



UNIVERSITATEA BABEŞ-BOLYAI
FACULTATEA DE BIOLOGIE ŞI GEOLOGIE
ŞCOALA DOCTORALĂ BIOLOGIE INTEGRATIVĂ

Rezumatul tezei de doctorat

Revizuirea taxonomică a speciei *Habroleptoides carpatica*/*H. confusa* stat. nov. (Insecta: Ephemeroptera) şi utilizarea ei ca indicator al încălzirii globale

Coordonator ştiinţific:
Prof. dr. László Rákosy

Doctorandă:
Éva Vánca

Cluj-Napoca

2016

Cuprins

1	Introducere generală.....	3
1.1	Caracterizarea efemeropterelor (Insecta: Ephemeroptera)	3
1.1.1	Biologia efemeropterelor	3
1.1.2	Ciclul de viață	4
1.2	Genul <i>Habroleptoides</i>	5
1.3	Schimbare climatică: tendințe recente, cauze și previziuni	5
2	Stabilirea identității taxonomice a speciei <i>Habroleptoides carpatica</i> Bogoescu & Crăsnaru, 1930 și <i>H. confusa</i> Sartori & Jacob, 1986 (Insecta: Ephemeroptera: Leptophlebiidae: Habrophlebiinae)	6
2.1	Introducere	6
2.2	Materiale și metode.....	7
2.3	Rezultate	8
2.4	Discuții.....	12
3	Adaptarea unei noi metode la creșterea larvelor acvatice lotice: metoda pâlniei întoarse 13	
3.1	Introducere	13
3.2	Materiale și metode.....	13
3.2.1	Descrierea facilității de creștere	13
3.2.1	Evaluarea facilității de creștere	14
3.3	Rezultate	15
3.3.1	Creșterea nimfelor de efemeroptere	15
3.3.2	Creșterea larvelor tinere de <i>Ecdyonurus</i>	15
3.4	Discuții.....	16
4	Efectul încălzirii globale asupra speciei model <i>Habroleptoides confusa</i>	17
4.1	Introducere	17
4.2	Materiale și metode.....	18
4.2.1	Experimentul de laborator.....	18

4.2.2	Observațiile de teren	19
4.2.3	Pregătirea datelor	19
4.2.4	Analiza statistică	20
4.3	Rezultate	21
4.3.1	Temperatura de creștere	21
4.3.2	Succesul de emergență și de creștere	21
4.3.3	Durata de dezvoltare a larvelor (= ziua de emergență)	22
4.3.4	Numărul și frecvența de năpârlire	22
4.3.5	Dinamica de creștere a larvelor	23
4.3.6	Dimensiunea exuviilor nimfale și adulților	24
4.3.7	Corelația între dimensiunea corporală și durata de dezvoltare acvatică	25
4.3.8	Fecunditatea	28
4.3.9	Temperatura de emergență	29
4.3.1	Variația dimensiunii corporale și a fecundității specimenelor de pe teren și scenariul de creștere martor	29
4.4	Discuții	30
	Concluzii	32
	Bibliografie selectivă	32
	Lista publicațiilor	41
	Cuprinsul tezei	42

Cuvinte cheie:

Ephemeroptera, *Habroleptoides confusa*, *H. carpatica*, sinonim, caractere morfologice, creștere larve, încălzire globală, scenarii de temperatură, emergență timpurie

1 Introducere generală

1.1 Caracterizarea efemeropterelor (Insecta: Ephemeroptera)

1.1.1 Biologia efemeropterelor

Efemeropterele sunt insecte hemimetabole caracterizate printr-un ciclu de viață complex, format atât din stadiu acvatic (ou, nimfă) cât și stadiu aerian (subimago, imago) (Bauernfeind & Soldán, 2012) (Fig. 1).

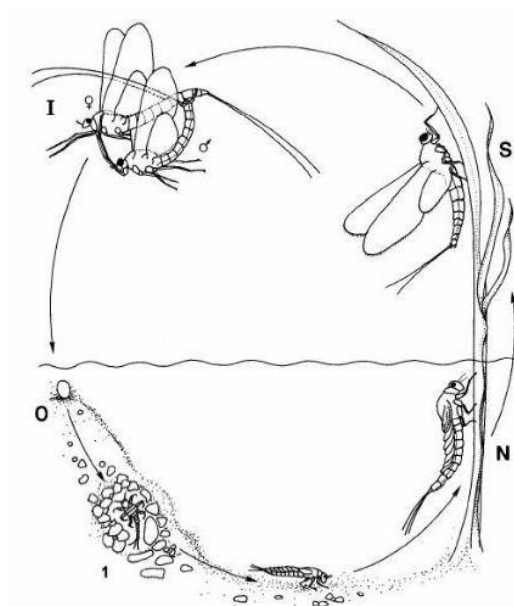


Fig. 1. Ciclul de viață al efemeropterelor (Studemann et al., 1992)

Efemeropterele sunt singurele insecte cu două stadii de dezvoltare înaripate separate prin năpârlire, cea de subimago și imago (Edmunds & McCafferty, 1987). În timp ce durata stadiului de **subimago** (subadult) variază între câteva minute și 4 zile, stadiul de **imago** durează în general maximum 24 de ore, cu variații de la câteva minute la câteva zile, având menirea de a propaga specia (Bauernfeind & Soldán, 2012).

Perioada cea mai lungă din viața efemeropterelor se limitează la mediul acvatic. Durata embriogenezei variază între câteva săptămâni și aproape un an (Bauernfeind & Soldán, 2012). În funcție de specie și factorii externi durata stadiului de larvă variază între o lună (Funk et al., 2010; Harker, 1997) și trei ani (Kriská et al., 2007), timp în care indivizii năpârlesc în general de 15-25 ori (Brittain & Sartori, 2003). Creșterea larvelor, prin urmare

frecvența năpârlirii este determinat de condițiile de mediu precum temperatura, calitatea și disponibilitatea resurselor de hrană, dimensiunea corporală, vârstă, condițiile de lumină (Bauernfeind & Soldán, 2012; Giberson & Rosenberg, 1992).

Deși stadiul de pupă lipsește, larvele se diferențiază morfologic de adulți prin existența aparatelor bucale dezvoltate și funcționale, lipsa aripilor și a organelor de reproducere funcționale (Bauernfeind & Soldán, 2012).

Majoritatea larvelor se hrănesc cu detritus și perifiton (Brittain, 1982; Brittain & Sartori, 2003). Pe baza aparatelor bucale larvele se distribuie în câteva grupe funcționale de hrănire: raclatoare, colectoare, filtratoare active și pasive, prădătoare (Bauernfeind & Soldán, 2012). Totuși modalitatea de hrănire este flexibilă, prezintă variații și în cadrul aceleiași specii, fiind adaptată la vârsta nimfei, dinamica sezonieră și disponibilitatea resurselor de hrană (Elpers & Tomka, 1994; López-Rodríguez et al., 2008).

Respirația larvelor se realizează prin traheobranhii abdominale și prin tegument (Morgan & Grierson, 1932; Bauernfeind & Soldán, 2012). La unele familii (Isonychiidae, Oligoneuriidae etc.) s-au dezvoltat branhii pe diferite părți ale corpului, pe maxilă, labium, coxa sau partea ventrală a toracelui. Deși rolul acestor branhii nu a fost dovedită prin experimente se presupune că acestea completează funcția traheobranhiilor (Staniczek, 2010).

Tranziția de la habitatul acvatic către cel aerian durează în general 5-10 minute (Bauernfeind & Soldán, 2012), timp în care efemeropterele devin extrem de vulnerabile față de prădătorii acvatici și aerieni (Brittain, 1982). Metamorfoza este regulată în special de temperatură și intensitatea luminii (Bauernfeind & Soldán, 2012), majoritatea speciilor având un tipar de emergență diurn (Brittain, 1982).

1.1.2 Ciclu de viață

În funcție de ciclul lor de viață, efemeropterele se distribuie în trei categorii principale: specii univoltine cu o generație pe an, specii multivoltine cu două sau mai multe generații pe an și specii multianuale, ale căror dezvoltare necesită mai mulți ani (Brittain, 1982). Deși variațiile interspecifice ale ciclului de viață sunt implicite, acesta este extrem de flexibil chiar și în cadrul aceleiași specii ceea ce permite colonizarea unei largi game de climate și habitate (Sand & Brittain, 2009). Printre altele, acesta este și cazul speciei *Baetis rhodani*, care este bivoltină în vestul Norvegiei (Baekken, 1981), trivoltină în râurile și pâraurile subalpine din Italia (Erba et al., 2003), dar schimbarea cea mai surprinzătoare are loc în sudul Norvegiei,

unde până la 1090 m altitudine, specia este univoltină, dar peste 1100 m altitudine, în același bazin hidrografic, atinge stadiul de adult în doi ani (Sand & Brittain, 2009).

1.2 Genul *Habroleptoides*

Genul *Habroleptoides* cuprinde 17 specii incluzând și o specie cu poziție taxonomică incertă (*H. carpatica*), cu areal limitat la vestul Palearcticului (Bauernfeind & Soldán, 2012; Kazanci & Türkmen, 2011). Nicio specie a genului nu a fost semnalată din Scandinavia, Marea Britanie (Bauernfeind & Soldán, 2012). Deși identificarea majorității speciilor nu se poate realiza pe baza nimfelor sau femelelor în stadiul de imago, masculii adulți se pot discrimina pe baza genitaliei și a inervației aripilor.

Habroleptoides confusa este cea mai studiată specie datorită descrierii morfologice a tuturor stadiilor (Biancheri, 1956; Sartori & Jacob, 1986; Bauernfeind & Soldán, 2012; Schönemund, 1929; Sartori, 1986) și arealului extins, situat între Portugalia și sudul Caucazului (Sartori & Jacob, 1986), cu semnalări și din Turcia (Tanatmiş, 2004). Este considerată o specie holomediterraneană în expansiune (Haybach & Jacob, 2010).

1.3 Schimbare climatică: tendințe recente, cauze și previziuni

În ultimii 140 de ani (între 1880-2012) temperatura aerului s-a încălzit cu 0.85 °C (0.65-1.06 °C) (IPCC, 2013) astfel încât sec. XX. a devenit cel mai cald din 1500 înapoi (Jylhä, Carter & Fronzek, 2010) iar 2015 cel mai călduros an de când există înregistrări de temperatură (Hansen et al., 2016). În urma creșterii temperaturii s-a modificat tiparul de precipitații, ghețarii au început să se topească într-un ritm alarmant, a crescut nivelul mării și s-au produs schimbări și în biochimia oceanelor (IPCC, 2013).

Printre cauzele schimbărilor climatice recente se numără creșterea concentrației gazelor cu efect de seră (CO₂, CH₄, N₂O, cloroflorocarburi), schimbările de folosință a terenului (preponderent datorită defrișărilor și urbanizării), poluarea aerului (IPCC, 2013).

Conform previziunilor până la sfârșitul secolului temperatura aerului va crește în medie cu 1.0°C-4.0°C, și se vor accentua tendințele deja observate (IPCC, 2013).

2 Stabilirea identității taxonomice a speciei *Habroleptoides carpatica* Bogoescu & Crăsnaru, 1930 și *H. confusa* Sartori & Jacob, 1986 (Insecta: Ephemeroptera: Leptophlebiidae: Habrophlebiinae)¹

2.1 Introducere

Deși genul *Habroleptoides* a fost revizuit de Sartori (1986), Sartori & Jacob (1986), Sartori & Thomas (1986) în 2011 au mai fost descrise noi specii (Kluge, 1994; Kazanci & Türkmen, 2011), statutul speciei *Habroleptoides carpatica* Bogoescu & Crăsnaru, 1930 a rămas neclarificat. Specia a fost descrisă din torentul Valea Cășăriei, situat în proximitatea Stațiunii de Cercetări Zoologice din Sinaia (Bogoescu & Crăsnaru, 1930). De atunci ea a fost semnalată de câteva ori, în special din apele curgătoare din România, ca Valea Babei și Tufa (Sinaia, M-ții Baiului) (Bogoescu, 1932a), râul Bistrița (Bogoescu, 1958), pârâul Izvorul-Alb (jud. Bacău) (Miron, 1959), râul Someș (Szállassy, 1999), dar și din Carpații Sârbești (Filipovic, 1979) și Alpii Dinarici din Serbia și Bosnia-Herțegovina (Filipovic 1975, Tanasijevic, 1970, 1973).

Specia a fost descrisă pe baza palpilor maxilari și labiali formați din două segmente, nervațiunea aripilor posterioare și forma ultimului sternit abdominal la femela adult (Bogoescu & Crăsnaru, 1930). Mai târziu această descriere a fost completată cu detaliile armaturii genitalei masculine (segmentul 3 al gonopozilor vizibil mai scurt decât al 2-lea, diametrul bazal al pintenului egal cu diametrul segmentului, care-l poartă). Când Sartori & Jacob (1986) au stabilit noul nume *Habroleptoides confusa* pentru specia larg răspândită și identificată greșit *H. modesta* sensu Schönemund et auct. sequ. (nec *Potamanthus modestus* Hagen, 1864) au presupus că trăsăturile discriminatorii stabilite de Bogoescu & Crăsnaru (1930) se încadrează în variația naturală a speciei *H. confusa*. Din lipsa materialului tip nu s-au pronunțat referitor la identitatea taxonomică a speciei, astfel *H. carpatica* este în continuare menționată în literatura de specialitate ca și specie cu poziție taxonomică incertă (Bauernfeind & Soldán, 2012).

Prezentul studiu își propune să determine variația morfologică a speciei *H. confusa* și să stabilească poziția taxonomică a speciei *H. carpatica* pe baza materialului colectat din localitatea tip (Valea Cășăriei, Sinaia).

¹ Vánca et al., 2013

2.2 Materiale și metode

Deoarece materialul tip a fost declarat dispărut de instituțiile din România, în data de 17.04.2009 au fost colectate în total 5 larve *Habroleptoides* din Valea Cășăriei (45.366944 N 25.556389 E, 928 m alt.) (Fig. 2) și crescute în laborator. Două exemplare au murit în stadiul acvatic, iar 3 indivizi s-au transformat în imago. Materialul (larvele decedate, exuviile nimfale și subimaginele și adulții) au fost păstrate în alcool etilic de 70%.



Fig. 2. Localitatea tip a speciei *H. carpatica*: Valea Cășăriei, Sinaia

În paralel au fost colectați indivizi *H. confusa* din diferite locații, nimfele au fost crescute până în stadiul de imago în laborator. Au fost analizate preparatele din colecția muzeelor.

Specimenele au fost analizate sub stereomicroscopul Hund Wetzlar și microscopul Olympus. Au fost realizate preparate. Aparatele bucale, picioarele, genitalia au fost fixate în Liquid de Faure (Adam & Czihak, 1964), traheobranhiile, tergitele, sternitele, precum și exuvia în PVA (Heinze, 1952) iar aripile au fost preparate uscat. Genitalia a fost fotografiată și măsurătorile s-au realizat cu ajutorul programului Cell^A. Structura corionului la ouăle speciei *H. carpatica* a fost investigată cu ajutorul microscopului electronic Jeol JSM-7401F la 4kV.

Baza investigației a fost reprezentată de caracterele discriminatorii stabilite de Bogoescu & Crăsnaru (1930) și Bogoescu (1958). Analiza a fost completată cu identificarea unor grupe de peri pe diferite părți ale corpului și numărarea acestora, luarea în evidență a numărului dinților de pe gheare, lungimii aripilor și a segmentelor primei perechi de picioare la masculi precum și a distanței dintre ochi.

Material examinat:

Habroleptoides carpatica Bogoescu & Crăsnaru, 1930: 2 nimfe, 1♂ și 1♀ (crescut în laborator) cu exuviile nimfale: Valea Cășăriei, 17 apr. 2009 (leg. et det. É. Vánca)

Habroleptoides confusa Sartori & Jacob, 1986: 31 larve (2 ind. Din Elveția, 5 ind. din Austria, 10 ind. din Carpații Orientali, Romania, 1 ind. din Carpații Meridionali, Romania, 5 ind. Din Carpații Occidentali, Romania, 2 ind. Din Republica Cehă) și 23 adulți (1♂ Elveția: holotipul, 7♂ & 2♀ din Romania, 3♂ & 2♀ din Bulgaria, 2♂ din Germania, 3♂ din Republica Cehă, 5♂ din Spania).

2.3 Rezultate

Specimenele colectate din Valea Cășăriei seamănă cu *H. confusa* atât în stadiul de larvă cât și imago (fig. 3-6). Cele mai relevante caractere sunt: palpii labiali și maxilari formați din trei segmente (fig. 4. E, F), lungimea similară a primei traheobranhii cu următoarele (fig. 3, 4. J), variația nervațiunii aripilor posterioare chiar și la același individ (tabel 2, fig. 6 D, E), segmentul 3 al gonopodului mai scurt decât segmentul 2, pintenul aflat pe primul segment al gonopozilor dezvoltat, curbat și corionul la ouă brăzdat (fig. 6 F, G). Caracterele numerice ale larvelor și adulților *H. carpatica* și *H. confusa* sunt sumarizate în tabelele 1. și 2.

Caractere analizate		<i>H. carpatica</i>		<i>H. confusa</i>	
		variație	nr. ind.	variație	nr. ind.
Picior 1	Cw	9-13	4	11-15	28
	Tr-p	9-14	4	8-20	25
	Tr-d	14-19	4	15-30	20
Picior 2	Cw	9-13	4	10-15	28
	Ta	10-11	4	8-14	27
	Tr-p	2-4	3	0-9	22
Picior 3	Tr-d	4-8	4	3-13	23
	Cw	12-13	3	10-16	24
	Ta	10-11	3	8-14	24
Aparate bucale	Tr-p	1	3	1-3	18
	Tr-d	4	3	1-9	20
	L (jumătate)	10-12	4	8-16	27
	L (întreg)	21-23	4	17-31	27
	M(stâng)-bm	8-11	4	7-14	21
	M(stâng)-out	11-14	3	8-28	20
	M(drept)-out	12-14	3	6-28	19
	Pm-b	4-5	3	4-6	26
	Pm-1	6-8	4	3-11	27
	Pm-2	3-5	3	2-5	27
	Gl	4-5	4	4-6	26
	Pl-2	8-11	3	7-13	27
	Pl-3s	4-6	3	4-8 (12)	26
Pl-3w	4	3	2-7	26	
Pronotum	P(partea stângă)-a	12-14	4	7-17	22
	P(partea dreaptă)-a	11-13	4	9-23	22
	P(partea stângă)-c	6-11	4	4-15	23
	P(partea dreaptă)-c	4-11	4	4-13	23

Tabel 1. Caracterele numerice ale larvelor *H. carpatica* și *H. confusa* (pentru abrevieri vezi fig. 4)

Caractere analizate		<i>H. carpatica</i>		<i>H. confusa</i>	
		variație	nr. ind. gen	variație	nr. ind. gen
Distanța între ochi (μm)	compuși	175	1 ♂	154-224	12 ♂
	oceli	222	1 ♂	222-280	12 ♂
Picior 1 – lungime (μm)	femur	1980 / 1593	1 ♂ / 1 ♀	1769-2329 / 1463	10 ♂ / 1 ♀
	tibia	2898 / 1896	1 ♂ / 1 ♀	2482-3016 / 1949	12 ♂ / 1 ♀
	tars 1	1063 / 205	1 ♂ / 1 ♀	919-1140	12 ♂
	tars 2	990 / 158	1 ♂ / 1 ♀	871-1200	12 ♂
	tars 3	772 / 131	1 ♂ / 1 ♀	678-908	12 ♂
	tars 4	263 / 253	1 ♂ / 1 ♀	119-360	12 ♂
Lungime aripă (μm)	anterioară	7803	1 ♂	7334-8657 / 8482	14 ♂ / 1 ♀
	posterioară	1852 / 1519	1 ♂ / 1 ♀	1759-2212 / 1754-2187	9 ♂, 2 ♀
Aripa anterioară – nervuri transversale (nr.)	pterostigma	14	1 ♂	10-14	7 ♂, 2 ♀
Aripa anterioară – nervuri intercalare (nr.)	câmp cubital	5	1 ♂, 1 ♀	4-5	15 ♂, 2 ♀
Aripa posterioară – nervuri transversale (nr.)	R-M	0-3	1 ♂, 1 ♀	1-4	17 ♂, 2 ♀
	Cu-M	0-1	1 ♂, 1 ♀	0-1	17 ♂, 2 ♀
Genitalia (μm)	x	63	♂	53-83	18 ♂
	y	52	♂	42-67	18 ♂
	z	101	♂	91-142	18 ♂
	z/y	1.94		2.16	
	F1	325	♂	302-392	18 ♂
	F2	280	♂	261-327	15 ♂
	F3	233	♂	206-272	15 ♂
	F2-F3	47		55	

Tabel 2. Caracterele numerice ale adulților *H. carpatica* și *H. confusa* (pentru abrevieri vezi fig. 6)



Fig. 3. A, B: Larve *Habroleptoides carpatica*

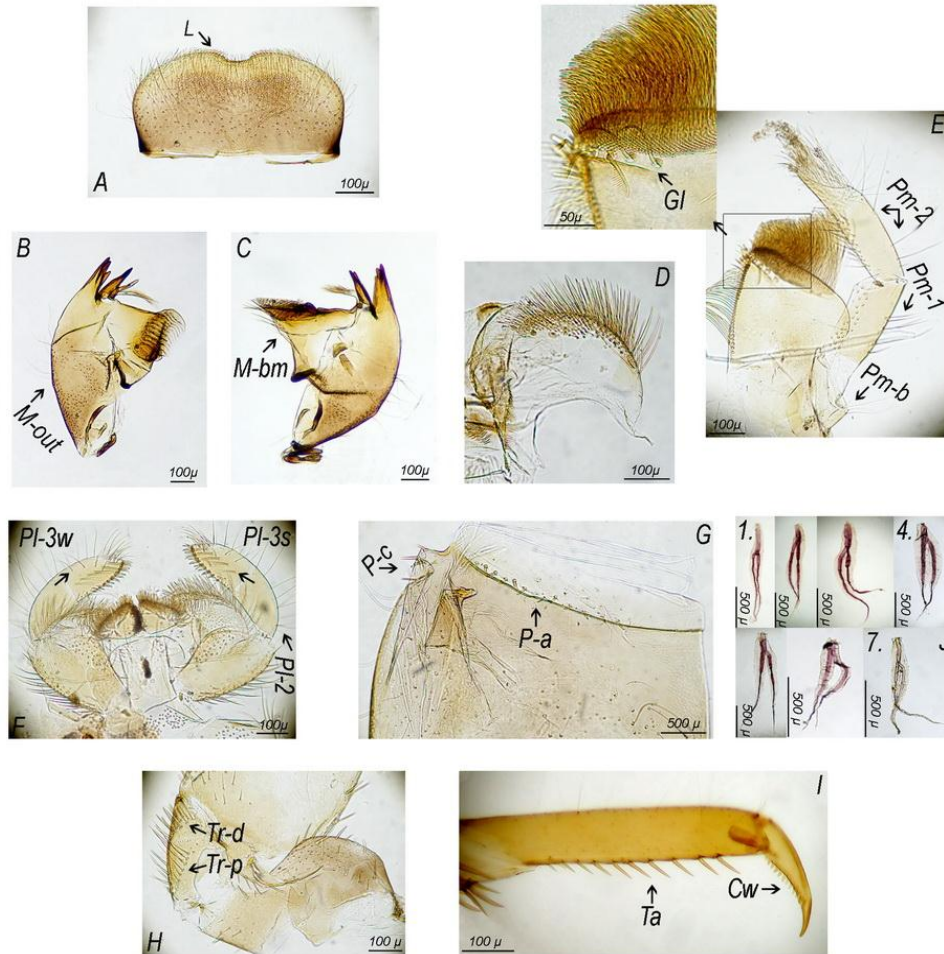


Fig. 4. *H. carpatica*: A: labrum, L – rândul de peri pe marginea anterioară labrum, B: mandibula stângă, M-out – rândul de peri pe marginea exterioară a mandibulei, C: mandibula dreaptă, M-bm – rândul de peri pe mandibula dreaptă, sub molă, D: superlingua hipofaringeană, E: maxila, Gl – rândul de peri în formă de pieptene pe lacinie, Pm-b – grupa de peri la baza palpului maxilar, Pm-1 – rândul de peri de-a lungul primului segment al palpului maxilar, Pm-2 - rândul de peri de-a lungul segmentului 2. al palpului maxilar, F: labium, Pl-2 – rândul de peri de-a lungul segmentului 2. al palpului labial, Pl-3w - rândul de peri groase pe segmentul 3. al palpului labial, Pl-3s - rândul de peri fine pe segmentul 3. al palpului labial, G: pronotum, P-a –rândul de peri pe marginea anterioară a pronotului, P-c – grupa de peri pe partea antero-laterală a pronotului, H: coxa și trochanter (picior 1.), Tr-d – rândul de peri pe partea distală a trohanterului, Tr-p –rândul de peri pe partea proximală a trohanterului, I: tarsus (picior 3.), Ta – peri de-a lungul marginii interioare a tarsusului, Cw – dinții de pe gheare, J: traheobranhii



Fig. 5. *H. carpatica*: ♂ imago

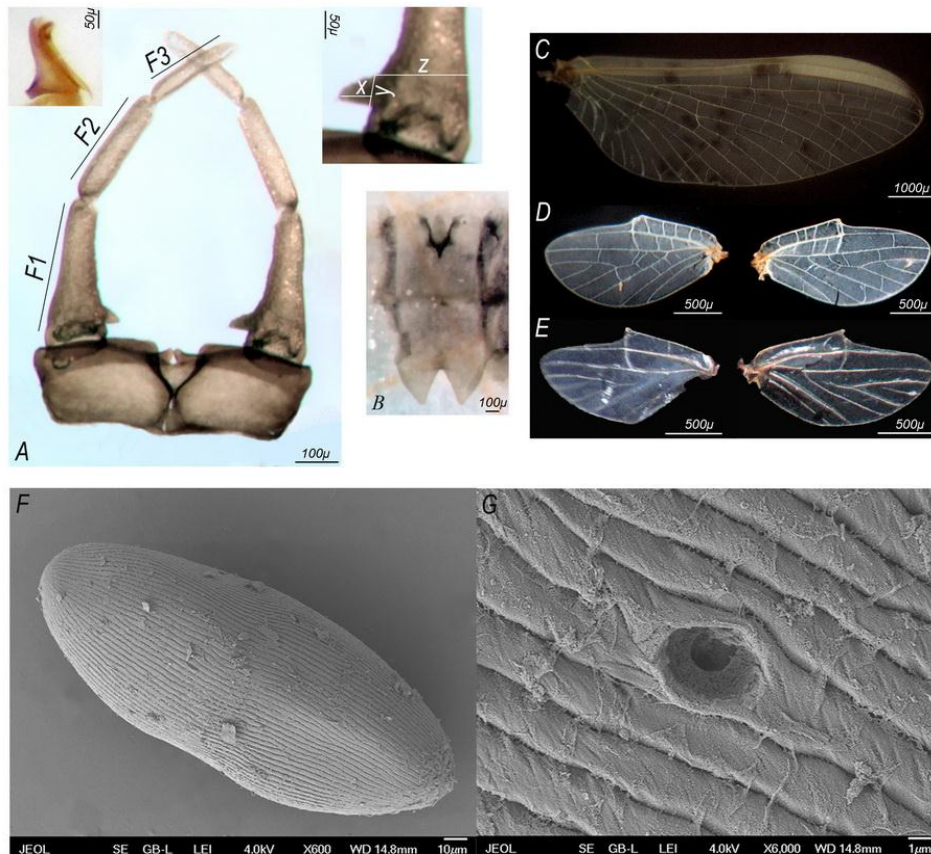


Fig. 6. *H. carpatica*: A: ♂ genitalie, F1– lungime segment 1. gonopod, F2 - lungime segment 2. gonopod, F3 - lungime segment 3. gonopod, x – lungime pinten, y – lățime pinten, z- lățimea segmentului bazal al gonopodului, B: ♀ ultimul sternit, C: ♂ aripa anterioară, D: ♂ aripa posterioară, E: ♀ hind winaripa posterioară, F: ouă, G: micropyle

2.4 Discuții

Prezentul studiu confirmă că speciile *Habroleptoides* colectate din localitatea tip a speciei *H. carpatica* nu pot fi diferențiate de *H. confusa* nici în stadiul larvar, nici în cel adult.

Caracterele morfologice discriminatorii desemnate în descrierea originală a speciei *H. carpatica* sunt inexistente. Astfel am stabilit că palpii labiali și maxilari sunt alcătuiți din 3 segmente și nu din 2 cum greșit au indicat în descrierea speciei autorii Bogoescu & Crăsnaru (1930). Nici diferențele între dimensiunea ultimelor două segmente ale gonopozilor și lățimea pintenului față de lățimea segmentului care-l poartă nu sunt așa de pronunțate, precum a sugerat Bogoescu (1958), probabil din cauza modificărilor poziției gonopozilor în timpul măsurătorilor. În urma examinării nervațiunii aripilor, se confirmă că acest caracter este extrem de variabil chiar și în cadrul aceluiași individ (aripa dreaptă, aripa stângă) (fig. 6 D, E). Variația nervațiunii aripilor speciei *H. confusa* a fost accentuată de studiile anterioare ale lui Biancheri (1956 [sub *H. modesta*]) și Sartori & Jacob (1986). Structura corionului la ouăle speciei *H. carpatica* nu prezintă diferențe față de ouăle speciei *H. confusa* studiate de Gaino et al. (1993).

Așadar caracterele menționate alături de caracterele numerice (tabel 1, 2) confirmă ipoteza lui Sartori & Jacob (1986) și necesitatea sinonimizării celor două specii¹.

Pe baza principiului priorității, (articolul 23.1 ICZN, 1999), denumirea validă a speciei ar trebui să fie *H. carpatica*. În vederea evitării confuziilor, se propune folosirea denumirii curente *H. confusa*, deoarece acesta din urmă a fost folosită în nenumărate studii taxonomice, faunistice și ecologice de la descrierea sa din 1986². Așadar condițiile articolului 23.9.1.2 sunt îndeplinite, dar nu și ale articolului 23.9.1.1, care prevede că nu a fost folosită sinonimul senior de la descriere speciei. Cazul a fost prezentat Comisiei Internaționale ale Nomenclaturii Taxonomice (Váncsa & Sartori, 2013), care în 2015 decembrie a aprobat folosirea sinonimului junior, *H. confusa* în defavoarea sinonimului senior *H. carpatica* (ICZN, 2015).

¹ Váncsa et al., 2013

² Váncsa & Sartori, 2013

3 Adaptarea unei noi metode la creșterea larvelor acvatice lotice: metoda pâlniei întoarse¹

3.1 Introducere

Deși insectele acvatice reprezintă doar 5.75 % din numărul total de specii de animale descrise (Balian et al., 2008), în literatura de specialitate sunt extrem de bine reprezentate și în multe dintre cazuri observațiile de teren sunt completate sau chiar înlocuite de cercetări de laborator. Astfel metodele mai simple de creștere a larvelor (acvarii, recipiente de plastic, cutii Petri etc.) (Rosillon, 1988; Finlay, 2001) sau mai elaborate (cursuri de apă artificiale) (Cobo, 2005) au contribuit la descrierea unor specii noi pentru știință (Haybach, 2005; Sroka & Godunko, 2012), realizarea inventariilor faunistice (Bonada et al., 2004), înțelegerea unor aspecte din biologia, ecologia și etologia unui număr mare de specii (Elpers & Tomka, 1995; Lieske & Zwick, 2008). Alături de investigații bazate pe modelare (Domisch et al., 2013; Sauer et al., 2011), rezultatele experimentelor de creștere a larvelor (McKee & Atkinson, 2000; Rosillon, 1988) combinate cu datele provenite în urma observațiilor de teren de lungă durată (Durance & Ormerod, 2007) oferă o imagine de ansamblu despre impactul schimbării climatice asupra speciilor și ecosistemelor acvatice.

Studiul își propune să introducă și să adapte la creșterea macronevertebratelor bentale o veche metodă de filtrare și aerisire folosită de acvariști (Horn & Zsilinszky, 2005; Józsa, 1958) și să testeze metoda de creștere pe efemeroptere lotice.

3.2 Materiale și metode

3.2.1 Descrierea facilității de creștere

Larvele au fost crescute în recipiente de plastic de 5 l (fig. 7), în care era amplasată o pâlnie de plastic cu partea lată în jos. Marginea acestei pâlnii a fost decupată și pe partea conică a fost făcută o gaură, pe care a fost introdus un furtun cu diametrul interior de 0.4 mm conectat la o pompă de aer de acvariu. Pâlnia a fost fixată cu nisip. Ca și mediu de creștere s-a folosit apă provenită din pârâu. În fiecare recipient a fost amplasat o creangă de zmeur și 1-2 bucăți

¹ Vánca et al., 2016

de polistiren (2 x 2 cm) ca să faciliteze emergența nimfelor. Pentru a preveni dispariția subadulților, recipientele au fost acoperite.

Prin aerisirea acestui sistem, datorită decupajului de pe marginea pâlniei s-a realizat recircularea și filtrarea apei, impuritățile fiind prinse în nisip.



Fig. 7. Facilitatea de creștere

3.2.1 Evaluarea facilității de creștere

Eficiența facilității de creștere a fost testat în 2008 și în 2009 cu nimfe de efemeroptere, evaluarea fiind completată în cel de al doilea an și cu larve tinere din genul *Ecdyonurus*. Specimenele au fost colectate bisăptămânal din 3 pârâuri situate în Carpații Orientali: Aita (45.974581 N 25.626739 E, 530 m a.s.l.), Cormoș (46.175967 N 25.627689 E, 554 m a.s.l.) și Ozunca (46.093814 N 25.722458 E, 533 m a.s.l.). Alături de larve s-au colectat și câteva pietre cu strat vizibil de perifiton ca resursă de hrană și apă pentru umplerea recipientelor. 14 recipiente au fost conectate la o singură pompă de aer Boyu S-2000. În fiecare recipient s-au introdus maxim 5 nimfe sau o larvă tânără *Ecdyonurus* sp. Evaluarea metodei s-a realizat cu 341 de nimfe și 45 de larve. În cazul larvelor tinere apa nu a fost schimbată pe perioada experimentului, dar datorită evaporării era necesar completarea ei, iar pietrele cu resursă de hrană au fost înlocuite lunar.

Facilitățile de creștere au fost verificate zilnic, subadulții mutați în recipiente de plastic, în care au fost amplasate câteva frunze de *Tradescantia* sp. pentru a asigura umiditatea necesară ultimei năpârliri. Larvele decedate, exuviile și adulții au fost conservate în tuburi Eppendorf cu etanol de 70 %.

Preparatele s-au realizat conform metodei descrise în capitolul anterior. Fiecare individ, exuvie, nimfală s-a identificat cu ajutorul literaturii de specialitate (Bauernfeind & Humpesch, 2001; Haybach, 1999; Bauernfeind & Soldán, 2012).

S-a calculat succesul de emergență (% subadultilor (SI) relativ la numărul speciemenelor introduse în sistem), succesul de creștere (% adulților (I) relativ la numărul speciemenelor introduse în sistem), mortalitatea în stadiul acvatic și subimago.

3.3 Rezultate

3.3.1 Creșterea nimfelor de efemeroptere

Deși nimfele au petrecut maxim 14 zile în recipientele de creștere, majoritatea lor s-au transformat în subimago în maxim 4-5 zile de la introducere. Succesul de emergență a atins 78 % și datorită mortalității reduse în stadiul de subimago și succesul de creștere era mare (68.57 %), dar cu variații remarcabile între specii (fig. 8).

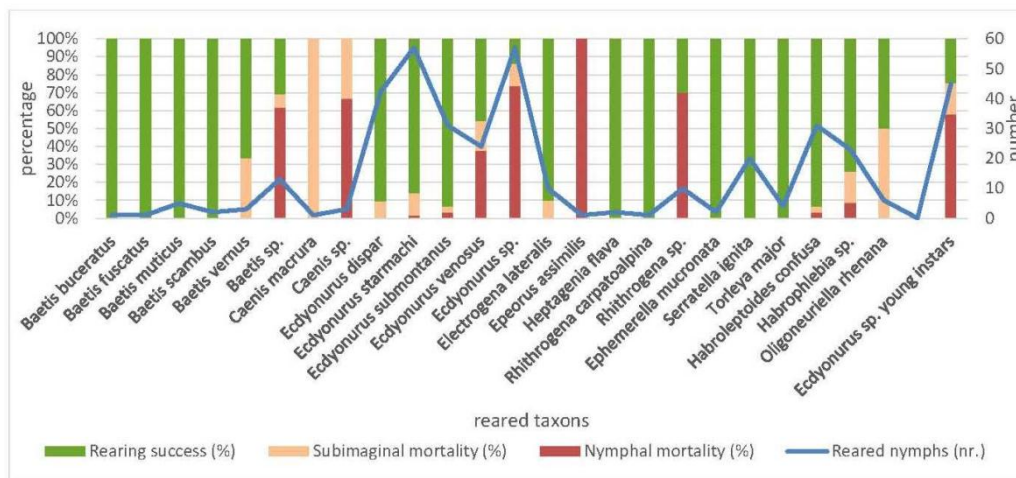


Fig. 8. Succesul de creștere, mortalitatea larvară și subimaginală a nimfelor și larvelor tinere introduse în sistemul de creștere

3.3.2 Creșterea larvelor tinere de *Ecdyonurus*

Larvele de *Ecdyonurus* sp. au petrecut max. 130 de zile în recipiente de creștere, timp în care au năpărlit de maxim 7 ori. Datorită mortalității ridicate în stadiul acvatic, succesul de emergență și de creștere a fost mic (fig. 8).

3.4 Discuții

Creșterea insectelor acvatice în laborator oferă posibilitatea de a controla condițiile de creștere, ceea ce e dificil, dacă nu imposibil pe teren. Sistemul adaptat prezintă și alte avantaje fiind ușor de construit, ieftin, accesibil și amatorilor, deoarece nu necesită laboratoare sofisticat echipate. Rezultatele evaluărilor ne îndemnă la folosirea metodei de creștere descrisă mai ales pentru obținerea adulților din stadiul de nimfă, când succesul de emergență și de creștere a majorității speciilor a fluctuat în jurul valorii de 70 % depășind rezultatele obținute de Finlay (2001). Deși nimfele au fost colectate din doar 3 pârâuri, succesul de emergență și de creștere a variat de la o specie la alta. La câteva specii acesta a atins valoarea maximă, dar cu excepția speciei *Serratella ignita*, rezultatele nu sunt concludente datorită numărului mic de indivizi introduși în sistem. Variațiile observate se datorează diferențelor existente în ecologia și biologia speciilor, ipoteza fiind susținută și de Rowsey et al. (2015). Astfel rezultatele favorabile obținute în cazul speciilor *Serratella ignita* sau *Habroleptoides confusa* se datorează caracterului lor eritop, în timp ce *Oligoneuriella rhenana*, care colonizează ritronul sau epipotamonul cursurilor de râu cu ape repezi, bine oxigenate (Bauernfeind & Soldán, 2012; Jansen et al., 2000) s-a transformat în stadiul final de dezvoltare doar în proporție de 50 %. Totuși acest rezultat este surprinzător în condiția în care majoritatea nimfelor nu au rezistat transportului de aproape o oră.

Contrar nimfelor, succesul de creștere a larvelor de *Ecdyonurus sp.* a fost modest, mortalitatea lor în stadiul acvatic depășind de două ori mortalitatea nimfelor *Ecdyonurus sp.* Rezultate similare au fost obținute de Giberson & Rosenberg (1994), în timp ce Rosillon (1988) și Gupta et al. (1993b) au crescut cu succes remarcabil larve tinere lotice mai puțin sensibile față de calitatea habitatului (*Ephemerella ignita*, *Cloeon sp.*). Este posibil ca aceste rezultate modeste să se datoreze menținutelor slabe a sistemului: a limitării de hrană, aceasta fiind schimbată la intervale lunare și a lipsei schimbării totale de apă. Luând în considerare că în sisteme similare folosite în acvacultură (Horn & Zsilinszky, 2005) impuritățile din apă erau reduse de comunitatea microbiană stabilită în sediment (Józsa, 1958), am presupus că nu este necesară schimbarea periodică a apei. Studiile anterioare susțin necesitatea suplimentării hranei, cunoscut fiind faptul că *Ecdyonurus sp.* reduc biomasa perifitonului prin consumul algelor cu fizionomie mai accesibilă aparatelor lor bucale, echipate cu perii (Wellnitz & Ward, 1998; Wellnitz & Ward, 2000).

4 Efectul încălzirii globale asupra speciei model *Habroleptoides confusa*

4.1 Introducere

Conform studiilor recente cursurile de apă sunt extrem de vulnerabile față de schimbarea climatică globală (Carpenter, Stanley & Vander Zanden, 2011; Sala et al., 2000). Sistemele cele mai periclitate sunt râurile și pârâurile (Domisch et al., 2013) datorită combinării efectului schimbării climatice (încălzire, creșterea incidenței secetei și inundațiilor) (Heino, Virkkala & Toivonen, 2009; Fenoglio et al., 2010) cu activitățile antropogene nocive mediului (degradarea și fragmentarea habitatelor, regularizarea cursurilor de apă, supraexploatarea, poluarea, introducerea speciilor străine) (Revenga et al., 2000; Allan et al., 2005). Astfel în decursul ultimelor decade biodiversitatea apelor dulci a scăzut mai drastic decât al speciilor terestre sau marine (Carpenter, Stanley & Vander Zanden, 2011) și conform previziunilor în sec. XXI. aceasta va fi similară cu cea înregistrată în cazul pădurilor tropicale (Ricciardi & Rasmussen, 1999).

Ca și în cazul speciilor terestre, impactul observat și proiectat al încălzirii globale poate fi grupat în 4 categorii majore: adaptare, schimbare demografică, emigrare/imigrare și extincția locală a speciilor (Brittain, 2008). Severitatea reacției depinde nu numai de intensitatea schimbărilor climatice, ci și de biologia, ecologia speciei. Așadar creșterea temperaturii cu până la 5°C până la sfârșitul secolului (IPCC, 2007) va avea un impact major asupra speciilor cu distribuție limitată, stenoterne reci sau calde (Domisch et al., 2013; Conti et al., 2014), specii endemice sau extrem de specializate (Hering et al., 2009), cele care colonizează habitate montane sau alpine (Muhlfeld et al., 2011) sau se găsesc numai în zonele de izvor ale pâraielor (Hering et al., 2009), au embriogeneză scurtă, eclozare și dezvoltare a larvelor sincronizată, dimensiune mare în stadiul de larvă și ciclul de viață univoltin, fixat (Brittain, 2008).

Luând în considerare aspectele menționate, prezentul studiu își propune să investigheze efectul temperaturii crescute asupra speciei model *Habroleptoides confusa* (Ephemeroptera) și să identifice dimensiunea și fecunditatea indivizilor *H. confusa* colectate de pe teren.

4.2 Materiale și metode

4.2.1 Experimentul de laborator

Impactul încălzirii globale a fost investigat în Departamentul de Limnologie și Conservare (Gelnhausen) al Institutului de Cercetare Senckenberg. Efemeropterul *Habroleptoides confusa* a fost ales ca și specie model. Specia are un ciclu de viață univoltin de iarnă (Clifford, 1982; Pleskot, 1953; Petrovici, 2009; Hefti & Tomka, 1990). Larvele colonizează crenonul, epi- și metaritrionul pârâurilor, râurilor situate la altitudini de 200-1200 m, cu apă mai caldă, oligo- β -mezosaprobă (Bauernfeind & Soldán, 2012), cu curs moderat (Bogoescu, 1932b) și substrat format din pietriș (Pleskot, 1953). Sunt organisme colectoare, detritivore (Pleskot, 1953).

Larvele speciei au fost crescute pe 3 scenarii de temperatură, temperatura martor și scenariul A2 și B2, care prevăd o încălzire de 4 °C, respectiv 2 °C până la sfârșitul secolului (IPCC, 2007). Technica pâlniei întoarse (Vánicsa et al. 2016) a fost utilizată pentru aceste experimente. Efemeropterele au fost crescute în borcane de 1 litru, cu diametrul interior de 9 cm echipate cu pâlnie conectată prin furtun cu diametrul interior de 0.4 mm la pompe de acvariu MEDO 1.6 (28 l/min) și MEDO 2.7 (45 l/min). Fiecare scenariu de temperatură a constat din 40 de replicare (borcane), care au fost introduse în rafturi umplute cu apă (fig. 9). Apa din aceste rafturi a fost recirculată cu ajutorul pompei submersibile HQB-4900 (4500 l/h) prin aparatele de răcire Hailea HC-500A (temperaturile experimentale) și HC-1000A (scenariul de temperatură martor). Temperatura apei din fiecare raft a fost înregistrată automat, din două în două ore.



Fig. 9 Facilitatea de creștere

În septembrie 2100 larve tinere ale speciei *H. confusa* au fost colectate din pârâul Elmbach. În plus au fost colectate și frunze de anin (*Alnus* sp.) din pârâu deoarece detritusul de pe ele a constituit resursa de hrană în captivitate. Larvele au fost crescute în apă provenită din pârâuri. În fiecare borcan au fost introduse 2 larve, o frunză de anin, larvele hrănindu-se cu detritusul de pe aceste frunze, o creangă de zmeur și 2 bucăți de polistiren, pentru a facilita emergența nimfelor.

După perioada de acumulare de 4 zile, temperatura scenariilor experimentale a fost crescută cu 1°C în fiecare zi până la atingerea nivelului dorit. În timpul experimentului temperatura a fost ajustată conform protocolului. Lumina era naturală, prin urmare ciclul de zi-noapte era similar cu cea de pe teren.

În cursul experimentului frunza de anin din borcane a fost înlocuită bisăptămânal. Apa a fost schimbată total de 2 ori și o dată parțial, dar datorită evaporării a fost completată frecvent.

Borcanele au fost verificate zilnic, exuviile mutate în tuburi Eppendorf cu alcool etilic de 70 %, speciemenele în stadiul de subimago în recipiente de plastic echipate cu *Tradescantia* sp. pentru a asigura umiditatea necesară năpârlirii. Adulți și exuvia subadulților era păstrată în etanol de 70 %.

4.2.2 Observațiile de teren

Au fost colectate larve *H. confusa* din pârâul Elmbach de 11 ori. În cursul primăverii nimfele au fost crescute în laborator. A fost determinat dimensiunea lor în stadiul acvatic și adult, fecunditatea. În plus s-a identificat dimensiunea aripilor și fecunditatea subadulților de *H. confusa* colectate din pârâul Große Steinau (Harz) (Schindehütte, 2000) și aflate în colecția Departamentului de Limnologie și Conservare (Gelnhausen) al Institutului de Cercetare Senckenberg.

4.2.3 Pregătirea datelor

Au fost calculate succesul de emergență și de creștere, mortalitatea larvară și subimaginală a speciemenelor crescute pe diferite scenarii de temperatură.

S-a măsurat lungimea corpului, a mesonotului & pterotecilor, lățimea ultimului sternit în cazul exuviilor și larvelor prelevate de pe teren. În cazul speciemenelor aflate în stadiul de imago s-a determinat lungimea corpului și a aripilor anterioare, lățimea ultimului sternit

(numai la ♀). Măsurătorile au fost efectuate cu programul Cell^A cu o precizie de 0.01 μ. Fecunditatea a fost determinată prin numărarea ouălor.

În cazul fiecărui individ s-a calculat: perioada de dezvoltare acvatică, numărul și frecvența năpârlirilor.

4.2.4 Analiza statistică

Analiza ststistică s-a efectuat cu programul R versiunea 3.2.2 (R Development Core Team, 2008) cu pachetele: matrixStats (Bengtsson, 2015), dunn.test (Dinno, 2016), ggplot2 (Wickham, 2009), mgcv (Wood, 2011), multcomp (Hothorn, Bretz & Westfall, 2008).

Temperatura martor a fost determinată folosind măsurătorile de temperatură din pârâurile, râurile colonizate de specia model din baza de date a Departamentului de Limnologie și Conservare (Gelnhausen) al Institutului de Cercetare Senckenberg cu ajutorul modelului de regresie LOESS. Valorile de temperatură proiectată și cele realizate au fost reprezentate grafic cu ajutorul modelului liniar. Succesul de emergență, frecvența și numărul de năpârlire a speciemenelor crescute la diferite temperaturi au fost analizate cu testul Kruskal-Wallis și testul Dunn cu corecția Bonferroni. Datorită posibilității de omitere a detectării tuturor năpârlirilor, valorile extreme au fost omise din setul de date referitoare la frecvența de năpârlire a larvelor.

A fost analizată dinamica creșterii larvelor. A fost calculată pentru fiecare larvă dimensiunea zilnică iar din aceste date a fost calculată dimensiunea medie zilnică a larvelor pentru fiecare tratament. Specimenele cu o singură măsurătoare au fost omise din analiză.

Dimensiunea speciemenelor crescute la diferite scenarii de temperatură au fost comparate în stadiul de nimfă și stadiul de imago. Au fost proiectate modele liniare multifactoriale pentru a determina dacă dimensiunea speciemenelor depinde de temperatură, sex, perioada de dezvoltare acvatică sau interacțiunea factorilor. Selecția modelelor s-a desfășurat prin eliminarea treptată a factorilor, interacțiunilor nesemnificative iar validarea modelului final s-a efectuat prin analiza grafică a reziduurilor. Dacă impactul scenariului de temperatură a fost detectat semnificativ, diferențele între scenarii au fost investigate cu funcția glht a pachetului multcomp. Posibilele diferențe între dimensiunea sternitelor la ♀ imago precum și fecunditate au fost investigate cu analiză de varianță bifactorială (“two-way ANOVA”) folosind scenariul de temperatură, durata de dezvoltare acvatică și interacțiunea lor ca și factori cauzali. Corelația între dimensiunea speciemenelor și durata de dezvoltare, fecunditate și dimensiunea

specimenelor, fecunditate și durata de dezvoltare acvatică s-a realizat cu ajutorul modelelor generale aditive (GAM).

Dimensiunea și fecunditatea specimenelor provenite de pe teren au fost comparate cu dimensiunea și fecunditatea specimenelor crescute cu scenariul de temperatură controlat cu ANOVA.

4.3 Rezultate

4.3.1 Temperatura de creștere

Pe baza analizei datelor de temperatură înregistrate automat, a ieșit în evidență că temperatura martor proiectată de modelul LOESS a fost depășită, dar scenariile de creștere au fost ajustate (fig. 10). Astfel temperatura medie martor a fost de 8.61 °C în loc de 7.5 °C, iar scenariile de temperatură medie și înaltă au fost cu doar 1.37 °C și 3.43 °C mai mari decât temperatura medie martor.

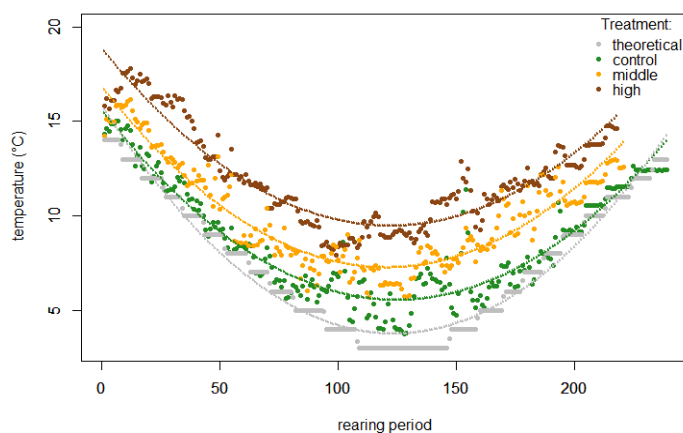


Fig. 10. Temperatura proiectată și realizată în diferite scenarii de creștere a larvelor

4.3.2 Succesul de emergență și de creștere

Din cele 240 de larve tinere introduse în experiment doar 24 de specimene au murit în stadiul acvatic. Mortalitatea cea mai mare s-a înregistrat la scenariul de temperatură mijlocie (21.25 %). Atât succesul de emergență cât și cel de creștere au atins valori remarcabile (tabel 3). Nu au fost detectate diferențe semnificative între succesul de emergență a specimenelor crescute pe diferite temperaturi (Kruskal-Wallis: chi-square= 1.28, p=0.53).

Scenariu	Nr.	%			
	Larve	Mortalitate larve	Mortalitate SI	Succes emergență	Succes creștere
Control	80	15.00	10.29	85.00	76.25
Mijlociu	80	21.25	12.70	78.75	68.75
Înalt	80	16.25	11.94	83.75	73.75
Total	240	17.50	11.62	82.50	72.92

Tabel 3. Succesul de emergență și de creștere a larvelor *H. confusa*

4.3.3 Durata de dezvoltare a larvelor (= ziua de emergență)

Larvele s-au transformat în subimago în maximum 239 zile. Rezultatele testelor de statistică au confirmat scăderea duratei de dezvoltare a larvelor odată cu creșterea temperaturii (fig. 11). Diferența a fost semnificativă între toate scenariile de temperatură (Dunn-test: $p < 0.001$). Astfel încălzirea apei cu 1.37 °C și 3.43 °C a redus durata stadiului acvatic în mediu cu 5 (temperatura medie) și 22.1 zile (temperatura înaltă).

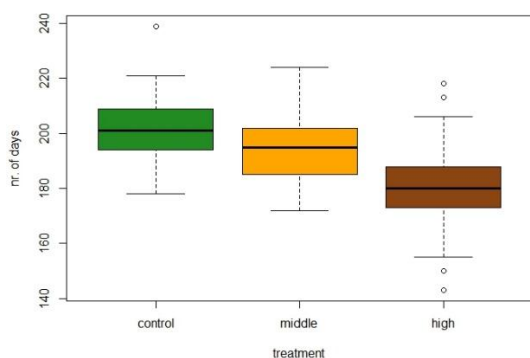


Fig. 11. Durata stadiului acvatic a speciemenelor *H. confusa*

4.3.4 Numărul și frecvența de năpârlire

Conform testului Kruskal-Wallis temperatura de creștere a influențat atât numărul cât și frecvența de năpârlire a larvelor (fig. 12, 13). Astfel speciemenele de la temperatura înaltă au năpârlit de mai multe ori și mai frecvent decât cele crescute la temperatura martor (Dunn-test: $p < 0.001$) sau medie (Dunn-test: $p < 0.001$). Nu au fost identificate diferențe semnificative între numărul și frecvența de năpârlire realizate de speciemenele crescute pe scenariul martor și mediu.

Așadar încălzirea apei cu 3.43 °C în mediu a crescut numărul maxim de năpârlire cu 2 la peste 21 % a speciemenelor, acestea transformându-se în subimago după 8 sau 9 năpârliri.

Frecvența medie de năpârlire față de cea martor a scăzut cu 4,98 zile la scenariul de temperatură medie și 11 zile la cea înaltă.

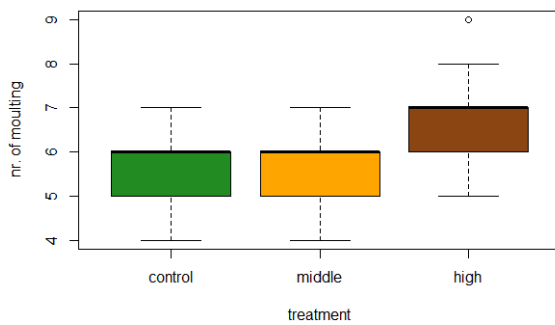


Fig. 12. Numărul de năpârlire

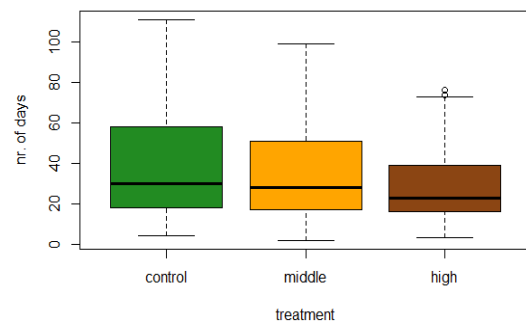


Fig. 13. Frecvența de năpârlire

4.3.5 Dinamica de creștere a larvelor

În urma analizei dimensiunii corporale medii zilnice s-a constatat că diferite părți ale corpului nu urmează același dinamica de creștere. În timp ce lungirea mesonotului & pterotecilor este continuă indiferent de temperatură și anotimp (fig. 15), lungirea corpului (fig. 16) și creșterea lățimii ultimului sternit abdominal (fig. 17) se realizează în trepte și este influențată de temperatura de creștere. Atât corpul cât și sternitul au crescut toamna și primăvara, dar creșterea era complet oprită în diferite perioade ale iernii. De exemplu lungimea corpului a rămas neschimbată din mijlocul lui decembrie până la sfârșitul lui ianuarie la temperatura medie, dar numai în ultima săptămână la temperatura de creștere cea mai înaltă (fig. 15).

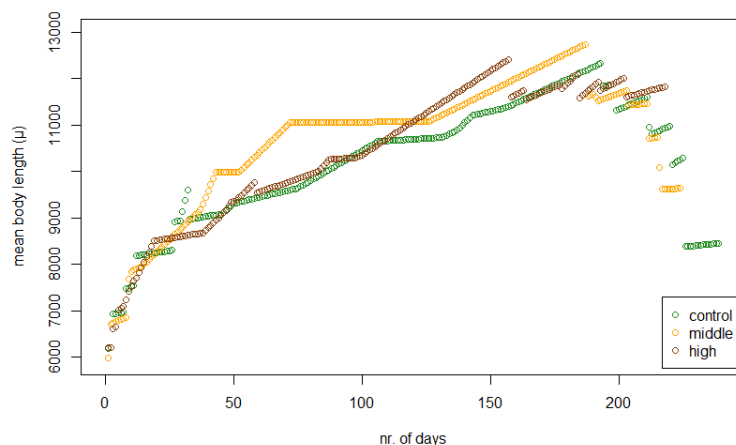


Fig. 14. Dinamica de creștere a lungimii corporale medii la *H. confusa*

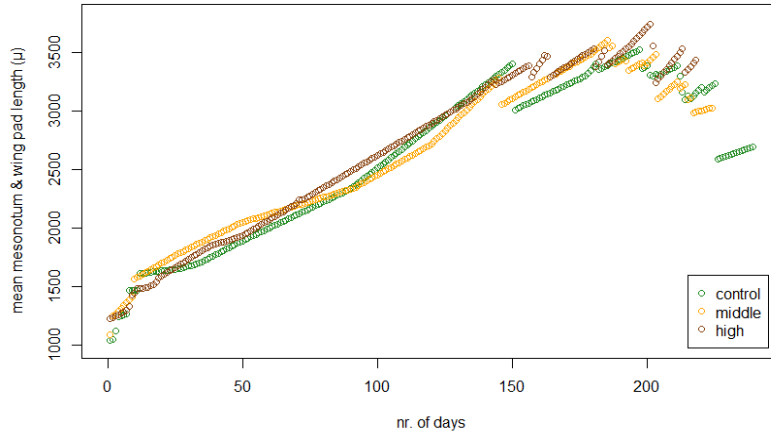


Fig. 15. Dinamica de creștere a lungimii medii a mesonotului & pterotecii la *H. confusa*

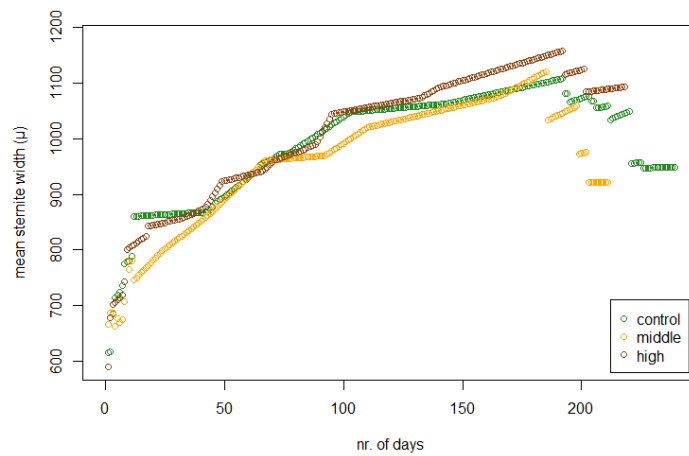


Fig. 16. Dinamica de creștere a lățimii medii a sternitului la *H. confusa*

4.3.6 Dimensiunea exuviilor nimfale și adulților

Conform modelelor multifactoriale liniare alcătuite dimensiunea corporală este influențată de o serie de factori: temperatura de creștere, sexul, durata de dezvoltare acvatică și interacțiunea acestor factori. Specimenele crescute pe temperatura înaltă au avut corp și mesonot & pteroteci mai lungi, ultimul sternit mai lat față de speci­menele crescute pe temperatura martor și temperatura medie. Nu au fost înregistrate diferențe semnificative între speci­menele crescute pe scenariile de temperatură martor și mediu.

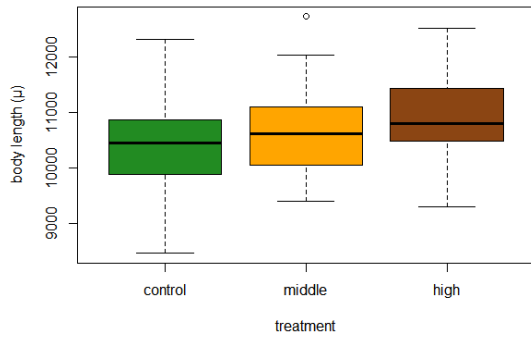


Fig. 17. Lungimea corpului ($R^2=0.46$, $p<0.001$; h-c: $t= -3.36$, $p=0.003$; h-m: $t= 3.34$, $p=0.003$, c-m: $t= 3.34$, $p=0.003$)

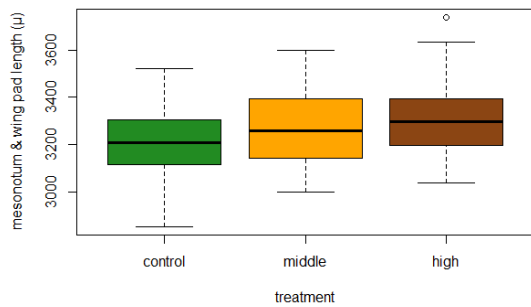


Fig. 18. Lungimea mesonotului & pterotecilor ($R^2=0.305$, $p<0.001$; h-c: $t= -4.09$, $p<0.001$; h-m: $t=0.77$, $p<0.001$; m-c: $t=0.77$, $p=0.72$)

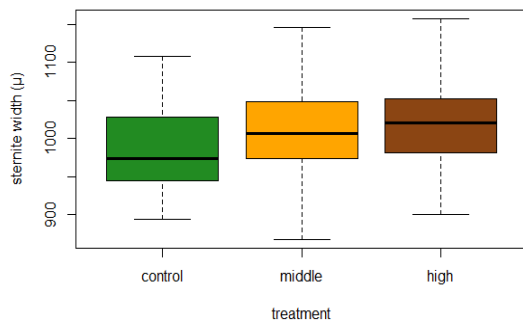


Fig. 19. Lățimea ultimului sternit abdominal ($R^2=0.406$, $p<0.001$; h-c: $t=-4.63$, $p<0.001$; h-m: $t=4.89$, $p<0.001$; m-c: $t=0.18$, $p=0.98$)

Dimensiunea adulților nu a variat semnificativ în funcție de temperatura de creștere.

4.3.7 Corelația între dimensiunea corporală și durata de dezvoltare acvatică

Dimensiunea corpului nimfelor dezvoltate pe cea mai înaltă temperatură crește concomitent cu creșterea duratei de dezvoltare acvatică, în timp ce corelația e negativă la scenariul martor și mediu (fig. 20 – 22).

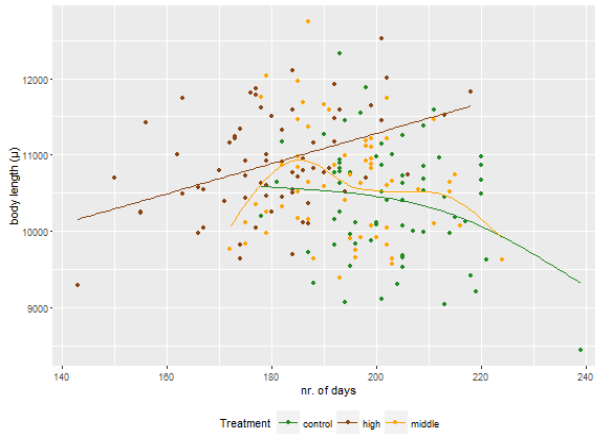


Fig. 20. Schimbarea lungimi corpului cu durata de dezvoltare acvatică (martor: $F=2.22$, $p=0.095$; mediu: $F=1.57$, $p=0.203$; înalt: 17.6%, $F=13.84$, $p<0.001$)

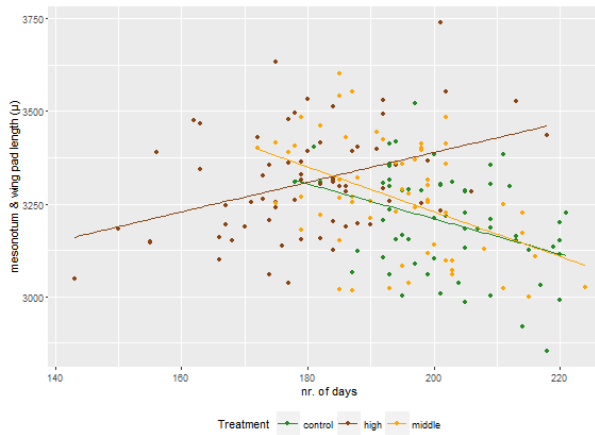


Fig. 21. Schimbarea lungimii mesonotului & pterotecii cu durata dezvoltării acvatice (martor: $F=9.07$, $p=0.003$; mediu: $F=14.87$, $p<0.001$; înalt: $F=11.73$, $p=0.001$)

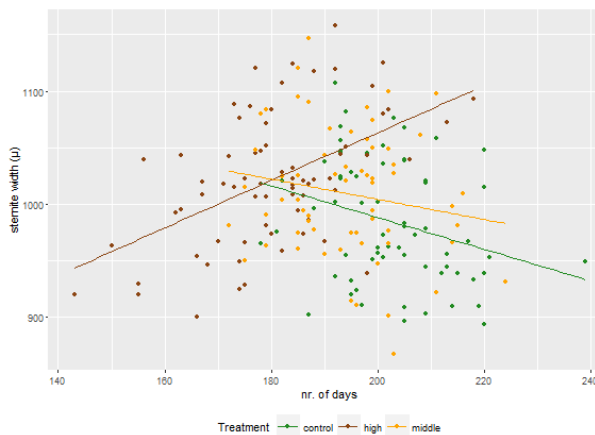


Fig. 22. Schimbarea lățimii ultimului sternit corelată cu durata de dezvoltare acvatică (martor: $F=5.89$, $p=0.018$; mediu: $F=1.92$, $p=0.17$; înalt: $F=23.06$, $p<0.001$)

Corelația între dimensiunea corporală a adulților și durata de dezvoltare acvatică nu este atât de unanimă precum în cazul nimfelor (fig. 23 – 25).

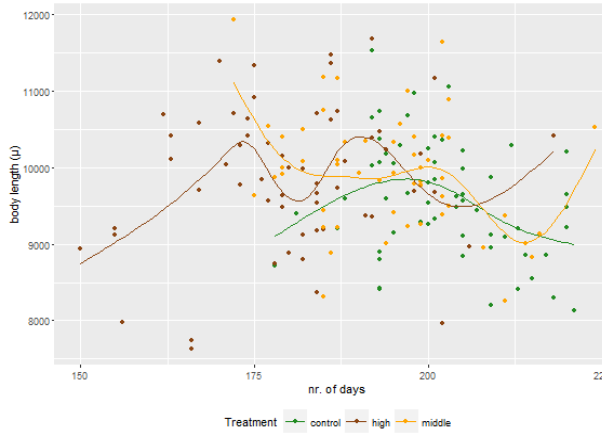


Fig. 23. Schimbarea lungimii corpului la adulți corelată cu durata de dezvoltare acvatică (martor: $F=3.3$, $p=0.018$; mediu: $F=2.66$, $p=0.02$; înalt: $F=1.63$, $p=0.12$)

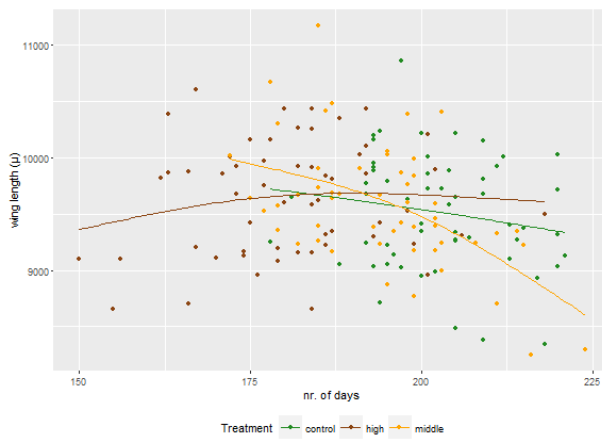


Fig. 24. Schimbarea lungimii aripilor la adulți corelată cu durata de dezvoltare acvatică (control: $F=1.48$, $p=0.2$; middle: $F=9.58$, $p<0.001$; high: $F=0.82$, $p=0.44$)

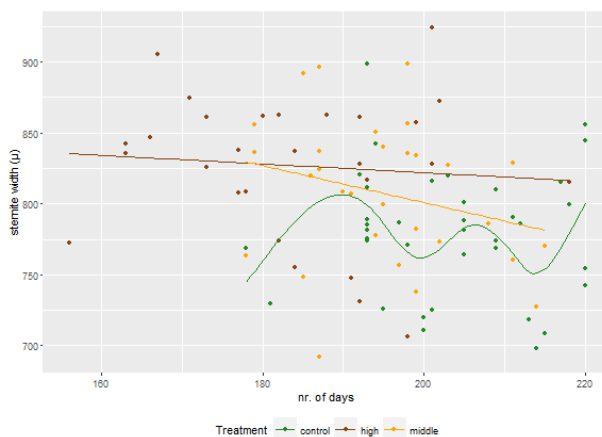


Fig. 25. Schimbarea lățimii sternitului la adulți (♀) corelată cu durata de dezvoltare acvatică (control: $F=1.33$, $p=0.27$; mediu: $F=2.058$, $p=0.16$; înalt: $F=0.2$, $p=0.66$)

4.3.8 Fecunditatea

Numărul ouălor a variat între 358 (temperatura înaltă) și 3386 (temperatura medie). În urma analizei statistice s-a constatat că fecunditatea specimenelor a fost influențată de durata de dezvoltare acvatică ($F=20.72$, $p<0.001$) și nu de temperatura de creștere ($F=0.6$, $p=0.55$) sau interacțiunea acestor factori ($F=0.79$, $p=0.46$). Totuși s-a observat o tendință de creștere a fecundității odată cu creșterea temperaturii. Astfel speciemenele de pe scenariul de temperatură aveau cu 106 de ouă mai mult decât cele de pe temperatura martor, iar fecunditatea femelelor crescute pe cea mai înaltă temperatură a crescut cu 137 de ouă față de fecunditatea specimenelor dezvoltate pe temperatura martor (fig. 26).

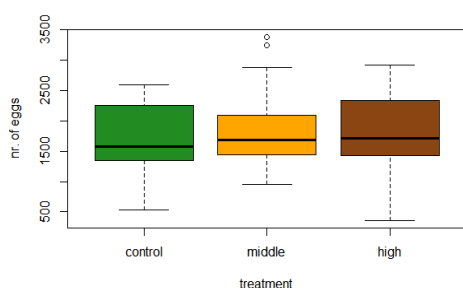


Fig. 26. Fecunditatea specimenelor *H. confusa* corelată cu temperatura

Modelul GAM a evidențiat corelația negativă semnificativă pe toate scenariile de temperatură între fecunditate și durata de dezvoltare acvatică și corelația pozitivă semnificativă între fecunditate și lungimea aripilor la adulți.

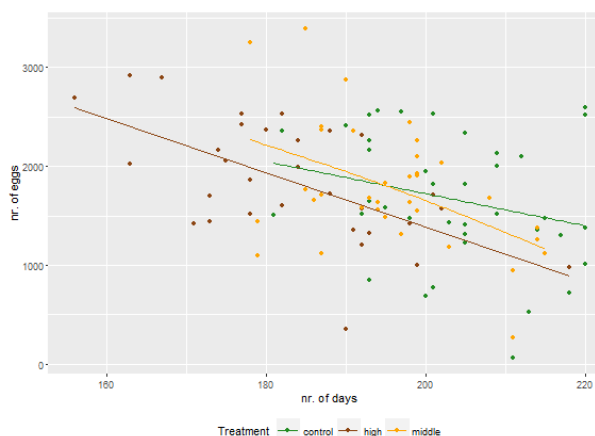


Fig. 27. Schimbarea fecundității corelată cu durata de dezvoltare acvatică (martor: $F=2.09$, $p=0.16$; mediu: $F=6.55$, $p=0.015$; înalt: $F=16.83$, $p<0.001$)

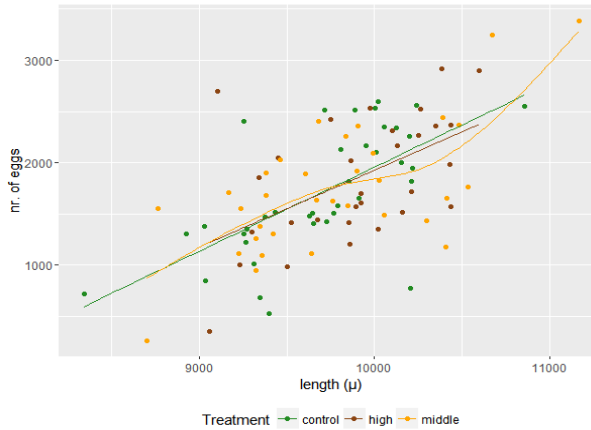


Fig. 28. Schimbarea fecundității corelată cu lungimea aripilor la adulți (martor $F=7.54$, $p<0.001$; mediu: $F=24.32$, $p<0.001$; înalt: $F=2.65$, $p=0.03$)

4.3.9 Temperatura de emergență

Temperatura medie de emergență a fost minim 7 °C la scenariul de creștere martor, 8 °C la cel mijlociu și 10 °C la cea mai înaltă temperatură de creștere.

4.3.1 Variația dimensiunii corporale și a fecundității specimenelor de pe teren și scenariul de creștere martor

Specimenele crescute în laborator erau mai mari în toate stadiile de dezvoltare decât cele provenite de pe teren. În timp ce nu s-au realizat diferențe semnificative între fecunditatea specimenelor din pârâul Elmbach și cele crescute pe temperatura martor (ANOVA: $p=0.45$), specimenele provenite din pârâul Große Steinau avea semnificativ mai puține ouă decât cele din Elmbach și temperatura martor (ANOVA: $p<0.001$) (fig. 29).

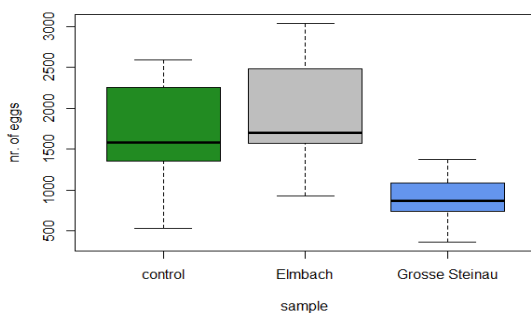


Fig. 29. Fecunditatea specimenelor crescute pe teren (pârâurile Elmbach și Große Steinau) și temperatura martor.

4.4 Discuții

Experimentul de creștere și-a propus să evalueze efectul încălzirii temperaturii cu 2 °C (scenariul B2) și 4 °C (scenariul A2) proiectat pentru sfârșitul secolului (IPCC, 2007) pentru specia model *H. confusa*. În urma analizei datelor de temperatură s-a observat că temperatura martor proiectată de modelul LOESS nu a fost atinsă și temperaturile experimentale, deși mai mici, decât cele propuse au fost ajustate la temperatura martor. Astfel temperaturile experimentale corespund în ultimul raport de evaluare a schimbărilor climatice (IPCC, 2013) scenariilor RCP 4.5 și RCP 8.5 proiectate pentru anul 2060 și 2100 respectiv. Temperaturile mai mici se datorează lipsei unității de climatizare precum și logisticii experimentului.

Adaptarea speciei *H. confusa* la temperaturi mai înalte s-a realizat în special prin modificări fenologice și prin schimbări morfologice. Astfel a fost redusă durata de dezvoltare acvatică, prin urmare s-a grăbit emergența, a crescut și temperatura minimă de emergență, a crescut numărul și frecvența de năpârlire, s-au produs schimbări în dinamica de creștere a larvelor și a crescut dimensiunea corporală a nimfelor. Deși fecunditatea nu a fost influențată semnificativ, s-a observat o tendință de creștere a numărului de ouă la speciile crescute pe temperaturi mai înalte. Încălzirea mediului acvatic nu a influențat rata de supraviețuire a larvelor.

Un număr mare de studii accentuează rolul temperaturii în creșterea larvelor acvatice (Huryn, 1996; Knispel, Sartori & Brittain, 2006), fenomen probabil explicabil datorită năpârlirii în urma atingerii unei dimensiuni critice (Merzendorfer & Zimoch, 2003; Soluk, 1990). Prin urmare, creșterea larvelor poate fi explicată și prin numărul și frecvența năpârlirilor, ambele parametre fiind mărite în cazul speciilor *H. confusa* crescute pe temperaturi mai înalte. Năpârlirea este un proces stresant și costisitor pentru larve (Camp, Funk & Buchwalter, 2014; Sweeney & Vannote, 1981), când pe lângă exuvie, se înlocuiește și mucoasa traheală și cea a sistemului digestiv (Speight, Hunter & Watt, 2008), speciile nu respiră și nu se hrănesc în această perioadă (Malmqvist & Sjöström, 1980; Camp, Funk & Buchwalter, 2014) și devin susceptibile la predație (Soluk, 1990). Pe baza celor menționate presupunem că odată cu creșterea temperaturii va crește și mortalitatea larvelor. Dar efectele adverse rezultate din urma creșterii frecvenței și numărului de năpârlire vor fi echilibrate prin creșterea fecundității.

Conform observațiilor noastre, frecvența de năpârlire s-a redus pe perioada iernii așa cum au arătat și studiile anterioare (González, Basaguren & Pozo, 2003; Pleskot, 1953). Larvele au crescut și pe perioada ierni, dar dimensiunea lor corporală nu s-a schimbat în aceeași măsură. Deși lungirea aripilor era continuă, creșterea lungimii corpului și a lățimii ultimului sternit abdominal s-a realizat în trepte și a fost influențată de temperatură. Astfel, probabil la atingerea unei dimensiuni critice relative față de temperatura apei, creșterea acestor parametri s-a oprit pe perioade diferite instalate în diferite momente.

Dimensiunea, fecunditatea specimenelor în stadiul de nimfă depinde de o serie de factori, precum temperatura și perioada de dezvoltare, sexul specimenelor și interacțiunea acestor factori. Astfel s-a observat o creștere semnificativă a dimensiunii tuturor parametrilor mășurați, dacă încălzirea temperaturii apei a depășit 2°C. Aceste rezultate contrazic regula lui Bergman, conform căreia dimensiunea corporală a specimenelor ar trebui să se reducă dacă temperatura de creștere depășește valoarea optimă (Atkinson, 1995; Atkinson, 1994), dar sunt susținute de o serie de excepții (Atkinson, 1995; Watanabe & Kuroda, 1985).

Deoarece efemeropterele, ca și alte insecte acvatice au stadii de dezvoltare acvatice și aerine, supraviețuirea speciei depinde de condițiile din ambele habitate (Nebeker, 1971). În prezentul experiment durata stadiului acvatic s-a redus odată cu încălzirea mediului acvatic. Studii anterioare confirmă că emergența e inițiată de atingerea unei temperaturi minime a apei (Brittain, 1979; Humpesch, 1971), dar luând în considerare că în urma creșterii temperaturii medii a apei cu 3.43 °C transformarea în subimago a speciei *H. confusa* s-a realizat la 10,5 °C în loc de 7 °C (temperatura de creștere martor), credem că momentul instalării emergenței e influențat și de alți factori precum intensitatea luminii sau durata lungimii zilei față de lungimea nopții. Ipoteza e susținută de efemeropterul *Baetis alpinus*, care nu s-a transformat în stadiu alar dacă a fost crescut în întuneric, deși temperatura de emergență de 8 °C observată pe teren a fost asigurată (Humpesch, 1971).

Deși în condițiile de laborator se încearcă aprecierea efectului unui singur factor asupra fenologiei, morfologiei speciilor, în realitate acestea depind de o multitudine de factori biotici și abiotici așa cum a fost dovedit și prin compararea dimensiunii și fecundității specimenelor provenite din scenariul de temperatură martor și teren. Specimenele crescute pe teren erau întotdeauna mai mici decât cele crescute în laborator, iar fecunditatea specimenelor colectate din pârâul Große Steinau era redusă cu 50 %, cauza fiind dimensiunea mai mică și infestarea specimenelor cu nematode.

Concluzii

- Metoda pâlniei întoarse oferă rezultate promițătoare pentru creșterea larvelor lotice pe termen scurt sau lung și probabil va stimula efectuarea unei game mai largi de experimente
- *Habroleptoides carpatica* reprezintă sinonimul senior al speciei *H. confusa*; denumire validă acceptată de ICZN: *H. confusa*, contrar principiului priorității descrierii
- Datorită plasticității fenologice și morfologice, *H. confusa* se va adapta la creșterea temperaturii proiectate pt. anul 2100 prin:
 1. Reducerea perioadei de dezvoltare (= avansarea/accelerarea emergenței) dar adaptată la condițiile externe: temperatură, lumină etc.
 2. Dezvoltare mai accentuată, dar adaptată la condițiile externe
 3. Creșterea dimensiunii larvare
 4. Creșterea fecundității

Bibliografie selectivă

- Adam, H. & Czihak, G. (1964): Arbeitsmethoden der makroskopischen und mikroskopischen Anatomie. Ein Laboratoriumshandbuch für Biologen, Mediziner und Hilfskräfte. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag, 583 pp.
- Allan, J.D., Abell, R., Hogan, Z., Revenga, C., Taylor, B.W., Welcomme, R.L. & Winemiller, K. (2005): Overfishing of Inland Waters. *BioScience* **55**(12): 1041–1051.
- Atkinson, D. (1994): Temperature and Organism Size—A Biological Law for Ectotherms? *Advances in Ecological Research* **25**: 1–58.
- Atkinson, D. (1995): Effects of temperature on the size of aquatic ectotherms: exceptions to the general rule. *Journal of Thermal Biology* **20**(1/2): 61–74.
- Baekken, T. (1981): Growth patterns and food habits of *Baetis rhodani*, *Capnia pygmaea* and *Diura nanseni* in a West Norwegian river. *Holarctic Ecology* **4**(2): 139–144.
- Balian, E. V, Segers, H., Lévêque, C. & Martens, K. (2008): The Freshwater Animal Diversity Assessment: an overview of the results. *Hydrobiologia* **595**: 627–637.

- Bauernfeind, E. & Humpesch, U.H. (2001): Die Eintagsfliegen Zentraleuropas - Bestimmung und Ökologie. Wien, Verlag des Naturhistorischen Museums Wien, 240 pp.
- Bauernfeind, E. & Soldán, T. (2012): The Mayflies of Europe (Ephemeroptera). Ollerup, Apollo Books, 781 pp.
- Bengtsson, H. (2015): matrixStats: Functions that apply to rows and columns of matrices (and to vectors).
- Biancheri, E. (1956): Note sugli Efemerotteri italiani. IV. Sulla variabilità delle ali posteriori di *Habrophlebia* (*Habroleptoides*) *modesta* (Hagen). Bollettino della Società Entomologica Italiana **86**(7-8): 122–126.
- Bogoescu, C. (1932a): Contributions a l'étude systematique des Ephemeropteres de Roumanie. Publicațiunile Societății Naturaliștilor din România **11**: 134–142.
- Bogoescu, C. (1932b): Contribuțiuni la studiul morfologic și biologic al phanerelor larvelor de ephemerine. București, Institutul de Arte Grafice E. Marvan, 99 pp.
- Bogoescu, C. (1958): Ephemeroptera.Fauna Republicii Socialiste Romîne. Insecta (I). București, Academia Republicii Socialiste Romîne, 187 pp.
- Bogoescu, C. & Crăsnaru, C. (1930): Sur une nouvelle espece de *Habroleptoides* Schoenem. (Ephemeroptera). Bulletin de la Section Scientifique de l'Academie Roumaine **13**(2): 190–194.
- Bonada, N., Zamora-Muñoz, C., Rieradevall, M. & Prat, N. (2004): Ecological profiles of caddisfly larvae in Mediterranean streams: implications for bioassessment methods. Environmental Pollution **132**(3): 509–21.
- Brittain, J.E. (1979): Emergence of Ephemeroptera from Øvre Heimdalsvatn, a Norwegian subalpine lake. In: K. Pasternak & R. Sowa (eds.): Proceedings of the Second International Conference on Ephemeroptera, Warszawa-Kraków, Panstwowe Wydawnictwo Naukowe: 115–123.
- Brittain, J.E. (1982): Biology of mayflies. Annual Review of Entomology **27**: 119–147.
- Brittain, J.E. (2008): Mayflies, biodiversity and climate change. In: F. R. Hauer, J. A. Stanford, & R. L. Newell (eds.): International advances in the ecology, zoogeography and systematics of mayflies and stoneflies, University of California: 1–14.
- Brittain, J.E. & Sartori, M. (2003): Ephemeroptera, mayflies. In: V. H. Resh & R. T. Cardé (eds.): Encyclopedia of Insects, Amsterdam, Academic Press: 373–380.

- Brown, L.E., Hannah, D.M. & Milner, A.M. (2007): Vulnerability of alpine stream biodiversity to shrinking glaciers and snowpacks. *Global Change Biology* **13**: 958–966.
- Camp, A.A., Funk, D.H. & Buchwalter, D.B. (2014): A stressful shortness of breath: molting disrupts breathing in the mayfly *Cloeon dipterum*. *Freshwater Science* **33**(3): 695–699.
- Carpenter, S.R., Stanley, E.H. & Vander Zanden, M.J. (2011): State of the World's Freshwater Ecosystems: Physical, Chemical, and Biological Changes. *Annual Review of Environment and Resources* **36**(1): 75–99.
- Clifford, H.F. (1982): Life cycles of mayflies (Ephemeroptera), with special reference to voltinism. *Quaestiones Entomologicae* **18**(1-4): 15–90.
- Cobo, F. (2005): Maintenance of shredders in the laboratory. In: M. A. S. Graça, F. Bärlocher, & M. O. Gessner (eds.): *Methods to Study Litter Decomposition*, Springer Netherlands: 291–295.
- Conti, L., Schmidt-Kloiber, A., Grenouillet, G. & Graf, W. (2014): A trait-based approach to assess the vulnerability of European aquatic insects to climate change. *Hydrobiologia* **721**(1): 297–315.
- Dinno, A. (2016): dunn.test: Dunn's Test of Multiple Comparisons Using Rank Sums. : 1–6.
- Domisch, S., Araújo, M.B., Bonada, N., Pauls, S.U., Jähnig, S.C. & Haase, P. (2013): Modelling distribution in European stream macroinvertebrates under future climates. *Global Change Biology* **19**(3): 752–762.
- Dudgeon, D., Arthington, A.H., Gessner, M.O., Kawabata, Z.-I., Knowler, D.J., Lévêque, C., Naiman, R.J., Prieur-Richard, A.-H., Soto, D., Stiassny, M.L.J. & Sullivan, C.A. (2006): Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* **81**(2): 163–182.
- Durance, I. & Ormerod, S.J. (2007): Climate change effects on upland stream macroinvertebrates over a 25-year period. *Global Change Biology* **13**(5): 942–957.
- Edmunds, G.F.J. & McCafferty, W.P. (1987): The mayfly subimago. *Annual Review of Entomology* **33**: 509–529.
- Elpers, C. & Tomka, I. (1994): Structure of mouthparts and feeding habits of *Potamanthus luteus* (Linné) (Ephemeroptera: Potamanthidae). *Archiv für Hydrobiologie Supplement*(1/2): 73–96.
- Elpers, C. & Tomka, I. (1995): Food-filtering mechanism of the larvae of *Oligoneuriella*

- rhenana* Imhoff (Ephemeroptera: Oligoneuriidae). In: L. D. Corkum & J. J. H. Ciborowski (eds.): Current Directions in Research on Ephemeroptera, Inc. Toronto, Canadian Scholars' Press: 283–294.
- Erba, S., Melissano, L. & Buffagni, A. (2003): Life cycles of Baetidae (Insecta: Ephemeroptera) in a north Italian prealpine stream. In: E. Gaino (ed.): Research Update on Ephemeroptera & Plecoptera, Perugia, Italy, University of Perugia: 177–186.
- Fenoglio, S., Bo, T., Battagazzore, M. & Morisi, A. (2005): Growth of *Oligoneuriella rhenana* (Imhoff, 1852) (Ephemeroptera: Oligoneuriidae) in two Rivers with Contrasting Temperatures in NW Italy. *Zoological Studies* **44**(2): 271–274.
- Fenoglio, S., Bo, T., Cucco, M., Mercalli, L. & Malacarne, G. (2010): Effects of global climate change on freshwater biota: A review with special emphasis on the Italian situation. *Italian Journal of Zoology* **77**(4): 374–383.
- Finlay, K.J. (2001): Construction and Evaluation of a New Laboratory System for Rearing Mayflies. In: E. Domínguez (ed.): Trends in Research in Ephemeroptera and Plecoptera, New York, Kluwer Academic / Plenum Publishers: 241–250.
- Funk, D.H., Sweeney, B.W. & Jackson, J.K. (2010): Why stream mayflies can reproduce without males but remain bisexual: a case of lost genetic variation. *Journal of the North American Benthological Society* **29**(4): 1258–1266.
- Giberson, D.J. & Rosenberg, D.M. (1992): Effects of temperature, food quantity, and nymphal rearing density on life-history traits of a northern population of *Hexagenia* (Ephemeroptera: Ephemeridae). *Journal of the North American Benthological Society* **11**(2): 181–193.
- Giberson, D.J. & Rosenberg, D.M. (1994): Life histories of burrowing mayflies (*Hexagenia limbata* and *H. rigida*, Ephemeroptera: Ephemeridae) in a northern Canadian reservoir. *Freshwater Biology* **32**: 501–518.
- González, J.M., Basaguren, A. & Pozo, J. (2003): Life history, production and coexistence of two leptophlebiid mayflies in three sites along a Northern Spain stream. *Archiv für Hydrobiologie* **158**(3): 303–316.
- Gupta, S., Michael, R.G. & Gupta, A. (1993): Laboratory studies on the life cycle and growth of *Cloeon* sp.(Ephemeroptera: Baetidae) in Meghalaya State, India. *Aquatic Insects* **15**(1): 49–55.
- Hansen, J., Sato, M., Ruedy, R., Schmidt, G.A. & Lo, K. (2016): Global Temperature in

2015. (January): 1–6.
- Harker, J. (1997): The role of parthenogenesis in the biology of two species of mayfly (Ephemeroptera). *Freshwater Biology* **37**(2): 287–297.
- Haybach, A. (1999): Beitrag zur Larvaltaxonomie der *Ecdyonurus-venosus*-Gruppe in Deutschland. *Lauterbornia* **37**: 113–150.
- Haybach, A. (2005): Ein Schlüssel für die Weibchen der Gattung *Electrogena* Zurwerra & Tomka, 1985 in Deutschland (Insecta: Ephemeroptera), nebst einem Gattungsschlüssel für die Weibchen der Familie Heptageniidae. *Mainzer Naturwissenschaftliches Archiv* **43**(2): 39–44.
- Haybach, A. & Jacob, U. (2010): Zoogeographische Analyse der deutschen Eintagsfliegenfauna (Insecta: Ephemeroptera). *Lauterbornia* **71**: 79–91.
- Hefti, D. & Tomka, I. (1990): Abundance, growth and production of three mayfly species (Ephemeroptera, Insecta) from the Swiss Prealps. *Archiv für Hydrobiologie* **120**(2): 211–228.
- Heino, J., Virkkala, R. & Toivonen, H. (2009): Climate change and freshwater biodiversity: detected patterns, future trends and adaptations in northern regions. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society* **84**(1): 39–54.
- Heinze, K. (1952): Polyvinylalkohol-Lactophenol-Gemisch als Einbettungsmittel für Blattläuse. *Die Naturwissenschaften* **12**: 285–286.
- Hering, D., Schmidt-Kloiber, A., Murphy, J., Lücke, S., Zamora-Muñoz, C., López-Rodríguez, M.J., Huber, T. & Graf, W. (2009): Potential impact of climate change on aquatic insects: A sensitivity analysis for European caddisflies (Trichoptera) based on distribution patterns and ecological preferences. *Aquatic Sciences* **71**: 3–14.
- Horn, P. & Zsilinszky, S. (2005): *Akvarisztika* 15th ed. Budapest, Mezőgazda Kiadó, 343 pp.
- Hothorn, T., Bretz, F. & Westfall, P. (2008): Simultaneous Inference in General Parametric Models. *Biometrical Journal* **50**(3): 346–363.
- Humpesch, U. (1971): Zur Faktoranalyse des Schlüpfrythmus der Flugstadien von *Baetis alpinus* Pict. (Baetidae, Ephemeroptera). *Oecologia* **7**: 328–341.
- Huryn, D. (1996): Temperature-dependent growth and life cycle of *Deleatidium* (Ephemeroptera: Leptophlebiidae) in two high-country streams in New Zealand. *Freshwater Biology* **36**(2): 351–361.

- ICZN (2015): Opinion 2371 (Case 3617): *Habroleptoides confusa* Sartori & Jacob, 1986 (Insecta, Ephemeroptera, Leptophlebiidae): precedence given over *Habroleptoides carpatica* Bogoescu & Crășnaru, 1930. Bulletin of Zoological Nomenclature **72**(4): 321–323.
- IPCC (2007): Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, & H. L. Miller (eds.). United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge University Press, 996 pp.
- IPCC (2013): Climate Change, 2014: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Mauels, Y. Xia, V. Bex, & P. M. Midgley (eds.). Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge University Press, 1535 pp.
- Jansen, W., Kappus, B., Böhmer, J. & Albrecht, A. (2000): Habitat Use and Distribution of *Oligoneuriella rhenana* (Ephemeroptera: Oligoneuriidae) in the Neckar River Drainage, South-West Germany. Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde A **611**: 1–12.
- Józsa, G. (1958): Hogyan készíthetünk szűrőkészüléket? Ezermester: 208–209.
- Jylhä, K., Carter, T. & Fronzek, S. (2010): Current Climatic Conditions and Observed Trends in Europe. In: J. Settele, L. Penev, T. Georgiev, R. Grabaum, V. Hammen, S. Klotz, M. Kotarac, & I. Kühn (eds.): Atlas of Biodiversity Risk, Sofia-Moscow, Pensoft Publishers: 66–67.
- Kazanci, N. & Türkmen, G. (2011): *Habroleptoides kavron* sp. n., a new species (Ephemeroptera, Leptophlebiidae) from Eastern Black Sea Region (Turkey) with ecological notes. Review of Hydrobiology **4**(2): 63–72.
- Knispel, S., Sartori, M. & Brittain, J.E. (2006): Egg development in the mayflies of a Swiss glacial floodplain. Journal of the North American Benthological Society **25**(2): 430–443.
- Kriska, G., Bernáth, B. & Horváth, G. (2007): Positive polarotaxis in a mayfly that never leaves the water surface: polarotactic water detection in *Palingenia longicauda* (Ephemeroptera). Die Naturwissenschaften **94**(2): 148–154.
- Lieske, R. & Zwick, P. (2008): Effects of intraspecific competition on the life cycle of the stonefly, *Nemurella pictetii* (Plecoptera: Nemouridae). BMC Ecology **8**: 5.

- López-Rodríguez, M.J., Tierno de Figueroa, J.M. & Alba-Tercedor, J. (2008): Life history and larval feeding of some species of Ephemeroptera and Plecoptera (Insecta) in the Sierra Nevada (Southern Iberian Peninsula). *Hydrobiologia* **610**(1): 277–295.
- Malmqvist, B. & Sjöström, P. (1980): Prey size and feeding patterns of *Dinocras cephalotes* (Plecoptera). *Oikos* **35**: 311–316.
- McKee, D. & Atkinson, D. (2000): The influence of climate change scenarios on populations of the mayfly *Cloeon dipterum*. *Hydrobiologia* **441**(1): 55–62.
- Merzendorfer, H. & Zimoch, L. (2003): Chitin metabolism in insects: structure, function and regulation of chitin synthases and chitinases. *The Journal of Experimental Biology* **206**: 4393–4412.
- Morgan, A.H. & Grierson, M.C. (1932): The functions of the gills in burrowing may flies (*Hexagenia recurvata*). *Physiological Zoölogy* **5**(2): 230–245.
- Muhlfeld, C.C., Giersch, J.J., Hauer, F.R., Pederson, G.T., Luikart, G., Peterson, D.P., Downs, C.C. & Fagre, D.B. (2011): Climate change links fate of glaciers and an endemic alpine invertebrate. *Climatic Change* **106**(2): 337–345.
- Nebeker, A. V (1971): Effect of high winter water temperatures on adult emergence of aquatic insects. *Water Research* **5**(9): 777–783.
- Petrovici, M. (2009): Evaluarea calității apei râului Crișul Repede utilizând larvele de efemeroptere (Insecta: Ephemeroptera) ca bioindicatori. Oradea, Editura Universității din Oradea, 273 pp.
- Pleskot, G. (1953): Zur Ökologie der Leptophlebiiden (Ins., Ephemeroptera). *Osterreichische zoologische Zeitschrift* **4**(1/2): 45–107.
- R Development Core Team (2008): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- Revenge, C., Brunner, J., Henninger, N., Kassem, K. & Payne, R. (2000): Pilot Analysis of Global Ecosystems: Freshwater Systems. Washington, World Resources Institute, 65 pp.
- Ricciardi, A. & Rasmussen, J.B. (1999): Extinction Rates of North American Freshwater Fauna. *Conservation Biology* **13**(5): 1220–1222.
- Rosillon, D. (1988): Food preference and relative influence of temperature and food quality on life history characteristics of a grazing mayfly, *Ephemerella ignita* (Poda). *Canadian*

Journal of Zoology **66**(6): 1474–1481.

- Rowsey, K.N., Scholar, M.D. & Rowsey, K.N. (2015): Development of culturing methods for native mayfly taxa for use in laboratory toxicity testing. Marshall University, 32 pp.
- Sala, O.E., Chapin III, F.S., Armesto, J.J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwals, E., Huenneke, L.F., Jackson, R.B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D.M., Mooney, H.A., Oesterheld, M., Poff, N.L., Sykes, M.T., Walker, B.H., M, W. & Wall, D.H. (2000): Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *Science* **287**: 1770–1774.
- Sand, K. & Brittain, J.E. (2009): Life cycle shifts in *Baetis rhodani* (Ephemeroptera) in the Norwegian mountains. *Aquatic Insects* **31**(sup1): 283–291.
- Sartori, M. (1986): Révision taxonomique du genre *Habroleptoides* Schönemund, 1929 (Ephemeroptera; Leptophlebiidae) III. Description de *H. annae* n. sp. et de *H. thomasi* n. sp. et synthèse finale des stades ailés. *Revue Suisse de Zoologie* **93**(4): 919–949.
- Sartori, M. & Jacob, U. (1986): Revision taxonomique du genre *Habroleptoides* Schönemund, 1929 (Ephemeroptera, Leptophlebiidae) II. A propos du statut de *Habroleptoides modesta* (Hagen, 1864). *Revue Suisse de Zoologie* **93**(3): 683–691.
- Sauer, J., Domisch, S., Nowak, C. & Haase, P. (2011): Low mountain ranges: summit traps for montane freshwater species under climate change. *Biodiversity and Conservation* **20**: 3133–3146.
- Schindehütte, K. (2000): Zoozöologische, strukturelle und typologische Untersuchungen an südniedersächsischen Fließgewässern, insbesondere des Westharzes als Beitrag zu einer regionalen Bachtypologie. Universität Göttingen, 141 pp + 51 pp Anhang pp.
- Schönemund, E. (1929): *Habroleptoides*, eine neue Ephemeropteren-Gattung. *Zoologischer Anzeiger* **80**: 222–232.
- Soluk, D.A. (1990): Postmolt susceptibility of *Ephemerella* larvae to predatory stoneflies: constraints on defensive armour. *Oikos*: 336–342.
- Sowa, R. (1971): *Ecdyonurus starmachi* sp. n. et *E. submontanus* Landa des Carpates Polonaises. *Bulletin de l'Académie Polonaise des Sciences. Série des sciences biologiques* **XIX**(6): 407–412.
- Speight, M.R., Hunter, M.D. & Watt, A.D. (2008): *Ecology of Insects: Concepts and Application* Second Edi. Hoboken, NJ, Wiley-Blackwell, 628 pp.
- Sroka, P. & Godunko, R.J. (2012): Mayflies of the Caucasus Mountains. I. A new species of

- the genus *Electrogena* Zurwerra & Tomka, 1985. *Zootaxa* **3222**: 28–45.
- Staniczek, A. (2010): Distribution of accessory gills in mayfly larvae (Insecta: Ephemeroptera: Siphonuroidea, Eusetisura). *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde A* **3**: 85–102.
- Studemann, D., Landolt, P. & Sartori, M. (1992): Ephemeroptera - Insecta. *Helvetica Fauna* **9**: 1–175.
- Sweeney, B.W. & Vannote, R.L. (1981): *Ephemerella* Mayflies of White Clay Creek: Bioenergetic and Ecological Relationships Among Six Coexisting Species. *Ecology* **62**(5): 1353 – 1369.
- Tanatmış, M. (2004): Gökirmak Nehir Havzasi (Kastamonu) ile Cide (Kastarnonu)-Ayancik (Sinop) arasi sahil bölgesinin Ephemeroptera (Insecta) faunasi. *Türkiye Entomoloji Dergisi* **28**(1): 45–56.
- Vánca, É. & Sartori, M. (2013): Case 3617 *Habroleptoides confusa* Sartori & Jacob, 1986 (Insecta, Ephemeroptera, Leptophlebiidae): proposed precedence over *Habroleptoides carpatica* Bogoescu & Crăsnaru, 1930. *Bulletin of Zoological Nomenclature* **70**(2): 82–85.
- Vánca, É., Rákósy, L. & Sartori, M. (2013): On the identity of *Habroleptoides carpatica* Bogoescu and Crăsnaru, 1930 and *H. confusa* Sartori and Jacob, 1986 (Insecta: Ephemeroptera: Leptophlebiidae: Habrophlebiinae). *Journal of the Entomological Research Society* **15**(3): 85–94.
- Vánca, É., Csata, Z. & Rákósy, L. (2016): Adaptation of a simple technique for rearing lotic mayfly (Insecta : Ephemeroptera) nymphs. *Entomologica Romanica* **19**(2014/15): 5–12.
- Watanabe, N.C. & Kuroda, T. (1985): Change in growth of a mayfly nymph, *Ephemera japonica*, along the stream length and thermal effect on it. *Memoirs of the Faculty of Education Kagawa University* **35**(2): 47–54.
- Wellnitz, T.A. & Ward, J. V (1998): Does light intensity modify the effect mayfly grazers have on periphyton? *Freshwater Biology* **39**: 135–149.
- Wellnitz, T.A. & Ward, J. V (2000): Herbivory and irradiance shape periphytic architecture in a Swiss alpine stream. *Limnology and Oceanography* **45**(1): 64–75.
- Wickham, H. (2009): *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*.
- Wood, S.N. (2011): Fast stable restricted maximum likelihood and marginal likelihood

estimation of semiparametric generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society (B)* **73**(1): 3–36.

Lista publicațiilor

Publicații din tematica tezei

- Váncsa, É.**, Csata, Z. & Rákósy, L. (2016): Adaptation of a simple technique for rearing lotic mayfly (Insecta : Ephemeroptera) nymphs. *Entomologica Romanica*, 19(2014/15): 5–12.
- Váncsa, É.**, Rákósy, L. & Sartori, M. (2013): On the identity of *Habroleptoides carpatica* Bogoescu and Crăsnaru, 1930 and *H. confusa* Sartori and Jacob, 1986 (Insecta: Ephemeroptera: Leptophlebiidae: Habrophlebiinae). *Journal of the Entomological Research Society*, 15(3): 85–94. IF: 0.347
- Váncsa, É.** & Sartori, M. (2013): Case 3617 *Habroleptoides confusa* Sartori & Jacob, 1986 (Insecta, Ephemeroptera, Leptophlebiidae): proposed precedence over *Habroleptoides carpatica* Bogoescu & Crăsnaru, 1930. *Bulletin of Zoological Nomenclature*, 70(2): 82–85.
- Bálint, M., Málnás, K., Nowak, C., Geismar, J., **Váncsa, É.**, Polyák, L., Lengyel, S. & Haase, P. (2012): Species history masks the effects of human-induced range loss - unexpected genetic diversity in the endangered giant mayfly *Palingenia longicauda*. *PLoS ONE*, 7(3): 1–9. IF: 3.73
- Váncsa, É.**, Vidinova, Y., Neu, P. & Bálint, M. (2011): Current data concerning Bulgarian high mountain mayfly fauna (Insecta: Ephemeroptera) with zoogeographical notes. *Lauterbornia*, 72:111–118.
- Váncsa, É.**, Haase, P. & Sundermann, A. (in prep.): Evaluation of the impact of elevated stream temperature on a model species - *Habroleptoides confusa* (Insecta: Ephemeroptera).

Publicații din arealul tezei

- Váncsa, É.** & Sárkány-Kiss, A. (2007): The study of macroinvertebrate community in the heavy metal polluted Arieș river (Romania). *Acta Siculica*, 103–114.

Csata, Z. & Váncsa, É. (2007): Contribuții la cunoașterea faunei de macrozoobentos din apele curgătoare din județul Covasna (România). Acta Siculica, 75–101.

Csata, Z. & Váncsa, É. (2007): *Didymosphenia geminata*, o diatomee invazivă care periclitează ecosistemele de ape de suprafață. Acta Siculica, 69–74.

Cuprinsul tezei

1.	Introducere generală.....	4
1.1	Caracterizarea efemeropterelor (Insecta: Ephemeroptera).....	4
1.1.1	Generalități.....	4
1.1.2	Biologia efemeropterelor.....	4
1.1.2.1	Subimago.....	4
1.1.2.2	Imago.....	5
1.1.2.3	Ouăle.....	6
1.1.2.4	Larva.....	7
1.1.3	Nutriție.....	7
1.1.4	Respirație.....	8
1.1.5	Emergența.....	9
1.1.6	Ciclul de viață.....	9
1.1.7	Rolul efemeropterelor în ecosystem.....	10
1.2	<i>Habroleptoides</i> în Ephemeroptera.....	11
1.3	Schimbarea globală a climei.....	12
1.3.1	Tendențe recente în climă.....	12
1.3.2	Cauzele schimbării climatice.....	13
1.3.3	Previziuni.....	14
1.3.4	Impactul schimbării climatice asupra biotei.....	14

2.	Despre identitatea speciilor <i>Habroleptoides carpatica</i> Bogoescu & Crăsnaru, 1930 și <i>H. confusa</i> Sartori & Jacob, 1986 (Insecta: Ephemeroptera: Leptophlebiidae: Habrophlebiinae).....	16
2.1	Introducere.....	16
2.2	Materiale și metode.....	17
2.3	Rezultate.....	20
2.4	Discuții.....	25
3.	Adaptarea unei metode pentru creșterea larvelor de efemeroptere lotice (Insecta: Ephemeroptera).....	27
3.1	Introducere.....	27
3.2	Materiale și metode.....	28
3.2.1	Caracterizarea punctelor de prelevare.....	28
3.2.2	Descrierea facilității de creștere.....	29
3.2.3	Evaluarea facilității de creștere.....	30
3.3	Rezultate.....	32
3.3.1	Creșterea nimfelor de efemeroptere.....	32
3.3.1	Creșterea larvelor tinere de <i>Ecdyonurus</i> sp.....	32
3.4	Discuții.....	33
4.	Evaluarea impactului încălzirii globale asupra speciei <i>H. confusa</i>	36
4.1	Introducere.....	36
4.2	Materiale și metode.....	37
4.2.1	Caracterizarea speciei crescute și a punctului de prelevare.....	37
4.2.2	Experimentul de laborator.....	38
4.2.3	Observații de teren.....	40
4.2.4	Pregătirea datelor.....	40
4.2.5	Analiza statistică.....	42
4.3	Rezultate.....	44

4.3.1	Experimentul de laborator	44
4.3.1.1	Temperatura de creștere.....	44
4.3.1.2	Succesul de creștere și de emergență.....	46
4.3.1.3	Perioada de dezvoltare acvatică (= ziua de emergență).....	46
4.3.1.4	Numărul și frecvența de năpârlire.....	48
4.3.1.5	Dinamica de creștere a larvelor.....	49
4.3.1.6	Diferențierea stentului masculilor în stadiul de larva	51
4.3.1.7	Dimensiunea exuviei nimfale.....	54
4.3.1.8	Dimensiunea în stadiul de imago.....	61
4.3.1.9	Fecunditatea.....	66
4.3.1.10	Temperatura de emergență.....	71
4.3.1.11	Lungimea perioadei de emergență.....	72
4.3.2	Creșterea larvelor în Elmbach și pe temperatura martor.....	74
4.4	Discuții.....	76
5.	Concluzii.....	89
	Lista publicațiilor.....	91
	Mulțumiri.....	92
	Bibliografie.....	93
	Anexe.....	143