabb kukorica-ellenség: Az amerikai kukoricabogár. Gyakorlati Agrofórum, Gyakorlati Agrofórum füzetek (6) 35.

Xie Y.S.- Gagnon D.- Arnason J.T.- Philogene B.J.R.- Lambert J.D.H.- Kaminski J.- Morand P.- Timmins G.- Werstiuk N.H. (1991): Effects of azadirachtin on the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae). Can Entomol. 1991(3)123:707–10.

<https://doi.org/10.4039/Ent123707-3>