

37. OTDK Biológia Szekció

Táplálkozás és gyomortartalom vizsgálatok a Capniidae téli álkérés (Plecoptera) család japán fajainak imágóin

Földi Kristóf

Osztatlan biológia- testnevelés tanári szak

Negyedik évfolyam

Eszterházy Károly Katolikus Egyetem

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék	1
1. Bevezetés.....	2
2. Célkitűzés	3
3. Anyag és módszer	3
4. Eredmények.....	10
5. Diskusszió.....	22
6. Köszönetnyilvánítás	24
Nyilatkozat a MI használatról	24
Irodalom	24

1. Bevezetés

A japán szigetvilág álkérész faunája igen gazdag, eddig több mint 200 fajt írtak le a területről (DeWalt et al. 2024, Hanada 2016), és a fajok teljes számát 400 körülre becsülik (Shimizu 2001). A téli álkérészek (Capniidae) családja a legjelentősebbek közé tartozik, mind faji, mind génusz szintű diverzitás tekintetében. Eddig 30 faj került elnevezésre és további 55 fajt ismerünk, de ezek még nem kaptak formális leírást (Shimizu 2001, Shimizu & Negoro 2003, 2007, Negoro 2009, 2014, Hanada 2016, Okamoto et al. 2017, Murányi et al. előkészületben). A családba tartozik két sajátos, röpképtelen génusz: a teljesen röpképtelen *Apteroperla* Matsumura, 1931 és az erősen csökevényes szárnyú *Eocapnia* Kawai, 1955. Előfordulásuk a teljes téli szezonban állandó hótakaróval borított területekre korlátozódik; az *Apteroperla* Honshura, az *Eocapnia* Honshura és Hokkaidóra nézve endemikus. Mindkét génusz a hegyvidéki éghajlathoz kapcsolódó és valószínűleg meglehetősen új keletű specifikációt mutat, taxonómiájuk és filogeográfiájuk még nem teljesen tisztázott (Shimizu 2001, Okamoto et al. 2017, Murányi et al. előkészületben). Ezek a szárnyatlan (vagy szárnyatlannak tűnő) rovarok meglehetősen nagy számban vannak jelen a számukra optimális területeken, feltűnő rovarok, mivel tömegesen mozognak a hó felszínén, néha jelentős távolságra minden folyóvíztől. A helyiek és az alpinisták jól ismerik ezen állatokat, „sekkeimushi”-nak, azaz „hóval borított völgyek rovarának” nevezik őket (Uéno 1929). Ismert, hogy a többi álkérészhez képest viszonylag hosszú életük imágó szakasza, és megfigyelték, hogy a kifejlett egyedek a hó felszínén lévő ugróvillásokra (Collembola) vadásznak (Koshima & Hidaka 1981) - ez az egyetlen ismert eset az álkérész imágók ragadozásáról. Elterjedési mintázatukról és ökológiájuk aspektusairól több tanulmány is született (Tanida 1981, Shimizu & Negoro 2007, Negoro 2009, 2014), de táplálkozásukat csak a közelmúltban vizsgálták részletesebben (Yonechi & Takeuchi 2019, 2020) és béltartalmuk elemzéséről nincs korábbi tanulmány.

Míg az álkérész lárvák ökológiai jelentőségét és különösen a trofikus szerepüket széles körben tanulmányozzák, a kifejlett állatok biológiájáról kevesebb az ismeretünk, a kutatások többsége a kelés és a szaporodási stratégiák néhány aspektusára összpontosít (Stewart 1994; Tierno de Figueroa et al. 2019). Így az álkérész imágók táplálkozása alulkutatott, a jelenlegi adatok

többsége (számos országban) izolált megfigyelésekre korlátozódik a természetben vagy laboratóriumi körülmények között. A táplálkozáselemzésen, stabil izotóp vizsgálaton vagy kísérleti kutatáson alapuló kutatások csak az ismert fajok kis százalékára vonatkozóan állnak rendelkezésre (Tierno de Figueroa & López-Rodríguez 2019). Ma már tudjuk, hogy a felnőttkori táplálkozás a legtöbb álkérés esetében fontos tényező, hozzájárul többek között a peteéréshez, az élettartamhoz vagy a kifejlett egyedek aktivitásához (terjedés, repülés, párkeresés, akusztikus kommunikáció).

Jelen kutatásban 16 *Apteroperla* faj, 5 *Eocapnia* faj és a *Takagripopteryx nigra* Okamoto, 1922, (amely egy kissé nagyobb, gyakran az *Apteroperla* és az *Eocapnia* mellett élő, rövidszárnyú Capniidae faj) felnőtt egyedeinek béltartalmát vizsgáltuk, valamint próbáltunk összefüggést keresni szájszerveik felépítése és béltartalmuk összetétele között.

2. Célkitűzés

Kutatásom célja minél több információ gyűjtése az adott fajok táplálkozásával kapcsolatban:

1. Annak feltárása, hogy mely fajok imágói táplálkoznak aktívan?
2. Mely fajokra jellemző az aktív ragadozás?
3. Milyen egyéb táplálékokat, milyen mennyiségben és milyen gyakorisággal fogyasztottak az adott fajok?
4. Van-e összefüggés a fogyasztott táplálék és a szájszervek morfológiája között?

3. Anyag és módszer

Az állatok a hófelszínről kerültek begyűjtésre, a legtöbb 2016 telén (*Eocapnia*, és *Takagripopteryx* fajok, valamint négy *Apteroperla* faj), témavezetőm által; további tizenkét *Apteroperla*-fajt 1995 és 2007 között gyűjtöttek japán kollégák. Az állatok 70%-os etanolban kerültek fixálásra és tárolásra, a tápcsatornavizsgálatot megelőzően. Az egyes fajok további példányait az egri Eszterházy Károly Katolikus Egyetem (EKKE) Állattani Tanszékén tárolják.



1. ábra: Élőhelyfotók és az álkérészek habitus fotói: balra fent Yamagata Prefektúra, Gas-san, jobbra fent Hokkaido, Otarunai folyó, középen balra *Takagripopteryx nigra*, középen jobbra Niigata Prefektúra, Ma folyó, alul balra *Eocapnia nivalis*; alul jobbra Niigata Prefektúra, Sasagamine fennsík. (Dr. Murányi Dávid képei)

A tápcsatorna vizsgálatokhoz tartozó labormunkát, valamint a kiértékelések jelentős részét Granadában a Granadai Egyetemen végeztem, melyekre Dr. José Manuel Tierno de Figueroa és Dr. Manuel Jesus Lopez Rodriguez tanítottak be és ők felügyelték ottani munkámat. A béltartalom-elemzésekhez Bello & Cabrera (1999) módszertanát követtem kissé módosított formában, hogy a tápcsatorna vizsgálathoz legyen igazítva. Ezen módszert korábban már számos, az álkérés imágók táplálkozásával foglalkozó tanulmányban alkalmazták (pl. Tierno de Figueroa & Sánchez-Ortega 2000; Rúa et al. 2017). Minden egyes példány fajtát és nemét beazonosítottuk, ezt követően Hertwig's-folyadékba (a Hoyer-folyadék módosítása) ellátott műanyag fiolába helyeztem, és 60-70°C-os szárítószekrényben négy, öt vagy hat napig melegítettem (a szárítószekrényben töltött időt a példányok alacsonyabb vagy magasabb szklerotizációjának megfelelően lett beállítva, azok megfelelően átlátszóak, vizsgálhatóak legyenek). Ezt követően minden egyes mintát Hertwig's-folyadékba, tárgylemezre helyeztem és fedőlemezzel lefedtem. Az abszolút tápcsatorna telítettséget (amelyet a tápcsatornában a táplálék által elfoglalt hely százalékos arányában számoltam ki), 40-szeres nagyítás alatt becsültem meg fénymikroszkóp használatával. A tápcsatornában lévő különböző táplálékelemek azonosításához és annak kiszámítására, hogy az egyes táplálékelemek mekkora százalékot tesznek ki a teljes tápcsatornatelítettségéből, 400-szoros nagyítást használtam. A teljes béltartalomra és az egyes táplálékelemekre vonatkozóan fajoként és nemeként átlagot és szórást számoltam, valamint minimum és maximumértéket néztem.



2. ábra: bal felül nemek meghatározása sztereomikroszkóp alatt, jobb fent Hertwig's folyadék készítése, bal alul szárítószekrény, jobb alul preparátumok tárgylemezeken. (Saját képek)

Az EKKE gyűjteményében tárolt egyedek közül hat faj szájszervéből készült preparátum (5-7 ábra). A példányok fejét levágtuk, 10%-os KOH-ban tíz percig maceráltuk, majd a szájszerveket (alsó ajak, állkapocsok, rágók, nyelv, felső ajak) kipreparáltuk és 15 percig szegfűszegolajban pihentettük. Végül a testrészeket kanada balzsamban tárgylemezekre preparáltuk.

Az elmúlt két évtizedben a japán Capniidae család számos új fajt közölték formális leírás és tudományos elnevezés nélkül (Shimizu & Negoro 2003, Negoro 2014). Ezek és számos további új faj formális leírása, valamint a Capniidae család génusz szintű felülvizsgálata folyamatban van (Murányi et al. előkészületben). Azonban az *Apteroperla yazawai* Matsumura, 1931 (az *Apteroperla* típusfaja) Shimizu (1997) általi újraírása, további *Apteroperla* és *Eocapnia* fajok újraírása és informális leírása (Shimizu & Negoro 2003, 2007, Negoro 2014), valamint az *Apteroperla* és *Eocapnia* közelmúltbeli filogenetikai elemzése (Okamoto et al. 2017) alapján az itt vizsgált fajok közül kettőt az *Eocapnia* génuszból az *Apteroperla* génuszba kell áthelyezni. Az egyik az *Apteroperla shigensis* (Kawai, 1967) comb. n., a másik egy nem hivatalosan elnevezett faj, az *Eocapnia* sp. (Es1), amelyet itt *Apteroperla* sp. n. Es1 sensu Negoro 2014 néven illetünk. Továbbá az *Apteroperla* négy fajcsoportra osztható: *yazawai* csoport (itt vizsgált fajok: *A. babensis* (Kawai, 1967), *A. elongata* (Kawai, 1967), *A. monticola* (Kawai, 1955), *A. cf. tikumana* (Uéno, 1938), *Apteroperla* sp. n. A6, sp. n. 2, sp. n. 3, sp. n. 5), *shigensis* csoport (*A. shigensis*, *Apteroperla* sp. n. A3, sp. n. Es1), *verdea* csoport (*A. verdea* (Kawai, 1967) és további két még el nem nevezett faj, az utóbbi kettő nem szerepel a jelen tanulmányban), D fajcsoport (még el nem nevezett fajok; itt szerepelnek az *Apteroperla* sp. n. 8, sp. n. 9, sp. n. 10, sp. n. 12). E fajcsoportok definíciója és morfológiai leírása, valamint az *Apteroperla* és az *Eocapnia* új morfológiai diagnózisa a Capniidae génusz szintű revíziójában (Murányi et al. előkészületben) fog megjelenni.

A tápcsatorna elemzéshez felhasznált példányok gyűjtési adatai (kódolt irodalmi nevek, kézirat nevek és gyűjteményi nevek zárójelben követik az itt használt neveket):

Apteroperla babensis (Kawai, 1967): JAPÁN: Nagano Prefektúra, Hakuba falu, Sarukura-tól Hakubajiri felé, 2003.v.20, leg. H. Negoro, det. T. Shimizu 2003: 2♂ 4♀.

Apteroperla elongata (Kawai, 1967): JAPÁN: Toyama Prefektúra, Tateyama-hegység, Raichosawa-tól Johdo-sawa felé, 2000.v.22, leg. H. Negoro, det. T. Shimizu 2002: 1♂ 5♀.

- Apteroperla monticola* (Kawai, 1955): JAPÁN: Niigata Prefektúra, Myōkō város, Sasagamine fennsík, Ma folyó a tározó felett, 2016.iv.13. (loc.198), 1235m, N36°52.507' E138°03.587', leg. Murányi D., S. Yamano: 2♂ 6♀.
- Apteroperla shigensis* (Kawai, 1967) **comb. n.**: JAPÁN: Niigata Prefektúra, Myōkō város, Sasagamine fennsík, két erdei patak összefolyásánál, 2016.iv.13. (loc.200), 1325m, N36°52.191' E138°04.831', leg. Murányi D., S. Yamano: 3♂ 2♀.
- Apteroperla* cf. *tikumana* (Uéno, 1938): JAPÁN: Niigata Prefektúra, Nakamura-mura, Junihágó, R353, Tazawa, 1999.iii.14., leg. T. Shimizu: 3♂ 7♀.
- Apteroperla verdea* (Kawai, 1967): JAPÁN: Yamagata Prefektúra, Nishikawa város, Yumiharidaira, No.112-es út menti parkoló mentén, 2016.ii.18. (loc.96), 410m, N38°27.329' E139°59.913', leg. Murányi D.: 5♂ 5♀.
- Apteroperla* sp. n. A3 sensu Negoro 2014 (*Apteroperla* sp. (A3)): JAPÁN: Toyama Prefektúra, Asahi város, Ogawa Onsen, Motoyu, 2001.iv.2., leg. H. Negoro: 5♂ 3♀.
- Apteroperla* sp. n. A6 sensu Negoro 2014 (*Apteroperla* sp. (A6)): JAPÁN: Akita Prefektúra, Semboku város, Tazawako-cho, Nyutou Onsen, 2005.iii.22., 800m, N39°48'14" E140°47'32", leg. H. Negoro: 5♂ 5♀.
- Apteroperla* sp. n. Es1 sensu Negoro 2014 (as *Eocapnia* sp. (Es1)): JAPÁN: Yamagata Prefektúra, Nishikawa város, Gas-san, a Goshiki-numa és Yamagata Prefektúra Természettudományi Múzeum közötti út mentén, 2016.ii.18. (loc.97), 800m, N38°30' E139°59', leg. Murányi D.: 5♂.
- Apteroperla* sp. n. 2 (J): JAPÁN: Niigata Prefektúra, Uodz(?) város, Katagai-gawa, Higashimata-dani, 2002.iii.19., leg. H. Negoro: 3♂ 2♀.
- Apteroperla* sp. n. 3: JAPÁN: Yamanashi Prefektúra, Minami-Arupusu város, Kita-dake, Ohkanbasawa, Futamata, 2007.vi.19., 1800m, N35°41'35" E138°15'49", leg. H. Negoro: 5♂ 1♀.
- Apteroperla* sp. n. 5 (cf.3. A6): JAPÁN: Hyōgo Prefektúra, Yabu város, Sekinomiya-cho, Ohkubo, Nunotaki, 1995.ii.23., leg. K. Inada: 5♂ 5♀.
- Apteroperla* sp. n. 8: JAPÁN: Hyōgo Prefektúra, 1998.iii.2., leg. K. Inada: 3♂ 3♀.

- Apteroperla* sp. n. 9 (D, tatsumiensis): JAPÁN: Tottori Prefektúra, Tottori város, Saji-son, Saji-gawa, Tatsumi-hágó, 2000.iii.11, 750m, N35°14'47" E134°00'23", leg. T. Shimizu: 2♂ 6♀.
- Apteroperla* sp. n. 10 (C, sotai): JAPÁN: Shimane Prefektúra, Iinan város, Tonbara-cho, Ohyorogi-yama, Monsaka-bashi, 2000.ii.2., 600m, N35°05'43" E132°50'20", leg. S. So: 3♂ 3♀.
- Apteroperla* sp. n. 12 (A, nishinipponica): JAPÁN: Gifu Prefektúra, Takayama város, Asahimura, Akimami Onsen, Shiro-tani Stream, 1999.i.23., 35°59' E137°24', leg. T. Shimizu: 3♂ 3♀.
- Eocapnia nivalis* (Uéno, 1929): JAPÁN: Niigata Prefektúra, Myōkō város, Sasagamine fennsík, Ma folyó víztározója felett, 2016.iv.13. (loc.198), 1235m, N36°52.507' E138°03.587', leg. Murányi D., S. Yamano: 5♂ 5♀.
- Eocapnia* sp. n. 1: JAPÁN: Hokkaido, Ishikari Alprefektúra, Sapporo város, Kokusai sítelep, 2016.iii.5. (loc.127), 620m, N43°04.429' E141°05.165', leg. Murányi D.: 5♂ 5♀.
- Eocapnia* sp. n. 2: JAPAN: Hokkaido, Ishikari Alprefektúra, Sapporo város, Otarunai folyó a Sapporo tó felett, 2016.iii.5. (loc.126), 405m, N43°01.973' E141°07.708', leg. Murányi D.: 2♂ 8♀.
- Eocapnia* sp. n. 4: JAPÁN: Akita Prefektúra, Yurihonjō város, Kamijinego, Jinego folyó és mellékfolyója, 2016.ii.19. (loc.101), 285m, N39°05.119' E140°18.149', leg. D. Murányi D.: 2♂ 2♀.
- Eocapnia* sp. n. 8: JAPÁN: Yamagata Prefektúra, Nishikawa város, Gas-san, a Goshiki-numa és Yamagata Prefektúra Természettudományi Múzeum közötti út mentén, 2016.ii.18 (loc.97), 800m, N38°30' E139°59', leg. Murányi D.: 5♂ 5♀.
- Takagripopteryx nigra* Okamoto, 1922: JAPÁN: Hokkaido, Kamikawa Alprektúra, Kamikawa város, Ishikari-hegység, Kiyokawa, Niseiteshiomappu folyó, 2016.iii.8. (loc.138), 480m, N43°46.677' E142°54.215', leg. Murányi D.: 6♂ 6♀.

4. Eredmények

A béltartalom-vizsgálathoz 22 különböző fajból összesen 171 egyedet használtam fel, amelyek közül 113-nak volt béltartalma. Csak egy faj, az *Eocapnia* sp. n. 1 tápcsatornájában nem találtunk táplálékokat egyik vizsgált egyednél sem. Annak ellenére, hogy az egyes taxonokból csak kevés egyed állt rendelkezésre a tápcsatorna elemzéséhez, néhány általános tézis megfogalmazható. Bár a legtöbb faj étrendjében számos komponens közös volt, ezek eltérő arányban fordultak elő az egyes fajok táplálkozásában (1. táblázat, 3–4. ábra). A legtöbb fajban a finom szemcsés szerves anyag (FPOM), a pollen és a cianobaktériumok voltak a leggyakoribb táplálék összetevők, néhány fajnál gombafonalakkal, gombaspórákkal együtt. Kiemelkedő az állati eredetű tápanyag magas aránya, amely több fajnál (a 21 vizsgált fajból 13 esetében) megtalálható volt. Néhány egyedben (főként az *Eocapnia* sp. 8 egyedeiben) durva szemcsés szerves anyagot (CPOM) illetve ásványi anyagokat is találtam (főként az *Apteroperla elognata* nőstényei esetében). *Apteroperla* Es1 és *Eocapnia* sp.8 fajok azonos területről azonos időpontban lettek gyűjtve, mint ahogy az *Apteroperla monticola* és *Eocapnia nivallis* is, azonban egyik esetben sincsenek számottevő különbségek a fajok táplálékai között. A. Es1 egyik egyede tartalmazott azonosíthatatlan tápanyagot míg az *E.* sp. 8 egyik egyede tartalmazott ásványi anyagokat kis mennyiségben (véltetően véletlenül fogyasztotta el) valamint a faj egyedei fogyasztottak durva szemcsés szerves anyagot. *A. monticola* egyik egyede tartalmazott ásványi anyagokat kis mennyiségben (véltetően véletlenül fogyasztotta el), míg az *E. nivallis* egyedei nem. Mindezekon felül csak a különféle táplálékok jelenlétének arányai közt voltak különbségek.

1. táblázat. A vizsgált fajok béltartalmának százalékos aránya. FPOM: finom szemcsés szerves anyag; CPOM: durva szemcsés szerves anyag.

		<i>Apteroperla babensis</i>	<i>Apteroperla elongata</i>	<i>Apteroperla monticola</i>	<i>Apteroperla shigensis</i>	<i>Apteroperla</i> cf. <i>tikumana</i>	<i>Apteroperla verdea</i>	<i>Apteroperla</i> sp. n. A3	<i>Apteroperla</i> sp. n. A6
Teljes tápcsatorna telítettség %	Átlag	43.33	2.33	39.63	38.80	17.40	7.40	17.38	10.00
	Szórás	12.52	4.80	18.97	15.97	22.08	8.71	10.68	15.63
	Minimum	25.00	0.00	13.00	12.00	2.00	0.00	0.00	0.00
	Maximum	60.00	12.00	70.00	52.00	60.00	28.00	30.00	50.00
FPOM %	Átlag	22.00	45.00	30.63	23.00	50.50	41.43	39.71	34.00
	Szórás	11.33	7.07	18.41	12.55	25.87	13.45	21.92	11.94
	Minimum	9.00	40.00	5.00	15.00	0.00	20.00	10.00	15.00
	Maximum	40.00	50.00	70.00	45.00	80.00	60.00	70.00	45.00
CPOM %	Átlag	1.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Szórás	3.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Maximum	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Gomba %	Átlag	6.50	0.00	15.38	32.40	14.20	11.29	16.14	9.00
	Szórás	10.54	0.00	14.71	13.74	16.73	14.31	22.97	13.42

	Minimum	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Maximum	27.00	0.00	40.00	55.00	40.00	40.00	60.00	30.00
Cianobaktérium %	Átlag	7.83	0.00	19.38	39.60	15.30	34.29	13.43	51.00
	Szórás	14.01	0.00	11.16	9.91	32.18	25.89	13.25	20.12
	Minimum	0.00	0.00	0.00	28.00	0.00	0.00	4.00	30.00
	Maximum	36.00	0.00	35.00	50.00	100.00	80.00	40.00	80.00
Állati eredetű táplálék %	Átlag	3.33	0.00	21.75	0.00	8.00	5.00	11.43	0.00
	Szórás	8.16	0.00	34.19	0.00	25.30	13.23	30.24	0.00
	Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Maximum	20.00	0.00	90.00	0.00	80.00	35.00	80.00	0.00
Pollen %	Átlag	45.00	10.00	10.50	4.00	1.00	2.29	19.29	6.00
	Szórás	25.88	14.14	10.88	5.48	2.54	3.86	11.34	4.18
	Minimum	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00
	Maximum	80.00	20.00	25.00	10.00	8.00	10.00	30.00	10.00
Ásványi anyagok %	Átlag	14.00	45.00	2.38	0.00	9.00	5.71	0.00	0.00
	Szórás	11.17	7.07	3.70	0.00	12.87	11.34	0.00	0.00
	Minimum	5.00	40.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

	Maximum	35.00	50.00	10.00	0.00	30.00	30.00	0.00	0.00
--	---------	-------	-------	-------	------	-------	-------	------	------

1. táblázat (folytatás)

		<i>Apteroperla</i> sp. n. Es1	<i>Apteroperla</i> sp. n. 2	<i>Apteroperla</i> sp. n. 3	<i>Apteroperla</i> sp. n. 5	<i>Apteroperla</i> sp. n. 8	<i>Apteroperla</i> sp. n. 9	<i>Apteroperla</i> sp. n. 10	<i>Apteroperla</i> sp. n. 12
Teljes tápcsatorna telítettség %	Átlag	36.00	25.60	60.00	2.80	19.33	35.00	5.00	2.00
	Szórás	33.62	37.21	23.02	4.85	23.26	28.16	7.75	1.79
	Minimum	0.00	0.00	35.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Maximum	70.00	90.00	100.00	15.00	60.00	70.00	20.00	4.00
FPOM %	Átlag	13.33	32.50	12.33	17.50	29.00	38.50	16.67	60.00
	Szórás	10.41	19.77	14.17	20.62	13.42	21.62	20.82	25.82
	Minimum	5.00	15.00	0.00	0.00	10.00	16.00	0.00	30.00
	Maximum	25.00	57.00	30.00	40.00	40.00	75.00	40.00	90.00
CPOM %	Átlag	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Szórás	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Maximum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Gomba %	Átlag	54.33	16.50	57.50	46.25	23.00	16.33	13.33	10.00
	Szórás	22.50	33.00	34.31	43.47	14.83	13.37	18.93	20.00
	Minimum	38.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Maximum	80.00	66.00	100.00	100.00	40.00	40.00	35.00	40.00
Cianobaktérium %	Átlag	29.00	2.00	18.33	33.75	13.80	18.33	0.00	30.00
	Szórás	22.65	2.45	20.17	47.15	14.91	18.61	0.00	28.28
	Minimum	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00
	Maximum	50.00	5.00	50.00	100.00	30.00	40.00	0.00	70.00
Állati eredetű táplálék %	Átlag	0.00	21.25	6.00	0.00	25.00	7.50	55.00	0.00
	Szórás	0.00	42.50	8.00	0.00	36.40	18.37	45.00	0.00
	Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00
	Maximum	0.00	85.00	20.00	0.00	80.00	45.00	100.00	0.00
Pollen %	Átlag	2.33	27.75	5.83	2.50	5.20	10.17	15.00	0.00
	Szórás	2.52	27.33	6.65	5.00	8.53	5.53	15.00	0.00
	Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00
	Maximum	5.00	60.00	15.00	10.00	20.00	15.00	30.00	0.00
Ásványi anyagok %	Átlag	1.00	0.00	0.00	0.00	4.00	5.00	0.00	0.00

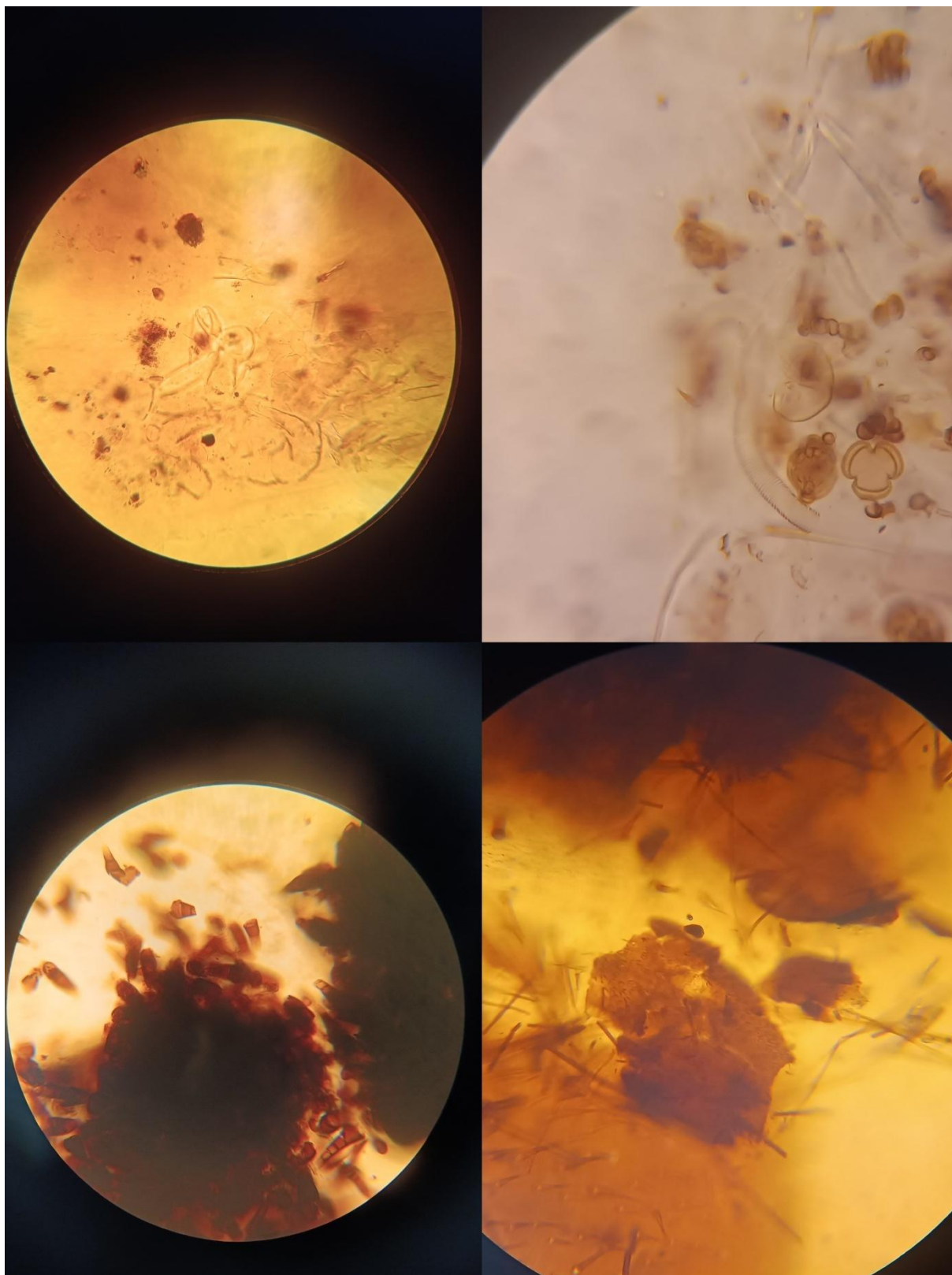
	Szórás	1.73	0.00	0.00	0.00	5.48	4.56	0.00	0.00
	Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Maximum	3.00	0.00	0.00	0.00	10.00	10.00	0.00	0.00

1. táblázat (folytatás)

		<i>Eocapnia nivalis</i>	<i>Eocapnia</i> sp. n. 2	<i>Eocapnia</i> sp. n. 4	<i>Eocapnia</i> sp. n. 8	<i>Takagripopteryx nigra</i>
Teljes tápcsatorna telítettség %	Átlag	23.00	2.30	14.25	9.00	11.83
	Szórás	23.83	3.43	23.92	25.03	11.99
	Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Maximum	80.00	10.00	50.00	80.00	40.00
FPOM %	Átlag	26.22	22.50	46.67	14.67	24.11
	Szórás	19.69	20.62	15.28	8.08	37.99
	Minimum	8.00	0.00	30.00	10.00	0.00
	Maximum	70.00	50.00	60.00	24.00	100.00
CPOM %	Átlag	0.00	0.00	0.67	25.00	0.00
	Szórás	0.00	0.00	1.15	43.30	0.00

	Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Maximum	0.00	0.00	2.00	75.00	0.00
Gomba %	Átlag	2.78	0.00	1.00	23.67	19.22
	Szórás	5.07	0.00	1.73	11.85	34.14
	Minimum	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00
	Maximum	15.00	0.00	3.00	31.00	90.00
Cianobaktérium %	Átlag	21.56	52.50	40.00	21.33	13.67
	Szórás	15.88	20.62	20.00	20.98	22.52
	Minimum	1.00	30.00	20.00	5.00	0.00
	Maximum	45.00	80.00	60.00	45.00	70.00
Állati eredetű táplálék %	Átlag	21.67	25.00	0.00	0.00	42.89
	Szórás	29.37	33.17	0.00	0.00	39.97
	Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Maximum	80.00	70.00	0.00	0.00	98.00
Pollen %	Átlag	27.78	0.00	1.67	0.33	0.11
	Szórás	21.86	0.00	2.89	0.58	0.33
	Minimum	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00

	Maximum	65.00	0.00	5.00	1.00	1.00
Ásványi anyagok %	Átlag	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00
	Szórás	0.00	0.00	17.32	0.00	0.00
	Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Maximum	0.00	0.00	30.00	0.00	0.00

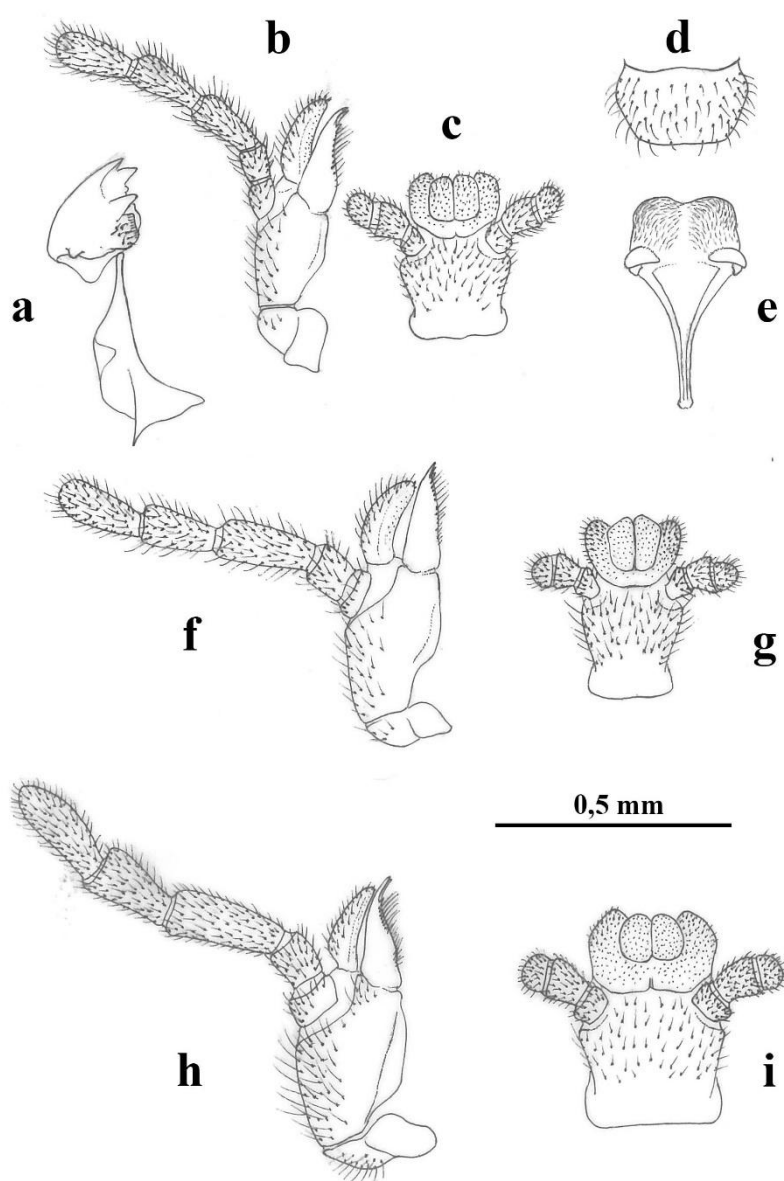


3. ábra: Táplálékok: balra fent Mesostigmatida atka ollója, jobbra fent pollen és cianobaktériumok, bal alul gombaspórák és gombafonalak, jobbra lent állati eredetű táplálék. (Saját képek)

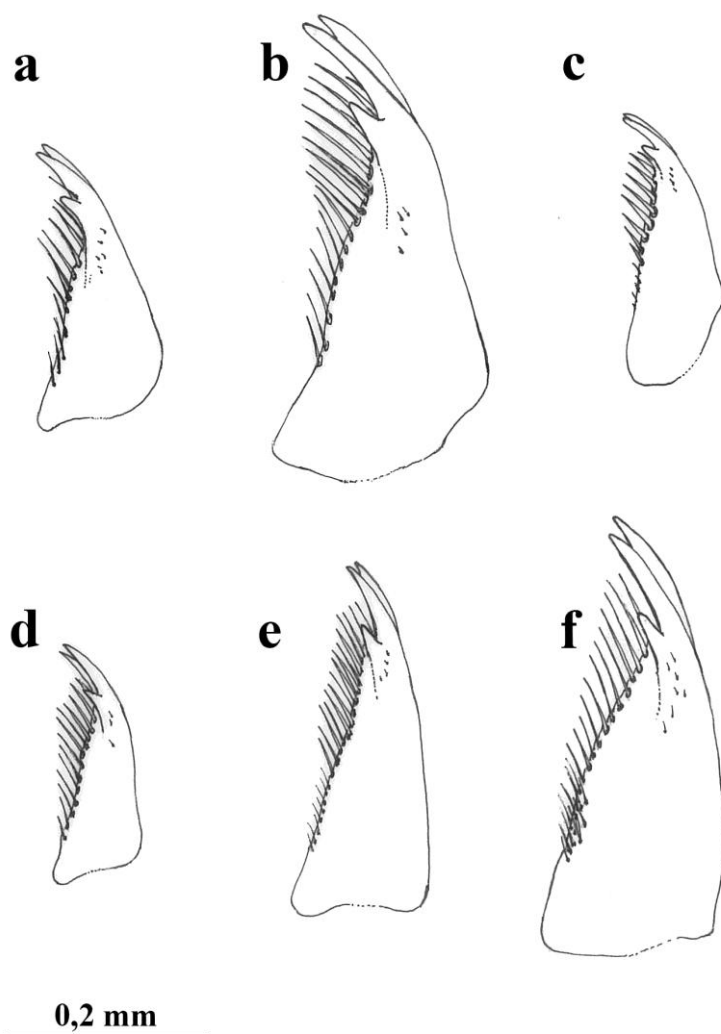


4. ábra: Az egyes fajok vizsgált egyedeinek tápcsatornájában talált táplálékok aránya.

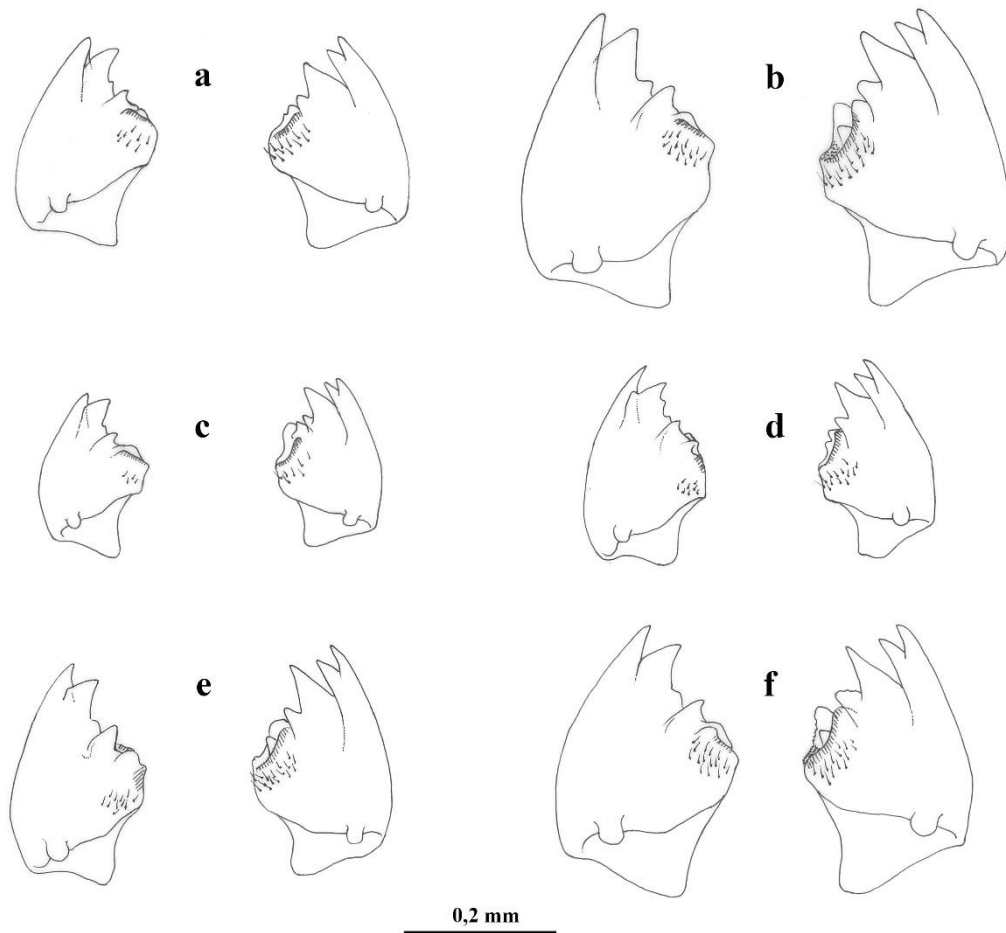
A kifejlett *Eocapnia nivalis* (állkapocs, rágó, felső ajak) és *Takagripopteryx nigra* (also ajak, állkapocs, rágó, felső ajak) szájszerveit Kohno (1954), az *Apteroperla elongata* (also ajak, állkapocs, rágó, felső ajak) szájszerveit pedig Kawai (1967) illusztrálta. A *T. nigra* Uéno (1929; habitus, potrohvég, also ajak és állkapocs) által illusztrált állat valójában egy *Eocapnia* vagy egy *Apteroperla* kifejlett nőstény példánya. Sem ezek az illusztrációk, sem a most készített preparátumok (5-7. ábra) nem mutatnak eltéréseket a kifejlett Capniidae fajok szokásos szájszerv típusától (Hanson 1946, Kawai 1967, Zapekina-Dulkeit & Zhiltzova 1973). Egyedül az *A. shigensis* (6 c. ábra) belső állkapocskaréján lévő erősebb, gereblyeszerű szőrszálak különböznek a többi, kefeszerű szőrszálakkal rendelkező fajtól (6 a-b, d-f. ábra).



5. ábra: Az *Apteroperla*, *Eocapnia* és *Takagripopteryx* imágók szájszervei - a-e: *Apteroperla monticola*; f-g: *Eocapnia nivalis*; h-i: *Takagripopteryx nigra* - a: bal oldali rágó és visszahúzó lemeze, hasi nézet; b, f, h: bal oldali állkapocs, hasi nézet; c, g, i: also ajak, hasi nézet; d: felső ajak, háti nézet; e: nyelv, hasi nézet.



6. ábra: Az *Eocapnia*, *Takagripopteryx* és az *Apteroperla* imágók négy fajcsoportjának jobb oldali belső állkapocskaréja, hasi nézet - a: *Apteroperla monticola*; b: *Apteroperla verdea*; c: *Apteroperla shigensis*; d: *Apteroperla* sp. n. 9; e: *Eocapnia nivalis*; f: *Takagripopteryx nigra*.



7. ábra: Az *Eocapnia*, *Takagripopteryx* és az *Apteroperla* imágók négy fajcsoportjának rágói, hasi nézet - a: *Apteroperla monticola*; b: *Apteroperla verdea*; c: *Apteroperla shigensis*; d: *Apteroperla* sp. n. 9; e: *Eocapnia nivalis*; f: *Takagripopteryx nigra*.

5. Diskusszió

Valamennyi példányt összefüggő és vastag hótakaróval borított élőhelyekről gyűjtötték (1. ábra). A legtöbbjük a havon mászkált, néha jelentős távolságra (akár egy kilométerre is) minden vízfolyástól, néhányuk fatörzsekről vagy bambuszgallyakról került begyűjtésre. A gyűjtés magassága (285-1800 méter) és évszaka (január-május) változó volt, de minden alkalomra a hőszezonban került sor (a magasabban fekvő élőhelyeken októbertől júliusig, az alacsonyabb (és déli) élőhelyeken december végétől március elejéig folyamaos hótakaró van jelen). Az egyes gyűjtőhelyek patakoktól való távolságai meglehetősen eltérőek voltak. Egyes egyedek

biztosan nagyon kis patakokban (akár erekben), míg mások kisebb folyókban fejlődhetnek ki. A *Takagraptopteryx nigra* fél méter mélyen a hóban és a pataktól több méterre talált lárvabőrre azt sugallja, hogy ezek a téli álkérész fajok jóval a kelés előtt elhagyhatják a vizet, és a vastag hórétegben fejezik be a lárvális fejlődést.

Az elemzett példányok béltartalmának vizsgálata széles trofikus spektrumot és a táplálékelemek arányának fajok közötti nagyfokú változatosságát mutatja. A fajok közötti különbségek azonban részben a rendelkezésre álló minták alacsony számának tulajdoníthatóak. Összességében a fajok generalistaként viselkednek, különböző táplálékforrásokat fogyasztanak, ami valószínűleg a táplálékban szegény aszpektusan rendelkezésre álló erőforrásokat tükrözi. Az elfogyasztott elemek közül több (pl. pollen, szerves és szervetlen törmelékek, gombaspórák, gombafonalak) gyakran megtalálható a legtöbb álkérész imágó tápcsatornájában (Tierno de Figueroa & López-Rodríguez 2019). Igen figyelemre méltó azonban az állati eredetű táplálék viszonylag magas aránya több, általunk vizsgált faj tápcsatornájában. A kifejlett álkérészek ragadozó viselkedésére, különösen a Nemouridae család esetében, először Kempny (1898, Brinck 1949 által idézve) mutatott rá, bár Frison (1929) volt az első szerző, aki beszámolt arról, hogy egy Taeniopterygidae faj fogságban állati anyagot fogyasztott le. Később mind az Arctoperlaria (a Systellognatha és az Euholognatha csoportokban), mind az Antarctoperlaria (Tierno de Figueroa & López-Rodríguez 2019) alrend esetében beszámoltak az imágók általi állati eredetű anyag fogyasztásáról. E tanulmányok némelyike rámutatott, hogy az állati anyag ugyanazon vagy más faj elpusztult példányaiból származik, így nekrofágként viselkednek, de véletlenül, más táplálék elfogyasztása során is kerülhetett a szervezetükbe állati eredetű anyag. Koshima & Hidaka (1981) megfigyelte az *Eocapnia nivalis* kifejlett egyedeit amint a havon lévő törmelékkel és állati anyagokkal (Collembola és Chironomidae fajok elpusztult tetemei) táplálkoztak. Nemrégiben Risako & Nozomu (2020) stabil izotópok segítségével végzett kutatásában is beszámolt arról, hogy néhány japán Capniidae imágó, (az *Eocapnia* és az *Apteroperla* génuszokból) állati eredetű táplálékot is fogyasztott. Ami eredményeink alapján az állati táplálék fogyasztása általánosnak mondható, a japán téli álkérészek körében, szájszerveik vizsgálata azonban nem mutatott különbséget a család többi génuszával szemben, amelyek körében nem ismert állati táplálék fogyasztása.

6. Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk Dr. José Manuel Tierno de Figueroának, Dr. Manuel Jesus Lopez Rodrigueznek a béltartalom vizsgálatok módszertanának betanításáért és a munka minden további fázisában nyújtott tanácsaikért, továbbá Dr. Kontschán Jenőnek, Dr. Marschall Mariannak, Pelyhe Tibornak, Dr. Takao Shimizunak és Dr. Gyo Yoshinarinak az egyes béltartalmi összetevők azonosításában nyújtott észrevételeikért és/vagy segítségükért. A Granadai Egyetemen töltött időmet az Erasmus+ program támogatta.

Nyilatkozat a MI használatról

Kijelentem, hogy a pályamunka semmilyen MI technológia által előállított tartalmat nem foglal magában.

Irodalom

- Bello, C.L. & Cabrera, M.I. (1999) Uso de la técnica microhistológica de Cavender y Hansen en la identificación de insectos acuáticos. *Boletín de Entomología Venezolana*, 14, 77–79.
- Brinck P. 1949. Studies on Swedish Stoneflies (Plecoptera). *Opuscula Entomologica Supplementum* 11:1–250.
- DeWalt, R.E., Hopkins, H., Neu-Becker, U. & Stueber, G. (2024) Plecoptera Species File. (accessed 9 November 2024) <https://plecoptera.speciesfile.org>
- Hanada, S. (2016) Plecoptera. In: Maruyama, H. & Hanada, S. (Eds.), *A field guide to Japanese aquatic insects: Adults of mayflies, stoneflies and caddisflies (in Japanese)*. Zenkoku Noson Kyoiku Kyokai, Tokyo, pp. 52–68.
- Hanson, J.F. (1946) Comparative morphology and taxonomy of the Capniidae (Plecoptera). *The American Midland Naturalist*, 35(1), 193–249.

- Kawai, T. (1955) Studies on the Holognathous stoneflies of Japan II. Descriptions of two new genera, one new subgenus and three new species of the family Capniidae. *Mushi*, 28(2), 5–11.
- Kawai, T. (1967) *Fauna Japonica. Plecoptera (Insecta)*. Biogeographical Society of Japan, Tokyo, pp. 1–211.
- Kempny P. 1898. Zur kenntniss der Plecopteren. I. Über Latr. *Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien* 48:37–68.
- Kohno, M. (1954) On the genera *Takagripopteryx* Okamoto and *Allocapnia* Claassen (Plecoptera: Capniidae). *Mushi*, 27(2), 9–18 + Pl. 1–3.
- Koshima S, Hidaka T. 1981. Life cycle and behaviour of the wingless winter stonefly, *Eocapnia nivalis*. *Biology of Inland Waters* 2:39–43.
- Matsumura, S. (1931) *6000 illustrated insects of Japanese Empire* (in Japanese). Tokyo-shoin, Tokyo, 1496 pp.
- Negoro, H. (2009) Seasonal occurrence of the apterous winter stoneflies in the mountaine and the high mountaine areas of Toyama Prefecture in Japan. (in Japanese) *Bulletin of the Toyama Science Museum*, 32, 61–69.
- Negoro, H. (2014) The apterous winter stonefly fauna in Toyama Prefecture, Hokuriku, Japan. (in Japanese) *Bulletin of the Toyama Science Museum*, 38, 95–104.
- Okamoto, C., Takeuchi, N., Kuroda, S., Oki, M., Murakami, M. & Negoro, H. (2017) Phylogeography of wingless winter stonefly living on seasonal snowfields in Japan - phylogenetic analysis on the sequences of mitochondrial COI gene. (in Japanese). *Summaries of JSSI and JSSE Joint Conference*, 2017, 37.
- Okamoto, H. (1922) Zweiter Beitrag zur Kenntnis der Japanischen Plecopteren. *Bulletin of the Agricultural Experiment Station, Government General of Chosen*, 1(1), 1–46.
- Rúa, J., Tierno de Figueroa, J.M., & Garrido, J. (2017) Contribution to the knowledge of the adult feeding of Nemouroidea stoneflies (Insecta: Plecoptera). *Entomological Science*, 20(1), 235–244. <https://doi.org/10.1111/ens.12252>

- Shimizu, T. (1997) Designation of lectotypes for three Japanese stoneflies (Plecoptera), with reference to the genus *Apteroperla* Matsumura. *Japanese Journal of Entomology*, 65(3), 531–535.
- Shimizu, T. (2001) Biodiversity of Asian streams with particular reference to stonefly studies in Japan. In: Bae, Y.J. (Ed.), *The 21st Century and Aquatic Entomology in East Asia. Proceedings of the 1st Symposium of AESEA*. Korean Society of Aquatic Entomologists, Korea, pp. 11–19.
- Shimizu, T. & Negoro, H. (2003) The stoneflies collected on snows in Toyama and its adjoining prefectures: Stoneflies except apterous Capniidae (in Japanese). *Bulletin of the Toyama Science Museum*, 26, 103–115.
- Shimizu, T. & Negoro, H. (2007) Three species of the genus *Apteroperla* (Plecoptera: Capniidae) from the North Japan Alps (Hida Mountains). *Bulletin of the Toyama Science Museum*, 30, 57–62.
- Stewart, K.W. (1994) Theoretical considerations of mate finding and other adult behaviors of Plecoptera. *Aquatic Insects*, 16(2), 95–104. <https://doi.org/10.1080/01650429409361542>
- Tanida, K. (1981) A preliminary report on winter stoneflies (Insecta, Plecoptera) in the Hakusan region. A list of insects of streams in the Hakusan region. III. *Annual Report of Hakusan Nature Conservation Center*, 1981, 9–22.
- Tierno de Figueroa, J.M. & López-Rodríguez, M.J. (2019) Trophic ecology of Plecoptera (Insecta): a review. *European Zoological Journal*, 86(1), 79–102. <https://doi.org/10.1080/24750263.2019.1592251>
- Tierno de Figueroa, J.M., Luzón-Ortega, J.M., & López-Rodríguez, M.J. (2019) Drumming for Love: Mating Behavior in Stoneflies. pp 117–137. In: Del-Claro, K., Guillermo, R. (eds) *Aquatic Insects. Behavior and Ecology*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-16327-3_6
- Tierno de Figueroa, J.M. & Sánchez-Ortega, A. (2000) Imaginal feeding of twelve Nemouroidean stonefly species (Insecta, Plecoptera). *Annals of the Entomological Society of America*, 93(2), 251–253. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2000\)093\[0251:IFOTNS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2000)093[0251:IFOTNS]2.0.CO;2)

- Uéno, M. (1929) Studies on the stoneflies of Japan. *Memoirs of the College of Science, Kyoto Imperial University, Series B*, 4(2), 97–155 + Pl. XXIV.
- Uéno, M. (1938) Miscellaneous notes on Japanese Plecoptera. *Kontyû*, 12(5), 166–174.
- Yonechi, R. & Takeuchi, N. (2019) Feeding of wingless stonefly on snow surface in Mt. Gassan, Yamagata prefecture, Japan. (in Japanese). *Summaries of JSSI & JSSE Joint Conference*, 2019, 237.
- Yonechi, R. & Takeuchi, N. (2020) Altitudinal distribution and feeding of winged and wingless snow-stoneflies on the snow surface in Mt. Gassan, Yamagata prefecture, Japan. (in Japanese). *Summaries of JSSI & JSSE Joint Conference*, 2020, 20.
- Zapekina-Dulkeit, Yu.I. & Zhiltzova, L.A. (1973) A new genus of stoneflies (Plecoptera) from Lake Baikal (in Russian). *Revue d'Entomologie de l'URSS*, 52(2), 340–346.