

Opponensi vélemény

Kárpáti Zsolt

„A kukoricamoly (*Ostrinia nubilalis*) feromon kommunikációjának és tápnövényválasztásának neuroetológiai vizsgálata növényvédelemi szempontból” című doktori értekezéséről

A kukorica az egyik legfontosabb szántóföldi növényünk. A kukoricamoly az egész országban elterjedt, és nagy károkat okozó kártevő. Nem kétséges tehát, hogy Kárpáti Zsolt fontos kérdésekkel foglalkozott, amikor a kukoricamoly biológiájának egyes, mezőgazdasági szempontból fontos aspektusait vizsgálta. Az ebben a disszertációban található kutatások két nagy témakörhöz csatolhatók. Az első témakör inkább elméleti jellegű: feromon-érzékeléshez kapcsolódó anatómiai struktúrák felderítése, jellemzése, valamint feromon-indukált válaszreakciók vizsgálata neuro-fiziológiai mérések segítségével. A második témakör profilja pedig inkább gyakorlati: ebben feromoncsapdák hatékonyságának és a tojásrakási hely kiválasztásának egyes kérdései szerepelnek. A témaválasztást igen jónak és korszerűnek tartom, ahogy ezt a kutatócsoport tagjaitól már megszokhattuk.

Ami az értekezés formai kérdéseit illeti, nem sok kifogás említhető, mert a benyújtott mű megfelel a követelményeknek. Ezért ezt a témát nem részletezem, csak néhány megállapítást teszek. A 116 oldal hosszúságú értekezés felépítése áttekinthető, világos. Egyedül a statisztikai módszerek leírásánál látok felesleges redundanciát. A szöveghez majdnem 300 irodalom társul, vagyis a vizsgálatok ok-adatolása igen széleskörű, bizonyítva a Szerző átfogó irodalmi tájékozottságát. A disszertáció szövegezése általában korrekt és lényegre törő. Véletlenszerűen ellenőriztem a hivatkozásokat és azok mindegyike pontosnak bizonyult. Aránylag kevés formai, szerkesztési és szóhasználati hiba fordul elő (például betűhiba, elírás, félreérthető fogalmazás; testsúly használata testtömeg helyett; a dózis szó használata koncentráció helyett; egy félbemaradt hivatkozás az irodalomjegyzékben vagy a hivatkozott cikk adatai hiányoznak; egy szokatlan hivatkozási mód: „(az eredmények bemutatása a Hajdu et al. 2024 publikációban)” (67. oldal); a kukoricamolyt új fajként Hübner *Pyralis nubilalis* néven írta le anno. A fajt ma az *Ostrinia* genuszba sorolják. Tehát, *Ostrinia nubilalis* (Hübner, 1796) a helyes írásmód az első említéskor; a 26A ábrán nyilván három csillagnak kellene lenni). Mivel a talált hibák száma nem kiugróan magas és az értelmezést nem zavarták, nem részletezem azokat.

Nem vagyok statisztikus, de pár általános kérdést azért érintek. A disszertációban sok helyen a $p < 0,05$ érték esetében hatást állapít meg a Jelölt (megkönnyítette volna az opponenciát, ha a tényleges értékeket egy függelékben megtalálom). A magas szignifikancia szintek esetében

különösen javasolt a hatásnagyság (effect size) számítás, hogy a hatás mértéke is világos legyen, hiszen lehet egy hatás szignifikáns, de olyan kicsi, ami biológiai szempontból irreleváns, és ennek a fordítottja is előfordulhat¹ (szerintem ez a helyzet például a 20. ábra esetében is, ami egy klasszikus koncentráció-válasz összefüggést mutat). Feltételezem továbbá, hogy minden esetben megvizsgálta az adott statisztikai eljárás feltételeit, de azért jó lett volna ezt explicite is leírni. A Kruskal-Wallis eljárás legtöbbször ajánlott post-hoc tesztje nem a Tukey-féle (mert ez feltételezi az adatok normalitását), hanem a Dunn-féle teszt (34. oldal).

A benyújtott értekezés rangos szakmai folyóiratokban megjelent közlemények eredményein alapul. A Z és E feromonvonal öröklődésének és a hibrid hímek feromon-érzékelésének neurobiológiai vizsgálatát, valamint a hibridizációt magyarázó mechanizmusok kutatását különösen érdekesnek és fontosnak találom. A két feromonvonal makroglomeruláris komplexének (MGK) neuroanatómiája és funkcionális felépítése megegyezik. A disszertációból kiderül, hogy az F1 hibridek MGK-topológiája az E vonaléhoz hasonló, annak ellenére, hogy a hímek köztes feromonpreferenciát mutatnak, amit a topológiai jellemzők önmagukban nem magyaráznak. A glomerulusok méretbeli különbségei nem azért következnek be, mert eltérés van a Z és E vonalra reagáló idegsejtek számában, hanem az valószínűsíthető, hogy az axonátmérő – ami egy ivarhoz kötött tulajdonság – szerepe a fontos.

Jelölt lényeges előrelépést tett a kukoricamoly feromon érzékelésének megértésében. Megdöntve a korábbi nézetet, a csápon található érzékszőrök fiziológiai válaszának összehasonlításával kimutatta, hogy egy érzékszőr több szaglőreceptort is hordozhat. Bizonyította továbbá, hogy a különböző feromonkomponensek érzékelését nem a receptor neuronok száma, hanem ezek funkcionális specializációja és receptorösszetétele befolyásolja. Eredményei szerint az antagonista neuronok is változtatják specificitásukat a hibridekben, miközben megtartják glomeruláris célpontjukat, ami egy fejlődés közbeni idegsejt-újraprogramozást sugall. Ez evolúciós szempontból köztes állapot lehet a receptor-neuron-glomerulus kapcsolat átszerveződésében.

A gyakorlati problémákkal kapcsolatos kérdéskör kisebb terjedelmű az előzőnél és a tárgyalt témák kevésbé kidolgozottak. Azonban fontos területekről van szó, amelyek további kutatása feltétlenül ajánlott. A kérdéskör kutatásának egyik eredménye, hogy kimérte a hazai, Z vonalhoz tartozó kukoricamoly populációk monitorozásához legalkalmasabb feromon-összetételt és -koncentrációt, valamint javasolt egy csapdatípust is. Elsőnek kezdte el kutatni a nonanal és a dekanal kombinációjának pározott nőstényekre gyakorolt vonzó hatását, ami fontos kiindulópont a további, szabadföldi körülmények között történő vizsgálatokhoz. Munkájából kiderült az is, hogy az undekán repellens hatású az első tojásrakás alkalmával. A későbbiekben tisztázandó az a kérdés, hogy ez a hatás miért szűnik meg három nap elteltével. Végül további kutatásokat érdemel annak az eredménynek a vizsgálata, hogy miért fejlődnek a kukoricamoly lárvák az egészséges növényeken táplálkozva gyengébben, mint a kukoricabogárral fertőzötteken.

¹ Popovic, G., Mason, T. J., Drobnjak, S. M., Marques, T. A., Potts, J., Joo, R., ... & Pottier, P. (2024). Four principles for improved statistical ecology. *Methods in Ecology and Evolution*, 15(2), 266-281.

Kérdéseimet a következő pontokban teszem fel:

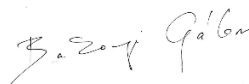
1. A szaglólébenyben található glomerulusok méretével és az axon-átmérővel kapcsolatos eredményei egy 2010-es cikkén alapulnak. A téma diszkussziójában ennél frissebb cikkekre nem hivatkozik (általános jelenségek alátámasztására említ egy 2016-ban megjelent könyvet). Azóta nincsenek a témára vonatkozó kutatások vagy más irányokat vettek? Mi az aktuális helyzet?
2. Azt írja, hogy „Egy neuronon található több receptor jelenléte, például a kukoricamoly esetében, alapját képezheti a fajok közötti kémiai kommunikációnak.” (74. oldal). Az egy neuron – egy receptor rendszer nem alkalmas interspecifikus kommunikációra? Itt valamilyen speciális kommunikációs-rendszerre gondolt? Mi lenne ennek a rendszernek a különlegessége és jelentősége?
3. Jelenleg mit lehet tudni a hímek feromonokra adott viselkedési válaszáinak neurofiziológiai hátteréről? Összefoglalva, mik a legújabb eredmények?
4. Véleménye szerint az undekán integrálható-e a kukoricamoly elleni biológiai védekezési stratégiákba? Ha igen hogyan? Ha nem, miért nem?
5. Megállapította, hogy a kukoricabogárral fertőzött növényeken fejlődő hernyók tömege nagyobb lett, mint az egészséges növényeken fejlődőké. Valószínűleg azért kapta ezt az eredményt, mert a fertőzött növényeken tartott hernyók több táplálékot fogyasztottak és az egészséges és a kukoricabogárral fertőzött növények cukor, keményítő és fehérje tartalma nem különbözött. Hogyan biztosította, hogy a kontroll és kezelt csoportokban a hernyók kezdeti tömege egyforma legyen? Vannak erre vonatkozó adatok?
6. Az undekánnal végzett kísérletben nagy különbséget tapasztalt a kukoricán és a mesterséges táptalajon tartott hernyók relatív testtömeg növekedésében. A kezelés hatása is más volt. Mi lehetett ennek az oka?

Kárpáti Zsolt kilenc pontban foglalja össze új tudományos eredményeit. Ezeket elfogadom és a következő négyet kiemelésre különösen érdemesnek tartom:

1. Feltárta a kukoricamoly Z- és E-vonal hibridjeinek és azok szülői vonallal történt visszakeresztezéseinek szaglólébenyében elhelyezkedő makroglomeruláris komplex neuroanatómiáját és funkcionális topológiáját.
2. Azonosította a kukoricamoly feromon felfogásért felelős receptor-neuronjainak válaszát és igazolta, hogy három helyett csak egy érzékszőr típus létezik, amely mindhárom feromon-komponensre érzékeny receptor-neuront tartalmazza.
3. Megállapította, hogy a hímek számára kezdetben vonzó feromon arányok érzékelése a későbbi orientációs szakaszokban csökken.
4. Azonosította, hogy két, kukoricából származó illatanyag, a nonanal és a dekanal keveréke laboratóriumi körülmények között vonzza a kukoricamoly megtermékenyített nőstényeit.

Összefoglalva megállapítom, hogy a disszertáció mind tartalmi, mind formai szempontból megfelel az MTA, doktori értekezésekkel szemben támasztott kritériumainak. A benyújtott mű jelentős számban tartalmaz fontos új tudományos eredményeket. Ezért javaslom az értekezés nyilvános vitára bocsátását és az MTA doktori cím odaítélését.

Gödöllő 2025. 08. 05.



Bakonyi Gábor
az MTA doktora