



Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) imágó-bibekártételének elemzése csemegekukoricában

Doktori értekezés tézisei

Gyeraj András

Gödöllő

2022

A doktori iskola

megnevezése: Növénytudományi Doktori Iskola

tudományága: Növénytermesztési- és kertészeti tudományok

vezetője: Dr. Helyes Lajos, PhD., MTA doktora
egyetemi tanár, intézetigazgató
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő

Témavezető(k): Dr. Kiss József, PhD. AM AAF
egyetemi tanár, tanszékvezető
Integrált Növényvédelmi Tanszék
Növényvédelmi Intézet
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő

Az iskolavezető jóváhagyása

A témavezető(k) jóváhagyása

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK

A csemegekukorica Magyarországon a legnagyobb területen termesztett szántóföldi (termékcsoport szerint zöldség) növényünk, ezzel a területtel Európa legnagyobb ilyen típusú termék termelője.

A csemegekukorica termesztése igen nagy háttértudást igénylő intenzív kultúránk, melynek sikeres termeléséhez elengedhetetlen, hogy okszerű és szakszerű növényvédelmi megoldásokat alkalmazzunk, melynek alapjául az integrált növényvédelmi stratégia (továbbiakban IPM) 8 alapelve kell, hogy szolgáljon (Barzman et al., 2015).

Növényvédelmi beavatkozások során a termelői döntéshozatal egyik kulcskérdése a gazdasági küszöbök mérlegelése, amelyek alapján a termelő meghozza növényvédelmi beavatkozási döntéseit, figyelembe véve előtte az észlelési, majd ezt követően pedig a beavatkozási küszöbértéket. A kukoricabogár imágó bibekártételének gazdasági küszöbértéke függ a kukorica hibrid típusától és a termesztési céltól. (Tuska et al., 2002). Ezen információk birtokában a termelő képes lesz meghozni növényvédelmi kezeléssel kapcsolatos döntéseit az integrált növényvédelem (IPM) alapelveit figyelembe véve (Kiss, Zanker és Eke, 2017).

Három éves vizsgálatom célja a kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) imágó (továbbiakban *D.v.v.*, WCR, amerikai kukoricabogár) bibekártétel gazdasági küszöbértékének meghatározása (Tuska et al., 2002; Tuska, Edwards és Kiss, 2003) volt közép-európai körülmények között csemegekukoricában.

Célkitűzések:

- Különböző *D.v.v.* egyedszámok bibekártételének mérése,
- az egyedszám x kártétel következményének (termésparaméterek) mérése, elemzése,
- adott hibrid esetében a beavatkozási kárküszöb meghatározása,
- fenti módszer és mesterséges bibekár (visszavágás) mint módszer összevetése,
- különböző genetikai hátterű hibridek kártételi válaszreakciójának elemzése,
- stresszor és évjáráthatás elemzése,
- beavatkozási küszöb meghatározása,
- a beavatkozás integrált növényvédelmi rendszerben történő elhelyezése,
- a fentiek alapján IPM javaslatok kidolgozása.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1 A vizsgálatok körülményei , terület, talaj, parcellák

A vizsgálatokat 2016-os, 2017-es és 2018-as években végeztem a Plasmoprotec Kft. öntözés nélküli területein, Martonvásár közelében tipikus szántóföldi növénytermesztési régióban a Közép-Dunántúlon, Magyarországon. Az agronómiai és növénytermesztési technológiák minden évben hasonlóak voltak és követték a régióban jellemző gyakorlatot.

A kísérleti területek az egyes években ugyanabban a blokkban helyezkedtek el néhány száz méterre egymástól 2016-os évben olajnapraforgó, a 2017-es, 2018-as évben zab volt az elővetemény. A vetések a kísérleti parcellákban vetőpuskával történtek, 55.000 darab kivetett maggal hektáronként, 75 centiméteres kukorica sortávra. A kísérleti területeken a talajműveléssel jó kultúrállapotú talajt készítettünk a vetésnek, az őszi mélyszántást követően tavasszal a szántás elmunkálása simítóval, a vetőágy készítés kombinátorral történt minden évben. A kísérletben alkalmazott növényvédelmi védekezések az alábbiak szerint történtek. Vetés előtt Force 1,5G rovarölőszeres talajfertőtlenítő kezelést alkalmaztunk 10 kg/hektár (teflutrin 15g/kg) dózisban kijuttatva, ezt követően rovarölő szeres kezelés nem történt. Gyomszabályozás során posztemergens kémiai növényvédelmi kezelést végeztünk. Fungicides kezelés nem történt.

2.2 Kukoricabogár imágó ráhelyezéssel kísért elrendezés, hibrid, időjárás

A 2016-os, 2017-es, 2018-as években a Suregold csemegekukorica hibriddel kukorica bogár imágó bibekártételére irányuló vizsgálatokat állítottam be. A kísérlet egy parcellából állt ami 6 méter (8 sor) széles és 9,2 méter hosszú volt 55,2 m² nagyságú területen helyezkedett el, soronként 38 magdarab került kivetésre. Az egyes sorok randomizáltan tartalmazták 2016-ban az öt, illetve 2017-ben és 2018-ban a hat kezelést és a kezeletlen kontroll növényeket, kezelésenként 5 egymást követő növényt kiválasztva, 4 ismétlésben, így a 8 sorban kezelésenként 20 növényt, bibét vizsgáltunk (megfelelve az EFSA Guidance követelményeinek). A széleken izolálásként 4 sor csemegekukoricát vetettünk 3 méter szélességben a kísérleti területünk vadaktól, szélről való megóvása érdekében.

Mivel vizsgálatainkban egyedi izolált növényekkel dolgoztunk, a parcella nagyság (ellentétben a „szokásos” elrendezéssel, az izolálatlan növények parcellaszintű kezelésével) nem releváns megközelítés. Követelményünk volt, az egyedi

növények (agronómiai és fenotípusos vizsgálatával, annak megfelelően) azok termesztési (talaj, agronómiai eljárások) háttérének homogenitása. Kísérletünkhöz a kukoricabogár imágókat a környező, rovarölőszerezrel nem kezelt kukorica növényekről gyűjtöttem be 1-2 nappal a kihelyezés előtt szipókával. A kihelyezésig tárolásukat erre a célra speciálisan kialakított hálóval fedett ládában oldottuk meg, folyamatosan biztosítva a megfelelő életkörülményeiket friss kukorica címerrel, bibével, levéllel.

Kísérletünk során a vizsgált növények bibéjét 400 x 250 mm-es 1 mm-es lyukbőségű, speciálisan erre a célra varrt fedőhálót helyeztünk a csövekre a bibehányás kezdetétől. Ezen hálókba a kezelésektől függően 2016-ban 0, 1, 2, 4, 8, 2017-ben illetve 2018-ban 0, 1, 2, 4, 8, 12 kukoricabogár imágót helyeztünk. A vizsgált növényeket június végétől naponta monitoroztuk a címerhányás szakaszától (VT Iowa System, Abendroth et al., 2011, ez az a szakasz, amikor a címer teljesen láthatóvá válik, a kukorica elérte teljes magasságát, és elkezdődik a pollenszórás).

A vizsgált bibék fejlődését nyomon követtem, és amikor várható volt a bibeszálak megjelenése, előző nap hálóval lefedtük a csöveket (R1 szakasz, Iowa System, Abendroth et al., 2011, ami 3 nappal a címerhányás után következik be), annak biztosítása érdekében, hogy a kísérlet azelőtt kezdődjön meg, hogy az első bibeszálak megjelentek volna a csuhélevelek csúcsi borításából, azaz közvetlenül az R1 szakasz kezdete előtt minden vizsgált növénynél. Így a kukoricabogár imágó kezeléseik első napja némileg változott az egyes növények között. A bibe hosszát napi rendszerességgel mértük, a bibe megjelenésétől a bibe beszáradásáig 9-11 napig.

A természetes károsítás monitorozása tekintetében az egyes években 20 darab a kísérleti parcellában randomizált hálóval nem fedett növényt is vizsgáltunk, valamint a kukoricabogár imágó egyedszám háttérfertőzöttségének mintázására három darab Pherocon AM sárga ragacslap csapdát helyeztünk el a kísérleti területen randomizálva és hetente rögzítettük a fogott imágók számát, valamint a ragacslapokat is heti rendszerességgel cseréltük.

Az izolációs háló végeit rugalmas gumiszalaggal rögzítettük a könnyebb kezelhetőség érdekében – napi bibehossz mérésre, illetve az imágók napi számlálására. Az imágók számát naponta ellenőriztük, ha kellett pótoltuk, tehát minden nap biztosítva volt az adott kezeléseik pontossága. Az izolációs hálónak a szerepe volt az adott kezelésen belüli kukoricabogár imágószám biztosítása, valamint az egyéb károsítók kizárása, a bibeszálak védelme.

A kísérleti növények csöveinek betakarítása kézzel történt 2016-ban augusztus 17-én, 2017-ben július 28-29-én, 2018-ban július 24 - augusztus 1-ig a termeltető cégek által meghatározott paraméterek alapján, majd a betakarítást követően megmértük a csuhélevelek eltávolítása után a csövek tömegét, a csövek hosszát, valamint a csővégektől 50 mm-re, illetve a csőközépen a kerületüket. A laboratóriumi mérések során megszámláltuk az egyes csövek szemszorainak számát, illetve a szemek számát is. A kapott adatokból meghatároztuk a termékenyülési indexet: a szemek számát elosztottuk az átlagos csőkeresztmetszet kerületével (a három kerületi érték átlaga), majd megszoroztuk a cső hosszával. Ez az index tehát az egységnyi csőfelület területre eső szemek számát tükrözi, feltételezve, hogy a vizsgált hibriden belül hasonló formájúak a csövek.

Az időjárási viszonyok vizsgálati évenként eltérőek voltak, melyek jelentős hatással bírtak a hozamokra, a vizsgált bibehossz regenerálódására, ezáltal a kártétel mértékére. 2016-ban a bibehányási, megtermékenyülési időszak kedvező volt magas páratartalom, csapadékos időjárás mellett, nem volt kiemelkedő napi maximum hőmérséklet sem, amikor a pollenek életképessége jelentősen csökkenhetett „termékenyítési képességüket elveszthették” volna. 2017-ben ez az időszak szárazabb volt; sőt, a beporzás és a szemfeltöltés időszakában a magasabb hőmérséklet nem kedvezett a pollen életképességének, a szemkitelítődésnek. 2018-ban is száraz, de szerényebb napi maximum hőmérsékletű volt a vizsgált időszak, a szemtöltés időszakában a csapadékkellátás megfelelő volt, mely jelentősen hozzájárult a megfelelő hozamok eléréséhez.

2.3 Bibe visszavágás kísérlet elrendezése, hibridek, időjárás

A 2017-es, 2018-as évben a kukoricabogár imágó kísérletünket kibővítettük, úgynevezett bibe visszavágás szimulációs kísérlettel, melynek lényege az volt, hogy a kukoricabogár imágó biberágását/károsítását szimulálva visszavágtuk a bibét. A kezeléseket 7 csemegekukorica hibridnél vizsgáltuk Suregold, Kinze, MV Július, GSS 5649, GSS 8529, Moreland, GH 11754, mivel feltételeztük, hogy az eltérő genetikai háttérrel rendelkező csemegekukorica hibridek másként reagálnak a különböző mértékű bibekártételre, az eltérő időjárási körülmények között az egyes években. Egy-egy parcellában vizsgáltuk az egyes hibrideket (összesen 7 parcellában), melyek egyenként 3 méter szélességűek (4 sor) és 9,2 méter hosszú kísérleti parcellák voltak, összesen 27,6 m² területnagyságon soronként 38 darab mag került kivetésre. Az egyes sorok randomizáltan tartalmazták a három kezelést és a kezeletlen kontroll növényeket, kezelésként 5 egymást követő növényt kiválasztva, 4 ismétlésben, így a 4 sorban kezelésként 20 növényt, bibét

vizsgáltunk (megfelelve az EFSA Guidance követelményeinek). A kísérleti területet itt is 4 sor 3 méteres izolációs sávval vettük körül.

A vizsgált növényeket június közepétől naponta monitoroztuk a címerhányás szakaszától (VT Iowa System, Abendroth et al., 2011, ez az a szakasz, amikor a címer teljesen láthatóvá válik, a kukorica elérte teljes magasságát, és elkezdődik a pollenszórás). A vizsgált bibék fejlődését nyomon követtük, és a bibeszálak megjelenésével megkezdődött a napi bibe visszavágási munka R1 szakaszban (R1 szakasz, Iowa System, Abendroth et al., 2011), ami 3 nappal a címerhányás után következik be. Kísérletünkben a bibe visszavágás ideje 2017-ben június 25 - július 23-ig, 2018-ban június 21- július 19-ig történt a 7 vizsgált csemegekukorica hibridben.

A bibe visszavágási kísérletben a csöveket nem izoláltuk, mivel a természetes kukoricabogár imágó fertőzést is monitorozni akartuk. A csuhélevél csúcsa feletti bibét, a csuhélevél csúcsától számított 0, 1, illetve 2 cm-re visszavágtuk, hogy szimuláljuk a különböző fertőzési/bibekárosítási szinteket. A eltérő csemegekukorica hibridek esetén, minden kísérleti parcellában 20 kontroll növényt jelöltünk meg, melyeknek a bibehosszát napi rendszerességgel mértük. A kísérleti parcellákon a természetes kukoricabogár imágó háttérfertőzöttségének megfigyelésére három Pherocon AM sárga ragadós csapdát (Trécé Inc, USA) helyeztünk el, melyek kukoricabogár imágó fogásainak számát hetente rögzítettük, mivel ez befolyásolhatta az izolációs háló nélküli csövek bibéjének hosszát. A csapdákat heti rendszerességgel cseréltük.

Az összes vizsgált csemegekukorica csövet a megfelelő érettségi állapotnál (termeltető cégek által előírt paraméterek szerint) manuálisan betakarítottuk 2017-ben július 24 - augusztus 3-ig, 2018-ban július 18 - augusztus 1-ig. A csöveket elkülönítettük, ládákban tároltuk, majd a laboratóriumba szállítottuk és vizsgáltuk. A mérési végpontok megegyeztek a kukoricabogár imágó ráhelyezéssel kísérletben leírtakkal. Továbbá feljegyeztük a *Helicoverpa* károsításokat a vizsgált csöveken.

Az időjárási viszonyok a kukoricabogár imágó kísérletben leírtaknak megfelelnek, azonban a bibe visszavágási kísérletben szereplő 7 csemegekukorica hibrid vizsgálati ideje a különböző bibehányási időszakok miatt szélesebb periódust ölelt fel 2017-ben és 2018-ban is.

2.4 Adatok feldolgozása, statisztikai értékelése

A kukoricabogár imágó ráhelyezéssel kísérletünkben a ráhelyezéstől számított 1 - 9. napig terjedő bibehossz adatokat használtuk fel, mivel ezen periódusban minden

vizsgált növényegyednél rendelkezésre álltak. Az adatokat a bibe megjelenésének 0. napjának megfelelően standardizáltuk is, amely egyben a kukoricabogár imágó kezelése kiindulási időpontja is. A bibeszál hosszát befolyásoló tényezőket általános additív modellek (GAM) segítségével elemeztük, ahol a bibeszál megjelenése utáni napok száma a simított nemlineáris magyarázó változó, míg a csövenkénti kukoricabogár imágók száma, az év és az izoláció pedig a lineáris magyarázó változók. Amikor a termékenységi indexet és a csövek fosztott tömegét vizsgáltuk, kevert lineáris modelleket (LMM) illesztettünk, úgy hogy a fix magyarázó változók a csövenkénti kukoricabogár imágók száma, az év és e kettő interakciója voltak, a parcella pedig a random változó.

Többszörös összehasonlítások esetén FDR korrekciót alkalmaztunk, amikor egy kategoriális magyarázó változó szignifikáns hatásúnak bizonyult és a kategóriák páronkénti összehasonlítását végeztük, pl. az évek páronkénti összehasonlításánál. Ezenkívül Welch t-tesztet vizsgáltuk a izolálóláló termékenységi indexre és fosztott csőtömegre gyakorolt hatását.

A bibe visszavágásos kísérletünk esetén a jelenlévő gyapottok-bagolylepke lárva fertőzés általánosított lineáris modellel (binomiális GLM) hasonlítottuk össze az évek és a hibridek között. Majd a csövek termékenyülési indexére és a fosztott tömegére is lineáris modelleket illesztettünk úgy, hogy a hibrid, az év és e kettő interakciója volt a magyarázó változó. Ezután mindegyik hibrid adott évi kontrolljához képest számított fosztott csőtömeg csökkenést és termékenyülési index csökkenést elemeztük, lineáris modellekkel határoztuk meg, melyik hibrid esetén volt nagyobb vagy kisebb ez a csökkenés mint a többi hibridnél.

A mindkét kísérletben szereplő Suregold hibrid adatai alapján meghatároztuk, hogy a 0-1-2 cm-re visszavágott bibeszálak mekkora csövenkénti kukoricabogár imágószám kártételének felelnek meg. Ehhez feltételeztük, hogy a kukoricabogár ráhelyezéssel a növekvő imágószám lineárisan csökkenti mind a termékenyülési indexet, mind a csövek tömegét, a két évre külön lineáris regressziós modelleket illesztettünk. Az így kapott együtthatókat felhasználva megbecsültük a többi hat hibrid esetében, hogy az ép bibéjű kontrollhoz képest tapasztalt tömegcsökkenés és termékenységi index csökkenés mekkora becsült kukoricabogár sűrűséghez (csövenkénti imágószámhoz) tartozhat. Mindkét tulajdonság felhasználásával a két vizsgált évben hibridenként 12 imágószámot extrapoláltunk. Ez a 12 érték már megfelelőnek bizonyult, hogy regressziós modellel becsüljük, melyik hibrid reagál érzékenyebben vagy kevésbé érzékenyen a kukoricabogár imágószámának növekedésére. Az adatvizualizációt és a statisztikai kiértékelést az R program segítségével végeztük.

3. EREDMÉNYEK MEGVITATÁSA

3.1. Kukoricabogár imágó ráhelyezései kísérlet eredményei

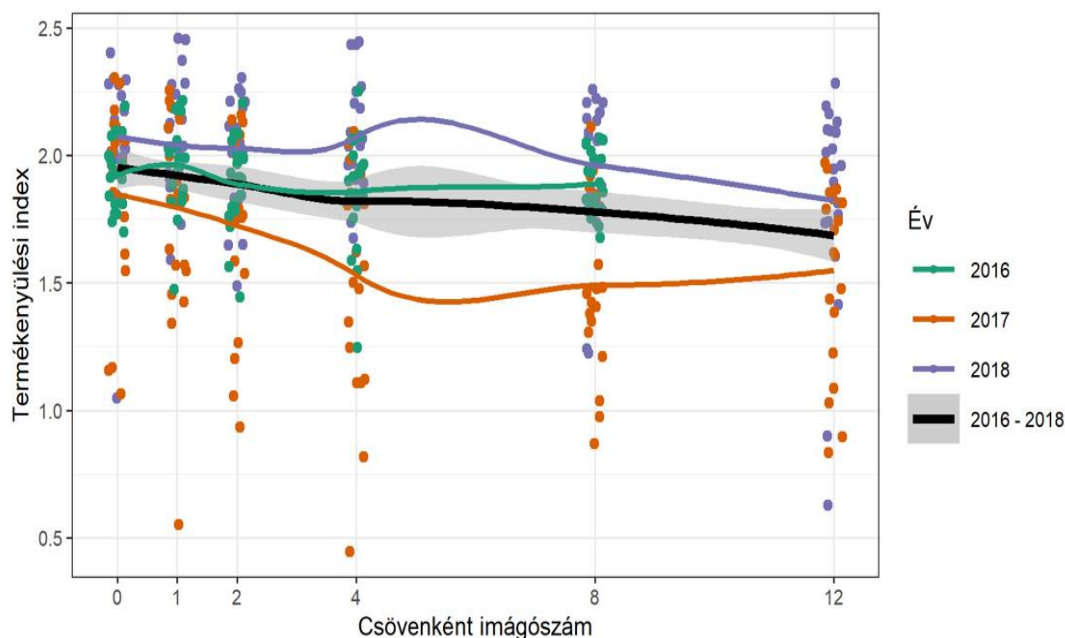
A kísérlet három évében az egyedszám háttérfertőzöttség mintázása során a természetes kukoricabogár imágó fertőzés (egyedszám) alacsony volt a kísérleti parcellákban a bibehányás időszakában. A bibehányás első hetében a kukoricabogár imágó ráhelyezései parcellában 2016-ban, 2017-ben és 2018-ban Pherocon AM csapdánként átlagosan $14,0 \pm 4,4$; $11,3 \pm 9,5$ és $7,0 \pm 2,0$ imágót fogtak hetente. Két héttel a bibehányás megkezdése után 2016-ban, 2017-ben és 2018-ban csapdánként átlagosan $22,3 \pm 6,1$; $15,0 \pm 1,7$ és $3,7 \pm 1,5$ imágó volt hetente.

A Suregold csemegekukorica hibridre mind a három vizsgálati évben a dús, sűrű bibe volt a jellemző. A bibék megjelenését követő harmadik napon érték el maximális hosszukat, ami 2016-ban, 2017-ben és 2018-ban: $95,0 \text{ mm} \pm 29,3 \text{ mm}$ (átlag \pm SD), $78,2 \text{ mm} \pm 13,7 \text{ mm}$ és $88,0 \text{ mm} \pm 18,4 \text{ mm}$ volt a kezeletlen izolátorhálóval nem fedett kontrollban. A legnagyobb maximális bibehosszt az izolátorhálóval fedett, kukoricabogár imágó nélküli csöveken detektáltuk, mindegyik vizsgálati évben. Az izolátorhálóval fedett csöveken ez a csúcshossz még $20,3 \pm 3,6 \text{ mm}$ -rel hosszabb volt. A bibehossz változás dinamikája hasonló típusú volt, egy rövidebb növekvő szakaszból és egy hosszabb csökkenőből állt. Ez az időbeli mintázat additív modellel (GAM) kimutatható volt a 9 napos vizsgálati idő alatt ($F = 254,3$; $df = 2,90$; $p < 0,001$). A bibeszálak hossza évenként is változott: 2016-ban szignifikánsan hosszabbak voltak, mint 2017-ben (átlagos különbség: $19,2 \text{ mm}$; $t = 21,36$; $df = 3053$; $p < 0,001$) és 2018-ban (átlagos különbség: $16,2 \text{ mm}$; $t = 18,11$; $df = 3053$; $p < 0,001$), 2017-ben pedig szignifikánsan rövidebbek voltak mint 2018-ban (átlagos különbség: $2,9 \text{ mm}$; $t = 3,45$; $df = 3053$; $p = 0,002$).

Az izolátorhálóval fedett bibéken a ráhelyezett kukoricabogár imágó általi kártétel volt megfigyelhető. Az imágóknak volt szignifikáns bibehossz csökkentő hatása, egy imágó általi átlagos csökkenés $1,7 \text{ mm}$ -re tehető ($t = -18,42$; $df = 3053$; $p < 0,001$; a modell korrigált R^2 értéke: $0,37$).

Az izolátorhálók használata egyik vizsgálati évben sem volt hatással a termékenyülési indexre, amikor összehasonlítottuk a 20-20 izolálatlan kontroll csövet és az izolátorhálóval fedett, de kukoricabogár imágóval nem fertőzött csövet. (2016: $t = -0,22$; $df = 38,0$; $p = 0,827$; 2017: $t = -1,25$; $df = 24,9$; $p = 0,224$; és 2018: $t = -0,66$; $df = 33,1$; $p = 0,513$). Azonban ez az index szignifikánsan különbözött az egyes vizsgálati években és szignifikáns csökkenés volt megfigyelhető a kukoricabogár imágók számának növelésével (1. ábra). Az évjárat és a kukorica bogár imágó interakciója nem volt hatással a kukorica cső

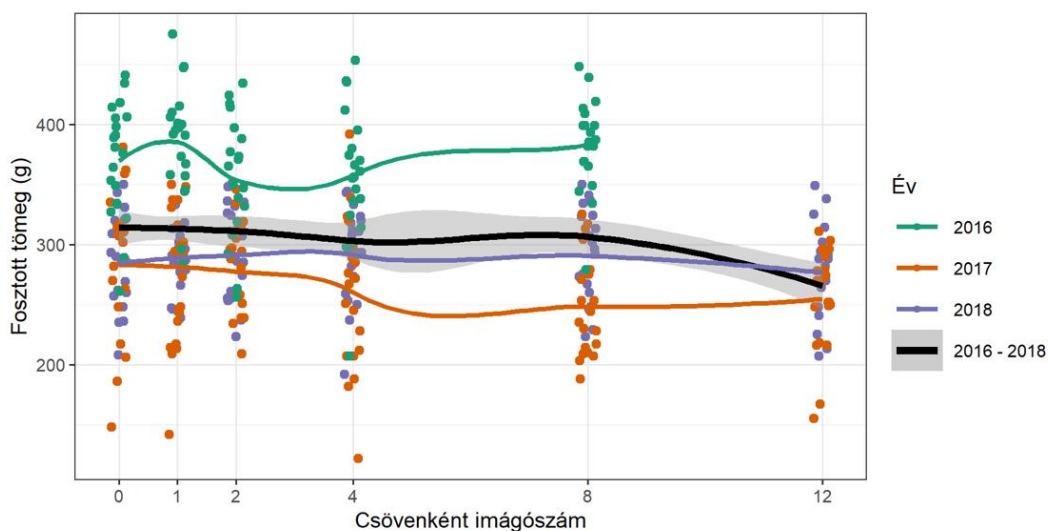
termékenyülésére ($F = 1,31$; számláló $df = 2$, nevező $df = 325,26$; $p = 0,272$). 2017-ben alacsonyabb indexértékeket kaptunk, mint 2016-ban ($t = 3,20$; $df = 9,64$; $p = 0,004$) és 2018-ban ($t = 5,15$; $df = 9,64$; $p < 0,001$), míg 2016-ban és 2018-ban nem különböztek a termékenyülési indexek ($t = 1,844$; $df = 9,64$; $p = 0,156$). Szignifikáns de enyhe csökkenés volt megfigyelhető a csövek termékenyülésénél, kukoricabogár imágóknként 1,04% (CI95%: 0,62% – 1,45%; $t = 4,91$; $df = 327,26$; $p < 0,001$; 1. ábra). Ugyanakkor az illetett modell korrigált R^2 értéke 0,29 volt, és a csövenkénti kukoricabogár imágók száma mindössze a termékenységi index variabilitásának 6%-áért volt felelős.



1. ábra: Izolált Suregold csemegekukorica csövek termékenyülési indexe 0-12 kukoricabogár imágó kezelés esetén, simított trendvonalakkal jelölve az egyes vizsgálati évekre (zöld, narancssárga és lila vonalak), valamint az összes évre együtt (fekete vonal, szürke konfidencia sávval) (Martonvásár, 2016-2018)

Az izolátorhálós fedett növényeken az izolátorháló egyik évben sem volt hatással a cső tömegére, amikor összehasonlítottuk a 20-20 izolálatlan kontroll csövet és az izolátorhálós fedett, de kukoricabogár imágóval nem fertőzött csövet (2016: $t = 0,28$, $df = 37,94$, $p = 0,781$; 2017: $t = -1,18$, $df = 31,29$, $p = 0,249$; és 2018: $t = -1,98$, $df = 35,32$, $p = 0,055$). Amikor kevert lineáris modellt illesztettünk az izolált csövek tömegére az év, kukoricabogár imágók száma és interakciójuk magyarázó változókkal, akkor az imágószám ($F = 1,48$, számláló $df = 1$, nevező $df = 325,01$, $p = 0,225$) és az említett interakció ($F = 2,73$, számláló $df = 2$, nevező $df = 325,01$,

$p = 0,067$) nem volt szignifikáns hatású, nem volt hatással a cső tömegére. Ugyanakkor a csövek átlagos tömege az évek között szignifikánsan változott ($F = 17,98$; számláló $df = 2$; nevező $df = 12,49$; $p < 0,001$; 2. ábra). A legnagyobb tömegű csöveket 2016-ban mértük (összehasonlítva 2017-es adatokkal: $t = -5,51$; $df = 12,72$; $p < 0,001$; és a 2018-as adatokkal: $t = -4,87$; $df = 12,72$; $p < 0,001$), viszont a kukoricacsövek hasonló tömegűek voltak 2017 és 2018-ban ($t = 0,65$; $df = 12,72$; $p = 0,792$). Ugyanakkor az illesztett modell R^2 értéke 0,55 volt, és a csövenkénti kukoricabogár imágók száma a tömegben tapasztalt variabilitás mindössze 4%-áért volt felelős.



2. ábra: Izolált Suregold csemegekukorica csövek fosztott tömege 0-12 kukoricabogár imágó kezelésben, simított trendvonalakkal jelölve az egyes vizsgálati évekre (zöld, narancssárga és lila vonalak), és az összes évre együtt (fekete vonal, szürke konfidencia sávval), (Mvásár, 2016-2018)

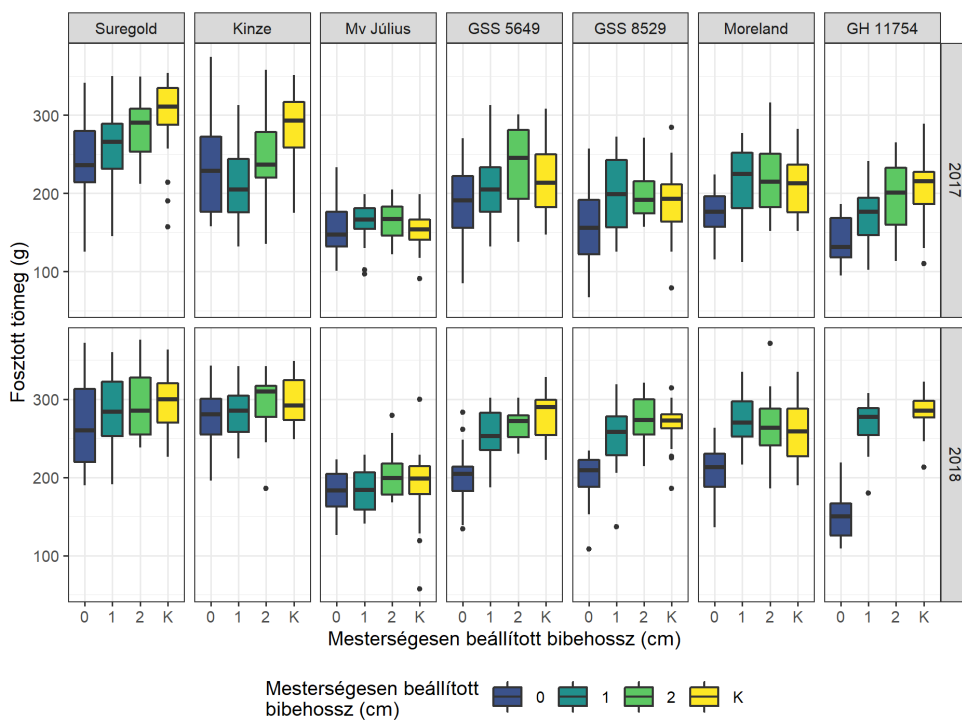
3.2. Bibe visszavágás kísérlet eredményei

A bibe visszavágás vizsgálat két évében 2017, 2018-ban a természetes kukoricabogár imágó fertőzés az egyedszám háttérfertőzés mintázása alapján alacsony volt a kísérleti parcellákban a bibe hányás időszakában.

A gyakorlati szempontból alacsony természetes fertőzésnek számító 3-23 imágó/csapda/hét Pherocon AM sárga ragacs lap csapda fogások, 0,25-0,5 kukoricabogár imágó/kukorica növény fertőzésnek felelnek meg (Bažok et al., 2011), így valószínűleg nem torzítja kísérletünk eredményeit. A természetes kukoricabogár fertőzöttség mellett a vizsgált csöveken mintegy 183 esetben (a vizsgált csövek 16%-án) gyapottok-bagolylepké kártétele volt megfigyelhető. A

gyapottok-bagolylepke jelenléte szignifikánsan különbözött a két vizsgált évben (2018-ban volt gyakoribb; $p < 0,001$), és a hibridek között ($p < 0,001$).

A két évben összesen 1096 cső fosztott tömegét mértük meg, a legalacsonyabb érték 56 g tömegű cső volt (MV Július, 2018, vágatlan kontroll), míg a legmagasabb ennek több mint hatszorosa 376g volt (Suregold, 2018, 2cm-re vágott). Hasonlóan változatos volt a számított termékenyülési index, ami a 0,06 – 3,69 tartományba esett (3. ábra).



3. ábra: A kukoricacsövek fosztott tömege a naponkénti bibe visszavágás (0-1-2 cm) függvényében a hét hibridben, K: kezeletlen kontroll (Martonvásár, 2017-2018)

A bibék visszavágásának ($p < 0,001$), a hibridnek ($p < 0,001$), az évjáratnak ($p < 0,001$) és e három változó páronkénti interakciójának is szignifikáns hatása volt a fosztott csőtömegekre (a visszavágás és az év interakciója esetén $p = 0,006$, a másik két esetben: $p < 0,001$). A regressziós modell R^2 értéke: 0,55. 2018-ban átlagosan 50 grammal nehezebbek voltak a fosztott csövek (CI95%: 43 – 58g), mint 2017-ben. A visszavágatlan kontrollhoz képest kisebb tömegű csöveket mértem mind a 0 cm-re ($p < 0,001$), mind az 1 cm-re visszavágott bibéjű ($p < 0,001$) csövek esetén. Ugyanakkor a 2 cm-re visszavágott bibéjű csövek fosztott tömege nem különbözött

a kontroll csövek átlagától ($p = 0,688$). A 0-cm-re visszavágott bibéjű csövekhez képest az 1 cm-re és 2 cm-re visszavágottak esetén nagyobb volt a fosztott csőtömeg ($p < 0,001$, mindkét esetben), míg az 1cm-re és 2 cm-re visszavágott bibéjű csövek nem különböztek ($p = 0,187$). A bibék 1 és 2 cm-re történő visszavágása nem eredményezett jelentős csőtömeg csökkenést a két vizsgálati év egyikében sem. A 0 cm-re történő visszavágás a kedvezőtlen (száraz) időjárási viszonyok között eredményezett szignifikáns csőtömeg csökkenést.

A vizsgált hét hibrid esetén különböző fosztott tömegű csöveket mértem ($p < 0,001$), a páronkénti összehasonlításokban csak a Kinze – Suregold ($p = 0,184$), GSS 8529 - GSS 5649 ($p = 0,050$), Moreland - GSS 5649 ($p = 0,986$), Moreland - GSS 8529 ($p = 0,310$) és GH 11754 - GSS 8529 ($p = 0,587$) párok nem különböztek egymástól, a többi esetben $p < 0,001$, kivéve: GH 11754 – Moreland ($p = 0,004$).

Termékenyülési index alakulása:

A bibék visszavágásának, a hibridnek, az évjáratnak és e három változó páronkénti interakciójának is szignifikáns hatása volt a termékenyülési indexre ($p < 0,001$, mindegyik esetben). Az illesztett modell R^2 értéke 0,582 volt. Ez az index 2018-ban nagyobb volt (CI95%: 0,32 – 0,45). A visszavágatlan kontrollhoz képest kisebb volt a termékenyülési index mind a 0 cm-re ($p < 0,001$), mind az 1 cm-re visszavágott bibéjű ($p < 0,001$) csövek esetén. Ugyanakkor a 2 cm-re visszavágott bibéjű csövek termékenységi indexe nem különbözött a kontroll csövektől ($p = 0,300$). A 0-cm-re visszavágott bibéjű csövekhez képest az 1 cm-re és 2 cm-re visszavágottak esetén nagyobb volt a termékenyülési index ($p < 0,001$, mindkét esetben), míg az 1 cm-re és 2 cm-re visszavágott bibéjű csövek nem különböztek ($p = 0,367$).

A hibridek páronkénti összehasonlításakor megállapítottam termékenyülési index tekintetében, hogy nem különbözött egymástól a GSS 8529 – Suregold ($p = 0,948$), GSS 5649 – Kinze ($p = 0,884$), GSS 8529 – Kinze ($p = 0,423$) és GH 11754 - Mv Július ($p = 0,936$). A többi esetben különböztek a hibridek ($p < 0,001$, kivéve: Kinze - Suregold ($p = 0,042$) és SS 8529 - GSS 5649 ($p = 0,023$)).

Suregold: 2017-ben (száraz évjárat, kevesebb csapadék) nem volt jelentős terméskülönbség a vágatlan (kezeletlen kontroll) és az 1 és 2 cm-re visszavágott növények között. A 0 cm-re visszavágott bibéjű növények azonban hasonló termésnövekedést eredményeztek, mint a 8-12 kukoricabogár imágó/cső fertőzöttségi szintnél. 2018-ban a kedvezőbb időjárási viszonyok miatt nem volt jelentős különbség a kezelések között (vágás vagy WCR imágó sűrűség).

Kinze: 2017-ben a 0 és 1 cm-re bibe visszavágások jelentős termés csökkenést eredményeztek, míg 2018-ban (kedvezőbb időjárási viszonyok) nem volt terméskülönbség a kezelések között.

MV Július: Nem volt szignifikáns különbség a MV Július csemegekukorica cső hozamaiban az eltérő kezeléseknél egyik kísérleti évben sem.

Moreland: A 0 centiméterig történő bibe visszavágás jelentős hozamcsökkenést eredményezett mindkét évben.

Ugyanez a választreakció volt megfigyelhető a GSS5649, GSS8629 és GH11754 csemegekukorica hibrideknél is. Utóbbi esetében a korai szárazság hatására a gyenge kelés nem tette lehetővé az adatgyűjtést 2018-as évben a 2 centiméterig történő kezelésnél.

Fontos megjegyezni, hogy a tenyésztési időszak alatt az időjárási viszonyok jelentős hatással voltak a terméshozamokra, mely különösen fontos a bibehányás időszakában minden hibrid esetén.

A kontrollhoz viszonyított csőtömegcsökkenésre és termékenyülési indexre is illesztettünk lineáris modelleket, hogy összehasonlítsuk az egyes hibridek különböző válaszait a visszavágásra.

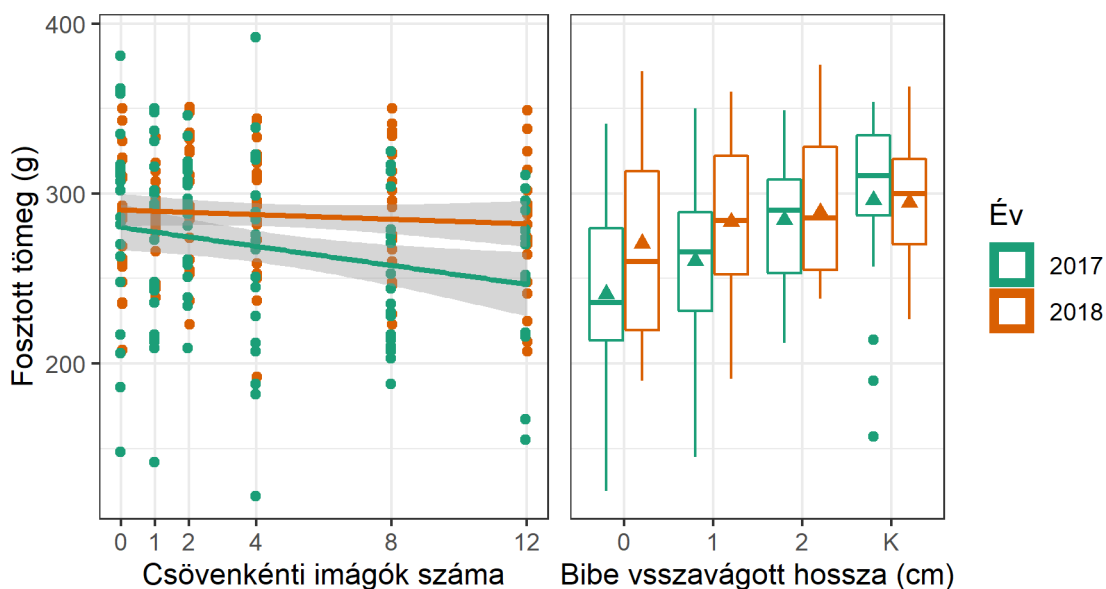
A fosztott csőtömeg esetén a vizsgált csemegekukorica hibrideknél a bibeszálak 0 cm-re történő visszavágása kisebb csökkenést okozott az Mv Július hibridben, mint a többiben, illetve a GH 11745 hibridben nagyobb csökkenést okozott, mint a többiben. Az 1cm-re visszavágott bibéjű csöveknél a Moreland csőtömege kevésbé csökkent, mint a Suregold, Kinze és a GH 11745 csőtömege. A 2cm-re visszavágott csöveknél a Kinze különbözött az Mv Július, GSS 5649, GSS 8529 és Moreland hibridektől.

A termékenyülési index esetén a vizsgált csemegekukorica hibrideknél a 0 cm-re visszavágott bibeszálak a fosztott csőtömegcsökkenéshez hasonlóan kisebb csökkenést okozott az Mv Július hibridben, mint a többiben, illetve a GH 11745 hibridben nagyobb csökkenést okozott, mint a többiben. Az 1cm-re visszavágott bibéjű csöveknél a Suregold, Kinze és a GH 11745 hibridek termékenységi indexe jobban csökkent, mint a másik négy hibridé. A 2cm-re visszavágott csöveknél a GH 11745 különbözött az Mv Július, GSS 5649 és GSS 8529 hibridektől.

3.3 Kukoricabogár imágó ráhelyezéssel és bibe visszavágás kísérleti eredmények összevetése

A Suregold csemegekukorica hibrid termésválasza a különböző kezelésszámú kukoricabogár imágó fertőzés esetén azt az eredményt mutatta, hogy a hibrid csövenként 8-12 imágó bibekárosítását is tolerálta.

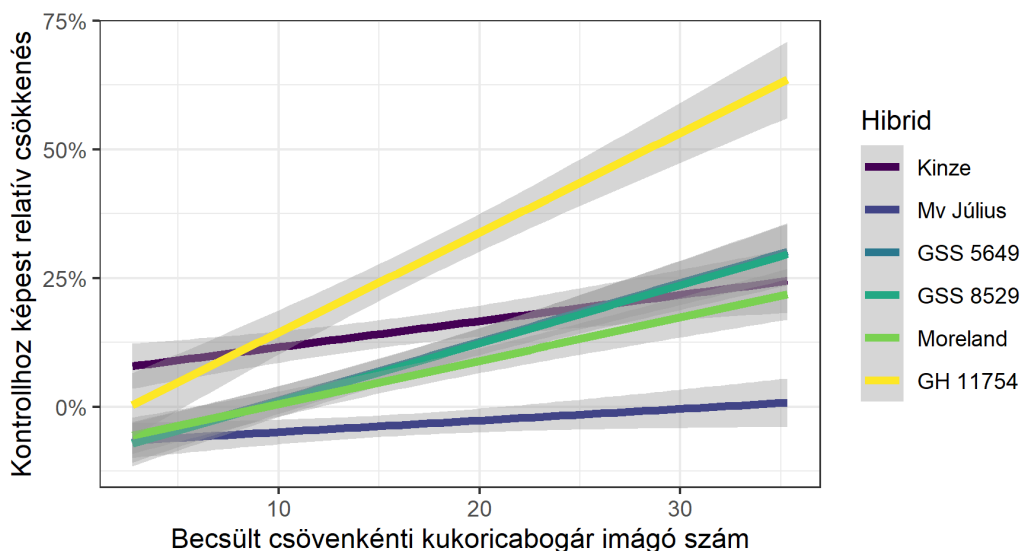
A Suregold hibridben végeztünk kukoricabogár imágó ráhelyezés és bibe visszavágásos kísérletet (lásd 3.1 és 3.2 fejezetek). A két vizsgálat eredményeinek összevetése lehetőséget adott arra, hogy megbecsüljük, hogy a 0, 1, és 2 cm-re visszavágott bibék mekkora kukoricabogár imágósűrűségnek (db / cső) feleltethető meg (4. ábra). Az egyszerűség kedvéért a csövenkénti imágók száma és a fosztott csőtömeg, illetve a termékenyülési index közötti kapcsolatot lineárisnak tételeztük fel, és így extrapoláltuk az egyes visszavágási szintekhez tartozó átlagos fosztott csőtömeghez és termékenyülési indexhez tartozó imágószámot. A fosztott csőtömeg alapján a 0 cm-re visszavágott bibe átlagosan 27,6 csövenkénti imágó károsításának, az 1 cm-re visszavágott bibe 14,8 imágóénak, és a 2cm-re visszavágott bibe pedig 6,4 imágóénak felel meg. A termékenyülési index alapján ezek az értékek hasonlóan alakultak: 0 cm-re visszavágott esetén 26,2, 1 cm-re visszavágott esetén 12,8 és 2 cm-re visszavágott esetén 3,8 csövenkénti imágó.



4. ábra: Suregold csemegekukorica hibrid csőtömegének korrelációja kukoricabogár imágó kártétellel (bal oldali diagramm) és mesterséges bibe visszavágással (jobb oldali diagramm); a 0, 1 és 2 cm-re vágott, valamint a vágatlan (kezeletlen kontroll, K) bibéjű csövek adatai (Martonvásár, 2017-2018)

Mind a tizenkét becsült kukoricabogár imágó sűrűséget felhasználva megvizsgálhatjuk a hibridek általános érzékenységét a kukoricabogár imágók kártételére. A pontokra illesztett egyenesek annál meredekebbek, minél érzékenyebb egy hibrid (5. ábra). Azaz a legkevésbé érzékeny hibridnek az Mv

Júliust becsültük, majd a Kinze hibridet. A Moreland a GSS 5649 és GSS 8529, nagyon hasonló lefutást mutat, míg a GH 11754 hibridet becsültük a kukoricabogár imágókártételére a legérzékenyebbnek.



5. ábra: A vágatlan kontrollhoz képest tapasztalt csökkenés a fosztott csőtömegben és a termékenyülési indexben a különböző becsült kukoricabogár sűrűségeknél. Az imágósűrűségeket a Suregold hibridben végzett vizsgálatok alapján becsültük (Martonvásár, 2017-2018)

3.4. Kukoricabogár imágó ráhelyezési kísérlet eredményeinek megvitatása

A kukoricabogár imágó ráhelyezési kísérletünkben három évig vizsgáltuk a kukoricabogár imágók által okozott lehetséges biberágás károsodást a Suregold csemegekukorica hibriden. Ezeknél a kísérleteknél kulcsfontosságú volt, hogy a csöveket a bibehányás előtt izolátorhálójával fedjük le, majd a hálójával fedett csőre az egyes kezeléseknél meghatározott kukoricabogár imágó egyedszámot helyezzünk (Culy, Edwards és Cornelius, 1992; Tuska et al., 2002), mivel a kukoricabogár imágó károsítás előtti beporzás torzíthatja a kísérleti hatásokat. Ebben a vizsgálatban a kukoricabogár imágókat a kukorica vegetatív szakaszából generatív szakaszába történő fenológiában, azaz a bibehányás előtt helyeztük el. Így sikeresen ki tudtuk zárni a korai beporzás esetleges hatását.

A maximális bibe-hossz évenként változott az eltérő időjárási hatásoknak köszönhetően. Fuad-Hassan, Tardieu és Turc (2008) jól öntözött és enyhe-közepes talajvízhiánynak kitett növények bibe-növekedését vizsgálták. Megállapították, hogy az enyhe-közepes talajvízhiány csökkentette a bibe-növekedés nagyságát és

megnövelte a bibenövekedés időtartamát, ami nem kompenzálta teljesen a bibenövekedést.

A kukoricacsőre helyezett izolátorhálók a bibe hosszát is befolyásolták, ami összhangban van Tuska et al., (2002) eredményeivel, akik megállapították, hogy a bibék izolálása akadályt jelenthetett a beporzásban, és a bibe hosszának növekedéséhez vezetett. Az izolátorhálóval történő kukoricacső lefedése azonban nem befolyásolta a számított termékenységi indexet vagy a csutkatömeget. Ezek alapján kijelenthető, hogy a fátyolhálós izolálás alkalmas a kukoricabogár imágó bibe fogyasztás károsodásának vizsgálatára, még akkor is, ha a mikroklimatikus viszonyokat és a bibenövekedést befolyásolják.

Vizsgálatunkban a számított termékenységi index enyhén csökkent a magasabb kukoricabogár imágó fertőzöttségi szinteknél. Ez az általános csökkenés összhangban van Tuska et al., (2002) eredményeivel. Vetőmagkukoricánál, illetve a nem öntözött árukukoricánál a meghatározott kukoricabogár imágó károsítási küszöbértékek sokkal alacsonyabbak, mint a csemegekukoricában megállapított kukoricabogár imágók kárküszöb szintjei, amelyek enyhe termékenyülés csökkenést okoztak a csemegekukoricában (Tuska et al., 2002, Kiss szóbeli közlés). A vizsgált biberágás még 12 kukoricabogár imágó/kukoricacső esetén sem vezetett szignifikáns csőtömeg-csökkenéshez, míg bizonyos körülmények között jóval alacsonyabb kukoricabogár imágó egyedszám (vetőmagkukorica előállításban csövenként 1-3 kukoricabogár imágó, míg szemes kukoricában 4-6 kukoricabogár imágó csövenként; Tuska et al., 2002; Tuska, Edwards és Kiss, 2003) befolyásolhatja a termés mennyiséget és a minőséget. Leggyakrabban a gazdasági károkat okozó kártevő-sűrűség (m²-re vagy ha-ra jutó) alacsonyabb a magasabban jövedelmező, intenzív termesztésű növényeknél .

Eredményeink azonban az ellenkezőjét mutatják a csemegekukoricánál, mint a szemes kukorica esetén, a csemegekukorica biberegenerálódása és a megnövekedett megtermékenyülési valószínűség miatt. A vizsgált évek közül a 2017-es száraz körülmények negatívan befolyásolták a biberegenerációt a kukoricabogár imágó károsítás után, illetve negatívan hatott a termékenyülésre és a terméshozamra is. Ez összhangban van Schoper et al., (1986) eredményeivel. Habár a száraz körülmények kevésbé befolyásolták a termékenyülést a vetőmag és a szemes kukorica esetén, a genetikai különbségek azonban eltérő reakciókhoz vezethetnek a kukoricahibridek között (Abel et al., 2000; Ivezic et al., 2006). Mivel a kísérletben csak egy csemegekukorica hibridet vizsgáltunk a genetikai különbségek hatását még vizsgálni kell a növények különböző kukoricabogár imágó populációira adott válaszreakcióira.

3.5. Bibevisszavágás kísérlet eredményeinek megvitatása

A kétéves vizsgálatot nem öntözött csemegekukorica táblán végeztük hét különböző csemegekukorica hibriden. Alacsony kukoricabogár imágó populáció volt a vizsgált területen a bibehányás időszakában mindkét évben. A bibék megjelenése után a bibe visszavágását végeztük a csuhélevél csúcsi része felett 0, 1, 2 cm-rel, hogy szimuláljuk a különböző kukoricabogár imágó fertőzési szinteket, illetve az általuk okozott bibevisszarágást. A kezeletlen kontroll növények bibehosszát naponta mértük a bibék beszáradásáig.

Mivel csemegekukorica betakarításkori minőségi követelményei jóval magasabbak a szemes kukoricához képest, ezért a minőséget közvetlenül vagy közvetve befolyásoló különféle kártevőkre cselekvési küszöbértékek megállapítása szükséges.

A vetőmagkukoricában, illetve a nem öntözött szemes kukoricára meghatározott kukoricabogár imágó kártételi küszöbértékek jóval alacsonyabbak voltak (Tuska et al., 2002; Tuska, Edwards és Kiss, 2003), mint a csemegekukorica vizsgálatunkban tapasztalt, kukoricabogár imágó kezelések által okozott enyhe termékenyülési visszaesés. Továbbá, a megfigyelt bibekárosítás még 12 kukoricabogár imágó/cső esetén sem vezetett szignifikáns csőtömeg csökkenéshez a csemegekukorica kísérletünkben, azonban bizonyos körülmények között jóval alacsonyabb kukoricabogár imágó kezelés (vetőmagkukoricában csővenként 1-3 imágó, szemes kukoricában csővenként 4-6 imágó; Tuska et al., 2002, 2003) befolyásolhatja a szemtermést és a minőséget. Leggyakrabban a kártevők elleni védekezési küszöbértékek és a gazdálkodók kockázattűrési szintje alacsonyabbak az értékesebb, intenzív kultúráknál. Kísérleti eredményeink csemegekukorica esetén azonban az ellenkezőjét mutatják a szemes kukoricánál tapasztalt kártételi küszöbértékkel szemben, valószínűsíthetően a csemegekukorica biberegenerálódása és a jobb termékenyülés miatt.

A vizsgált évek közül a 2017-es száraz időjárási körülmények negatívan befolyásolták a biberegenerációt a kukoricaimágó károsítás után, és negatívan hatott a termékenyülésre, illetve a termés hozamra. Ezen megfigyeléseink összhangban vannak Schoper et al., (1986) kutatási eredményeivel. Csemegekukorica esetén azonban a száraz, nem optimális időjárási körülmények kevésbé befolyásolták a termékenyülést, mint egyes korábbi kísérleti eredmények mutatták vetőmagkukoricánál, illetve szemes kukoricánál. Mivel a csemegekukoricát többnyire öntözéssel termesztik, a száraz időjárási

körülményeket öntözéssel kompenzálják. Eredményeinket valószínűsítik, hogy az öntözés időzítése hozzájárulhat a bibekárosítás következményeinek csökkentéséhez, és ezáltal csökkentheti a termékenyülés során az inszekticidek kijuttatását. Ezen túlmenően, ha biológiai védekezési megoldásokat használunk a bibehányás időszakban, a kukoricabogár imágó biberágásával szembeni hibrid toleranciához kapcsolódó kukoricabogár kártételi küszöb ismerete segít a gazdálkodóknak a kémiai rovarölő-szerek alkalmazásának csökkentésében.

A genetikai különbségek (hibridek) azonban eltérő reakciókhoz vezethetnek, így a kukoricahibridek eltérően tolerálhatják a kukoricabogár kártételét. (Abel et al., 2000; Ivezic et al., 2006). Ezért előfordulhat, hogy a különböző hibridek termésveszteség-reakciójára vonatkozó információkat a kukoricabogárra adott regionális és/vagy helyi feltételek mellett fajtavizsgálatokkal vagy demonstrációs kísérletekkel együtt kell elvégezni.

3.6. Kárküszöb érték elemzés

A Suregold csemegekukorica hibridnél még magas (8 imágó/cső) kukoricabogár imágósűrűség sem okozott olyan bibeszál csökkenést ami szignifikáns termékenység- és csőtömeg csökkenést eredményezne. Ezért ennél a csemegekukorica hibridnél nincs szükség beavatkozásra, így rovarölőszeres kezelésre 8 kukoricabogár imágó/cső alatti sűrűség esetén, kivéve ha más kártevők jelenléte veszélyezteti a termést, illetve szeretnénk a kukoricabogár nőstény tojásrakását csökkenteni, a jövő évi kukorica területünkön, ugyanakkor ennek a kezelésnek az ideje eltérhet a bibehányás időpontjától. Ezen túlmenően eredményeink jelzik az integrált növényvédelem keretében a kukoricabogár imágóira vonatkozó gazdasági kárküszöbök kialakítását kukoricában.

A mesterséges kukoricabogár bibefogyasztás (bibe visszavágás) eltérő reakciókat eredményezett a vizsgált csemegekukorica hibridek között. Meglepő módon az 1 cm-es bibe visszavágás mérsékelt termés csökkenést eredményezett. Jelentős termés csökkenést csak 0 cm-es bibe visszavágásnál mértünk.

4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Három éves kukoricabogár imágó ráhelyezéssel, illetve két éves bibe visszavágás kísérletünkben kapott eredmények alapján az alábbi megállapításokat teszem a vizsgált hét csemegekukorica hibridre magyarországi körülmények tekintetében:

- Megállapítottam, hogy 8 imágó/cső fertőzöttségi szint alatt a csemegekukoricában nem indokolt a védekezés kukoricabogár imágó ellen, melyet bibe vizsgálat, bibe hossz mérés, fosztott csőtömeg mérés, termékenyülési index számítással igazoltam.
- Alacsony (8 imágó/cső) kukoricabogár imágó bibe károsítását a csemegekukorica hibridek mennyiségi és minőségi veszteség nélkül is képesek kompenzálni.
- Az eltérő időjárási viszonyok (extrém szárazság, öntözés hiánya vagy csapadékos időjárás) az egyes években hatással vannak a kukoricabogár imágó kártétel mértékére csemegekukoricában.
- A vizsgált csemegekukorica hibridek eltérően reagáltak a bibe visszavágással szimulált kukoricabogár imágó bibe károsítására. Az egyes hibridek esetén más volt a regenerációs válaszuk, valamint a termés mennyiségére és minőségére is eltérően hatott a bibe különböző mértékű károsításai.
- Kísérletem hozzájárult a környezet terhelését csökkentő integrált növényvédelem fejlesztéséhez.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Megállapítottam, hogy kukoricabogár imágó ellen csemegekukoricában 8 imágó/cső károsítás alatt nem szükséges védekezni, mivel ez az érték alatta van a kárküszöbnek, kivéve ha más kártevők jelenléte veszélyezteti a termést, illetve szeretnénk a kukoricabogár nőtény tojásrakását csökkenteni a jövő évi kukorica területünkön. Kísérletünkben a termékenységi index enyhe csökkenést mutatott a magasabb kukoricabogár imágó fertőzöttségi szinteknél, azonban a vizsgált biberágás még 12 kukoricabogár imágó/kukoricacső esetén sem vezetett szignifikáns csőtömeg csökkenéshez. A száraz évjáratati hatások negatívan befolyásolták a kukoricabogár imágó károsítás utáni biberegenerációt, illetve negatívan hatnak a megtermékenyülésre és a termés hozamra is.

A mesterséges kukoricabogár bibefogyasztás (bibe visszavágás) különböző reakciókat mutatott a vizsgált csemegekukorica hibridek alapján. Az 1 cm-es bibe visszavágás mérsékelt termés csökkenést eredményezett. Jelentős termés csökkenést csak 0 cm-es bibe visszavágásnál mértünk. Így a kukoricabogár imágó kártételi küszöbről elmondható, hogy csak nagymértékű fertőzöttség esetén indokolt a rovarölő-szeres védekezés csemegekukoricában. Továbbá elmondható, hogy az egyes csemegekukorica hibridek másként reagáltak a bibe károsításra, mind regenerálódás, mind a termés minőségi és mennyiségi tekintetében.

Kukoricabogár imágószám csökkenés következő évi lárvakár csökkentése érdekében:

Vizsgálati eredményeink alapján kijelenthető, hogy csemegekukoricában 8 imágó/cső fertőzési szint alatt nem szükséges védekezni. Természetesen védekezési stratégiánk meghozatalakor hatással lehetnek egyéb befolyásoló tényezők is. Ha ugyanazon a táblán tervezünk kukoricát vagy csemegekukoricát termesztetni (monokultúra) a következő évben, akkor célszerű megfontolnunk, hogy akár a 8 db kukoricabogár imágó/cső fertőzöttségi szint alatti védekezést is, mivel ez hatással lehet a jövő évi kukoricabogár lárva fertőzöttség mértékére, ezáltal valószínűsíthetően a következő évi lárvakártételt is csökkenteni fogja. Az adott évben, adott helyszínen, adott növényfenológiában (bibe hányás kezdetén) kell monitorozni, hogy milyen mértékű a tojásrakásra érett nőtény így a megduzzadt nyújtott potrohú egyed, mivel így a védekezésünkkel csökkentjük a tojásrakást.

Kukoricabogár imágó egyedszám csökkentés tágabb „area wide” IPM megközelítés:

Döntéshozatalunkkor figyelembe kell venni nagyban meghatározó és figyelembe kell venni, hogy mit szeretnénk termelni a következő évben. Ha vetésforgónkban

kukorica nem kukoricát követ, attól függetlenül a kukoricabogár imágók számának gyérítése hatással lehet a tágabb értelemben vett „area wide” (térségi szintű) IPM megközelítésre. Az imágók egy része nem marad az adott táblán az adott évben, hanem átmigrál más kukorica területekre ahol lerakja tojásait, mely hatására a következő évi fertőzések már sok esetben még nagyobb területen figyelhetőek meg. Ez azt jelenti, hogy az adott évi imágó populáció adott táblán szélesebb körre is kihatással lehet, mely szélesebb „area wide” kontextusban igényli a IPM védekezés döntésének meghozatalát.

Kukoricabogár imágószám csökkentési stratégia:

Több lehetőség is van a IPM alapelveket figyelembe véve. Kémiai növényvédőszeres védekezés esetén, kézenfekvő növényvédelmi megoldás lehet a különböző piretroidok használata, amely a csemegekukoricában egyelőre a legelterjedtebb védekezési módszer. Ha csökkenteni szeretném a kukoricabogár imágószámot, gyapottok bagolylepke, kukoricamoly, vagy egyéb más herbivore populációt csemegekukoricában, akkor a piretroid típusú növényvédőszer jó megoldást adhatnak, természetesen az élelmezés-egészségügyi, munkaegészségügyi várakozási idő betartásával. Gyapottok bagolylepke, és/vagy a kukoricamoly ellen alkalmazott biológiai védekezés pl. Bt preparátum nem lesz hatással a kukoricabogár imágókra. Trichogramma petefürkész parazitoiddal is védekezhünk gyapottok bagolylepke, illetve kukoricamoly ellen.

Információn alapuló döntés:

Kiemelt fontosságú a farm/gazdaság teljes monitorozása, tábla szintű, lehetőségek szerint táblán belüli adatok generálásával. Fontos tudnunk, hogy be kell-e már avatkozni a kártevők ellen a területen, gazdaságilag már indokolt vagy a gazdasági küszöbszintet még nem érte el a fertőzés. Ha szükséges a beavatkozás akkor érdemes döntés támogatási rendszereket is igénybe venni, hogy kell-e a tábla teljes területén a védekezés vagy akár elegendő célzottan egyes táblarészeket kezelni.

Integrált növényvédelmi beavatkozási döntéshozatal:

Növényvédelmi tervezésnél, beavatkozásoknál figyelembe kell vennünk az észlelési küszöbértéket, ezt követően a beavatkozási küszöbértéket – mint költségoldalát a beavatkozásnak – és végül a gazdasági küszöbértéket. Ezek alapján hozom meg a döntést a kezelés szükségességéről, módjáról, a termés minőségi és mennyiségi veszteségei elkerülése érdekében. Változó, kiszámíthatatlan gazdasági körülmények (költségek, piaci ár) mellett ezen küszöbértékek mint szempontok érvényesek, de csak konkrét árak ismeretében tudjuk őket alkalmazni. Jelenlegi gazdasági viszonyok mellett ez azonban csak nagy hibahatárral becsülhető.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- ABENDROTH, L. J., ELMORE, R.W., BOYER, M. J., MARLAY, S. K. (2011): Corn growth and development. Iowa State Univ. Extension Publication, PMR-1009.
- BARNA, GY., EDWARDS, C.R, KISS, J., GERBER, C., BLEDSOE, W. (1999): Study of Behavioral Change of Western Corn Rootworm Beetle by Crop and Sex in Maize and So bean Fields in Northwestern Indiana, USA. Acta Phyt. et Ent Hung 34 (4): 393–402 p.
- BARZMAN, M., BARBERI, P., BIRCH, A.N.E., BOONEKAMP, P., DACHBRODT-SAAAYDEH, S., GRAF, B., HOMMEL, B., JENSEN, J.E., KISS, J., et al. (2015): Eight principles of integrated pest management. Agron. Sustain. Dev. 35, 1199–1215 p.
- BAŽOK, 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. CRC 39(2): 298–305 p.
- BAŽOK, R., LEMIĆ, D., CHIARINNI, F. & FURLAN, L. (2021): Western Corn Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) in Europe: Current Status and Sustainable Pest Management. Insects 12: 195 p.
- BEDINGER, P. (1992): The remarkable biology of pollen. Plant Cell 4 (8), 879–887 p. [https:// doi.org/10.1105/tpc.4.8.879](https://doi.org/10.1105/tpc.4.8.879) p.
- CAPINERA, J.L., EPSKY, N.D., THOMPSON, D.C. (1986): Effects of adult western corn rootworm (Coleoptera: chrysomelidae) ear feeding on irrigated field corn in Colorado. J. Econ. Entomol. 79 (6), 1609–1612 p. <https://doi.org/10.1093/jee/79.6.1609>.
- CULY, M.D., EDWARDS, C.R., CORNELIUS, J.R. (1992): Effect of silk feeding by western corn rootworm (Coleoptera, Chrysomelidae) on yield and quality of inbred corn in seed corn production fields. J. Econ. Entomol. 85 (6), 2440–2446 p.
- EDWARDS, C.R., KISS, J. (2012): Western corn rootworm distribution maps. URL. [http://e xtension.entm.purdue.edu/wcr/](http://extension.entm.purdue.edu/wcr/). (Accessed May 2020)
- FONSECA, A. E., WESTGATE, M. E. (2004): Relationship between desiccation and viability of maize pollen. Iowa State Univ. Field Crops Research, 4463: 1-12 p.
- FUAD-HASSAN, A., TARDIEU, F., TURC, O. (2008): Drought-induced changes in anthesis-silking interval are related to silk expansion: a spatio-temporal growth analysis in maize plants subjected to soil water deficit. Plant Cell Environ. 31, 1349–1360 p.

- GUIDANCE ON THE AGRONOMIC AND PHENOTYPIC CHARACTERISATION OF GENETICALLY MODIFIED PLANTS (2015): European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy. EFSA Journal 2015;13(6):4128.
- GYERAJ, A., SZALAI, M., PÁLINKÁS, Z., EDWARDS, C. R. & KISS, J. (2021): Effects of adult western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, Coleoptera: Chrysomelidae) silk feeding on yield parameters of sweet maize. Crop protection Vol. 140, 105447.
- GYERAJ, A., PÁLINKÁS, Z., KÖRÖSI, K., ZALAI, M., PERCZEL, M., KISS, J. (2019): A csemegekukorica integrált védelme. Növényvédelem 80 [N.S. 55]: 2. 49-75 p.
- KISS, J. (2017): Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte). Agrofórum 72. Extra p. 90-94 p.
- KISS, J., KOMÁROMI J. (2007): Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) biológiája. A kukoricabogár terjedése és a védekezés módszerei, Magyar Tudományos Akadémia, Mezőgazdasági Kutatóintézete, Martonvásár (2007.) 6-7.p.
- KISS, J., ZANKER, A., EKE, I. (2017): Az integrált növényvédelem nyolc alapelve. Növényvédelem 2017, 78 (53): 10. 429-453 p.
- LEVAY, N., TERPO, I., KISS, J., TOEPFER, S. (2015): Quantifying inter-field movements of the western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) – a Central European field study. Cereal Res. Commun. 43, 155–165 p.
- PRINZINGER, G. (1996): Monitoring of western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) in Hungary 1995. IWGO Newsletter, 16, 7-11.
- R CORE TEAM (2019): R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL. <https://www.R-project.org/>.
- SCHOPER, J.B., LAMBERT, R.J., VASILAS, B.L., WESTGATE, M.E. (1986): Plant factors controlling seed set in maize. The influence of silk, pollen and ear-leaf water status and tassel heat treatment at pollination. Plant Physiol. 83, 121–125 p.
- TUSKA, T., KISS, J., EDWARDS, C.R., SZABÓ, Z., ONDRUSZ, I., MISKUCZA, P., GARAI, A. (2002): Determination of economic threshold for silk feeding by western corn rootworm (*Diabrotica v. v.* LeConte) adults in seed corn. (in Hung.) Növényvédelem 38 (10), 505–511 p.
- TUSKA, T., EDWARDS, C.R., KISS, J. (2003): Establishing economic thresholds for silk feeding by western corn rootworm adults in commercial corn. IWGO Newsletter XXIV, 1-2. 9 p.
- ZHOU, L., JURANI, M., DRESSSELHAUS, T. (2017): Germline development and fertilization mechanisms in maize. Mol. Plant 10, 389–401 p.

TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK JEGYZÉKE

Az értekezés témaköréhez kapcsolódó publikációk

Idegen nyelvű lektorált tudományos közlemények

A. Gyeraj, M. Szalai, Z. Pálinkás, C. R. Edwards, J. Kiss (2022): Sweet maize hybrids' yield response to adult Western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, col.: Chrysomelidae) silk feeding and IPM implications thereof. *North – Western Journal of Zoology*. **IF 0,969** (in press).

Gyeraj, A., Szalai, M., Pálinkás, Z., Edwards, C. R. & Kiss, J. (2021): Effects of adult western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, Coleoptera: Chrysomelidae) silk feeding on yield parameters of sweet maize. *Crop protection* Vol. 140, 105447. **IF. 2,571.**

Magyar nyelvű lektorált tudományos közlemények

Gyeraj A., Pálinkás Z., Körösi K., Zalai M., Perczel M. és Kiss J. (2019): A csemegekukorica integrált védelméne. *Növényvédelem* 80 (55)2. P. 49-75.

Gyeraj A., Szalai M., Pálinkás Z. és Kiss J. (2017): Okozhat-e termésvesztést az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, Coleoptera, Chrysomelidae) imágó biberágása csemegekukoricában? *Növényvédelem* 78 (53)11. p. 485-490

Nem lektorált szakmai folyóirat cikk:

Gyeraj A., Szalai M., Pálinkás Z., Kiss J., Perczel M., Alvarez Erazo P., Boncz J., Majer K. (2018): Az amerikai kukoricabogár imágók bibekártétele csemegekukoricában. *Agrofórum* 2018 március p. 104-107.

Magyar és nemzetközi konferenciákon tartott előadások/poszterek absztrakt kötetben:

A. Gyeraj, M. Szalai, Z. Pálinkás, F. E. Sári-Barnác, J. Kiss (2019): Do we need to worry about WCR adult silk clipping in sweet maize? Abstract of 27th IWGO Conference 14-17 October 2019, Engelberg, Switzerland 81 p.

Kiss J., Gyeraj A. (2018): Economic Thresholds in an IPM context: The case of Western Corn Rootworm (WCR, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) in maize. Institute of Agricultural and Environmental Sciences Estonian University of Life Sciences 11. December 2018. Tartu, Estonia.

A. Gyeraj., M. Szalai, Z. Pálinkás, J. Kiss (2018): Does the silk clipping by Western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) adults lead to yield and quality loss in sweet maize: Results of two years field study from

- Hungary. Abstract of the XI. European Congress of Entomology, July 2-6, 2018, Naples, Italy. 185 p.
- Gyeraj A.**, Szalai M., Kiss J. (2018): Az évjárat hatása a kárkűszöb értékre – Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) imágó kártétele csemegekukoricában. 64 Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest, 2018 február 20-21 Abstracts: Palkovics, L., Tóbiás, I., Imrei, Z., Haltrich, A., Varga, Á. p. 27.
- Gyeraj A.**, Szalai M., Kiss J. (2017): Okozhat-e termésveszteséget a *Diabrotica virgifera virgifera* imágó csemegekukoricában? 63 Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest, 2017 február 21-22 Abstracts: Horváth, J., Haltrich, A., Molnár, J., p. 40.
- A. Gyeraj**, G. Szalkai, G. Tőkés, J. Kiss (2015): Neonicotinoid Actualities in Hungary. Abstracts of the CEUREG Forum XIX. November 5-6, 2015, Zagreb, Croatia. 2 p.

Értekezés témakörén kívüli közlemények:

- Gyeraj A.** (2021): Syngenta változó tőszámú precíziós kukorica vetés-technológia. Precizios Gazdálkodás Interaktív Magazin. 2021 I. szám 72-73.
- Gyeraj A.** (2020): Klímakárenyhítési stratégiák - Szarvas 2020: Kukorica változó tőszámú, precíziós vetési kísérletek. (előadás)
- Gyeraj A.** (2019): Precízen, digitalizáltan, környezettudatosan. Syngenta csemegekukorica fajtabemutató – Hajdúszoboszló. 2019. augusztus 27. (előadás)
- Szalkai G., **Gyeraj A.**, Görög R. (2016): Fontosabb jogszabályváltozások. Magyar Mezőgazdaság 2016/03
- Szalkai G., **Gyeraj A.** (2015): Mit tehetünk a biztonságért? A növényvédelem, növényorvoslás lehetőségei, céljai a talajok éve után is. Agrárágazat – Szőlészeti és kertészeti különszám, 2015 december p. 30-32.
- M. Szalai, F. Szeder, A. Póss, **A. Gyeraj** and J. Kiss (2015): Ecosystem services in the agricultural landscape. Examples of sunflower pollination and biological pest control of wheat in Hungary. QuESSA, May 15, 2015 Marosvásárhely, Romania (presentation)
- Gyeraj A.** (2013): Nemzeti Cselekvési Terv végrehajtása. Makói konferencia, Makó, 2013 december 12 (előadás)
- Gyeraj A.** (2013): 'Pest reporting and exchange of phytosanitary information' – Pest reporting and exchange of phytosanitary information in Hungary. EPPO/FAO Workshop, May 14-17, 2013, Riga, Latvia (oral presentation)