

Szent István Egyetem

**ALMAÜLTETVÉNYEK LOMBOZATLAKÓ VADÁSZPÓKJAI:
TAXONÓMIAI ÖSSZETÉTEL, TERMÉSZETES ZSÁKMÁNY ÉS
CIRKADIÁN BIOLÓGIA**

**(Arboreal hunting spiders in apple orchards:
taxonomic composition, natural prey and circadian biology)**

Doktori (PhD) értekezés tézisei

MEZŐFI LÁSZLÓ

Budapest

2020



A doktori iskola

Megnevezése: Kertészettudományi Doktori Iskola

Tudományága: Növénytermesztési és kertészeti tudományok

Vezetője: Zámboriné dr. Németh Éva
tanszékvezető egyetemi tanár, DSc
SZENT ISTVÁN EGYETEM, Kertészettudományi Kar,
Gyógy- és Aromanövények Tanszék

Témavezetők: Dr. Markó Viktor
egyetemi tanár, DSc
SZENT ISTVÁN EGYETEM, Kertészettudományi Kar,
Rovartani Tanszék
Dr. Markó Gábor
egyetemi docens, PhD
SZENT ISTVÁN EGYETEM, Kertészettudományi Kar,
Növénykórtani Tanszék

A jelölt a Szent István Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, az értekezés műhelyvitáján elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, ezért az értekezés védési eljárásra bocsátható.

.....
.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
.....
A témavezetők jóváhagyása

1. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEK

A XX. század második felében számos technológiai újításnak köszönhetően, mint például új növényfajták, műtrágyázás, öntözés vagy modern peszticidek bevezetése, világszerte jelentősen megnőtt a mezőgazdasági termelés volumene, mely közvetve a Föld népességének meredek növekedését eredményezte. A mezőgazdasági termények piacán jelentkező eddig sosem látott bőség ugyanakkor új problémák megjelenésével is járt: számos tanulmány kapcsolja össze a modern mezőgazdasági gyakorlat bizonyos elemeit/következményeit, mint a peszticidek intenzív használatát, a természetes élőhelyek eltűnését vagy fragmentációját, például a méhállományok elmúlt évtizedekben bekövetkezett drasztikus csökkenésével, vagy számos ízeltlábú faj megfogyatkozásával, eltűnésével. Így egyre sürgetőbb feladatként jelentkezik a jelenlegi mezőgazdasági gyakorlat megreformálása, például környezetbarát és fenntartható termelési technológiák fejlesztésével és bevezetésével, a biodiverzitás megőrzésével vagy a megőrző biológiai védekezés révén az ökoszisztéma szolgáltatások maximalizálásával. A pókok (Araneae) jelentős mennyiségű ízeltlábút ejtenek el, és nagy egyedsűrűségű illetve diverz együtteseket alkotnak különböző agrobiocönózisokban, így gyümölcsültvényekben is, ezért a kártevők ígéretes természetes ellenségei lehetnek. A pókokat általánosságban véve polifág és opportunistá ragadozónak tartják, bár az egyes fajok vagy együttesek természetes zsákmányspektrumának összetételéről kevés információ áll rendelkezésünkre. Biológiájukkal és az ökológiai rendszerekben betöltött szerepükkel kapcsolatos ismereteink rendkívül hiányosak, még számos, gazdasági szempontból fontos faj esetén is. Így, az agrobiont fajok ökológiája és pontos szerepük az agrárterületeken kialakuló ízeltlábú együttesek életében, kutatási szempontból is sokkal nagyobb figyelmet érdemel.

Jelen disszertáció három, lektorált szakmai folyóiratban megjelent tanulmányból tevődik össze (SJR Q1: 1db., Q2: 2 db., lásd a 6. fejezetet). Ezek célkitűzései a következők voltak: (1) bővíteni a magyarországi almaültvények pókfaunájára vonatkozó ismereteinket; (2) jellemezni almaültvények lombozatlakó vadáspókjainak természetes zsákmányát és feltárni ezen pókok szerepét a táplálékhalóban és a kártevők gyérítésében; (3) és megismerni a magyarországi gyümölcsültvényekben előforduló két leggyakoribb lombozatlakó vadáspókfaj (*Carrhotus xanthogramma* és *Philodromus cespitum*) cirkadián aktivitását.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1. Hazai almaültetvények pókfaunisztikai felmérése

A pókokat 2013-tól 2016-ig Magyarország több pontján, főleg almaültetvényekből (Bács-Kiskun, Pest, Szabolcs-Szatmár-Bereg és Tolna megyék) és városi parkokból (Budapest, Gödöllő) gyűjtöttük. A pókok begyűjtése többféle módszerrel történt: egyeléssel, kopogtatással, hullámpapír övekkel és avarfuttatással. Utóbbi két módszerrel elsősorban telelő egyedeket gyűjtöttünk. A pontos identifikálás érdekében számos faj juvenilis egyedeit felneveltük, *Drosophila hydei* gyümölcslegyekkel táplálva ezeket. A gyűjtött és nevelt egyedeket 70 %-os etanolban tartósítottuk majd, ahol ez lehetséges volt, az ivar- illetve párzószervek alapján sztereomikroszkóp segítségével identifikáltuk.

2.2. Lombzatlakó vadáspókok természetes zsákmányspektruma és kártevőgyérítő képessége almaültetvényekben

A lombzatlakó vadáspókok természetes zsákmányspektrumának (aktuális préda) meghatározásához 2013 és 2019 között gyűjtöttünk adatokat magyarországi almaültetvényekből. A vegetációs időszak során ökológiai ültetvényekben rendszeresen átvizsgáltuk a fákat, a táplálkozó vadáspók egyedeket begyűjtöttük, majd a pókot és prédát laboratóriumban (Szent István Egyetem, Rovartani Tanszék) identifikáltuk. A nappali megfigyelések mellett sötétedés után is gyűjtöttünk adatokat, hogy az ekkor aktív fajok zsákmányát is jellemezni tudjuk. A minták begyűjtését követően lemértük a pókok előtestének átmérőjét és a préda tor szélességét. Azon juvenilis pókok esetében ahol a fajszerű azonosítás nem volt lehetséges, az egyedeket adult stádiumig neveltük (*D. hydei* prédán).

A potenciális préda (a lombkoronában hozzáférhető zsákmány) összetételét D-VAC motoros lombszívó segítségével mértük fel a NAIK Gyümölcs- és Dísznövénytermesztési Kutatóintézet Újfehértón található ökológiai almaültetvényében. Ehhez 2016-ban és 2017-ben áprilistól októberig havonta gyűjtöttünk mintákat alkalmanként 20 fa lombkoronájából.

A legtöbb elemzéshez a pókokat hat [(1) *Carrhotus xanthogramma*, (2) Egyéb ugrópók, (3) *Philodromus cespitum*, (4) *Ebrechtella tricuspidata*, (5) *Xysticus* spp., és (6) *Clubiona* spp.], míg a prédaszervezeteket (aktuális és potenciális préda) 16

csoportba soroltuk [(1) Acari, (2) Araneae, (3) Coleoptera, (4) Lepidoptera, (5) Formicidae, (6) Egyéb Hymenoptera, (7) Brachycera, (8) Nematocera, (9) Auchenorrhyncha, (10) Heteroptera, (11) Sternorrhyncha, (12) Ephemeroptera, (13) Neuroptera, (14) Psocoptera, (15) Thysanoptera és (16) Trichoptera]. Egyes elemzésekhez a kisebb relatív abundanciájú prédacsoportokat „Egyéb préda” néven összevontuk.

A vadászpókok kártevőgyérítő képességének vizsgálatához a prédaszervezeteket közép-európai almaültetvényekben betöltött gazdasági (növényvédelmi) szerepük szerint is kategorizáltuk. Így megkülönböztettünk (1) kártevőket, (2) természetes ellenségeket és növényvédelmi szempontból (3) indifferens ízeltlábúakat.

Elemzéseinket R (v.3.5.3.) statisztikai környezetben végeztük. Az aktuális és potenciális préda összehasonlításánál csak az azonos helyen (Újfehértó) és időben (2016-2017) gyűjtött adatokat vettük figyelembe, míg a többi esetben a különböző ültetvényekből és időpontokból származó adatokat összevontuk.

Adataink elemzéséhez számos statisztikai eljárást alkalmaztunk: (1) az aktuális és potenciális prédát binomiális általánosított kevert hatású modellekkel (GLMM-b) hasonlítottuk össze és a pókok szelektív prédaválasztását jellemző, Ivlev-féle preferencia indexeket számoltunk; (2) a pókok és prédájuk taxonómiai összetételének tér- és időbeli skálán történő összehasonlításához Morisita disszimilaritási távolsági mátrixon alapuló Mantel tesztek alkalmaztunk; (3) a hat domináns pókcsoport trofikus tulajdonságait a táplálékhalóra jellemző mérőszámokkal (specializációs indexek) és a Levin-féle niche szélességi értékekkel jellemeztük, a pókcsoportok közötti niche átfedéseket pedig null modellek segítségével teszteltük; (4) a hat pókcsoport természetes zsákmányának összetételét modell alapú fourth-corner analízissel is összehasonlítottuk; (5) a predátor és préda mérete közötti összefüggéseket gamma eloszláson alapuló általánosított lineáris modellek segítségével (log-link GLM-g), míg a méretbeli jellemzőkben jelentkező esetleges taxon-specifikus eltéréseket általános lineáris modellek (LM) segítségével vizsgáltuk.

2.3. A *Carrhotus xanthogramma* és *Philodromus cespitum* fajok aktivitási mintázatainak vizsgálata

A pókokat több hazai almaültetvényből kopogtatásos módszerrel gyűjtöttük a fák lombkoronájából. A *C. xanthogramma* esetén 11 és 10, míg a *Ph. cespitum* esetén 11-11 adult nőtény és hím egyedeket vontunk be a vizsgálatba. A pókokat egyedileg elkülönítve, Petri-csészékben tartottuk, melyek oldalát előzőleg szigetelőszalaggal fedtük be, hogy kizárjuk a szomszédos egyedek zavaró hatását. A pókok mozgási aktivitását természetes fényviszonyok és fotoperiódus mellett vizsgáltuk.

Az összes egyed mozgási (lokomotoros) aktivitását egy videokamera segítségével folyamatosan rögzítettük 72 órán keresztül. A sötét szakasz alatt vörös LED fényforrás világította meg az egyedeket. A *C. xanthogramma* esetében április 26-tól 29-ig, míg a *Ph. cespitum* esetében július 6-tól 9-ig készültek a felvételek. A videofelvételek alapján az egyedek mozgását 10 perces felbontásban, egy 0–2-ig terjedő skálán értékeltük (0 – nem mozdul; 1 – helyzetváltoztató mozgás; 2 – helyváltoztató mozgás). Adott módszerrel minden egyed esetén egy 432 adatpontból álló idősort nyertünk. Elemzéseink során figyelembe vettük a napkelte és napnyugta idejét, és a polgári illetve navigációs szürkületi periódusokat.

Adatainkat többféle módszerrel elemeztük: (1) különböző indexekkel (diurnalitási és krepuskularitási) jellemeztük az aktivitás relatív mennyiségét a fény szakaszban és a szürkületi periódusok alatt, majd az ivarok indexértékeit kétmintás t-próbával hasonlítottuk össze; (2) cirkuláris statisztikai eljárások segítségével (Rao-teszt, Watson-féle kétmintás próba) elemeztük és hasonlítottuk össze a különböző ivarok aktivitásának napon belüli eloszlását; (3) a különböző időablakokban mutatott aktivitási szinteket általános lineáris kevert hatású modellekkel (LMM) elemeztük, majd az időablakok post-hoc összehasonlításához kétmintás t-próbákat alkalmaztunk (a *P* értékek Holm korrekciójával); (4) az aktivitási mintázatok periodicitását Fourier analízis segítségével vizsgáltuk; (5) végül az egyes egyedek (és ivarok) cirkadián ritmusát cosinus görbék illesztésével (cosinor-based rhythmometry) jellemeztük, majd a feltételezett ivarspecifikus különbségeket a görbék nevezetes pontjain (Maximum, Átlagos szint, Minimum) mért aktivitási szintekben általános lineáris kevert-hatású modellekkel (LMM) elemeztük.

3. EREDMÉNYEK

3.1. Faunisztikai vizsgálatok

A *Cyclosa sierrae* Simon, 1870 (Araneidae) és a *Porrhomma oblitum* (O. P.-Cambridge, 1871) (Linyphiidae) Magyarország faunájára nézve új fajoknak bizonyultak. A *C. sierrae* fajt első ízben mutattuk ki Közép-Európából. Emellett megerősítettük a *Dysdera lata* Reuss, 1834 és a *Philodromus marmoratus* Kulczyński, 1891 fajok Magyarországi előfordulását, és újabb adatokat szolgáltatunk további hat, faunisztikai szempontból kevésbé ismert fajról, melyek a következők voltak: *Brigittea vicina* (Simon, 1873) (Dictynidae), *Iberina microphthalmia* (Snazell & Duffey, 1980) (Hahniidae), *Mermessus trilobatus* (Emerton, 1882) (Linyphiidae), *Pulchellodromus ruficapillus* (Simon, 1885) (Philodromidae), *Lasaeola prona* (Menge, 1868) (Theridiidae) és *Diaea livens* Simon, 1876 (Thomisidae). A *D. lata*, *Ph. marmoratus*, *B. vicina* és *D. livens* kivételével a pókfajokat almaültetvényekben gyűjtöttük.

3.2. Lombozatlakó vadáspókok zsákmányspektruma almaültetvényekben

Nagy mintavételi ráfordításunk eredményeként, 2013 és 2019 között összesen 878 értékelhető adatot gyűjtöttünk az almaültetvényekben előforduló lombozatlakó vadáspókok (melyek hét család 29 fajából kerültek ki) természetes zsákmányspektrumáról. Egy gyűjtőre számítva egy munkaóra alatt átlagosan 0,8–1,2 táplálkozó vadáspókot tudtunk gyűjteni. A leggyakoribb vadáspók taxonok/csoportok csökkenő sorrendben a *C. xanthogramma*, a *Ph. cespitum*, a *Clubiona* spp., az „Egyéb ugrópókok”, az *E. tricuspidata* és a *Xysticus* spp. voltak, melyek az összes adat 89%-át tették ki. A vadáspókegyüttes összes zsákmányának 66,5 %-át a Sternorrhyncha, Brachycera és Nematocera taxonokba tartozó fajok tették ki, és a pókok a megfigyelt ragadozási események 54 %-ában növényvédelmi szempontból indifferens szervezetekkel táplálkoztak. A kártevők csoportjából a pókok legnagyobb arányban levéltetvekkel, míg a természetes ellenségek csoportjából pókokkal táplálkoztak. A megfigyelt vadáspókok közül egy sem fogyasztotta az Európában az alma kulcskártevőjének számító almamoly (*Cydia pomonella*) egyik fejlődési alakját sem. A lombozatlakó vadáspókok és zsákmányuk között pozitív és exponenciális méretbeli kapcsolat volt kimutatható, azaz a nagyobb pókok a testméretükhöz képest jellemzően egyre nagyobb prédát zsákmányoltak. A

préda tor átlagos átmérője 1,13 mm, a pók előtest átlagos átmérője 1,72 mm, míg az átlagos préda-predátor méretarány 0,67 volt (azaz a préda mérete átlagosan 67 %-a volt a pók méretének).

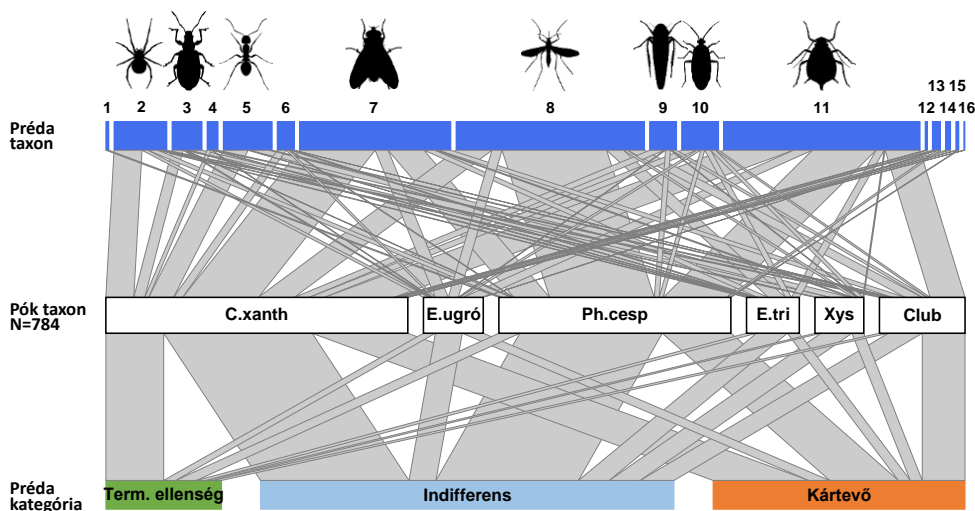
3.2.1. *Az aktuális és potenciális préda összehasonlítása:* Az újfehértói almaültetvényben a vizsgált években (2016 és 2017) az aktuális prédacsoportok relatív gyakorisága szignifikánsan különbözött a potenciális prédacsoportok relatív gyakoriságától. Az almafák lombkoronájában megfigyelhető arányaikhoz (relatív abundanciájukhoz) képest a Brachycera és Nematocera prédát szignifikánsan nagyobb, míg a Coleoptera prédát szignifikánsan kisebb arányban zsákmányolták a vadászpókok.

Az ökonómiai kategóriák szintén eltérő arányokban képviselték magukat a pókok aktuális és potenciális zsákmányában. A lombozatlakó vadászpókok szignifikánsan nagyobb arányban fogyasztottak indifferens szervezeteket, míg szignifikánsan kisebb arányban kártevőket azok a környezetben megfigyelhető előfordulási gyakoriságához képest. Pókcsoportonként vizsgálva e tekintetben hasonlóan viselkedett a hat csoport, továbbá az Ivlev-féle preferencia index alapján a hatból négy pókcsoporthoz pozitívan szelektálta a hasznos szervezeteket is. Összességében megállapítottuk, hogy az almaültetvények lombkoronájában élő vadászpókok kifejezetten könnyen kapcsolhatnak át kártevőkről Brachycera és Nematocera zsákmányra, azaz az indifferens alternatív zsákmány jelenléte jelentősen csökkentheti a pókok kártevőgyérítő hatékonyságát.

3.2.2. *Táplálékháló, niche szélesség és átfedés:* A továbbiakban csak a hat leggyakoribb pókcsoporthoz/taxon adatait elemeztük. A pókcsoporthoz és a lombozatlakó ízeltlábú-együttes közötti trofikus kapcsolatokat az 1. ábrán tüntettük fel.

Általánosságban a vizsgált pókcsoporthoz generalista ragadozóknak bizonyultak, mivel a táplálékhálóból számított specializációs értékek (d') kicsik, míg a csoportok trofikus niche szélességet mérő értékei (B) nagyok voltak. A *Xysticus* spp. és a *Ph. cespitum* bizonyultak a legspecializáltabb taxonoknak és ezzel összefüggésben ezeknek volt a legszűkebb a trofikus niche-e. Megjegyzendő azonban, hogy a táplálékháló szerkezete a vegetációs időszak során átalakul az egyes csoportok abundanciáinak szezonális változása miatt.

A zsákmány taxonómiai összetételét tekintve a pókcsoportok között viszonylag nagy volt a niche átfedés, leszámítva a *Xysticus* taxont, melynek meglehetősen különbözött a zsákmányspektruma a többi pókétól. A legnagyobb niche átfedést a *C. xanthogramma* és az Egyéb ugrópók, a *Clubiona* spp. és az Egyéb ugrópók, illetve az *E. tricuspidata* és az Egyéb ugrópók között figyeltük meg.



1. ábra: A leggyakoribb pókcsoportok és a lombozatlakó ízeltlábú-együttes közötti trofikus (táplálkozási) kapcsolatok almaültetvényekben. Teljes vegetációs időszak, N=784. A középső téglalapok a pókokat, míg a felső és alsó téglalapok a pókok zsákmányspektrumát jelölik taxonómiai és ökonómiai kategóriák szerinti bontásban. A trofikus kapcsolatok gyakoriságát a téglalapokat összekötő sávok szélessége mutatja és a téglalapok mérete arányos az adott csoport relatív gyakoriságával. A számok a következő prédataxonokat jelölik: **1** Acari, **2** Araneae, **3** Coleoptera, **4** Lepidoptera, **5** Formicidae, **6** Egyéb Hymenoptera, **7** Brachycera, **8** Nematocera, **9** Auchenorrhyncha, **10** Heteroptera, **11** Sternorrhyncha, **12** Ephemeroptera, **13** Neuroptera, **14** Psocoptera, **15** Thysanoptera, **16** Trichoptera; Pókok: **C.xanth** = *C. xanthogramma*, **E.ugró** = Egyéb ugrópók, **Ph.cesp** = *Ph. cespitum*, **E.tri** = *E. tricuspidata*, **Xys** = *Xysticus* spp., **Club** = *Clubiona* spp.

3.2.3. A pók-préda kapcsolatok fourth-corner analízise: Az elemzés során az egyes csoportok közötti elemszámbeli különbségekre és az évszakokra egyaránt korrigálva megállapítottuk, hogy a többi vizsgált pókkal összehasonlítva a *C. xanthogramma*-ra jellemző (+) a Formicidae és Coleoptera, míg nem jellemző (–) a Nematocera, Lepidoptera és Heteroptera csoportok zsákmányolása. Hasonló szelektivitás volt megfigyelhető a többi pókcsoportnál is: Egyéb ugrópók (+: Egyéb Hymenoptera, Sternorrhyncha; –: Formicidae, Nematocera), *Ph. cespitum* (+: Nematocera, Sternorrhyncha, Auchenorrhyncha; –: Formicidae, Coleoptera, Lepidoptera), *E. tricuspidata* (+: Egyéb Hymenoptera, Heteroptera, Lepidoptera; –:

Araneae, Auchenorrhyncha), *Xysticus* spp. (+: Formicidae, Coleoptera, Heteroptera; -: Sternorrhyncha, Brachycera, Nematocera), *Clubiona* spp. (+: Sternorrhyncha, Lepidoptera; -: Coleoptera). Egyes prédacsoportok zsákmányolásának mértékében (pl.: Araneae, Coleoptera, Nematocera, Auchenorrhyncha) jelentős szezonális különbségek is voltak. Predikciónkkal ellentétben az azonos vadász guildekbe tartozó pókcsoportok nem mutattak egységes képet sem a preferenciák, sem a zsákmány összetételük tekintetében.

3.2.4. *Predátor-préda méretbeli összefüggések:* Mind a hat vizsgált pókcsoport esetében exponenciális pozitív kapcsolat volt kimutatható a pók és a préda testmérete között. A pókok és prédájuk mérete, illetve a préda-predátor méretarány pókcsoportonként, évszakonként és prédacsoportonként is különbözött (1. táblázat). A saját méretükhöz viszonyítva a *Ph. cespitum* és *C. xanthogramma* fajok ejtették el a relatíve legkisebb, míg a *Xysticus* és *Clubiona* spp. taxonok a relatíve legnagyobb prédákat. A három fő prédacsoport (Brachycera, Nematocera, Sternorrhyncha) adatait külön elemezve a pók és a préda mérete között szintén exponenciális pozitív kapcsolat volt kimutatható, és a pókok a saját testméretükhöz képest Brachycera prédákból fogyasztották a legnagyobbakat.

1 táblázat. Pók előtest és préda tor átmérők, illetve a préda-predátor arányok (átlag ± SD) a különböző vadáspók csoportok és évszakok esetén.

	Pók taxon					Évszak			
	<i>C. xanthogramma</i>	Egyéb ugrópókok	<i>Ph. cespitum</i>	<i>E. tricuspidata</i>	<i>Xysticus</i> spp.	<i>Clubiona</i> spp.	Tavaszi	Nyári	Őszi
N*	275	46	105	44	46	55	161	293	117
Pók előtest átmérő (mm)	1,86 (0,56) C	1,53 (0,36) B	1,59 (0,42) B	1,78 (0,35) C	1,86 (0,68) BC	1,20 (0,43) A	1,92 (0,59) b	1,53 (0,39) a	1,89 (0,66) b
Préda tor átmérő (mm)	1,18 (0,64) B	0,99 (0,49) AB	0,97 (0,61) A	1,28 (0,85) AB	1,39 (0,88) B	0,88 (0,39) A	1,30 (0,69) b	1,06 (0,66) a	1,03 (0,56) a
Préda-predátor arány (tor átmérő/előtest átmérő)	0,64 (0,28) A	0,66 (0,29) AB	0,62 (0,36) A	0,70 (0,41) AB	0,77 (0,50) AB	0,77 (0,30) B	0,68 (0,33) ab	0,69 (0,35) b	0,59 (0,27) a

A különböző nagyságú pókcsoportok között, míg a különböző méretű kisbetűk az évszakok között szignifikáns különbséget jeleznek ($P < 0,05$).

*A pók előtest, vagy préda tor átmérővel nem rendelkező megfigyelések kizárva.

3.2.5. *Különbségek a C. xanthogramma és Ph. cespitum életstádiumai között:* Összehasonlítva a különböző fejlődési szakaszok (adult vs. juvenilis) prédáját, a *C. xanthogramma* adultoknak volt a legszélesebb a trofikus niche-e ($B = 6,76$). A niche-szélesség tekintetében ezután csökkenő sorrendben a *C. xanthogramma* juvenilisek ($B = 5,85$), *Ph. cespitum* adultak ($B = 4,32$) és *Ph. cespitum* juvenilisek ($B = 2,51$)

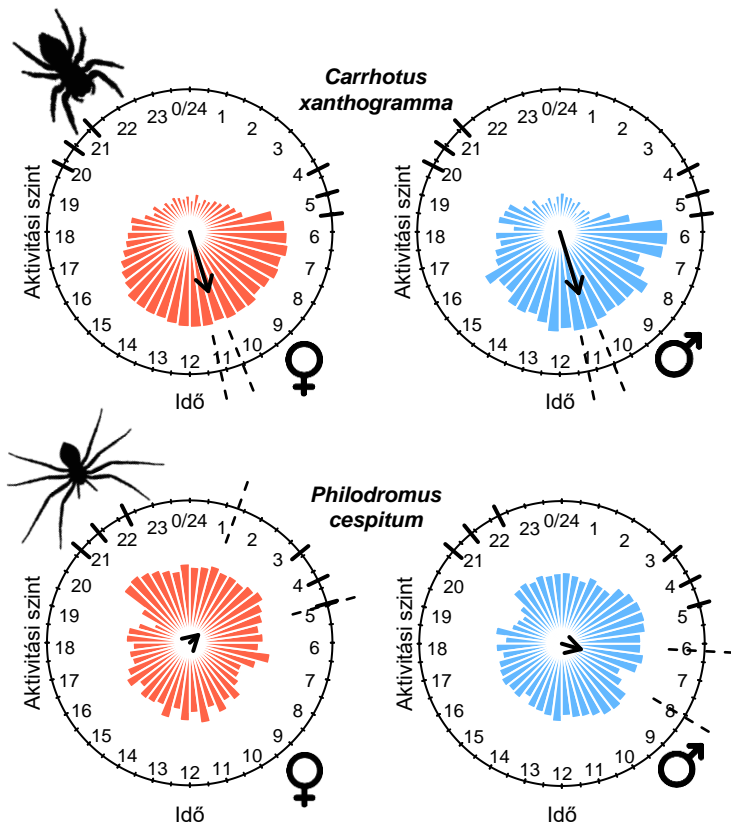
következtek. Ez alapján megállapítható, hogy a trofikus niche mindkét faj esetében kiszélesedett az egyedfejlődés során. A préda taxonómiai összetételét tekintve az említett csoportok között jelentős volt a niche átfedés, kivéve a *Ph. cespitum* juveniliseket. Ennek a csoportnak a zsákmánya jelentősen elkülönült mind az adult és juvenilis *C. xanthogramma* csoportok zsákmányától, de még az adult fajtársak zsákmányától is, így ontogenetikai eltolódást jelezve a *Ph. cespitum* faj prédaválasztásában.

3.3. A *C. xanthogramma* és *Ph. cespitum* lokomotoros aktivitása

3.3.1. Aktivitási indexek: A számított indexek szerint a *C. xanthogramma* szigorúan nappali aktivitásúnak bizonyult, és a különböző ivarok hozzávetőleg hasonló mértékben voltak aktívak nappal és a szürkületi órákban is. Ezzel szemben a *Ph. cespitum* a teljes 24 órás periódus alatt enyhén változó mértékben, de folyamatosan aktív volt. Ez a napszaksemleges (katemerális) aktivitású fajokra jellemző, azaz a faj nem tekinthető szigorúan nappali, éjszakai vagy szürkületi aktivitásúnak. A *Ph. cespitum* hímek a nőstényekhez képest nappal aktívabbnak, míg szürkületben kevésbé aktívnak bizonyultak.

3.3.2. A napi aktivitási mintázat: Megállapítottuk, hogy a *C. xanthogramma* nőstényeknek átlagosan 10:51-kor, míg a hímeknek átlagosan 10:53-kor tetőzött a mozgási aktivitása és az aktivitási mintázat nem különbözött az ivarok között (2. ábra). A *Ph. cespitum* esetében az átlagos aktivitási csúcs a nőstényeknél 03:09-re, míg a hímeknél 07:07-re esett és az ivarok aktivitásának napon belüli eloszlása szignifikánsan különbözött (2. ábra).

A különböző időablakokban az átlagos aktivitási szinteket összehasonlítva megállapítottuk, hogy a *C. xanthogramma* nőstények aktívabbnak voltak a hímeknél a hajnali civil szürkület és a napkelte, illetve napnyugta közötti időszak alatt. Ezzel szemben a *Ph. cespitum* hímekkel összemérve a fajtárs nőstények ezen időszakok alatt kisebb, míg az alkonyati civil szürkület alatt nagyobb mértékben voltak aktívak.

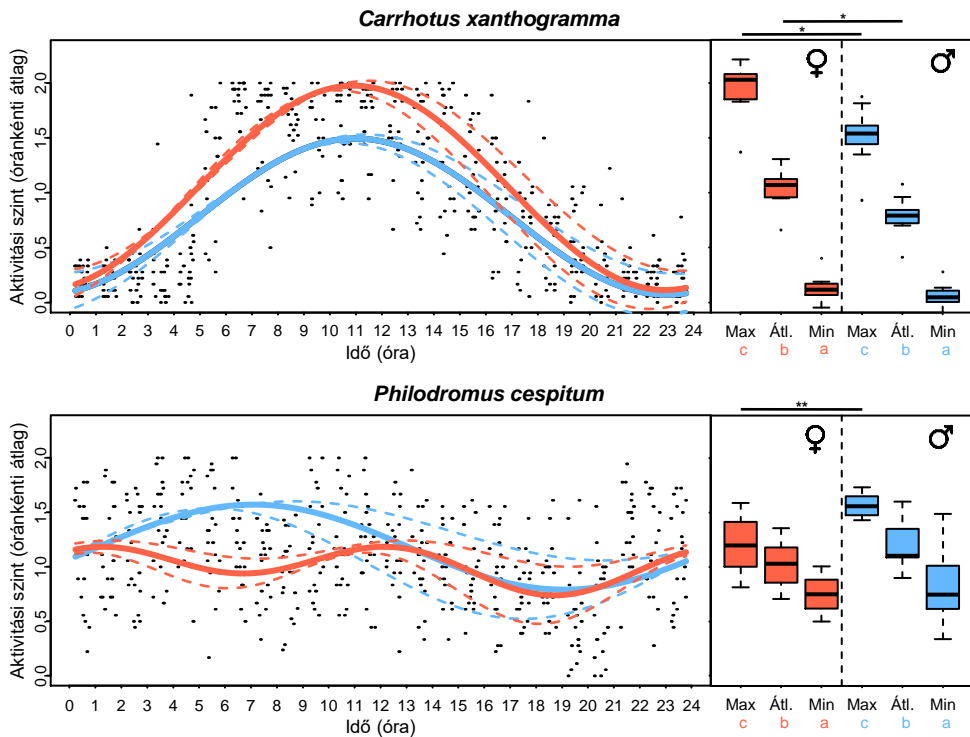


2. ábra: *C. xanthogramma* (felül) és *Ph. cespitum* (alul) nőstények (baloldalt) és hímek (jobboldalt) lokomotoros aktivitási mintázata (3 nap átlaga). Középen a nyíl jelzi az átlagos aktivitási csúcst, hossza az átlagos rezultáns hosszának felel meg. Az aktivitási szint négyzetgyökök transzformáltját 30 perces felbontásban ábrázoltuk. A szaggatott vonalak jelzik az átlagos aktivitási csúcs 95 %-os konfidencia intervallumát. A hat rövidebb vonal a különböző szürkületi periódusokat jelzi, melyek időrendben a következők: navigációs szürkület kezdete, polgári szürkület kezdete, napkelte, napnyugta, polgári szürkület vége, navigációs szürkület vége.

3.3.3. *Cirka- és ultradián ritmicitás:* A Fourier analízis szerint mind a *C. xanthogramma* és *Ph. cespitum* egyedek mozgási aktivitása cirkadián ritmicitást követett, mivel mindkét fajnál az egy ciklus/nap volt az aktivitási mintázatot kialakító fő frekvenciakomponens. Emellett a mozgási aktivitási ritmusban mindkét fajnál kimutathatók voltak magasabb frekvenciájú (24 óránál rövidebb periódusú, azaz ultradián) komponensek is.

A *C. xanthogramma* esetében a hímeknél gyakoribb volt az ultradián komponensek jelenléte, azonban ezen komponensek szignifikancia szinthez képesti, relatív amplitúdói elhanyagolhatók voltak a 24 órás periódusú fő komponensé mellett. Ezzel szemben a *Ph. cespitum* esetében a nőstényeknél több ultradián

komponenst mutattunk ki, melyek relatív amplitúdói nagyobbak voltak mind a fajtárs hímekhez, mind a *C. xanthogramma* fajhoz viszonyítva. A *Ph. cespitum* nőstények aktivitásában többnyire egy viszonylag erős, 12 órás periódusú másodlagos komponens is megjelent. Az egyedek lokomotoros aktivitását szimpla (*C. xanthogramma* és *Ph. cespitum* hímek), illetve dupla (*Ph. cespitum* nőstények) koszinusz görbével jellemeztük (3. ábra). Az illesztett görbéket jellemző paraméterek összehasonlításával megállapítottuk, hogy a *C. xanthogramma* esetén a nőstények aktívabbak a hímeknél az illesztett görbék maximumában, és az átlagos aktivitási szintjük is nagyobb. Ezzel szemben a *Ph. cespitum* esetén a hímek aktivitása a görbék maximumában meghaladja a nőstényekét (3. ábra).



3. ábra: *C. xanthogramma* (felül) és *Ph. cespitum* (alul) egyedek ivarspecifikus napi (és 12 órás) lokomotoros aktivitási ritmusa. A bal panelen a fix 24 órás periódusidővel illesztett koszinusz görbék láthatók. A pontok az egyes egyedek óránkénti átlagos aktivitási szintjét jelölik. A szaggatott vonalak a 95%-os konfidencia intervallumát mutatják a görbéknek. A jobb panelen láthatók az ivarspecifikus különbségek az egyedileg illesztett görbék különböző fázisai által kijelölt aktivitási szintekben: az aktivitási szint a görbék maximumában (Max), minimumában (Min) és az átlagos aktivitási szintek (Átl.). A különböző betűk szignifikáns különbséget ($P < 0,05$) jeleznek az adott faj nőstényei és hímjei esetén, míg a csillagok (* = $P < 0,05$, ** = $P < 0,01$) az ivarok közötti különbséget mutatják.

4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

–Zömmel almaültetvényekben végzett faunisztikai vizsgálataim eredményeképpen a *Cyclosa sierrae* és *Porrhomma oblitum* fajokat első ízben mutattam ki Magyarországon (és a *C. sierrae* esetében Közép-Európa) faunájából. Emellett a következő fajokkal bővítettem az almaültetvényekből kimutatott fajok listáját: *C. sierrae*, *P. oblitum*, *Iberina microphthalma*, *Mermessus trilobatus*, *Pulchellodromus ruficapillus* és *Lasaeola prona*. Az *I. microphthalma* esetében megállapítottam, hogy a faj nem kötődik olyan szorosan a talajszinthez, ahogyan azt előzőleg gondolták.

–Almaültetvények lombkoronájából gyűjtött, összesen 878 vadászpók zsákmányolási eseményt elemezve megállapítottam, hogy bár a lombozatlakó vadászpókok meglehetősen polifágok, bizonyos szintig szelektálnak zsákmányszervezeteik között, így nem tekinthetők teljes mértékben opportunistáknak.

–Megállapítottam, hogy a lombozatlakó vadászpókegyüttes pozitívan szelektálja az indifferens szervezeteket, negatívan a kártevőket, és a természetes ellenségeket azok előfordulási gyakoriságának megfelelő arányban fogyasztja. Annak ellenére, hogy a vadászpókok nagy mennyiségű almakártevőt fogyasztanak, hasznos tevékenységüket jelentősen korlátozza az intraguild predáció mértéke és a hajlamuk arra, hogy kártevőkről indifferens prédára kapcsoljanak át.

–Első ízben jellemeztem gyümölcsültetvények lombkoronaszintjén kialakuló vadászpók- és ízeltlábú-együttesek közötti trofikus interakciókat, illetve a táplálékháló dinamikáját.

–A természetes zsákmányspektrum alapján jellemeztem a leggyakoribb lombozatlakó vadászpók taxonok trofikus ökológiáját almaültetvényekben. Kimutattam, hogy a *Carrhotus xanthogramma* és *Philodromus cespitum* trofikus niche-e az egyedfejlődés során megváltozik.

–Először jellemeztem a *C. xanthogramma* és *Ph. cespitum* fajok lokomotoros aktivitási ritmusát. A *C. xanthogramma* esetében megállapítottam, hogy a nőstények aktívabbak a hímeknél, mely jelenség meglehetősen ritka a pókoknál. A *Ph. cespitum* aktivitási ritmusa katemerálisnak (napszaksemlegesnek) bizonyult, és az ivaroknak különbözött az aktivitási mintázata. Elsőként állapítottam meg, hogy a pókoknál az

ivarok különböző ultradián komponens készlettel rendelkezhetnek, mely komponensek jelentősége és relatív amplitúdója is különbözhet ivaronként. A *Ph. cespitum* nőstények aktivitási ritmusa inkább bimodálisnak, mint unimodálisnak bizonyult.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

5.1. A faunisztikai eredmények megvitatása

A szomszédos országokban való jelenlétüket és az Európán belüli elterjedésüket tekintve az új fajok (*C. sierrae* és *P. oblitum*) megjelenése hazánkban nem volt váratlan. Feltehetően az említett két faj természetes úton jutott el Magyarországra, mert az Araneidae és Linyphiidae fajok esetében kevésbé jellemző az emberi közvetítéssel történő terjedés (behurcolás). A kézirat készültekor a „Spiders of Europe” adatbázisa (<https://araneae.nmbe.ch/>) 800 pók taxont listáz Magyarországról. A most, illetve a közelmúltban a faunára vagy a tudományra újnak leírt fajok száma azt sugallja, hogy ez a fajlista korántsem teljes és a hazánkban előforduló pókfajok száma ennél jóval többre becsülhető. A nemzetközi kereskedelem és a globális klímaváltozás a legjelentősebb tényezők, melyek elősegítik idegen fajok terjedését és megtelepedését. Jelenleg évente átlagosan egy idegen új fajjal gyarapodik Európa pókfaunája, azonban ez az arány elkerülhetetlenül növekedni fog a jövőben. Ezért az elkövetkezendőkben is érdemes folytatni Magyarország pókfaunájának minél részletesebb feltárását.

5.2. A lombotlakó vadászpókok trofikus ökológiájával és kártevőgyérítő potenciáljával kapcsolatos konklúziók

Magyarországi almaültetvények lombkoronájából gyűjtött, összesen 878 vadászpók prédát elemezve a következőt állapítottam meg: habár a vizsgált pókcsoportok polifág predátorokként jellemezhetők magas funkcionális redundanciát mutatva trofikus ökológiájukban, mégis különböző mértékű predációs nyomást fejtenek ki a különböző prédaszervezetekre, faj- és életstádium-specifikus preferenciákkal rendelkeznek bizonyos prédataxonok irányába, így a prédaválasztásukat a préda taxonómiai hovatartozása, de a mérete is befolyásolja. Ebből következik, hogy a kártevőgyérítés mértéke függ egyrészt a vadászpókegyüttes taxonómiai összetételétől, másrészt a kulcskártevők taxonómiai hovatartozásától is. Azaz, egyes pókfajok vagy bizonyos prédát fogyasztó funkcionális csoportok tevékenységének

támogatása hatékonyabb lehet a megőrző biológiai védekezés során, mint a természetes ellenségek biológiai diverzitásának közvetlen növelése, mivel a megnövekedett biodiverzitás hatása meglehetősen kontextusfüggő. Növényvédelmi szempontból a *Ph. cespitum* és *Clubiona* fajok bizonyultak a leghatékonyabb természetes ellenségeknek a levéltetvek (*Ph. cespitum* és *Clubiona* spp.) és Lepidoptera kártevők (*Clubiona* spp.) gyakori fogyasztása, illetve relatíve kismértékű intraguild predációjuk miatt.

5.3. Konklúziók a *C. xanthogramma* és *Ph. cespitum* cirkadián biológiájával kapcsolatban

A vizsgálat legfontosabb eredményeit összefoglalva a következőket állapítottam meg: (1) a *C. xanthogramma* nőstények aktívabbak a hímeknél, (2) míg a *Ph. cespitum* ivaroknak különbözik az aktivitási mintázata, (3) a két fajt vizsgálva úgy tűnik, hogy az ultradián komponensek jelenléte feltehetően nem függ a teljes aktivitás mértékétől, (4) az ivarok különböznek az ultradián komponens készletük tekintetében, (5) a napszaksemleges *Ph. cespitum* aktivitási ritmusa több ultradián komponenst tartalmaz melyek relatív amplitúdói is nagyobbak a szigorúan nappali *C. xanthogramma* fajhoz képest, és (6) a *Ph. cespitum* esetében a 24 órás periódusú fő komponens mellett a 12 órás periódusú komponens is fontos szerepet játszhat a lokomotoros aktivitási mintázat kialakításában. További vizsgálatok szükségesek az ultradián komponensek és az említett ivari különbségek adaptív jelentőségének és funkciójának meghatározásához.

6. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓK*

6.1. Publikációk lektorált folyóiratokban

Mezőfi L, Markó G, Nagy Cs, Korányi D, Markó V. 2020. Beyond polyphagy and opportunism: natural prey of hunting spiders in the canopy of apple trees. *PeerJ* 8:e9334 (SJR 2019: Q1, IF: 2,379) DOI: 10.7717/peerj.9334.

Mezőfi L, Markó G, Kovács P, Markó V. 2019. Circadian rhythms in the locomotor activity of the spiders *Carrhotus xanthogramma* (Salticidae) and *Philodromus cespitum* (Philodromidae): Temporal patterns and sexual differences. *European Journal of Entomology* 116:158-172 (SJR 2019: Q2, IF: 1,051) DOI: 10.14411/eje.2019.017.

Mezőfi L, Markó V. 2018. Some rare and remarkable spider species from Hungary (Arachnida: Araneae). *Arachnologische Mitteilungen* 55:1-9 (SJR 2018: Q2) DOI: 10.30963/aramit5501.

Mezőfi L, Nagy Cs, Markó V. 2015. Adatok almaültetvények lombzatlakó vadászpók együttesének összetételéről és kártevő korlátozó szerepéről. *Növényvédelem* 51:409-416.

6.2. Publikációk egyéb folyóiratokban

Hoppál D, **Mezőfi L**. 2017. Almaültetvények pókfaunisztikai felmérése a peszticidterhelés függvényében. *Biokultúra* 28:30-31.

6.3. Konferenciaközlemények

Mezőfi L, Markó G, Kovács P, Markó V. 2019. Két agrobiont pókfaj lokomotoros aktivitási mintázatának összehasonlító vizsgálata. XIX. Magyar Pókász Találkozó. 2019. október 4–6. Balatonyörök - Keszthely. Program, Előadások összefoglalói, Résztevők. p. 26.

Mezőfi L, Markó G, Nagy Cs, Korányi D, Markó V. 2019. Vadászó pókfajok almaültetvények táplálékhalójában. 7. Szünzoológiai Szimpózium. 2019.

*A teljes publikációs listát lásd az MTMT-n
(<https://m2.mtmt.hu/gui2/?type=authors&mode=browse&sel=10052764>)

március 29. Magyar Természettudományi Múzeum. Budapest. Absztrakt kötet. p. 10.

Mezőfi L, Markó G, Kovács P, Markó V. 2019. Ivari különbségek és aktivitási mintázatok két agrobiont pókfajnál. 65. Növényvédelmi Tudományos Napok. Agrozoológiai Szekció. 2019. február 19–20. MTA. Budapest. Növényvédelmi Tudományos Napok 2019 kiadványa (ISSN 0231 2956). p. 28.

Mezőfi L, Nagy Cs, Korányi D, Markó V. 2018. Preliminary data on the natural prey of arboreal hunting spiders (Araneae) in apple orchards. 31st European Congress of Arachnology. 8–13 July, 2018. Vác, Hungary. Final Program & Abstracts (**Mezőfi L**, Szita É. eds.). p. 96.

Mezőfi L, Nagy Cs, Markó V. 2018. Mivel táplálkoznak almaültetvények lombozatlakó vadászpókjai (Araneae)? 64. Növényvédelmi Tudományos Napok. Agrozoológiai Szekció. 2018. február 20–21. MTA ATK – TAKI/NÖVI. Budapest. Növényvédelmi Tudományos Napok 2018 kiadványa (ISSN 0231 2956). p. 34.

Mezőfi L, Gyóni D, Markó G, Bársony K, Markó V. 2017. *Carrhotus xanthogramma* viselkedési bélyegeinek vizsgálata és zsákmányspektruma almaültetvényekben. XVIII. Magyar Pókász Találkozó. 2017. szeptember 22–24. Fertőújlak. Program, Előadások összefoglalói, Résztevők. p. 23.

Mezőfi L, Nagy Cs, Markó V. 2017. Almaültetvények lombozatlakó vadászpókjainak táplálkozási preferenciái. In: Nagy N, Tóbi I. (szerk.): A Pro Scientia Aranyérmesek XIII. Konferenciájának Tanulmánykötete (ISBN 978-963-88289-3-4). Pro Scientia Aranyérmesek Társasága Egyesület, Pécs. pp. 182-183.

Mezőfi L, Nagy Cs, Markó V. 2016. Adatok almaültetvényekben élő vadász stratégiájú pókok zsákmányspektrumának összetételéhez. XVII. Magyar Pókász Találkozó. 2016. szeptember 16–18. Gárdony. Program és Összefoglalók. p. 10.

