



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Növényorvos MSc Szak**

**Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera*
LeConte) lárvája által okozott termésveszteség elemzése**

Belső konzulens:	Dr. Pálinkás Zoltán egyetemi adjunktus
Készítette:	Peczkó Márk GP6BPC nappali tagozat
Intézet/Tanszék:	Növényvédelmi Intézet Integrált Növényvédelmi Tanszék

GÖDÖLLŐ
2023

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések	3
2. Irodalmi áttekintés	5
2.1. A kukoricatermesztés helyzete a világon és hazánkban.....	5
2.2. Az amerikai kukoricabogár taxonómiája és morfológiája.....	6
2.3. Az amerikai kukoricabogár elterjedése	6
2.4. Az amerikai kukoricabogár biológiája	8
2.5. Az amerikai kukoricabogár lárva és imágó kártétele	9
2.6. Az amerikai kukoricabogár elleni integrált védelem.....	11
2.7. A kukorica fontosabb kártevői által okozott minőségi és mennyiségi termés kiesés	16
3. Anyag és módszer	18
3.1. A kísérleti helyszín bemutatása	18
3.2. A szabadföldi vizsgálatok időszaka alatti időjárási viszonyok.....	18
3.3. A kísérleti területen végzett termesztéstechnológia	19
3.4. A kísérlet beállítása	21
3.5. Felvételezési módszerek.....	22
3.5.1. Kukoricánövény dőlésének vizsgálata.....	22
3.5.2. Gyökérvérvétel elemzése	23
3.5.3. Termésmennyiség értékelése a kukoricánövény dőlésének függvényében.....	24
3.6. Adatok kiértékelése	25
4. Eredmények	27
4.1. A kukorica növények dőlésének alakulása az egyes kezelések esetén.....	27
4.2. A kukorica gyökérvérvételének alakulása az egyes kezelések esetén	28
4.3. A parcellánkénti termésmennyiség alakulása az egyes kezelésekben.....	30
4.4. Az egyes kukorica megdőlési értékek és az átlagos gyökérvérvétel közötti összefüggések vizsgálata.....	31
4.5. A termés különböző paramétereinek alakulása az eltérő mértékű növénydölések függvényében	32
4.6. Az amerikai kukoricabogár lárva által okozott növénydölés hatása a termés egyes paramétereire	34
4.7. A megdőlés mértéke és a termés vizsgált paramétereinek közötti összefüggések elemzése	36
5. Következtetések és javaslatok	37
6. Összefoglalás	39
7. Köszönetnyilvánítás	41
8. Irodalomjegyzék	42

1. Bevezetés és célkitűzések

Hazánkban a kukorica (*Zea mays* L.) a szántóföldi vetésforgó egyik meghatározó növénye, az egyik legnagyobb hektáronkénti termésmennyiség jellemzi, valamint a felhasználását tekintve is több lehetőség áll rendelkezésünkre (pl. takarmányozás, élelmiszeripar, bioüzemanyag előállítás stb.). Ezért is fontos, hogy megfelelő háttértudással rendelkezünk a kukorica fejlődését negatívan befolyásoló tényezőkről. A biotikus faktorok közül az egyik legfontosabb kártevője az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte), melynek fő kártétele a lárvák által okozott gyökérvárosítás, hiszen a kukorica gyökere jelenti az elsődleges táplálékforrásukat. Nagyobb lárva szám esetében a gyökerek jelentős részét elfogyaszthatják, ekkor a kukorica szél hatására megdőlhethet, és kialakul a talaj közelében a hattyúnyakás állapot (Edwards, 1995). Extrém esetben a kukorica teljesen kidőlhethet, ezáltal a termést nem tudjuk betakarítani, így jelentős gazdasági kár keletkezhet. Alapvető és hatékony védekezési módszer az amerikai kukoricabogár ellen a vetésváltás alkalmazása, ezzel megszakítva a kártevő életciklusát. Sok esetben viszont gazdasági vagy agrotechnikai okok miatt a gazdák visszavetik a kukoricát, ahol bevett „szokás”, hogy a döntéshozatal (ami az integrált szemlélet egyik fontos lépése) a kártevő felvételezése nélkül, „rutinszerűen” történik. Egy másik gyakran alkalmazott védekezési módszer a vetéssel egy menetben történő talajszekticid kezelés. A több éves kukoricák esetén nem biztos, hogy szükséges talajszekticid vetéssel egy menetben történő kijuttatása ahhoz, hogy kártételi küszöbérték alatt tartsuk a lárvák által okozott kárt, a döntést az előző évi imágó egyedszám alapján szükséges meghoznunk (Sivcey et al., 2009; Peczkó, 2021). Az integrált növényvédelem utolsó és egyben az egyik legfontosabb pillére az értékelés. A lárvák által okozott gyökérvárosítást felmérhetjük pl. IOWA 1-6 skála (Hein és Tollefson, 1985) segítségével. A gyökérvárosítás táblaszintű értékelése és ezáltal az esetleges termés kiesés megállapítása idő- és munkaigényes folyamat, nagy szakértelem szükséges a kár pontos meghatározásához. A lárva okozta kártétel értékelésének másik módja a növénydőlés vizsgálata. A kukorica szárának megdőlését gyorsan és egyszerűen felvételezhetjük, nem szükséges a növényt kiásni, elég, ha a függőleges helyzettől való eltérést megállapítjuk. A gazdák számára fontos információ lenne a különböző mértékű növénydőléshez tartozó mennyiségi és/vagy minőségi termés kiesés meghatározása. A növénydőléssel, annak következményeivel, valamint a termésre gyakorolt hatásával kapcsolatban már több vizsgálatot is elvégeztek (Spike és Tollefson, 1991; Nagy et al., 2003; Széll et al., 2003; Keszthelyi et al., 2007).

Diplomadolgozatom célkitűzése, hogy megvizsgáljam az amerikai kukoricabogár lárva elleni védekezési módszerek (vetésváltás, talajinszekticid alkalmazása) milyen hatással vannak a lárva által okozott kártételre és a termés különböző paramétereire. Emellett elemeztem az integrált növényvédelem utolsó alappillérét (értékelés), hogy milyen összefüggés van a lárva kártételét felmérő módszerek (IOWA 1-6 skála és növénydőlés mértéke) között, illetve, hogy milyen kapcsolatot tudunk kimutatni a növénydőlés és a minőségi és mennyiségi termés kiesés között.

2. Irodalmi áttekintés

2.1. A kukoricatermesztés helyzete a világon és hazánkban

Világviszonylatban a kukorica termőterülete a 2019-es évtől folyamatosan emelkedett, kb. 195 millió hektárról közel 206 millió hektárra nőtt az éves termőterület 2021-re. A vizsgált időszakban a termés mennyisége is majdnem 100 millió tonnával lett több. A termésátlag nem változott jelentősen, 5,8 tonna/hektáron stagnált a 2019-2021-es időszakban (**1. táblázat**).

1. táblázat: A kukorica termesztésének helyzete a világon
2019 és 2021 között (http1)

Év	2019	2020	2021
Termőterület (ha)	194 555 227	199 994 407	205 870 016
Termésmennyiség (t)	1 137 617 353	1 162 997 555	1 210 235 135
Termésátlag (t/ha)	5,85	5,82	5,88

Magyarországon átlagosan 1 millió hektáron termesztenek kukoricát, ez a szám csak 2022-ben csökkent le 800 ezer hektárra. A betakarított mennyiség és termésátlag az adott évi környezeti viszonyok függvényében 6,5 és 8,4 millió tonna, valamint 6,1 és 8,5 t/ha között változott 2019 és 2021 között. 2022-ben az aszályos évjárat következtében csak 2,7 millió tonna termett, amely 3,41 tonna/ha-os átlagot jelentett (**2. táblázat**).

2. táblázat: A kukorica termesztésének helyzete Magyarországon
2019 és 2022 között (http2)

Év	2019	2020	2021	2022
Termőterület (ha)	1 027 592	981 006	1 054 566	816 643
Termésmennyiség (t)	8 277 813	8 414 350	6 462 205	2 781 774
Termésátlag (t/ha)	8,06	8,58	6,13	3,41

2.2. Az amerikai kukoricabogár taxonómiája és morfológiája

Taxonómiai besorolását tekintve az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) a rovarok (Insecta) osztályának, a bogarak (Coleoptera) rendjének és a levélbogarak (Crysomelidae) családjának a tagja (LeConte, 1868).

Az amerikai kukoricabogár imágók LeConte (1868) szerint 5-6 mm hosszúak lehetnek, a későbbi vizsgálatok alkalmával megfigyeltek bizonyos mértékű méretkülönbséget a nemek között, a felvételezett hímeket 4,4-6,6 mm testhossz, míg a nőstényeket 4,2-6,8 mm testhossz jellemzi (Krysan és Smith, 1987). Az imágók alapszíne zöldes-sárga és szárnyfedőjük teljes hosszában 3 fekete vonal látható (Krysan, 1986). A hímeknél sokszor megfigyelhető, hogy a 3 fekete vonal összemosódik és teljesen fekete lesz a szárnyfedő, de a nőstények esetén szinte kivétel nélkül megmarad a csíkozottság (Kuhar és Youngmann, 1995). Az imágók nem szerinti elkülönítése történhet a potroh végének szemrevételezésével. A hímek esetén egy extra lemez található a potroh csúcsának felső részén, míg a nőstényeknél ez a lemez hiányzik, emiatt oldalról nézve a hímeknél tompább, a nőstényeknél hegyesebb a potrohvég. Emellett lehetőség van a csáp hossza alapján is szétválogatni az imágókat. Egy gyakorlott szakember könnyen fel tudja ismerni a hímeket, hiszen azok csápja szemmel láthatóan hosszabb, mint a nőstényeké, továbbá a hímek 2. és 3. csápíze egyforma hosszúságú, viszont a nőstényeknél a 3. csápíz kissé hosszabb a 2. csápíztól (Krysan, 1986).

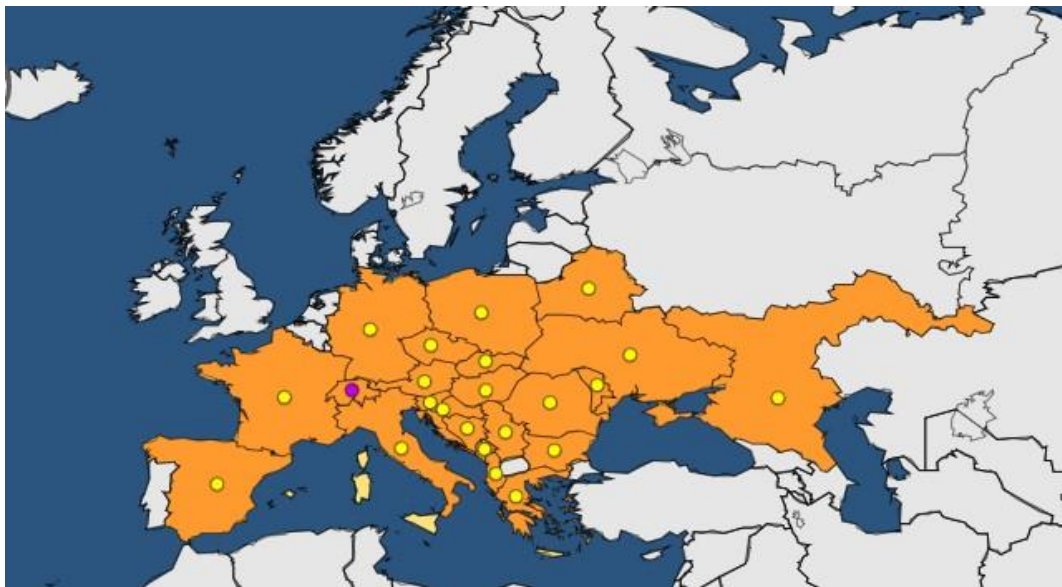
Tojásai átlagosan 0,6 mm hosszúak és 0,4 mm szélesek, színük a fehértől a krémszínűig terjedhet (Edwards, 1995). Egyedi mintázata miatt mikroszkóppal könnyen azonosítható és elkülöníthető a többi *Diabrotica* faj tojásaitól (Krysan, 1986). Az első lárva stádiumban (L₁) fehér színűek, fejtokjuk sárgásbarna, valamint testhosszuk 1-1,2 mm lehet. A harmadik lárvastádiumban (L₃) már a 13 mm-es testhosszt is elérhetik, fejük barna színű, valamint testük végén sötét lemez található (Edwards, 1995). Bábja szabadbáb. A nőstények és a hímek bábjai megkülönböztethetőek egymástól, a nőstény bábokon kinövések láthatóak a potroh végén, a hímeknél azonban hiányoznak ezek a képletek (Krysan, 1986).

2.3. Az amerikai kukoricabogár elterjedése

Az amerikai kukoricabogár eredete a trópusokra vezethető vissza (Smith, 1966). Az Amerikai Egyesült Államok északi részén a 700-as években jelenhetett meg a faj, ami egybeesik a kukorica termesztésének ebben a régióban történő elterjedésével (Krysan et al., 1977). Kártételét először az 1900-as évek elején észlelték Colorado államban (Gillette, 1912). Jelentős problémát a 1940-es évektől kezdődően jelentett, ekkor már Nebraskában és

Kansasban is nagymértékű gazdasági kárt okozott a faj (Tate és Bare, 1946; Bryson et al., 1953). Ez az időszak egyben a kártevő keleti irányú terjedésének kezdetét is jelentette és 1980 környékén már elérte az Atlanti-óceán partjainál található területeket (Krysan, 1986). A XX. században a kukoricatermesztés nagymértékű fellendülésével az amerikai kukoricabogár lett a kultúrnövény fő kártevője az USA-ban (Levine és Oloumi-Sadeghi, 1991).

Európában az amerikai kukoricabogarat először Szerbiában, azon belül is egy belgrádi repülőtér közelében lévő kukoricatáblán észlelték 1992-ben (Baca, 1993). Először nem magát az imágót, hanem a lárvájának kártétele következtében megdőlő növényeket találták meg. Az amerikai kukoricabogár behurcolása nem köthető szemes kukorica szállítmányokhoz, valószínűbb, hogy repülővel érkezhettek a nőtény imágók az USA-ból (Gyeraj et al., 2018). A kártevő invázióját három szakaszra bontják. Az első szakasz a véletlen betelepítéstől a kártevő első azonosításáig tartott. A faj behurcolása Európába nagy valószínűséggel 1979 és 1984 között történhetett meg, 8-13 évvel azelőtt, mielőtt a kártevő tényleges kártételt okozott volna (Szalai et al., 2011). A második szakaszban az amerikai kukoricabogár elterjedt és megtelepedett Szerbia szomszédos országaiban, például Magyarországon, Horvátországban, Romániában, vagy épp Bulgáriában. A harmadik szakasz, ami 2001-től kezdve napjainkban is tart (további terjedés), a faj ez idő alatt megjelent a legtöbb európai országban (Bazok et al., 2021) (**1. ábra**).



1. ábra: Az amerikai kukoricabogár elterjedése Európában (EPPO, 2023)

A faj Európa más pontjaira is bekerült Észak Amerikából, megfigyeltek önálló populációkat Északnyugat-Olaszországban, az Egyesült Királyságban és Franciaországban belül

Alsace-ban és Párizsban is. A további vizsgálatok kimutatták, hogy Európán belül is történt áthurcolás, ugyanis Párizs közelében az egyik populáció vélhetőleg az Egyesült Királyságból, míg a Friuliban megfigyelt populáció a közép-európai populációból alakult ki (Ciosi et al., 2008).

Magyarországon először 1995-ben észlelték az amerikai kukoricabogár imágóit Mórahalom közelében (Princzinger, 1996). A kártevő rohamosan terjedt északi irányba és 1999-re elérte hazánk Szlovákiával közös határát, 2000-ben pedig már megfigyelték Szlovákiában is. 2001-ig 16 megyénkben felvételezték az amerikai kukoricabogarat (Ripka és Princzinger, 2001). Hazánkban lárva által okozott gazdasági gyökérvérvételt 2000-ben észleltek először. A következő évben a kártétel mértéke elérte az IOWA 1-6 skála szerinti 3-as értéket több mint 3000 hektáron (Kiss et al., 2005a). Az imágó egy év alatt átlagosan 30-40 km távolságra képes repülni (Széll et al., 2005), de volt, ahol leírtak már 190 km-es távolságot is (Metcalf, 1986). 2004-re már az ország egész területén beszámoltak az amerikai kukoricabogár lárvák általi kártételről ([http3](http://3)).

2.4. Az amerikai kukoricabogár biológiája

A kártevőnek évente egy nemzedéke jelenik meg (Chiang, 1973). Telelése tojás alakban történik, a nőtények a tojásokat a talajba helyezik, legtöbbször a kukorica növény közelében. A tojások hozzávetőleg 80 százalékát a talaj felső 15 cm-es rétegében találjuk (Ball, 1957). Az amerikai kukoricabogár esetében kialakult egy olyan életszakasz, ami a kedvezőtlen körülmények átvészelésére jött létre, amelyet diapauzának nevezünk. Ez a nyugalmi képesség segíti abban, hogy a mérsékelt övi régiókban átvészelve a telet (Krysan et al., 1977). Dormanciája két részre különíthető el, obligát és fakultatív diapauzára, az utóbbi hosszát a környezeti feltételek nagymértékben befolyásolhatják (Krysan, 1978).

A faj 3 lárvastádiummal rendelkezik (Krysan, 1986). A tojásból való kikelésük időpontját hőösszeg számítással tudjuk meghatározni. A küszöbhőmérséklet, amely a diapauza utáni fejlődést elindítja Chiang (1973) szerint 11-13 °C között van, míg Baufeld et al. (1996) vizsgálatai alapján 10-13 °C szükséges a folyamat megkezdéséhez. A keléshez nélkülözhetetlen effektív hőösszeg 250-270 nap °C között változhat (Chiang, 1973). A lárvakelés május végén, június elején kezdődik meg mind az USA-ban (Bergman és Turpin, 1984), mind Európa középső és keleti részén (Bazok, 2001). Fejlődésük is jelentős mértékben függ a hőmérséklettől, a nőtény lárvák 18-30 °C-on 27-45 nap alatt fejlődnek ki (Jackson és Elliott, 1988). Az amerikai kukoricabogár populáció túlélési aránya a tojás állapottól az imágó állapotig

környezeti körülményektől függően változhat, de nagyságrendileg 6 és 11 % között mozog (Gray és Tollefson, 1988a; 1988b). Akár a talaj 20-22 cm-es mélységében is bebábozódhatnak, tehát a kifejlődött imágóknak akár jelentős távolságot is meg kell tenniük a talajban, mielőtt a felszínre jutnának (Chiang, 1973).

Az imágók június végén, július elején kezdenek a talajból előbújni, tömeges megjelenésükre pedig július folyamán kell számítani (Quiring és Timmins, 1990; Darnell et al., 2000; Nowatzki et al., 2002). A kifejlett egyedek közül a hímek jönnek ki előbb a talajból (Darnell et al., 2000; Nowatzki et al., 2002). A legtöbb imágó július második felétől augusztus közepéig figyelhető meg a kultúrnövényen (Hataláné és Ripka, 2001). A nemek aránya a populációban változhat a terület elhelyezkedésétől és az évjárattól függően (Sutter et al., 1991). Egyenlő ivarányt akkor észleltek, amikor kisebb lárvakártételt tapasztaltak (Weiss et al., 1985). Az imágók kiválóan tudnak repülni (Spencer et al., 2005), miután a hím és nőstény egyedek találkoznak és megtörténik a párosodás, 2 hét után kezdődik a peterakás. A tojásrakás időszaka július elejétől augusztus végéig tart (Bayar et al., 2003), de a párosodás után akár 2 hónappal is rakhatnak még le tojásokat az imágók (Branson és Johnson, 1973; Hill, 1975; Sutter et al., 1991). Egy nőstény imágó átlagosan 400 tojást rak le élete során (Ball, 1957), de előfordult olyan is, hogy 500-nál is több tojást rakott (Sutter et al., 1991). Az amerikai kukoricabogár imágók októberig vagy az első fagyokig megtalálhatóak a kukoricatáblákon, illetve azok környékén (Short és Hill, 1972; Komáromi et al., 2001).

2.5. Az amerikai kukoricabogár lárva és imágó kártétele

Az amerikai kukoricabogár által okozott kártétel többféle lehet. Jelentkezhet a lárvakárból adódó teljes növénydőlés (100%-os terméskiesést is okozhat), az imágó biberágása, valamint a levélhámogtatás (kisebb gazdasági kár) egyaránt (Ivezic et al., 2006; Nagy et al., 2003). A kikelt lárvák a kukorica gyökere által kibocsátott szén-dioxidot érzékelik, így képesek megtalálni a kultúrnövényt (Hataláné és Ripka, 2001). Az L₁-es lárvák a hajszálgökökerekét és a gyökér külső szövetét fogyasztják, valamint járatot vájnak a gyökér csúcsától indulva, továbbá repedések jönnek létre a gyökéren. Az L₂-es, L₃-as lárvák már a növényhez közeli vastagabb gyökereken táplálkoznak (Barna, 2001). Ha nagyobb egyedszámban vannak jelen a lárvák és elfogy a táplálék a csírázás helyén, a lárva képes akár a harmadik növényig is „elvándorolni”, hogy kukoricagyökeret találjon (http4). A kukorica gyökerének nagymértékű károsodása (**2. ábra**) esetén a növény szél hatására megdőlhét és kialakul az úgynevezett „hattyúnyak” tünet (Edwards, 1995).



2. ábra: Az amerikai kukoricabogár lárva által okozott kártétel hatására megdőlt kukorica (saját kép, Balatonendréd, 2022)

A növénydőlés gyakorisága és mértéke nemcsak a gyökérvégtől, hanem a környezeti körülményektől (pl. csapadék, szél), valamint a hibrid gyökerének regenerációs képességétől is függ. Előfordul azonban olyan eset is, hogy a megdőlt növényeken szignifikánsan kisebb a gyökérvég, mint az egyenesen álló növényeken (Spike és Tollefson, 1991). Megfigyelték, hogy a korai éréscsoportú (FAO 200) hibridek átlagos növénydőlése kisebb, mint a középérésű (FAO 400) hibrideké. Ennek okát a növény habitusára vezetik vissza, miszerint egy korai éréscsoportú hibrid a legtöbb esetben kisebb magassággal rendelkezik és a növény tömege is kisebb, mint egy középérésű hibridé (Széll et al., 2003).

A korán kikelt imágók a levélfelületen táplálkoznak, amíg a pollen és a bibe meg nem jelenik (Ball, 1957). Később a címervirágzat pollenjével, valamint a nőivarú virágzat bibéjével is táplálkozhatnak. A megrágott bibeszálak és a virágpor mennyiségének csökkenése negatívan befolyásolja a termékenyülést, ezáltal hiányos lehet a szemképződés (Chiang, 1973; Levine és Oloumi-Sadeghi, 1991). Jelentős imágó egyedszám esetén akár a csuhélevelekig lerágják a bibét, ami a gazdasági kárt tekintve főleg a beporzás és termékenyülés első néhány napjában kritikus (Gyeraj et al., 2018). Amíg a kukorica pollenje és bibéje friss, addig azon a területen táplálkoznak, ahol kikeltek, azonban amikor a bibe elszárad, sok esetben más táblákon keresnek táplálékot (Chiang, 1973). Emellett a cső végén lévő tejes szemeket is előszeretettel fogyasztják

(Ball, 1957). Az amerikai kukoricabogár felismeri a kukorica bibéjének az illatanyagát, amely odavonzza a táplálékforráshoz (Prystupa et al., 1988).

2.6. Az amerikai kukoricabogár elleni integrált védelem

Megelőzés és visszaszorítás – prevenció, szint alatt tartás

A megelőző védekezési módok szolgálnak a kártétel elkerülésére, amelyeket már a kártevő megjelenése előtt alkalmazhatunk. A vetésváltás beiktatása (mint megelőző védekezési módszer) is ide sorolható, amely hatékony az amerikai kukoricabogár lárvakár megelőzésére, hiszen az imágók szinte kizárólag kukoricatáblák talajába teszik a tojásaikat, valamint a lárvák legfőképp a kukorica gyökerén táplálkoznak (Levine és Oloumi-Sadeghi, 1991; Széll et al., 2005). Előfordul azonban, hogy a kalászosok tarlóján megjelenő virágzó gyomok is odacsalogatják a nőtényeket, amelyek ott táplálkoznak és a tarló talajába tehetik tojásaikat, ezért ügyelni kell a betakarítás után a területen levő gyomok borításának csökkentésére (Johnson és Turpin, 1985; Keszthelyi et al., 2009). Az USA-ban a 70-es években a kukorica-szója vetésváltás rendszerét alkalmazták a kártevő kártételének megelőzésére és emiatt a kijuttatott talajinszekticidek mennyisége jelentősen lecsökkent (Edwards, 1996). Későbbiekben Illinois és Indiana államokban számottevő lárvakárt jelentettek szója után vetett elsőéves kukoricatáblákban. Több elmélet is született arra, hogy miként alakulhatott ki ez az ún. vetésváltás toleráns törzs. Lehetséges okként említik a *Diabrotica virgifera virgifera* és a *D. barberi* fajok kereszteződését vagy a piretroidok széleskörű használatát (Levine és Oloumi-Sadeghi, 1996), valamint a tojások diapauzában töltött idejének meghosszabbodását (Steffey et al., 1992). Később a kettős tojásrakási metódus (Sammons et al., 1997) és a genetikai háttér (Onstad et al., 2003) is potenciális magyarázatként lett feltüntetve. Európában ez a fajta adaptáció még nem található meg (Kiss et al., 2005b, Toepfer et al., 2011). A vetésváltás nem feltétlenül az évenkénti növényváltást jelenti. Bizonyos kiegészítő beavatkozásokkal kukoricát vethetünk a második, valamint a harmadik évben is (Kiss és Komáromi, 2007). Ha a vetésváltás aránya 80% térség szinten, a populációsűrűség kárküszöb alatt tartható a vetésváltásra alapozva (Szalai, 2012).

Megfigyelték, hogy ha az ajánlott vetésidő előtt 1 hónappal vetik a kukoricát, a lárvák által károsított növények száma a felére csökkent, ami azzal magyarázható, hogy a korai vetés jobb gyökeresedést eredményez, ezáltal több táplálékot szolgáltat a lárváknak. Az optimálisnál későbbi vetésidő is hozzájárulhat a lárvák számának csökkentéséhez, hiszen a nem megfelelő gyökernövekedés hatással van a lárvák táplálkozására és fejlődésére. Azonban kizárólag erre

alapozni a védekezést nem célszerű, érdemes betartani a nemesítő által javasolt optimális vetésidőt a kukorica megfelelő fejlődése érdekében (Ciobanu et al., 2009).

A tápanyag megfelelő utánpótlásával, mint agrotechnikai módszerrel is felléphetünk a lárvák által okozott kár ellen. A nitrogén mennyiségének növelésével és optimális időpontban történő kijuttatásával mérsékelhető a gyökérvárosodás mértéke (Illés et al., 2020).

Megfigyelés – monitoring, döntések megalapozása

A kártevők egyedszámának felvételezését feltétlenül szükséges elvégeznünk a védekezési döntés meghozatalához. A döntéshez a kártételi szintet vesszük figyelembe. Ha ezt az adott kártevő eléri az adott területen, meg kell kezdeni a védekezést (Stern et al., 1959). Az amerikai kukoricabogár imágók számának felmérése és csapdázása (rajzásuk megfigyelése) hasznos információt ad a következő évi vetésforgó megtervezéséhez (Edwards et al., 1998a; Gerber et al., 2005) és a következő évben fellépő gyökérvárosodás becslésére egyaránt (Hein és Tollefson, 1985; Kuhar és Youngmann, 1998). Az imágók egyedszámának felvételezésére léteznek abszolút és relatív felvételezési módszerek. Az abszolút módszer esetében egységnyi területre nézve történik a kártevő egyedszámának értékelése (Southwood, 1978). Az imágók abszolút felvételezésére használhatjuk az egyedi növényvizsgálat egyes változatait és a sátorhálós csapdát egyaránt. Az egyedi növényvizsgálat egyik típusa, amikor a növényekről 10 percen keresztül felvételezzük az amerikai kukoricabogár egyedeit (Chiang, 1973), de ide tartozik a 10 cső elnevezésű vizsgálat is: itt a táblán belül több kisebb mintatérben véletlenszerűen kiválasztunk 10 kukoricacsövet és a csövekről, valamint a bibérről leszámoljuk az imágókat (Steffey et al., 1982). Pontosabb és bizonyos szempontból egyszerűbb a teljes növény vizsgálata, ekkor 10 véletlenszerűen kiválasztott növényen számoljuk le az imágókat megfelelő ismétlésszámban (Chiang, 1973; Steffey et al., 1982). A relatív felvételezési módszerek közé sorolható a csapdák alkalmazása, többféle csapdatípus is elérhető az imágók számának meghatározására (Hein és Tollefson, 1985). Egy részük kémiai vegyületekkel, például szexferomonnal vagy növényi illatanyaggal vonzza az amerikai kukoricabogarakat (Tóth és Furlan, 2003), de léteznek vizuális ingerrel ható csapdatípusok is (Edwards et al., 1998a). Nyolc csapdázási módot vizsgálva Hein és Tollefson (1984) a csalétek nélküli, vizuális ingert kihasználó Pherocon AM sárga ragacs lapot találta az egyik leghatékonyabb felvételezési eszköznek. A színcsapda használható a védekezés szükségességének meghatározására a nagy egyedszám miatt esetlegesen bekövetkező imágó kártétel esetén (Edwards et al., 1998b). Ahhoz, hogy meghatározzuk, hogy a következő évben a lárvák ellen be kell-e avatkoznunk, célszerű a csapdát augusztus második felében kihelyezni (Hein és Tollefson, 1985). Később ezt

az időpontot augusztus elejére pontosították (Bazok et al., 2011; Kos et al, 2014). A kémiai anyagokkal vonzó csapdák közül a szexferomont tartalmazó csapdák a hímeket, míg a növényi illatanyagot tartalmazó csapdák a hímek mellett a nőstényeket is csalogatják (Tóth és Furlan, 2003). A feromonnal felszerelt ragadós lapcsapda maximum 10 méteres távolságból képes a csapdához csalogatni a hímeket (Tóth et al., 2003). A szexferomon csapdák leginkább a faj észlelésére alkalmasak, valamint biztosan felmérhetjük velük a hím egyedek első megjelenését kisebb egyedszám esetén is (Tóth et al., 1996; Tóth et al., 2003).

Döntéshozatal – monitoring, küszöbértékek, gazdasági és egyéb szempontok alapján

Elsődleges célunk a kártevő fertőzöttségének elfogadható szinten tartása tér és idő tekintetében, amelyhez megfelelő döntéseket kell hoznunk. Figyelembe kell vennünk a gazdaságunk és környezetünk viszonyait, illetve a megfigyelésekre, tapasztalatokra alapozva szükséges beiktatnunk az intézkedéseket (Kiss, 2003). Az imágók egyedszámából következtetni tudunk a következő évi lárvakártétel mértékére (Peters, 1969). Kukorica monokultúrában akkor számíthatunk a következő évben lárvakártételre, ha a Pherocon AM csapdával hetente 40 vagy naponta 6 imágót felvételezünk a rajzási időszakban (Hein és Tollefson, 1985). Bazok et al. (2011) vizsgálatában ez az érték az egyedi növényvizsgálatra kifejezve 0,5-1 imágó/növény értéknek felelt meg. Ha az imágók elleni kezeléstről döntünk, figyelembe kell venni a kárküszöbértékeket (amely eltér csemege-, áru-, valamint vetőmagkukorica esetében) és a beavatkozás idejét is pontosan meg kell határoznunk, hiszen leghatékonyabban a rajzáscsúcskor tudunk védekezni (Kiss, szóbeli közlés). A bibe visszarágásával gazdasági kárt vetőmagtermesztésben 1-3 imágó/cső, míg árukukoricában 4-6 imágó/cső okoz (ami nagyban függ az időjárási körülményektől) (Tuska et al., 2002a; 2002b; 2003). Csemegekukorica esetében 6-8 imágó/cső sem okoz még gazdasági kárt (időjárástól függően), ezen érték alatt csak akkor érdemes beavatkozni, ha csökkenteni kívánjuk a nőstények egyedszámát (tojásrakás miatt). Jelentős termésveszteség még 12 imágó/cső esetében sem mutatkozik csemegekukoricán (kivéve extrém száraz időjárásnál) (Gyeraj et al., 2019; Gyeraj, 2022). A következő évi lárvakár megelőzése szempontjából az imágók ellen augusztusban érdemes inszekticides kezelést eszközölni (csökkentve a lerakott tojások számát) (Kosztolányi, 2015; Kiss, szóbeli közlés).

Nem-kémiai módszerek – biológiai, biotechnológiai

A biológiai védekezési lehetőségek ismerete fontos a behurcolt invazív kártevők elleni védekezésben, hiszen lehetővé teszi a szelektivitást, ezáltal védjük a nem-célszervezeteket. Az amerikai kukoricabogár helyi és lokális populációit is csökkenthetjük úgy, hogy a kártevő

származási helyéről speciális természetes ellenségeket telepítünk be (Kuhlmann és van der Burgt, 1998). A betelepítés viszont nagy körültekintést igényel, kizárólag szigorú vizsgálatok után lehetséges megvalósítani, miután bebizonyosodtunk róla, hogy más szervezetekre nem fejt ki negatív hatást a kiválasztott természetes ellenség (Túróczy, szóbeli közlés).

A *Metarhizium anisopliae* entomopatogén gomba egy potenciális lehetőség az amerikai kukoricabogár ellen (Pilz et al., 2009). Laboratóriumi körülmények között a gombát a *Beauveria bassiana* és a *B. brongniartii* fajokkal közösen vizsgálták. Megállapították, hogy a vizsgált gombák törzseinek több mint fele szignifikánsan befolyásolta a lárvák mortalitását 2-3 héttel a kezelést követően (Cagan et al., 2019).

Az entomopatogén fonálféreg csoportjába tartozó *Heterorhabditis bacteriophora* szintén hatékony a lárvák ellen (Pilz et al., 2009). Ennek ellenére szántóföldi felhasználásuk még korlátozott. Laboratóriumi és szabadföldi kísérletekben is hatásosak voltak, az eredmények alapján hasonlóan vagy nagyobb mértékben képesek az egyedszámot csökkenteni, mint a szintetikus inszekticid hatóanyagok. A gazdák általi alkalmazásban viszont változó eredményeket hozott a fonálféreggel történő kezelés, hiszen a környezeti körülmények és a kijuttatás módja, valamint időzítése nem mindig megfelelő (Toepfer és Tóth, 2020). Magyarországon 2023-ban csak a *Heterorhabditis bacteriophora* fonálférget tartalmazó készítmény rendelkezik engedéllyel az amerikai kukoricabogár ellen ([http5](http://5)).

A GMO (Géntechológiával Módosított Szervezet) egy olyan szervezet (az Európai Unióban érvényes meghatározás alapján), amelynek genetikai állományát úgy módosították, amely természetes párosodással vagy rekombinációval nem tud létrejönni (European Commission, 2001). A génmódosított növények között transzgénikus (Bt) növényeket is találunk, emellett megjelentek „új nemesítési módszerekkel” létrehozott kukoricahibridek is. Az új eljárások segítségével RNS-interferencián (RNAi) alapuló géncsillapítással érjük el a célszervezetben a kívánt hatást (Zhang et al., 2015). A GM növények rovarokkal szembeni rezisztenciája szinte kizárólag a *Bacillus thuringiensis* védekezési rendszerén alapul. A rovarrezisztens növények genetikai állományába a Bt baktérium valamely törzsének a különböző célkártető rovarfajokra specifikus, fehérjét termelő génjét ültetik be (Gill et al., 1992). 2023-ban az Európai Unióban nincs termesztési engedélye *Diabrotica*-rezisztens génmódosított kukoricahibridnek.

Peszticid-kiválasztás – szelektív szerek előnyben részesítése

A kukorica jövedelmezősége miatt elterjedt a növény önmaga utáni termesztése, ezért a gazdálkodók elsősorban kémiai eszközöket vetnek be a kártevő ellen, amivel kártételi küszöbérték alatt tudják tartani mind a lárvák, mind pedig az imágók által okozott kártételt (Ferracini et al., 2021).

A lárvák ellen leggyakrabban inszekticides talajfertőtlenítést vagy vetőmagcsávázást végeznek a gazdák. Az USA-ban már az 1990-es évek elején kimutatták, hogy a talajfertőtlenítő szer kijuttatása (vetéssel egy menetben) megvédi a kukorica gyökerének nagyrészt a lárvák kártételétől (Sutter et al., 1991), azonban az amerikai kukoricabogár populáció nagyságát nem csökkentette jelentősen térség szinten (Boetel et al., 1998; 2003). A talajinszekticidek kijuttatásánál (vetéssel egy menetben) törekedni kell arra, hogy a sorhoz közel történjen (Bosnyákné, 2015). Jelenleg (2023-as év) a kártevő ellen (talajinszekticid) a cipermetrin, a lambda-cihalotrin és a teflutrin hatóanyagok engedélyezettek Magyarországon ([http5](#)). Az elmúlt években több hatóanyagcsoportba tartozó hatóanyag (vetőmagcsávázásra engedélyezett) is kivonásra került, melyek meghatározó szerepet töltek be a kártevő elleni védelemben. Említést kell viszont arról tennünk, hogy az inszekticides csávázás több esetben (időjárástól függ) nem olyan hatásos a kártétel csökkentésére, mint a talajinszekticidek alkalmazása (Papp, 2007). 2023-ban hazánkban kizárólag egy hatóanyag van engedélyezve vetőmagcsávázásra (lambda-cihalotrin) az amerikai kukoricabogár lárva ellen ([http5](#)).

Az amerikai kukoricabogár imágók elleni kezelést a táblán megfigyelt egyedszám határozza meg. Ha a nőivar virágzásakor eléri a küszöbértéket az egyedszám, szükséges a védekezés, hiszen ennek elhagyásával a terméskötődés igen gyenge lesz (Kosztolányi, 2015). 2023-ban az acetamiprid, a cipermetrin, a deltametrin, az eszfenvalerát és a lambda-cihalotrin hatóanyagok rendelkeznek engedéllyel az imágók elleni állománykezelésre ([http5](#)).

Értékelés

Az amerikai kukoricabogár kártételének és a védekezés hatékonyságának értékelése többféle módon is lehetséges. Az amerikai kukoricabogár lárva által okozott gyökérvédekezés az IOWA 1-6 skálával számszerűsíthető (Hills és Peters, 1971). Gazdasági kártétellel számolhatunk, ha a skála szerint 2,5-ös értékű IOWA 1-6 skála szerinti kártételt észlelünk (Turpin et al., 1972). Később több módosítás után a kártételi küszöbértéket 3,5-ös értékben határozták meg (Davis, 1994). A mintavételezést általában július elején kell elvégezni, ekkor figyelhető meg a legnagyobb mértékű lárvakártétel (Széll et al., 2003; Németh, 2012). Más

források július második felében értékelték a gyökérvérítést (Tinsley et al., 2013). A vizsgálat elvégzésére néhány hét áll csak rendelkezésre, amelynek hossza az időjárási körülmények következtében változhat. Előzetes felvételezéssel kiválasztható a megfelelő értékelési időpont (Németh, 2012). A lárva károsítása a növénydőlés felvételezésével is értékelhető. Egyik módja a meghatározásnak, ha felmérjük a megdőlt növények arányát az állományban (függetlenül a megdőlés mértékétől) (Spike és Tollefson, 1991; Széll et al., 2003). Emellett létrehozhatóak különböző kategóriák is a megdőlés mértéke alapján, melyekkel értékelhető a károsítás. Ilyen például az álló (függőleges helyzetű) növények, a közepesen dőlt (0-30°-os eltérés a függőleges helyzettől) növények és az erősen dőlt (30° feletti eltérés a függőleges helyzettől) növények kategória szerinti elkülönítése (Nagy et al., 2003). A növénydőlés meghatározása elvégezhető közvetlenül a betakarítás előtt (Sutter et al., 1990; Széll et al., 2003), de volt, ahol a tenyészidőszak alatt 2 alkalommal (július 2. dekádja és a betakarítás előtt) is felmérték a növénydőlést (Nagy et al., 2003).

2.7. A kukorica fontosabb kártevői által okozott minőségi és mennyiségi terméskiesés

Az amerikai kukoricabogár, mint az egyik legfontosabb károsítója a kukoricának, lárva és imágó alakban is képes terméskiesést okozni. Önmaga után termesztett kukoricában a lárvakártétel következtében kialakult terméskiesés akár jelentős is lehet (inszekticidés védekezés nélkül). Egy búza előveteményű kukorica termesztéshez viszonyítva a kukorica előveteményű kukoricában akár 35-70%-os termésvesztést is realizálhatunk (Bosnyákné, 2015). Csupán a kukoricánövénymegdőléséből közvetlen és közvetett terméskiesés is jelentkezhet. Közvetlen termésvesztés adódhat a megdőlt kukoricánövények gépi betakarításával kapcsolatos nehézségekből (Baca, 1993). Közvetett terméskiesés származhat a növény térbeli elhelyezkedésében bekövetkező változás miatt. A növénydőlés megváltoztatja a növény vízszintes és függőleges helyzetét, ezáltal a levelek elhelyezkedését is a kukoricaállományban, ezért a megdőlt kukoricánövények kevésbé hatékonyan képesek hasznosítani a fényt, ami csökkenést eredményezhet a termés mennyiségében (Carter és Hudelson, 1988). A kukoricánövénymegdőlés föld feletti részének tömege is csökken az amerikai kukoricabogár okozta növénydőlés következtében, de a megdőlés mesterséges előidézése esetén is megfigyelték, hogy csökkent a növény gyökér nélküli tömege, tehát a növénydőlés önmagában is hatással van a növény biomassza tömegére (gyökérvérítéssel is). A kukoricacső és annak szemtermésének tömege is kisebb lehet (terméscsökkenés akár 12 %-os) ha növénydőlés jelentkezik a táblán (Spike és Tollefson, 1991). Gyeraj et al. (2018) szerint a

csemegekukorica fosztott csőtömege még 12 imágó/cső értéknél se csökken szignifikánsan. Jelentős termés-csökkenést csak a mesterségesen teljesen (0 cm-re) visszavágott bibe esetében mértek, egyes hibrideknél 40-50%-kal is kevesebb volt a fosztott cső tömege, mint a kontroll csöveké (Gyeraj, 2022). Vetőmagkukoricában a csövenkénti szemszám 9 imágó/cső érték esetén akár 70%-kal is csökkenhet a 0 imágó/cső értékhez képest. A termésmennyiség 3 imágó/cső értéknél 20 %-kal, 6 imágó/cső értéknél közel 50 %-kal, míg 9 imágó/cső értéknél akár 75%-kal is csökkenhet a kezeletlen csövek termésmennyiségéhez képest. A szemek frakciónkénti megoszlása is változik, az értékesebbnek számító nagy és kis lapos frakciók helyett a kis és nagy gömbölyű szemek lesznek egyre inkább túlsúlyban a csövenkénti imágószám növelésével. Szoros összefüggést figyeltek meg a növényen lévő imágók száma, illetve a szemtömeg, a szemszám és a termésmennyiség között (Tuska et al., 2002a; 2002b; 2003).

Az amerikai kukoricabogár lárvája és imágója mellett több más kártevő is jelentős termésvesztést okozhat a kukoricában. Ide tartozik a kukoricamolylepke (*Ostrinia nubilalis*) és a gyapottok-bagolylepke (*Helicoverpa armigera*), amelyek nyár elejétől kezdve károsítanak. Mile és Ilovai (1979) becslése szerint a kukoricaállomány 10 %-os fertőzöttsége (kukoricamolylepke lárva általi) fél tonnás termésvesztéshez vezet hektáronként, ami csapadékosabb években még nagyobb volt ugyanekkora fertőzöttségnél. Több más vizsgálat során is megállapították, hogy a kukoricamolylepke lárváinak károsítása akár 20 %-os termés-csökkenéshez is vezethet, amelybe a közvetlen (növény tápanyag-szállítási képességének csökkenése) és közvetett (betakarítási veszteség, kórokozók megjelenése) kártétel is beletartozik (Pálfy, 1983; Papp, 1990). A gyapottok bagolylepke esetén megfigyelték, hogy a lárva általi fertőzöttség mértéke a hibrid tenyésztésével együtt nő. A lárva károsítása következtében a 16 %-ot is elérheti a termésmennyiség átlagos csökkenése. Elmondható, hogy a rövid tenésztési idejű (igen korai, korai) hibridek esetében kisebb a veszteség, mint a hosszabb tenésztési idejű hibrideknél (Keszthelyi, 2009).

3. Anyag és módszer

3.1. A kísérleti helyszín bemutatása

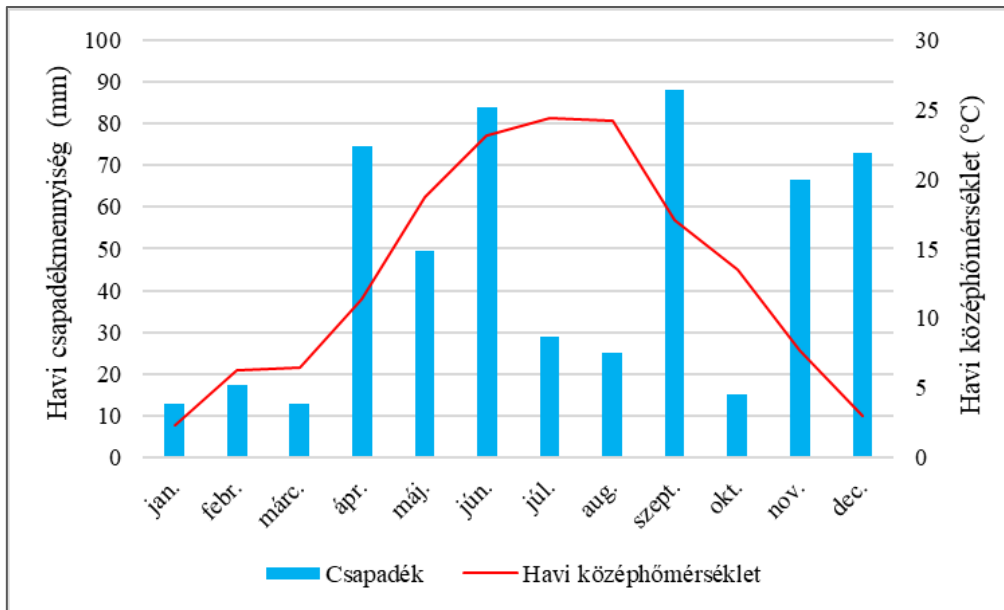
A diplomadolgozatomhoz tartozó kísérletet Balatonendrédén állítottam be a saját gazdaságunk kukoricatábláin. A település a Balaton déli partján fekszik, Siófok közelében (**3. ábra**). Családunk 120 hektáron gazdálkodik, fő tevékenységünk a szántóföldi növénytermesztés. A vetésforgó részeként őszi árpát, őszi búzát, tritikálét, őszi borsót, napraforgót és kukoricát termesztünk.



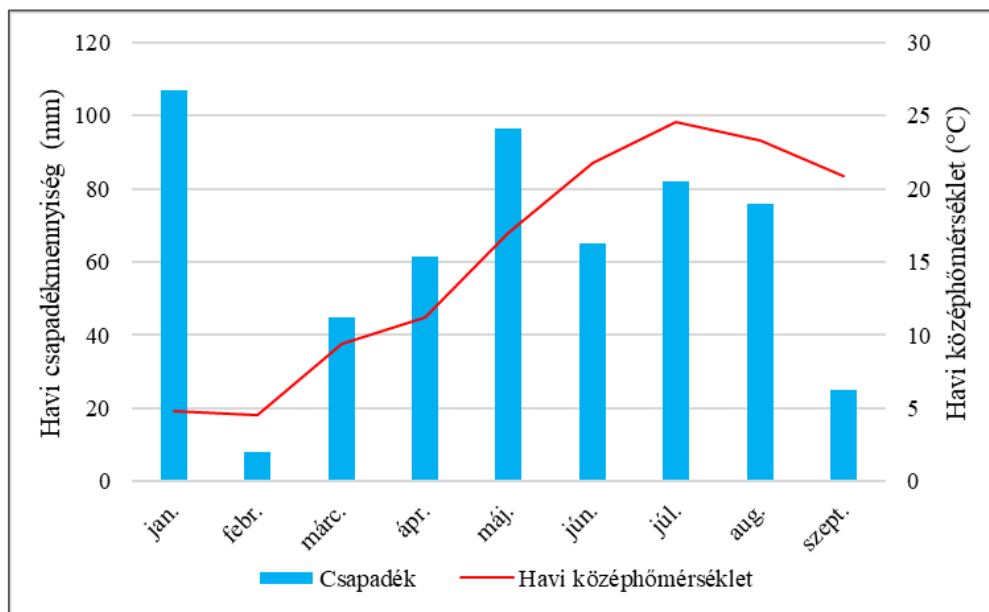
3. ábra: A beállított kísérlet helyszíne (http6, saját szerkesztés)

3.2. A szabadföldi vizsgálatok időszaka alatti időjárási viszonyok

Összesen 548 mm csapadék hullott 2022-ben a kísérleti területen, az éves középhőmérséklet pedig 13,2 °C volt. Szeptember volt a legcsapadékosabb hónap, ekkor 88 mm esőt mértünk, a legszárazabb hónapnak pedig január és március bizonyult, mindkét hónapban csak 13 mm csapadékot jegyeztünk fel. A kukorica 2022-es vegetációs időszakában (április-augusztus) a csapadék mennyisége mindössze 262 mm volt (**4. ábra**). A 2023-as évben szeptemberig bezárólag 566 mm csapadékot mértünk, ami már meghaladta a 2022-es éves mennyiséget. 2023-ban a kukorica vegetációs időszakában (április és szeptember között) 406 mm csapadékot mértünk. 2023-ban január volt a legcsapadékosabb (107 mm), míg februárban alig 8 mm volt a lehullott csapadék mennyisége (**5. ábra**).



4. ábra: A 2022-es csapadékmennyiség és középhőmérséklet alakulása havi bontásban (http7 és saját adatok)



5. ábra: A 2023-as csapadékmennyiség és középhőmérséklet alakulása havi bontásban (http7 és saját adatok)

3.3. A kísérleti területen végzett termesztéstechnológia

A vizsgálathoz beállított elsőéves kukoricatábla előveteménye 2021-ben őszi búza volt, a betakarítást követően csupán egy tarlóhántásra került sor. Ezután minden más művelet (az őszi mélyszántással kezdve) megegyezett a többi terület termesztéstechnológiájával. Az önmaga után vetett kukoricatáblákon a betakarítás után tarlóhántást végeztünk, majd őszi mélyszántás következett. Egy simítózást is beiktattunk februárban, majd bő egy héttel a vetés

előtt kijuttattuk a műtrágyát, amelyet másnap a talajba dolgoztunk a magágykészítéssel egy menetben. Április 20-án megtörtént a vetés (Corteva P9363-as hibrid) 60.000 szem/ha vetőmagmennyiséggel. Gyomszabályozásra a Principal Plus készítményt használtuk 440 g/ha-os dózisban, amely nikoszulfuron, rimszulfuron és dikamba hatóanyagot is tartalmaz. A rendkívüli aszály miatt igen korán, már augusztus 25-én megtörtént a betakarítás (**3. táblázat**).

3. táblázat: A kísérleti táblákon elvégzett termesztéstechnológiai lépések a 2021/22-es időszakban (saját szerkesztés)

Időpont	Művelet	Kijuttatott anyag/ Alkalmazott eszköz	Munkamélység/ Mennyiség
2021.09.28	Kukorica betakarítás	Claas Lexion 550	-
2021.10.12	Tarlóhántás	John Deere 4755 Terra kombi 3,2 m V- tárcsa	15 cm
2021.10.30- 31	Alapművelés Mélyszántás + lezárás	John Deere 4755 Lemken 5 fejes ágyeke	40 cm
2022.02.25	Simítózás	MTZ-80	-
2022.04.08	Műtrágya-kijuttatás	Pétisó (27%)	250 kg/ha
2022.04.09	Magágyelőkészítés	John Deere 4755 Omikron 5,6 m kombinátor	12 cm
2022.04.20	Vetés	MTZ-80 SPC 6 P9363 hibrid	60.000 szem/ha 8 cm
2022.05.12	Posztemergens kezelés	nikoszulfuron, rimszulfuron, dikamba (Principal Plus)	440 g/ha
2022.08.25	Kukorica betakarítás	Claas Lexion 550	-

A 2023-as vegetációs időszakra beállított elsőéves tábla előveteménye tritikálé volt, ahol 2022-ben csak egy tárcsás tarlóhántást alkalmaztunk az alapművelést megelőzően. A kukorica előveteményű táblákon a korai betakarítás és az extrém száraz időjárás miatt csupán szárzúzást végeztünk a betakarítást követően. Az alapművelés 2022-ben is mélyszántás volt, amit lezárás követett. Simítózás helyett a kombinátoros felszínalakítás mellett döntöttünk. Ezt követően a 2021/22-es időszakban alkalmazott műveletekhez hasonlóan jártunk el, viszont egy

herbicides foltkezelést kellett alkalmaznunk a táblákon a Tempo elnevezésű, tembotriont és izoxadifen-etilt tartalmazó készítménnyel. A betakarításra 2023. október 5-én került sor (4. táblázat).

4. táblázat: A kísérleti táblákon elvégzett termesztéstechnológiai lépések a 2022/23-as időszakban (saját szerkesztés)

Időpont	Művelet	Kijuttatott anyag/ Alkalmazott eszköz	Munkamélység/ Mennyiség
2022.08.25	Kukorica betakarítás	Claas Lexion 550	-
2022.09.10	Szárzúzás	MTZ-80 RZ 3 szárzúzó	-
2022.11.27- 28	Alapművelés Mélyszántás + lezárás	John Deere 4755 Lemken 5 fejes ágyeke	45 cm
2023.03.10	Felszínalakítás	John Deere 4755 Omikron 5,6 m kombinátor	10 cm
2022.03.30	Műtrágya-kijuttatás	Pétisó (27%)	250 kg/ha
2022.03.31	Magágyelőkészítés	John Deere 4755 Omikron 5,6 m kombinátor	15 cm
2023.04.05	Vetés	MTZ-80 SPC 6 P9363	60.000 szem/ha 8 cm
2023.05.20	Posztemergens kezelés	nikoszulfuron, rimszulfuron, dikamba (Principal Plus)	440 g/ha
2023.06.16	Posztemergens foltkezelés	tembotrion, izoxadifen- etil (Tempo)	2 l/ha
2023.10.05	Kukorica betakarítás	Claas Lexion 550	-

3.4. A kísérlet beállítása

Két vegetációs időszakra terjedt ki a kísérlet (2022-es, 2023-as). Mindkét évben első-, másod-, harmad- és negyedéves kukoricatáblákat vizsgáltam, ezen felül a második évben egy ötödéves kukoricatáblán is elvégeztem a felvételezéseket. Mindegyik táblán két fél hektáros parcellát jelöltem ki, az egyik parcella nem részesült teflutrinos kezelésben, a másik parcellában

pedig a teflutrin hatóanyagot tartalmazó Teflix talajinszekticid készítmény került kijuttatásra vetéssel egy menetben, 12 kg/ha-os dózisban (**6. ábra**). Ezek alapján a 2022-es vegetációs időszakban 8 parcellán, a 2023-as vegetációs időszakban pedig 10 parcellán végeztem el a kísérletet.



6. ábra: A kísérleti parcella vetése (saját kép, Balatonendréd, 2022)

3.5. Felvételezési módszerek

3.5.1. Kukoricanövény dőlésének vizsgálata

Egyik célkitűzésem részeként parcellánként vizsgáltam a növények átlagos megdőlését, ehhez parcellánként 8 mintatéren (a parcella átlója mentén véletlenszerűen kiválasztott helyen) 5 egymás utáni kukoricanövény dőlését felvételeztem, egy vegetációs időszakban egy alkalommal (2022. július 10. és 2023. július 19.). A felvételezés úgy zajlott, hogy a kijelölt növények alsó szárrészén (**7. ábra**) megmértem a függőleges helyzettől való eltérést (növénydőlést), amelyhez egy telefonos szögmérőt használtam. A kapott értéket fokban adtam meg.

Ezen felül a további vizsgálatokhoz (kukoricanövény megdőléséhez kapcsolódó gyökérvérzés, valamint a termés paraméterei) a 2022-es vegetációs időszakban harmadéves és a 2023-as vegetációs időszakban negyedéves tábla mindkét parcellájában (teflutrinnal kezelt és nem kezelt) kijelöltem 4-4 darab 50 m²-es mintatérletet. Felállítottam hét különböző kategóriát (0°, 10°, 20°, 30°, 40°, 50°, 60°) és a kategóriák értékeihez kerestem minden mintatérben 3

növényt. Az egyikem felmértem a gyökéren megfigyelhető lárvakártételt (részletezve a 3.5.2. fejezetben), a másik kettőn pedig elvégeztem a termés paramétereinek vizsgálatát (részletezve a 3.5.3. fejezetben).



7. ábra: A növények megdőlésének mérési helye (saját kép, Balatonendréd, 2022)

3.5.2. Gyökérvártétel elemzése

A parcellánkénti átlagos gyökérvártétel mértékének meghatározásához minden tábla mindkét parcellájában (teflutrinnal kezelt és nem kezelt) ugyanazokat a növényeket választottam ki, mint a növénydőlés megfigyelésnél (8 mintatérén 5 egymást követő növény/parcella). Így a 2022-es vegetációs időszakban (8 parcella x 8 mintatér x 5 ismétlés) 320 növény gyökerét, míg a 2023-as vegetációs időszakban (10 parcella x 8 mintatér x 5 ismétlés) 400 növény gyökerét ástam ki.

A kukoricanövény különböző mértékű megdőléséhez tartozó IOWA 1-6 skála értékek leírását az első kísérleti vegetációban harmad-, majd a következőben negyedéves táblán végeztem. Mind a teflutrinnal kezelt, mind a teflutrinnal nem kezelt parcellában 4-4 mintatérben 7-7 különböző megdőlési kategóriába sorolt növényt ástam ki, tehát parcellánként 28, ill. a két vegetációs időszakban összesen $2 \times 2 \times 28 = 112$ növényt felvételeztem.

A minták kiásása 2022-ben július 10-én, míg 2023-ban július 19-én történt. A növények gyökerét ezután beszállítottam a telephelyünkre, és 12 órát áztattam. Másnap lemostam a beáztatott gyökérmintákat (**8. ábra**) és értékeltem a gyökérvártétel mértékét. A gyökérvártétel értékelése IOWA 1-6 skála (Hills és Peters, 1971) alapján történt.

Az IOWA 1-6 skála értékei:

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



8. ábra: A kiásott minták letisztítása a gyökérvér meg határozásához (saját kép, Balatonendréd, 2023)

3.5.3. Termésmennyiség értékelése a kukoricánövény dőlésének függvényében

Mindkét vegetációs időszakban egy táblán, 2022-ben a harmadéves, míg 2023-ban a negyedéves táblán, azokon belül is mindkét parcellában elvégeztem a termésmennyiség értékelését a megdőlés, tehát az okozott lárvakár alapján. A termésbecsléshez felvételezett növények szár megdőlésének vizsgálatára létrehozott 4-4 mintatérben beállítottam a már kijelölt, mintaterenként 2 x 7 eltérő mértékben megdőlő növényen a kísérletet. Az egyik növény kukoricacsövét szabadon hagytam (továbbiakban: takaratlan cső), a másik növényhez tartozó csövet pedig izoláltam (továbbiakban: takart cső) háló segítségével az amerikai kukoricabogár imágók és más kártevők károsításának elkerülése érdekében (**9. ábra**). Az izolálásra használt

hálót egy 1 mm-es lyukbőségű függönyanyagból készítettem, mérete 40x20 cm volt, amelyet a kihelyezéskor egy gumival rögzítettem a csőre.



9. ábra: Az imágó bibekártételének megakadályozására szolgáló háló a kukoricacsövön (saját kép, Balatonendréd, 2022)

Összességében 112 kukoricacsövet gyűjtöttem be (7 féle érték x 2 ismétlés (takart + takaratlan) x 4 mintatér x 2 parcella) 2022-ben és 2023-ban egyaránt. A csöveket leszedtem és beszállítottam a telephelyünkre, ahol a kiértékelést végeztem. Először megmértem a csőhosszúságot és a csőkerületet, majd leszámoltam a csőenkénti szemsorszámot, végül a csövekről lemorzsoltam a szemeket és külön megmértem a csutkatömeget és a csőenkénti termésmennyiséget.

Minden tábla minden parcellájában megmértem a termésmennyiséget is a 2022-es és 2023-as vegetációs időszakban egyaránt, amihez a betakarítógép hozammérőjét használtam.

3.6. Adatok kiértékelése

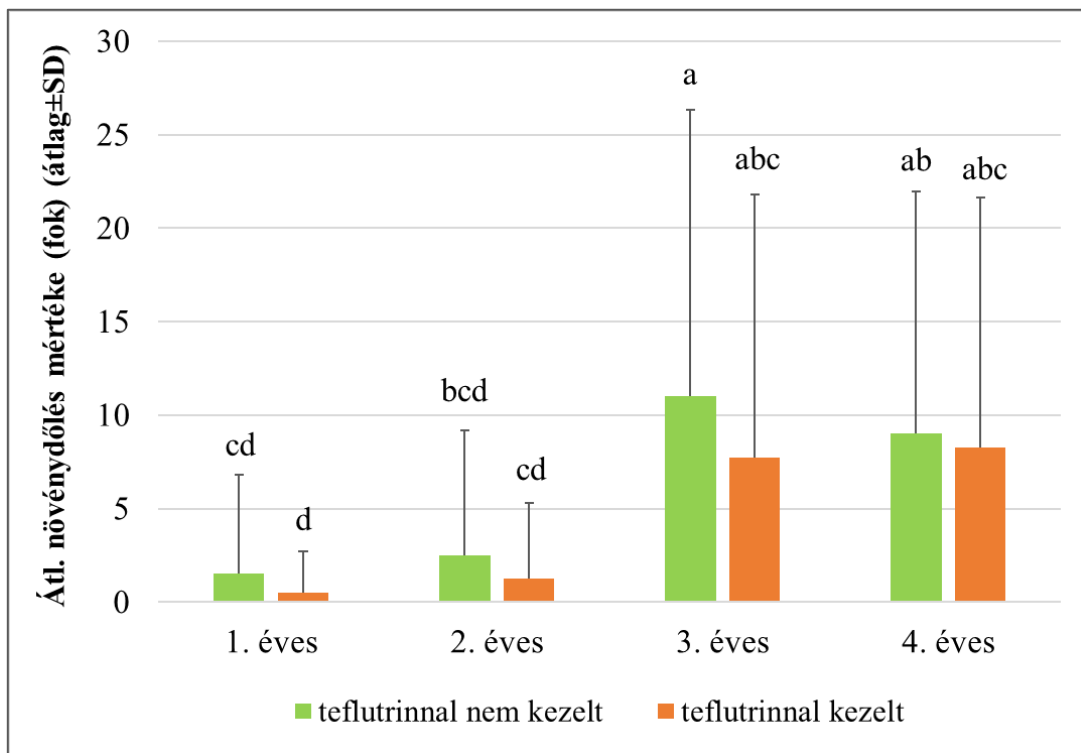
Az egyedi növényvizsgálat során gyűjtött adatokat, az IOWA 1-6 skála alapján kapott értékeket, a megdőlés vizsgálatából nyert adatokat, valamint a termés paramétereit a Microsoft Excel program segítségével rendszereztem, átlagoltam, valamint kiszámoltam az adatok szórását is. Ezt követően az adatok egy részének értékelése a Past programban, ANOVA varianciaanalízis segítségével történt, az egyes kezelések páronkénti összehasonlításához pedig

a Tukey tesztet alkalmaztam. A növénydőlés és a gyökérkár mértéke, valamint a növénydőlés és a termés paraméterek közötti összefüggések vizsgálatához lefuttattam a lineáris regresszió analízist az Excel program segítségével. 5%-os küszöbértéket vettem figyelembe a különbségek és összefüggések szignifikancia szintjéhez (Baráth et al., 1996).

4. Eredmények

4.1. A kukorica növények dőlésének alakulása az egyes kezelések esetén

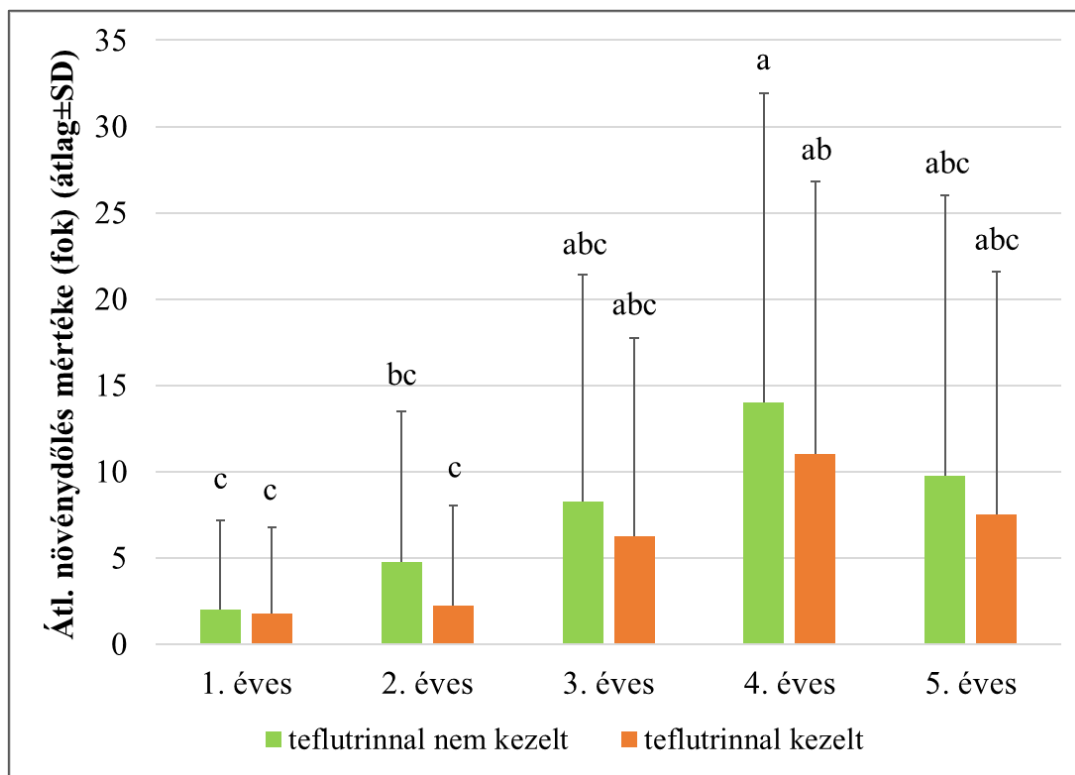
A 2022-es vegetációs időszakban a leginkább megdőlt állományt a harmadéves teflutrinnal nem kezelt parcellában felvételeztem, itt 11°-os volt az átlagos megdőlés. Hasonló értékeket kaptam a harmadéves teflutrinnal kezelt (7,75°) és mindkét negyedéves parcella (9° és 8,25°) esetében is, viszont az első- és másodéves tábla egyik parcellájában sem volt 2,5° felett a növények átlagos dőlése. Megállapítottam, hogy a harmadéves tábla teflutrinnal nem kezelt parcellájában szignifikánsan nagyobb ($p=0,007$) volt az átlagos növénydőlés, mint az első- és másodéves tábla mindkét parcellájában. Emellett az elsőéves teflutrinnal kezelt parcellában szignifikánsan kisebb ($p=0,041$) volt a növénydőlés a harmadéves, valamint a negyedéves teflutrinnal kezelt parcellához viszonyítva. A negyedéves teflutrinnal nem kezelt parcellában szignifikánsan nagyobb volt a dőlés az elsőéves parcellákhoz ($p=0,029$) és a másodéves teflutrinnal kezelt ($p=0,02$) parcellához képest (**10. ábra**).



10. ábra: A növények átlagos dőlésének mértéke az egyes parcellákban a 2022-es vegetációs időszakban

A 2023-as vegetációs időszakban egyik kezelésben sem volt 15°-nál nagyobb az átlagos növénydőlés, csak a negyedéves teflutrinnal nem kezelt parcellában közelítette meg ezt az értéket. Általánosságban elmondható, hogy mindig az önmaga után vetett kukoricatáblák

teflutrinnal nem kezelt parcelláiban volt nagyobb a növénydőlés a teflutrinnal kezelt parcellákhoz viszonyítva. Megfigyelhető volt ebben az évben is statisztikailag kimutatható eltérés. A negyedéves tábla teflutrinnal nem kezelt parcellájában a növények átlagos dőlése szignifikánsan nagyobb ($p=0,02$) volt az első- és másodéves táblák teflutrinnal kezelt és nem kezelt parcelláiban felvételezett növények átlagos dőléséhez képest. A negyedéves tábla teflutrinnal kezelt parcellájában szintén szignifikánsan nagyobb ($p=0,04$) volt a növények átlagos dőlése az első és másodéves tábla teflutrinnal kezelt, valamint az elsőéves tábla teflutrinnal nem kezelt parcelláihoz képest (**11. ábra**).

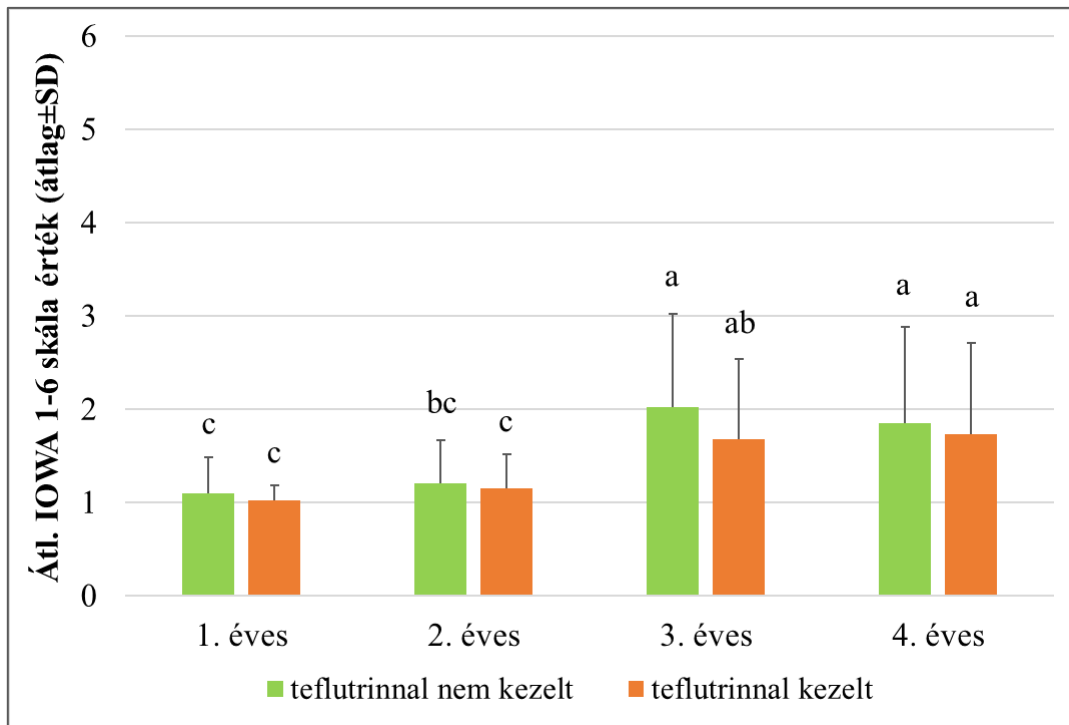


11. ábra: A növények átlagos dőlésének mértéke az egyes parcellákban a 2023-as vegetációs időszakban

4.2. A kukorica gyökérvárosításának alakulása az egyes kezelések esetén

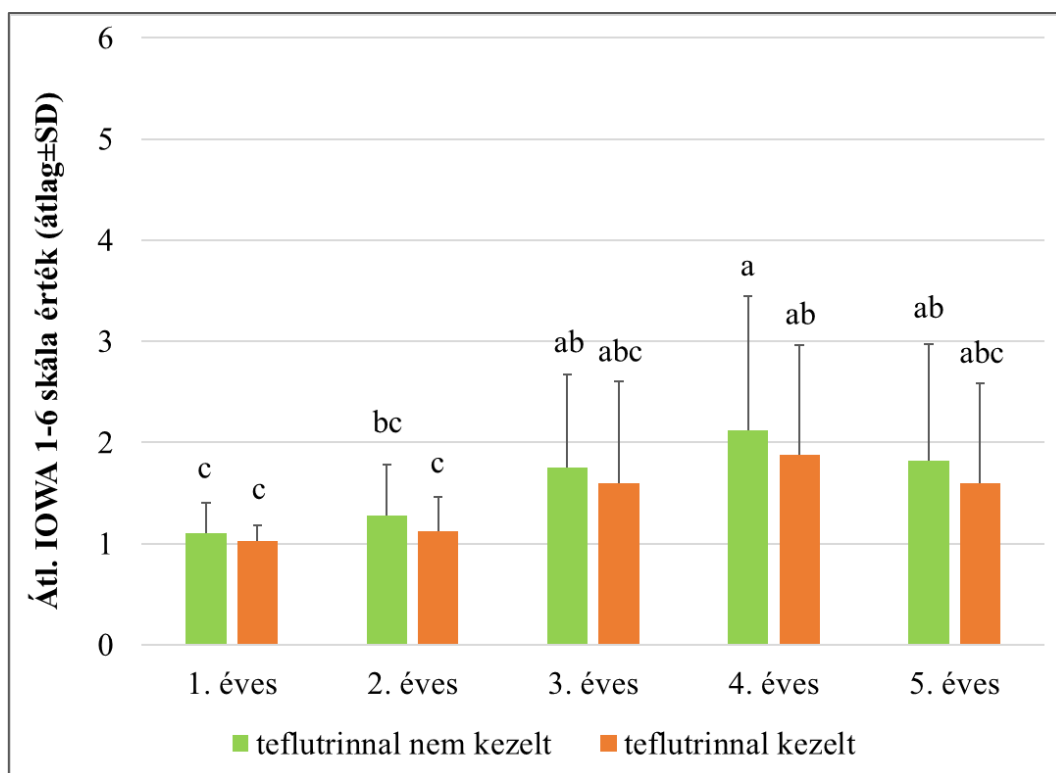
Az IOWA 1-6 skála szerinti átlagos gyökérvárosítás a 2022-es vegetációs időszakban az elsőéves teflutrinnal kezelt parcellában volt a legkisebb (1,025), emellett a teflutrinnal nem kezelt parcellában (1,1), valamint a másodéves teflutrinnal nem kezelt (1,2) és teflutrinnal kezelt (1,15) parcellákban sem volt jelentős a kártétel. Minden esetben (különböző éves táblák) a teflutrinnal kezelt parcellában volt kisebb az átlagos IOWA 1-6 skála érték a teflutrinnal nem kezelt parcellához képest. A harmadéves teflutrinnal kezelt parcellában volt a legnagyobb gyökérvárosítás, ahol 2,025-ös IOWA 1-6 skála szerinti értéket felvételeztem a vizsgálat során.

Majdnem az összes első- és másodéves parcellában szignifikánsan kisebb volt ($p=0,03$) a meghatározott IOWA 1-6 skála érték, mint a harmad és negyedéves parcellákban (kivételt képez a harmadéves teflutrinnal kezelt és a másodéves teflutrinnal nem kezelt parcella, amelyek között nem volt szignifikáns eltérés) (12. ábra).



12. ábra: A gyökérvár átlagos mértéke az egyes parcellákban a 2022-es vegetációs időszakban

A 2023-as vegetációs időszakban mind az első, mind a másodéves táblák teflutrinnal nem kezelt és teflutrinnal kezelt parcelláiban 1,5 alatt maradt az IOWA 1-6 skála szerint meghatározott kártétel. A fennmaradó táblák parcelláiban átlépte ezt az értéket a kártétel, a negyedéves teflutrinnal nem kezelt parcellában meghaladta a 2-es értéket is (2,125). A teflutrinnal nem kezelt parcellákban nagyobb mértékű volt a gyökérvár, mint a teflutrinnal kezelt parcellákban. A negyedéves teflutrinnal nem kezelt parcellában mért gyökérvár szignifikánsan nagyobb ($p=0,000$) volt az első- és másodéves táblák 2-2 parcellájában mért gyökérvárhoz képest. Az elsőéves kukoricatábla teflutrinnal nem kezelt és teflutrinnal kezelt parcellájában, valamint a másodéves kukoricatábla teflutrinnal kezelt parcellájában szignifikánsan kisebb ($p=0,043$) volt az okozott kártétel a gyökéren, mint a harmadéves kukoricatábla teflutrinnal nem kezelt, a negyedéves kukoricatábla teflutrinnal kezelt és az ötödéves kukoricatábla teflutrinnal nem kezelt parcellájában (13. ábra).



13. ábra: A gyökérgár átlagos mértéke az egyes parcellákban a 2023-as vegetációs időszakban

4.3. A parcellánkénti termésmennyiség alakulása az egyes kezelésekben

A 2022-es vegetációs időszakban a termésmennyiség 4,03 és 5,07 t/ha között mozgott az egyes parcellákban. A teflutrinnal nem kezelt parcellákban nagyobb volt a termésmennyiség a teflutrinnal kezelt parcellákhoz képest (**5. táblázat**).

5. táblázat: A parcellák termésmennyiségének alakulása a 2022-es vegetációs időszakban (saját szerkesztés)

2022-es év Termésmennyiség	1. éves	2. éves	3. éves	4. éves
teflutrinnal nem kezelt	5,07 t/ha	4,65 t/ha	4,07 t/ha	4,76 t/ha
teflutrinnal kezelt	4,47 t/ha	4,11 t/ha	4,03 t/ha	4,15 t/ha

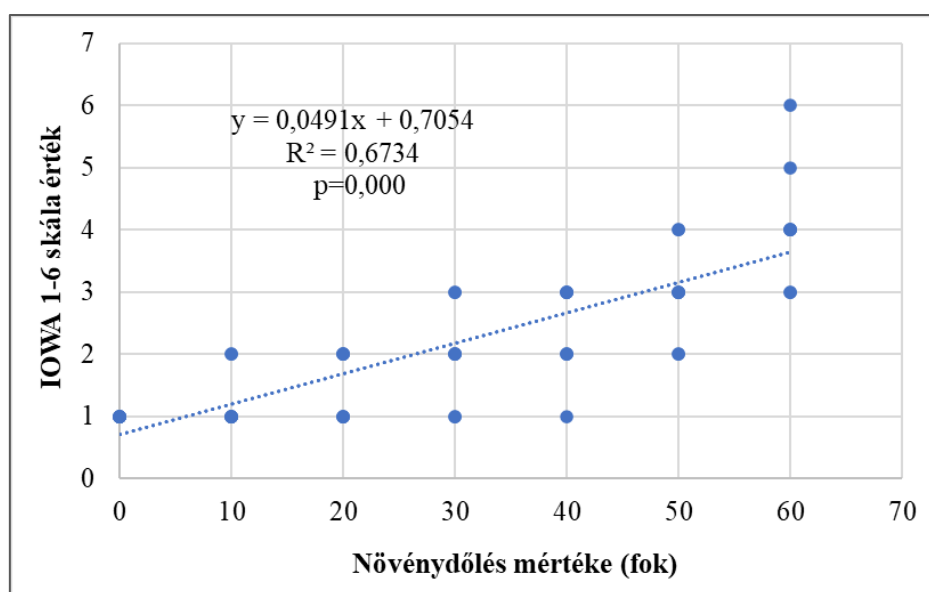
A 2023-as vegetációban 9,31 és 10,21 t/ha között volt a parcellák termésmennyisége, tehát 1 tonnán belül mozgott minden parcellában a termésmennyiség. Ebben a vegetációs időszakban is a teflutrinnal nem kezelt parcellákban volt nagyobb a hektáronkénti termésmennyiség (kivételek a 4. éves kukorica esetében) (**6. táblázat**).

6. táblázat: A parcellák termésmennyiségének alakulása a 2023-as vegetációs időszakban (saját szerkesztés)

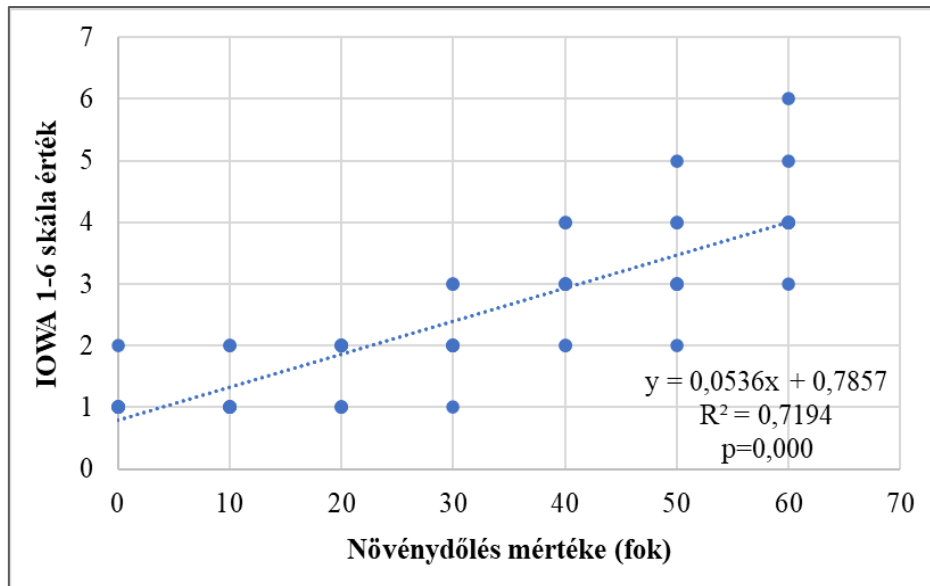
2023-as év Termésmennyiség	1. éves	2. éves	3. éves	4. éves	5. éves
teflutrinnal nem kezelt	10,14 t/ha	10,21 t/ha	9,83 t/ha	9,73 t/ha	9,47 t/ha
teflutrinnal kezelt	10,11 t/ha	10,17 t/ha	9,66 t/ha	9,77 t/ha	9,31 t/ha

4.4. Az egyes kukorica megdőlési értékek és az átlagos gyökérkár közötti összefüggések vizsgálata

Szoros összefüggést tapasztaltam a kukoricánövény dőlési értéke és a gyökéren megfigyelt kártétel között. Ahogy nőtt a fokban kifejezett növénydőlés, úgy nőtt az amerikai kukoricabogár lárvája által okozott kár (IOWA 1-6 skála szerinti) mértéke. A kapcsolat ($p=0,000$) a 2022-es (14. ábra) és a 2023-as (15. ábra) vegetációs időszakban egyaránt megfigyelhető volt.



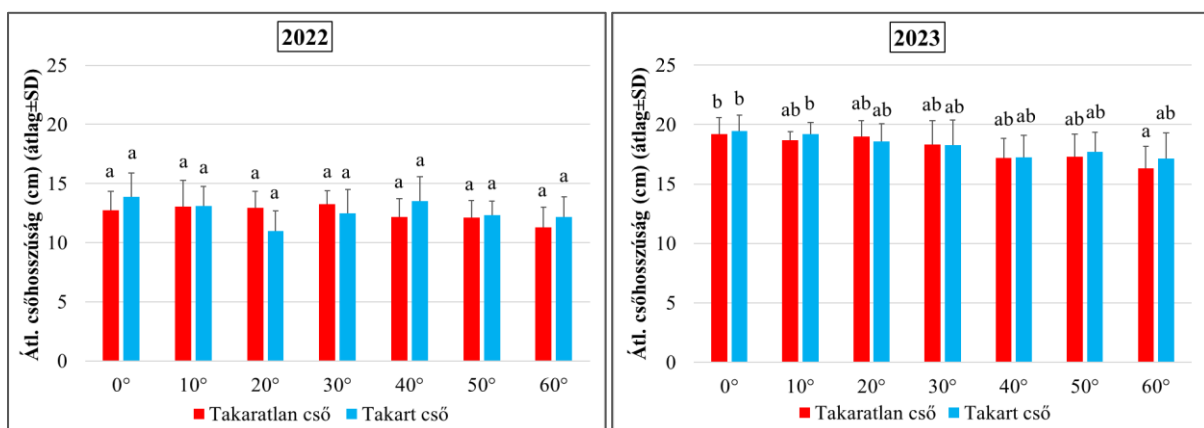
14. ábra: A növénydőlés mértéke és a lárvakár (IOWA 1-6 skála) közötti összefüggések a 2022-es vegetációs időszakban



15. ábra: A növénydőlés mértéke és a lárvakár (IOWA 1-6 skála) közötti összefüggések a 2023-as vegetációs időszakban

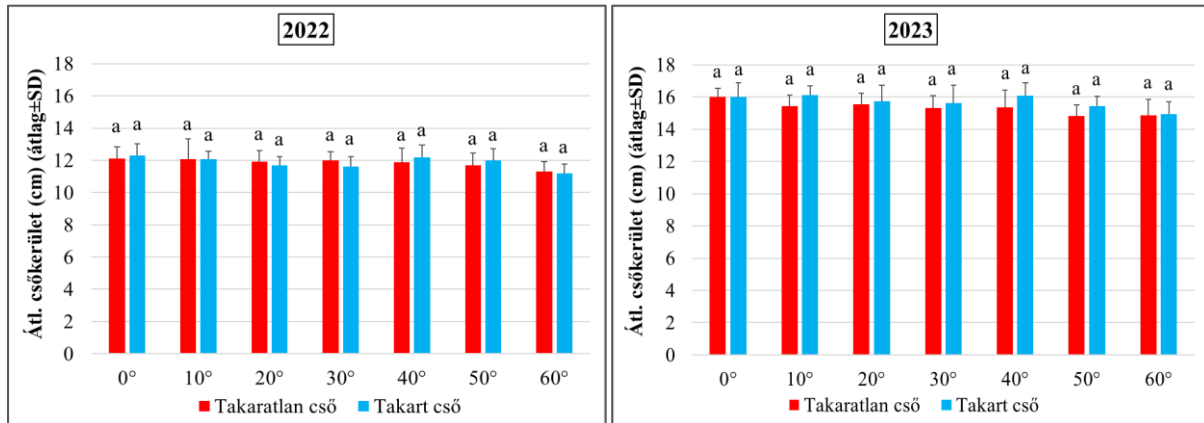
4.5. A termés különböző paramétereinek alakulása az eltérő mértékű növénydölések függvényében

A 2022-es vegetációs időszakban a csövek hosszúsága nem mutatott szignifikáns eltérést az egyes megdőlési kategóriák között. Az átlagos csőhosszúságok 11 és 13,9 cm között változtak. A 2023-as vegetációs időszakban 16,3 és 19,4 cm között változott a csövek hosszúsága, és a 60°-ban megdőlt növény esetében a „takaratlan cső” átlagos hosszúsága szignifikánsan kisebb volt, mint a 0°-ban megdőlt növény esetében a „takaratlan” ($p=0,044$), illetve „takart cső” ($p=0,017$), valamint a 10°-ban megdőlt növény esetében a „takart cső” átlagos hosszúsága ($p=0,044$) (16. ábra).



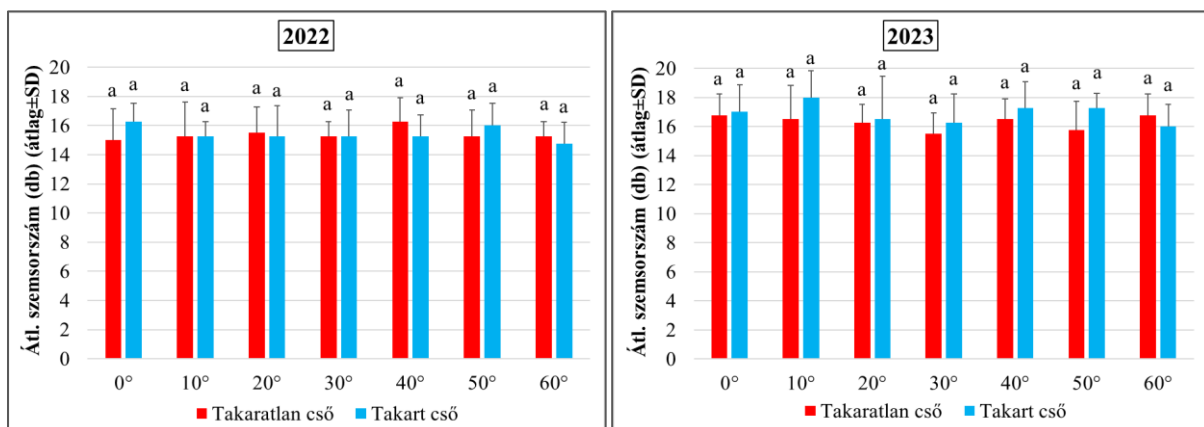
16. ábra: Az átlagos csőhosszúság alakulása a megdőlés mértékének függvényében a takaratlan és takart csövek esetében a 2022-es és a 2023-as vegetációs időszakban

A 2022-es vegetációs időszakban 11,19 és 12,31 cm, míg a 2023-as vegetációs időszakban 14,81 és 16,13 cm között változott az átlagos csőkerület. Nem tapasztaltam szignifikáns eltérést a kategóriák között egyik vegetációs időszakban sem (**17. ábra**).



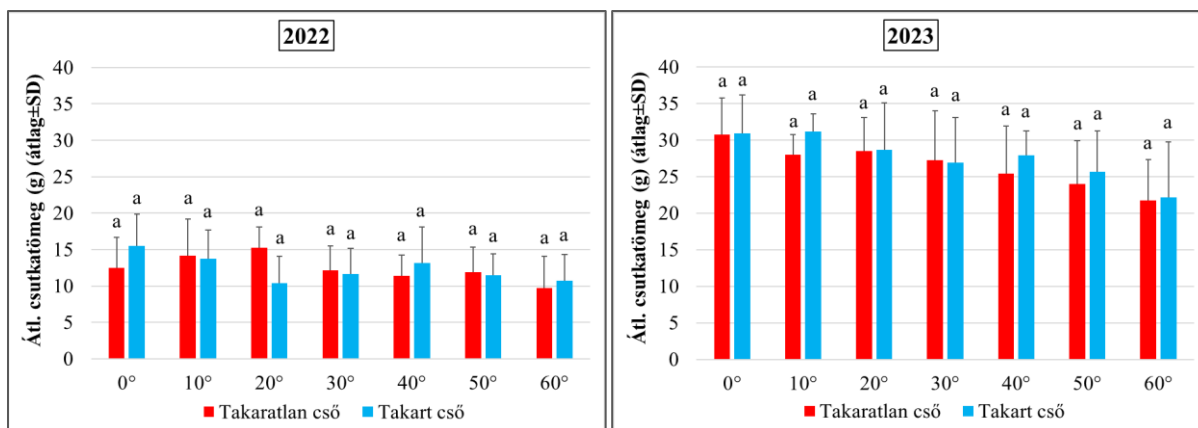
17. ábra: Az átlagos csőkerület alakulása a megdőlés mértékének függvényében a takaratlan és takart csövek esetében a 2022-es és a 2023-as vegetációs időszakban

A vizsgált kukoricacsövek szemsorszáma a 2022-es vegetációs időszakban átlagosan 14 és 16 között, míg a 2023-as vegetációs időszakban 16 és 18 között alakult. A különböző dőlési kategóriák között nem tudtam kimutatni szignifikáns különbséget a csőenkénti szemsorszámot tekintve (**18. ábra**).



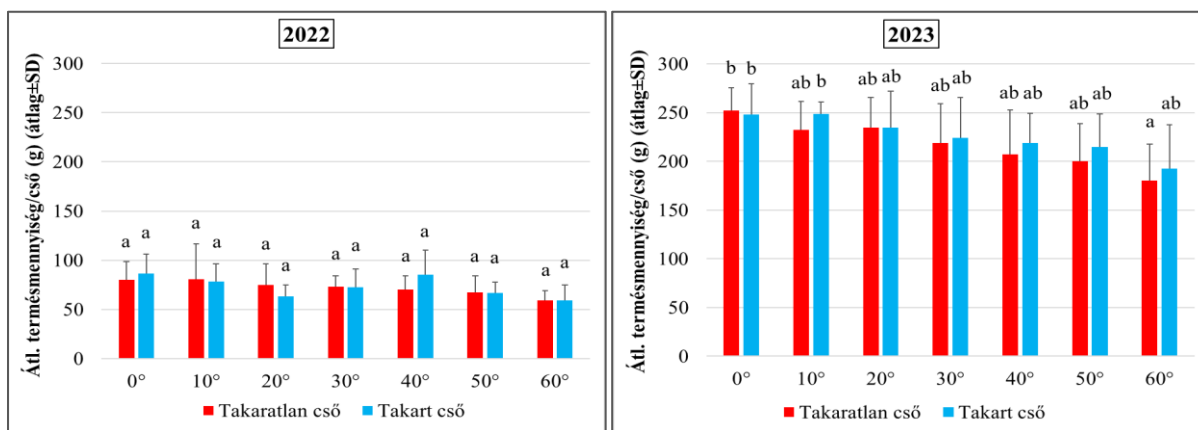
18. ábra: Az átlagos szemsorszám alakulása a megdőlés mértékének függvényében a takaratlan és takart csövek esetében a 2022-es és a 2023-as vegetációs időszakban

A 2022-es vegetációs időszakban 9,75 és 15,5 g, míg a 2023-as vegetációs időszakban 21,75 és 31,13 g között mozgott az átlagos csutkatömeg. Statisztikailag kimutatható eltérés ezen paraméter értékei között sem volt egyik vegetációs időszakban sem (**19. ábra**).



19. ábra: Az átlagos csutkatömeg alakulása a megdőlés mértékének függvényében a takaratlan és takart csövek esetében a 2022-es és a 2023-as vegetációs időszakban

Az első vegetációs időszakban vizsgált növényenkénti termésmennyiség átlagosan 59,38 és 85,63 g, míg a 2023-as vegetációs időszakban 180,38 és 252,25 g között mozgott. A 2022-es vegetációs időszakban nem, de a 2023-as vegetációs időszakban már mértem szignifikáns eltérést. A 0°-ban megdőlt növény esetében a „takaratlan” és a „takart cső”, valamint a 10°-ban megdőlt növény esetében a „takart cső” átlagos növényenkénti termésmennyisége szignifikánsan nagyobb ($p=0,01$) volt, mint a 60°-ban megdőlt növény esetében a „takaratlan cső” átlagos növényenkénti termésmennyisége (**20. ábra**).



20. ábra: Az átlagos termésmennyiség/cső alakulása a megdőlés mértékének függvényében a takaratlan és takart csövek esetében a 2022-es és a 2023-as vegetációs időszakban

4.6. Az amerikai kukoricabogár lárvája által okozott növénydőlés hatása a termés egyes paramétereire

A 2022-es vegetációs időszakban a takaratlan és a takart csövek termésének vizsgált paramétereit közül csak a csutkatömeg és a növényenkénti termésmennyiség esetében volt észlelhető jelentősebb változás a növénydőlés mértékének növekedésével. A 60°-ban megdőlt

növény esetében a „takaratlan cső” csutkatömege a 78%-a, a növényenkénti termésmennyisége pedig a 74,1%-a volt azokhoz a növényekhez képest, melyek nem dőltek meg (0°-os megdőlés). A 60°-ban megdőlt növénynél a „takart cső” csutkatömege 69,4%-a, a növényenkénti termésmennyisége pedig a 68,8%-a volt a 0°-os megdőlési kategóriában mért értéknek (7. táblázat).

7. táblázat: Az egyes növénydőlési kategóriákhoz tartozó paraméterek értékeinek százalékos eltérése az egészséges növénynél (0°-os megdőlés) mért értékekhez képest a 2022-es vegetációs időszakban (takart és takaratlan cső esetében) (saját szerkesztés)

2022-es év Takaratlan cső	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
Csőhosszúság	100,0%	102,5%	101,5%	103,9%	95,6%	95,1%	88,7%
Csőkerület	100,0%	99,5%	98,5%	99,0%	97,9%	96,4%	93,3%
Szemsorszám	100,0%	101,7%	103,3%	101,7%	108,3%	101,7%	101,7%
Csutkatömeg	100,0%	113,0%	122,0%	97,0%	91,0%	95,0%	78,0%
Termésmennyiség/cső	100,0%	100,8%	93,1%	91,3%	87,4%	84,1%	74,1%

2022-es év Takart cső	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
Csőhosszúság	100,0%	94,6%	79,3%	90,1%	97,3%	88,7%	87,8%
Csőkerület	100,0%	98,0%	94,9%	94,4%	99,0%	97,5%	90,9%
Szemsorszám	100,0%	93,8%	93,8%	93,8%	93,8%	98,5%	90,8%
Csutkatömeg	100,0%	88,7%	66,9%	75,0%	84,7%	74,2%	69,4%
Termésmennyiség/cső	100,0%	90,7%	73,0%	83,9%	99,3%	77,1%	68,8%

A 2023-as vegetációs időszakban a csutkatömeg és növényenkénti termésmennyiség mellett már a csőhosszúság jelentős változása is megfigyelhető volt mind a takaratlan, mint a takart csövek paramétereinek vizsgálatánál. A 60°-ban megdőlt növénynél a csutkatömeg közel 30%-kal kisebb volt, mint a 0°-os megdőlt növénynél (mind a takaratlan, mind a takart cső esetében) (8. táblázat).

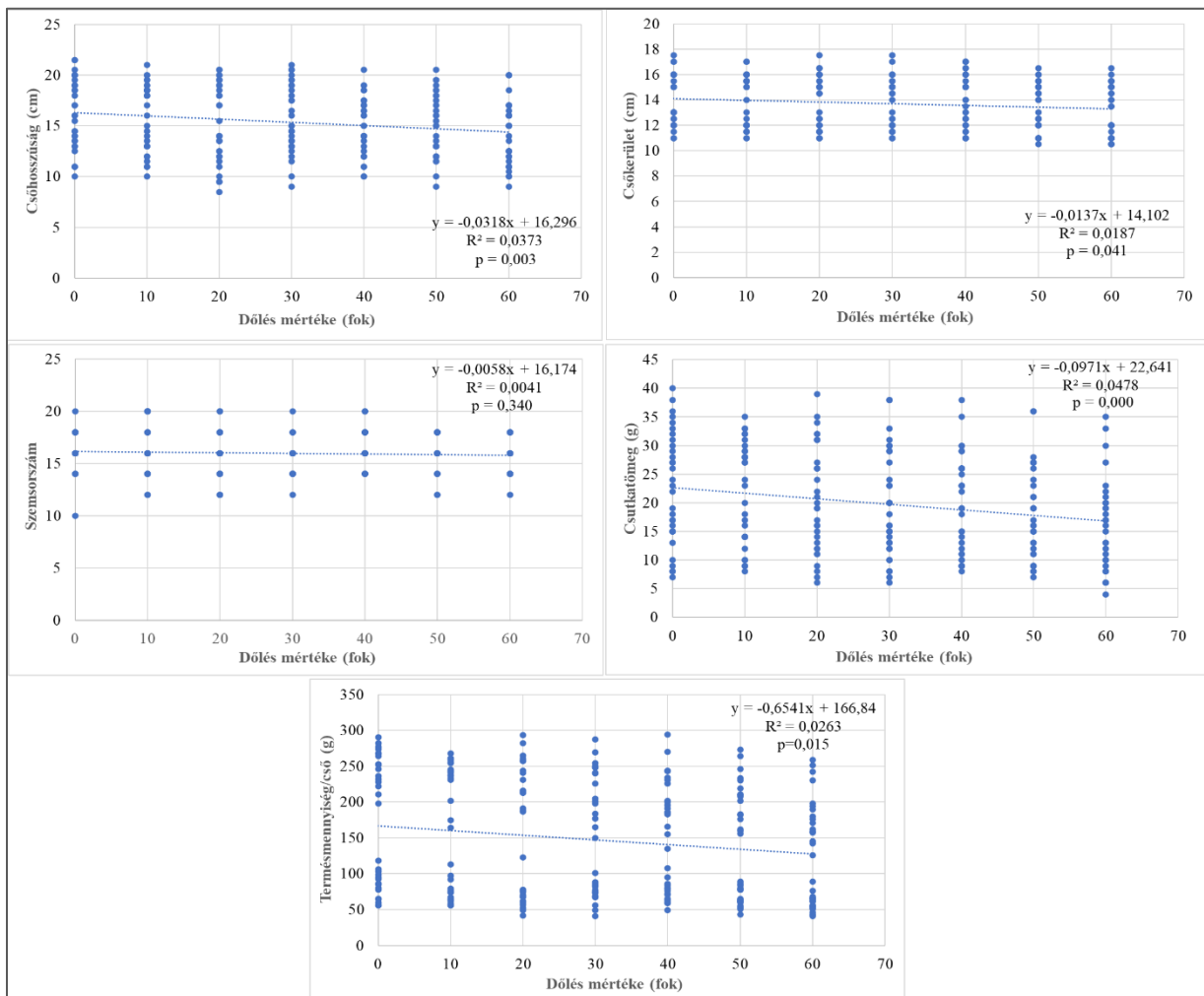
8. táblázat: Az egyes növénydőlési kategóriákhoz tartozó paraméterek értékeinek százalékos eltérése az egészséges növénynél (0°-os megdőlés) mért értékekhez képest a 2023-as vegetációs időszakban (takart és takaratlan cső esetében) (saját szerkesztés)

2023-as év Takaratlan cső	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
Csőhosszúság	100,0%	97,4%	99,0%	95,4%	89,6%	90,2%	85,0%
Csőkerület	100,0%	96,5%	97,3%	95,7%	96,1%	92,6%	93,0%
Szemsorszám	100,0%	98,5%	97,0%	92,5%	98,5%	94,0%	100,0%
Csutkatömeg	100,0%	91,1%	92,7%	88,6%	82,5%	78,0%	70,7%
Termésmennyiség/cső	100,0%	92,0%	92,9%	86,8%	82,0%	79,2%	71,5%

2023-as év Takart cső	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
Csőhosszúság	100,0%	98,7%	95,5%	93,9%	88,7%	91,0%	88,1%
Csőkerület	100,0%	100,8%	98,4%	97,7%	100,4%	96,5%	93,4%
Szemsorszám	100,0%	105,9%	97,1%	95,6%	101,5%	101,5%	94,1%
Csutkatömeg	100,0%	100,8%	92,7%	87,0%	90,3%	83,0%	71,7%
Termésmennyiség/cső	100,0%	100,2%	94,7%	90,3%	88,3%	86,5%	77,6%

4.7. A megdőlés mértéke és a termés vizsgált paramétereinek közötti összefüggések elemzése

Szoros összefüggést ($p < 0,05$) állapítottam meg a növény dőlésének mértéke és a cső hossza, kerülete, a csutka tömege és a növényenkénti termésmennyiség között a 2022-es és a 2023-as vegetációs időszakok átlagában (21. ábra).



21. ábra: A megdőlés mértéke és a vizsgált paraméterek közötti összefüggések a két vegetációs időszak (2022 és 2023) átlagában

5. Következtetések és javaslatok

Mindkét kísérleti évben minden vizsgált táblán (1. éves, 2. éves, 3. éves, 4. éves, 5. éves kukorica) a növények dőlésének mértéke mindig a teflutrinnal kezelt parcellában volt kisebb a teflutrinnal nem kezelt parcellához viszonyítva. A növények dőlése nem haladta meg 2022-es vegetációs időszakban a 12°-ot és a 2023-as vegetációs időszakban a 15°-ot sem a teflutrinnal nem kezelt, sem a teflutrinnal kezelt parcellákban. Széll et al. (2003) is kimutatták, hogy a teflutrinn hatására csökkent a megdőlés mértéke. Keszthelyi et al. (2007) kísérletében az önmaga után vetett, teflutrinnal nem kezelt kukoricában csupán a tövek kevesebb, mint egyharmada tartozott az 1. kategóriába (0°-30° közötti dőlés), a fennmaradó rész a 2. (30°-60° közötti dőlés) és a 3. (60°-teljes kidőlés) kategóriába tartozott, ami sokkal súlyosabb kártételre utal az én kísérletemben felvételezethez képest. A kísérletem során valószínűleg jóval kisebb volt a lárva fertőzöttség, mint Keszthelyi et al. (2007) vizsgálataiban.

Az IOWA 1-6 skála szerinti gyökérvégkárosítás egyik évben és egyik parcellában sem volt 2,5 felett. A teflutrinn hatóanyag hatásának vizsgálata során megállapítottam, hogy ugyan csökkentette a lárva kártétel mértékét, de szignifikáns különbséget egyik évben és egyik táblán sem tudtam kimutatni a teflutrinnal kezelt és nem kezelt parcellák között. Más vizsgálatokban (Nagy et al., 2003; Keszthelyi et al., 2007; Blandino et al., 2017), ahol nagyobb IOWA 1-6 skála szerinti gyökérvégkárosítást mértek, lényegesen kisebb volt az okozott lárva kártétel a teflutrinnal kezelt táblákon, mint a kezeletlen kontroll területeken. A két vegetációs időszakban végzett kísérleti eredményeim alapján kimutattam, hogy nagyon nagy szerepe van az előző évi imágó egyedszám alapján hozott döntésnek. Amennyiben kárküszöb érték alatti IOWA 1-6 skála szerinti gyökérvégkárosításra (esetemben 2,5) számíthatunk, megkérdőjelezhető a teflutrinn hatása. Az egyes kezelések esetében mért termésmennyiségek egy kivétellel mindig a teflutrinnal nem kezelt parcellában voltak nagyobbak a teflutrinnal kezelt parcellához képest, ami megint csak arra mutat rá, hogy a gazdálkodóknak körültekintően, felvételezésekre alapozva kell dönteniük a talajszekticidek alkalmazásával kapcsolatban.

A kukoricánövény dőlési értéke és a gyökéren megfigyelt kártétel között szoros összefüggést tapasztaltam növény szinten, ahogy nőtt a megdőlés fokában kifejezett értéke, úgy nőtt a lárva kártétel mértéke is. A növény 10°-os dőlése esetében 1 és 1,5 között, míg 20°-os dőlésnél 1,5 és 1,75 között mozgott a gyökérvégkárosítás IOWA 1-6 skála szerinti átlagos értéke. Nagy et al. (2003) is hasonló következtetésekre jutottak, növény szinten szoros összefüggést állapítottak meg a két paraméter között. A két éves vizsgálati eredményeim azt mutatják, hogy

a Davis (1994) által meghatározott 3,5-ös IOWA küszöbérték esetében 50 és 60° közötti növénydőlés várható.

Megvizsgáltam a növény értékmérő tulajdonságainak (csőhosszúság, csőkerület, szemszám, csutkatömeg, növényenkénti termésmennyiség) alakulását az eltérő mértékű növénydölések függvényében. A növénydőlés fokban mért értékének növekedésével csökkent a csövek átlagos hossza a 2023-as vegetációs időszakban, a 2022-es vegetációs időszakban viszont a megdőlési kategóriák között nem volt megfigyelhető ez a tendencia. Ugyanez volt a helyzet a csőkerülettel és a növényenkénti átlagos termésmennyiséggel is. A 2022-es vegetációs időszakban a csutka átlagos tömege nem csökkent egyértelműen a növénydőlés mértékének növekedésével, a 2023-as vegetációban viszont látszódtott a csökkenő tendencia a nagyobb növénydőlési kategória irányába. Keszthelyi et al. (2007) azt tapasztalták, hogy a teflutrinnal nem kezelt (és nagyobb növénydőlési értékű) parcelláról vett minták növényenkénti termésmennyisége és csutkatömege 20 %-kal kisebb volt, mint a teflutrinnal kezelt (és kisebb növénydőlési értékű) parcelláról származó mintáké. A vizsgálatom során megállapítottam, hogy növénydőlési kategóriák csutkájának és csőenkénti termésmennyiségének átlagos tömege között akár 30%-os eltérés is lehet, tehát valószínű, hogy a nagymértékű (60° vagy nagyobb), táblaszintű növénydőlés jelentős termés kieséshez vezet.

A megdőlés mértéke és a cső hossza, kerülete, a csutka tömege és a termésmennyiség között szoros összefüggést állapítottam meg a 2022-es és a 2023-as vegetációs időszak átlagában. Más kísérletekben (Nagy et al., 2003; Széll et al., 2003; Keszthelyi et al., 2007) is kimutatták a csutkatömeg és a növénydőlés, valamint a termésmennyiség és a növénydőlés közötti szignifikáns összefüggéseket.

Mindent összevetve megállapítható, hogy kimutatható kapcsolat van a gyökérvész, a növénydőlés mértéke és a termés mennyisége között, tehát a gazdálkodó csupán a növénydőlés táblaszintű felvételezésével következtethet a későbbi termés mennyiségének csökkenésére vagy növekedésére. Javaslom a kísérlet folytatását további hibridekkel, eltérő környezeti viszonyok között, hogy pontosabb képet kapjunk a teflutrinnal hatóanyag lárvakára gyakorolt hatásáról, valamint a gyökérvész nagyságának, ezáltal a növénydőlés mértékének és a termésveszteségnek más termelési és időjárási körülmények közötti kapcsolatáról.

6. Összefoglalás

Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) a kukorica egyik legjelentősebb kártevőjének számít. Fő kártétele a lárvája által okozott gyökérvérvetés, elsődleges táplálékukat a kukorica gyökere jelenti. Erős lárvafertőzöttségénél akár a gyökerek nagyrészt elfogyaszthatják, ekkor a kukorica megdől, és később kialakul a „hattyúnyakas” állapot. Diplomadolgozatom célkitűzése, hogy megvizsgáljam az amerikai kukoricabogár lárvá elleni védekezési módszerek (vetésváltás, talajinszekticid alkalmazása) milyen hatással vannak a lárvák által okozott kártételre és a termés különböző paramétereire. Emellett elemeztem az integrált növényvédelem utolsó alappilléret (értékelés), hogy milyen összefüggés van a lárvák kártételét felmérő módszerek (IOWA 1-6 skála és növénydőlés mértéke) között, illetve, hogy milyen kapcsolatot találunk a növénydőlés és a minőségi és mennyiségi termés kiesés között.

Saját gazdaságunkban beállított kísérletemet a 2022-es és a 2023-as vegetációs időszakban végeztem. Mindkét évben volt első-, másod-, harmad- és negyedéves kukoricatábla a vizsgálatban, ezen felül a második évben beállítottunk egy ötödéves táblát is. Minden táblán két fél hektáros parcellát jelöltem ki, az egyik parcella nem részesült teflutrinos kezelésben, a másik parcellában pedig a teflutrin hatóanyagot tartalmazó Teflix talajinszekticid készítmény került kijuttatásra vetéssel egy menetben. A kijelölt táblákon vizsgáltam az amerikai kukoricabogár lárvakártételét mind a szár megdőlésének, mind a gyökérvér mértékének felvételezésével. Meghatároztam a megdőlés mértékéhez tartozó gyökérvér, a termés paramétereinek változását a kukoricánövény dőlésének függvényében és az egyes parcellák termésmennyiségét.

Felvételezéseim alapján az átlagos kukoricánövény dőlés parcellánként egyik évben sem haladta meg a 15°-ot, a gyökérvér pedig csak egy parcellában volt 2-es IOWA érték felett. A teflutrin hatóanyag hatásának vizsgálata során megállapítottam, hogy ugyan csökkentette a lárvák mértékét, de szignifikáns különbséget egyik évben és egyik táblán sem tudtam kimutatni a teflutrinnal kezelt és nem kezelt parcellák között. A két vegetációs időszakban végzett kísérleti eredményeim alapján kimutattam, hogy nagyon nagy szerepe van az előző évi imágó egyedszám alapján hozott döntésnek. Amennyiben kárküszöb érték alatti IOWA 1-6 skála szerinti gyökérvérre (esetemben 2,5) számíthatunk, megkérdőjelezhető a teflutrin hatása. Növény szinten az egyes növénydőlési értékekhez tartozó gyökérvér a megdőlés növekedésével nőtt, gazdasági kár (a meghatározott 3,5-es érték alapján) 50°-os növénydőlés felett várható. Eredményeim azt mutatják, hogy 60°-os növénydőlésnél akár 30%-os termésvesztés is jelentkezhet, tehát kiemelt jelentőségű a megdőlés megelőzése. A megdőlés

mértéke és a cső hossza, kerülete, a csutka tömege és a növényenkénti termésmennyiség között szoros összefüggést állapítottam meg a 2022-es és a 2023-as vegetációs időszak átlagában.

Mindent összevetve megállapítható, hogy kimutatható kapcsolat van a növénydőlés mértéke, a lárvakárosítás nagysága és a termés mennyisége között, tehát a gazdálkodó csupán a növénydőlés táblaszintű felvételezésével következtethet a későbbi termésmennyiség-változásra. Javaslom a kísérlet folytatását további hibridekkel, eltérő környezeti viszonyok között, hogy pontosabb képet kapjunk a teflutrin hatóanyag lárvákra gyakorolt hatásáról, valamint a gyökérkár nagyságának, ezáltal a növénydőlés mértékének és a termésveszteségnek más termelési és időjárási körülmények közötti kapcsolatáról.

7. Köszönetnyilvánítás

Köszönetet szeretnék mondani konzulensemnek és oktatómnak, **Dr. Pálinkás Zoltánnak**, aki végigvezetett a diplomadolgozat elkészítésének nehézségein.

Külön köszönöm **Szüleimnek** és **Testvéreimnek** a támogatást és a lehetőséget, hogy elvégezhettem a kísérletemet a saját gazdaságunkban.

Végül, de nem utolsó sorban köszönöm **Barátaim** biztatását és jó tanácsait, amelyek segítettek a dolgozat megírásában.

8. Irodalomjegyzék

- Baca, F. (1993): New member of the harmful entomofauna of Yugoslavia *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera, Chrysomelidae). IWGO Newsletter XII:21.
- Ball, H.J. (1957): On the Biology and Egg-laying Habits of the Western Corn Rootworm. Journal of Econ. Entom. 50 (2): 126-128.
- Baráth, Cs., Ittész, A., Ugródsy, Gy. (1996): Biometria módszertani alapok és a MINITAB programcsomag alkalmazása. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 288 p
- Barna, Gy. (2001): Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) populációbecslése és a védekezési döntés adaptációja Magyarországon. Doktori értekezés, Szent István Egyetem, Gödöllő, 142 p.
- Baufeld, P., Enzian, S., Motte, G. (1996): Establishment potencial of *Diabrotica virgifera* in Germany. EPPO Bulletin, 26. (3-4): 511-518.
- Bayar, K., Komáromi, J., Kiss, J., Edwards, C.R., Hatala-Zsellér, I., Széll, E. (2003): Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) populációjának jellemzői kukorica monokultúrában. Növénytermelés, 52: 185-202
- Bazok, R. (2001): Istrazivanje biologije i ekologije *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte – Novog člana entomofaune Hrvatske (Research on the biology and ecology of *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte - new member of entomofauna in Croatia). PhD Thesis, Zagreb.
- Bazok, R., Sivcev, I., Kos, T., Igrc-Barcic, J., Kiss, J., 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 Res. Commun. 39: 298–305.
- Bazok, R., Lemic, D., Chiarini, F., Furlan, L. (2021): Western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) in Europe: Current status and sustainable pest management. Insects, 12 (3): 195.
- Bergman, M.K., Turpin, F.T. (1984): Impact of corn planting date on the population dynamics of corn rootworms (Coleoptera: Chrysomelidae). Environ. Entomol., 13: 898-901.
- Blandino, M., Ferracini, C., Rigamonti, I., Testa, G., Saladini, M.A., Jucker, C., Agosti, M., Alma, A., Reyneri, A. (2017): Control of western corn rootworm damage by application of soil insecticides at different maize planting times. Crop Protection, 93: 19-27.
- Boetel, M.A., Fuller, B.W., Chandler, L.D., Hovland, D.G., Evenson, P.D. (1998): Fecundity and egg viability of northern and western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) adults surviving labeled and reduced soil insecticide applications. J. Econ. Entomology 91: 275–279.
- Boetel, M.A., Fuller, B.W. (2003): Emergence of adult northern and western corn rootworms (Coleoptera: Chrysomelidae) following reduced soil insecticide applications. J. Econ. Entomology 96: 714–729.

- Bosnyákné, E.H. (2015): Monokultúrában tapasztalt amerikai kukoricabogár kár és gazdasági következményei, *Agrofórum Extra* 62.: 84-85.
- Branson, T.F., Johnson, R.D. (1973): Adult western corn rootworms: oviposition, fecundity, and longevity in the laboratory. *Journal of Economic Entomology*, 66: 417–418.
- Bryson, H.R., Wilbur, D.A., Burkhardt, C.C. (1953): The western corn rootworm *Diabrotica virgifera virgifera* Lec. in Kansas. *Journal of Economic Entomology*, 46: 955-959.
- Cagan, L., Števo, J., Gašparovič, K., Matušikova, S. (2019): Mortality of the Western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* larvae caused by entomopathogenic fungi. *Journal of Central European Agriculture*, 20 (2): 678-685.
- Carter, P.R., Hudelson, K.D. (1988): Influence of simulated wind lodging on corn growth and grain yield. *Prod. Agric. I*: 295-299.
- Chiang, H.C. (1973): Bionomics of the northern and western corn rootworms. *Annu. Rev. Entomol.*, 18: 47-72.
- Ciobanu, C., Sandor, M., Ciobanu, G., Domuta, C., Samuel, A.D., Vuscan, A., Chereji, I. (2009): Research regarding *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte (the Western root worm) control in sustainable agriculture. *Romanian Agricultural Research*, 26: 79-84.
- Ciosi, M., Miller, N.J., Kim, K.S., Giordano, R., Estoup, A., Guillemaud, T. (2008): Invasion of Europe by the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera*: multiple transatlantic introductions with various reductions of genetic diversity. *Molecular Ecology*, 17 (16): 3614-3627.
- Darnell, S.J., Meinke, L.J., Young, L.J. (2000): Influence of corn phenology on adult western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) distribution. *Environmental Entomology*, 29: 587–595.
- Davis, P.M. (1994): Comparison of economic injury levels for western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) infesting stilage and grain corn. *Journal Economic Entomology*, 87: 1086-1090.
- Edwards, C.R. (1995): Az amerikai kukoricabogár, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae), a kukorica új kártevője Európában. *Növényvédelem* 31: 353-360.
- Edwards, C.R. (1996): The dramatic shift of the western corn rootworm to first year-corn. In: *Proceedings of the Illinois Agricultural Pesticides Conference*. Cooperative Extension Service, University of Illinois at Urbana-Campaign, Illinois, pp. 14-15.
- Edwards, C.R., Igrc-Barčić, J., Berger, H.K., Festič, H., Kiss, J., Princzinger, G., Schulten, G.M., Vonica, I. (1998a): Overview of the FAO western corn rootworm management program for Central Europe. *Pflanzenschutzberichte*, Band 57. Heft 2.: 3-14.
- Edwards, C.R., Gerber, C., Bledsoe, L.W., Barna, Gy., Kiss, J. (1998b): Comparisons of Hungarian Pheromone and Pherocon AM traps under economic western corn rootworm populations in Indiana, USA. *Pflanzenschutzberichte* 57: 3-14.

- EPPO (European Public Prosecutor's Office) Global Database (2023): *Diabrotica virgifera virgifera* distribution.
URL: <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.
- Ferracini, C., Blandino, M., Rigamonti, I.E., Jucker, C., Busato, E., Saladini, M.A., Reyneri, A., Alma, A. (2021): Chemical-based strategies to control the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte. Crop Protection, 139.: Article 105306.
- Gerber, C.K., Edwards, C.R., Bledsoe, L.W., Obermeyer, J.L., Barna, Gy., Foster, R.E. (2005): Sampling devices and decision rule development for western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) adults in soybean to predict subsequent damage to maize in Indiana. In: Vidal, S., Kuhlman, U. and Edwards, C.R. (eds): Western Corn Rootworm Ecology and Management. CABI Publishing pp. 169-187.
- Gill, S.S., Cowles, A.E., Pietranonio, V.P. (1992): The mode of action of *Bacillus thuringiensis* endotoxins. Annual review of Entomology, 37: 615-636.
- Gillette, C.P. (1912): *Diabrotica virgifera* as a corn rootworm. J. Econ. Entomol., 5: 364-366.
- Gray, M.E., Tollefson, J.J. (1988a): Emergence of the western and northern corn rootworms (Coleoptera: Chrysomelidae) from four tillage systems. Journal of Economic Entomology, 81: 1398-1403.
- Gray, M.E., Tollefson, J.J. (1988b): Influence of tillage systems on egg populations of western and northern corn rootworms (Coleoptera: Chrysomelidae). Journal of the Kansas Entomological Society, 61: 186-194.
- Gyeraj, A., Kiss, J., Pablo, A.A.E., Boncz, J., Mayer, K., Pálinkás, Z., Szalai, M., Perczel, M. (2018): Az amerikai kukoricabogár imágók bibekártétele csemegekukoricában. Agrofórum Extra 75.: 104-107.
- Gyeraj, A., Pálinkás, Z., Kőrösi, K., Zalai, M., Perczel, M., Kiss, J. (2019): A csemegekukorica integrált védelme. Növényvédelem 80 (2): 49-75.
- 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., Ripka, G. (2001): A kukoricabogár biológiája és élelciklusa. Gyakorlati Agrofórum, 12. (5): 7-8.
- Hein, G.L., Tollefson, J.J. (1984): Comparison of adult corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) trapping techniques as population estimators. Environmental Entomology, 13: 266-271.
- Hein, G.L., Tollefson, J.J. (1985): Use of the Pherocon AM trap as a scouting tool for predicting damage by corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) larvae. J. Econ. Entomol., 78: 200-203.
- Hill, R.E. (1975): Mating, oviposition patterns, fecundity and longevity of the western corn rootworm. Journal of Economic Entomology, 68: 311- 315.

- Hills, T.M., Peters, D.C. (1971): A method of evaluating postplanting insecticide treatments for control of western corn rootworm larvae. *J. Econ. Entomol.*, 64: 764-765.
- Illés, Á., Bojtor, Cs., Mohammad, S. N. M., Marton, L.Cs., Ragán, P., Nagy, J. (2020): Maize hybrid and nutrient specific evaluation of the population dynamics and damage of the western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) in a long-term field experiment. *Progress in Agricultural Eng. Sci.*, 16: 11–24.
- Ivezic, M., Tollefson, J.J., Raspudic, E., Brkic, I., Brmez, M., Hibbard, B. (2006): Evaluation of corn hybrids for tolerance to corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) larval feeding. *Cereal Research Comm.*, 33 (2–3): 1101–1107.
- Jackson, J.J., Elliott, N.C. (1988): Temperature-dependent development of immature stages of the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera, Chrysomelidae). *Environ. Entomol.*, 17: 166-171.
- Johnson, T.B., Turpin, F.T. (1985): Northern and western corn rootworm Coleoptera: Chrysomelidae oviposition in corn as influenced by foxtail populations and tillage systems. *J. Econ. Entomol.*, 78: 57–60.
- Keszthelyi, S., Szabó, T., Kurucsai, P. (2007): Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) kártételének vizsgálata. *Növényvédelem* 43 (8): 345-351.
- Keszthelyi, S. (2009): Különböző tenyésztési kukorica hibridek tömeg- és beltartalmi változása a gyapottokbagoly lepke (*Helicoverpa armigera* Hbn.) károsításának hatására. *Növényvédelem* 45 (5): 233-240.
- Keszthelyi, S., Vörös, G., Szeőke, K., Fischl, G. (2009): Az árukukorica növényvédelme. *Növényvédelem* 45 (5): 257-277.
- Kiss, J., Edwards, C.R., Berger, H.K., Cate, P., Cean, M., Cheek, J.D., Festic, H., Furlan, L., Igrc-Barcic, J., Ivanova, I., Lammers, W., Omelyuta, V., Princzinger, G., Reynaud, P., Sivcev, I., Sivicek, P., Urek, G., Vahala, O. (2005a): Monitoring of western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) in Europe 1992-2003. In: Vidal, S., Kuhlman, U. and Edwards, C.R. (eds): *Western Corn Rootworm Ecology and Management*. CABI Publishing pp. 29-39.
- Kiss, J., Komáromi, J., Bayar, K., Edwards, C.R., Hatala-Zsellér, I. (2005b): Western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) and the crop rotation systems in Europe. In: Vidal, S., Kuhlman, U. and Edwards, C.R. (eds): *Western Corn Rootworm Ecology and Management*. CABI Publishing pp. 189-220.
- Kiss, J., Komáromi, J. (2007): Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) biológiája. In: Marton L. Csaba (szerk.): *A kukoricabogár terjedése és védekezési módszerei*. Magyar Tudományos Akadémia Mezőgazdasági Kutatóintézete, Martonvásár. Kiadvány, 6-7.
- Kos, T., Bažok, R., Gunjača, J., Igrc-Barčić, J. (2014): Western corn rootworm adult captures as a tool for the larval damage prediction in continuous maize. *Journal of applied entomology*, 138(3), 173-182.
- Krysan, J.L., Branson, T.F., Diaz Castro, G. (1977): Diapause in *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae): a comparison of eggs from temperate and subtropical climates. *Entomo.Exp.Appl.*, 22: 81-89.

- Krysan, J.L. (1978): Diapause, quiescence, and moisture in egg of western corn rootworm, *Diabrotica virgifera*. J. Ins. Phys., 24: 535-540.
- Krysan, J.L. (1986): Introduction: Biology, Distribution, and Identification of Pest *Diabrotica*. In: Krysan, J.L. and Miller, T. (eds): Methods for the Study of Pest *Diabrotica*. Spingler-Verlag, New York. pp. 1-23.
- Krysan, J.L., Smith, R.F. (1987): Systematics of the *virgifera* species group of *Diabrotica* (Coleoptera: Chrysomelidae: Galerucinae). Entomography, 5: 375-484.p.
- Komáromi, J., Kiss, J., Edwards, C.R. (2001): A kukoricabogár rajzásdinamikája és egyedsűrűségének változása Bácska térségében. Agroforum, 12 (5): 17-18.
- Kosztolányi, A. (2015): Új lehetőség a kukoricabogár imágók párzásának megzavarására. Agroforum, 26. (3): 82-83.
- Kuhar, T.P., Youngmann, R.R. (1995): Sex ratio and sexual dimorphism in western corn rootworm adults (Coleoptera: Chrysomelidae) on yellow sticky traps in corn. Environ. Entomol., 24: 1408-1413.
- Kuhar, T.P., Youngmann, R.R. (1998): Olson yellow sticky trap: Decision-making tool for sampling western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) adults in field corn. J. Econ. Entomol., 91: 957-963.
- Kuhlmann, U., van der Burgt, A.C.M. (1998): Possibilities for biological control of the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, in Central Europe. Biocontrol News and Information, 19 (2): 59–68.
- LeConte, J.L. (1868): New Coleoptera collected on the survey for the extension of the Union Pacific Railroad, E.D. from Kansas to Fort Craig, New Mexico. Trans Am. Entomol. Soc., 2: 49-59.
- Levine, E., Oloumi-Sadeghi, H. (1991): Management of *Diabrotica* rootworms in corn. Ann. Rev. Entomol. 36: 229–255.
- Levine, E., 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.
- Metcalf, R.L. (1986): Foreword. In: Krysan, J.L. and Miller, T. (eds): Methods for the Study of Pest *Diabrotica*. Spingler-Verlag, New York.
- Mile, L., Ilovai, Z. (1979): A kukoricamoly kártételének vizsgálata iparszerű termelési viszonyok között. Növényvédelem, 15, 313–315.
- Nagy, G., Komáromi, J., Kiss, J. (2003): Az amerikai kukoricabogár lárvakártételének hatása a monokultúrában termesztett kukorica terméseredményeire. Gyakorlati Agroforum Extra 4.: 9-11.
- Németh, T. (2012): Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1868) ökológiájának, valamint a lárvák elleni védekezés lehetőségének vizsgálata. Doktori értekezés, Pannon Egyetem, Keszthely, 124 p.

- Nowatzki, T.M., Tollefson, J.J., 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: 864–873.
- Onstad, D.W., Crowder, D.W., Mitchell, P.D., Guse, C.A., Spencer, J.L., Levine, E., Gray, M.E. (2003): Economics versus alleles: balancing IPM and IRM for rotation resistant western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). *J. Econ. Entomol.*, 96: 1872-1885.
- Pálffy, C. (1983): A kukoricamoly és kártétele. *Növényvédelem* 19: 515–517.
- Papp, I. (1990): A kukorica növényvédelmi technológiája. Komárom-Esztergom megyei Növényegészségügyi és Talajvédelmi Állomás.
- Papp, Z. (2007): Tapasztalatok a kukoricabogár elleni védekezésben. *Agrofórum Extra* 17.: 39-42.
- Peczko, M. (2021): Amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) imágók egyedszámának és lárvák kártételének vizsgálata különböző előveteményű kukoricákban. Szakdolgozat, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő, 40 p.
- Peters, D.C. (1969): Some results from a „rootworm scouting” program. *Proc. N. Cent. Branch Entomol. Soc. Am.* 24: 142-143.
- Pilz, C., Keller, S., Kuhlmann, U., Toepfer, S. (2009): Comparative efficacy assessment of fungi, nematodes and insecticides to control western corn rootworm larvae in maize. *Biocontrol* 54 (5): 671-684.
- Princzinger, G. (1996): Monitoring of western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) in Hungary 1995. *IWGO Newsletter XVI. 1.*: 7-11.
- Prystupa, B., Ellis, C.R., Teal, P.E.A. (1988): Attraction of adult *Diabrotica* (Coleoptera: Chrysomelidae) to corn silks and analyses of the host-finding response. *J. Chem. Ecol.*, 14: 635-651.
- Quiring, D.T., Timmins, P.R. (1990): Influence of reproductive ecology on feasibility of mass trapping *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Applied Ecology*, 27: 965–982.
- Ripka, G., Princzinger, G. (2001): A kukoricabogár hazai elterjedése. *Gyakorlati Agrofórum*, 12 (5): 4-7.
- Sammons, A.E., Edwards, C.R., Bledsoe, L.W., Boeve, P.J., Stuart, J.J. (1997): Behavioral and feeding assays reveal a western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) variant that is attracted to soybean. *Environ. Entomol.*, 26: 1336-1342.
- Short, D.E., Hill, R.E. (1972): Adult emergence, ovarian development, and oviposition sequence of the western corn rootworm in Nebraska. *J. Econ. Entomol.*, 65: 685-689.
- Southwood, T.R.E. (1978): Ecological methods with particular reference to the study of insect populations. 2nd Edition. Chapman and Hall, London, 17-73.

- Spencer, J.L., Levine, E., Scott, A.I., Mabry, T.R. (2005): Movement, dispersal and behaviour of western corn rootworm adults in rotated maize and soybean fields. In Vidal, S., Kuhlman, U. and Edwards, C.R. (eds): Western Corn Rootworm Ecology and Management. CABI Publishing pp. 29-39.
- Spike, B.P., 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.
- Steffey, K.L., Tollefson, J.J., Hinz, P.N. (1982): Sampling Plan for Population Estimation of Northern and Western Corn Rootworm Adults in Iowa Cornfields. *Environ. Entomol.* 11: 287-291.
- Steffey, K.L., Gray, M.E., Kuhlman, D.E. (1992): Extent of Corn Rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) Larval Damage in Corn After Soybeans: Search for the Expression of the Prolonged Diapause Trait in Illinois. *J. Econ. Entomol.*, 85: 268-275.
- Stern, V.M., Smith, R.F., Van Den Bosch, R., Hagen, K.S. (1959): The integrated control concept. *Hilgardia* 29: 81-101.
- Sutter, G.R., Fisher, J.R., Elliott, N.C., Branson, T.F. (1990): Effect of insecticide treatments on root lodging and yields of maize in controlled infestations of western corn rootworms (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of economic entomology*, 83(6), 2414-2420.
- Sutter, G.R., Branson, T.F., Fischer, J.R., Elliot, N.C. (1991): Effect of insecticide treatments on survival, development, fecundity, and sex ratio in controlled infestations of western corn rootworms (Coleoptera: Chrysomelidae). *J. Econ. Entomology* 84: 1905–1912.
- Szalai, M., Papp Komáromi, J., Bažok, R., Barčić, J.I., Kiss, J., 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.
- Széll, E., Streb, P., Kovácsné, K.M., Hataláné-Zsellér, I. (2003): Az amerikai kukoricabogár elleni védekezést szolgáló kísérleteink 2003. évi eredményeiről. *Gyakorlati Agrofórum Extra* 4.: 3-4., 7-8.
- Széll, E., Zsellér, I., Ripka, G., Kiss, J., Princzinger, G. (2005): Strategies for controlling western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera*). *Acta Agronomica Hungarica*, 53 (1): 71-79.
- Tate, H.D., Bare, O.S. (1946): Corn rootworms. *Nebraska Agricultural Experiment Station Bulletin*, 381: 1-12.
- Tinsley, N.A., Estes, R.E., Gray, M.E. (2013): Validation of a nested error component model to estimate damage caused by corn rootworm larvae. *Journal of Applied Entomology*, 137 (3): 161-169.
- Toepfer, S., Zellner, M., Kuhlmann, U. (2011) Oviposition of *Diabrotica* in non-maize crops and implications on crop rotation. *Bulletin of Entomological Research*, 96: 327-335.

- Toepfer, S., Tóth, Sz. (2020): Entomopathogenic nematode application against root-damaging *Diabrotica* larvae in maize: what, when, and how? *Microb. Nematode Control. Invertebr. Pests IOBC-WPRS Bull*, 150: 185-188.
- Tóth, M., Tóth, V., Ujváry, I., Sivcev, I., Manojlovic, B., Ilovai, Z. (1996): Szexferomonnal bogarak ellen is? Az első hazai bogár szexferomon csapda kifejlesztése az amerikai kukoricabogárra (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte). *Növényvédelem* 32: 447- 452.
- Tóth, M., Furlan, L. (2003): Review of traps available to monitor *Diabrotica* populations in Europe: features and application. *Ecology and Management of Western Corn Rootworm International Symposium*. Goettingen, p. 44.
- Tóth, M., Sivcev, I., Ujváry, I., Tomasek, I., Imrei, Z., Horváth, P., Szarukán, I. (2003): Development of Trapping Tools for Detection and Monitoring of *Diabrotica v. virgifera* in Europe. *Acta Phytopatologica et Entomologica Hungarica* 38: 307-322.
- Tuska, T., Kiss, J., Edwards, C.R., Szabó, Z., Ondrusz, I., Miskucza, P., Garai, A. (2002a): Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) imágó veszélyességi küszöbértékének (biberágás) meghatározása vetőmag-kukoricában. *Növényvédelem* 38: 505-511
- Tuska, T., Kiss, J., Edwards, C.R., Szabó, Z., Ondrusz, I., Miskucza, P., Garai, A. (2002b): Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) imágója kártételi küszöbértékének meghatározása késői vetőmag-kukoricában. In: Jávora A, Pepó P. (szerk.): *Innováció, a tudomány és a gyakorlat egysége az ezredforduló agráriumában*, Debrecen 47-50.
- Tuska, T., Kiss, J., Edwards, C.R., Szabó, Z., Ondrusz, I., Miskucza, P., Garai, A. (2003): Establishing economic thresholds for silk feeding by Western Corn Rootworm adults in seed and commercial corn. In: *International Symposium on the Ecology and Management of Western Corn Rootworm*. Abstract book. 25 p.
- Turpin, F.T., Dumenil, L.C., Peters, D.C. (1972): Edafic and agronomic characters that effect potential for rootworm damage to corn in IOWA. *Journal Economic Entomology*, 65.: 1615-1619.
- Weiss, N.J., Seewers, K.P., Mayo, Z.B. (1985): Influence of WCR larval densities and damage on corn rootworm survival, development time, size and sex ratio (Coleoptera Chrysomelidae). *J. Kansas Entomol. Soc.*, 58: 397-402.
- Zhang, J., Khan, S.A., Hasse, C., Ruf, S., Heckel, D.G., Bock, R. (2015): Full crop protection from an insect pest by expression of long double-stranded RNAs in plastids. *Science*, 347 (6225): 991-994.

Internetes források:

- http1: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (2023.február)
- http2: https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0072.html (2023. szeptember)
- http3: <https://extension.entm.purdue.edu/wcr/images/jpg/2004/EUROPEMapv1.jpg> (2023.február)
- http4: <https://masters.agron.iastate.edu/files/mitchellsteven-cc.pdf> (2023.február)

- http5: <https://novenyvedoszer.nebih.gov.hu/Engedelykereso/kereso> (2023.október)
- http6: <https://mepar.mvh.allamkincstar.gov.hu/#/viewer> (2023. október)
- http7: <https://www.metnet.hu/napi-adatok?sub=5&pid=9712&date=2023> (2023.október)

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Peczkó Márk
A Hallgató Neptun kódja: GP6BPC
A dolgozat címe: Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) lárvája által okozott termésveszteség elemzése
A megjelenés éve: 2023
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 szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: Gödöllő, 2023. november. 05.



Hallgató aláírása

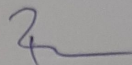
NYILATKOZAT

Peczko Márk (GP6BPC) 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 védésre javaslom / nem javaslom.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: 2023. november 08.



belső konzulens