

Válasz Dr. Barta Zoltán bírálatára

Őszinte köszönettel tartozom Dr. Barta Zoltánnak, amiért megtisztelte doktori dolgozatomat figyelmes, alapos és szakmailag kiemelkedő bírálatával. Nagyra értékelem a gondos, részletes és körültekintő bírálatot, valamint a lényegre törő, szakmai szempontból megalapozott kérdéseket, amelyek érdemben hozzájárultak munkám további fejlesztéséhez.

Kritikákra adott válaszok

Egyetértek, lehet, hogy a követhetőség és az olvashatóság szempontjából jobb lett volna megtartani a publikációk szerinti tagolást, de akkor elég sok, az Anyag és Módszer fejezetben fellelhető ismétlődő részek lettek volna, ezért ezt el akartam kerülni.

Jogos a felvetés, hogy az 5.3 alfejezetben vizsgált „eljutott-e a hím a forráshoz” eredményei binárisak (0/1), így ezek elemzésére valóban nem a Kruskal–Wallis teszt a legalkalmasabb, mert ez a rangsorbeli mediánok összehasonlítására van, nem pedig bináris kimenetre optimalizált. Az ilyen típusú adatok elemzésére lényegesen célszerűbb bináris regressziót vagy GLM-et használni, ahol a függő változó bináris. Ez pontosabb becslést és jobb interpretációt nyújt a kísérletek eredményeire.

A Ryan post-hoc teszt használatát is jogosan kifogásolja a bíráló – ezt tipikusan paraméteres ANOVA után alkalmazzák, mivel a Kruskal–Wallis és a χ^2 tesztek alapvetően nem-parametrikusak, ezért a hozzájuk illeszkedő post-hoc tesztek (pl. Dunn, pairwise Wilcoxon) használata indokoltabb lett volna.

A 20. ábrával (feromondózis-kísérlet) kapcsolódóan megjegyezném, hogy a nagy különbségek mellett is előfordulhat, hogy nincs szignifikáns eltérés, esetleg a minta kis elemszáma miatt, így gyenge a statisztikai tesztek ereje. Ezért történhetett, hogy a valóban látványos abszolút különbségek mellett nem kapunk szignifikáns eredményt. Sajnos az alapadatokat nem találtam meg, ezért nem tudtam újra elemezni.

A $\log(x+1)$ transzformáció klasszikus nem-normális adatokhoz tartozó eljárás, azonban a modern gyakorlatban már előnyösebb Poisson vagy negatív binomiális hibaeloszlású GLM-et használni. Ez statisztikailag pontosabb, és az eredmények interpretációja is lényegesen egyértelműbb lett volna. Sajnos amikor a cikket írtuk nem volt nagy ráhatásom a statisztikára, ezért kutatótársaim elemzésére hagytam.

A csapdázással kapcsolatos felvetések megalapozottak, ugyanis az adatok helyes elemzése szempontjából kulcsfontosságú, hogy kontrolláljuk a mintavételi helyszíneket, az azonos csapdából származó adatok függését, valamint a csapdák közti térbeli, időbeli, illetve egyedi hatásokat is. Ebben a kísérletben ugyanazon csapdából származó, összes fogási adatot összevontuk a többi, ugyanazon kezelésű

csapda adataival. Külön az egyes csapda adatait nem értékeltük. A csapdák térbeli közelségére nem kontrolláltunk. A csapdák 10 méter távolságra voltak egymástól. Ez a távolság a többi szakirodalomban fellelhető feromon csapdázási kísérletekkel megegyezik és elfogadott. Minden leolvasási időpontban véletlenszerűen átrendeztük a csapdák elhelyezkedését.

A 21. ábrán látható kiugró érték azért lehetett, mert a csapdatípus (sátor) sokkal nagyobb fogókapacitású ezért több lepke tudott belerepülni, mint a ragacsos csapdába. Tehát a kérdésre válaszolva igen más típusú csapda képes több állatot befogni. Ennek a kísérletnek az volt a lényege, hogy összehasonlítsam a különböző csapdatípusok fogókapacitását. Egyetérték, a 2013-as és 2014-es adatokat egybe is elemezhettem volna, de így akartam rámutatni az évek közti fogáskülönbségekre, ami az adott terület populáció méretére utalhat.

Kérdésekre adott válaszok

1. A felvetett észrevétel jogos, és fontos terminológiai különbségekre mutat rá a viselkedésökológia és a kémiai ökológia fogalomrendszere között. Valóban, a viselkedésökológiai megközelítés a kommunikációt az adó által, a vevő viselkedésének befolyásolására, kifejezetten e célra kialakult jelzések továbbításaként értelmezi. Ezzel szemben a kémiai ökológiában a „kémiai kommunikáció” kifejezést tágabb értelemben használják, és minden olyan kémiai kölcsönhatást magában foglal, amelyben egy kibocsátott vegyület a másik szervezet viselkedését, élettani állapotát vagy fitnessét befolyásolja – függetlenül attól, hogy a kibocsátás adaptív-e az adó szervezet számára (Wyatt, 2014). A dolgozatban hivatkozott kairomon, allomon és szinomon kategóriák ezen tágabb értelmezésbe illeszkednek, és az információátvitel kölcsönös előnyösségét (vagy annak hiányát) írják le, nem pedig a kommunikáció evolúciós funkcióját a kibocsátó szempontjából. A bírálatban említett légzési CO₂ példája valóban jól szemlélteti, hogy ilyen esetekben helytállóbb az „információkihasználás” vagy „egyirányú kémiai kölcsönhatás” terminus használata, mint a „kommunikáció” alkalmazása.
2. A többkomponensű szexferomonok esetében a különböző komponensek arányának megőrzése kulcsfontosságú a fajspecifitás megőrzése érdekében. Legtöbb esetben azonos molekulaszervezetű és szénláncossúságú vegyületekről van szó, ahol „csak” az izomerekben van különbség (*cisz*, *transz*). Ebből adódóan feltételezhető, hogy a terjedési sebességük is azonos lesz. Hozzátenném, hogy a szakma egyik legismertebb képviselője, Ring Cardé professzor feltételezése szerint a feromon komponensek nem külön-külön terjednek a levegőben, hanem úgynevezett „csomagokban”, ahol a csomagban az összetevők aránya nem változik (Cardé and Willis, 2008). Erre egy jó példa a szabad szemmel is látható cigaretta füst

terjedése, ahol nem egy homogén felhőt látunk hanem füstcsóvákat. Ebből következően feltételezzük, hogy a hím lepke csápjához ugyanabban az arányban érkeznek a feromon komponensek mint ahogy azt a nőstény kibocsátja.

3. A nőstény lepkék azért termelnek csak igen kis mennyiségben szexferomonokat, mert azok már nagyon alacsony koncentrációban is hatékonyak a hímek vonzásában. Továbbá a szexferomonok termelése energetikailag költséges folyamat, ezért a nőstények optimalizálják annak mennyiségét a maximális hatékonyság elérése érdekében. Ezt a gazdaságosságot szolgálja, hogy a nőstények csak annyi feromont bocsátanak ki, amennyi a hímek vonzásához szükséges, így nem pazarolják az értékes anyagot és energiát (Foster and Anderson, 2020). Ezen kívül sok olyan faj van, melyek *de novo* termelik a feromont, azaz nincs tárolásra specializálódott mirigyük. Így a légtérbe csak az éppen egy bizonyos időben, a sejtek által kis mennyiségben termelt feromon juthat.
4. A nőstény lepkék feromonmirigyei gyakran termelnek olyan illékony anyagokat is, amelyek nem váltanak ki választ a hímekből, vagyis nem minősülnek klasszikus feromonkomponenseknek. Az ilyen vegyületek funkciója egyelőre sok esetben nem ismert, de számos lehetséges magyarázat létezik:
 - 1.) Egyes vegyületek evolúciós maradványok lehetnek, amelyek korábban részei voltak a faj feromonösszetételének, de mostanra elvesztették eredeti funkciójukat, miközben a bioszintetikus útvonalak továbbra is aktívak maradtak.
 - 2.) Ezek az anyagok előkurzorai, melléktermékei vagy származékai lehetnek azoknak a bioszintetikus folyamatoknak, amelyek a működő feromonkomponenseket eredményezik.
 - 3.) Egyes vegyületek más fajok vagy ragadozók elriasztására, a nőstény saját fiziológiai szabályozására vagy rivális nőstények közti kommunikációra is szolgálhatnak, ezek funkcióját azonban sokszor még nem ismerjük.
5. Először a küldő-prekurzor hipotézissel kapcsolatos kérdésre válaszolnék. Miért kezdenek a nőstények új anyagokat termelni, ha a hímek még nem érzékenyek rá? Ez valóban paradoxnak tűnik, mert a feromonok termelése energetikailag költséges lehet, és kezdetben nem tűnik logikusnak a termelésük. Az lehet, hogy ezek az új anyagok evolúciós véletlenszerű mutációk révén vagy bioszintetikus melléktermékként termelődnek, amelyek idővel előnyt jelenthetnek. Feltételezésem szerint a hímek feromon receptorai nem teljesen specifikusak, azaz nem csak egyetlen vegyületre érzékenyek, hanem kevés, hasonló kémiai szerkezetű vegyületre képesek reagálni (Kárpáti et al., 2025). Ebből következően ha a nőstény egy új anyagot bocsát ki, akkor

a hímek azt fel tudják fogni. Kezdetben csak gyengébben, de a természetes szelekció révén esetleg idővel egyre több receptoruk lesz, vagy a receptor mutáció hatására bekövetkező szerkezeti változása miatt képes lesz érzékenyebben reagálni az új vegyületre.

A hímek periférikus feromonfelfogó rendszerének változása részben szelekciós nyomás hatására történik. Ha egy új komponens előnyt jelent a nőstényválasztásban, a hímek, akik érzékelik ezt, előnyhöz jutnak. Bár az érzékelési paletta bővítése csökkentheti az érzékenységet a korábbi komponensekre, a szelekció ezt az egyensúlyt tolhatja el az új komponensek felé, fenntartva a fajspecifikusságot.

A valószínűsége annak, hogy a nőstény feromon termelésében és a hím felfogásában egyidejűleg történjen a változás véleményem szerint elég kicsi. Ugyanakkor a fent említett hím feromon receptorok nem teljes specificitása miatt elképzelhető.

6. A kukoricamoly különböző feromon vonalai lehetnek kezdeti fázisban lévő diverzifikációk, amelyek a fajképződés egyik lépcsőfokát jelenthetik. Tehát, véleményem szerint, igen, épp új faj keletkezésének küszöbén állunk. Ezt az is alátámasztja, hogy jelenleg a két vonal között nagyon kicsi genetikai különbség van. A nőstények esetében a feromon termelés különbségéért egyetlen autoszomális gén vagy kapcsolt gének felelősek, míg a hímek felfogásában szintén egy nemi kromoszómához kötött gén vagy kapcsolt gének felelősek. Jelenleg a két vonal laboratóriumi körülmények között, illetve egyegyes esetekben a természetben is képes párosodni és termékeny utódokat létrehozni, ami alátámasztja az egy fajhoz tartozást. Ugyanakkor a két különböző feromon arány miatt a keveredés esélye igen kicsi, ami elősegíti a további szegregálódást és egy új faj kialakulását. Hogy miért jött létre két vonal és miért nem maradt meg egy, ennek a magyarázatát nem tudom.
7. A kérdés jogos, valóban fontos szempont, hogy a jelölések sikeressége befolyásolhatja a kapott öröklődési eredményeket. Ha bizonyos típusoknál szisztematikusan nagyobb vagy kisebb a jelölési ráta, az torzításhoz vezethet, hiszen a sikeresen jelölt és elemzett egyedek összetétele nem feltétlenül reprezentál. Ellenben úgy gondolom, hogy a neuron jelöléseim esetében nem látom a torzítás lehetőségét, mivel a jelölt neuronok méretében és vezetőképességében nem volt különbség, ebből következően nem látom nagy esélyét annak, hogy különböző feromon komponensekért felelős projekciós neuronok másképp jelölődnek. A nagyon alacsony sikerráta abból adódott, hogy a jelölés több lépcsőből állt. Első lépcsőben fiziológiai méréssel meg kellett állapítanom, hogy a neuron melyik feromon komponensre válaszol, majd ugyanebbe a neuronba kellett elektromos töltés segítségével bejuttatnom a jelölőanyagot. Sajnos már ez a lépés is elég nehéz volt, mert a fiziológiai

mérés után az állat spontán mozgása miatt sokszor elveszítettem a neuront, így a jelölés sem volt sikeres. Ha sikeresen bejuttattam a jelölőanyagot akkor pedig sokszor nem sikerült az agy fixálása, vagy a fixálás során nem volt elég kontrasztos a neuron. Összességében úgy gondolom, hogy nagyon alacsony volt a mintaelemszám, jobb lett volna több ismétlést is elvégezni.

8. A felvetés jogos a disszertációban bemutatott dendrogram valóban azt mutatja, hogy míg az inhibitor interneuronok egyértelműen külön klasztert alkotnak, addig a Z11-14Ac-specifikus és az 50:50 keverék specifikus projekciós neuronok más-más klaszterbe kerültek. Ebből következően sajnos hibás volt a fejezetben leírt eredmény. Helyesen úgy kellett volna megfogalmazni, hogy:

„A klaszterelemzésen alapuló dendrogram mutatja, hogy az inhibitor LN-ok külön klaszterben, míg az 50:50 keverék, a Z11-14Ac-specifikus és a keverék PN-ok nem tartoznak külön klaszterekbe.” Az eredmények alapján valóban azt látjuk, hogy az előzetes címkézés szerint nem váltak szét a neuronok különböző csoportokba.

Az adatokat úgy gyűjtöttem, hogy a szaglólébenyben megszúrtam egy projekciós vagy lokális neuront, majd minden egyes megszúrt neuront 8 különböző stimulussal ingereltem. Az ingerlés során kapott akciós potenciálok számát használtam a klaszter analízishez. Az, hogy egyes neuronok előzetes címkézése nem esik egybe a klaszteranalízis szerinti csoportosítással, arra utal, hogy a vizsgált jellemzők nem feltétlenül fedik le jól a funkcionális diverzitást.

A kísérlet során feltevésem az volt, hogy a hibridek esetében más típusú PN-okat vagy több keverék specifikus PN-t találok és ezek külön hibridekre jellemző klaszterekbe rendeződnek. Véleményem szerint az előzetes címkézés jó, mivel a fiziológiai mérés során látszott, hogy az adott neuron mely ingerre ad erős választ, valószínű, hogy a választott klaszteranalízis nem volt a legmegfelelőbb.

9. Ez az eredmény nekünk is meglepő volt, mivel logikusan azt vártuk volna, hogy az E-vonal az E11-14Ac-ra lesz érzékenyebb hasonlóan a Z vonalhoz amely a Z11-14Ac-ra ad erősebb választ. A kérdésben felvetett különbség oka az lehet, hogy az E vonal hímjeinél mindkét feromon-receptor (Z11- és E11-14Ac) hasonló arányban expresszálódik a csápon, ezért mindkét komponensre hasonló választ ad ellenben a Z-vonallal, ahol a Z receptor expressziója magasabb. Sajnos receptor expressziós méréseket nem végeztünk. A másik magyarázat az lehet, hogy az E receptor nem teljesen komponens specifikus, ezért képes a Z komponensre is kismértékben válaszolni.

10. Egyetértek, az 5.1.4. alfejezetben az eredmények kodomináns öröklődést mutatnak, mivel a hibridek válasza a Z és az E vonal közé esett, tehát se a Z-se az E-vonal nem volt domináns. Ebben a kísérletben EAG méréseket végeztem periférikus szinten, azaz a szagló receptor neuronok összesített válaszána nagyságára voltam kíváncsi. A másik mérés esetében az agy szaglólebenyében található projekciós neuronok válaszát mértem. Itt azt találtam, hogy mindkét hibrid beidegzése az E-vonalhoz hasonlít, azaz E-vonal domináns jelleget mutat. Tehát a periférikus és agyi szint között lehet a különbség vagyis más-más, feltehetőleg kapcsolt gének, felelnek a periférikus receptorok számáért és a projekciós neuronok elágazásáért.
11. Az 5.3 alfejezetben azért csak a Z-vonal hímjeinek viselkedését vizsgáltuk, mert ezek a hímek viselkedésileg (Linn et al., 1997) markánsabb preferenciát mutatnak a Z-komponens iránt, így a feromonváltás náluk jóval érzékenyebb és megbízhatóbb tesztelést tesz lehetővé. Az E-vonalbeli hímeknél a feromonpreferencia nem annyira markáns, azaz a hímek nem csak a tiszta E vonal keverékére, hanem más arányú keverékekre is repülnek, ezért náluk a feromonváltás valószínűleg nem okoz olyan egyértelmű viselkedésváltást vagy diszkriminációt, mint a Z-vonalbeli hímeknél. Feltételezésem szerint az E-vonal hímjei szélcsatornában nem fognak olyan markáns viselkedési mintázatot mutatni, mint a Z-vonal. Ugyanakkor további kísérletek segítenének feltárni, pontosan hogyan reagálnak az E-vonal hímek a feromonváltásra.
12. A nonanal és a dekanal azért váltott ki viselkedési választ a kukoricamoly nőtényeiből, mert ezek a vegyületek a kukorica növényi illatanyag-profiljának komponensei, illetve ez volt az a két vegyület amire a nőtény csápja reagált. Sok egyéb, illékony növényi illatanyagot is találtunk a kukoricában, de ezekre a nőtény lepke csápja nem válaszolt. Ebből kiindulva csak ezt a két anyagot teszteltük szélcsatornában. A viselkedési eredményekből kiindulva azt gondoljuk, hogy ez a két anyag szerepet játszhat a nőtények tápnövényválasztásában. Feltehető, hogy a hímek is érzékelik ezt a két illatanyagot, és ezek segítségével képesek megtalálni a tápnövényt, ahol nagy valószínűséggel nőtények is jelen vannak, vagyis ott nagyobb eséllyel találnak párt. Ugyanakkor a hímek esetében fiziológiai és viselkedési vizsgálatokat nem végeztünk, így erről konkrét kísérletes adatunk nincs.
13. Az eredmények jól mutatják, hogy a kukoricabogárral fertőzött növényeken fejlődő lárvák valóban nagyobb túlélést, tömegnövekedést és táplálékfogyasztást mutattak, mint a kontroll növényeken élők. Ennek ellenére a nőtények tojásrakáskor inkább kerülték a fertőzött növényeket. Ez egy érdekes ellentmondás. Ha jól meggondoljuk akkor a nőtény rossz tápnövényt

választ utódai számára, mivel az egészséges növényen az utódok gyengébben fejlődnek.

Ebben az esetben valószínű a nőstények nem az utódaikat részesítik előnyben. Ezt a jelenséget "Rossz anyaságnak" nevezik, és akkor fordul elő, ha a nőstények olyan tápnövényt választanak, amely saját maguknak és nem az utódaiknak kedvez (García-Robledo and Horvitz, 2012; Mayhew, 2001). Például, ha a hosszabb élet a fontosabb, akkor a nőstények olyan növényeket választanak, melyek növelik saját életük hosszát, de lehet, hogy utódaik szempontjából ez nem a legmegfelelőbb választás (Scheirs et al., 2000). A kukoricamoly esetében az egészséges növények esetleg hosszabb élettartamot biztosíthatnak a nőstényeknek, de ennek igazolása további vizsgálatot igényel.

A növényeken tapasztalt 6–8%-os túlélési arány valóban nagyon alacsony, és valószínűleg laboratóriumi körülmények között jellemző. Hogy ez mennyire reális azt nem tudom megmondani. Ezzel kapcsolatban elmondható, hogy a természetben is csak 20-30% közé esik a lárvák túlélési aránya (Coll and Bottrell, 1992). Ebben a kísérleti elrendezésben 10 frissen kelt lárvát helyeztünk a kukoricára. Lehet, hogy ez a lárvák szám nagyon alacsony és nem reprezentálja a valós túlélési arányt.

Az, hogy a 29. ábrán jóval magasabb túlélési arány szerepel (30–40%), valószínűleg annak lehet köszönhető, hogy az állatok más „alomból” származtak, ami hatással lehet a túlélésre.

14. Kísérleteinkre támaszkodva a hím specificitása repülés közben csökken le általánosságban, függetlenül attól, hogy egy vagy több forrás van jelen. Az első kísérletben figyeltünk fel arra, hogy több forrás esetében a hímek nemcsak saját feromon forrásaikra repültek, hanem más, akár az ellenkező vonal forrásait is megérintették. Annak tisztázására, hogy pontosan mikor csökken a hímek specificitása szélcsatornában repülésük közben, tehát miután már ráhangolódottak saját feromon összetételükre, változtattuk meg a feromon összetételét. Azt az eredményt kaptuk, hogy valamiért repülés közben a hímek továbbra is felfogják a feromont. Ezt az bizonyította, hogy amikor repülés közben teljesen lekapcsoltuk a feromonforrást a hím átváltott úgynevezett „cikk-cakk” repülésre, keresve a feromont. Abban az esetben amikor repülés közben megváltoztattuk a két komponens arányát, a hím tovább folytatta a repülést és sok esetben a rossz forrásra szállt le. Ebből arra következtettünk, hogy repülés közben történik valami változás minek hatására a hím nem képes érzékelni a pontos arányt, azaz csökken a specificitása. Tovább folytatva a kutatást periférikus szinten azt tapasztaltuk, hogy gyorsan ismétlődő ingerlés hatására a szagló receptor neuron adaptálódik, azaz 10 ismétlés után már nem képes érzékelni az adott komponenst. Ebből azt a következtetést vontuk le,

hogy már receptor neuron szinten csökkenhet egy adott komponens érzékelése, ami kiválthatja a specificitás csökkenését.

Egyéb észrevételekre adott válaszok

Sajnálom, hogy többszöri újraolvasás ellenére sajtóhibák maradtak a dolgozatban, amiért megértést kérek. Az elütések hibáira részletesen nem térek ki.

- 4. oldal, Bevezetés: A dolgozat elkészítése során arra törekedtem, hogy a Bevezető fejezet könnyen olvasható maradjon, ezért itt csak kevés hivatkozást alkalmaztam. Az ide tartozó szakirodalmi források részletes ismertetését az Irodalmi áttekintésben pótoltam, de egyetértek, jobb lett volna itt is beszúrni a hivatkozásokat.
- 6. oldal, Sajnos a hivatkozás elmaradt, itt pótolom: Taga, ME, Bassler, BL (2003) Chemical communication among bacteria. PNAS, 100: 14549-14554.
- 8. oldal: Egyetértek, egy vegyület nem fordulhat elő együttesen. A helyes megfogalmazás a következő lett volna: A feromonok esetében a hatás kifejtéséért egy vegyület, vagy sok esetben több összetevő együttes előfordulása szükséges.
- 10. oldal: Igen, a „találásáért” helyesebb kifejezés
- 10. oldal: Igen, jobb lett volna úgy megfogalmazni, hogy „egy, két vagy három összetevőből állnak”.
- 15. oldal: Egyetértek, jobb lett volna úgy megfogalmazni, hogy: „szájszerven található szenzillában helyezkedek el”
- 15. oldal: Azok a szagló receptor neuronok (OSN), melyek több receptor gént expresszálnak egy glomerulusba futnak be (Goldman et al., 2005). Arra, hogy több glomerulusban is elágazna egy OSN, nem találtam irodalmi anyagot.
- 16. oldal: Igen az ecetmuslica esetében feltételezzük, hogy csak 52 illatanyagot képes érzékelni. Ugyanakkor ahogy a fenti példa mutatja, az is előfordulhat, hogy több receptor fejeződik ki egy neuronon, ebben az esetben több mint 52 illóanyagot képes felfogni. Annak ellenére, hogy csak 52 illatanyagot képes felfogni, ezek különböző keveréke és azok aránya igen nagy változatosságot eredményez.
- 25. oldal: A hibás szó helyesen: „akartam” lett volna.

- 25. oldal: Igen, a nőstények feromontermelése is nagyon pontosan követi a fajspecifikus arányt.
- 32. oldal: Helyesen: „A feromon stimulusokat minden kísérleti napon frissen készítettem el.”
- 32. oldal: A dolgozatban normalizálás alatt azt értem, hogy a Z11-14Ac és az E11-14Ac válaszában értékéből kivontam a kontroll stimulusra adott választ, ami maga a komponensek oldószere volt. A Z11-14Ac válasz osztása az E11-14Ac válasszal (válaszarány számítás) azért indokolt, mert így egyetlen, független aránypárt kapunk (Z/E válaszarány), amely a két komponens relatív érzékenységet mutatja. Célom az volt, hogy az állatok periférikus feromonpreferenciáját összehasonlítsam és a genotípus-fenotípus kapcsolatokat vizsgáljam. így a Z/E válaszarányból jól látható, hogy egy vonal és hibridjei mely komponensre érzékenyebbek.
- 34. oldal: Valóban jogos a felvetés: a Kruskal–Wallis teszt nemparametrikus eljárás, így módszertanilag egy nemparametrikus post hoc tesztet (pl. Dunn-teszt vagy páronkénti Wilcoxon-tesztek megfelelő korrekcióval) kellett volna alkalmazni a Tukey HSD helyett.
- 34. oldal: Érdekes, nekem a 6. ábra a 22. oldalon van, majd ezt követi a 7. ábra a 42. oldalon és a 14. ábra pedig az 53. oldalon található.
- 35. oldal: „A szélcsatornás kísérletben alkalmazott egy- és háromválasztásos tesztek” fejezetben, mindkét esetben az adatok a forrásra leszállás számát jelentették.
- 36. oldal: Mivel a feromon terjedése láthatatlan ezért „láthatóságát” LED fényssal oldottuk meg, úgy, hogy a fényssal imitálta a feromon terjedését. Előzetesen a feromonforrás helyére titáنتetraklorid oldatot helyeztünk, ami látható füstcsóvaként hagyja el a forrást. Ennek a sebességét le tudtuk mérni, majd ehhez igazítottuk a LED fényssalban elhelyezkedő LED-ek felvillanását. A LED-k hullámhossza az infratartományba esett, tehát ezt a lepkék nem láthatták, ellenben a kamera ebben a tartományban képes volt rögzíteni. Az, hogy pontosan hol tart a szélcsatornában a feromon azért volt fontos, hogy tudjuk a lepke mikor találkozik a váltás hatására keletkezett új feromoncsóvával. Ez alapján tudtuk viselkedését az új feromoncsóva előtt és után elemezni.

- 36. oldal: A videófelvételek elemzése során a hím repülésének X és Y koordinátáit kaptuk meg. Ebből tudtuk a repülési sebességet és az elfordulás szögét kiszámolni.
- 37. oldal: A növényi illatanyagokra és a kukoricára adott viselkedési vizsgálat során rögzítettük az egyes viselkedési elemek előfordulását és az ahhoz tartozó időt is, ez utóbbit nem kamerával hanem stopperrel rögzítettük.
- 39. oldal: Lehet, hogy rosszul és pontatlanul fogalmaztam. Az 5 ismételést azt jelenti, hogy minden kezelést 5 alkalommal ismételtünk, tehát 5 olyan csapda volt a terepen kihelyezve, ami ugyanolyan feromon összetételt tartalmazott.
- 39. oldal: Igen, az adat azt jelenti, hogy összesen 1 hét alatt mennyi állatot fogott a csapda. El kell ismerni, hogy az ugyanazon csapdából származó heti adatok nem teljesen függetlenek egymástól, ezt nem vettük figyelembe. Ideálisan ismételt méréses vagy kevert modellben kellett volna kezelni a csapdákhoz kötődő függést; a jövőbeni elemzésekben ezt tervezzük pontosabban figyelembe venni.
- 42. oldal: 7. ábra C és D paneljének esetében talán nem a legmegfelelőbb mérést választottam a bemutatásra, mert ebben az esetben a kontrollra is erős választ kaptam. Azonban az értékelésnél a stimulusra adott „tüskék” számát mértem le és a Z komponens esetében a kontrollhoz képest több tüskét találtam. Sajnos az egy elütés, annak Z11-14Ac-nak kellett volna lennie.
- 43. oldal: Ez egy hiba, a szövegben 7.ábra után a 8.ábrának kellene következnie.
- 45. oldal: Az is egy elütés volt, annak E11-14Ac PN-nak kellene lennie.
- 50. oldal: Igen az is egy elütés, a helyes a 13B lenne.
- 52. oldal: 13B ábra: Sajnos ez a részlet kimaradt az ábra alatti magyarázatból. A korongok színei az egy érzékszőrből elhelyezkedő neuronon kifejeződött receptort jelentik. A kék az jelenti, hogy azon a neuronon csak egy, a Z11-14Ac-ért felelős receptor található. A zöld szín azt jelenti, hogy azon a neuronon is csak egy receptor expresszáldott, de ez képes volt 3 különböző komponenst felfogni. A több színből álló korongok azt jelenti, hogy azon a neuronon több receptor is kifejeződött. A vonalak azt jelenti, hogy egyes esetekben az összes felsorolt komponensre válaszolt a neuron (összes komponenst jelző függőleges vonal) és volt olyan eset, amikor csak egyel kevesebbre (Z11-16Ald kihagyva).

- 53. oldal: Igen, az egy rossz megfogalmazás volt, helyesebb lett volna 90%-ot írni.
- 56. oldal: Talán a heti ellenőrzés nem a legmegfelelőbb megfogalmazás. Igaz ugyan, hogy hetente csak egyszer ellenőriztük a csapdák fogását, de ez az időjárás viszonyosságai miatt nem mindig ugyanarra a napra esett, ezért sok esetben kevesebb vagy több mint 7 nap volt a leolvasások között. Jobb lett volna az ábrát ennek függvényében módosítani.
- 59. oldal: A 22. ábrán a kis és nagy betűk a különböző helyszínekre vonatkozó statisztikai elemzést jelentik. Tehát a kis betűket a kis betűkkel a nagyokat a nagyokkal kell összehasonlítani. Talán szerencsésebb lett volna az ábrát kettébontani.
- 59. oldal: Igen a két terület elég közel van egymáshoz, de a kukoricamoly esetében sokszor ugyanazon kukoricatáblán két vonal szimpatriában fordulhat elő egymás mellett. (Anderbrant et al., 2024; Malausa et al., 2005; Pélozuelo et al., 2007). Ebből következően gyakorlati szempontból is fontos feltárni, hogy az adott területen milyen vonal fordul elő.
-
- 60. oldal: A másik helyszín esetében azért nem vizsgáltam a rajzásdinamikát, mert a populációsűrűség nagyon alacsony volt, azaz a csapdák csak 1-2 hímeket fogtak hetente. Ebből következően nem gondoltam, hogy egy reprezentatív rajzásgörbét tudnék bemutatni.
-
- 60. oldal: 23. ábra. Igen ,sajnos az ábra rosszul lett elkészítve, az x tengely estében jobb lett volna időarányosan széthúzni az adatpontok elhelyezkedését.
-
- 73. oldal: Ennek a résznek a számszerű bemutatása sajnos kimaradt az Eredmények fejezetből. A Koutroumpa és mtsai 2014 cikkben 1. A és B ábra mutatja, hogy a Z- és az E-vonal között nem találtunk különbséget a hat feromonreceptor expressziós mintázatában és számában.
-
- 76. oldal: A feromonreceptor-expresszióról szóló rész azért került be a dolgozatba, mert ezek az eredmények közvetlen háttérrel adnak a vizsgált vonalbeli és hibrid különbségek neuroetológiai értelmezéséhez. A saját kísérleteim a csápválaszokra, glomerulus-szerveződésre fókuszálnak, ezek értelmezéséhez azonban szükség van annak bemutatására, hogy a két feromonvonal között nincs különbség a fő feromonreceptorok expressziós mintázatában és számában – vagyis a vonalak közti különbség nem a feromon receptorok expressziós szintjén, hanem magasabb szinteken jelenik meg. Ezt

a logikai kapcsolatot a dolgozatban valóban hangsúlyosabban is ki lehetett volna emelni. A mondat elején az „Rz” egy elütés volt, helyesen „Ez tulajdonképpen egy fontos.....”.

IRODALOM

- Anderbrant, O., Marques, J.F., Aldén, L., Svensson, G.P., 2024. Occurrence of Z- and E-strain *Ostrinia nubilalis* in Sweden shortly after first detection of the Z-strain. *Journal of Applied Entomology* 148, 150–157.
<https://doi.org/10.1111/jen.13218>
- Cardé, R.T., Willis, M.A., 2008. Navigational strategies used by insects to find distant, wind-borne sources of odor. *J Chem Ecol* 34, 854–866.
<https://doi.org/10.1007/s10886-008-9484-5>
- Coll, M., Bottrell, D.G., 1992. Mortality of european corn borer larvae by natural enemies in different corn microhabitats. *Biological Control* 2, 95–103.
[https://doi.org/10.1016/1049-9644\(92\)90032-9](https://doi.org/10.1016/1049-9644(92)90032-9)
- Foster, S.P., Anderson, K.G., 2020. Sex pheromone biosynthesis, storage and release in a female moth: making a little go a long way. *Proc Biol Sci* 287, 20202775. <https://doi.org/10.1098/rspb.2020.2775>
- García-Robledo, C., Horvitz, C.C., 2012. Parent–offspring conflicts, “optimal bad motherhood” and the “mother knows best” principles in insect herbivores colonizing novel host plants. *Ecology and Evolution* 2, 1446–1457.
<https://doi.org/10.1002/ece3.267>
- Goldman, A.L., Van Der Goes Van Naters, W., Lessing, D., Warr, C.G., Carlson, J.R., 2005. Coexpression of two functional odor receptors in one neuron. *Neuron* 45, 661–666. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2005.01.025>
- Kárpáti, Z., Deutsch, F., Lőczi, B., Teski, A., Fónagy, A., Fodor, J., Takács, V., Köblös, G., Nyiri, G., Jósmai, J.K., 2025. Narrow tuning and sensitivity of the pheromone-specific olfactory neuron in male European grapevine moth (*Lobesia botrana*). *Sci Rep* 15, 36501. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-20610-9>
- Linn, C.E., Young, M.S., Gendle, M., Glover, T.J., Roelofs, W.L., 1997. Sex pheromone blend discrimination in two races and hybrids of the European corn borer moth, *Ostrinia nubilalis*. *Physiol Entomol* 22, 212–223.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-3032.1997.tb01161.x>
- Malausa, T., Bethenod, M.-T., Bontemps, A., Bourguet, D., Cornuet, J.-M., Ponsard, S., 2005. Assortative mating in sympatric host races of the European corn borer. *Science* 308, 258–260. <https://doi.org/10.1126/science.1107577>
- Mayhew, P.J., 2001. Herbivore host choice and optimal bad motherhood. *Trends in Ecology & Evolution* 16, 165–167. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(00\)02099-1](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)02099-1)

Pélozuelo, L., Meusnier, S., Audiot, P., Bourguet, D., Ponsard, S., 2007. Assortative Mating between European Corn Borer Pheromone Races: Beyond Assortative Meeting. PLOS ONE 2, e555. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0000555>

Scheirs, J., De Bruyn, L., Verhagen, R., 2000. Optimization of adult performance determines host choice in a grass miner. Proc Biol Sci 267, 2065–2069.

Wyatt, T.D., 2014. Pheromones and Animal Behavior: Chemical Signals and Signatures, 2nd ed. Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781139030748>

Budapest, 2025. november 28.



Kárpáti Zsolt