

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
BIOLOĢIJAS FAKULTĀTE
ZOOLOĢIJAS UN DZĪVNIEKU EKOLOĢIJAS KATEDRA

Uģis Kagainis

CARABODES C.L.KOCH, 1835 ĢINTS BRUŅĒRČU (ACARI:
ORIBATIDA: CARABODIDAE) MORFOLOĢIJAS
MAINĪBA DAŽĀDU FAKTORU IETEKMĒ

Promocijas darbs bioloģijas doktora grāda iegūšanai zooloģijas
apakšnozarē

Darba vadītājs: asoc. prof., Dr. biol. Voldemārs Spuņģis
Darba konsultants: doc., Dr. biol. Tūrs Selga

RĪGA, 2016

KOPSAVILKUMS

Līdzšinējā bruņērču taksonomija balstīta, galvenokārt, uz kvalitatīvu morfoloģijas analīzi, izmantojot nelielas paraugkopas, kas nereti sniedz nepilnīgu priekšstatu par pazīmju mainību. Lai papildinātu esošās zināšanas sugu daudzveidībā, nepieciešams detalizēti analizēt potenciālos iemeslus neskaidrībām taksonomijā, kā piemēram, izmantotās mikroskopijas metodikas pielietojums, analizētās paraugkopas apjoma pietiekamība, kā arī dažādu biotisko un abiotisko faktoru ietekme.

Darba mērķi ir saistīti ar *Carabodes* ģints bruņērču morfoloģijas mainības detalizētu raksturošanu dažādu faktoru ietekmē, kā arī konfokālās lāzer-skenējošās mikroskopijas kā alternatīvas metodes aprobāciju, lai paaugstinātu kvantitatīvo pazīmju raksturošanas precizitāti.

No identificētajām septiņām sugām četras tika ievāktas relatīvi lielā skaitā un uzrādīja augstu morfoloģijas mainību. Pielietojot līdz šim tradicionāli izmantotu caurstarojošās gaismas un alternatīvu konfokālo lāzer-skenējošo mikroskopus, bruņērcēm tika izmērītas 13 dažādas morfoloģiskās pazīmes. Alternatīvās mikroskopijas mērījumu dati precīzāk ilustrēja pazīmju mainību, uzrādot zemākas standartnovirzes, kā arī augstākas vidējās aritmētiskās vērtības efektīvākas parauga fiksēšanas un citu metodoloģisko īpašību dēļ. Morfometriski raksturotas pazīmes bija iespējams analizēt kvantitatīvi un interpretēt objektīvāk, salīdzinājumā ar bināri sastādītajām kvalitatīvajām pazīmēm. Tās arī uzrādīja desmit reizes augstāku morfoloģisko mainību. Objektīvāku morfoloģiskās mainības datu iegūšanas iespējas ietekmēja arī izvēlētajās paraugkopas apjoms. Relatīvi mazas *C. subarcticus* paraugkopas, kādas pārsvarā pielietotas līdzšinējos bruņērču morfoloģijas pētījumos ($n < 25$) ar šajā pētījumā iegūtajiem datiem uzrādīja divas reizes zemāku morfoloģisko mainību, salīdzinot ar datiem no pietiekami lielām paraugkopām ($n > 390$). Morfoloģisko mainību ietekmēja ne tikai dzimums, potenciālā mātišu auglība un apdzīvotais biotops, bet arī biotopam raksturīgā biotisko un abiotisko faktoru izpausme. *C. ornatus* un *C. subarcticus* bruņērču morfoloģijas mainību ietekmēja augsnes relatīvā sausuma un sūnu projektīvā seguma netieša iedarbība, kā arī augsnes relatīvā blīvuma tieša iedarbība.

Atslēgvārdi: *Carabodes*, morfoloģiskās pazīmes, morfoloģijas mainība, biotiskie un abiotiskie faktori, konfokālā lāzer-skenējošā mikroskopija.

SUMMARY

Taxonomy of armoured mites has been mainly based on the analysis of qualitative morphological features and relatively small sample sizes. Doubtful descriptions of morphological variability have been published as a result. Motives (e.g. advantages of different microscopes, adequacy of sample size and influence by different biotic and abiotic factors) of these descriptions should be analysed.

The aim of this work was to describe morphological variability of *Carabodes* genus armoured mites in the background of different affecting factors, as well as to test confocal laser scanning microscopy as an alternative method used for more precise morphometrical analysis.

Among seven determined species, four species were sampled with sufficient number of individuals and showed relatively high morphological variability. By using traditional transmitted light microscope and an alternative tool – confocal laser scanning microscope – thirteen different morphological features were measured. Measurements of an alternative microscopy showed morphological variability more realistically i.e. with lower standard deviations and higher mean values due to fixation properties and other advantages. Morphometrical analysis resulted in a quantitative data that was interpreted more objectively, comparing to the qualitative analysis. In case of qualitative features, ten times lower coefficient of variation was registered. Smaller sample size also was a limiting factor for morphological variability. Relatively small samples ($n < 25$) of *C. subarcticus* showed twice as lower morphological variability compared to those with large sample sizes ($n > 390$). Finally, morphological variability was influenced significantly not only by sexual dimorphism, potential fertility and habitat, but also and abiotic factors. Morphological variability of *C. ornatus* and *C. subarcticus* mites was influenced indirectly by relative dry matter content of soil and cover of mosses via food resources as well as directly by relative bulk density of soil via mechanical conditions.

Keywords: *Carabodes*, morphological features, morphological variability, biotic and abiotic factors, confocal laser scanning microscopy.

SATURS

| | |
|---|----|
| Ievads..... | 5 |
| 1. Literatūras apskats..... | 7 |
| 1.1. <i>Carabodes</i> ģints bruņērču morfoloģija..... | 7 |
| 1.1.1. Vispārīgs raksturojums..... | 7 |
| 1.1.2. Kvalitatīvās un kvantitatīvās morfoloģiskās pazīmes..... | 10 |
| 1.1.3. Morfoloģisko pazīmju mainība..... | 14 |
| 1.1.4. Morfoloģija līdzšinējo taksonomisko aprakstu kontekstā..... | 17 |
| 1.2. <i>Carabodes</i> ģints bruņērču morfoloģisko mainību ietekmējošie biotiskie un abiotiskie faktori..... | 20 |
| 1.3. <i>Carabodes</i> ģints bruņērču morfoloģijas izpētē pielietojamās mikroskopijas metodes..... | 22 |
| 1.3.1. Caurstarojošās gaismas mikroskopija..... | 22 |
| 1.3.2. Skenējošā elektron-mikroskopija..... | 23 |
| 1.3.3. Konfokālā lāzer-skenējošā mikroskopija..... | 24 |
| 1.4. Apdzīvojamo biotopu, kuri izmantoti pētījumā, raksturojums..... | 25 |
| 2. Metodes..... | 26 |
| 2.1. Paraugu ievākšanas un apstrādes metodes..... | 26 |
| 2.2. Biotisko faktoru raksturošanas metodes..... | 28 |
| 2.3. Augsnes abiotisko faktoru raksturošanas metodes..... | 29 |
| 2.4. Paraugu sagatavošanas un mikroskopēšanas metodes..... | 30 |
| 2.4.1. Caurstarojošā gaismas mikroskopija..... | 30 |
| 2.4.2. Konfokālā lāzer-skenējošā mikroskopija..... | 33 |
| 2.4.3. Skenējošā elektron-mikroskopija..... | 34 |
| 2.5. Datu apstrādes metodes..... | 36 |
| 2.5.1. Izmantoto mikroskopijas metožu morfometrijas datu salīdzināšana..... | 36 |
| 2.5.2. <i>Carabodes</i> ģints bruņērču morfoloģijas mainības raksturošana..... | 37 |
| 2.5.3. Paraugkopas apjoma ietekmes uz morfoloģisko mainību modelēšana un analīze..... | 39 |
| 2.5.4. Morfoloģijas mainības atkarības no biotiskajiem un abiotiskajiem faktoriem noteikšana..... | 40 |
| 3. Rezultāti un diskusija..... | 42 |
| 3.1. Izmantoto mikroskopijas metožu morfometrijas rezultātu salīdzinājums..... | 42 |
| 3.2. <i>Carabodes</i> ģints bruņērču morfoloģija un tās mainība..... | 45 |
| 3.2.1. Kvantitatīvo pazīmju raksturojums..... | 47 |
| 3.2.2. Kvalitatīvo pazīmju raksturojums..... | 54 |
| 3.2.3. Morfoloģijas mainības raksturojums..... | 57 |
| 3.3. Paraugkopas apjoma ietekme uz morfoloģijas mainību..... | 61 |
| 3.4. <i>Carabodes</i> ģints bruņērču dzimuma ietekme uz morfoloģisko mainību..... | 68 |
| 3.5. <i>Carabodes</i> ģints bruņērču morfoloģijas mainības atkarība no biotiskajiem un abiotiskajiem faktoriem..... | 71 |
| 4. Secinājumi..... | 87 |
| 5. Pateicības..... | 89 |
| 6. Izmantotā literatūra un avoti..... | 90 |
| Pielikumi | |

IEVADS

Kopš sistemātikas pirmsākumiem dzīvo organismu pētījumi balstīti uz morfoloģisko pazīmju analīzi un sugas identificēšanu. Mikroskopijas metožu uzlabojumi rezultējušies ap desmit tūkstošu bruņērču sugu aprakstu, kas balstīti, galvenokārt, uz kvalitatīvām pazīmēm (Subías 2004). Šīs pazīmes (forma, veids, krāsa un proporcija) veiksmīgi pielietotas sugu ar zemu morfoloģisko mainību identificēšanā, bet augstas mainības gadījumā interpretējamas subjektīvāk, līdz ar to arī kļūdaināk. Gan ārzemju akarologi, gan arī Latvijas akaroloģijas aizsācējs Viktors Eglītis pieļāvuši kļūdas, nosakot morfoloģiski mainīgas *Carabodes* ģints sugas. Līdz šim publicēti daži virspusēji pētījumi, kuros analizēta bruņērču morfoloģijas mainība un tās atkarība no dažādiem faktoriem reprezentatīva apjoma statistiski būtisku rezultātu ilustrējošām paraugkopām. Mērījumi veikti caurstarojošās gaismas mikroskopijā ar relatīvi augstu kļūdu un to analīze pielietota nelielā daļā sugu aprakstos ar papildinošu nozīmi.

Promocijas darba mērķi un uzdevumi

Promocijas darba mērķi:

#1: Raksturot *Carabodes* ģints bruņērču morfoloģijas mainību dzimuma un dažādu biotisko un abiotisko faktoru ietekmē.

#2: Raksturot konfokālās lāzer-skenējošās mikroskopijas izmantošanas iespējas *Carabodes* ģints bruņērču morfometrijā.

Promocijas darba uzdevumi:

1. kritiski izvērtēt līdz šim zinātniskajā literatūrā publicētos pētījumus par bruņērču morfoloģiju, tās mainību un līdz šim morfometriskos nolūkos pielietotajām mikroskopijas metodēm;
2. salīdzināt morfometrijā līdz šim bieži izmantotās caurstarojošās mikroskopijas metodes mērījumu precizitāti un efektivitāti ar šiem nolūkiem bezmugurkaulnieku pētījumos vēl neizmatotas un šajā promocijas darbā aprobētas mikroskopijas metodes, konfokālās lāzer-skenējošās mikroskopijas, mērījumu precizitāti un efektivitāti, analizējot *Carabodes* ģints bruņērču 13 kvantitatīvas pazīmes;

3. noteikt paraugkopas apjoma saistību ar kvantitatīvo datu precizitāti un morfoloģijas mainību *Carabodes* ģints bruņērču sugām, kas ievāktas ar relatīvi augstu indivīdu skaitu un analizēt saistību līdzšinējās bruņērču morfometrijas un taksonomijas kontekstā;
4. noteikt iespējamās saistības starp dažādiem biotiskiem faktoriem (apdzīvojuma blīvums un potenciālā auglība (olu skaits uz mātīti), kā arī vaskulāro augu, sūnu un ķērpju projektīvais segums) un tiem pakļautu *Carabodes* ģints bruņērču morfoloģijas mainību;
5. noteikt iespējamās saistības starp dažādiem augsnes abiotiskajiem faktoriem (pH, humusa biezums, relatīvais sausnes īpatsvars, relatīvais blīvums, kā arī temperatūra) pakļautu *Carabodes* ģints bruņērču morfoloģisko mainību;
6. noteikt saistības starp dažāda dzimuma *Carabodes* ģints bruņērču morfoloģisko mainību, dzimuma noteikšanu veicot, izmantojot caurstarojošo gaismas mikroskopu;
7. salīdzināt *Carabodes* ģints morfoloģijas kvantitatīvos datus ar kvalitatīvajiem datiem, kas iegūti elektronu skenējošā mikroskopijas gaitā, nosakot bruņērču sugas un kvalitatīvi raksturojot bruņērču morfoloģiju.

Promocijas darbā aizstāvamās tēzes:

#1: *Carabodes* ģints bruņērču morfoloģijas mainība ir relatīvi augsta

#2: Izmantojot konfokālo lāzer-skenējošo mikroskopu, nevis tradicionāli pielietoto caurstarojošās gaismas mikroskopu, iespējams iegūt *Carabodes* ģints bruņērču morfoloģisko parametru mērījumus ar zemāku kļūdu (standartnovirzi un variāciju) salīdzinoši lielā paraugkopā.

#3: Jo lielākā *Carabodes* ģints sugas paraugkopā tiek veikti morfoloģisko pazīmju mērījumi, jo iegūtie dati satur augstāku variāciju un objektīvāk ilustrē morfometrijas variāciju. Morfoloģijas mainības pētījumu ticamību, līdz ar to arī līdzšinējo taksonomiska rakstura pētījumu, uz kuriem balstīti arī sugu noteicēji, ticamību būtiski ietekmē pētītās paraugkopas apjoms.

#4: *Carabodes* ģints bruņērču morfoloģijas mainību kompleksi var ietekmēt dažādu biotisko un abiotisko faktoru iedarbība.

1. LITERATŪRAS APSKATS

1.1. *Carabodes* ģints bruņērču morfoloģija

1.1.1. Vispārīgs raksturojums

Carabodes C.L. KOCH, 1835 ģints pieder Carabodidae C.L. KOCH, 1836 dzimtai. Carabodidae ir viena no daudzām evolucionāri jaunāko bruņērču Brachypylina HULL, 1918 dzimtām visā bruņērču Oribatida DUGÉS, 1834 kārtā. Bruņērces veido būtisku daļu no augsni apdzīvojošo mikroskopisko posmkāju Arthropoda VON SIEBOLD, 1848 daudzveidības (Гиляров, Криволицкий 1975, Balogh, Mahunka 1983, Hunt *et al.* 1999, Schatz 2004, Subías 2004, Weigmann 2006, Krantz, Walter 2009). Pētījumam autors izvēlējies *Carabodes* ģinti, jo tā morfoloģiski ir viegli atšķirama no citām bruņērču ģintīm, plaši izplatīta dažādos biotopos, taču līdzšinējos pētījumos šajā ģintī pastāvējušas neskaidrības sugu noteikšanā (Koch 1835, Sellnick, Forsslund 1952, Буланова-Захваткина 1967, Bernini 1970, Kagainis 2010b). *Carabodes* ir izmēros vidēji mazi posmkāji un piemēroti modeļobjekti konfokālās lāzer-skenējošās mikroskopijas metodikas aprobācijai, kā arī bruņērču morfometrisko pētījumu attīstīšanai (Kagainis 2014).

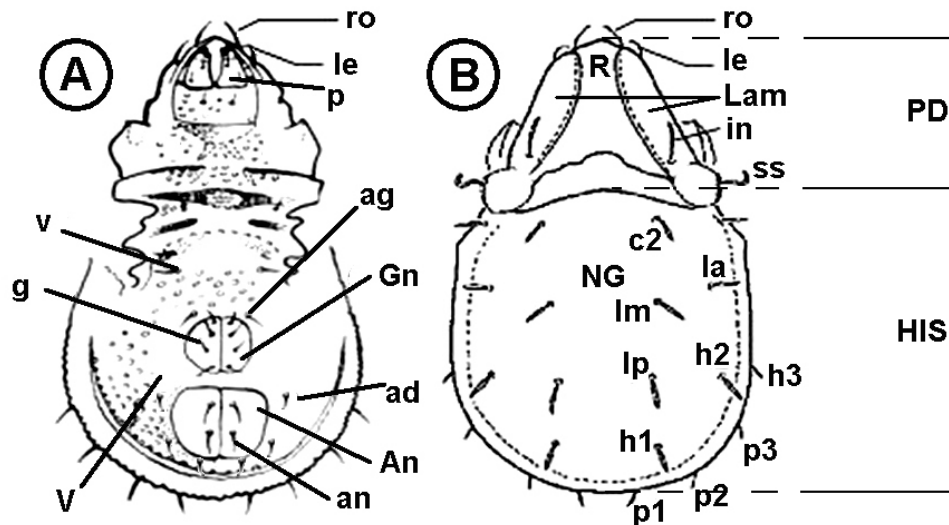
Carabodes ģints sugas sastopamas Ziemeļ- un Dienvidamerikā, Eiropā un Āzijā (Reeves, Behan-Pelletier 1998), galvenokārt, apdzīvo skujkoku mežu biotopus (Виксне 1959). Tās nav konstatētas tropiskajā joslā (Krantz, Walter 2009). Mītra zemsedze, visbiežāk augsnes virsējie horizonti (Буланова-Захваткина 1967, Reeves 1988) sūnas, ķērpji, koku stumbri, mīza un kritālas ir izplatītākie *Carabodes* sugu mikrobiotopi (Avanzati *et al.* 2004, Reeves 1988). Pierādīts, ka *Carabodes* ģints bruņērces pārsvarā barojas ar ķērpju sastāvā esošajām sēņu hifām (Буланова-Захваткина 1967, Anderson 1975, Hunt *et al.* 1999).

Latvijā zināmas 227 bruņērču sugas, no kurām desmit pieder *Carabodes* ģintij: *C. areolatus* BERLESE, 1916, *C. coriaceus* C.L. KOCH, 1836, *C. femoralis* (NICOLET, 1855), *C. labyrinthicus* (MICHAEL, 1879a), *Carabodes marginatus* (MICHAEL, 1884), *C. ornatus* STORKAN, 1925, *C. reticulatus* BERLESE, 1913, *C. rugosior* BERLESE, 1916, *C. subarcticus* TRÄGÅRDH, 1902 un *C. willmanni* (BERNINI, 1975) (Baranovska 2007, Kagainis 2010b, 2011, Kagainis *et al.* 2014).

Lietuvā konstatētas 312 bruņērču sugas, tai skaitā septiņas sugas no *Carabodes* ģints: *C. areolatus*, *C. coriaceus*, *C. femoralis*, *C. labyrinthicus*, *C. marginatus*, *C. ornatus* un *C. reticulatus* (Eitminavičiūtė 2003, Baranovska 2007). Divdesmitā gadsimta sešdesmitajos gados tika organizētas Baltijas valstu jūras Rietumu krasta joslas augsnes bezmugurkaulnieku uzskaites (Эйтминавичюте *u dr.* 1976). И. Эйтминавичюте (1965) norādīja 59 sugas, kas reģistrētas Baltijas jūras piekrastē arī Igaunijas teritorijā. Taču publicēta sugu saraksta visaptverošai Igaunijas teritorijai līdz šim nav. Pēdējos gados uzsākti bioindikatīvas un ekoloģiskas nozīmes pilota pētījumi, kuros analizēts arī bruņērču sugu sastāvs (Vacht *et al.* 2014).

Carabodes un citu ģinšu bruņērču morfoloģiju raksturojošajā terminoloģijā joprojām pastāv nevienlīdzība. Dažādi autori identiskas pazīmes apzīmē ar dažādiem terminiem. Daļa autoru (Norton 1978, Balogh, Mahunka 1983 cit. pēc Balogh 1972, Reeves 1987, 1988, 1991a, 1992, 1993, Reeves, Behan-Pelletier 1998) izmanto 19. gs akaroloģijā vispārpieņemtus latīņu valodas terminus (Hammen 1980), bet citi izmanto latīņu un angļu valodu terminu tulkojumus vai ievieš tajos izmaiņas (Гиляров, Криволицкий 1975, Salomone *et al.* 2003, Oliveira *et al.* 2005). Morfoloģijas apraksti tiek veidoti atšķirīgi (Norton 1978, Hunt *et al.* 1999, Weigmann 2006).

Carabodes ģints bruņērču ķermeni klāj tumša kutikula, kuras virsējā kārtā jeb ceroteguments satur pigmenta šūnas un ķermeņa iekšējiem audiem kalpo kā aizsardzības barjera ar apkārtējo vidi (Sellnick, Forsslund 1952, Буланова-Захваткина 1967, Ermilov 2011). Evolucionāri jaunākajām bruņērcēm, tostarp arī *Carabodes* ģints bruņērcēm, galva, krūtis un vēders ir saplūduši (Гиляров, Криволицкий 1975). Ķermenim dorsāli tiek izdalītas anteriorā un aposteriorā daļas. Anterioro daļu veido galva, rostrālie hitīna vairogi – lamellas, kā arī mutes orgāni – pa vienam pārim pedipalpu un heliceru (Coineau 1974 cit. pēc Krantz, Walter 2009). Lamellas ir platas, sniedzas līdz rostruma virsotnei un ir gandrīz paralēlas (Sellnick, Forsslund 1952, Balogh 1972, Гиляров, Криволицкий 1975). Uz ķermeņa virsmas izkārtoti sariņi. Ventrāli novietoti ventrālie sariņi (*v*), četri pāri ģenitālā vairoga sariņi (*g*), trīs pāri adanālie sariņi (*ad*), divi pāri anālā vairoga sariņi (*an*), kā arī viens pāris aģenitālie sariņi (*ag*). Dorso-anteriori novietoti rostrālais sariņš (*ro*), lamellārais sariņš (*le*); trihobotriālais sariņš (*ss*) un interlamellārais sariņš (*in*). Uz notogastra dažādos virzienos vērti 10 pāri notogastrālie sariņi: dorsāli vērsti *c2*, *lm*, *lp*, *la*, *h2* un *h1*, kā arī margināli novietoti un laterāli vērsti notogastrālie sariņi *h3*, *p3*, *p2* un *p1* (Sellnick, Forsslund 1952, Бэкер, Уартон 1955, Balogh 1972, Гиляров, Криволицкий 1975, Reeves 1991b, 1992, Hunt *et al.* 1999, Salomone *et al.* 2003, Weigmann 2006, Krantz, Walter 2009). Morfoloģiskās pazīmes shematiski ilustrētas 1. attēlā.

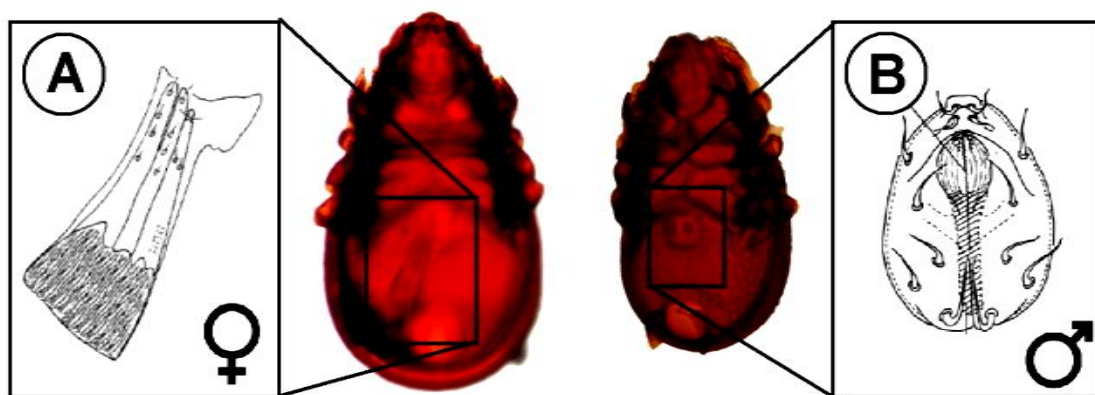


1. attēls. *Carabodes* ģints bruņērcu ārējās morfoloģiskās struktūras ventrāli (A) (pēc Гиляров, Криволуцкий 1975, pārveidots) un dorsāli (B) (pēc Weigmann 2006, pārveidots), kājas nav attēlotas: *ro* – anteriori novietots rostrālais sariņš; *le* – anteriori novietots lamellārais sariņš; *p* – pedipalpa; *V* – ventrālais vairogs; *v* – ventrālais sariņš; *Gn* – ģenitālais vairogs; *gn* – ģenitālā vairoga sariņš; *An* – anālais vairogs; *ad* – adanālais sariņš; *an* – anālā vairoga sariņš; sariņš; *in* – anteriori novietots interlamellārais sariņš; *ss* – trihobotriālais sariņš; *h2*, *la*, *c2*, *lm*, *lp*, *h1* – dorsāli vērsti mediālie notogastrālie sariņi; *h3*, *p3*, *p2*, *p1* – laterāli vērsti marginālie notogastrālie sariņi; *R* – rostrums; *Lam* – lamella; *NG* – notogastrs; *PD* – proterosoma jeb anteriorā daļa; *HIS* – histerosoma jeb posteriorā daļa.

Figure 1. External morphological structures of *Carabodes* genus armoured mites (schematic image, legs are absent), (A) – ventral aspect (after Гиляров, Криволуцкий 1975, modified) and (B) – dorsal aspect (after Weigmann 2006, modified): *ro* – anteriorly positioned rostral seta; *le* – anteriorly positioned lamellar seta; *p* – palp, *V* – ventral plate; *v* – ventral seta; *Gn* – genital plate, *gn* – genital seta; *An* – anal plate, *ad* – adanal seta; *an* – anal setae; *in* – anteriorly positioned interlamellar seta; *ss* – sensillus; *h2*, *la*, *c2*, *lm*, *lp*, *h1* – dorsally directed medial notogastral setae; *h3*, *p3*, *p2*, *p1* – laterally directed marginal notogastral setae; *R* – rostrum; *Lam* – lamellae *NG* – notogaster; *PD* – proterosoma or an anterior part; *HIS* – histerosoma or a posterior part.

Carabodes ģints bruņērcu sugu ontogēnēze joprojām ir nepietiekami izpētīta (Bernini 1975, Parker 2005, Ermilov *et al.* 2008, Ermilov 2011, Bergmann, Heethoff 2012, McCullough, Krisper 2013), taču precīzāk aprakstīta pieaugušo bruņērcu dzimumsistēma un vairošanās stratēģijas. *Carabodes* bruņērcēm raksturīga divdzimumu vairošanās un bez kontakta apaugļošanās. Tēviņiem reproduktīvajā orgānā – spermatoforā – attīstās vīrišķās dzimumšūnas, kuras tiek izdalītas apkārtējā vidē caur ģenitālo atveri. Pieaugušām mātītēm ir attīstīts reproduktīvais orgāns – dējeklis. Šī orgāna pamatdaļā ir maiss, kurā attīstās apaugļotas olas. Olu apaugļošana notiek brīdī, kad mātīte ar ģenitālo atveri kontaktē ar tēviņu atstātajām vīrišķajām dzimumšūnām. Ar dējekļa palīdzību olas to gatavības brīdī tiek aizvadītas uz dēšanai piemērota

substrāta. Olas tiek izdētas protokāpura stadijā un neilgi pēc izdēšanas piemērotos apstākļos protokāpurs attīstās par kāpuru, vēlāk par protonimfu, deutonimfu, tritonimfu, kad visbeidzot kļūst par pieaugušu īpatni (Michael 1879b, Woodring 1970, Pauly 1952, Norton 1994, Hunt *et al.* 1999, Ermilov 2010). Dzimumu *Carabodes*, kā arī citu šķirtdzimuma ģinšu bruņercēm nosaka pēc ģenitāliju morfoloģijas. Ģenitāliju morfoloģija shematiski ilustrēta 2. attēlā.



2. attēls. Bruņērcu ģenitālijas un to novietojums attiecībā pret ķermeni ventrāli mātītei ♀ – (A) un tēviņam ♂ – (B) (pēc Woodring 1970, Ermilov 2010, pārveidots).

Figure 2. Genital organs of armoured mites of the female ♀ (A) and the male ♂ (B) in dorsal aspect (after Woodring 1970, Ermilov 2010, modified).

Joprojām ir neskaidrības par to, vai *Carabodes* ģints bruņercēm raksturīgs dzimuma dimorfisms, vadoties pēc ārējās morfoloģijas. Ir izteikts pieņēmums, ka starp *Carabodes* ģints vienas sugas īpatņiem vairākām sugām iespējams dzimuma dimorfisms (Dindal 1990, Krantz, Walter 2009), taču daži autori secina, ka atšķirības starp dzimumiem nav tik būtiskas, lai apgrūtinātu sugu noteikšanu (Balogh 1972, Norton 1978, Hunt *et al.* 1999).

1.1.2. Kvalitatīvās un kvantitatīvās morfoloģiskās pazīmes

Kvalitatīvās morfoloģiskās pazīmes tiek raksturotas pēc to veida, formas vai proporcijas attiecībā pret salīdzinošo pazīmi. Kvalitatīvās morfoloģijas analīzē tiek atbildēts uz tādiem jautājumiem, kā piemēram: „Vai pazīmes forma ir plata vai šaura?“, „Vai pazīme ir liela vai maza?“, „Vai pazīme ir lancetiskas formas vai karotes formas?“ un „Vai pazīme ir lielāka vai mazāka par otru analīzē iesaistīto pazīmi?“. Savukārt, kvantitatīvās morfoloģiskās pazīmes tiek

raksturotas morfometriski jeb pēc to izmēra, krāsas vai svara, izmantojot graduālu/ metrisku mērvienību skalu (piemēram mikrometri pazīmes izmēra raksturošanai). Kvantitatīvās morfoloģijas analizē tiek atbildēts uz tādiem jautājumiem, kā piemēram: „Cik gara ir pazīme, mērvienībās?”, „Cik tālu atrodas viena pazīme no otras?”, „Cik liels ir pazīmes diametrs?”.

Carabodes izplatība aptver visus pasaules kontinentus (Subías 2004) un šī ģints uzskatīta par labi izpētītu. Tomēr sugu morfoloģiskās pazīmes līdz šim raksturotas, galvenokārt, kvalitatīvi (Trähårdh 1902, Sellnick, Forsslund 1952, Бэкер, Уартон 1955, Balogh 1972, Гиляров, Криволицкий 1975, Reeves 1991b, 1992, Hunt *et al.* 1999, Salomone *et al.* 2003, Weigmann 2006, Krantz, Walter 2009, Monson 2009, Ermilov 2009a, 2009b, Ermilov *et al.* 2010).

Atsevišķās publikācijās atrodami morfometrijas dati pieaugušām dažādu sugu *Carabodes* ģints bruņercēm (1. tabula). Pārsvarā atrodami publicēti darbi, kuros suga morfometriski analizēta izmantojot tikai ķermeņa garuma un platuma mērījumus relatīvi nelielās ($n < 25$) paraugkopās (Reeves 1988, 1991a, 1992, 1993, 1995, Salomone *et al.* 2003, Monson 2009, Ermilov *et al.* 2008, Ermilov 2009a, 2009b, Ermilov *et al.* 2010, Monson 2011, Ermilov *et al.* 2012).

Turpmākajās rindkopās izklāstīts Eiropā biežāk sastopamo *Carabodes* ģints sugu kvalitatīvs raksturojums. Viena no visnenāk aprakstītajām sugām ir *C. femoralis*, kas atšķirama pēc rupji veidotām pār gandrīz visu notogastru gareniski izkārtotām rievām, kā arī strupiem un īsiem notogastrālajiem sariņiem (Nicolet 1855, Sellnick, Forsslund 1952) (1. pielikums).

Suga *C. marginatus* specifiska ar to, ka tās notogastra mikroskulpturējumu veido daudzstūrainas formas struktūras ar taisnām malām, kas izceļ labirinta veida zīmējumu, trihobotriālais sariņš vārpstveida, distāli noasināts. Mediālo un marginālo notogastrālo sariņu veids un forma vārpstveida, distāli sīki zarota un savstarpēji līdzīga (Michael 1884, Weigmann 2006) (1. pielikums).

Labirintam līdzīgu zīmējumu veido arī *C. labyrinthicus* notogastra mikroskulpturējuma elementi, taču to malas ir noapaļotas. Trihobotriālā sariņa forma ir specifiska – vāles veida ar sīku zarojumu pārklātu un noapaļotu galu. Notogastrālie sariņi taisni un ar spicu galu (Michael 1879a; Гиляров, Криволицкий 1975, Beck, Woas 1991) (1. pielikums).

C. rugosior notogastrālo skulpturējumu veido vidēji lielas un dažādos virzienos vērstas rievas. Mediāli gareniskā veidā labi attīstīta centrālā rievā. Rievu mikroskulpturējums ir smalki punktots. Notogastrālie sariņi gludi, smalki un īsi. Trihobotriālais sariņš vienkāršs, distāli nedaudz šķelts (Berlese 1916, Гиляров, Криволицкий 1975) (1. pielikums).

Carabodes ģints bruņērču atsevišķu sugu kvantitatīvo morfoloģisko pazīmju mērījumi mikrometros (μm) (dažādi autori). Kvantitatīvās morfoloģiskās pazīmes: *L* – ķermeņa garums; *W* – ķermeņa platums; *p3*, *p1*, *h1* – notogastrālo sariņu garums; *h1-h1* – attālums starp kreisā un labā notogastrālā sariņa *h1* piestiprināšanās vietām; ♀ - mērīta viena mātīte; ♂ – mērīts viens tēviņš; NA – nav mērījumu; mērīto īpatņu skaits norādīts iekavās;

Table 1

Measurements (μm) of quantitative morphological features of *Carabodes* species (after various authors). Quantitative morphological features: *L* – body length; *W* – body width; *p3*, *p1*, *h1* – length of notogastral setae; *h1-h1* – distance between left and right *h1* setae insertions; ♀ – records with only one female measured; ♂ – records with only one male measured; NA – absent measurements; number of measured individuals given in brackets.

| Izmantotā literatūra/References | | | | | | | |
|---------------------------------|--|--------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------------------|--------------------------------|
| Sugas/Species | Morfoloģiskās pazīmes/ Morphological features | Sellnick, Forsslund 1952 | Буланова - Захватки на 1967 | Гиляров, Криволицкий 1975 | Beck, Woas 1991 | Nubel-Reidelbach, Woas 1992 | Weigmann 2006, Murvanidze 2008 |
| <i>C. femoralis</i> | <i>L</i> | NA | 650 | 650 | 565—680(6) | NA | 600—715 |
| | <i>W</i> | NA | 390 | NA | 353—384(6) | NA | NA |
| <i>C. labyrinthicus</i> | <i>L</i> | ≤575 | 500 | 500 | 515—545 (5) | 490 | 430—580 |
| | <i>W</i> | ≤324 | 300 | NA | 303—322(5) | 260 | NA |
| | <i>p3, p1, h1</i> | NA | NA | NA | NA | 30-40 | NA |
| <i>C. ornatus</i> | <i>L</i> | 684♀, 576♂, ≤612 | 612 | 610 | 590-685(7) | NA | 540—690 |
| | <i>W</i> | 414♀, 342♂, ≤395 | 395 | NA | 381-426(7) | NA | NA |
| | <i>p3</i> | 25♂ | NA | NA | NA | NA | NA |
| | <i>h1-h1</i> | 88♂ | NA | NA | NA | NA | NA |
| <i>C. subarcticus</i> | <i>L</i> | 468♀, ≤486 | 486 | 490 | NA | NA | 400—490 |
| | <i>W</i> | 270♀, ≤288 | 288 | NA | NA | NA | NA |
| | <i>p1</i> | 20 | NA | NA | NA | NA | NA |
| | <i>h1</i> | 32 | NA | NA | NA | NA | NA |
| | <i>h1-h1</i> | 95 | NA | NA | NA | NA | NA |

C. ornatus atšķirama pēc izteikti noapaļotas formas notogastra, kura virspusi klāj lodīšu formas mikroskulpturējuma elementi. Notogastrālie sariņi distāli sīki zaroti un paplatināti, bet marginālo sariņu garums ir uz pusi īsāks par mediāli izkārtoto notogastrālo sariņu garumu.

Lamellārais un interlamellārais sariņš uzbiezināti (Storkan 1925, Sellnick, Forsslund 1952, Weigmann 2006) (1. pielikums).

Vadoties pēc kvalitatīvajām morfoloģiskajām pazīmēm, *C. areolatus* ir līdzīga *C. subarcticus* sugai. Vairāk kārt publikācijās brīdināts par šo abu sugu izteikto līdzību un aprakstīti gadījumi, kuros pieļautas kļūdas identificēšanā (Sellnick, Forsslund 1952, Bernini 1970, Kagainis 2010b). Galvenā pazīme ir mediāli vērsti interlamellārie sariņi, kas distāli gandrīz saskaras. Notogastra mikroskulpturējumu veido nenoteiktas formas noapaļotas struktūras, kas savstarpēji izkārtotas nevienādos attālumos (Berlese 1916) (1. pielikums).

Carabodes subarcticus Trägårdh, 1902 sugas morfoloģija pēc kvalitatīvām pazīmēm raksturota vairākos publicētos pētījumos un uzskatīta par padziļināti izpētītu. Tāpēc šī literatūras apskata turpinājumā izvēlēts šo sugu rakstot padziļināti. Kvalitatīvi raksturota nepieaugušo indivīdu morfoloģija, kas starp dažādām attīstības stadijām būtiski atšķiras (Ermilov 2011). Pieaugušas ērces ir tumši brūnas līdz melnas. Marginālie notogastrālie sariņi (*h3*, *p1*, *p2*, un *p3*) ir būtiski īsāki par mediālajiem notogastrālajiem sariņiem (*la*, *h2*, *h1*, *lp*, *lm* un *c2*). Visi notogastrālie sariņi ir lancetiski, vāji zaroti. Interlamellārie sariņi (*in*) ir proporcionāli ievērojami garāki, nedaudz ieliekti, to garums ir vienāds vai mazāks par attālumu no kreisā līdz labajam *in* sariņam to piestiprināšanās vietās. Trihobotriālais sariņš (*ss*) ir pirksta formas, ar būtiski saplacinātu galu. Notogastra mikroskulpturējuma elementi ir izkārtoti savstarpēji nevienādos attālumos (Trägårdh 1902, Sellnick, Forsslund 1952, Гиляров, Криволицкий 1975, Weigmann 2006, Murvanidze 2008, Ermilov 2011) (1. pielikums).

Dažādu *Carabodes* ģints sugu pārstāvjiem morfoloģisko pazīmju izmēri var būtiski atšķirties (Salomone *et al.* 2003, Prinzing *et al.* 2004). Tās ir nozīmīgas pazīmes sugu noteikšanai (Бэкер, Уартон 1955, Гиляров, Криволицкий 1975, Hunt *et al.* 1999, Weigmann 2006, Krantz, Walter 2009).

Ķermeņa virsmas laukums, ķermeņa garums un platums *Carabodes* bruņērcēm var būtiski korelēt ($r=0,95$; $p<0,05$; $n=50$) (Prinzing *et al.* 2004). Autori konstatējuši būtisku saistību arī starp citu morfoloģisko pazīmju izmēru un ķermeņa garumu. Bellido (1978) pētījumos tika salīdzināta sugu *C. labyrinthicus* un *C. willmanni* hetotaksija. Morfometriska rakstura pētījumā ar *C. marginatus* sugas īpatņiem tika minēta augsta varbūtība, ka marginālo notogastrālo sariņu garuma mainība var pārsniegt šīs pazīmes mainību starpsugu līmenī (Avanzati *et al.* 2004). Detalizētāku kvantitatīvi raksturojošu morfoloģisko pētījumu *Carabodes* ģints bruņērcu sugām, kas apdzīvo mērenajā joslā ietilpstošos biotopus, nav veikti. Šajā pētījumā izmantoto sugu

morfometriskie mērījumi, kas iepriekš nopublicēti dažādās publikācijās un izmantojami salīdzinošos nolūkos, apkopoti 1. tabulā.

C. subarcticus sugas apraksta pirmavotā minētas tikai viena kvantitatīvā morfoloģiskā pazīme: ķermeņa garums – 450µm, bet paraugkopas apjoms nav dots. Iespējams pieņemt, ka mērīts viens īpatnis, jo mērījums neuzrāda vērtību diapazonu ar minimālo un maksimālo vērtību (Trägårdh 1902). Piecdesmit gadus vēlāk sugas morfoloģijas aprakstīta Sellnick, Forsslund (1952) publikācijā, kur vienam indivīdam mērīts notogastrālo sariņu garums *p1* (20µm) un *h1* (32µm), kā arī attālums starp kreisā un labā notogastrālā sariņa *h1* piestiprināšanās vietām (95µm). Nezināmam indivīdu skaitam pētnieki norādījuši ķermeņa garumu (līdz 486µm) un ķermeņa platumu (līdz 288µm). М.С. Гиляров, Д. А Криволицкий (1975) augsnes ērcu sugu noteicējā atrodams ķermeņa garuma mērījums (490µm), bet pētītās paraugkopas apjoms atkal nav ticis norādīts. Jaunākā literatūrā, kas šobrīd zinātnieku darbā tiek izmantota sugu noteikšanā, atrodams ķermeņa garuma mērījuma diapazons 400—490µm, taču paraugkopas apjoms joprojām nav ticis uzrādīts (Weigmann 2006, Murvanidze 2008). Pētnieki nolieguši, ka paraugkopas apjoma dati būtu saglabājušies darba piezīmju materiālos (A. Taylor, G. Weigmann, pers. comm). *Carabodes areolatus* aprakstīta kā morfoloģiski līdzīga sugai *C. subarcticus*, it īpaši gadījumos, kad izmantota kvalitatīva analīze. Tas var būt pietiekams iemesls šo sugu kļūdainā identificēšanā līdzšinējos ekoloģiska un faunistiska rakstura pētījumos (Sellnick, Forsslund 1952, Bernini 1970, Kagainis 2010b). *Carabodes* ģints ir tikai viena no daudzām bruņērču ģintīm, kurās joprojām pastāv neskaidrības starpsugu morfoloģisko pazīmju izvēlē, kā arī kurās kvantitatīvi pārāk reti tiek raksturotas nepietiekoši lielas paraugkopas (1. tabula).

Citu taksonomisko grupu bruņērcēm līdz šim ir veikti izvērstāki morfoloģisko pazīmju kvantitatīvi aprakstoši darbi, taču tajos pētīto bruņērču morfoloģija būtiski atšķiras no *Carabodes* ģints sugu morfoloģijas (Grandjean 1959, Elmes, Webb 1972, Buryn, Ushers 1986, Deichsel 2005).

1.1. 3. Morfoloģisko pazīmju mainība

Carabodes ģints, kā arī liela daļa citu bruņērču kārtā ietilpstošo ģinšu morfoloģija ir kompleksa ar augstu starpsugu līdzību (Willmann 1931, Hammen 1952, Bernini 1975, Bellido 1978, Reeves 1998, Deichsel 2005). Sugu noteicēji un sugu apraksti pārsvarā ir balstīti uz kvalitatīvu morfoloģisko pazīmju raksturojumu un regulāri interpretēti subjektīvi (Balogh 1972, Norton 1978, Krantz, Reeves 1990, Reeves, Norton 1991, Reeves 1993, Weigmann, Miko 2002, Walter 2009, Ermilov 2011).

Pazīme „notogastra mikroskulpturējums” izmantota kā viena no svarīgākajām pazīmēm *Carabodes* sugu atšķirību raksturošanai. Taču *C. subarcticus* un *C. areolatus* sugām šī pazīme izpaužas vienādi un tas var būt par iemeslu kļūdai identificēšanā (Sellnick, Forsslund 1952, Bernini 1970, Kagainis 2010b). Trihobotriālā sariņa mainība iekšsugas līmenī ir augsta visā ģintī. Tikai noteiktai sugu daļai tas ir specifisks un atšķiras no pārējo sugu šī sariņa formas, kas ļauj veikt identificēšanu ar augstāku precizitāti (Michael, 1879a, Weigmann 2006, Murvanidze 2008). Dažādās attīstības stadijās bruņērču ķermeņa sariņu skaits, izmērs un novietojums var atšķirties sugas robežās (Reeves 1991a, Salomone *et al.* 2003, Oliveira *et al.* 2005). Pierādīta klimatisko apstākļu sezonālā ietekme uz morfoloģijas mainību, jo bruņērču ķermeņa izmēri, sezonām mainoties, dažādās attīstības stadijās atšķiras (Prinzing *et al.* 2004). Ģeogrāfiski attālāk dzīvojošu vienas sugas *Carabodes* ģints bruņērču morfoloģija var atšķirties (Prinzing *et al.* 2004). Dažādos augsnes slāņos ievāktu vienas sugas bruņērču morfoloģija arī var būt atšķirīga (Prinzing *et al.* 2004), taču datu par dažādu biotopus apdzīvojošu vienas sugas īpatņu morfoloģijas mainību nav. *Carabodes* ģints bruņērcēm vispārīgos morfoloģiskos pētījumos ir pierādīts dzimuma dimorfisms (Dindal 1990, Krantz, Walter 2009). Taču šīs ģints atsevišķu sugu detalizētākos pētījumos starp dažādu dzimumu vienas sugas īpatņiem novērojamas nelielas sariņu izmēru atšķirības un dzimuma dimorfisms nav būtisks (Sellnick, Forsslund 1952, Norton 1978).

Ilglaicīgas evolūcijas gaitā un sarežģītu adaptācijas stratēģiju ceļā bruņērču morfoloģija ir ievērojami dažādojusies (Norton, 1994). Liela daļa bruņērču sugu apdzīvo plašu biotopu spektru un ir kosmopolītas, kas, iespējams, uzskatāms par iemeslu būtiski augstai morfoloģijas mainībai sugas līmenī (Fujikawa 1999, Prinzing *et al.* 2004, Żbikowska-Zdun *et al.* 2009, Baran *et al.* 2011). Vienas un tās pašas sugas populācijas ar ģeogrāfiski atšķirīgu izplatību morfoloģiska rakstura pētījumos, piemēram sugu aprakstos un noteicējos, vai nu nav salīdzinātas, vai ir salīdzinātas virspusēji (Haarlov 1952, Schubart 1975, Norton 1978, Behan-Pelletier 1993, Murvanidze 2008, McCullough, Krisper 2013). Kopīgu ģeogrāfisko reģionu apdzīvojošas un līdzīgiem biotiskiem un abiotiskiem faktoriem pakļautas sugas pat var uzrādīt augstu morfoloģijas mainību (Kagainis, 2014). Visi augstāk minētie iemesli var būt par apgrūtinājumu efektīvi izmantojama un ērti pielietojama sugas apraksta izstrādē.

Tikai atsevišķos morfometriskos pētījumos mainības raksturošanai izmantots kas vairāk, nekā tikai pats pazīmes mērījumu diapazons. Izmantojot variācijas koeficientu (CV), matemātiski raksturota morfoloģijas mainība bināriem un kvantitatīviem morfoloģiskās analīzes datiem, turklāt koeficients izmantojams salīdzinošos nolūkos starp dažādām sugām. (Sokal, Rohlf 1995, Żbikowska-Zdun, Wołek 2006, Żbikowska-Zdun *et al.* 2009, Coetzee 2010).

Kā viens no nedaudziem piemēriem ir Cancela de Fonseca (1970) darbs, kurā bruņērcu morfoloģija analizēta, vadoties pēc morfometriskajiem datiem.

Viens no ticamākajiem morfoloģiskās mainības raksturojošiem lielumiem ir variācijas koeficients (CV). Polijas dienvidos, Beskid Wyspowy kalnainajā apvidū, Zbójecka un Czarci Dół alu sikspārņu fēcēs ievāktajām bruņērcēm *Oribella cavatica* tika mērīti sekojošas morfoloģiskās pazīmes: ķermeņa garums (L), platums (W), trihobotriālā sariņa garums ($L(ss)$), kā arī lamellu garums ($S(Lam)$). Visām pazīmēm tika aprēķināts variācijas koeficients (Zbójecka: $L = 0.045$, $W = 0.068$, $L(ss) = 0.0106$, un $L(Lam) = 0.098$; Czarci Dół: $L = 0.039$, $W = 0.060$, $ss = 0.0108$, un $L(Lam) = 0.093$). Tomēr lielākajā daļā pētījumu morfoloģiskā mainība aprakstīta kvalitatīvi un līdz ar to tās interpretējamība un salīdzināmība ir ievērojami vājāka, nekā kvantitatīvi parametrizētu lielumu izvēles gadījumā (Sokal, Rohlf 1995, Żbikowska-Zdun *et al.* 2009, Coetzee 2010).

Publicēti pierādījumi par divu eiritopisku sugu *Heminothrus peltifer* un *Achipteria coleoprata* augsto morfoloģisko mainību (Żbikowska-Zdun, Wołek 2006). Taču izskaidrojums šai mainībai virspusēji minēts gan ar ģenētisko, gan arī biotisko un abiotisko faktoru ietekmi, neanalizējot konkrētus piemērus (Krzanowska *et al.* 2002). Variācijas koeficienta vērtības, kas iegūtas minētajām morfoloģiskajām pazīmēm citos pētījumos apkopotas 2. tabulā.

2. tabula.

Atsevišķu kvantitatīvi analizētu morfoloģisko pazīmju variācijas koeficienti (CV) pieaugušām *Oribella cavatica*, *Heminothrus peltifer* un *Achipteria coleoptrata* bruņērcēm (Žbikowska-Zdun *et al.*, 2009, Žbikowska-Zdun, Wołek 2006, pārveidots), kas ievāktas dažādos biotopos: Zb - Zbójecka alas, Cz – Czarci Dół alas, Me – pļavas, Du – atkritumu izgāztuves; Morfoloģiskās pazīmes: *L* – ķermeņa garums, *W* – ķermeņa platums, *L(ss)* – trihobotriālā sariņa garums, *L(Lam)* – lamellas garums (NA – pazīme grūti mērāma vai pazīmes nav).

Table 2

Coefficients of variation (CV) of selected quantitative morphological features of adults of *Oribella cavatica*, *Heminothrus peltifer* and *Achipteria coleoptrata* armoured mites (after Žbikowska-Zdun *et al.*, 2009, Žbikowska-Zdun, Wołek 2006, modified) collected from different habitats: Zb – Zbójecka caves; Cz – Czarci Dół caves; Me – meadows, Du – Dumps; Morphological features: *L* – body length, *W* – body width, *L(ss)* – size of sensillus, *L(Lam)* – length of lamella (NA – difficult to measure or lack of feature).

| Sugas/ Species | Biotopi/ Habitats | Variācijas koeficienti (CV)/ Coefficients of variation (CV) | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|-----------------|---------------------|----------------------|
| | | <i>L</i> | <i>W</i> | <i>L(ss)</i> | <i>L(Lam)</i> |
| <i>Oribella cavatica</i> | Zb | 0,05 | 0,07 | 0,11 | 0,1 |
| | Cz | 0,04 | 0,06 | 0,11 | 0,09 |
| <i>Heminothrus peltifer</i> | Me | 0,03 | 0,04 | 0,18 | NA |
| | Du | 0,04 | 0,06 | 0,29 | NA |
| <i>Achipteria coleoptrata</i> | Me | 0,05 | 0,08 | NA | NA |
| | Du | 0,05 | 0,07 | NA | NA |

1.1.4. Morfoloģija līdzšinējo taksonomisko aprakstu kontekstā

Šīs nodaļas izklāsts, galvenokārt, attiecināms uz *Carabodes* ģinti, taču izmantoti arī dažādi piemēri no citām bruņērcu taksonomiskajām grupām izvirzīto problēmu izcelšanai visas bruņērcu kārtas kontekstā.

Līdzšinējie taksonomiskie pētījumi pārsvarā balstīti uz sugu aprakstiem un pāraprakstiem. Tajos izmantotas 1) bināras pazīmes kvalitatīvā analizē, 2) morfometriski mērījumi kvantitatīvā analizē un 3) genoma analīze (Koch 1835, Mahunka 1987, Salomone *et al.* 2003, Avanzati *et al.* 2004, Dabert 2006, Lee *et al.* 2006, Weigmann 2006, Murvanidze 2008, Heethoff *et al.* 2011). Sugu apraksti veidoti, pārsvarā pielietojot binārās pazīmes tās analizējot kvalitatīvi. Šāda analīze izvērsta lielākoties dažu vai pat viena īpatņa – holotipa – aprakstīšanai. Kvalitatīvā analizē sekojoši raksturlielumi kā forma, krāsa vai proporcija izmantoti par pamatu dažu būtiskāko pazīmju analizē, kā rezultātā rastu atvieglinājumus savstarpēji līdzīgu sugu atšķiršanai. Efektīvākās pazīmes līdz šim izvērstajos pētījumos bijušas sariņi, ķermeņa segmenti,

cerotegumenta vairogi, mikroskulpturējums uz cerotegumenta, kā arī specifiskas ķermeņa daļu veidotas formas. Līdz šim sugu aprakstos, galvenokārt, izmantotas šādas bināri raksturojamas pazīmes un kvalitatīvā analīze (Mahunka 1987, Ramsay, Luxton 1967, Norton, Kethley 1989, Caballero *et al.* 1999, McCullough, Krisper 2013).

Kvantitatīva morfoloģiskās analīzes gaitā izmantoti daži (vidēji < 25) pieejamie vai atlasītie īpatņi (paratipi vai topotipi), kuriem morfometriski analizētas dažas pazīmes. Šīs analīzes gaitā rastas atbildes uz precīzi uzstādītiem un parametrizējamiem jautājumiem, kā piemēram: „Cik gara ir pazīme, mērvienībās?”, „Cik tālu atrodas viena pazīme no otras?”, „Cik liels ir pazīmes diametrs?” utt. Tomēr kvantitatīva pazīmju raksturošana izmantota tikai dažām pazīmēm (piemēram, ķermeņa garums, platums, augstums), kā arī papildinošos nolūkos dēļ šīs metodes sarežģītības augstāku pakāpi un laukietilpīgāku darba resursu nepieciešamības, salīdzinot ar kvalitatīvu morfoloģijas analīzi (Aoki 1964, Schubart 1975, Norton, Kethley 1989, Reeves, Norton 1990, Behan-Pelletier 1993, R.A. Norton, A. Taylor, G. Weigmann pers. comm.). Ievērojami maz ir tādu sugu aprakstu, kuros pazīmes analizētas lielākām paraugkopām un plašāk izvēsta morfometrijas analīze. Šajos aprakstos, kas, galvenokārt, ir sugu aprakstu papildinājumi, precīzāk raksturota augstā morfoloģijas mainība. Tajos doti detalizētāki ieteikumi līdzīgu sugu morfoloģijas problemātikai un paaugstināta apraksta vērtība sugām ar augstu mainību (Haarlov 1952, Schubart 1975, Dubinina, Alekseev 1995, Fujikawa 1999, Salomone *et al.* 2003, Baran *et al.* 2011, Fernandez *et al.* 2013). Ģenētiskās analīzes sugu nodalīšanas izmantotas tikai atsevišķos gadījumos. Tā ir laukietilpīga metode un tās izmaksas ir salīdzinoši augstas (Salomone *et al.* 2003, Avanzati *et al.* 2004, Dabert 2006, Lee *et al.* 2006, Heethoff *et al.* 2011).

Morfoloģijas analīze visbiežāk publicēta taksonomiska rakstura sugu aprakstos. Pārsvārā mazāk par 25 īpatņiem izmantoti, lai aprakstītu sugai raksturīgās, galvenokārt, kvalitatīvās morfoloģiskās pazīmes. (Grandjean 1931, Eglitis 1943, Zakhvatkin 1945, Sellnick, Forsslund 1952, Grandjean 1956, Reeves, Norton 1990, Behan-Pelletier 1993, Salomone *et al.* 2003, McCullough, Krisper 2013). Bruņērču sugu noteicēji uzskatāmi par vienu no būtiskākajiem resursiem morfoloģiskajiem aprakstiem. Lai arī tie izstrādāti ar mērķi uzsvērt starpsugu atšķirīgās pazīmes, tomēr tie arī balstīti, galvenokārt, uz kvalitatīvām pazīmēm un vāji ilustrē morfoloģisko pazīmju iekšsugas mainību. Parauga apjoms šāda rakstura darbos nav atklāts (Michael 1882, Trägårdh 1902, Woolley 1957, Wallwork 1972, Гиляров, Криволицкий 1975, Reeves 1987, Weigmann, Miko 2002 Weigmann 2006, Murvanidze 2008, Ermilov 2011, Fernandez *et al.* 2013). Dati par analizējamo īpatņu kopskaitu jeb paraugkopas apjomu dažādos līdz šim

publicētos taksonomiska rakstura darbos, kuri balstīti uz morfoloģijas analīzi, apkopoti 2. pielikumā.

Balstoties uz R.A. Norton un J.B. Kethley (1989) publicēto informāciju, viens no daudziem faktoriem, kas apgrūtina sugu noteikšanu, kā arī pašu sugu aprakstu adekvātu izstrādi, ir dzimuma dimorfisms.

Dažās publikācijās aprakstītas iespējamās morfoloģiskās mutācijas un anomālijas, kas arī var izraisīt kļūdas nosakot sugas. Piemēram, *C. subarcticus* bruņērču mātītei viena sariņa vietā reģistrēta anomālija ar rindā sakārtotiem trīs *h1* sariņiem (Sellnick, Forsslund 1952).

Mutācijas un anomālijas var tikt kļūdaini interpretētas kā morfoloģijas mainības ekstrēms rezultāts vai asociētas kā gēnu ekspresijas piesārņojums (Grandjean 1952, Sellnick, Forsslund 1952, Kochońska, Olszanowsky 2008, Eeva, Penttinen 2009, Weigmann 2010). Anomālijas raksturotas kā dažādu bioloģisku faktoru iedarbības sekas, piemēram, tenerālo īpatņu vājā cerotegumenta pigmentācija. Pierādīts, ka tenerālu īpatņu gaišā ķermeņa krāsa izskaidrojama ar to, ka bioķīmiskās reakcijas sklerotizācijas jeb cerotegumenta pigmentācijas procesa gaitā nav līdz galam notikušas (Norton 1994, R.A. Norton pers. comm.). Nav publicēti pietiekoši detalizēti pētījumi par mutāciju un anomāliju izpausmi un ietekmējošiem faktoriem. Jautājums „Vai anomālija ir daļa no morfoloģiskās mainības vai tomēr tā ir jāinterpretē citā veidā?” joprojām nav atbildēts.

Neskaitāmo morfoloģisko pētījumu vidū, tostarp arī sugu aprakstos, pārāprakstos un noteicējos, nav atrodamas pārliecinošas diskusijas par nepietiekamas paraugkopas apjoma negatīvo ietekmi uz morfoloģijas mainības raksturošanas iespējām. Nepietiekami spekulēts par morfoloģijas mainību dabiskā populācijā (Michael 1882, Trägårdh 1902, Grandjean 1931, Zakhvatkin 1945, Grandjean 1956, Woolley 1957, Wallwork 1972, Reeves 1987, Salomone *et al.* 2003, Fernandez *et al.* 2013, McCullough, Krisper 2013).

Ar bruņērcēm nesaistītos pētījumos daudzkārt pierādīts, ka paraugkopas apjoms būtiski ietekmē datu kopas, līdz ar to arī morfoloģisko mainību, variācijas koeficientu un neskaitāmus citus bioloģiskos parametrus, kurus nepieciešams izskaidrot. Neapšaubāms ir uzskats, ka nav iespējams raksturot visus 100% indivīdus populācijā un to morfoloģisko mainību. Apjomīgākas paraugkopas izpēte tomēr dod iespēju iegūt reālākus un mainībai dabā tuvākus secinājumus (Sokal, Rohlf 1995, Randal, Myers 2001, Cao *et al.* 2003, Seddon *et al.* 2003, Peres-Neto *et al.* 2006, Cardini, Elton 2007, Lindblom 2009, Schneck, Melo 2010).

1.2. *Carabodes* ģints bruņērcu morfoloģijas mainību ietekmējošie abiotiskie un biotiskie faktori

Carabodes ģints bruņērces apdzīvo plašu biotopu spektru un tās sastopamas lielākoties ar augstu apdzīvojuma blīvumu, piemēram, skujkoku mežaudzēs (Prinzling *et al.* 2004, Penttinen *et al.* 2008). Līdzīgi kā citi augsnes saprofāgi organismi, šīs bruņērces nodrošina augsnes formēšanos, kā arī ir piedalās augsnes noārdīšanās procesos un neorganisko vielu apritē (Smith *et al.* 1998). Pieaugušās *Carabodes* visbiežāk apdzīvo tādus mikrobiotopus kā mitras augsnes humusa saturošus horizontus (Буланова-Захваткина 1967, Reeves 1988) un tā virspusē esošās sūnas, ķērpjus, piepes, atmirušās koku lapas, zaru fragmentus un mizu (Reeves 1988, Avanzati *et al.* 2004).

Carabodes bruņērcēm raksturīgs endofāgs dzīvesveids. Atkarībā no sugas piederības, nepieaugušās bruņērces attīstās dažādos substrātos, ar kuriem tās barojas līdz dzimumbrieduma sasniegšanai. Pieaugušās tās pārvietojas un netālu esošiem citiem barošanās substrātiem, attīsta un dēj olas. Visraksturīgākie substrāti pieaugušām *Carabodes* bruņērcēm ir dažādu makroskopisko sēņu augļķermeņi, kā arī trūdoša koksne un mikroskopisko sēņu hifas (Sellnick, Forsslund 1952, Anderson 1975, 1977, R.A. Norton pers. comm.).

Detalizētu pētījumu par *Carabodes* ģints vai tai ekoloģiski un morfoloģiski tuvu radniecīgu dzimtu morfoloģijas mainību dažādos biotopos un tās atkarību no dažādiem biotiskiem un abiotiskiem faktoriem nav pieejami. Atrodami virspusēji pētījumi par šīs grupas bruņērcu barības preferenci un iespējamo ietekmi uz ontogēnēzes gaitu un attīstību. Pieaugušie *Carabodes* indivīdi barojas, galvenokārt, ar makroskopisko sēņu augļķermeņiem, kā arī mikroskopisko sēņu hifām, kuru attīstība var būt cieši saistīta ar ķērpju un retāk arī sūnu sastopamību (Anderson 1975, 1977). Akcentējams pētījums, kurā A. Prinzings ar kolēģiem (Prinzling *et al.* 2004) raksturo *Carabodes labyrinthicus* bruņērcu morfoloģijas mainību atkarībā no dzimumstruktūras un atšķirīga dziļuma augsnē, kuru tās apdzīvo.

Publicētajā literatūrā aprakstīts, ka *Carabodes* ģints bruņērces uzrāda augstu morfoloģijas mainību gan starpsugu, gan arī iekšsugas līmenī, salīdzinot tās dažādās attīstības stadijās. Piemēram, sariņu skaits, izmērs un novietojums var būtiski atšķirties iekšsugas līmenī dažādos ontogēnēzes posmos attīstītām bruņērcēm (Reeves 1991a, Salomone *et al.* 2003, Deichsel 2005, Ermilov 2011). Savukārt, Bernini (1975) aprakstījis atšķirības vairāku sariņu morfoloģijā starp

Eiropas un citu ģeogrāfisko reģionu apdzīvojošām *C. willmanni* (C.L. KOCH, 1939) un *Oppiella* (*Oppiella*) *nova* (OUDEMANS, 1902).

Pieminēšanas vērti ir virkne ar Carabodidae dzimtai vāji radniecisku bruņērču morfoloģiskās mainības skaidrojošiem pētījumiem. A. Seniczak (1998, 2006) piedāvājusi savu izskaidrojumu attīstībai un morfoloģijas mainībai, izmantojot *Archezogozetes longisetosus* Aoki, 1965 barošanās īpatnības un preferenci barībai ar dažādu kvalitāti laboratorijas apstākļos. Līdzīgi pētījumi veikti N.R. Webb, G.V. Elmes (1979) pierādījuši būtisku pozitīvu korelāciju starp *Steganacarus* (*Steganacarus*) *magnus* (NICOLET 1855) potenciālo auglību (olu skaitu uz māti) un ķermeņa garumu. T. Fujikawa (1995) aprakstīja *Tectocepheus velatus* (MICHAEL, 1880) bruņērču kvalitatīvo morfoloģisko parametru mainību atkarībā no apdzīvojamā biotopa. E.V. Dubinina, A.N. Alekseev (1995), kā arī T. Fujikawa (1995, 1999) pētījumos ar *Tectocepheus velatus* un *Oppiella* (*Oppiella*) *nova* (OUDEMANS, 1902) diskutēja par iespējamo trihobotriālā sariņa izmēra, formas un lamellu sklerotizācijas pakāpes atkarību no dažādiem biotiskiem un abiotiskiem faktoriem. Autori akcentēja morfoloģiskās atšķirības to bruņērču populācijās, kuras bija antropogēnu faktoru būtiski ietekmētas. Żbikowska-Zdun *et al.* (2010) minējuši, ka *Oribella cavatica* KUNST, 1962 un *Heminothrus peltifer* (C.L. KOCH, 1939) populācijas, kas sastopamas ekstremālāku apstākļu raksturojamos biotopos, piemēram pazemes alu zemsedzē, attīstījušas morfoloģisko pazīmju modifikācijas, kā arī to morfoloģiskā mainība ir būtiski augstāka. Kā ievērojams minams Karasawa, Hijii (2004) pētījums, kurā tika salīdzināti 89 dažādu bruņērču morfoloģiskie parametri ar ietekmējošajiem biotiskiem un abiotiskiem faktoriem dažādos apdzīvojamos biotopos. Tomēr autoru kopdarbā netika pētītas bruņērces no *Carabodes* ģints, kā arī netika pierādīta statistiski būtiska saistība izvēlēto bruņērču morfoloģijas mainībai ar izdalītajiem biotiskajiem un abiotiskajiem faktoriem. Literatūrā atrodami vēl citi morfoloģiska rakstura pētījumi, taču tajos izvēlētās bruņērču grupas ir tāli radniecīgas no *Carabodes*, apdzīvo atšķirīgus ģeogrāfiskos reģionus un ir pakļautas atšķirīgu biotisko un abiotisko faktoru ietekmei, tāpēc šādus rezultātus ir neiespējami pielīdzināt *Carabodes* ģints aprakstam (Grandjean 1959, Elmes, Webb 1972, Buryn, Ushers 1986, Karasawa, Hijii 2004, Deichsel 2005).

1.3. *Carabodes* ģints bruņērču morfoloģijas izpētē pielietojamās mikroskopijas metodes

1.3.1. Caurstarojošās gaismas mikroskopija

Maza izmēra dzīvo organismu pētījumi balstīti uz morfoloģisko pazīmju analīzi un sugas identificēšanu, balstoties uz mikroskopijas gaitā veikto analīzi (Linnaeus 1758, Jonathan 1984). Pēdējo divsimt gadu laikā mikroskopijas metožu, kā arī taksonomijas uzlabojumi rezultējušies ap desmit tūkstošu bruņērču sugu aprakstu, kas balstīti, galvenokārt, uz kvalitatīvo pazīmju analīzi caurstarojošās gaismas mikroskopijā (Subías 2004). Mūsdienās morfoloģiskos izmeklējumus visbiežāk tiek izmantotas caurstarojošās gaismas (TLM) un skenējošā elektron-mikroskopijas (SEM) metodes (Grandjean 1931, Zakhvatkin 1945, Sellnick, Forsslund 1952, Grandjean 1956, Griffiths *et al.* 1971, Reeves, Norton 1990, Behan-Pelletier 1993, Salomone *et al.* 2003, McCullough, Krisper 2013).

Caurstarojošās gaismas mikroskopijas gaitā paraugs tiek apstarots ar baltās gaismas stariem, bet analizēta tiek paraugam cauri izstarotā gaisma. Gadījumos, ja tiek izmantots 20x objektīvs, optiskā izšķirtspēja starp dažādiem caurstarojošās gaismas mikroskopiem var atšķirties robežās no zemas 0,4µm līdz augstai 0,21µm, (Abramowitz 2003, Claxton *et al.* 2005).

Viens no parauga izpētes veidiem ir cietā preparāta pagatavošana, izmantojot sacietējošu fiksācijas šķīdumu. Paraugu (bruņērci) veselā vai dissekcionētā (jeb pa ķermeņa daļām sadalītā) veidā fiksācijas šķīdumā fiksē starp priekšmetstiklu un segstiklu. Fiksācijas šķīduma sastāvā ir akāciju sveķi (gumiarābiks), kā arī kristāliskais hlorālhidrāts. Šīs sastāvdaļas savienojot ar glicerīnu un destilētu ūdeni, iespējams iegūt viskozu masu, kura paaugstinātas temperatūras iedarbībā žūstot sacietē un kurā paraugs noturīgi fiksējas. Fiksācijas šķīdums pēc sacietēšanas pilnīgi ir iesūcies bruņērces iekšējos audos, ir ar augstu gaismas caurlaidību un mehānisko noturību. Paraugi cietajā vidē ir dzidrs, labi caurskatāms, bet nav grozāms, tāpēc apskatāms tikai no viena redzes punkta. Visbiežāk cietos preparātus izmanto etalonu kolekciju pagatavošanā, pirms tam adekvāti izvēloties bruņērces novietojumu tā, lai efektīvi būtu saskatāmas interesējošās pazīmes. Balināšanas metodika, kā arī dissekcionēšanas pakāpe tiek detalizēti izvērtēta pirms preparātu izgatavošanas (Grandjean 1949, 1956, Evans *et al.* 1968, Balogh, Mahunka 1983, Salomone *et al.* 2003; Krantz, Walter 2009; Weigmann 2006).

Kā otra bruņērču sagatavošanas un apskates metodika mikroskopēšanai caurstarojošā gaismā akcentējama ieslēgšana šķidrā vidē ar iespēju paraugu grozīt. Bruņērce tiek ievietota

iedobes paraugstiklā, kas līdz pusei pildīts ar pienskābes šķīdumu. Morfoloģiskās pazīmes tiek atrastas, izmantojot segstiklu un ar tā kustību palīdzību rotējot bruņērci pienskābes šķīdumā Pilnīga fiksācija nav iespējama, jo pienskābē paraugs ir brīvs un var plūstoši mainīt savu novietojumu attiecībā pret redzes lauku. (Grandjean 1931, Zakhvatkin 1945, Sellnick, Forsslund 1952, Grandjean 1956, Reeves, Norton 1990, Behan-Pelletier 1993, Abramowitz 2003, Salomone *et al.* 2003, McCullough, Krisper 2013).

Gaismas staru perspektīvas teorijas pamatā ir atzinums, ka telpisku priekšmetu uz plakanas virsmas jāattēlo perspektīvā, mainot šī priekšmeta patiesos garuma un platuma izmērus. Šādi attēlots priekšmets vērotājam šķitīs telpisks. Attēls, kas veidojas uz plakanas virsmas (šajā gadījumā mikroskopijas attēls) ir iepriekš minētā priekšmeta projekcija (Abramowitz 2003), kur tā izmēri atšķiras no patiesajiem garuma, platuma un biezuma izmēriem. Patieso izmēra vērtību var noteikt, iepriekš pagrozot šo priekšmetu ar interesējošo skaldni (garuma, platuma vai biezuma) pret mērītāja acs redzes lauka centru (Alberti 1540).

‘Perspektīvas teorija’, kuru publicējis Leon Battista Alberti (1540) norāda, ka precīzu objekta mērījumu iespējams iegūt tikai tādā gadījumā, ja tā mērāmā mala ir pagriezta (rotācijas kustība) perpendikulāri redzes laukam. Objektam pēc pagriešanas ir jābūt nekustīgi nofiksētam un tā mērāmajai malai – profilskatā. Situācijās, kad mērāmā objekta mala ir nepilnīgi pagriezta profilskatā pret redzeslauku, iespējams nomērīt malas projekcijas garumu, kas vienmēr būs īsāka par precīzi izmērītas malas garumu perpendikulāri redzes laukam (Alberti 1540).

Vadoties pēc perspektīvas teorijas, iespējams skaidrot baltās gaismas mikroskopēšanas gaitā iegūtās mazākas vērtības, kā arī mērījumu zemāku precizitāti.

Parauga ieslēgšana un apskate šķidrā vidē, ko augsnes sīkposmkāju sugu noteikšanā un raksturošanā pielieto visbiežāk, iespējams manipulēt ar bruņērces leņķisko novietojumu – to rotēt līdz pozīcijai, kad nepieciešamā pazīme ir saskatāma vai izmērāma. Pilnīga fiksācija nav iespējama, jo pienskābē paraugs ir brīvs un var plūstoši mainīt savu novietojumu attiecībā pret redzes lauku. (Grandjean 1949, Coineau 1974, Reeves, Behan-Pelletier 1998, Seniczak 2006, Ermilov *et al.* 2009a, 2009b, Krantz, Walter 2009, Ermilov *et al.* 2010). Atsaucoties uz perspektīvas teoriju, šāda plūstoša parauga kustība šķīdumā bez fiksācijas ievērojami samazina iespēju veikt precīzu mērījumu (Alberti 1540).

1.3.2. Skenējošā elektron-mikroskopija

Skenējošās elektron-mikroskopijas pamatā ir fiksēta parauga ierosināšana ar elektronu kūli, kas izstarots no viena punkta virzienā uz paraugu. Rezultātā iegūtais attēls veidojas, no

objekta atstarotajiem elektroniem iedarbojoties uz attēla ģenerācijas matriksu (Bard 1994, Anonymous 2003, Baltes *et al.* 2004, Borisenko, Ossicici 2004). Attēlā objekts apskatāms no viena nemainīga redzes punkta, tāpēc slīpi pret redzes lauku pozicionētās objekta struktūras apskatāmas kā projekcijas (Baratti, Bernini 1994, Griffiths *et al.* 1971, Anonymous 2003). Projekciju izmērs attēlā proporcionāli neatbilst patiesajiem struktūru izmēriem (Alberti 1540).

1.3.3. Konfokālā lāzer-skenējošā mikroskopija

Konfokālajā lāzer-skenējošajā mikroskopijā (CLSM) optisko izšķirtspēju nosaka izvēlētajā lāzera viļņa garums, kā arī izmantotais objektīvs. Tādējādi, teorētiski ar CLSM metodi iespējams iegūt nedaudz augstāku optisko izšķirtspēju, nekā ar TLM (Abramowitz 2003, Claxton *et al.* 2005, Chetverikov *et al.* 2015).

Konfokālās lāzer-skenējošās mikroskopijas pamatā ir sērijveida daudzu attēlu optiska skenēšana, pakāpeniski mainot fokusa dziļumu. Ar konfokālā spoguļa mehānisma palīdzību vizuālā informācija ārpus fokusa ir atfiltrēta un iegūstams ass attēls ar nelielu fokusa dziļumu. Šādu attēlu kopu iespējams digitāli apvienot vienā datu paketē jeb telpiskā projekcijā, ar kuru iespējams veikt trīsdimensionālas rotācijas kustības vēlamajā virzienā. Ieskenētā objekta telpisko projekciju iespējams telpiski rotēt un apskatīt, kā arī veikt mērījumus tieši pret interesējošās struktūras perpendikulu vadoties pēc perspektīvas teorijas. Tomēr gadījumos, kad pētāmā struktūra ir liekta vairāk kā divās dimensijās (piemēram, kā spirāle: liekums pa trīs optiskajām plaknēm X, Y un Z asi), tās projekciju nebūs iespējams nostādīt perpendikulāri pret redzes lauku (Alberti 1540, Li *et al.* 2004, Claxton *et al.* 2005, Kagainis 2014).

Trihobotriālais sariņš *ss* ir būtiska morfoloģiskā pazīme bruņērču taksonomijā, taču tā liekums lielākai daļai sugu, tostarp *Carabodes* ir spirāles veida vai līdzīgi izplatīts visās trīs optiskajās plaknēs. Zinātniskajā literatūrā atrodams atdzinums, ka šo sariņu atsevišķām sugām var nebūt iespējams izmērīt (Żbikowska-Zdun, Wołek 2006) (2. tabula). Vadoties pēc perspektīvas teorijas, šādi liektas struktūra garumu nav iespējams precīzi nomērīt fiksētam objektam, bez papildus manipulatīvas iejaukšanās. Struktūras amputācija un iztaisnošana mainītu tā novietojumu telpā un padarītu piemērotu precīzākiem mērījumiem (Alberti 1540, Salomone *et al.* 2003, Kagainis 2014).

Līdz šim konfokālā lāzer-skenējošā mikroskopija ir izmantota tikai atsevišķos sīkposmkāju pētījumos (Claxton *et al.* 2005, Klaus 2006, Chetverikov 2014, Chetverikov *et al.* 2014, Chetverikov *et al.* 2015) un nekad nav izmantota morfometriskos nolūkos (Kagainis 2014).

1.4. Apdzīvojamo biotopu, kuri izmantoti pētījumā, raksturojums

Iepriekšējos pētījumos Latvijas teritorijā noskaidrots, ka *Carabodes* ģints bruņērces biežāk sastopamas un to populācijas blīvums ir augstāks skujkoku mežu biotopos (Kagainis 2008, Kagainis 2010a), tāpēc turpmākiem pētījumiem izvēlēti trīs tālāk tekstā aprakstītie biotopi.

Priežu sils (Latvijas biotopu klasifikatora kods F.1.1.1.) ir oligotrofs mežs ar vāju barības vielu un ūdens apriti. Priežu sila sūnu un ķērpju stāvā aug meža *Cladina arbuscula*, briežu *C. rangiferina* un Alpu *C. stellaris* kladīnas, Šrēbera rūšaine *Pleurozium schreberi*, viļņainā un slotiņu divzobe *Dicranum polysetum*, *D. scoparium* un citas sugas. No augstākajiem augiem zemsedzē sastopams, galvenokārt, sila virsis *Calluna vulgaris*, brūklene *Vaccinium vitis-idaea* un aitu auzene *Festuca ovina* (Kabucis 2001).

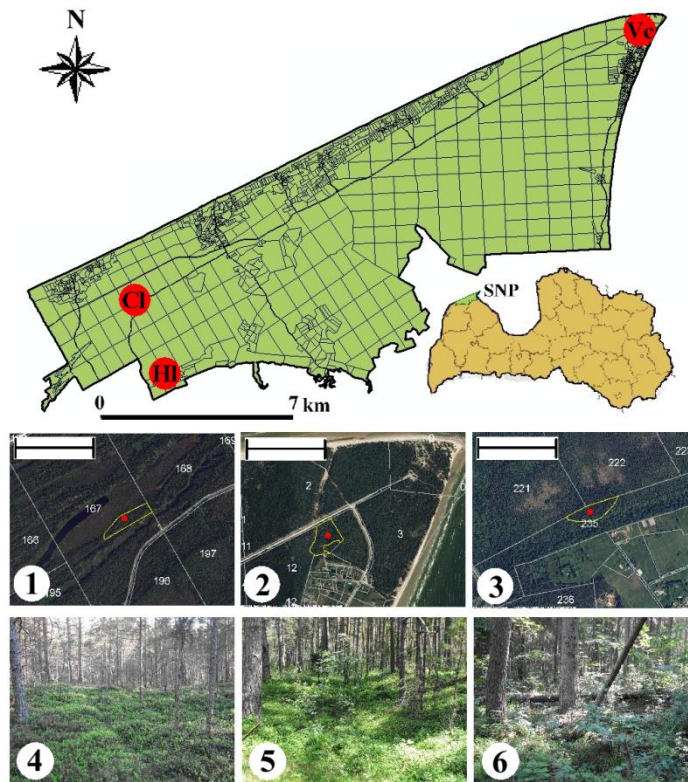
Priežu mētrājs (Latvijas biotopu klasifikatora kods F.1.1.2.) ir mežs uz diezgan nabadzīgas minerālaugsnes. Sūnu un ķērpju stāvā dominē *Pleurozium schreberi*, bieži sastop spīdīgo stāvaini *Hylocomium splendens*, *Dicranum polysetum*, parasto straussūnu *Ptilium crista-castrensis* un citas sugas (Kabucis 2001).

Egļu šaurlapu kūdrenis (Latvijas biotopu klasifikatora kods F.3.2.3.) ir mežs vidēji bagātās nosusinātās kūdras augsnēs, kur koku stāvā dominē parastā egle *Picea abies*. Pamežs rets un zemsedzē veģetācijas maz, kas saistīts ar spēcīgu noēnojumu. Krūmu stāvā sastop parasto krūkli *Frangula alnus*, parasto pīlādzi *Sorbus ancuparia*, retāk – Zviedrijas kadiķi *Juniperus communis* un parasto irbeni *Viburnum opulus*. Zemsedzē sastop melleni *Vaccinium myrtillus*, meža zaķskābeni *Oxalis acetosella*, gada staipekni *Lycopodium annotinum*, niedru un iesarmo ciesu *Calamagrostis arundinacea*, *C. canescens*. Sūnu stāvā bieži sastopama *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, viļņainā un lielā divzobe *Dicranum polysetum*, *D. majus*, lielā spuraine *Rhytidiadelphus triquetrus*, parastā ūšaine *Cirriphyllum piliferum*, parastā īsvācelīte *Brachythecium oedipodium* (Kabucis 2001).

2. METODEDES

2.1. Paraugu ievākšanas un apstrādes metodes

Augsnes paraugi tika ievākti Dundagas novadā, Slīteres nacionālā parka (SNP) teritorijā (3. attēls)



3. attēls. Pētījumā Slīteres nacionālā parka teritorijā ievākto augsnis paraugu atrašanās vietas un biotopi: SNP – Slīteres nacionālā parka teritorija un tās kvartālu robežas; Cl – priežu sils; Vc – priežu mētrājs; Hl – egļu šaurlapu kūdreņis, paraugu ievākšanas vietu detalizētāks attēlojums (1 – Cl, 2 – Vc, 3 – Hl) izmantoti Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūras 2009. gada karšu materiāli (Anonymous 2009), ar cipariem norādīti kvartālu numuri, ar dzeltenu līniju iekrāsotas nogabala robežas, mēroga nogrieznis – 500m; biotopi (4 – Cl, 5 – Vc, 6 – Hl), foto: V. Spuņģis.

Figure 3. Rounded district and habitats at Slitere National Park territory during the investigation in October 2008: SNP – territory and borders of forestry sections of Slitere National Park; Cl - dry pine forest; Vc – Vaccinio pine forest; Hl – drained spruce forest; more detailed view of sampling districts (1 – Cl, 2 – Vc, 3 – Hl) after Latvian Geospatial Information Agency: 2009 (Anonymous 2009), numbers represents the forestry sections, yellow line marks borders of the forestry plots, scale bars – 500m; habitats (4 – Cl, 5 – Vc, 6 – Hl), photo: V. Spuņģis.

Līdzīga rakstura pētījums minētajā teritorijā tika veikts kā priekšizpēte šim pētījumam (Kagainis 2008).

Paraugu ievākšanai tika izvēlēti trīs dažādi biotopi SNP teritorijā, Dundagas novadā (3. tabula). Šie biotopi izvēlēti tāpēc, ka iepriekšējie pētījumi pierāda, ka *Carabodes* ģints bruņērces tajos ir sastopamas biežāk un to populācijas blīvums ir augstāks, kā citos biotopos (Kagainis 2008). Tāpēc ir iespējams ievākt pietiekošu šīs ģints bruņērcu īpatņu skaitu plānotajiem morfoloģiskajiem pētījumiem.

3. tabula

Augsnes paraugu ievākšanas laikā 2008. gada oktobrī apsektie Slīteres nacionālā parka biotopi, to saīsinājums, Latvijas biotopu klasifikatora kods (pēc Kabucis 2001), meža taksācijas dati un nogabala numurs (Valsts Meža dienesta dati), un pirmā parauga ievākšanas vietas ģeogrāfiskās koordinātas: N – Ziemeļu platuma grādi; E – Austrumu garuma grādi.

Table 3

Description of habitats (Kabucis 2001, data of State Forest Service) in territory of Slitere National Park (SNP) rounded in October 2008: N – degrees of latitude; E – degrees of longitude.

| Biotops/ Habitat | Saīsinājums / Acronym | Biotop a kods/ Habitat code | Meža tips/ Forest type | Meža nogabal a Nr./ Forest plot Nr | Ģeogrāfiskās koordinātas/ Geographic coordinates | | |
|---|---|--------------------------------------|---------------------------------|--|---|---------------|---------------|
| | | | | | N | E | |
| Priežu sils/ Dry pine forest | <i>Pinetum- Cladonio</i> | Cl | F.1.1.1. | 10P 82 | 14 | 57°39'16 " | 22°16'01 " |
| Priežu mētrājs/ Vaccinio pine forest | <i>Pinetum- Vaccinio mirtilli</i> | Vc | F.1.1.2. | 10P 177 | 4 | 57°45'11 " | 22°35'29 " |
| Egļu šaurlapu kūdrēnis / drained spruce forest | <i>Piceeta- Hylocomios a</i> | Hl | F.3.2.3. | 5P117 3E117 1B102 1M10 2 | 7 | 57°38'47 " | 22°17'12 " |

Paraugu ievākšanas vietu salīdzinošs biotopu apraksts izklāstīts literatūras apskata nodaļā.

Katrā biotopā ar augsnes urbi, kura laukums ir 100cm^2 , tika ievākti 25 paraugi. Pirmā parauga ievākšanas vieta tika izvēlēta pēc nejaušības principa. Turpmākie 24 paraugi tika ievākti ik pēc 2 m, ejot taisni Ziemeļu virzienā no sākuma punkta. Augsnes urbis tika iespiests augsnē un kopā ar augsnes monolītu izņemts ārā (Dunger, Fiedler 1997).

2.2. Biotisko faktoru raksturošanas metodes

Augsnes paraugu ievākšanas laikā, izmantojot augsnes termometru *Multi-Term*, tika izmērīta augsnes temperatūra. Termometrs tika iedurts parauga virsējā horizontā, un mērījums tika nolasīts pēc trīs minūtēm. Tika noteikts ķērpju, sūnu un vaskulāro augu projektīvais segums (turpmāk tekstā – Lich, Bryo un Vasc, attiecīgi), ņemot vērā savstarpējo pārklāšanos un rēķinot segumu katrai grupai atsevišķi. Projektīvā seguma vērtības tika pielīdzinātas četrām klasēm: 0. klase – nav sastopams, 1. klase – 1—9%, 2. klase – 10—49% un 3. klase – 50—100% sastopamība no kopējā parauga virsmas laukuma. Paraugs tika atbrīvots no urbja un, izmantojot nazi, no parauga tika atdalīts O horizonta slānis (humuss) kopā ar virskārtā esošo veģētāciju un detritu. Tika izmērīts humusa slāņa biezums (turpmāk tekstā – H) un aprēķināts parauga tilpums (cm^3), augsnes urbja laukuma vērtību (100cm^2) reizinot ar humusa slāņa biezumu (cm). Atdalītais paraugs tika ievietots 3 l maisiņā, kam tika pievienota etiķete ar biotopa nosaukumu un parauga kārtas numuru. Ģeogrāfiskās koordinātas tika noteiktas, izmantojot globālās pozicionēšanas sistēmas (GPS) uztvērēju *Garmin GPS 76* (Dunger, Fiedler 1997).

Carabodes ģints bruņērču populācijas blīvums (turpmāk tekstā – A) tika aprēķināts, vadoties pēc W. Dunger, H.J. Fiedler (1997) publikācijas, pieaugušu *Carabodes* ģints bruņērču skaitu paraugā dalot ar parauga virsmas laukums (cm^2).

Mātīšu potenciālā auglība pēc standartizētas metodikas (Webb, Elmes 1979) tika aprēķināta caurstarojošās mikroskopijas gaitā (sk. nodaļu „2.4.1. Caurstarojošās gaismas mikroskopija” nodaļu).

2.3. Augsnes abiotisko faktoru raksturošanas metodes

Laboratorijā katrs paraugs tika nosvērts, izmantojot elektriskos svarus *Kern & Sonh W600-2M*, un uzklāts vienādā biezumā (3cm) uz marles. Paraugi tika uzlikti uz sieta un novietoti uz Tullgrēna tipa fotoeklektoriem (Dunger *et al.* 1997). Zem katra fotoeklektora piltuves tika novietotas ar fiksācijas šķīdumu (piecas daļas spirta, trīs daļas glicerīna, viena daļa ūdens, viena daļa fenola) līdz pusei pildītas Petrī plates. Pie katras Petrī plates tika novietota etiķete ar attiecīgā biotopa nosaukumu un parauga kārtas numuru. Paraugi tika ekstrahēti septiņas diennaktis (Буланова-Захваткина 1967). Gaissausie paraugi pēc ekstrahēšanas tika atkārtoti nosvērti, lai turpmāk būtu iespējams aprēķināt augsnes relatīvo sausnes īpatsvaru. Augsnes paraugu relatīvais sausnes īpatsvars jeb augsnes relatīvais sausums (%) tika aprēķināts, gaissausa augsnes parauga masu dalot ar neizzāvēta parauga masu un iznākumu reizinot ar 100, ISO11465:1993 (Anonymous 1993). Šī parametra vērtības negatīvi cieši korelēja (Pīrsona (*Pearson*) korelācijas tests: $r=-0,98$; $p<0,001$; $n=75$) ar augsnes relatīvo mitrumu ISO11461:2001 paraugā, ko biežāk izmanto ekoloģiska rakstura pētījumos (Weigmann, Krantz 1981, Dunger *et al.* 1997, Anonymous 2001). Augsnes sausnes relatīvais īpatsvars (turpmāk tekstā – augsnes relatīvais sausums jeb S) šim pētījumam izvēlēts kā visatbilstošākais limitējošais faktors, vadoties pēc tā nosaukuma un definīcijas ISO11465:1993 (Anonymous 1993).

Augsnes relatīvais blīvums ISO DIS 11272:1998 tika aprēķināts pēc sekojošas formulas (Anonymous 1998, Margesin, Schinner 2005):

$$Bd = \frac{M}{V}, \text{ kur}$$

Bd – augsnes relatīvais blīvums;

M – dabiski mitras augsnes masa gramos;

V – parauga tilpums (humusa tilpums cm^3).

Augsnes paraugi tika sagatavoti pH analīzēm, ISO 10390:2005 (Anonymous 2005). No katra parauga tika nosvērts 2g gaissausas augsnes un ievietots stāvkolbā (tilpums – 50ml), kas pildīta ar 20ml 1n KCl šķīdumu (74,55g KCl uz 1l destilēta ūdens). Sausās augsnes svēršanai tika izmantoti elektriskie svāri *KERN ALJ 220-4NM*. Stāvkolbas tika ievietotas kratītājā *Heidolph PROMAX 2020* ar darbības laiku 60 minūtes. Stāvkolbas saturs tika izfiltrēts caur filtrpapīru un, izmantojot pH metru *GREISINGER GPH 014*, vienas minūtes laikā tika nolasīta pH vērtība. Pēc katras nolasīšanas pH metra sensors tika noskalots ar destilētu ūdeni (Anonymous 2005). Katram

paraugam tika veikti divi pH mērījumi, no kuriem tika aprēķināts vidējais aritmētiskais, pH vidējās vērtības izteikšanai.

2.4. Paraugu sagatavošanas un mikroskopēšanas metodes

Izmantojot binokulāro lupu *Soligor SZM-645 PV*, no Petrī plates tika atlasītas *Carabodes* ģints bruņērces.

Atlasītās *Carabodes* ģints bruņērces tika uzglabātas fiksācijas šķīdumā (piecas daļas spirta, trīs daļas glicerīna, viena daļa ūdens, viena daļa fenola) katra savā apzīmētā Eendorfa stobriņā. Bruņērces tika mikroskopētas, izmantojot caurstarojošās gaismas, konfokālo lāzer-skenējošo un skenējošo elektron- mikroskopus.

Carabodes subarcticus suga tika izvēlēta par modeļobjektu paraugkopas apjoma ietekmes uz morfoloģijas mainību analīzei, balstoties uz trīs iemesliem:

1) *C. subarcticus* indivīdi apdzīvo dažāda tipa biotopus ar augstu apdzīvojuma blīvumu (Rajski 1968, Solhøy, Koponen 1981, Subías 2004, Wierzbicka, Olszanowski 2004, Sidorchuk 2009), kas šī pētījuma ietvaros ar mērķi ievākt pēc iespējas lielāku indivīdu skaitu ir atbilstoši;

2) izmantojot tipiski *Carabodes* ģints bruņērcēm raksturīgo ārējo morfoloģiju – tumši pigmentēto un biezi sklerotizēto cerotegumentu – šīs bruņērces iespējams ātri un ar augstu precizitāti atdalīt no pārējā parauga šķirošanas gaitā (Koch 1835, Sellnick, Forsslund 1952, Tarba, Semenova 1976, Alberti *et al.* 1981);

3) līdzšinējie *C. subarcticus* morfoloģiskie pētījumi ir nepilnīgi un nesniedz pietiekamu priekšstatu par šīs sugas morfoloģisko mainību (Trägårdh 1902, Sellnick, Forsslund 1952, Гиляров, Криволицкий 1975, Weigmann 2006).

2.4.1. Caurstarojošā gaismas mikroskopija

Izmantojot binokulāro caurstarojošās gaismas mikroskopu *Olympus BX41* kombinācijā ar digitālo kameru *Olympus DP12* tika raksturotas bruņērcu sugas, kvalitatīvās un kvantitatīvās pazīmes, kā arī noteikts bruņērcu dzimums.

Caurstarojošās gaismas mikroskops tika aprīkots ar okulāra lineālu. Mikrometru iedaļu paraugstikls tika izmantots, lai veiktu mikroskopa okulāra lineāla kalibrēšanu jeb iedaļu pārrēķināšanu mikrometros (Abramowitz 2003).

Katra bruņērce tika ievietota iedobes paraugstīklā, kas līdz pusei pildīts ar pienskābes šķīdumu. Morfoloģiskās pazīmes tika atrastas, izmantojot segstiklu un ar tā kustību palīdzību rotējot bruņērci pienskābes šķīdumā. Bruņērcu pirmajā sugu noteikšanā caurstarajošās gaismas mikroskopijā tika izmantoti M. Sellnick, K.L. Forsslund (1952) un M.C. Гиляров, Д. А. Криволицкий (1975) noteicēji. Pirmā sugu noteikšana tika veikta indivīdu iezīmēšanas nolūkos, kā arī lai izvairītos no citu bruņērcu iesaistīšanas eksperimentālajā daļā. Par liekām bruņērcēm tika uzskatīti indivīdi, kas neatbilda *Carabodes* ģints sugu morfoloģijas aprakstam vai arī bruņērces no *Carabodes* ģints sugām, kuras kopumā visos ievāktajos paraugos pārstāvētas ar maznozīmīgu īpatņu skaitu ($n < 25$).

Pēc sugu pirmās noteikšanas tika veikti morfoloģisko pazīmju mērījumi. Sekmīgas rotācijas laikā tika izmērītas nepieciešamās kvantitatīvās morfoloģiskās pazīmes. Sekmīga rotācija tika nodrošināta, mainot bruņērces novietojumu pret rotācijas asi līdz brīdim, kad morfoloģiskā pazīme apskatāma profilskatā, konstatējama tās vislielākā garuma vērtība (Alberti 1540) un okulāra lineālā nolasāms tās patiesais garums, nevis projekcijas garums. Okulāra lineāla iedaļas tika pārrēķinātas mikrometros, vadoties pēc kalibrācijas ar mikrometru paraugstiklu (Grandjean 1949).

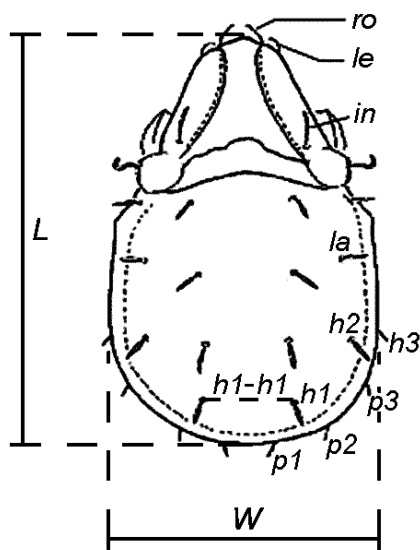
Bojātas vai aizsegtas struktūras netika mērītas. Tika izmērīts sariņu *ro*, *le*, *in*, *h3*, *p3*, *p2*, *p1*, *h1*, *h2* un *la* garumus (turpmāk tekstā – izmērs), ķermeņa garums (*L*) un ķermeņa platums (*W*) (mērot histerosomas platākajā vietā dorsāli, bet neņemot vērā ejkājas, sariņus un svešķermeņus), kā arī attālums starp kreisā un labā notogastrālā sariņa *h1* piestiprināšanās vietām to pamatnēs (4. attēls).

Bruņērci piespiesti vai cieši klāt pie ķermeņa virsmas augoši sariņi (piemēram, *C. subarcticus* interlamellārais sariņš *in*) netika mērīti, lai samazinātu mērījumu kļūdu. Tā kā trihobotriālais sariņš (*ss*) dažādām *Carabodes* ģints bruņērcu sugām lielākoties ir liekts un izvērsts trīs plaknēs, tā garums netika mērīts. Tā kā bruņērces konfokālajai lāzer-skenējošajai mikroskopijai tika sagatavotas, tās dorsāli novietojot uz līpošas elektronu vadošas lentes, to ventrālās morfoloģiskās pazīmes netika mērītas un bruņērces tika skenētas un mērītas dorsāli (Claxton *et al.* 2005).

Mērījumi tika noglabāti datu nesējā.

Carabodes subarcticus bruņērcēm tika raksturota kvalitatīvā morfoloģiskā pazīme – cerotegumenta krāsa. Šo pazīmi bija iespējas raksturot ar TLM metodi, jo caurstarajošās gaismas mikroskopijā apstarošanai tika izmantota baltā gaisma, kas sniedz iespēju detektēt redzamo gaismu un parauga krāsu (Abramowitz 2003). Tika nofotografēts bruņērces ķermeņa kopskats

dorsāli un pēc attēliem tika noteikts, vai cerotegumenta krāsojums atbilst sugas aprakstam (melns līdz tumši brūns, pēc Sellnick, Forsslund 1952, Ermilov 2011) vai arī neatbilst sugas aprakstam (brūns līdz dzeltens). Attēlu iegūšanai tika izmantota ar mikroskopu savienotā digitālā kamera Olympus DP12.



4. attēls. Caurstarojošās gaismas mikroskopijā un konfokālajā lāzer-skenējošajā mikroskopijā mērītās *Carabodes labyrinthicus*, *C. femoralis*, *C. ornatus* un *C. subarcticus* bruņērču kvantitatīvās morfoloģiskās pazīmes dorsāli (kājas nav attēlotas; pēc Weigmann 2006): *ro* – rostrālā sariņa garums; *le* – lamellārā sariņa garums; *in* – interlamellārā sariņa garums; *la*, *h2*, *h3*, *p3*, *p2*, *p1* un *h1* – notogastrālo sariņu garums; *h1-h1* – attālums starp kreisā un labā notogastrālā sariņa *h1* piestiprināšanās vietām; *L* – ķermeņa garums; *W* – ķermeņa platums.

Figure 4. Quantitative morphological features of *Carabodes labyrinthicus*, *C. femoralis*, *C. ornatus* un *C. subarcticus* armoured mites observed with transmitted light microscope and confocal laser-scanning microscope (schematic image, legs are absent, image after Weigmann 2006): *ro* – rostral seta; *le* – lamellar seta; *in* – interlamellar seta; *la*, *h2*, *h3*, *p3*, *p2*, *p1* un *h1* – length of notogastral setae; *h1-h1* – distance between left and right *h1* setae insertions; *L* – body length; *W* – body width.

Pēc morfoloģisko pazīmju raksturošanas caurstarojošās gaismas mikroskopā bruņērce tika turētas termostatā pienskābes šķīdumā 30 dienas (+50°C temperatūrā) cerotegumenta balināšanas jeb depigmentācijas nolūkam (Grandjean 1949, 1956, Balogh, Mahunka 1983, Salomone *et al.* 2003, Krantz, Walter 2009, Weigmann 2006).

Lai noteiktu dzimumu un potenciālo auglību, tika apskatītas bruņērce iekšējās struktūras. Tāpēc vispirms tās tika balinātas, jo bez ķīmiskas apstrādes kutikula ir spēcīgi pigmentēta, sklerotizēta un gaismas mazcaurlaidīga. Caurstarojošās gaismas mikroskopijā iekšējās struktūras

ir iespējams apskatīt, neizmantojot dissekcijas, taču uzglabāšana balināšanas šķīdumā ir obligāta parauga sagatavošanas sastāvdaļa (Grandjean 1931, 1949, 1952, 1956, Balogh, Mahunka 1983, Krantz, Walter 2009; Weigmann 2006). Bruņērce tika ievietota iedobes paraugstiklā, kas līdz pusei pildīts ar pienskābes šķīdumu. Ventrāli tika atrastas ģenitālījas, izmantojot segstiklu un ar tā kustināšanas palīdzību rotējot bruņērci pienskābes šķīdumā. Tēviņš tika raksturots pēc spermatofora, bet mātīte – pēc dējekļa klātbūtnes (Michael 1884, Woodring 1970, Ermilov 2010) (2. attēls). Identificētajām mātītēm vēdera dobumā tika atrastas olas, un potenciālā auglība tika aprēķināta kā olu skaits uz katru konkrēto mātīti (Webb, Elmes 1979).

2.4.2. Konfokālā lāzer-skenējošā mikroskopija

Sagatavošanas procedūras pirms skenējošās elektron-mikroskopijas (SEM), ieskaitot apputināšanu, padara paraugu nepiemērotu caurstarojošās gaismas mikroskopijai (TLM). Šī iemesla dēļ vispirms tika veikta caurstarojošās gaismas mikroskopija un konfokālā lāzer-skenējošā un tikai pēc tam tika otrreizēji un ar augstu detalizācijas pakāpi noteiktas bruņērcu sugas, izmantojot SEM metodi.

Tā kā konfokālā lāzer-skenējošā mikroskopijas metodika posmkāju pētījumos nav standartizēta, tad tālākajā tekstā tā ir detalizēti aprakstīta.

Abpusēji līpoša, elektronus vadoša līmlente *Carbo Tabs 12mm Dia (Pk 100)* tika nostiprināta uz elektron-mikroskopijas paraugu ripas. Bruņērces tika novietotas uz līmlentes ar dorsālo pusi uz augšu, izmantojot elektron-mikroskopijas pinceti *Rubis 7-SA* (Griffiths *et al.* 1971, Bernini 1975, Anonymous 2003, Baltes *et al.* 2004).

Konfokālajai lāzer-skenējošajai mikroskopēšanai tika izmantots *Leica DM 6000 B* mikroskops ar konfokāli skenējošo sistēmu *TCS-SP2 SE* (3. pielikums). Tālāk minētās darbības tika veiktas mikroskopijas laboratorijā. Par zinātniskās literatūras bāzi, attiecībā uz tālāk minētajiem nosaukumiem un darbībām, izmantota Floridā izdota grāmata (Claxton *et al.* 2005). Tika iedarbināts argona lāzera ģenerācijas bloks un Ar, He un Ne lāzeri. Tika iedarbināts mikroskops. Tika ieslēgts dators un aktivizēta mikroskopēšanas datu apstrādes programma *Leica Confocal SoftWare*. Katra paraugu ripa atsevišķi tika novietota uz priekšmetstikla, kas nostiprināts skavās uz mikroskopa priekšmetgalda. Tika ieslēgts gaismas avots parauga virspuses izgaismošanai. Katra bruņērce tika atrasta redzes laukā, izmantojot mazākā palielinājuma okulāru, darbinot elektronisko skrūvi un grozot makroskrūvi vai mikroskrūvi, kā arī priekšmetgalda sānskrūves. Ar lāzera bultu tika pārslēgts mikroskopa redzes kanāls no okulārskatījuma uz datorekrāna skatījumu jeb lāzera konfokālās skenēšanas pozīciju. Mikroskopa

darbības datorprogrammā tika iestatīts 20x objektīvs *20x/0.70 IMM HC PL 7 PO* ar optisko izšķirtspēju – 0,45µm. Turpmāk minētie mikroskopa parametru iestatījumi tika iegūti eksperimentālā ceļā, pirms pētījumā izmantoto bruņērču mikroskopēšanas uzsākšanas. Tika izvēlēta 633nm sarkanā hēlija-neona lāzera viļņa garuma stara līnija un uzstādīta attiecīgi tās intensitāte 20%. Tika aktivizēts sarkanās gaismas kanāls *PMT2* parauga ierosināšanai ar lāzera starojumu, un izvēlēts 605—660nm absorbcijas diapazons. Lāzera stara intensitāte *Gain PMT2* tika uzstādīta 504V. Tika izvēlēts skenēšanas darbības veids *Series xyz* un aktivizēta liela izmēra objektu skenēšanas iespēja *ScanMode (Z-Scan)* pozīcijā *Wide*. Tika uzstādīts 3µm skenēšanas soļa garums *Series step* un skenējumu atkārtojumu skaits *Aver* – „1”. Katra bruņērce tika skenēta visā tās ķermeņa biezumā, izmantojot datorprogrammu *Leica Confocal SoftWare*, un iegūta bruņērces ķermeņa dorsālas virsmas attēlu sērija ar digitālo izšķirtspēju (*Voxel-width*) 1,46µm. Par pamatu ņemot iegūto attēlu sēriju, tika izveidota bruņērces telpiska rekonstrukcija *Max Projection* (Claxton *et al.* 2005). Mainot rekonstrukcijas leņķisko novietojumu, *LCS Lite* datu apstrādes programmā tika atrastas nepieciešamās morfoloģiskās struktūras labajā vai kreisajā pusē, atkarībā no to redzamības.

Morfoloģiskās struktūras tika apskatītas profilskatā (vislielākā garuma vērtība, pēc Alberti 1540) un izmērītas, izmantojot datorprogrammas mikrometru lineālu, to nostiprinot uz mērāmās pazīmes projekcijas virsmas visā tās garumā. Bojātas vai aizsegtas struktūras netika mērītas. Tika izmērīti sariņi *ro*, *le*, *in*, *h3*, *p3*, *p2*, *p1*, *h1*, *h2* un *la*, izmērīts ķermeņa garums (*L*) un ķermeņa platums (*W*) (mērot platākajā vietā, bet neņemot vērā ejkājas, sariņus un svešķermeņus), kā arī attālums (*h1-h1*) starp labo un kreiso *h1* sariņu, to piestiprināšanās vietās (4. attēls).

Bruņērcei cieši klāt pieguļoši sariņi netika mērīti, lai samazinātu mērījumu kļūdu. Tā kā trihobotriālais sariņš (*ss*) dažādām *Carabodes* ģints bruņērču sugām lielākoties ir liekts un izvērsts trīs plaknēs, tā garums netika mērīts. Tā kā bruņērces konfokālajai lāzer-skenējošajai mikroskopijai tika sagatavotas, tās dorsāli novietojot uz līpošas elektronu vadošas lentes, to ventrālās morfoloģiskās pazīmes netika mērītas un bruņērces tika skenētas un mērītas dorsāli (Claxton *et al.* 2005).

Mērījumus noglabāja datu nesējā. Beidzot darbu, tika veikta mikroskopa lāzera ģenerācijas bloka dzesēšanas un izslēgšanas procedūra (3. pielikums).

2.4.3. Skenējošā elektron-mikroskopija

Pēc mikroskopēšanas konfokālajā lāzer-skenējošajā mikroskopā paraugi tika sagatavoti skenējošajai elektron-mikroskopēšanai. Paraugu ripas ar bruņērcēm tika izžāvētas līdz

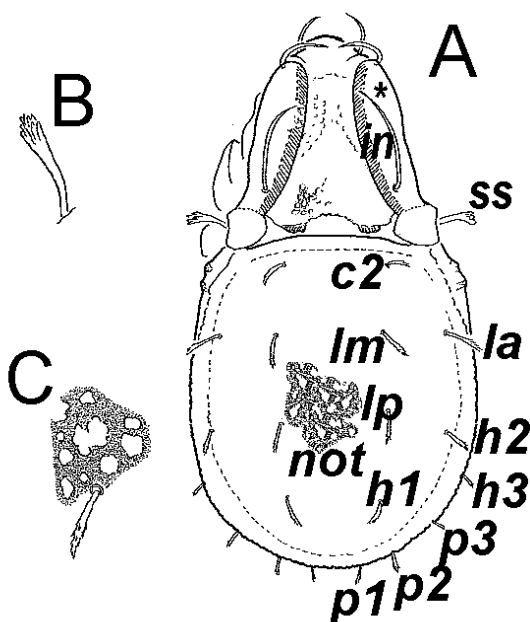
kritiskajam punktam un apputinātas jonu smidzinātājā *Eiko IB-3 Ion Coater* (Griffiths *et al.* 1971, Bernini 1975).

Bruņērču mikroskopēšanai tika izmantots *Hitachi S-4800* mikroskops. Parauga ripa ar elektron-mikroskopijas pinceti tika novietota uz pārvietoājama priekšmetgalda un tika noregulēts tā augstums. Tika aktivizēta mikroskopa datu apstrādes programma *Hitachi S-4800 Software*. Priekšmetgalds ar parauga ripu tika ievietots mikroskopa vakuuma kamerā. Bruņērce tika atrasta mikroskopa redzes laukā. Pēc vajadzības tika nomainīts palielinājums un noregulēts fokuss. Izmantojot funkciju *Slow scanning*, tika skenētas kvalitatīvās morfoloģiskās pazīmes (5.A attēls) un bināri raksturotas sekojošā veidā: 1) interlamellārais sariņš *in* ir īsāks/ vienāds (Weigmann 2006) vai garāks par attālumu no kreisā līdz labajam *in* sariņam to piestiprināšanās vietās; 2) notogastra mikroskulpturējuma elementi ir izkārtoti savstarpēji nevienādos (Гиляров, Криволицкий 1975, sk. 5.C attēlu) vai vienādos attālumos; 3) margināli novietotie notogastrālie sariņi (*h3*, *p1*, *p2*, un *p3*) ir būtiski īsāki (Trägårdh 1902, Sellnick, Forsslund 1952, Weigmann 2006, Murvanidze 2008) vai vienādi/ garāki par mediālajiem notogastrālajiem sariņiem (*la*, *h2*, *h1*, *lp*, *lm* un *c2*); 4) visi notogastrālie sariņi ir lancetiski un vāji zaroti (Sellnick, Forsslund 1952, Weigmann 2006, Murvanidze 2008, skat 5.C attēls) vai to veids un zarojums ir citāds; 5) trihobotriālais sariņš (*ss*) ir pirksta formas, ar būtiski saplacinātu galu (Murvanidze 2008) vai tā morfoloģija ir citāda (5.B attēls).

Iepriekš minēto kvalitatīvo morfoloģisko pazīmju izvēle un raksturošanas metodika tika pakārtota līdz šim publicētajiem sugu aprakstiem un noteicējiem (Trägårdh 1902, Sellnick, Forsslund 1952, Гиляров, Криволицкий 1975, Weigmann 2006, Murvanidze 2008, Ermilov 2011). Iegūtie skenējumu attēli tika noglabāti datu nesējā.

Pēc kvalitatīvo morfoloģisko pazīmju raksturošanas laikā iegūtajiem attēliem (4. pielikums) tika veikta atkārtota sugas identificēšana, izmantojot G. Weigmann (2006), kā arī M. Sellnick, K.L. Forsslund (1952) noteicējus (1. pielikums).

Darbu beidzot, tika veikta mikroskopa izslēgšanas procedūra (Anonymous 2003).



5. attēls. *Carabodes subarcticus* bruņērču ārējās kvalitatīvās morfoloģiskās pazīmes dorsāli (pēc Weigmann 2006, pārveidots), kājas nav attēlotas: a – ķermeņa kopskats, b – pirksta formas un ar saplacinātu galu trihobotriālais sariņš, c – savstarpēji nevienādi izkārtoti notogastra mikroskulpturējuma elementi, kā arī lancetisks un vāji zarots notogastrālais sariņš. Sariņu apzīmējumi: *in* – interlamellārais sariņš; *ss* – trihobotriālais sariņš; *la*, *h2*, *c2*, *lm*, *lp*, *h1* – mediālie notogastrālie sariņi; *h3* *p3*, *p2*, *p1* – marginālie notogastrālie sariņi; *not* – notogastrs; – lamella.

Figure 5. External qualitative morphological features of *Carabodes subarcticus* armoured mites (schematic image, legs are absent, image after Weigmann 2006): a – total body aspect, b – sensillus that is finger-shaped, with strongly expanded capitulum, c – notogastral pits that are scattered unevenly from one to another, and lanceolate and lightly bristled notogastral setae. *in* – interlamellar seta; *ss* – sensillus; *la*, *h2*, *c2*, *lm*, *lp*, *h1* – medial notogastral setae; *h3* *p3*, *p2*, *p1* – marginal notogastral setae; *not* – notogaster; * – lamella.

2.5. Datu apstrādes metodes

2.5.1. Izmantoto mikroskopijas metožu morfometrijas datu salīdzināšana

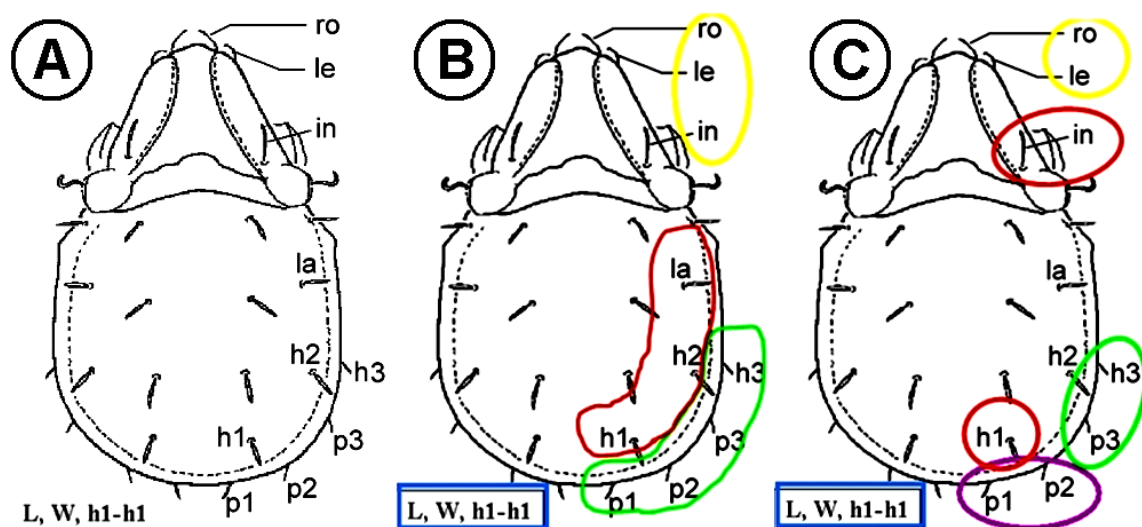
Paraugkopas ar morfometrisko mērījumu vērtībām tika salīdzinātas starp CLSM un TLM metodēm. Vispārīgai datu rindu salīdzināšanai tika izmantoti standartnovirzes, vidējās aritmētiskās un variācijas koeficienta vērtības. Variācijas koeficients tika aprēķināts, standartnovirzes vērtību dalot ar vidējo aritmētisko vērtību. Detalizētākā veidā paraugkopu dispersijas salīdzinātas, izmantojot Fišera (*Fisher*) testu jeb F-testu, kā arī *Paired T*-testu.

Rezultātu augstākai ticamībai paraugkopas salīdzinātas ar Vilksona (*Wilcoxon*) testu. Paraugkopu salīdzināšanā ņemts vērā, ka tās savstarpēji ir saistītas, jo ar dažādām mikroskopijas metodēm mērītas vienu un to pašu bruņērču īpatņu morfometriskās pazīmes.

2.5.2. *Carabodes* ģints bruņērču morfoloģijas mainības raksturošana

Sākotnēji dati tika sagrupēti tabulās, atbilstoši pa datu rindām (sugām, morfoloģiskajām pazīmēm, biotopiem, biotiskajiem un abiotiskajiem faktoriem), izmantojot *MS Excel* datorprogrammu (Arhipova, Bāliņa 1999).

Datu apstrāde ar morfometrijas datiem tika veikta trīs veidos sagatavotiem empīriskajiem datiem: 1) atsevišķi katrai pazīmei, kurai veikts pietiekoši liels mērījumu skaits (6.A attēls); 2) morfoloģiskajām pazīmēm apvienotām grupās, vadoties pēc 1. modeļa (6.B attēls); 3) morfoloģiskajām pazīmēm apvienotām grupās, vadoties pēc 2. modeļa (6.C attēls).



6. attēls. Kvantitatīvo morfoloģisko pazīmju trīs grupu izdalīšanas shēmas: (A) morfoloģiskās pazīmes izdalītas pa vienai un savstarpēji nesaistīti, (B) morfoloģiskās pazīmes apvienotas grupās, atkarībā no to novietojuma (anteriori novietotas *ro*, *le* un *in* – atzīmēts ar dzeltenu krāsu; dorsāli novietotas *la*, *h2* un *h1* – atzīmētas ar sarkanu krāsu; margināli novietotas *h3*, *p3*, *p2* un *p1* – atzīmētas ar zaļu krāsu; citādi novietotas *L*, *W* un *h1-h1* – atzīmētas ar zilu krāsu), (C) morfoloģiskās pazīmes apvienotas grupās, atkarībā no to novietojuma (anteriori novietotas *ro* un *le* – atzīmēts ar dzeltenu krāsu; dorsāli novietotas *in* un *h1* – atzīmētas ar sarkanu krāsu; laterāli novietotas *h3* un *p3* – atzīmētas ar zaļu krāsu; posteriori novietotas *p2* un *p1* – atzīmētas ar violetu krāsu; citādi novietotas *L*, *W* un *h1-h1* – atzīmētas ar zilu krāsu)

Figure 6. Three modules of morphological groups divided for characterisation of quantitative features: (A) all morphological features used separately, (B) morphological features

divided into groups regarding to their position (anteriorly positioned *ro*, *le* and *in* – indicated with yellow colour; dorsally positioned *la*, *h2* and *h1* – indicated with red colour; marginally positioned *h3*, *p3*, *p2* and *p1* – indicated with green colour; other positioning *L*, *W* and *h1-h1* – indicated with blue colour), (C) morphological features divided into groups regarding to their position (anteriorly positioned *ro* and *le* – indicated with yellow colour; dorsally positioned *in* and *h1* – indicated with red colour; laterally positioned *h3* and *p3* – indicated with green colour; posteriorly positioned *p2* and *p1* – indicated with purple colour; other positioning *L*, *W* and *h1-h1* – indicated with blue colour).

Dzimuma dimorfisma grafiskai ilustrēšanai morfoloģisko pazīmju datu rindas tika ranžētas vērtību klasēs (pazīmei *L* – 20µm; pazīmei *W* – 10µm, pazīmei *h1-h1* – 5µm, kā arī pazīmēm *ro*, *le*, *in*, *h3*, *p3*, *p2*, *p1*, *h1*, *h2* un *la* – 3µm lielos diapazonos), vadoties pēc pazīmju izmēru minimālajām un maksimālajām, kā arī vidējo aritmētisko vērtībām. Pēc ranžēšanas pazīmes tika izmantotas *XY (Scatter)* grafīku veidošanā. Grafikiem tika izmainīts līknes veids uz noapaļotu jeb *Smoothened*. Visi turpmākie aprēķini, salīdzināšanas testi un savstarpējās ietekmes analīzes ar datu rindām tika veikti tādā gadījumā, ja ticamības intervāls (*p*) uzrādīja statistisku būtiskumu $p < 0,05$ vai $p < 0,01$ (Liepa 1974, Sokal, Rohlf 1995, Arhipova, Bāliņa 1999, R Development Core Team 2013).

R.2.10.1 datu apstrādes programmā (R Development Core Team 2013) tika noteikta datu rindu – morfoloģisko pazīmju atbilstība normālajam sadalījumam, izmantojot Kolmogorova-Smirnova (*Kolmogorov-Smirnov*) testu. Lai raksturotu empīriskos datus virspusēji, tika aprēķināta standartnovirze, vidējā aritmētiskā vērtība, kā arī minimālā un maksimālā vērtība visām datu rindām. Vidējā aritmētiskā salīdzināšana tika veikta, izmantojot T-testu (*T-test*). Lai noteiktu bruņērču sariņu garumu atšķirības starp sugām, pazīmju izmēru paraugkopas tika salīdzinātas, izmantojot dispersijas analīzi *ANOVA* un *Pairwise T*. testu, kā arī grafiski, izmantojot kastveida diagrammu (*Box-plot*) funkciju, attēlojot 50% vērtību mediānu, 0—25%, 25—75%, 75—100% vērtību kvartilles un ekstrēmās vērtības. Pazīmju izmēru, kā arī biotisko un abiotisko faktoru savstarpējās saistības noteikšanai tika izmantota korelācijas analīze, pielietojot Pīrsona (*Pearson*) testu normālā sadalījuma datiem, taču Spīrmana (*Spearman*) un Kendāla (*Kendall*) testus – binomiālā sadalījuma datiem. Savstarpējās korelācijas grafiskie attēli tika veidoti *MS Excel* datorprogrammā, izmantojot *XY plot* funkciju un pievienojot regresijas līkni (*Add Trend Line*).

2.5.3. Paraugkopas apjoma ietekmes uz morfoloģijas mainību modelēšana un analīze

Paraugkopas apjoma ietekme uz morfoloģijas mainību tika testēta tikai ar *Carabodes subarcticus* morfometriskajiem datiem, šīs sugas ievākto indivīdu lielā skaita dēļ. Morfoloģijas mainība tika izteikta variācijas koeficienta (CV) veidā, kas tika aprēķināts divos atšķirīgos veidos, atkarībā no datu atbilstības sadalījumam paraugkopā (Sokal, Rohlf 1995, R Development Core Team 2013).

Gadījumos, kad paraugkopas empīriskie dati atbilda normālajam sadalījumam, CV tika aprēķināts pēc formulas:

$$CV = \frac{sd}{\bar{X}}, \text{ kur}$$

CV – variācijas koeficients;

sd – standartnovirze;

\bar{X} – vidējā aritmētiskā vērtība.

Gadījumos, kad paraugkopas empīriskie dati atbilda binomiālajam sadalījumam (kvalitatīva morfoloģijas analīze), vispirms tika aprēķināts proporcijas starp morfoloģiskās pazīmes aprakstam atbilstošo un neatbilstošo gadījumu skaitu koeficients

$$p = \left(\frac{100 \cdot n(\text{true})}{n} \right) \cdot 0.01, \text{ kur}$$

p = proporcija starp morfoloģiskās pazīmes aprakstam atbilstošo un neatbilstošo gadījumu skaitu;

n (true) – nosacījumam atbilstošo vērtību skaits paraugkopā

n = kopējo vērtību skaits paraugkopā.

Tālāk CV tika aprēķināts, izmantojot p koeficientu, pēc sekojošas formulas:

$$CV = \sqrt{\frac{1-p}{n \cdot p}}, \text{ kur}$$

CV – variācijas koeficients;

p – pozitīvo varbūtību koeficients;

n – kopējo vērtību skaits paraugkopā.

Dati tika sadalīti divās grupās: 1) pamata grupu pārstāvēja *C. subarcticus* indivīdi, kuriem gan caurstarojošajā gaismas, gan konfokālajā lāzer-skenējošajā mikroskopijā sekmīgi tika izmērītas sešas kvantitatīvās pazīmes (*la*, *h2*, *h3*, *L*, *W* un *h1-h1*), $n=318$ (sk. 4. attēls). Papildus grupā tika apvienoti visi indivīdi, kuriem sekmīgi abās iepriekšminētajās mikroskopijas metodēs tika izmērīts notogastrālā sariņa garums (*h2*) $n=500$.

Statistiskās apstrādes funkciju veikšanai tika izmantota datu apstrādes programma (R Development Core Team 2013). Par dabiskas populācijas reprezentatīvu datu kopu tika noteikti *C. subarcticus* (pamata grupa – $n=318$, papildinoša grupa – $n=500$) empīriskie dati ar sekojošām mērītajām morfoloģiskajām pazīmēm: *la*, *h2*, *h3*, *L*, *W* un *h1-h1*. Katras morfoloģiskās pazīmes analīze tika veikta ar 10000 atkārtojumiem, pēc nejaušības principa atlasot paraugkopas apjomu no 10 līdz 318 vērtībām (Manly 2007). Tika izstrādāts algoritms un ieviests simulācijas testā, lai analizētu to atkārtojumu daļu, kurā vērtību diapazons (maksimālās un minimālās vērtības starpība) atšķirās jeb atradās tālāk par 10%, 25% vai 50% no dabiskas populācijas ($n=318$) vērtību diapazona vērtības. Pazīmes *h2* gadījumā simulācijas tests tika izvērst, izmantojot paraugkopas apjomu no 10 līdz 500 vērtībām. Izmantojot pazīmes *h2* vērtības, tika veikts otrs simulācijas tests ar mērķi ilustrēt vērtību diapazona palielināšanās atkarību no pakāpeniski augoša paraugkopas apjoma, sākot ar 2 indivīdiem paraugkopā līdz pilnai paraugkopai – 500 indivīdiem. Sākotnēji tika aprēķināts vērtību diapazons pie paraugkopas apjoma ($n=2$). Tālāk tika pārrēķināts vērtību diapazons, pievienojot nākamo indivīdu ($n=3$). Šādā gaitā aprēķinu process tika turpināts, pakāpeniski pēc nejaušības principa pievienojot pa vienam indivīdam līdz dabiskai paraugkopai ($n=4$, $n=5$... līdz $n=500$), un šis process tika veikts ar 10000 atkārtojumiem. Katra atšķirīgā paraugkopas apjoma gadījumā pie attiecīgā mainīgā vērtību diapazona tika aprēķināta vidējā vērtība un 95% ticamības intervāls (pie 2,5 un 97,5 percentīlēm) (R Development Core Team 2013).

2.5.4. Morfoloģiskās mainības atkarības no biotiskajiem un abiotiskajiem faktoriem noteikšana

Tika noteikta biotisko un abiotisko faktoru, kā arī atsevišķi apdzīvojamā biotopa ietekme uz *Carabodes* ģints bruņērču morfoloģijas mainību. Biotopa ietekme tika noteikta atsevišķā analīzē, nesaištīti ar biotisko un abiotisko faktoru ietekmes uz morfoloģisko mainību analīzi. Tā kā tika reģistrēta augsta ietekmējošo faktoru savstarpējā saistība, faktoru ietekmes uz morfoloģisko mainību analīzē tika izmantota RDA (*Redundancy Analysis*) metode.

Dati tika transformēti atbilstoši *Canoco for Windows 4.0.5* statistiskās datu apstrādes programmas prasībām. Morfoloģiskie parametri (4. attēls) tika iestatīti kā sugas (*Species*) un biotiskie un abiotiskie faktori – kā vides dati (*Environment data*). Analīze tika veikta trīs dažādos veidos grupētiem *Species* datiem, atkarībā no morfoloģisko pazīmju grupu datu sadalījuma: (a) iekļaujot atsevišķu morfoloģisko pazīmju mērījumus datus (sk. 6.A attēls), (b) iekļaujot datus no 1. modeļa ar morfoloģisko pazīmju grupām, kas izdalītas, atkarībā no to novietojuma uz ķermeņa (sk. 6.B attēls), (c) iekļaujot datus no 2. modeļa ar morfoloģisko pazīmju grupām, kas izdalītas, atkarībā no to novietojuma uz ķermeņa (sk. 6.C attēls). Tika aktivizēta datu centrēšana un standartizācija. Analīzes veida *Forward selection* darbības princips (jeb faktoru pakāpeniska klāt pievienošana pie modeļa) tika iestatīts kā automātisks. Tika aktivizēts Monte Karlo (*Monte Carlo*) tests, starprezultātu pārbaudes veida noteikšanai. Atlikušie iestatījumi netika mainīti. Tika novērtēts analīzes kopējais būtiskums, asu būtiskums un mainīgo būtiskums. Turpmākās darbības tika veiktas ar tiem biotiskajiem un abiotiskajiem faktoriem, kuri pēc statistiskās pārbaudes modeļa *Forward selection* tika atzīti par statistiski būtiskiem ($p < 0,05$). Datu apstrādes iespēju logā *Data editing choices* tika atlasīti būtiskie biotiskie un abiotiskie faktori un ar tiem veikts permutāciju tests (*Global Permutation test*).

RDA analīzes gaitā grafiskie attēli tika veidoti *CanoDraw for Windows* datorprogrammā, izmantojot *X attributed plots* un *XY plot* funkcijas (Lepš, Šmilauer 2003). Grafiki tika rediģēti attēlu apstrādes datorprogrammā *Paint Shop Pro 4*, mainot elementu un to grupu novietojumu, kā arī pievienojot asīm skaidrojošo tekstu latviešu un angļu valodās.

3. REZULTĀTI UN DISKUSIJA

3.1. Izmantoto mikroskopijas metožu morfometrijas rezultātu salīdzinājums

Konfokālās lāzer-skenējošās mikroskopijas digitālā izšķirtspēja šajā pētījumā darba režīmā ar 20x objektīvu bija zemāka ($1,46\mu\text{m}$) salīdzinājumā ar caurstarojošās gaismas mikroskopa teorētisko optisko izšķirtspēju ($0,21\mu\text{m}$). Teorētiski, caurstarojošās gaismas mikroskopijas mērījumu rezultātiem vajadzētu atspoguļot precīzākus morfoloģisko pazīmju izmērus (Abramowitz 2003)

Analizējot vispārējās atšķirības starp TLM un CLSM mērījumiem, 77% morfoloģisko pazīmju mērījumi TLM mikroskopijas gaitā uzrādīja augstākas standartnovirzes, taču CLSM mikroskopijas mērījumu dati 84% pazīmju uzrādīja augstākas vidējās aritmētiskās vērtības. Līdzīgi ar standartnovirzes aprēķiniem, TLM mikroskopijā 79% mērīto morfoloģisko pazīmju variācijas koeficients tika aprēķināts augstāks, salīdzinot ar CLSM mērījumu datiem (5., 6., 7., 8. pielikumi).

Turpinājumā izklāstīti rezultāti, kas norāda iepriekš minēto parametru vērtību atšķirību būtiskumu starp abām mikroskopijas metodēm. Fišera testā izdalītas kvantitatīvās morfoloģiskās pazīmes, kuru dispersijas statistiski būtiski atšķīrās, jo aprēķinātā p vērtība bija zemāka par 0,05 (*C. femoralis* sugai pazīme W ($p < 0,01$, $n=35$); *C. labyrinthicus* sugai pazīme la ($p < 0,01$, $n=32$); *C. ornatus* sugai pazīmes $h3$, $p1$, $h1$, $h2$, la , L , W ($p < 0,05$; $n=145-166$) un *C. subarcticus* sugai pazīmes ro , $p2$, $h1$, $h2$, la , L un W ($p < 0,05$; $n=240-592$). Statistiski būtiska atšķirība ($p < 0,05$) starp abu mikroskopijas metožu mērījumu vidējām aritmētiskajām vērtībām pierādīta 71% analizēto morfoloģisko pazīmju: *C. femoralis* pazīmēm $h3$, $p3$, $p2$, $p1$, $h1$, $h2$, la un $h1-h1$ ($p < 0,05$, $n=4-30$); *C. labyrinthicus* pazīmēm $h3$, $p3$, $h1$, $h2$, la un W ($p < 0,01$, $n=8-32$); *C. ornatus* sugai pazīmēm in , $h3$, $p3$, $p2$, $p1$, $h2$, la $h1-h1$, L un W ($p < 0,01$; $n=139-166$) un *C. subarcticus* sugai pazīmēm le , in , $h3$, $p3$, $p2$, $p1$, $h1$, $h2$, la , L un W ($p < 0,05$; $n=5-592$), izmantojot *Paired T*-testa analīzi (5., 6., 7., 8. pielikumi). Vadoties pēc Vilkoksona testa rezultātiem, noteiktas morfoloģiskās pazīmes, kuru CLSM un TLM mērījumi savstarpēji būtiski atšķīras (*C. femoralis* sugai pazīmes $h3$, $p3$, $p2$, $p1$, $h1$, $h2$, la un W ($p < 0,01$, $n=9-35$); *C. labyrinthicus* sugai pazīmes $h3$, $p3$, $h1$, $h2$, la , $h1-h1$ un W ($p < 0,01$, $n=32$); *C. ornatus* sugai pazīmes in , $h3$, $p3$, $p2$, $p1$, $h2$, la , $h1-h1$, L un W ($p < 0,05$; $n=139-166$), kā arī *C. subarcticus*

sugai pazīmes *in*, *h3*, *p3*, *p2*, *p1*, *h1*, *h2*, *la*, *L* un *W* ($p < 0,05$; $n = 5—592$). Pārējo pazīmju mērījumu vidējās aritmētiskās vērtības statistiski būtiski neatšķīrās un to dispersijas bija homogēnas ($p > 0,05$). Kopumā būtiska atšķirība starp paraugkopām pārrotājā T-testā tā pat kā arī Vilksona testā konstatēta 35 no 48 analizētajiem salīdzināmo paraugkopu pāriem (73%) (5., 6., 7., 8. pielikumi).

Tikai 19% gadījumu CLSM vidējās aritmētiskās vērtības tika reģistrētas zemākas par TLM vidējām aritmētiskajām vērtībām. Pārsvārā (81%) CLSM mikroskopijā pazīmes mērītas garākas, salīdzinot ar TLM mērījumu vērtībām.

Šādi rezultāti skaidrojami ar neparocīgo un mazāk precīzo parauga fiksēšanas iespēju TLM mikroskopijas laikā, kad bruņērcē brīvi “peld” pienskābes šķīdumā iedobes stiklā un tās novietojumu iespējams mainīt tikai ar segstikla kustību palīdzību (Grandjean 1931, Zakhvatkin 1945, Sellnick, Forsslund 1952, Grandjean 1956, Evans *et al.* 1968, Reeves, Norton 1990, Behan-Pelletier 1993, Abramowitz 2003, Salomone *et al.* 2003, McCullough, Krisper 2013). Tas apgrūtina nepieciešamo pazīmju precīzas nofiksēšanas iespējas perpendikulāri pret redzes lauku un pārsvārā gadījumos tiek nomērīta pazīmes projekcija. Balstoties uz perspektīvas teoriju, interesējošā objekta projekcija attēlota uz plakanas virsmas ar mazākiem tās garuma, platuma un biezuma izmēriem, salīdzinājumā ar patiesajiem izmēriem. Iepriekš minētais paskaidro, kāpēc TLM mikroskopijā pazīmju izmēru vidējās vērtības 84% gadījumu ir konstatētas būtiski mazākas (5., 6., 7., 8. pielikumi), nekā CLSM vidējās aritmētiskās vērtības. Izmantojot CLSM, interesējošās pazīmes telpisku attēlu sēriju iespējams digitāli rotēt un vajadzības gadījumā precīzi fiksēt vēlamā veidā attiecībā pret redzes lauku (Abramowitz 2003; Claxton *et al.* 2005). Līdzīgi skaidrojama TLM mikroskopijā iegūtās lielākas standartnovirzes un variācijas koeficienta vērtības, salīdzinājumā ar CLSM (5., 6., 7., 8. pielikumi). Papildinot iepriekš pieminēto, augstāka mērījumu standartnovirze un variācija interpretējama kā augstāka mērījumu kļūda, neskatoties uz to, ka TLM teorētiskā optiskā izšķirtspēja pēc tehniskajiem datiem bija augstāka, salīdzinot ar CLSM izšķirtspēju (Abramowitz 2003, Claxton *et al.* 2005).

Tā kā CLSM metode līdz šim vēl nav pielietota bezmugurkaulnieku morfometrisku parametru raksturošanā, nav iespējams veikt jebkādus salīdzinājumus. Tomēr jāņem vērā, ka CLSM mikroskopijā paraugu pēc tā rotēšanas iespējams pilnīgi fiksēt, tādējādi veikt precīzāku mērījumu telpiski divās plaknēs orientētām morfoloģiskām pazīmēm (Alberti 1540).

Atšķirības morfometriskajos datos var ilustrēt atšķirības svarīgos no šiem datiem atkarīgos parametros. Kā piemērs minams CLSM mikroskopijas gaitā reģistrētā notogastrālo sariņu *h3* un *p3* izmēru savstarpējā nepārklāšanās (10. attēls). Salīdzinot šo pazīmju savstarpējo

pārklāšanos morfometriskajos datos starp CLSM un TLM metodēm, konstatētas būtiskas atšķirības TLM metodes gaitā iegūtajiem mērījumiem ar CLSM datiem. TLM morfometriskie mērījumi ar augstāku standartnovirzi, variācijas koeficientu un zemākām vidējām aritmētiskajām vērtībām uzrāda *C. femoralis* sugas notogastrālo sariņu *h3* un *p3* izmēru savstarpēju pārklāšanos ar *C. ornatus* šo pašu pazīmju izmēriem. Gadījumā, kad ar iegūtajiem mērījumiem morfoloģijas raksturošanā tiek izmantota TLM metode, *C. femoralis h3* un *p3* sariņu izmēru diapazoni pārklājas, un sugu atšķiršanā šīs pazīmes izmantot nav iespējams (10.B attēls).

CLSM metodei ir vairāki tehniski trūkumi, salīdzinājumā ar caurstarojošās gaismas mikroskopiju (TLM), kā rezultātā tā iesakāma kā alternatīva bruņērču morfoloģijas pētījumos, it īpaši kvalitatīvu pazīmju raksturošanā (5. attēls). CLSM ir laikietilpīga metode un tā ir mazāk efektīva gadījumos, kad nepieciešams analizēt iekšējās morfoloģiskās pazīmes gaismas vāji caurlaidīgiem sīkposmkājiem. Šajā darbā *Carabodes* ģints bruņercēm ventrāli esošās pazīmes CLSM skenēšanas gaitā nebija iespējams vizualizēt un veikt šo pazīmju mērījumus, jo *Carabodes* ceroteguments ir spēcīgi pigmentēts un sklerotizēts (Koch 1835, Sellnick, Forsslund, 1952, Tarba, Semenova 1976, Alberti *et al.* 1981).

CLSM metodes priekšrocības ir gan tās zemās izmaksas, gan relatīvi vienkāršs pielietojums (3. pielikums), salīdzinājumā ar pēdējo desmit gadu progresīvākajām mikroskopijas metodēm, piemēram, rentgenstaru sinhotrono tomogrāfijas mikroskopiju, kurā, salīdzinājumā ar TLM, arī iespējams veikt precīzākus mērījumus (Betz *et al.* 2007, Heathoff, Cloetens 2008, Bergmann, Heathoff 2012, Meijden van der *et al.* 2012).

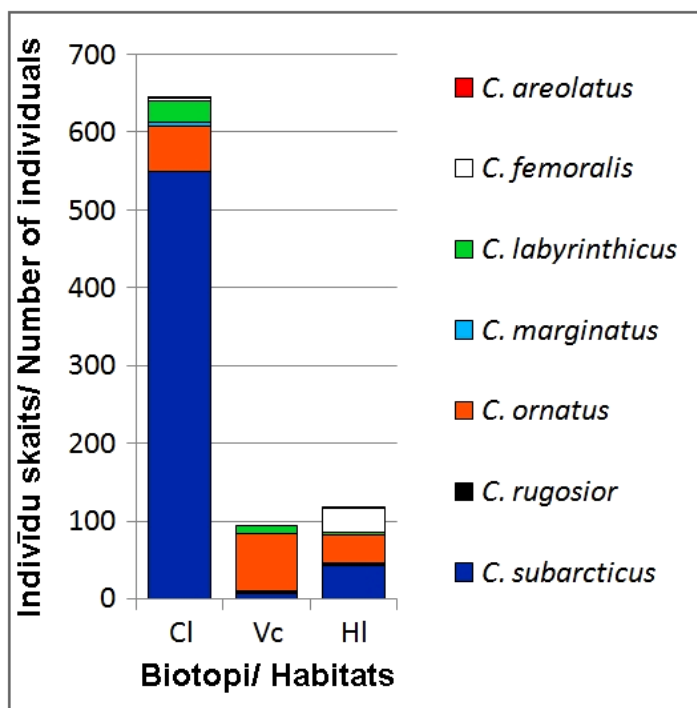
Veiktā rezultātu analīze apstiprina izvirzīto hipotēzi, ka, izmantojot konfokālo lāzer-skenējošo mikroskopu, nevis tradicionāli pielietoto caurstarojošās gaismas mikroskopu, iespējams iegūt *Carabodes* ģints bruņērču morfoloģisko parametru mērījumus ar zemāku kļūdu (standartnovirzi un variāciju) salīdzinoši lielā paraugkopā.

Autors paredz, ka CLSM būs iespējams aiz vien efektīvāk izmantot turpmākajos taksonomiska rakstura bruņērču pētījumos, un ir ieteicama šīs metodes turpmāka aprobācija efektīvākai caurspīdīgu bruņērču kvantitatīvas morfoloģijas raksturošanai, kā arī iekšējo orgānu morfoloģijas analīzei (Klaus 2006, Chetverikov 2014, Chetverikov *et al.* 2014, Chetverikov *et al.* 2015).

3.2. *Carabodes* ģints bruņērču morfoloģija un tās mainība

Pētījumā tika ievāktas 858 *Carabodes* ģints bruņērču trīs dažādos SNP biotopos. Izmantojot SEM mikroskopijas gaitā iegūtos attēlus, konstatētas septiņas *Carabodes* ģints bruņērču sugas: *C. areolatus* (BERLESE, 1916), *C. femoralis* (NICOLET, 1855), *C. labyrinthicus* (MICHAEL, 1879a), *C. marginatus* (MICHAEL, 1884), *C. ornatus* STORKAN, 1925, *C. rugosior* (BERLESE, 1916), *C. subarcticus* (TRÄGÅRDH, 1902) (1., 4. pielikumi). Priekšizpētē konstatētas divas jaunas sugas Latvijas faunai – *C. rugosior* un *C. subarcticus* (Kagainis 2008, 2010b).

Skaitliski visvairāk *Carabodes* ģints bruņērču konstatētas priežu sila biotopā. Starp dažādiem biotopiem tika novērota sugu nevienmērīga izplatība (7. attēls).

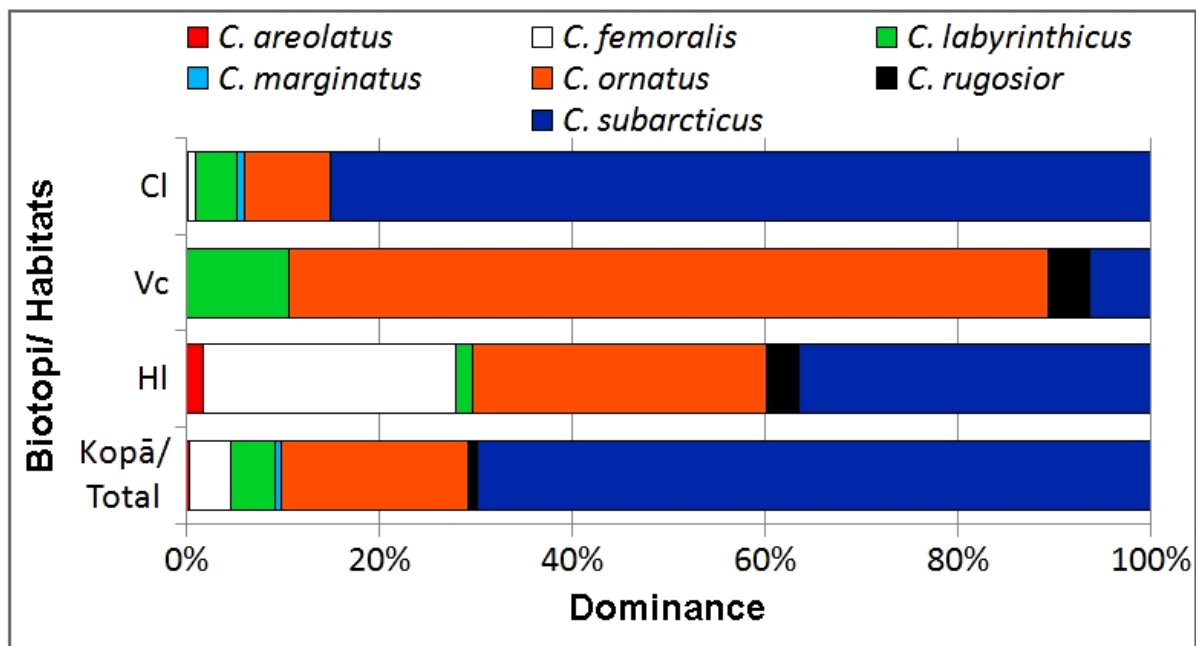


7. attēls. *Carabodes* ģints bruņērču sugas un indivīdu skaits 2008. gada oktobrī dažādos Slīteres nacionālā parka biotopos: Cl – priežu sils; Vc – priežu mētrājs; Hl – egļu šaurlapu kūdrenis.

Figure 7. Number of species and individuals of the genus *Carabodes* sampled in different habitats at Slitere National Park, rounded in October 2008. Habitat types: Cl – dry pine forest; Vc – Vaccinio pine forest; Hl – drained spruce forest.

Konstatētas sugu dominantes (Engelmann 1978) atšķirības dažādos biotopos. Priežu silā un priežu mētrājā attiecīgi konstatētas eudominantas sugas – *C. subarcticus* (85%) un *C. ornatus* (79%). Egļu šaurlapu kūdrenī *Carabodes* ģints sugas konstatētas vienmērīgākā skaita attiecībā.

Dominēja *C. subarcticus* (36%), *C. ornatus* (31%) un *C. femoralis* (26%) sugu īpatņi. *C. labyrinthicus* suga pētītos biotopos apdzīvo kā subdominants. Skaitliski vismazāk konstatēti *C. areolatus*, *C. marginatus* un *C. rugosior* sugu īpatņi, kas biotopos apdzīvo kā recedenti (8. attēls).



8. attēls. *Carabodes* ģints bruņērču sugu dominance 2008. gada oktobrī dažādos Slīteres nacionālā parka biotopos: Cl – priežu sils; Vc – priežu mētrājs; Hl – egļu šaurlapu kūdrēnis; krāsu apzīmējumus, kas atšifrē sugu nosaukumus skatīt 7. attēlā.

Figure 8. Dominance of species belonging to the genus *Carabodes* sampled in different habitats at Slitere National Park territory rounded in October 2008. Habitat types: Sl – dry pine forest; Mr – Vaccinio pine forest; Ks – drained spruce forest; remarks on colour abbreviations of species see in figure 7.

Iegūtie rezultāti apstiprina to, ka *Carabodes* ģints bruņērču sugas izrāda dažādas dominantes stratēģijas, kā arī ir specializētas biotopiem (Kagainis 2008, 2010a). Faunistiska rakstura pētījumā Dienvidrietumu Vācijā netālu no Karlsrūes dižskābarža mežos *C. labyrinthicus* minēta kā bieži un lielā skaitā sastopama bruņērču suga, taču *C. ornatus* un *C. femoralis* bruņērčes reģistrētas retāk un nevienmērīgi (Beck, Woas 1991). Šajā pētījumā, kur apsekoti skujkoku meži, *C. femoralis* arī reģistrētas nelielā skaitā un tikai vienā skujkoku mežu biotopā (7. attēls). Atšķirības rezultātos skaidrojamas ar pētītajiem atšķirīgiem ģeogrāfiskajiem reģioniem (Prinzing *et al.* 2004). Jāpiemin arī būtiska atšķirība starp attāli radniecīgiem apsekotajiem biotopu tipiem, kas apgrūtina skaidrot rezultātu nesakritību *C. labyrinthicus* un *C. ornatus* izplatībā abos salīdzinātajos pētījumos (Beck, Woas 1991).

3.2.1. Kvantitatīvo pazīmju raksturojums

C. areolatus, *C. marginatus* un *C. rugosior* ievāktas statistiskai analīzei nepietiekamā skaitā un turpmāk darba izklāstā nav izmantotas. Darba turpmākā analīzes daļa, galvenokārt, balstīta uz CLSM gaitā iegūtajiem *C. femoralis*, *C. labyrinthicus*, *C. ornatus* un *C. subarcticus* bruņērču morfometriskajiem datiem. Gadījumos, kad pieminēti mērījumu rezultāti, kas iegūti caurstarojošās gaismas mikroskopijā, tekstā pie parametra apzīmējuma izmantots saīsinājums „TLM” apakšrakstā (piemēram, $CV_{(TLM)}$ – variācijas koeficients, kas aprēķināts izmantojot TLM mērījumu datus). Iemesls, kāpēc primāri rezultātu ilustrēšanai un analīzei izvēlēti alternatīvas mikroskopijas metodes CLSM gaitā iegūti dati, nevis līdz šim plaši izmantotas TLM mērījumi, saistīti ar CLSM iespējamo augstāku mērījumu precizitāti un aprakstīti nodaļā „3.1. Izmantoto mikroskopijas metožu morfometrijas rezultātu salīdzinājums”.

C. femoralis, *C. labyrinthicus*, *C. ornatus* un *C. subarcticus* sugu bruņērces (kopumā 838 indivīdi) ievāktas pietiekoši lielā skaitā ($n \geq 30$), tāpēc tās bija iespējams izmantot morfoloģisko pazīmju statistiskai analīzei sugas līmenī. Dati par šo bruņērču sugu 13 kvantitatīvo morfoloģisko pazīmju mērījumiem (4. attēls), izmantojot TLM un CLSM (ar katru metodi 7298 sekmīgi mērījumi) metodes, apkopoti 5. 6. 7. un 8. pielikumā.

C. ornatus pazīmju *p3* un *h1-h1*, kā arī *C. subarcticus* pazīmju *p1* izmēru vidējās vērtības šajā pētījumā konstatētas lielākas (7., 8. pielikumi), salīdzinot ar literatūras datiem (Sellnick, Forsslund 1952). Tas varētu būt izskaidrojams ar to, ka šajā pētījumā mērījumi veikti konfokālajā lāzer-skenējošajā sistēmā. Izmantojot datorprogrammu, konfokālajā sistēmā ieskenēto pētāmā objekta projekciju iespējams leņķiski mainīt (Claxton *et al.* 2005), kā arī apskatīt un izmērīt interesējošo morfoloģisko pazīmi profilskatā. Veicot mērījumus ar, piemēram, caurstarojošās gaismas mikroskopu (Abramowitz 2003, Sellnick, Forsslund 1952, Weigmann 2006) pienskābes šķīdumā, pazīmi neprecīzāk iespējams nostādīt profilskatā (Claxton *et al.* 2005) jeb tās maksimālajā izmērā, tāpēc tās projekcijas izmērs var būt nedaudz mazāks (Alberti 1540). *C. subarcticus* pazīmju $h1_{(CLSM \text{ un } TLM)}$ un $h1-h1_{(CLSM \text{ un } TLM)}$ izmēru vidējās vērtības (8. pielikums) konstatētas mazākas, salīdzinot ar literatūras datiem (Sellnick, Forsslund 1952, sk. 1. tabula). Konfokālās lāzer-skenējošās mikroskopijas digitālā izšķirtspēja šajā pētījumā bija zemāka ($1,46 \mu\text{m}$) salīdzinājumā ar caurstarojošās gaismas mikroskopa izšķirtspēju ($0,21 \mu\text{m}$). Caurstarojošās mikroskopijas mērījumiem vajadzētu uzrādīt precīzākas vērtības, kas sakrīt ar literatūras datiem (Abramowitz 2003; Claxton *et al.* 2005). Taču iespējams, izšķirtspēja nebija būtiskākais iegūto rezultātu nesakrītību izskaidrojošais faktors. Ticamāks izskaidrojums varētu būt saistīts ar to, ka avota autori (Sellnick, Forsslund 1952) šīs sugas īpatņus ievākuši un pētījuši

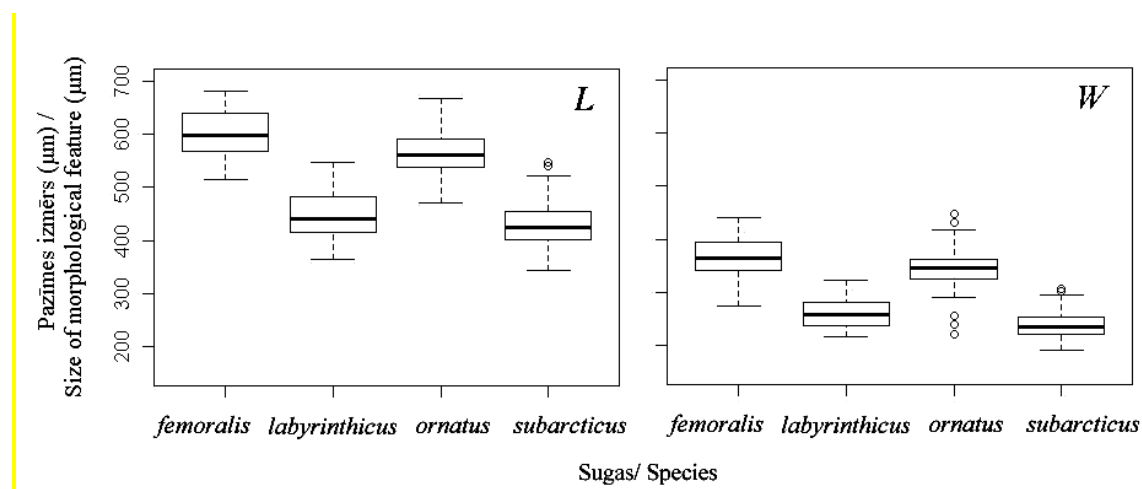
Zviedrijas apkārtnē. Šajā pētījumā pētītas Latvijas teritorijā ievāktās bruņērces, kas atrodas ģeogrāfiski tālu no Zviedrijas teritorijas, tāpēc iespējama lielāka morfoloģisko pazīmju izmēru atšķirība (Prinzing *et al.* 2004) (pazīmes *L* un *p3* sk. 1. tabulā un 8. pielikumā). Līdzīgi skaidrojamas šajā pētījumā iegūto mērījumu datu atšķirības, salīdzinot ar dižskābarža mežos Karlsrūes (*Karlsruhe*) apkārtnē, Vācijā ievāktu *Carabodes* ģints bruņērcu morfoloģiju (Beck, Woas, 1991) (1. tabula).

Daļa pētījumā veikto mērījumu atšķiras no literatūras datiem. Morfoloģiskās pazīmes ķermeņa platumā (*L*) maksimālās vērtības četrām sugām pētījumā iegūtas lielākas (5., 6., 7., 8. pielikumi) kā literatūras datos atrodams (1. tabula). *C. subarcticus* ķermeņa garuma (*L*) maksimālā vērtība 545,95µm (8. pielikums) ievērojami pārsniedz līdz šim veiktajos pētījumos izmērīto maksimālo garumu – 490µm (1. tabula). Līdz šim *Carabodes* ģints bruņērcu pazīmes mērītas un analizētas ne lielākām paraugkopām par 25 īpatņiem (Reeves 1988, 1989, 1991a, 1992, 1993, 1995, Salomone *et al.* 2003). Lielā daļā literatūras avotu nav minēts, cik lielai bruņērcu paraugkopai līdzšinējie mērījumi vai morfoloģijas diagnostika ir veikti (Michael 1882, Willmann 1931, Woolley 1957, Wallwork 1972, Гиляров, Криволицкий 1975, Mahunka 1987, Reeves 1987, Norton, Kethley 1989, Weigmann, Miko 2002, Mahunka 2004, Weigmann 2006, Murvanidze 2008, Ermilov 2011, Fernandez *et al.* 2013). Atsevišķi pētnieki atzīst, ka dati par paraugkopas apjomu nav saglabāti (A. Taylor, G. Weigmann pers. comm.). Maksimālo izmēra vērtību atšķirību iespējams skaidrot ar to, ka šajā pētījumā paraugkopas apjoms ir liels (lielāks par 30 īpatņiem, piemēram, *C. subarcticus* n=593) (8. pielikums), salīdzinot ar literatūras datiem, kuros paraugkopas apjoms ir mazāks. Piemēram, M. Sellnika un K.L. Forsslunda (1952) pētījumā dažām sugām mērīti tikai divi īpatņi – viens tēviņš un viena mātīte (1. tabula). Šajā darbā mērīts daudz lielāks vienas sugas indivīdu skaits, tāpēc iespējama lielāka varbūtība izmērīt arī garākus īpatņus, kas neliela apjoma pētījumos ievācamā retāk.

Carabodes ģints bruņērcēm konstatēta morfoloģisko pazīmju izmēra mainība starp dažādiem īpatņiem sugas līmenī. Kvantitatīvo morfoloģisko pazīmju minimālās un maksimālās vērtības, kā arī mainību raksturojošs lielums, variācijas koeficients, apkopoti 5., 6., 7. un 8. pielikumos. Četru bruņērcu sugu iegūtie ķermeņa garuma izmēra (*L*) vērtību diapazoni ir lielāki par līdzšinējos G. Weigmana (Weigmann 2006) pētījumos iegūtajiem diapazoniem (1. tabula). Rezultātu nesakritība skaidrojama ar jau pieminēto lielāku mērīto bruņērcu skaitu šajā pētījumā, kas dod iespēju izmērīt proporcionāli vairāk lielākos un mazākos īpatņus, salīdzinot ar līdzīgiem mazāk apjoma pētījumiem (Sellnick, Forsslund 1952, Reeves 1988, 1989, 1991a, 1992, 1993, 1995, Salomone *et al.* 2003, A. Taylor, G. Weigmann pers. comm.). Rezultātu atšķirības varētu

būt saistītas arī ar morfoloģijas atšķirībām, kas pastāv starp ģeogrāfiski attālākus reģionus apdzīvojošām vienas sugas bruņērcēm (Prinzing *et al.* 2004) (1. tabula, 5., 6., 7., 8. pielikumi). Iespējama arī biotisko un abiotisko faktoru ietekme uz morfoloģijas mainību, kas aprakstīta nākamajās nodaļās.

Dispersijas analīzes ANOVA testā aprēķināts, ka iepriekš minētajām četrām bruņērcu sugām visu pazīmju izmēru paraugkopas nav savstarpēji homogēnas ($p < 0,05$). Taču, salīdzinot morfoloģiskās pazīmes starp atšķirīgām sugām grafiski, konstatēts, ka to vērtības pārsvarā visos gadījumos pārklājas. Iepriekš minētais apstiprina, ka eksistē tādi dažādu sugu bruņērcu īpatņi, kuru vairāku pazīmju izmēri var būt savstarpēji identiski. Izmantojot šo pazīmju izmēru iepriekš pieminēto sugu atšķiršanā, pastāv liela varbūtība kļūdīties. Ķermeņa garuma (L) un ķermeņa platuma (W) izmēri parādīti 9. attēlā kā viens no morfoloģisko pazīmju izmēru pārklāšanās piemēriem.



9. attēls. *Carabodes* ģints bruņērcu sugu *C. femoralis*, *C. labyrinthicus*, *C. ornatus* un *C. subarcticus* ķermeņa garuma (L) un ķermeņa platuma (W) savstarpējā izmēru pārklāšanās.

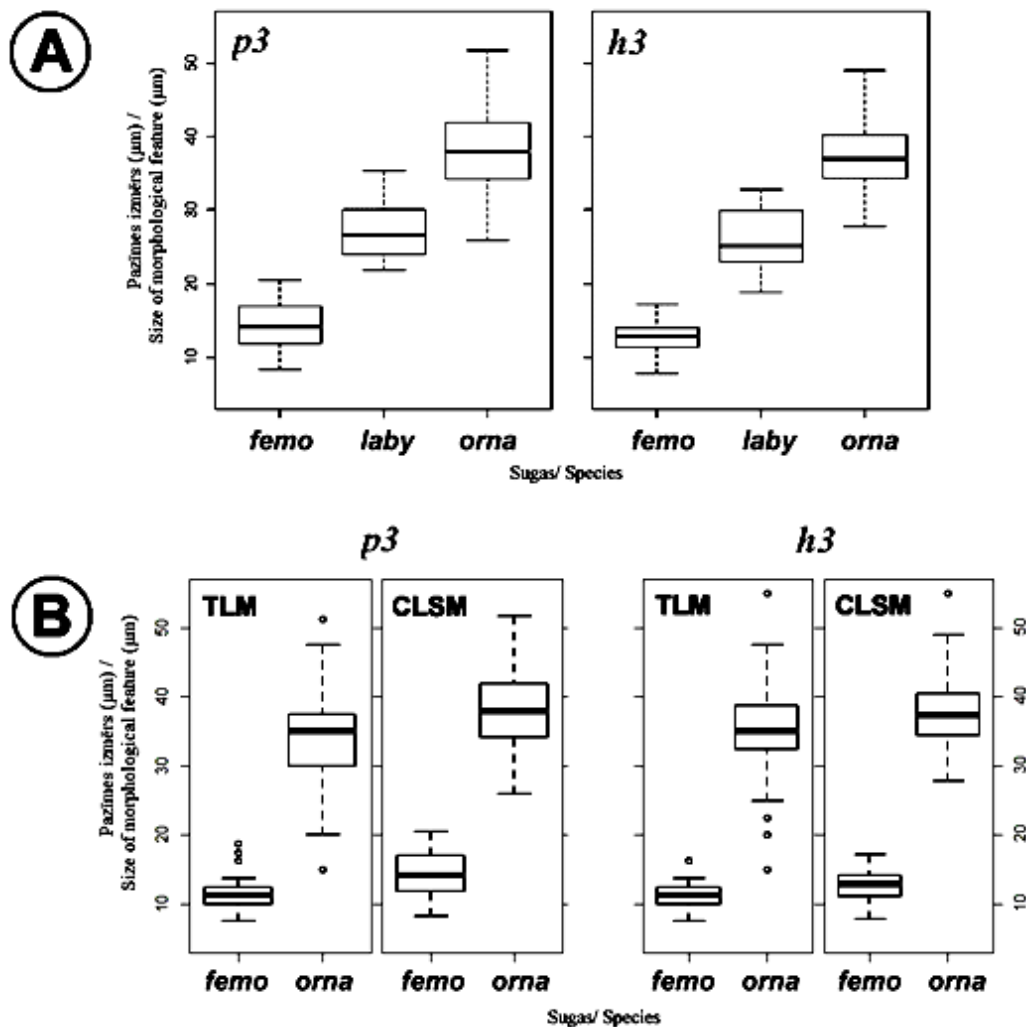
Figure 9. Overlapping of values of body length (L) and body width (W) of *C. femoralis*, *C. labyrinthicus*, *C. ornatus* and *C. subarcticus* species belonging to the genus *Carabodes*.

Iekšsugas līmenī spēcīgi mainīgu pazīmju vērtību diapazons var pārsniegt vērtību diapazonu un mainību arī starpsugu līmenī un veicināt kļūdas sugu identificēšanā (Avanzati *et al.* 2004). Pēc CLSM metodē iegūtajiem morfometriskajiem datiem konstatēts, ka sariņu $p3$ un $h3$ izmēri ir vienīgās morfoloģiskās pazīmes, kas būtiski atšķiras un to vērtību diapazoni nepārklājas, tāpēc ļauj precīzi atšķirt *C. femoralis* no *C. labyrinthicus* un *C. ornatus* (10.A attēls).

Iepriekš minētais apstiprina, ka turpmākos morfoloģiska rakstura pētījumos, kuros tiek pētītas starpsugu atšķirības ir ieteicams izmantot kvantitatīvas pazīmes ar pēc iespējas vājāku vērtību diapazonu pārklāšanos, lai samazinātu iespējamo sugas identificēšanas kļūdu. TLM mikroskopijas gaitā iegūtie mērījumu vērtību diapazoni tomēr pārklājas un neatšķir abas pieminētās sugas pilnībā (10.B attēls). Šāda atšķirība starp mikroskopijas rezultātiem iespējams skaidrojama ar TLM metodes zemāku precizitāti. Detalizētu analīzi skatīt nodaļā „3.1. Izmantoto mikroskopijas metožu morfometrijas rezultātu salīdzinājums”.

Darbā analizētas morfoloģisko pazīmju izmēru savstarpējas korelācijas. Pīrsona testā aprēķinātās būtiskākās kvantitatīvo morfoloģisko pazīmju korelācijas konstatētas starp 1) ķermeņa garumu un platumu ($r=0,94$; $p<0,001$; $n=29$ sugai *C. femoralis*, $r=0,70$; $p<0,001$; $n=32$ sugai *C. labyrinthicus*, $r=0,83$; $p<0,001$; $n=151$ sugai *C. ornatus* un $r=0,91$; $p<0,001$; $n=567$ sugai *C. subarcticus*), 2) ķermeņa garumu un sariņu izmēriem (*h3* sariņš $r=0,66$; $p<0,001$; $n=29$ un *p2* sariņš $r=0,63$; $p<0,01$; $n=16$ sugai *C. labyrinthicus*, *la* sariņš $r=0,63$; $p<0,001$; $n=548$ un *h2* sariņš $r=0,59$; $p<0,001$; $n=526$ sugai *C. subarcticus*, kā arī *p2* sariņš $r=0,53$; $p<0,001$; $n=136$ un *h2* sariņš $r=0,45$; $p<0,001$; $n=143$ sugai *C. ornatus*), kā arī 3) savstarpējās sariņu izmēru korelācijas (sariņi *h2:p1* $r=0,74$; $p<0,001$; $n=19$ un sariņi *h3:p3* $r=0,70$; $p<0,001$; $n=24$ sugai *C. labyrinthicus*, sariņi *h1:h2* $r=0,53$; $p<0,001$; $n=148$, sariņi *la:h2* $r=0,48$; $p<0,001$; $n=147$ sugai *C. ornatus* un sariņi *p1:p2* $r=0,7$; $p<0,001$; $n=393$ un sariņi *la:h2* $r=0,57$; $p<0,001$; $n=513$ sugai *C. subarcticus*).

Dati par četrus *Carabodes* ģints sugu morfoloģisko pazīmju garumu savstarpējām korelācijām apkopoti 4. tabulā.



10. attēls. *Carabodes* ģints bruņērču dažādu sugu kvantitatīvo morfoloģisko pazīmju izmēru vērtību diapazoni un to vērtību savstarpējās atšķirības vai pārklāšanās: A - *C. femoralis*, *C. labyrinthicus* un *C. ornatus* notogastrālie sariņi *p3* un *h3* (CLSM mikroskopijas mērījumu dati); B – *C. femoralis* un *C. ornatus* notogastrālie sariņi *p3* un *h3*, salīdzinot konfokālās lāzērskenējošās mikroskopijas (CLSM) un caurstarojošās gaismas mikroskopijas (TLM) mērījumu datus. *Carabodes* ģints sugas: *C. femoralis* – *femo* (n≥30), *C. labyrinthicus* – *laby* (n=30) *C. ornatus* – *orna* (n=158). Kastes atbilst zem un virs 25% vērtību kvartilēm ap mediānas vērtību. Nogriežņu perpendikulārās līnijas atbilst minimālajai un maksimālajai vērtībai paraugkopā.

Figure 10. Distinctions or overlapping in range-size of several quantitative morphological features of *Carabodes* genus mites: A – notogastral setae *p3* and *h3* of *C. femoralis*, *C. labyrinthicus* and *C. ornatus* (data of CLSM); B – notogastral setae *p3* and *h3* of *C. femoralis* and *C. ornatus* by comparing morphometrical data obtained with the confocal laser scanning microscopy (CLSM) to the transmitted light microscopy (TLM). *Carabodes* genus species: *C. femoralis* – *femo* (n≥30), *C. labyrinthicus* – *laby* (n=30) *C. ornatus* – *orna* (n=158). The box indicates the 25% lower and upper quartiles around the median. The whiskers indicate the extreme minimum and maximum values.

Carabodes femoralis (n=26), *C. labyrinthicus* (n=28), *C. ornatus* (n=102) un *C. subarcticus* (n=47) morfoloģisko pazīmju savstarpējās korelācijas koeficienti; * – statistiski būtiska korelācija pie ticamības līmeņa $p < 0,05$, ** – statistiski būtiska korelācija pie ticamības līmeņa $p < 0,01$. Morfoloģiskās pazīmes: *ro* – rostrālais sariņš; *in* – interlamellārais sariņš; *h3*, *p3*, *p2*, *p1*, *h1*, *h2*, *la* – notogastrālie sariņi; *h1-h1* – attālums starp kreisā un labā notogastrālā sariņa *h1* piestiprināšanās vietām; *L* – ķermeņa garums; *W* – ķermeņa platums.

Table 4

Correlation between size of morphological features of *Carabodes femoralis* (n=26), *C. labyrinthicus* (n=28), *C. ornatus* (n=102) and *C. subarcticus* (n=47); * – statistically significant correlation ($p < 0,05$), ** – statistically significant correlation ($p < 0,01$). Morphological features: *ro* – rostral seta; *in* – interlamellar seta; *h3*, *p3*, *p2*, *p1*, *h1*, *h2*, *la* – notogastral setae; *h1-h1* – distance between left and right *h1* setae insertions; *L* – body length; *W* – body width.

C. femoralis

| | <i>h3</i> | <i>p3</i> | <i>L</i> |
|-----------|-----------|-----------|----------|
| <i>h3</i> | | | |
| <i>p3</i> | 0,59** | | |
| <i>L</i> | 0,14 | 0,34 | |
| <i>W</i> | 0,20 | 0,42* | 0,94** |

C. labyrinthicus

| | <i>h3</i> | <i>la</i> | <i>L</i> |
|-----------|-----------|-----------|----------|
| <i>h3</i> | | | |
| <i>La</i> | 0,40* | | |
| <i>L</i> | 0,63** | 0,50** | |
| <i>W</i> | 0,42* | 0,33 | 0,68** |

C. ornatus

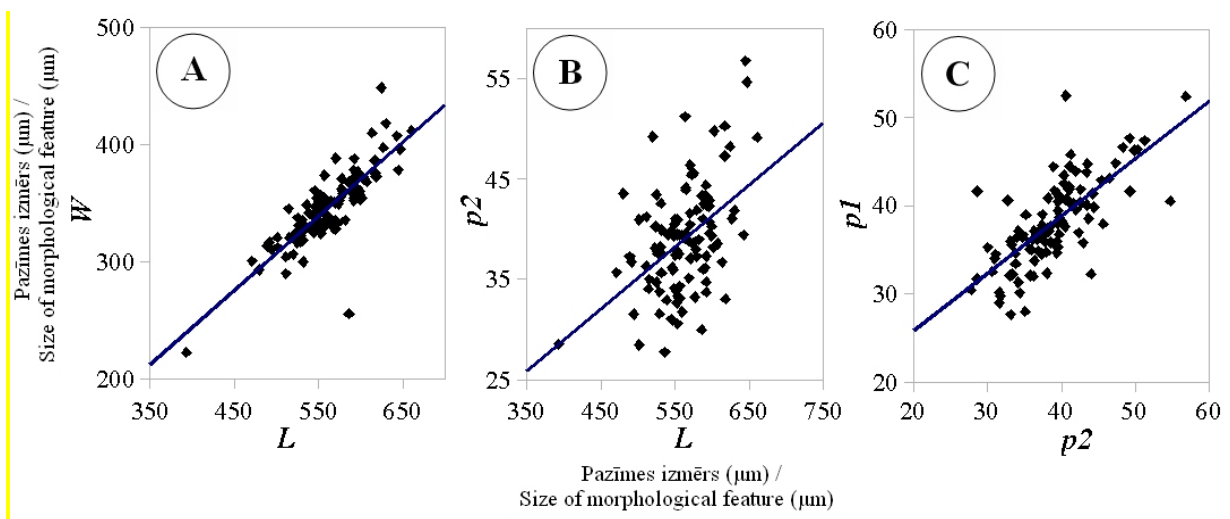
| | <i>ro</i> | <i>h3</i> | <i>p3</i> | <i>p2</i> | <i>p1</i> | <i>h1</i> | <i>h2</i> | <i>la</i> | <i>h1-h1</i> | <i>L</i> |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|----------|
| <i>Ro</i> | | | | | | | | | | |
| <i>h3</i> | 0,04 | | | | | | | | | |
| <i>p3</i> | 0,20 | 0,46** | | | | | | | | |
| <i>p2</i> | 0,11 | 0,45** | 0,45** | | | | | | | |
| <i>p1</i> | 0,11 | 0,33* | 0,33* | 0,53** | | | | | | |
| <i>h1</i> | 0,31* | 0,36* | 0,15 | 0,31* | 0,16 | | | | | |
| <i>h2</i> | 0,22 | 0,21 | 0,21 | 0,27 | 0,18 | 0,31* | | | | |
| <i>La</i> | 0,26 | 0,15 | 0,12 | 0,42** | 0,25 | 0,28 | 0,62** | | | |
| <i>h1-h1</i> | 0,05 | 0,30* | 0,22 | 0,33* | 0,18 | 0,47* | 0,31* | 0,44** | | |
| <i>L</i> | 0,44** | 0,38** | 0,33* | 0,43** | 0,38** | 0,61** | 0,56** | 0,48** | 0,48** | |
| <i>W</i> | 0,21 | 0,42** | 0,29* | 0,42** | 0,37* | 0,45** | 0,57** | 0,48** | 0,49** | 0,85** |

C. subarcticus

| | <i>in</i> | <i>h3</i> | <i>p3</i> | <i>p2</i> | <i>p1</i> | <i>h1</i> | <i>h2</i> | <i>la</i> | <i>h1-h1</i> | <i>L</i> |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|----------|
| <i>In</i> | | | | | | | | | | |
| <i>h3</i> | -0,05 | | | | | | | | | |
| <i>p3</i> | -0,19 | 0,65** | | | | | | | | |
| <i>p2</i> | -0,18 | 0,56** | 0,67** | | | | | | | |
| <i>p1</i> | -0,09 | 0,56** | 0,66* | 0,72** | | | | | | |
| <i>h1</i> | 0,41** | 0,15 | 0,05 | 0,09 | 0,19 | | | | | |
| <i>h2</i> | 0,27** | 0,26** | 0,08 | 0,26** | 0,20* | 0,44** | | | | |
| <i>La</i> | 0,37** | 0,15 | 0,15 | 0,25* | 0,23* | 0,42** | 0,44** | | | |
| <i>h1-h1</i> | 0,19 | 0,17 | 0,25* | 0,18 | 0,25** | 0,41** | 0,21* | 0,28** | | |
| <i>L</i> | 0,10 | 0,32** | 0,32** | 0,47** | 0,35** | 0,38** | 0,41** | 0,44** | 0,59** | |
| <i>W</i> | 0,28** | 0,17 | 0,16 | 0,25* | 0,19 | 0,39** | 0,40** | 0,44** | 0,62** | 0,83** |

Visu četru korelācijas analīzē raksturoto sugu ķermeņa garums (L) un ķermeņa platums (W) savstarpēji statistiski būtiski korelē (4. tabula). Rezultāti sakrīt ar A. Prinzinga un kolēģu (Prinzing *et al.* 2004) veiktajā pētījumā iegūtajiem rezultātiem, konstatējot šo pazīmju korelāciju *C. labyrinthicus* sugai ($r=0,95$, $p<0,05$). Korelācijas piemērs parādīts 11.A attēlā.

Konstatēts ķermeņa garuma (L) un ķermeņa platuma (W) būtiska korelācija ar gandrīz visām pārējām kvantitatīvajām morfoloģiskajām pazīmēm (4. tabula). Korelācijas piemērs parādīts 11.B attēlā. Līdz šim nav veikti pētījumi par morfoloģisko pazīmju izmēru savstarpējām korelācijām, analīzē ietverot sariņus, tāpēc šajā pētījumā iegūtos datus nav iespējams salīdzināt ar literatūras datiem. Sariņu izmēru cieša saistība ar ķermeņa garumu un platumu varētu būt skaidrojama ar sariņu proporcionālu augšanu, palielinoties ķermeņa izmēram (Prinzing *et al.* 2004), kas, visticamāk, ir ģenētiski noteikts process. Starp atsevišķu sariņu garumiem konstatēta savstarpēja būtiska korelācija (4. tabula), kas arī skaidrojama ar ģenētiski noteiktu sariņu proporcionālu attīstību (Hunt *et al.* 1999, Krzanowska *et al.* 2002) un 11.C attēlā parādīts savstarpējās sariņu struktūru izmēru korelācijas piemērs.



11. attēls. *Carabodes ornatus* ($n=102$) kvantitatīvo morfoloģisko pazīmju korelācijas: A – ķermeņa platuma (W) un ķermeņa garuma (L) savstarpēja korelācija ($r=0,83$, $p<0,01$); B – ķermeņa garuma (L) un notogastrālā sariņa p_2 savstarpēja korelācija ($r=0,47$, $p<0,01$); C – notogastrālo sariņu p_1 un p_2 savstarpēja korelācija ($r=0,72$, $p<0,01$).

Figure 11. Correlation between quantitative morphological features of *Carabodes ornatus* armoured mites ($n=102$): A – correlation of body length (L) and body width (W) ($r=0,83$, $p<0,01$); B – correlation of body length (L) and size of notogastral seta p_2 ($r=0,47$, $p<0,01$); C – correlation of size of notogastral seta p_1 and size of notogastral seta p_2 ($r=0,72$, $p<0,01$).

3.2.2. Kvalitatīvo pazīmju raksturojums

Kvalitatīvās pazīmes tika raksturotas ciešā sasaistē ar līdz šim publicētajos un plaši sugu noteikšanā izmantotajos *C. subarcticus* sugas aprakstos un noteicējos izmantotajām kvalitatīvajām pazīmēm (Trägårdh 1902, Sellnick, Forsslund 1952, Гиляров, Криволицкий 1975, Weigmann 2006, Murvanidze 2008, Ermilov 2011). Tomēr, kā redzams 5. tabulā, trīs pazīmēs no sešām (5. attēls) tika reģistrēti indivīdi, kuru kvalitatīvo pazīmju morfoloģija neatbilda līdz šim publicētajiem aprakstiem.

5. tabula

C. subarcticus bruņērču kvalitatīvo morfoloģisko pazīmju raksturojums un variācijas koeficients. Morfoloģiskās pazīmes: 1. – cerotegumenta krāsojums melns līdz tumši brūns; 2. – interlamellāro sariņu *in* garums ir vienāds vai mazāks par attālumu no kreisā līdz labajam *in* sariņam to piestiprināšanās vietās; 3. – notogastra mikroskulpturējuma elementi izkārtoti nevienādi; 4. – notogastrālie sariņi ir lancetiski un vāji zaroti; 5. – marginālais notogastrālais sariņš *h3* ir proporcionāli īsāks vai vienāds ar notogastrālo mediālo sariņu *h2*; 6 – trihobotriālais sariņš *ss* ir pirksta formas ar saplacinātu galu. Parametri: n(true) – morfoloģiskās pazīmes aprakstam atbilstošo gadījumu skaits; n(false) – morfoloģiskās pazīmes aprakstam neatbilstošo gadījumu skaits; n – raksturoto indivīdu skaits kopumā; p – proporcija starp morfoloģiskās pazīmes aprakstam atbilstošo un neatbilstošo gadījumu skaitu; CV – variācijas koeficients.

Table 5

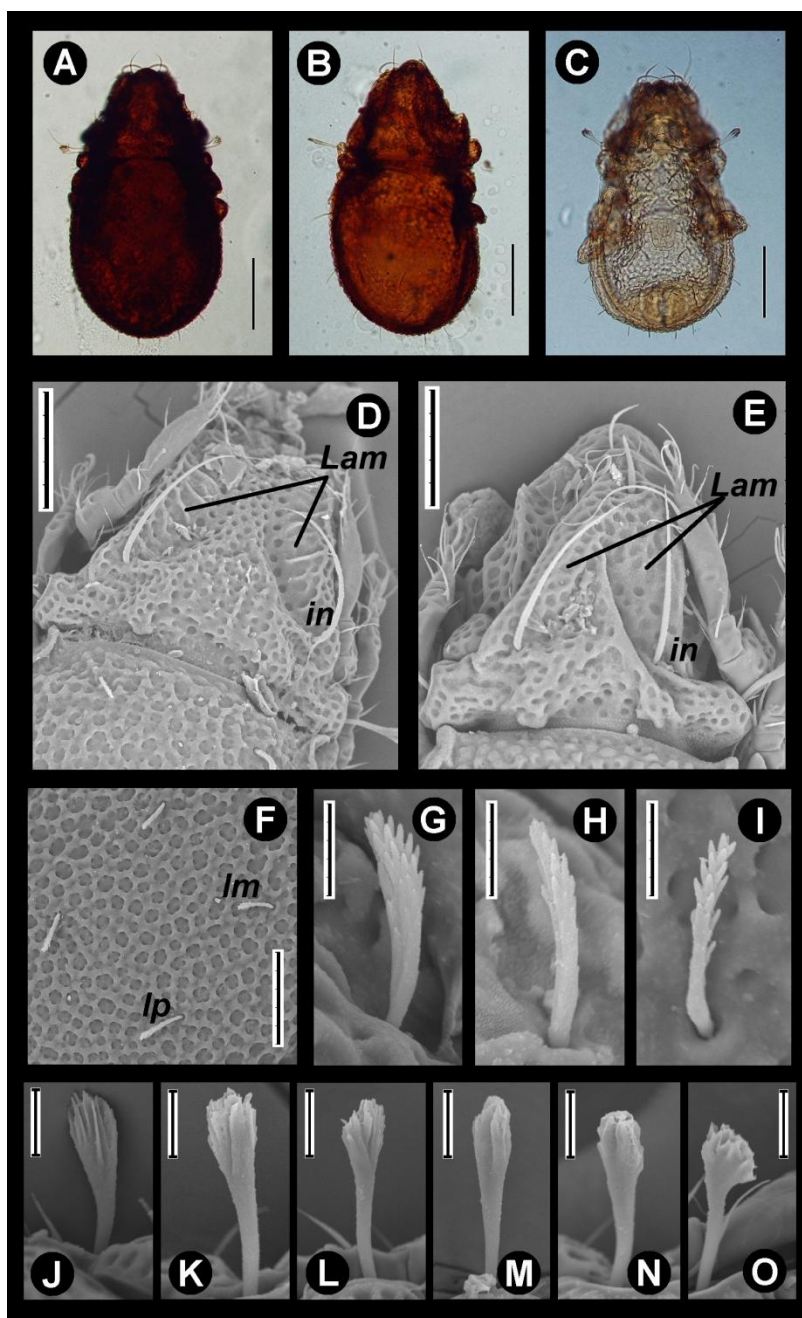
Characterisation and coefficient of variation of qualitative morphological features of *Carabodes subarcticus* armoured mites (n=318): 1. – colour of cerotegument is black to dark brown; 2. – proportional length of interlamellar seta *in* is the same or smaller than the distance *in-in* between left and right *in* setae insertions; 3 – notogastral pits are scattered unevenly from one to another; 4. – marginal notogastral seta *h3* is proportionally smaller than the notogastral medial seta *h2*; 5 – notogastral setae are lanceolate and lightly bristled; 6 –sensillus *ss* is finger-shaped, with strongly expanded capitulum. Biometrical characteristics: n(true) – number of positive determinations of the characterisation; n(false) – number of negative determinations of the characterisation; n – total number of characterised individuals; p – proportion among positive and negative determinations of the characterisation; CV – coefficient of variation.

| | Morfoloģiskās pazīmes | | | | | |
|----------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. |
| n(true) | 133 | 317 | 318 | 300 | 318 | 318 |
| n(false) | 185 | 1 | 0 | 18 | 0 | 0 |
| n | 318 | 318 | 318 | 318 | 318 | 318 |
| p | 0,418 | 0,997 | 1,000 | 0,943 | 1,000 | 1,000 |
| CV | 0,066 | 0,003 | 0,000 | 0,014 | 0,000 | 0,000 |

C. subarcticus sugai tika veikta detalizēta kvalitatīvo morfoloģisko pazīmju analīze (n=318) (5. tabula). Cerotegumenta krāsojums tika reģistrēts tumši brūnā līdz melnā krāsā (12.A attēls) atbilstoši noteicējos ievietotajam raksturojumam (Sellnick, Forsslund 1952, Ermilov 2011)

mazāk kā pusei (41,8%) *C. subarcticus* bruņērču. Kopumā no visām apskatītajām bruņērcēm (n=318) 184 indivīdiem cerotegumenta krāsa tika reģistrēta gaiši brūnā krāsā (12.B attēls). Viena bruņērcē tika reģistrēta gaiši dzeltenā līdz caurspīdīgā krāsā (11.C attēls), kas skaidrojams ar tās cerotegumenta pigmentācijas īpatnībām. Bruņērces, kurām parauga ekstraģēšanas gaitā nāve iestājusies pārejas brīdī, attīstoties par pieaugušu īpatni īsi pirms pigmentācijas procesu uzsākšanās, dēvē par tenerāliem īpatņiem. Tenerālas bruņērces eksperimentāli iegūstamas ar izteikti mazu varbūtību, jo pigmentācija pēc pārejas pieaugušā attīstības stadijā norisinās strauji un pētījumi par šī procesa ierosinošiem faktoriem ir nepietiekami (Norton 1994, R.A. Norton pers. comm.). Otrās kvalitatīvās morfoloģiskās pazīmes analīzē tikai vienam īpatnim reģistrēti proporcionāli garāki interlamellārie *in sariņi*, salīdzinājumā ar attālumu starp to piestiprināšanās vietām. Līdz šim plaši izmantotā taksonomiska rakstura literatūrā minēta pretēja *in sariņu* garuma un attāluma starp piestiprināšanās vietām attiecība (Weigmann 2006) (12.D attēls). Šajā pētījumā reģistrētais bruņērču īpatnis ar atšķirīgām otrās kvalitatīvās morfoloģiskās pazīmes īpašībām iespējams satur morfoloģiskas mutācijas vai anomālijas. Mutācija virzījusi lamellu citādu attīstību, kā rezultātā interlamellāro sariņu (*in*) piestiprināšanās vietu attālums ir proporcionāli mazāks (12.E attēls). Mutācijas un anomālijas bruņērcēm izpaužas, galvenokārt, antropogēnu faktoru, kā piemēram, paaugstināta piesārņojuma rezultātā, izpaužas reti un bieži ir grūti konstatējamās (Grandjean 1952, Sellnick, Forsslund 1952, Kochyńska, Olszanowsky 2008, Eeva, Penttinen 2009, Weigmann 2010). Antropogēno faktoru slodze uz bezmugurkaulnieku, to skaitā arī bruņērču, populācijām SNP teritorijā ir vāja (Spunģis 2008). Konstatēto mutāciju iespējams izraisījis kāds cits, ar gēnu ekspresiju saistīts faktors (Sellnick, Forsslund 1952, Kagainis 2008, Kochyńska, Olszanowsky 2008, Weigmann 2010).

Visām apskatītajām *C. subarcticus* bruņērcēm tika konstatēts, ka notogastra mikroskulpturējuma elementi izkārtoti nevienādi. Tā pat arī visu raksturoto bruņērču notogastrālo sariņu forma tika identificēta kā lancetiska ar vāji izteiktu zarojumu distālajā daļā (Sellnick, Forsslund 1952, Murvanidze 2008). Vadoties pēc vairākiem literatūras avotiem, kurus pārsvarā izmanto *C. subarcticus* sugu noteikšanā (Trägårdh 1902, Sellnick, Forsslund 1952, Weigmann 2006, Murvanidze 2008), 95,6% bruņērcēm notogastrālais marginālais sariņš (*h3*) tika reģistrēts proporcionāli īsāks vai vienāds ar mediāli novietotā notogastrālā sariņa (*h2*) garumu. Visām *C. subarcticus* trihobotriālālais sariņš (*ss*) tika raksturots kā pirksta formas un ar saplacinātu galu, kas atbilst noteicējos atrodamajam aprakstam (Гиляров, Криволицкий 1975, Weigmann 2006, Murvanidze 2008). Saplacinājuma īpatsvars, veids, kā arī distālās daļas morfoloģija variēja starp dažādiem indivīdiem (12.J, K, L, M, N, O attēli).



12. attēls. *Carabodes subarcticus* bruņērču kvalitatīvās morfoloģiskās pazīmes: a – cerotegumenta krāsojums melns līdz tumši brūns; b – cerotegumenta krāsojums brūns līdz gaiši brūns; c – cerotegumenta krāsojums gaiši dzeltens līdz caurspīdīgs (tenerāls īpatnis); d – lamellas (*Lam*) parastas; e – lamellas (*Lam*) neparastas un vērstas specifiski (īpatnis ar mutāciju/ anomāliju, sk. 1. attēlu salīdzinājumam) un interlamellārā sariņa *in* garums pārsniedz attālumu starp to piestiprināšanās vietām; f – notogastra mikroskulpturējuma elementi izkārtoti savstarpēji nevienādos attālumos (*lm* un *lp* – mediālie notogastrālie sariņi); g – mediālais notogastrālais sariņš *la* lancetisks un distāli zarots; h – mediālais notogastrālais sariņš *la* lancetisks un distāli zarots; i – marginālais notogastrālais sariņš *h3* lancetisks un distāli zarots; j–o – pirksta formas trihobotriālā sariņa *ss* mainība. Attēli (a–c) iegūti TLM mikroskopijas gaitā un attēli (d–o) iegūti SEM mikroskopijas gaitā. Mēroga nogriežņi (µm): (a–c) 100; (d–f) 50; (g–o) 10.

Figure 12. Qualitative morphological traits of *Carabodes subarcticus*: a – colour of cerotegument black to dark brown, b – colour of cerotegument brown to light brown, c – colour of cerotegument light yellow (teneral specimen), d – lamellae (*Lam*) commonly shaped, e – lamellae (*Lam*) unusual and directed peculiarly (specimen with mutation/ anomaly, see Fig. 1b for the reference), interlamellar setae longer than the distance between insertions these setae, f – microsculptural pits on the notogaster scattered unevenly from one to another (*lm* and *lp* – medial notogastral setae), g – medial notogastral seta *h2* lanceolate and scabrous distally, h – medial notogastral seta *la* lanceolate and scabrous distally, i – marginal notogastral seta *h3* lanceolate and scabrous distally, j—o – variability of finger-shaped sensillus *ss*. Images taken by TLM (a—c) and SEM (d—o). Scale (μm): (a—c) 100; (d—f) 50; (g—o) 10.

Morfoloģiski daudzveidīgām un taksonomiski kompleksām bezmugurkaulnieku grupām, kā piemēram bruņērcēm, pakārtoti sugu noteicēju izsenai uzbūvei kvalitatīvās pazīmes (5. attēls) tiek raksturotas bināri. Sugu noteicējos dominē morfoloģisko pazīmju raksturlielumi, kas atbild uz jautājumiem ar divām izvēlēm: Vai pazīme ir šaura vai plata? Vai morfoloģiskā struktūra ir proporcionāli liela vai maza? Vai pazīme ir lancetiska vai karotes formas? Retos gadījumos iespējamas vairāk atbilžu variantu par diviem. Šādi jautājumi atvieglo identificēšanu, it īpaši tām sugām, kurām pastāv zema iekšsugas morfoloģiskā mainība. Taču gadījumā, ja sugai raksturīga augstāka morfoloģiskā mainība, vispārpieņemtās kvalitatīvās pazīmes vājāk nodala dažādas sugas, pasugas un morfosugas, kā arī ir interpretējamas katram pētniekam subjektīvi (5., 12. attēli) un ir grūti parametrizējamas (Sokal, Rohlf 1995, Żbikowska-Zdun *et al.*, 2009, Coetzee 2010, Kagainis 2015) (5. tabula). Rezultātā iespējamas kļūdas sugu identificēšanā (Karppinen, Krivolutsky 1982, Kagainis 2011, Seniczak *et al.* 2012, Kagainis 2015). Detalizēta diskusija par morfoloģijas mainību aprakstīta nākamajās nodaļās.

3.2.3. Morfoloģijas mainības raksturojums

Konstatēta zema kvalitatīvi raksturoto morfoloģisko pazīmju mainība un pusei no pazīmēm variācijas koeficients neuzrādīja mainību ($CV=0$). Cerotegumenta krāsojums (12. A, B, C attēli) tika aprēķināta kā pazīme ar vislielāko variācijas koeficienta vērtību ($CV=0,06$), bet 2. un 4. kvalitatīvās morfoloģiskās pazīmes bija vāji variējošas (5. tabula, 11.C, D, E, F, G, H attēli). Lai arī cerotegumenta krāsojums augsnes bezmugurkaulniekiem uzskatāms par nestabilu pazīmi ar augstu variāciju, tomēr publicētajā literatūrā tā mainība nav detalizēti aprakstīta un pazīmi joprojām izmanto sugu noteicējos un aprakstos (Grandjean 1931, Zakhvatkin 1945, Sellnick, Forsslund 1952, Grandjean 1956, Reeves, Norton 1990, Behan-Pelletier 1993, Salomone *et al.* 2003, Weigmann 2006, Fernandez *et al.* 2013, McCullough, Krisper 2013). Otrās pazīmes variācija skaidrojama ar anomālijas vai mutācijas izpausmi vienam atsevišķam īpatnim,

kas nav morfoloģijas variācijas būtiski ietekmējošs faktors. Tomēr gadījumos, kad anomālija vai mutācija izpaužas biežāk, piemēram, spēcīgas antropogēnas ietekmes rezultātā, morfoloģijas mainība populācijā var izpausties spēcīgāk un ietekmēt sugu identificēšanas precizitāti (Grandjean 1952, Sellnick, Forsslund 1952, Kochońska, Olszanowsky 2008, Eeva, Penttinen 2009, Weigmann 2010). Ceturtās kvalitatīvās morfoloģiskās pazīmes analizē četrpadsmit bruņercēm notogastrālais marginālais sariņš ($h3$) tika reģistrēts proporcionāli īsāks vai vienāds ar mediāli novietotā notogastrālā sariņa ($h2$) garumu ($CV=0.014$) (5. tabula). Literatūras avotos šī pazīme aprakstīta pretēji (Trägårdh 1902, Sellnick, Forsslund 1952, Weigmann 2006, Murvanidze 2008) un nesakritības, kas reģistrētas šajā pētījumā iespējamās vairāku iemeslu dēļ. Pazīmes pirmaprakstā autors nav norādījis, cik plašai grupai *C. subarcticus* indivīdu šāda pazīme ir apstiprinājusies, taču domājams, ka tā izvirzīta, balstoties uz pirmo reģistrēto īpatni – holotipu (Trägårdh 1902). Turpmākajos sugas morfoloģijas pētījumos pazīmes raksturojums ir tikai pārcitēts un nav veikta detalizēta tās mainības izpēte (Sellnick, Forsslund 1952, Weigmann 2006, Murvanidze 2008). Rezultātā, šajā darbā liela apjoma paraugkopā ($n=318$) tika reģistrētas četrpadsmit pazīmei neatbilstošas bruņerces ar morfoloģisko mainību (5. tabula).

Strādājot ar *Carabodes* ģints bruņercēm, kas metodoloģiski ir grūti pētāma ģints, jo bruņerces ir gaismas maz caurlaidīgas, pieredzējuši speciālisti pieļāvuši kļūdas sugu identificēšanā. Pieminētās rezultātu nesakritības ar iepriekš publicētiem literatūras datiem un zemā morfoloģijas mainība kvalitatīvajās pazīmēs (5. tabula, 12. attēls), kā arī šo pazīmju nepietiekami pētījumi līdz šim, iespējams uzskatāmi par trim būtiskiem iemesliem pieļautajām kļūdām sugu identificēšanā (Sellnick, Forsslund 1952, Kagainis 2010, Bernini 1970).

Kvalitatīvo morfoloģisko pazīmju variācijas koeficienti ($CV=0—0,066$) (5. tabula) caurmērā uzrādīja ievērojami zemāku morfoloģijas mainību (gandrīz desmit reizes), salīdzinot ar kvantitatīvo morfoloģisko pazīmju mainību ($CV_{(CLSM)}=0,07—0,20$, $CV_{(TLM)}=0,08—0,24$) (5. 6., 7., 8. pielikumi). T-testā tika aprēķināts, ka sugas ietvaros pārsvarā gadījumos netika reģistrētas būtiskas izmēru atšķirības starp sariņu struktūru izmēriem ($p>0,05$) visām četrām minētajām sugām.

C. femoralis vismainīgākā kvantitatīvā morfoloģiskā pazīme ir $p3$ sariņa garums (5. pielikums). *C. labyrinthicus* vismainīgākās pazīmes ir sariņu $h2$ un $h3$ izmēri (6. pielikums). *C. ornatus* visizteiktākā mainība raksturīga $p3$, $p2$ un $h1-h1$ morfoloģisko pazīmju izmēros (7. pielikums), savukārt *C. subarcticus* – $p2$ un $h1$ pazīmju izmēros (8. pielikums). Ķermeņa garums (L) variē visvājāk visām četrām sugām (5., 6., 7., 8. pielikumi), kas ir pretrunā ar pētījumiem Polijā (sk. diskusiju nākošajā rindkopā). No sariņveida pazīmēm vismazākā mainība konstatēta *la*

sariņa izmēros *C. labyrinthicus* un *C. ornatus* bruņercēm, kā arī *ro*, *la* un *h2* sariņu izmēros *C. subarcticus* bruņercēm (6., 7., 8. pielikumi, 4. attēls).

Iegūtos rezultātus nav iespējams salīdzināt ar līdzīgiem citu autoru darbiem, jo citu ar šo darbu salīdzināmu *Carabodes* ģints bruņerču morfoloģisko pazīmju mainības pētījumu līdz šim nav veikts. Taču morfoloģisko pazīmju mainības pētījumā Polijas alās (Żbikowska-Zdun *et al.*, 2009, Żbikowska-Zdun, Wołek 2006) trīs *Carabodes* ģintij vāji radniecīgām bruņerču sugām ķermeņa garumam reģistrēta visaugstākais variācijas koeficients salīdzinājumā ar citām analizētajām morfoloģiskajām pazīmēm ($CV_{(TLM)}=0,11—0,28$) (2. tabula). Ķermeņa garuma (*L*) zemāka mainība, kas reģistrēta šajā pētījumā, ($CV_{(CLSM)}=0,07—0,09$; $CV_{(TLM)}=0,08—0,11$) (5., 6., 7., 8. pielikumi) salīdzinājumā ar citām pazīmēm varētu būt *Carabodes* ģints bruņerču morfoloģijas īpatnība, kā arī ar to, ka šajā darbā nav veikti trihobotriālā sariņa garuma *L(ss)* un lamellu garuma *L(Lam)* mērījumi, kas iespējams uzrādītu arī *Carabodes* ģintī proporcionāli pret citām pazīmēm zemu mainību (2. tabula). Jāpiebilst, ka *Carabodes* ģints bruņerču dažādu morfoloģisko pazīmju izmēri cieši korelē ar ķermeņa garumu (Prinzing *et al.* 2004, sk. 4. tabula), kas apgrūtina rezultātu interpretācijas iespējas.

Turpmākos *C. femoralis*, *C. labyrinthicus*, *C. ornatus* un *C. subarcticus* sugu morfoloģijas atšķirību pētījumos autors iesaka izmantot mazāk mainīgās morfoloģiskās pazīmes. Izvēloties pazīmes, ieteicams apdomāt morfoloģijas analīzes stratēģiju. Piemēram, *C. femoralis* vismainīgākā kvantitatīvā morfoloģiskā pazīme *p3* šajā pētījumā neuzrāda savstarpēju izmēra vērtību pārklāšanos ar sugas *C. ornatus* tās pašas pazīmes izmēru diapazonu. Gadījumos, ja iespējams šīs abas sugas salīdzināt, šīs pazīmes ar augstu mainību tomēr arī var tikt izmantots kā papildus līdzeklis, lai atšķirtu konkrētās sugas vienu no otras (10.A attēls).

Pēc iepriekš iztīrītajiem rezultātiem secināms, ka *C. subarcticus* sugas kvantitatīvās morfoloģiskās pazīmes (4. attēls) būtiski papildina līdz šim publicētos šīs sugas aprakstus un ilustrē morfoloģisko mainību precīzāk. Kvalitatīvi raksturotas morfoloģiskās pazīmes, kas izmantotas līdzšinējos sugu aprakstos un noteicējos neuzrāda vai uzrāda zemu mainību ($CV=0—0,066$) (5. tabula, 12. attēls) salīdzinājumā ar mainību kvantitatīvi analizētām morfoloģiskajām pazīmēm ($CV_{(CLSM)}=0,09—0,15$; $CV_{(TLM)}=0,11—0,18$) (8. pielikums). Tomēr kvantitatīvo morfoloģisko pazīmju raksturošana pārsvarā taksonomiska rakstura publikācijās nav izvēsta (Mahunka 1987, Aoki 1964, Ramsay, Luxton 1967, Schubart 1975, Norton, Kethley 1989, Reeves, Norton 1990, Behan-Pelletier 1993, Caballero *et al.* 1999, McCullough, Krisper 2013).

Iegūtās variācijas koeficienta vērtības ir lielākas kā līdzīgos pētījumos reģistrētās vērtības (Żbikowska-Zdun *et al.*, 2009, Coetzee 2010). Padziļināta kvantitatīvo pazīmju

raksturošana būtiski uzlabo līdz šim esošos sugu aprakstus, kas balstīti, galvenokārt uz kvalitatīvo analīzi un sniedz vājāku, kā arī subjektīvāku priekšstatu par morfoloģisko mainību (Trägårdh 1902, Sellnick, Forsslund 1952, Гиляров, Криволицкий 1975, Weigmann 2006, Murvanidze 2008, Ermilov 2011).

Šajā pētījumā *C. subarcticus* ievāktas relatīvi mazā teritorijā no atsevišķiem ģeogrāfiski blakus esošiem skujkoku mežu biotopiem (3., 7., 8. attēls, 3. tabula), un tām būtu jāuzrāda zema morfoloģiskā mainība salīdzinājumā ar šīs sugas aprakstiem plašā teritorijā (Prinzing *et al* 2004). Tomēr šajā pētījumā iegūtie pazīmju izmēru diapazoni ($L_{(CLSM)}=344—546\mu\text{m}$, $x=429,1\mu\text{m}$); $L_{(TLM)}=255—545\mu\text{m}$, $x=423,8\mu\text{m}$) ir lielāki par, piemēram, to pašu pazīmju izmēru diapazoniem no *C. subarcticus* sugas apraksta visam Centrāleiropas reģionam (Weigmann 2006, kur $L = 400—490\mu\text{m}$, $x=445\mu\text{m}$) (5. tabula). Iespējamie iemesli mērījumu diapazonu atšķirībai varētu būt 1) morfoloģijas atšķirības starp divām salīdzinātajām ģeogrāfiski attālām populācijām (Prinzing *et al.* 2004) (6., 8. pielikumi), kā arī 2) atšķirīga paraugkopas apjoma izmantošana abos pieminētajos pētījumos. Paraugkopas apjoma ietekme uz morfoloģijas mainību raksturlielumiem iztirzāta nākošajā darba nodaļā “3.3. Paraugkopas apjoma ietekme uz morfoloģijas mainību”.

Izstrādājot *Carabodes* ģints bruņērču noteicēju Kaukāzu reģionam, M. Murvanidze (2008) ir tikai pārcitējusi ķermeņa izmēru diapazonus no G. Weigmann (2006) sugu noteicēja Centrāleiropas teritorijai (M. Murvanidze pers. comm.). Tas vēlreiz apliecina to, kādā līmenī autori līdz šim ir pievērsuši uzmanību kvantitatīvo pazīmju reālai raksturošanai sugu apraksta izstrādes laikā, nepievēršot uzmanību iespējamajai augstajai morfoloģijas mainībai un balstot aprakstus uz nelielām paraugkopām.

Beck, Woas (1991) darbā atrodamas ķermeņa garuma (L) un ķermeņa platuma (W) izmēru diapazonu vērtības. Salīdzinot šajā darbā iegūtos pazīmju (L) un (W) izmēru diapazonus ar Vācijas teritorijā dižskābaržu mežā ievāktu *C. femoralis*, *C. labyrinthicus* un *C. ornatus* bruņērču morfometriju, arī ievērojamas atšķirības, kuru iemesli, galvenokārt, varētu būt saistīti ar ģeogrāfiski divu attāli radniecīgu populāciju morfoloģijas atšķirībām un dažāda lieluma paraugkopām, kā tas jau minēts iepriekšējās rindkopās (1. tabula).

Tā kā pieejamajā literatūrā citām pazīmēm nav uzrādīti izmēru diapazoni, nav iespējams veikt pārējo pazīmju salīdzināšanu (Trägårdh 1902, Sellnick, Forsslund 1952, Гиляров, Криволицкий 1975, Beck, Woas 1991, Weigmann 2006, Murvanidze 2008, Ermilov 2011).

Pamatojoties uz iegūtajiem četrus *Carabodes* sugu morfoloģisko pazīmju mērījumu rezultātiem un veikto datu analīzi, izvirzītā hipotēze apstiprinājās: *Carabodes* ģints bruņērču morfoloģiskā mainība ir relatīvi augsta.

Jebkāda veida dati, kas raksturo *Carabodes* ģints sugu morfoloģisko mainību un tās ietekmējošos faktoros, it īpaši kvantitatīvi un objektīvi parametrizēti dati, papildinātu sugu aprakstus un noteicējus, kā arī uzlabotu jaunizstrādāto sugu aprakstu precizitāti. Taču to pierādīšanai nepieciešams papildus apjomīgs darbs, kas ir šī pētījuma izstrādes viens no uzdevumiem (Haarlov 1952, Schubart 1975, Fujikawa 1999, Salomone *et al.* 2003, Baran *et al.* 2011, Fernandez *et al.* 2013).

3.3. Paraugkopas apjoma ietekme uz morfoloģijas mainību

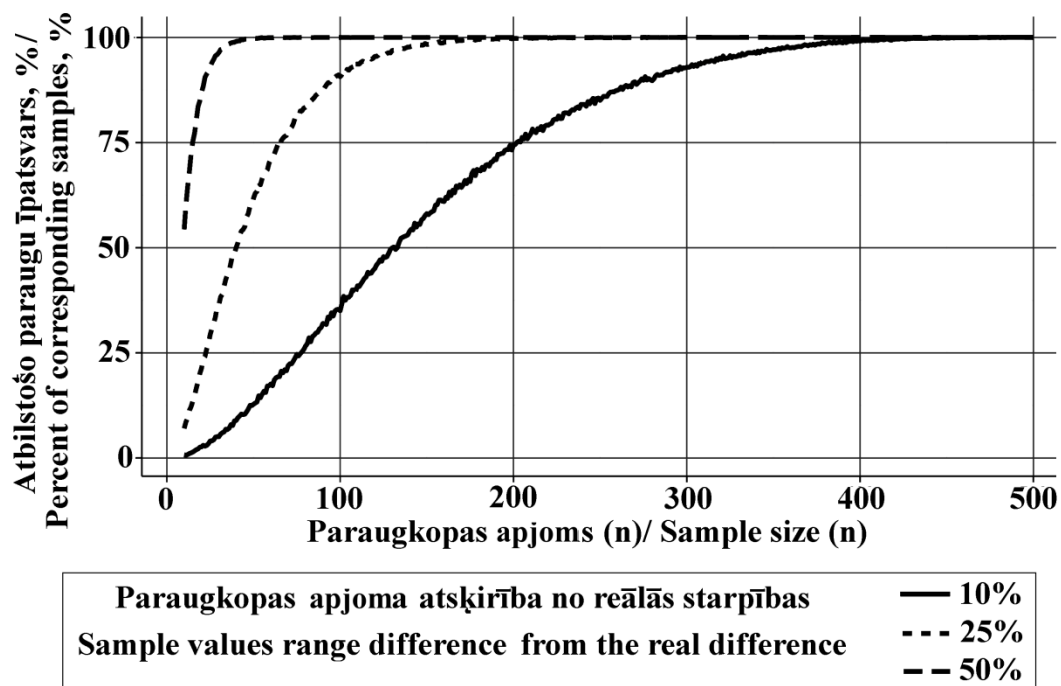
Šajā pētījumā, analizējot lokālu populāciju relatīvi nelielā teritorijā trīs savstarpēji tuvi radniecīgos biotopos (3. attēls, 3. tabula), iegūtie pazīmju izmēru diapazoni ($L_{(CLSM)}=344—546\mu\text{m}$, $x=429,1\mu\text{m}$); $L_{(TLM)}=255—545\mu\text{m}$, $x=423,8\mu\text{m}$) reģistrēti lielāki par, piemēram, to šo pazīmju izmēru diapazoniem no *C. subarcticus* sugas apraksta, kas izstrādāts visam Centrāleiropas reģionam (Weigmann 2006, kur $L - 400—490\mu\text{m}$) (1. tabula). G. Weigmann (2006) sugu noteicējā nav minēts, pie kāda paraugkopas apjoma mērījumu diapazons iegūts, taču šis darbs paredzēts bruņērču sugu noteikšanai plašā ģeogrāfiskā reģionā – visā Centrāleiropā. Iespējams, ka G. Weigmann (2006) darbā norādītais pazīmes (L) mērījumu diapazons iegūts, balstoties uz mazu paraugkopu, salīdzinājumā ar šajā darbā izmantoto indivīdu skaitu. Rezultātā mērījumu diapazons ir mazāks un sniedz maldinošu priekšstatu pazīmes (L) patiesās mainības raksturošanai tik lielam ģeogrāfiskam reģionam (8. pielikums). Autori noliedz, ka dati par paraugkopas apjomu varētu būt saglabājušies un pieejami (G. Weigmann, A. Taylor pers. comm.).

Beck, Woas (1991) darbā minētas ķermeņa garuma (L) un ķermeņa platuma (W) izmēru diapazonu vērtības *C. femoralis*, *C. labyrinthicus* un *C. ornatus* bruņērcēm. Salīdzinot šajā darbā iegūtos pazīmju (L) un (W) izmēru diapazonus ar Vācijas teritorijā dižskābaržu mežā ievāktu bruņērču morfometriju, arī ievērojamas atšķirības. Autori savā darbā ir norādījuši paraugkopas apjomus ($n=6$ *C. femoralis* sugai, $n=5$ *C. labyrinthicus* sugai un $n=7$ *C. ornatus* sugai; 1. tabula), kas, iespējams, ir nepietiekami objektīvai morfoloģiskās mainības (šajā gadījumā pazīmju izmēru vērtību diapazonu) raksturošanai, salīdzinājumā ar šajā darbā ievietotajām vērtībām ($n\leq 36$ *C. femoralis* sugai, $n\leq 39$ *C. labyrinthicus* sugai un $n\leq 167$ *C. ornatus* sugai (5., 6., 7., 8. pielikumi).

Turpinājumā ir aprakstīti padziļinātas paraugkopas apjoma ietekmes uz morfoloģijas mainību analīzes rezultāti.

Būtiskākais skaidrojums, kāpēc nepieciešama paraugkopas apjoma ietekmes uz morfoloģiju raksturojošo lielumu mainību analīze ir lielās atšķirības starp publicēto informāciju līdz šim zinātniekiem pieejamajos sugu aprakstos un noteicējos, kā arī reti minētie un izteikti nelielie paraugkopas apjomi. Dati par paraugkopas apjomiem no 26 dažādiem bruņērču taksonomijā bieži izmantotiem sugu noteicējiem vai aprakstiem (1882.—2013. g) ar kopumā 6839 morfometriskiem ierakstiem apkopoti tabulā (2. pielikums). Salīdzinot gadījumus, kas tabulā norādīti ar dzimtas nosaukumu, četrpadsmit (25%) gadījumos morfometrija raksturota, balstoties uz 1—3 indivīdiem. Vēl mazākā daļā (19%) gadījumu analizētas 4—9 bruņērķes un tikai 11% gadījumos pētītas lielākas paraugkopas ar 10—20 indivīdiem. Ievērojami mazā daļā (5%) no visiem gadījumiem analizētajiem literatūras avotiem morfometrijas raksturošanā izmantots paraugkopas apjoms virs 20 indivīdiem. Pārējā daļā literatūras avotu (40%) paraugkopas apjoms nav minēts vispār. Bruņērču dzimums pieminēts 39% gadījumu. Vidēji, kvantitatīvi raksturotas sešas dažādas morfoloģiskās pazīmes (pārsvarā divas līdz trīs, taču V. Behan-Pelletier (1993) publikācijā – virs 50 pazīmju) (2. pielikums).

Pēc speciāli šim pētījumam izstrādāta algoritma *C. subarcticus* sugas jauniegūtie morfometriskie CLSM dati un dati par paraugkopas apjomu tika izmantoti simulācijas testā. Tādējādi bija iespējams precīzāk raksturot gadījumus, kuros vērtību diapazons (maksimālās un minimālās vērtības starpība) atšķīrās jeb atradās tālāk par 10%, 25% vai 50% no dabiskas populācijas ($n=318$ un $n=500$) vērtību diapazona. Testā konstatēts, ka, lai konstatētu maksimālo $h2$ pazīmes vērtību diapazonu, kāds reģistrējams 500 *C. subarcticus* indivīdu lielā paraugkopā, būtu jāievāc relatīvi liela paraugkopa ($n>390$). Ievācot tikai 25 vai mazāk indivīdus, to notogastrālā sariņa $h2$ izmēra vērtību diapazons viennozīmīgi (jeb 100% gadījumos) kopumā raksturotos tikai 50% no reālā šīs pazīmes vērtību diapazona, kas būtu iegūstams, ievācot pilnu paraugkopu ($n=500$). No visām iepriekš pieminētajām un analizētajām taksonomiska rakstura publikācijām, tikai 9% izmantots lielāks paraugkopas apjoms par 25 indivīdiem (2. pielikums). Simulācijas testa rezultāti liecina, ka, lai $h2$ pazīmes izmēra vērtību diapazons viennozīmīgi tuvotos 90% raksturojošam pazīmju vērtību diapazonam no dabiskas populācijas ($n=500$), būtu nepieciešams ievākt būtiski vairāk indivīdu ($n=26—319$, $p<0,0001$). (13. attēls, 2. pielikums).



13. attēls. Paraugkopas apjoma ietekme uz *C. subarcticus* kvantitatīvās morfoloģiskās pazīmes (*h2* sariņa izmērs, μm) vērtību diapazona starpību randomizētā modelī pie dažādiem attālumiem (10%, 25% un 50%) no populācijas reālā vērtību diapazona ($n=500$) starpības.

Figure 13. Percentage of corresponding samples of *C. subarcticus* quantitative morphological feature (the length of *h2* seta, μm) range difference in randomisation study within certain distance (10%, 25% and 50%) of population ($n=500$) true range difference in relation to sample size.

Analizējot visas simulācijas testā iesaistītās *C. subarcticus* kvantitatīvās morfoloģiskās pazīmes, kuru reālo vērtību (jeb pieņemto dabisko populāciju vērtību) diapazonus veido mazākas paraugkopas ($n=318$), kopumā, iegūstams līdzīgs rezultātu raksturojums augstāk pieminētajam. Mazākas paraugkopas izvēles gadījumā ($n=25$) neviennozīmīgi jeb tikai 2—15% gadījumos iegūtais pazīmju izmēru vērtību diapazons sakrīt 90% ar reālo vērtību diapazonu, kur paraugkopas apjoms $n=318$. Minimālais paraugkopas apjoms, kas būtu nepieciešams, lai gandrīz viennozīmīgi visos gadījumos (95%) tiktu reģistrēti pazīmju vērtību diapazoni, kas sakrīt 90% ar reālo vērtību diapazonu ($n=318$), būtu 153—276 indivīdi. Gadījumā, ja attālumu no reālā vērtību diapazona samazina no 90% uz 50%, būtu jāievēro mazāks paraugkopas apjoms 23—37 indivīdi, bet šādā gadījumā iegūstamais pazīmju vērtību diapazons raksturo tikai 50% no diapazona, kurā izmantotas visas 318 *C. subarcticus* bruņērces (6. tabula).

Paraugkopas apjoma ietekmes uz morfoloģijas mainību analīzē iesaistīto *Carabodes subarcticus* bruņērču (N=318) dažādu kvantitatīvo morfoloģisko pazīmju raksturojums: m – minimālā vērtība; M – maksimālā vērtība; * - Weigmann (2006)¹ un Sellnick, Forsslund (1952)² publicētas vērtības; x – vidējā aritmētiskā vērtība; sd – standartnovirze; CV – variācijas koeficients; minS – minimālā paraugkopas apjoma vērtība, pie kuras 95% gadījumos pazīmes vērtību diapazona attālums (D) būs mazāks par 10%, 25% vai 50% no reālā populācijas pazīmes vērtību diapazona. Morfoloģiskās pazīmes: *la*, *h3* un *h2* – notogastrālo sariņu izmērs; *h1-h1* – attālums starp kreisā un labā notogastrālā sariņa *h1* piestiprināšanās vietām; *L* – ķermeņa garums; *W* – ķermeņa platums. Pazīmes *h2*ⁿ⁼⁵⁰⁰ raksturošanai izmantoti dati no būtiski lielākas paraugkopas (n=500) salīdzinošos nolūkos.

Table 6.

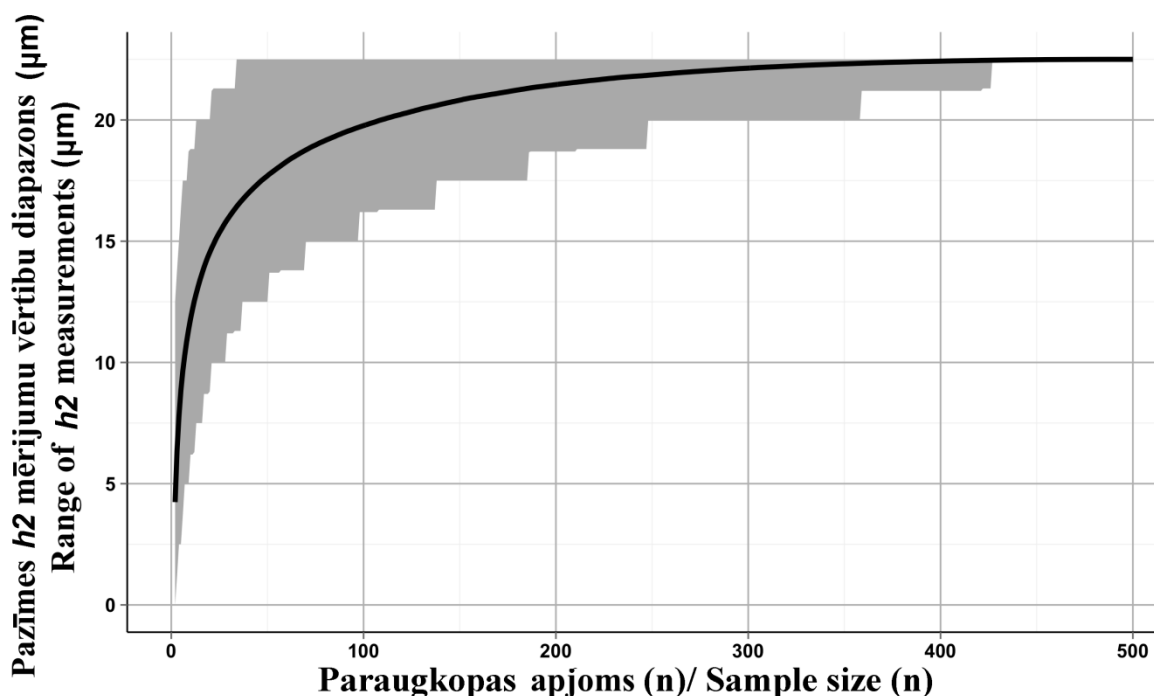
Characteristics of different quantitative morphological features of *Carabodes subarcticus* armoured mites (the main group, n=318); m – minimal value; M – maximal value; * - values published by Weigmann (2006)¹ and Sellnick, Forsslund (1952)²; x – mean value; sd – standard deviation; CV – coefficient of variation; minS – minimal sample size necessary to have sample range difference with reference population value range in 95% of simulated samples within certain amount (less than 10%, 25% or 50% distance, D). Morphological traits: *la*, *h3* and *h2* – notogastral setae; *h1-h1* – distance between left and right *h1* setae insertions; *L* – body length; *W* – body width. Data on the trait *h2*ⁿ⁼⁵⁰⁰ are calculated from the complementary group (n=500).

| Morfoloģiskās pazīmes/ Morphological features | | | | | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|--------------------------|-------------------|--------------|----------------------------|
| | <i>La</i> | <i>h2</i> | <i>h3</i> | <i>L</i> | <i>W</i> | <i>h1-h1</i> | <i>h2</i> ⁿ⁼⁵⁰⁰ |
| m-M* | | | | 400— 490 ¹ | <288 ² | | |
| m-M | 17.5— | 15.0— | 7.5— | 315.0— | 185.0— | 53.8— | 12.5— |
| x | 45.0 | 35.0 | 30.0 | 545.0 | 305.0 | 115.0 | 35.0 |
| sd | 30.9 | 24.7 | 7.17 | 429.2 | 233.8 | 77.5 | 24.4 |
| CV | 4.6 | 3.8 | 3.2 | 36.8 | 22.4 | 10.3 | 3.8 |
| minS D50 | 0.148 | 0.154 | 0.179 | 0.086 | 0.096 | 0.133 | 0.156 |
| minS D25 | 33 | 23 | 52 | 37 | 28 | 31 | 28 |
| minS D10 | 144 | 74 | 176 | 184 | 117 | 107 | 116 |
| | 248 | 153 | 310 | 276 | 192 | 205 | 319 |

Morfoloģiskās pazīmes *h2* raksturojumā (6. tabula) redzams, ka pie vidēji liela paraugkopas apjoma (n=318) šī sariņa izmēra vērtību diapazons ir 20µm (15,0—35,0µm). Gadījumā, kad paraugkopai tiek pievienotas papildus 182 bruņērces (n=500), *h2* sariņa izmēra vērtību diapazons palielinās par 12,5% jeb tā vērtība ir 22,5µm (12,5—35,0µm). Visu sešu *C. subarcticus* kvantitatīvo morfoloģisko pazīmju analīzēs konstatējams, ka, jo lielāka paraugkopa ir pieejama raksturošanai, jo lielāka kļūst varbūtība iegūt pazīmes vērtību diapazonu, kas viennozīmīgi (100% gadījumos) atbildīs reālajam (n=318) jeb par dabiskas populācijas diapazonu pieņemtajam pazīmes izmēra vērtību diapazonam (6. tabula).

Augstāk minētie rezultātu skaidrojumi attiecināmi arī uz rezultātu nesakritību, salīdzinot šajā pētījumā iegūtos vērtību diapazonus (6. tabula, 8. pielikums) ar līdzīgos pētījumos iegūtajiem (1. tabula). Taksonomiska rakstura publicētajos pētījumos bieži izmantotas nelielas paraugkopas (Reeves 1988, 1991a, 1992, 1993, 1995, Salomone *et al.* 2003, Ermilov *et al.* 2008, Ermilov 2009a, 2009b, Ermilov *et al.* 2010, 2012) (2. pielikums) un bieži paraugkopas apjomi nemaz nav minēti (Reeves 1987, 1990, 1991b, 1998, Reeves, Norton 1991, Reeves, Behan-Pelletier 1998, Salomone *et al.* 2003). Piemēram, M. Sellnick, K.L. Forsslund (1952) pētījumā morfoloģijas raksturošanai izvēlēti tikai divi īpatņi – vien mātīte un viens tēviņš (1. tabula, 6. tabula). Citos nozīmīgos publicētajos darbos, kuros izvērsta *Carabodes* ģints bruņērču morfoloģijas analīze, paraugkopas apjoms nav minēts. Salīdzinot citos nozīmīgos pētījumos atrodamos pazīmju izmēru vērtību diapazonus (1. tabula) ar šajā pētījumā iegūtajiem (6. tabula, 5., 6., 7., 8. pielikumi), nav izslēdzama nepietiekama paraugkopas apjoma ietekme, kas līdz šim publicētos pētījumos netieši limitējusi iespēju raksturot morfoloģijas mainību tuvu reālajai mainībai dabiskā populācijā ar lielu paraugkopas apjomu (Nübel-Reidelbach, Woas 1992, Weigmann 2006, Ermilov 2011).

Aprēķinot *C. subarcticus* bruņērču (n=500) notogastrālā sariņa h_2 izmēra vērtību diapazona izmaiņas atkarībā no paraugkopas graduāla pieauguma, redzams, ka 95% gadījumu 33 vai mazāk indivīdu lielā populācijā nav iespējams konstatēt maksimālo iespējamo šīs pazīmes izmēru diapazonu, kas būtu konstatējams pie pilna paraugkopas apjoma (n=500). Pie lineāri augoša paraugkopas apjoma iespējams konstatēt izmēru vērtību diapazona palielināšanos regresijas līknes veidā (14. attēls).



14. attēls. *C. subarcticus* bruņērču (n=500) kvantitatīvās morfoloģiskās pazīmes (*h2* sariņa izmērs, µm) vērtību diapazona palielināšanās (melna līkne – vidējā aritmētiskā vērtība, 10000 atkārtojumi) pie lineāri augoša paraugkopas apjoma (ar pelēku izcelts 95% būtiskuma līmenis) randomizētā modelī (10000 atkārtojumu).

Figure 14. Mean (black line) range difference with 95% confidence interval (indicated with gray colour) of *C. subarcticus* (n=500) measurements of seta *h2* (µm) in relation to the sample size (10000 repeats). Percentage of corresponding samples of *C. subarcticus* quantitative morphological feature (the length of *h2* seta, µm) range difference in randomisation study within certain distance (10%, 25% and 50%) of population (n=500) true range difference in relation to sample size.

Šajā pētījumā *Carabodes* bruņērču morfoloģijas mainība raksturota, balstoties uz relatīvi lielām paraugkopām, kuru apjoms ievērojami pārsniedz līdzīga rakstura pētījumos izmantotās paraugkopas. Tādējādi, šī pētījuma rezultāti objektīvāk ilustrē izvēlēto sugu kvantitatīvo pazīmju mainību tuvāk dabiskajai morfoloģijas mainībai (1., 5 un 6. tabula, 5., 6., 7., 8. pielikumi).

Izmantojot lielākas paraugkopas, morfoloģisko mainību iespējams raksturot objektīvāk un reģistrēt arī īpaši mazus vai lielus īpatņus, kas arī ir būtiski sugas aprakstu un noteicēju izstrādē (13., 14. attēls). N. Haarlov (1952) un A.I. Caballero *et al.* (1999) savās publikācijās arī izteikuši minējumu, ka lielākā paraugā iespējams detektēt lielāku populācijas patiesās morfoloģiskās mainības daļu, taču šis pieņēmums nav balstīts uz statistiski ticamiem rezultātiem. Pirmaprakstos, pārsvarā gadījumos, sugas morfoloģijas diagnoze tiek izstrādāta, vadoties pēc viena, diviem vai dažiem tajā brīdī ievāktajiem un zinātnei vispār pieejamajiem īpatņiem, kā

rezultātā šāds sugas apraksts, iespējams ir ar zemu salīdzinošu vērtību un vāji ilustrē patieso jeb dabiskai populācijai tuvāku morfoloģijas mainību (Michael 1882, Trägårdh 1902, Grandjean 1931, Zakhvatkin 1945, Grandjean 1956, Woolley 1957, Wallwork 1972, Reeves 1987, Salomone *et al.* 2003, Fernandez *et al.* 2013, McCullough, Krisper 2013) (13., 14. attēli, 2. pielikums). Joprojām un samērā bieži tiek pielietota prakse arī sugu pāraprakstus balstīt uz mazām paraugkopām (Sellnick, Forsslund 1952, Reeves, Norton 1990, Behan-Pelletier 1993, Weigmann, Miko 2002), salīdzinājumā ar šo pētījumu (6. tabula).

Iegūtie rezultāti liecina, ka, lai iegūtu morfoloģijas mainības objektīvāku raksturojumu, nepieciešams izvērst kvantitatīvu morfoloģijas analīzi un izmantot būtiski lielāku paraugkopas apjomu, kā līdz šim. (13., 14. attēli). Gadījumos, ja morfoloģijas raksturošanai tiek izmantots relatīvi mazs paraugkopas apjoms, raksturojums zaudē objektivitāti un nepatiesi ilustrē dabisko sugas morfoloģijas mainību, kā rezultātā ir mazāk ticams. Turpmākajos sugu aprakstos, pāraprakstos un noteicējos autors iesaka ievietot informāciju par paraugkopas apjomu, kā rezultātā būtu iespējams precīzāk spriest par sugas morfoloģijas mainības īpatsvaru, kā arī mainības raksturojuma objektivitāti, it īpaši sugām ar augstāku iespējamo morfoloģisko mainību. Šajā darbā izvirzītie ieteikumi attiecināmi, galvenokārt, uz *Carabodes* ģints sugām, it īpaši *C. subarcticus*, taču tos var attiecināt arī uz citām bruņērču un sīkposmkāju grupām ar līdzīgu morfoloģijas mainības raksturu.

Paraugkopas apjoma ietekmes uz morfoloģijas mainību analīzē *C. subarcticus* suga izmantota kā modeļobjekts, jo tās indivīdus izdevies ievākt visvairāk ($n > 500$) (5., 6. tabula, 8. pielikums). Līdz šim publicēti tikai atsevišķi morfoloģiska rakstura pētījumi, kuros analizēts tik ievērojams indivīdu apjoms sugas līmenī (Fujikawa 1999, Karasawa, Hijii 2004). Tomēr visticamāk, ka pat šāda apjoma paraugkopa, kas ievākta mazā teritorijā (3. attēls, 3. tabula), neatklāj patieso sugas morfoloģijas mainību kontinentālā līmenī un nesatur visas populācijas ekstrēmākos īpatņus. Lai iegūtu pilnīgi neapšaubāmus datus par patieso populācijas morfoloģiskās mainības diapazonu, būtu jāievāc pilnīgi visi *C. subarcticus* īpatņi no visas pasaules, kas praktiski nav iespējams (Sokal, Rohlf 1995, Cardini, Elton 2007) (6. tabula, 13., 14. attēli). Iespējams, arī citu bruņērču un pat citu sīkposmkāju sugu līdzīga analīze norādītu uz līdzīgiem secinājumiem, salīdzinājumā ar *C. subarcticus* sugas paraugkopas lieluma ietekmes uz morfoloģijas mainību analīzes rezultātiem. Taču, lai šādu pieņēmumu izvirzītu ar augstu ticamību, būtu nepieciešams līdzīgu simulācijas testu pielietot taksonomiski daudzveidīgam dažādu sugu lokam, izmantojot papildus ievāktus modeļobjektus un veikt tūkstošiem papildus

kvantitatīvo morfoloģisko pazīmju mērījumus, kas darbaspēka resursu kā arī finansiālu līdzekļu trūkuma dēļ uz doto brīdi ir neiespējami.

Iegūtie rezultāti un iepriekšējās rindkopās aprakstītā rezultātu analīze apstiprina izvirzīto hipotēzi, ka, jo lielākā *Carabodes* ģints sugas paraugkopā tiek veikti morfoloģisko pazīmju mērījumi, jo iegūtie dati satur augstāku variāciju un objektīvāk ilustrē morfometrijas variāciju. Morfoloģijas mainības pētījumu ticamību, līdz ar to arī līdzšinējo taksonomiska rakstura pētījumu, uz kuriem balstīti arī sugu noteicēji, ticamību būtiski ietekmē pētītās paraugkopas apjoms.

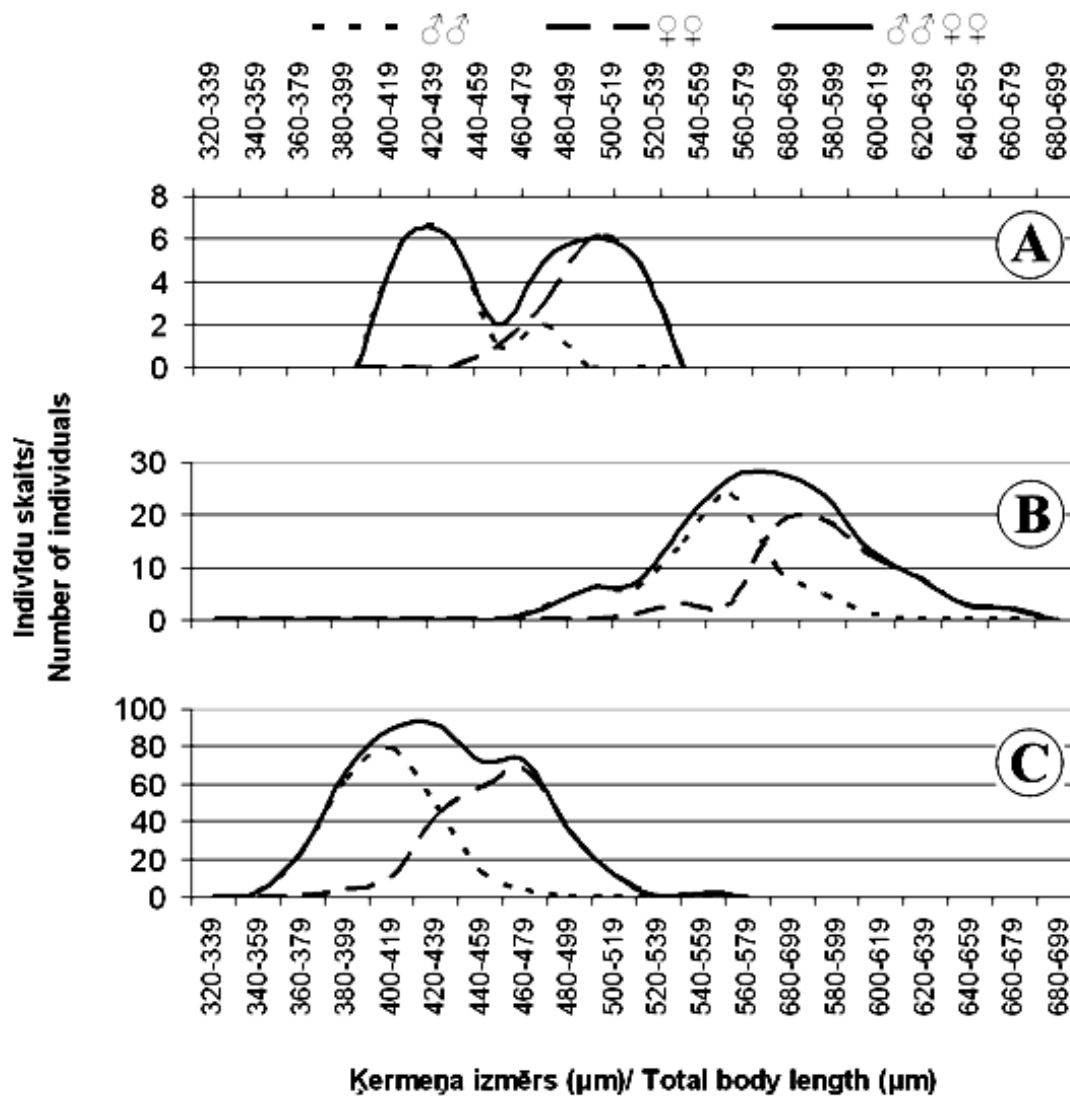
Izstrādājot sugu aprakstus turpmāk, autors iesaka ņemt vērā darbā apstiprināto hipotēzi un, analizējot lielāka apjoma paraugus, aprakstīt arī ekstrēmākus īpatņus ar izteikti mazām vai lielām morfoloģisko pazīmju izmēru vērtībām (Sokal, Rohlf 1995, Cardini, Elton 2007) (6. tabula, 13. attēls).

Nobeigumā, turpmāku morfoloģiska un taksonomiska rakstura pētījumu izstrādē, kuros morfoloģijas raksturošanai tiek izmantoti arī kvantitatīvo pazīmju raksturojoši dati, ja tas ir iespējams, autors iesaka: (1) pievienot datus par paraugkopas apjomu katram pazīmes mērījumu diapazonam (kā arī vēlamā gadījumā bruņērces dzimumu (2. pielikums); (2) izmantot pēc iespējas lielākas paraugkopas ($n > 200$), lai raksturotu reālo dabā pastāvošo morfoloģisko mainību ar augstāku ticamību un raksturojums būtu salīdzināmāks ar citiem līdzīgiem pētījumiem (13., 14. attēls); (3) norādīt, vai morfoloģijas raksturojums balstīts uz mazā teritorijā ievāktas populācijas bruņērcēm, vai to izplatība aptver plašāku teritoriju (norādot, cik plašu, cik biogeogrāfiski mainīgu?), kā arī (4) papildus matemātiskai raksturošanai izmantot, piemēram, variācijas koeficientu, kas paaugstina esošo morfometrisko datu salīdzināmību (5., 6. tabula, 5., 6., 7., 8. pielikumi).

3.4. *Carabodes* ģints bruņērcu dzimuma ietekme uz morfoloģijas mainību

Ranžējot bruņērcu morfoloģijas datus pa izmēru klasēm un grafiski analizējot to mainības histogrammu līknes, tika konstatēts, ka *C. labyrinthicus*, *C. ornatus* un *C. subarcticus* sugu izmēru klases veido normālo sadalījumu ar divām virsotnēm. Tas varētu būt skaidrojams ar dažādu morfoloģisko pazīmju uzskatāmāku un mazāk uzskatāmu izmēru dimorfisku izpausmi.

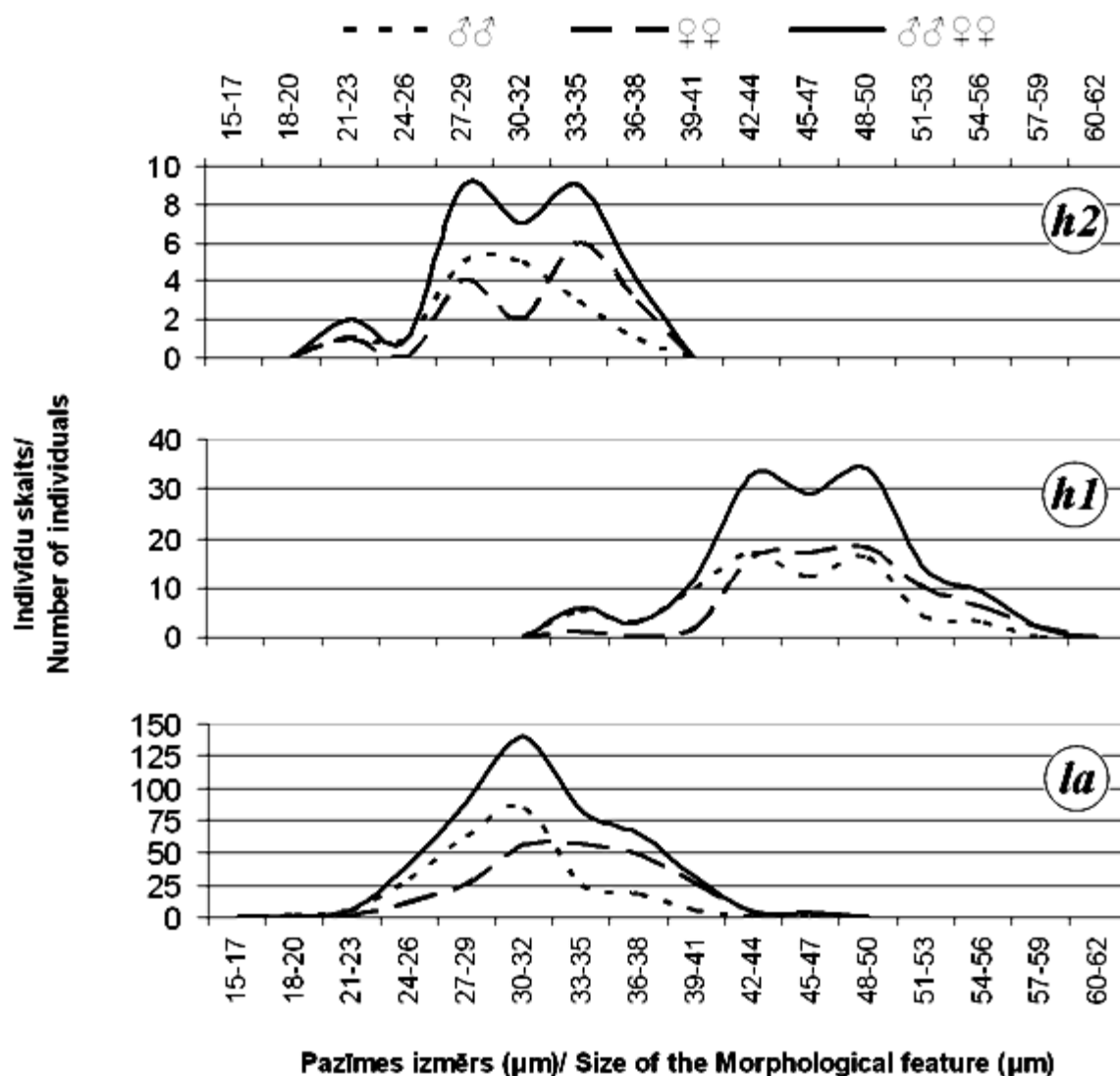
Papildinot grafisko analīzi ar vērtību līknēm atsevišķi tēviņiem un mātītēm, noskaidrotas morfoloģiskās pazīmes, kurām konstatējams izteikts dzimuma dimorfisms (15. attēls)



15. attēls. Ķermeņa izmēra (μm) iespējama dimorfiska izpausme *Carabodes* ģints bruņērču sugu *C. labyrinthicus* (A) $n=30$, *C. ornatus* (B) $n=138$ un *C. subarcticus* (C) $n=472$ atsevišķi tēviņiem ♂♂, mātītēm ♀♀, kā arī tēviņiem un mātītēm kopā ♂♂♀♀. Indivīdu skaits tēviņiem un mātītēm vienāds. Morfoloģiskās pazīmes izmēri ranžēti klasēs ($20\mu\text{m}$).

Figure 15. Probable dimorphic expression of size of total body length (μm) of *Carabodes labyrinthicus* (A) $n=30$, *C. ornatus* (B) $n=138$ and *C. subarcticus* (C) $n=472$ armoured mites of males ♂♂, females ♀♀, and both males and females together ♂♂♀♀. Number of individuals for males and females is equal. Size of morphological feature ranged into size-classes ($20\mu\text{m}$).

C. labyrinthicus sugai pazīmes *L*, *h3*, *h1* un *la*, *C. ornatus* sugai *W*, kā arī *C. subarcticus* sugai *W* un *L* (15.A, C attēli). Lielākai daļai pazīmju, pēc kuru atsevišķi tēviņu un mātīšu histogrammām konstatējams būtisks dimorfisms, apvienotajā līknē tomēr dimorfisms izpaužas nebūtiski: *C. labyrinthicus* sugai pazīme *W*, *C. ornatus* sugai pazīmes *L*, *h1-h1*, *h2*, *p1*, *p2*, *p3* un *la*, kā arī *C. subarcticus* sugai pazīmes *h1-h1*, *h2* un *la* (15.B attēls).



16. attēls. Dažādu kvantitatīvo morfoloģisko pazīmju izmēru (μm) iespējama dimorfiska izpaušme *Carabodes* ģints bruņērču sugu *C. labyrinthicus* (*h2*) $n=32$, *C. ornatus* (*h1*) $n=142$ un *C. subarcticus* (*la*) $n=462$ atsevišķi tēviņiem ♂♂, mātītēm ♀♀, kā arī tēviņiem un mātītēm kopā ♂♂♀♀. Morfoloģiskās pazīmes: *h2*, *h1* un *la* – notogastrālie sariņi. Indivīdu skaits tēviņiem un mātītēm vienāds. Morfoloģisko pazīmju izmēri ranžēti klasēs ($3\mu\text{m}$).

Figure 16. Probable dimorphic expression of size of different quantitative morphological features (μm) of *Carabodes labyrinthicus* (*h2*) $n=32$, *C. ornatus* (*h1*) $n=142$ and *C. subarcticus* (*la*)

n=462 armoured mites of males ♂♂, females ♀♀, and both males and females together ♂♂♀♀. Number of individuals for males and females is equal. Size of morphological feature ranged into size-classes (3µm).

Dzimuma dimorfisms *C. labyrinthicus* bruņērcēm konstatēts jau iepriekšējos pētījumos (Prinzing *et al.* 2004), un tas aprakstīts arī citām bruņērcu sugām (Dindal 1990, Krantz, Walter 2009).

Daļai morfoloģisko pazīmju mainības histogrammas līknes, pretēji iepriekš pieminētajām pazīmēm, neveido vai veido vāji izteiktu dzimuma dimorfismu, taču dzimumu apvienotā histogrammas līkne saglabā dimorfisma apveidu (16. attēls). Šīm pazīmēm dimorfismu izraisa ar dzimumu nesaistīta faktora vai to kopuma ietekme (sk. nodaļu „3.5. *Carabodes* ģints bruņērcu morfoloģijas mainības atkarība no biotiskajiem un abiotiskajiem faktoriem”).

Pārējo morfoloģisko pazīmju izmēru mainības gan atsevišķi tēviņu un mātīšu, gan apvienotā histogrammas līkne neveido dimorfisku apveidu (piemēram, *C. femoralis* sugas pazīmes *L*, *W* un *h1-h1*, *C. labyrinthicus* sugas pazīme *h1-h1*, *ornatus* sugas pazīme *in* un *C. subarcticus* sugas pazīmes *le* un *ro*).

Turpmākajā nodaļā izklāstīta biotisko abiotisko faktoru ietekme uz kvantitatīvo morfoloģisko pazīmju (4. attēls) mainību. Tostarp arī analizētas dzimuma un ar to spēcīgi sasaistīta ietekmējoša faktora „mātīšu potenciālā auglība” ietekmes uz *Carabodes* ģints bruņērcu morfoloģijas mainību.

3.5. *Carabodes* ģints bruņērcu morfoloģijas mainības atkarība no biotiskajiem un abiotiskajiem faktoriem

Starp pētītajiem biotiskajiem un abiotiskajiem faktoriem konstatētas būtiskas korelācijas un šo faktoru izpausme skaidrojama kā savstarpēji saistīta (7. tabula, 17. attēls). Neparametriskajā korelācijas analīzē (Kendāla tests) būtiskākās saistības tika reģistrētas humusa slāņa biezumam (H) ar ķērpju projektīvo segumu (Lich) ($r=-0,71$; $p<0,01$; $n=57$), kā arī humusa slāņa biezumam ar augsnes relatīvo sausumu (S) ($r=0,62$; $p<0,01$; $n=57$). Vissmagāko saistību ar visiem abiotiskajiem un biotiskajiem faktoriem uzrādīja vaskulāro augu (Vasc) un sūnu (Bryo) projektīvais segums ($p>0,05$).

7. tabula

Biotisko un abiotisko faktoru savstarpējās korelācijas koeficienti paraugos (n=57), kuros konstatētas *C. femoralis*, *C. labyrinthicus*, *C. ornatus* un/vai *C. subarcticus* bruņērces; * – statistiski būtiska korelācija pie ticamības līmeņa $p < 0,05$, ** – statistiski būtiska korelācija pie ticamības līmeņa $p < 0,01$. Biotiskie un abiotiskie faktori: S – augsnes relatīvais sausums; Temp – augsnes temperatūra, (°C); H – humusa slāņa biezums; Bryo – sūnu projektīvais segums (%); Lich – ķērpju projektīvais segums (%); Vasc – vaskulāro augu projektīvais segums (%); pH – augsnes skābums; Bd – relatīvais augsnes blīvums; F – potenciālā mātīšu auglība (olu skaits uz mātīti); A – bruņērču indivīdu kopskaits; Nspecies – bruņērču sugu skaits; SexFemale – mātīšu skaits; SexMale – Tēviņu skaits.

Table 7

Correlation (n=57) between various biotic and abiotic factors among samples with *C. femoralis*, *C. labyrinthicus*, *C. ornatus* and/or *C. subarcticus* armoured mites present; * – statistically significant correlation ($p < 0,05$), ** – statistically significant correlation ($p < 0,01$). Biotic and abiotic factors: S – relative dry matter content of soil; Temp – temperature of soil, (°C); H – thickness of humus layer, (cm); Bryo – moss cover (%); Lich – lichen cover (%); Vasc – vascular plants cover (%); pH – acidity of soil; Bd – relative dry bulk density; F – fecundity; A – abundance of all mites; Nspecies – number of species; SexFemale – number of females; SexMale – number of males.

| | S | Temp | H | Bryo | Lich | Vasc | pH | Bd | F | A | Nspecies |
|-----------|---------|---------|---------|-------|---------|-------|---------|--------|--------|--------|----------|
| Temp | -0,31* | | | | | | | | | | |
| H | -0,62** | 0,43** | | | | | | | | | |
| Bryo | -0,16 | -0,14 | 0,01 | | | | | | | | |
| Lich | 0,52** | -0,48** | -0,71** | 0,1 | | | | | | | |
| Vasc | 0,09 | -0,21 | -0,25 | -0,18 | 0,02 | | | | | | |
| pH | -0,30* | 0,35** | 0,58** | -0,25 | -0,50** | -0,14 | | | | | |
| Bd | 0,67** | -0,24* | -0,50** | 0,08 | 0,51** | 0,01 | -0,31** | | | | |
| F | 0,24* | -0,29** | -0,36** | 0,09 | 0,45** | -0,12 | -0,23* | 0,27** | | | |
| A | 0,19* | -0,23* | -0,37** | 0,09 | 0,44** | 0,05 | -0,29** | 0,26 | 0,66** | | |
| Nspecies | 0,19 | -0,30** | -0,28 | 0,05 | 0,47** | 0,01 | -0,27* | 0,23* | 0,55* | 0,66** | |
| SexFemale | 0,20* | -0,32** | -0,38** | 0,13 | 0,46** | -0,05 | -0,26** | 0,26** | 0,79** | 0,80** | 0,65** |
| SexMale | 0,21* | -0,17 | -0,35** | 0,09 | 0,45** | 0,11 | -0,30** | 0,27** | 0,51** | 0,86** | 0,60** |

Korelācijas starp biotiskiem un abiotiskiem faktoriem izskaidrojamas ar to saistīto izpausmi dabā, piemēram, ķērpji sastopami oligotrofās mežu augsnēs, kas ir ar vāju organisko vielu apriti un humusa slānis arī ir salīdzinoši plāns. Bagātākās augsnēs ar lielāku humusa slāņa biezumu ķērpjus izkonkurē sūnas un vaskulārie augi (Kabucis 2001). Līdzīgi skaidrojamas pH, ķērpju projektīvā seguma un humusa slāņa biezuma savstarpējas saistības. Oligotrofās augsnēs dominē ķērpji, kas pielāgojušies skābai videi ($r=0,50$, $p < 0,01$, $n=57$), kas, savukārt, raksturīga augsnēm ar plānāku humusa slāni ($r=0,58$, $p < 0,01$, $n=57$) (Kabucis 2001, sk. 7. tabulu). Minēto faktoru saistība varētu būt izskaidrojama arī ar to, ka korelācijas analīzē izmantoti dati no tiem parauglāukumiem, kuros konstatētas pētījumam izvēlētais *C. ornatus* bruņērces. Biotisko un abiotisko faktoru savstarpējās ietekmes rezultātā tiek nodrošināta šīs sugas bruņērcēm piemērota

dzīves vide. Tāpat skaidrojamas arī citas būtiskas korelācijas starp konstatētajiem biotiskajiem un abiotiskajiem faktoriem augsnē un augsnes temperatūru. Augsnes relatīvais sausums uzrādīja būtisku negatīvu korelāciju ar augsnes temperatūru ($r=-0,31$, $p<0,05$, $n=57$), kas ir pretrunā ar augsnes bioloģijas pamata pieņēmumiem un loģiku. Šāda kļūda varētu būt radusies sakarā ar to, ka faktors „augšnes temperatūra” šajā pētījumā reģistrēts tikai vienu reizi, proti, ievācot paraugus. Iegūtās vērtības uzrāda attiecīgā brīža augsnes temperatūru, kas Eiropas boreālo mežu augsnēs augusta mēnesī mēdz mainīties relatīvi lielās robežās ($5—20^{\circ}\text{C}$) (Dindal 1990, Haimi *et al.* 2005). Šis faktors tomēr izmantots tālākajā analīzē, pieņemot, ka bruņērces migrācijas veidā (Prinzing *et al.* 2004) izvēlas sev piemērotus augsnes temperatūras apstākļus, lai barotos un attīstītu olas katrā attiecīgajā dzīves brīdī (Dindal 1990). Tomēr balstoties uz līdz šim veiktajiem pētījumiem par augsnes temperatūras dinamiku mežu ekosistēmu augsnēs (Dindal 1990), jāņem vērā augsnes temperatūras kā ietekmējošā faktora iespējamā lielā kļūda.

Statistiski ticamus rezultātus tālākajos aprēķinos iespējams iegūt tikai divu sugu *C. ornatus* un *C. subarcticus* paraugkopām, jo šīm sugām ir pietiekošs īpatņu skaits vismaz divos pētītajos biotopos. Sugām tika veikta morfoloģisko pazīmju mainības atkarībā no apdzīvojamā biotopa grafiska analīze.

Abu sugu bruņērcu kvantitatīvo morfoloģisko pazīmju izmēru mainība dažādos biotopos konstatētiem īpatņiem izpaudās atšķirīgi (9., 10. pielikums).

Notogastrālo sariņu $p2$ un $p1$ izmēri *C. ornatus* bruņērcēm dažādos biotopos atšķīrās visvairāk (Vilkoksona tests; $p<0,001$), bet notogastrālā sariņa $h2$ izmēri starp dažādiem biotopiem atšķīrās vismazāk (Vilkoksona tests; $p>0,5$) (9. pielikums). Notogastrālo sariņu izmēru mainība jeb platāki morfoloģisko pazīmju izmēru diapazoni reģistrēti egļu šaurlapu kūdreni apdzīvojošām *C. ornatus* bruņērcēm, bet notogastrālo sariņu izmēri ar visšaurākajiem izmēru diapazoniem konstatēti priežu mētrājā ievāktajām bruņērcēm (9. pielikums).

Pretēji *C. ornatus* sugai, *C. subarcticus* bruņērcu notogastrālo sariņu izmēru atšķirības dažādos biotopos ir nelielas. Salīdzinot *C. subarcticus* bruņērces, kas ievāktas priežu silā vai egļu šaurlapu kūdrenī, visspēcīgāk atšķiras $h2$ sariņu izmēri (Vilkoksona tests; $p<0,05$). Izmēru mediāna atrodas tuvu 25% kvartiles līnijai. Arī sariņu izmēru mainība ir līdzīgāka starp šos divus biotopus apdzīvojošajām *C. subarcticus* bruņērcēm. Priežu sila biotopu apdzīvojošām *C. subarcticus* bruņērcēm notogastrālo sariņu mainība ir nedaudz izteiktāka (10. pielikums).

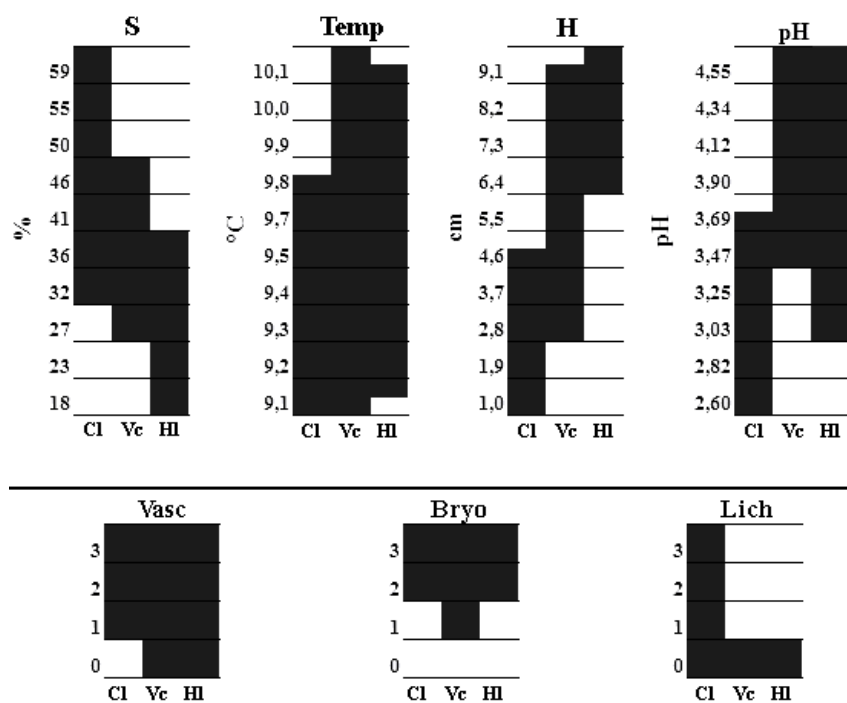
Analizējot ķermeņa garuma (L) un platumu (W), kā arī attāluma no kreisā $h1$ sariņa līdz labajam $h1$ sariņam to piestiprināšanās vietās ($h1-h1$), būtiskas atšķirības dažādos biotopos ievāktām *C. ornatus* un *C. subarcticus* bruņērcēm nav konstatētas (Vilkoksona tests; $p>0,05$).

Grafiski analizējot, *h1-h1* pazīmes izmērs egļu šaurlapu kūdrenī konstatētajām *C. ornatus* bruņercēm tika interpretēts lielāks, kā abus pārējos biotopus apdzīvojošajām šīs sugas bruņercēm (9., 10. pielikums), taču *Paired T*-testā aprēķinātā ticamības intervāla vērtība bija augstāka $p > 0,05$, kā rezultātā minētās atšķirības nebija statistiski būtiskas.

Citos līdzīga rakstura pētījumos skaidrotas atsevišķas morfoloģijas mainības saistības ar dažādu faktoru ietekmi, kas atšķiras no šī pētījuma rezultātiem. T. Fujikawa (1995) aprakstījis biotopa ietekmi uz morfoloģijas mainību *Tectocephus velatus* bruņercēm un kā vienu no skaidrojumiem minējis dažādus barošanās apstākļus. Mezotrofiskas egļu šaurlapu kūdreņa (H1) augsnes satur vairāk organisko vielu un humusa, salīdzinājumā ar priežu mežu (Vc). Šādos barošanās apstākļos *Carabodes* bruņercu attīstības un ķermeņa augšanas iespējas ir augstākas (Anderson 1977; Seniczak 1998). Tomēr, salīdzinājumam jāmin pētījums Japānā, kurā pētītajām bruņercēm ķermeņa garums, platums un notogastra garums statistiski nebūtiski korelēja ar apdzīvoto mangroves mežu biotopu (Karasawa, Hijii 2004). Tomēr šī pētījuma dati nav viennozīmīgi salīdzināmi ar literatūras datiem, jo līdz šim pētīto bruņercu sugu morfoloģija spēcīgi atšķiras no *Carabodes* ģints bruņercu morfoloģijas.

Grafiski uzskatāmi konstatēts, ka *C. ornatus* laterāli vērsto marginālo notogastrālo sariņu (*h3, p3, p2, p1*) (1.B attēls) izmēri ir būtiski īsāki bruņercēm, kas apdzīvo priežu mētrāju, salīdzinājumā ar priežu silā un egļu šaurlapu kūdrenī konstatēto *C. ornatus* bruņercu laterāli vērsto notogastrālo sariņu (*h3, p3, p2, p1*) izmēriem (Vilkoksona tests; $p < 0,001$, izņemot *h3* analizē Vc:C1, $p = 0,0445$). Savukārt *C. ornatus* bruņercu vairāk dorsāli vērsto notogastrālo sariņu (*h1, h2* un *la*) (1. attēls) atšķirības izmēros starp dažādos biotopos konstatētām bruņercēm bija vājas (Vilkoksona tests; $p = 0,012—0,535$) (9. pielikums).

Iegūtie rezultāti par laterāli vērsto priežu mētrāju apdzīvojošo *C. ornatus* bruņercu sariņu būtisko izmēru atšķirību varētu būt skaidrojami ar atsevišķu specifiski tieši priežu mētrāja biotopos reģistrētu parametru vērtību (humusa slāņa biezums 5,0—6,5cm; pH 2,60—3,03, zemāks sūnu projektīvais segums – 1—9%, kā arī augstāka augsnes temperatūra $t > 10,1$ °C) būtisku ietekmi. Pārējo biotisko un abiotisko faktoru izpausme, salīdzinot starp biotopiem konstatēta līdzīga (17. attēls).



17. attēls. Biotisko un abiotisko faktoru intensitāte (izcelta ar pelēku krāsu) dažādos biotopos, paraugos, kuros konstatētas *C. ornatus* bruņķeres. Biotiskie un abiotiskie faktori: S – augsnes relatīvais sausums, Temp – augsnes temperatūra, (°C), H – humusa slāņa biezums (cm), Bryo – sūnu projektīvais segums (%), Lich – ķērpju projektīvais segums (%), Vasc – vaskulāro augu projektīvais segums (%), pH – augsnes skābums, biotopi: Cl – priežu sils (n=22), Vc – priežu mētrājs (n=19), Hl – egļu šaurlapu kūdreinis (n=18). Projektīvā seguma klases: 0. klase – nav sastopams, 1. klase – 1—9%, 2. klase – 10—49% un 3 klase – 50—100% sastopamība no kopējā parauga virsmas laukuma.

Figure 17. Intensity of biotic and abiotic factors (indicated with grey colour) of soil samples with *C. ornatus* armoured mites present, collected in three different types of habitats: Cl – dry pine forest (n=22), Vc – Vaccinio pine forest (n=19), Hl – drained spruce forest (n=18). Biotic and abiotic factors: S – relative dry matter content of soil (%), Temp – temperature of soil (°C), H – thickness of humus layer (cm), pH – mean acidity of soil, Vasc – vascular plants cover, Bryo – moss cover, Lich – lichen cover. Vegetation cover classes expressed: 0 – not present, 1 – 1—9% presence, 2 – 10—49% presence, 3 – 50—100% presence.

Pastāv iespēja ar mazu varbūtību, ka biotiskie un abiotiskie faktori ar priežu mētrājam specifiskām intensitātes vērtībām ietekmē priežu mētrājā konstatēto *C. ornatus* laterāli vērsto notogastrālo sariņu (*h3*, *p3*, *p2*, *p1*) morfoloģijas mainību (6. pielikums, 1.B, 17. attēls). Spīrmana testā reģistrētas statistiski būtiskas korelācijas biotopam ar *C. ornatus* sugas pazīmju *p1* ($r=0,55$; $p<0,001$), *p2* ($r=0,60$; $p<0,001$), *p3* ($r=0,50$; $p<0,001$) un *h3* ($r=0,34$; $p<0,001$) izmēru mainību kā arī statistiski būtiskas korelācijas biotopam ar *C. subarcticus* sugas pazīmes *h2* ($r=0,14$; $p<0,01$) izmēru mainību. Lai precīzāk un neapšaubāmi paskaidrotu izmēru atšķirības, kas konstatētas

morfoloģiskajām pazīmēm ar laterālu vērsumu, kā arī citu morfoloģisko pazīmju atkarību no biotisko un abiotisko faktoru iedarbības (17. attēls), turpmākajās rindkopās aprakstīta padziļināta analīze.

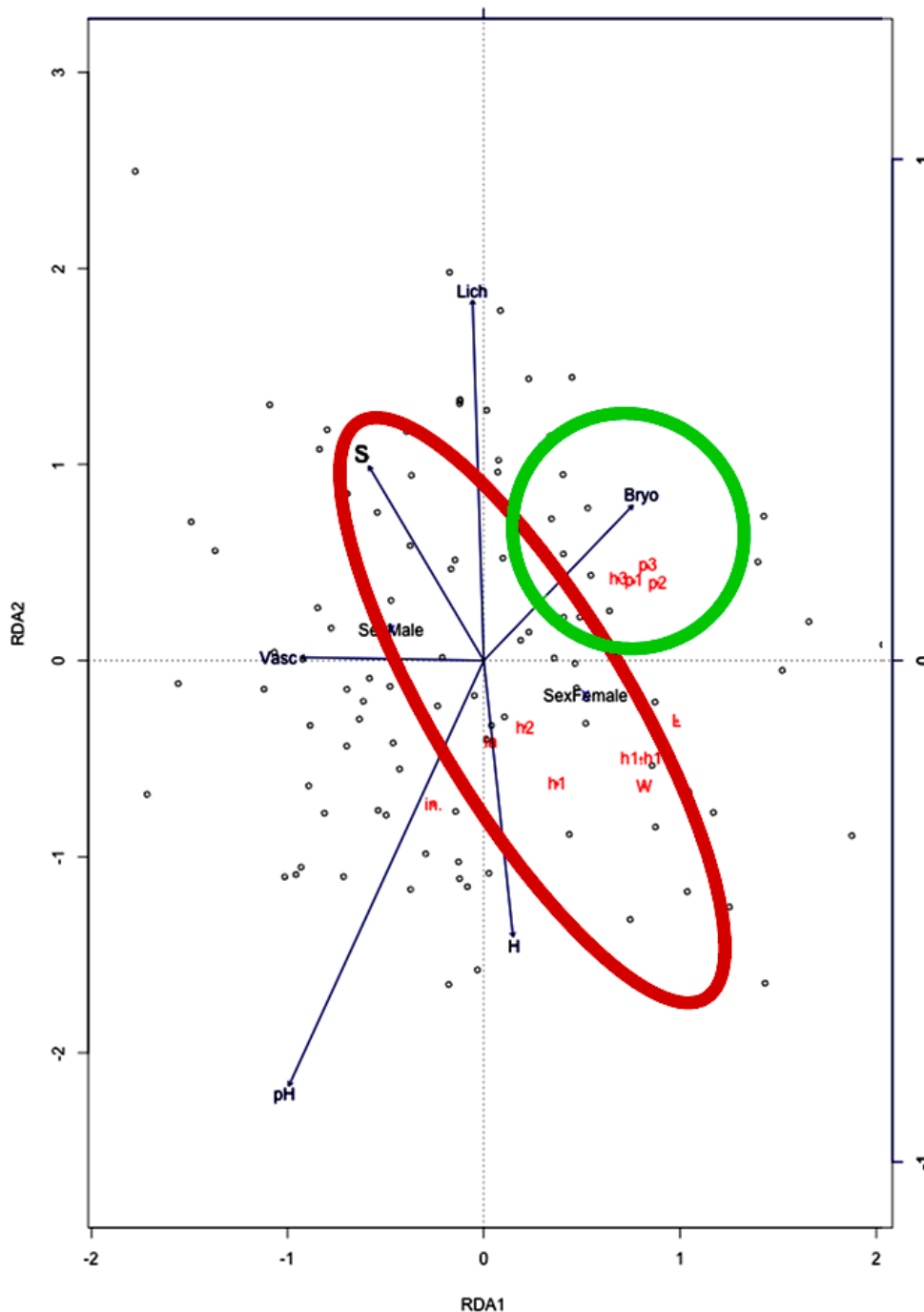
Detalizēti analizējot biotisko un abiotisko faktoru ietekmes uz *C. ornatus* un *C. subarcticus* bruņērču morfoloģisko parametru mainību, tika ņemts vērā, ka biotisko un abiotisko faktoru ietekme var izpausties arī savstarpēji (7. tabula). Tāpēc turpmākā darba gaitā dati skaidroti ar *Forward selection* modeļa (RDA analīze) palīdzību, kas paredzēta savstarpēji saistītu faktoru ietekmes raksturošanai (Sokal, Rohlf 1995, R Development Core Team 2013).

Pirms tika uzsākta katras sugas atsevišķa *Forward selection* analīze, no aprēķiniem tika izņemts augsnes relatīvais blīvums (Bd), jo tā vērtības uzrādīja augstu saistību ar citiem abiotiskajiem faktoriem (piemēram, H).

Augsnes temperatūra ir salīdzinoši mainīgs vides parametrs, tāpēc tā ietekme netika izmantota turpmākajā RDA analīzē. Citi augsnē pastāvošie biotiskie un abiotiskie faktori, kā augsnes pH, augsnes relatīvais irdenums un tml., laika gaitā svārstās mazāk (Dindal 1990). Šajā pētījumā biotiskie un abiotiskie faktori raksturoti parauglaukumos vienu reizi. Tāpēc ar augsnes temperatūru saistīto datu analīzes rezultāti ir mazāk ticami, jo nav pētītas šī abiotiskā faktora svārstības ilgākā laika periodā un to ietekme uz darba rezultātiem.

Carabodes ornatus. *Stepwise* testā *C. ornatus* sugai tika aprēķināts, ka būtiskākie ietekmējošie faktori bija S, Sex, un pH. Šie faktori kopumā izskaidroja 20% datu ($p < 0,001$) par *C. ornatus* morfoloģijas mainību. Augsnes relatīvais sausums atsevišķi izskaidroja 3% datu ($p < 0,001$) un tā ietekme uz morfoloģisko pazīmju izmēru mainību bija visbūtiskākā. Augsnes relatīvais sausums un augsnes pH, kas ir nākošais visbūtiskākais ietekmējošais faktors, abi kopā izskaidroja 10% šīs sugas morfoloģijas mainības datu ($p < 0,001$). Ja iesāktajam analīzes modelim pievienoja trešo visbūtiskāk ietekmējošo faktoru – bruņērču dzimumu – rezultāts izskaidroja 14% morfoloģijas datu ($p < 0,01$). Modeļa analīzei pievienojot ceturto faktoru jeb sūnu projektīvo segumu (Bryo), rezultāti pie nepietiekama ticamības līmeņa $p > 0,05$ izskaidroja 15% datu. Minētā analīze parādīja, ka biotisko un abiotisko faktoru ietekme uz morfoloģiju izpaužas saistīti un nav nodalāms kāds konkrēts un vienīgais mainību ietekmējošs biotisks vai abiotisks faktors.

Analizējot *C. ornatus* morfoloģisko pazīmju mainības atkarību no biotiskajiem un abiotiskajiem faktoriem, konstatēts, ka būtiski ietekmējošie faktori sadalās divās atsevišķās grupās (18. attēls).



18. attēls. Biotisko un abiotisko faktoru ietekmes uz *Carabodes ornatus* bruņērču morfoloģisko pazīmju izmēru mainību RDA analīze. Biotiskie un abiotiskie faktori: SexFemale – mātišu dzimums; SexMale – tēviņu dzimums; S – augsnes relatīvais sausums (%) (ar sarkanu krāsu izceltas statistiski būtiskākās augsnes relatīvā sausuma izskaidrotās morfoloģiskās pazīmes); H – humusa slāņa biezums (cm); pH – augsnes skābums; Vasc – vaskulāro augu projektīvais segums (%); Bryo – sūnu projektīvais segums (%) (ar zaļu krāsu izceltas statistiski būtiskākās augsnes relatīvā sausuma izskaidrotās morfoloģiskās pazīmes); Lich – ķērpju projektīvais segums (%). Morfoloģiskās pazīmes: *in.* – interlamellārais sariņš; *h2*, *la*, *h1* – dorsāli vērsti mediālie notogastrālie sariņi; *h3*, *p3*, *p2*, *p1* – laterāli vērsti marginālie notogastrālie sariņi; *h1-h1* –

attālums starp kreisā un labā notogastrālā sariņa *h1* piestiprināšanās vietām; *L* – ķermeņa garums; *W* – ķermeņa platums.

Figure 18. RDA of size of morphological features of *C. ornatus* constrained by biotic and abiotic factors: SexFemale – sex of females, SexMale – sex of males, S - relative dry matter content of soil, % (morphological features that are the most explained by relative dry matter content are indicated with a red colour), H – thickness of humus layer (cm), pH – mean acidity of soil, Vasc – vascular plants cover, Bryo – moss cover (morphological features that are the most explained by moss cover are indicated with a green colour), Lich – lichen cover. Morphological features: *in* – interlamellar seta; *h2*, *la*, *c2*, *lm*, *lp*, *h1* – dorsally directed medial notogastral setae; *h3*, *p3*, *p2*, *p1* – laterally directed marginal positioned notogastral setae; *h1-h1* – distance between left and right *h1* setae insertions; *L* – body length; *W* – body width.

Lai arī sūnu projektīvā seguma (Bryo) dati pēc *Forward selection* modeļa aprēķiniem relatīvi maz izskaidro *C. ornatus* morfoloģisko pazīmju mainību, tomēr tā ietekme uz laterāli vērsto margināli novietoto notogastrālo sariņu *h3*, *p3*, *p2* un *p1* (1.B attēls) izmēru attīstību (18. attēls – izcelts ar zaļu) ir būtiska (Spīrmana tests; $r=0,27$, $p<0,005$, $n=169$). Augsnes relatīvais sausums būtiski negatīvi ietekmēja notogastrālo sariņu *h1*, *h2* un *la* izmēru mainību, kā arī pazīmes *h1-h1* un ķermeņa platuma *W* mainību (18. attēls – izcelts ar sarkanu).

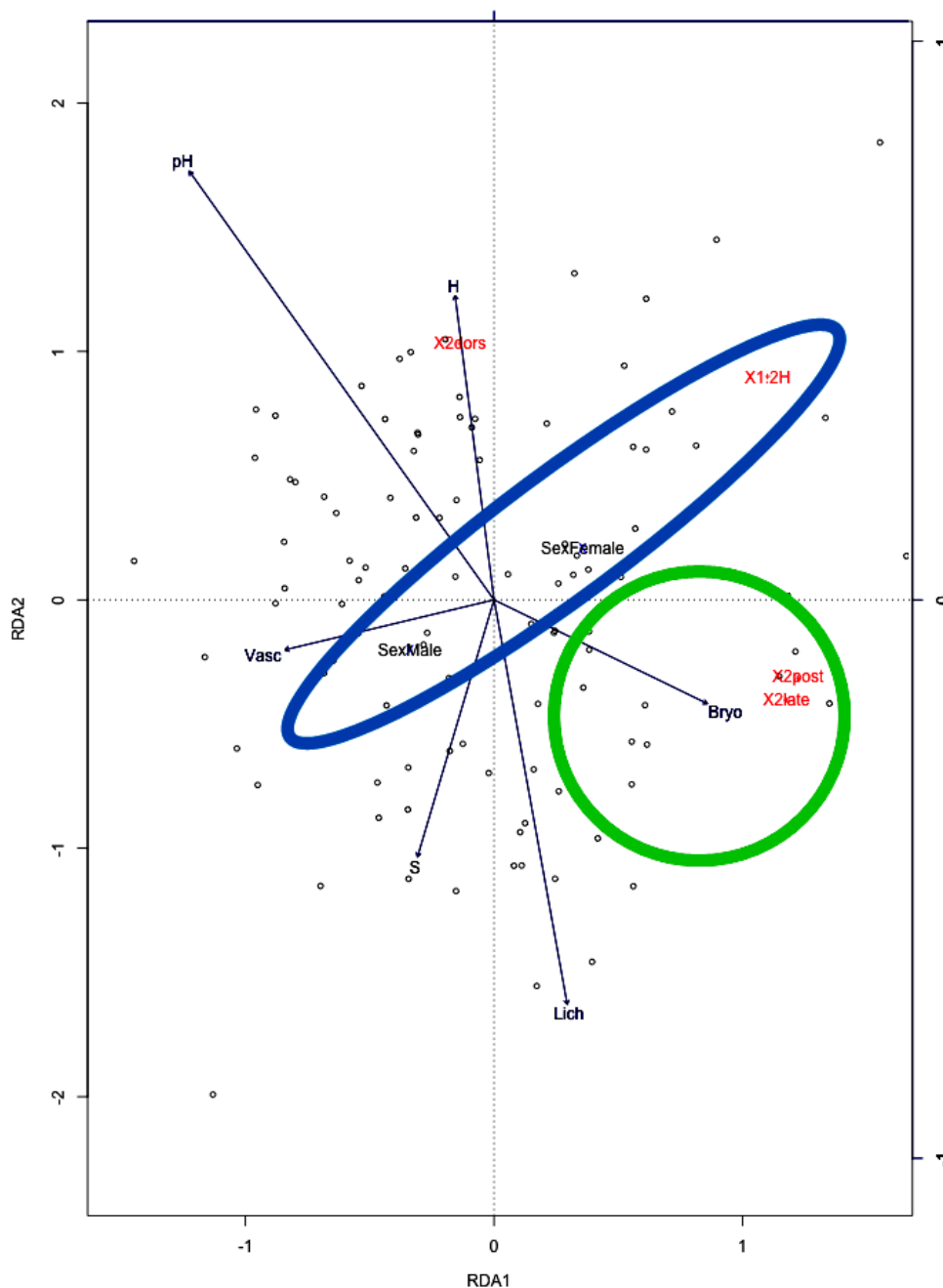
Iepriekš raksturotās biotisko un abiotisko faktoru ietekmes uz morfoloģisko pazīmju mainību papildina arī statistiski būtiskas Spīrmana un Kendāla testu korelācijas: notogastrālā sariņa *la* izmēra un augsnes pH pozitīva saistība ($r=0,49$; $p<0,01$; $n=102$), kā arī ķermeņa garuma *L* un augsnes relatīvā sausuma S negatīva saistība ($r=-0,25$; $p<0,05$; $n=102$).

Forward selection modelis (RDA analīze) tika pielietots arī morfoloģisko pazīmju grupu (6.B, C attēli) mainības atkarības raksturošanai, tādā pašā veidā izslēdzot augsnes relatīvo blīvumu (augsnes relatīvā blīvuma iespējamā ietekme uz *Carabodes* ģints bruņērču morfoloģiju raksturota atsevišķi darba noslēdzošajās rindkopās). Modelī tika izmantotas sekojošas morfoloģisko pazīmju grupas: *X2dors* – dorsāli novietoti *in* un *h1* sariņi; *X2late* – laterāli novietoti *h3* un *p3* sariņi; *H2post* – posteriori novietoti *p2* un *p1* sariņi; *X1;2H* – pazīmes bez vērsuma jeb ķermeņa garums *L*, ķermeņa platums *W* un attālums starp kreisā un labā notogastrālā sariņa *h1* piestiprināšanās vietām *h1-h1* (6.C attēls).

Arī morfoloģisko grupu (6.B, C attēli) izmēru mainības atkarības analīzē kā būtiskākie ietekmējošie faktori tika izdalīti S, Sex, un pH. Šie faktori kopumā izskaidroja 27% datu ($p<0,001$) par *C. ornatus* morfoloģijas mainību. Līdzīgi kā atsevišķām morfoloģiskajām pazīmēm, arī morfoloģisko grupu analīzes gadījumā augsnes relatīvais sausums ietekme uz morfoloģisko mainību bija visbūtiskākā un atsevišķi izskaidroja 4% datu ($p<0,001$). Augsnes relatīvais sausums kopā ar augsnes pH, kas ir nākošais visbūtiskākais ietekmējošais faktors, abi

kopā izskaidroja 16% šīs sugas morfoloģijas mainības datu ($p < 0,001$). Pievienojot trešo visbūtiskāk ietekmējošo faktoru – bruņērču dzimumu, rezultāts izskaidroja 19% morfoloģijas datu ($p < 0,01$). Arī šajā analizē tika secināts, ka biotisko un abiotisko faktoru ietekme uz morfoloģijas mainību izpaužas saistīti.

Analizējot *C. ornatus* morfoloģisko pazīmju grupu mainības atkarību no biotiskajiem un abiotiskajiem faktoriem, konstatēts, ka būtiski ietekmējošie faktori sadalās divās atsevišķās grupās (19. attēls).



19. attēls. Biotisko un abiotisko faktoru ietekmes uz *Carabodes ornatus* bruņērču morfoloģisko pazīmju grupu izmēru mainību RDA analīze. Biotiskie un abiotiskie faktori: SexFemale – mātīšu dzimums (ar zilu krāsu izceltas statistiski būtiskākās dzimuma dimorfisma izskaidrotās morfoloģisko pazīmju grupas); SexMale – tēviņu dzimums; S – augsnes relatīvais sausums (%); H – humusa slāņa biezums (cm); pH – augsnes skābums; Vasc – vaskulāro augu projektīvais segums (%); Bryo – sūnu projektīvais segums (%) (ar zaļu krāsu izceltas statistiski būtiskākās sūnu projektīvā seguma izskaidrotās morfoloģisko pazīmju grupas); Lich – ķērpju projektīvais segums (%). Morfoloģisko pazīmju grupas (sk. 6.C attēls): *X2dors* – dorsāli novietoti *in* un *h1* sariņi; *X2late* – laterāli novietoti *h3* un *p3* sariņi; *H2post* – posteriori novietoti *p2* un *p1* sariņi; *X1;2H* – pazīmes bez vērsuma jeb ķermeņa garums *L*, ķermeņa platums *W* un attālums starp kreisā un labā notogastrālā sariņa *h1* piestiprināšanās vietām *h1-h1*.

Figure 19. RDA of size of morphological features of *C. ornatus* constrained by biotic and abiotic factors: SexFemale – sex of females (groups of morphological features that are the most explained by sexual dimorphism are indicated with a blue colour), SexMale – sex of males, S – relative dry matter content of soil (%), H – thickness of humus layer (cm), pH – mean acidity of soil, Vasc – vascular plants cover, Bryo – moss cover (groups of morphological features that are the most explained by moss cover are indicated with a green colour), Lich – lichen cover. Groups of morphological features (see also Figure 6.C): *X2dors* – dorsally directed *in* and *h1* notogastral setae; *X2late* – laterally directed *h3* and *p3* marginal notogastral setae; *X1;2H* – features without a direction e.g. body length *L*, body width *W* and distance between left and right *h1* setae insertions *h1-h1*.

Dorsāli vērsto sariņu morfoloģiskās grupas *h1* un *in* (*X2dors*) (6.C attēls) mainība uzrādīja statistiski nebūtisku pozitīvu saistību ar humusa slāņa biezumu H ($r=0,12$; $p>0,05$; $n=136$), lai arī RDA grafiskajā analīzē tie bija izkārtoti kā cieši saistīti (19. attēls). Augsnes relatīvais blīvums, ko modelis rekomendēja izņemt no analīzes, uzrādīja būtisku negatīvu korelāciju ar humusa slāņa biezumu ($r=-0,50$; $p<0,001$; $n=57$), un tas ietekmēja (RDA grafiskā analīze) dorsāli vērsto sariņu *h1* un *in* attīstību (19. attēls). Tomēr pieminētās *X2dors* morfoloģisko pazīmju grupas (6.C attēls) izmēri uzrādīja statistiski nebūtisku negatīvu korelāciju ar augsnes relatīvo blīvumu (Pīrsona tests; $r=-0,06$; $p>0,05$; $n=134$). Iepriekš pieminētie un savstarpēji saistītie faktori S un Bd statistiski nebūtiski apstiprina grafiskajā analīzē konstatējamo saistību ar dorsāli vērsto morfoloģisko pazīmju izmēru mainību (1.B, 19. attēls).

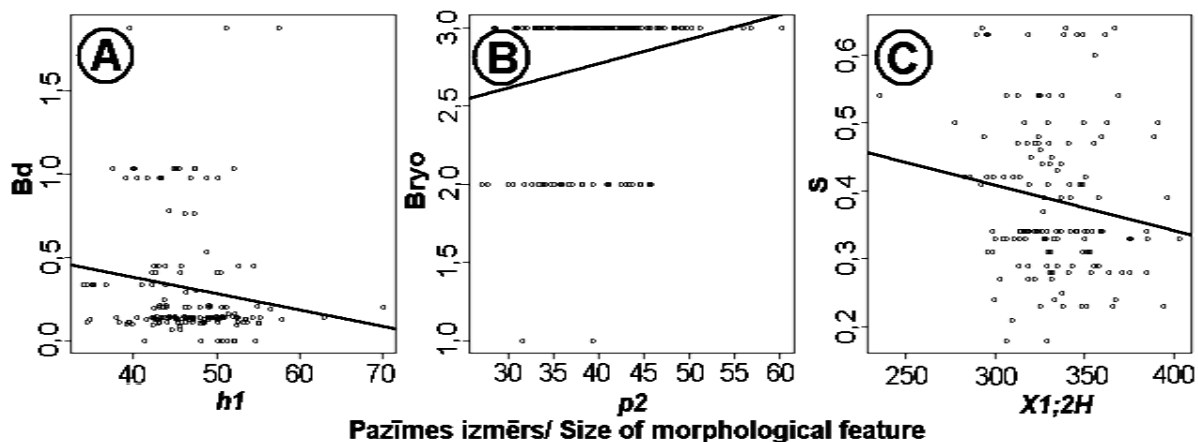
Grafiski tika reģistrēta *C. ornatus* dzimuma dimorfisma ietekme uz sugas morfoloģisko pazīmju grupas *X1;2H* izmēru mainību (6.C attēls), ko apstiprināja Kendāla korelācijas tests ($r=0,49$; $p<0,001$; $n=142$). Ķermeņa garums *L* un platums *W*, kā arī attālums no kreisā līdz labajam *h1* sariņam kopumā bija būtiski īsāki *C. ornatus* tēviņiem (SexMale), kas sakrīt arī ar literatūras datiem par dzimuma dimorfisma ietekmi uz morfoloģiju (Dindal 1990, Prinzing *et al.* 2004, Krantz, Walter 2009) (19. attēls, izcelts ar zilu). Mātītēm garāka un platāka ķermeņa

attīstība nodrošina olu attīstību, kas tēviņiem nav nepieciešama (Michael 1879b, Woodring 1970, Pauly 1952, Norton 1994, Hunt *et al.* 1999, Ermilov 2010).

Kā pēdējais *C. ornatus* morfoloģisko pazīmju grupu ietekmējošs faktors tika analizēts sūnu projektīvais segums (19. attēls, izcelts ar zaļu) un tā Kendāla korelācijas testā aprēķinātā saistība ar *X2post* un *X2late* morfoloģisko pazīmju grupu izmēru mainību bija statistiski būtiska (pazīmju grupai *X2post* – $r=0,16$; $p<0,05$; $n=132$, kā arī pazīmju grupai *X2late* – $r=0,18$; $p<0,01$; $n=143$) (6.C attēls).

Viens no bruņērču attīstības un izdzīvošanas limitējošiem faktoriem ir augsnes relatīvais sausums (Буланова-Захваткина 1967, Гиляров, Криволицкий 1975, Dindal 1990, Hunt *et al.* 1999). Sausāki apstākļi dzīvībai svarīgu procesu nodrošināšanai ir nepiemērotāki, tāpēc arī sariņu attīstība, iespējams, ir novājināta un pieaugušajām bruņērcēm to izmēri var būt īsāki augstāka augsnes sausuma apstākļos (19. attēls). Biotisko un abiotisko faktoru atsevišķas un to savstarpējās ietekmes rezultātā tiek ietekmēti arī ar bruņērču barības bāzi cieši saistīti biotiskie un abiotiskie faktori, piemēram, augsnes skābums (Anderson 1975).

Grafiski konstatētas *C. ornatus* bruņērču morfoloģisko pazīmju un biotisko un abiotisko faktoru atsevišķas korelācijas. Trīs atšķirīgi piemēri parādīti 20.A, B un C attēlā.

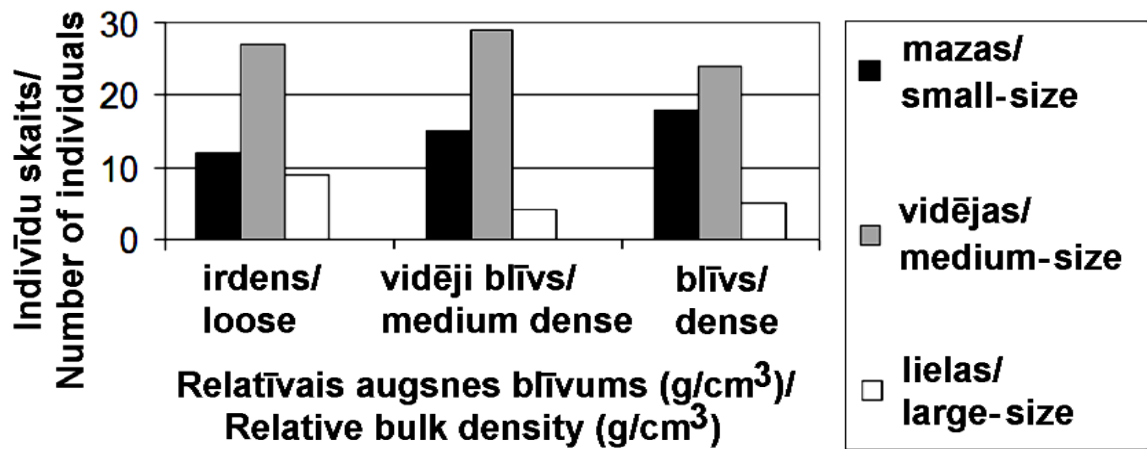


20. attēls. Biotisko un abiotisko faktoru un *C. ornatus* bruņērču morfoloģisko pazīmju savstarpējās korelācijas piemēri: A – augsnes relatīvā blīvuma (*Bd*) un notogastrālā sariņa *h1* savstarpēja negatīva korelācija ($r=-0,14$; $p<0,01$; $n=157$), B – sūnu projektīvā seguma (*Bryo*) un notogastrālā sariņa *p2* savstarpēja pozitīva korelācija ($r=0,14$; $p<0,05$; $n=140$) un C – augsnes relatīvā sausuma (*S*) un morfoloģisko pazīmju grupas *X1;2H* (pazīmes bez vērsuma jeb ķermeņa garums *L*, ķermeņa platums *W* un attālums starp kreisā un labā notogastrālā sariņa *h1* piestiprināšanās vietām *h1-h1*) savstarpēja negatīva korelācija ($r=-0,16$; $p=0,057$; $n=142$).

Figure 20. An examples of significant correlations between biotic and abiotic factors and size of morphological features of *C. ornatus* armoured mites: A – negative correlation between relative bulk density of soil (Bd) and size of notogastral seta *h1* ($r=-0,14$; $p<0,01$; $n=157$), B – positive correlation between relative dry matter content of soil (S) and body length (*L*) ($r=0,14$; $p<0,05$; $n=140$), C – negative correlation between relative dry matter content of soil (S) and size of group of morphological features *XI;2H* (features without a direction e.g. body length *L*, body width *W* and distance between left and right *h1* setae insertions *h1-h1*) ($r=-0,16$; $p=0,057$; $n=142$).

20.A attēls ilustrē, ka blīvākās augsnēs *h1* sariņu izmērs *C. ornatus* bruņērcēm ir īsāks. Šāda dorsāli vērsta *h1* sariņa izmēra atkarība no augsnes relatīvā blīvuma, iespējams, attīstījusies kā pielāgojums mehānisku iemeslu dēļ. Blīvākās augsnēs gaisa kameru un ūdens ieslēgumu īpatsvars ir zemāks, kā rezultātā bruņērcu ar garākām no ķermeņa izvirzītajām struktūrām pārvietošanās iespējas ir ierobežotas. Citos pētījumos iegūti līdzīgi rezultāti, taču humusa slāņa vietā tika raksturots augsnes epigeons un endogeons (Prinzing *et al.* 2004). 20. B attēls ilustrē, ka ar sūnām bagātākā augsnē *C. ornatus* notogastrālā sariņa izmēri ir lielāki. Šāda morfoloģiskās pazīmes izmēru atkarība no sūnu projektīvā seguma varētu būt izskaidrojama ar to, ka sūnas vai ar tām saistītas mikroskopiskās sēnes *C. ornatus* bruņērces izmanto kā barības objektus. Labvēlīgāku barošanās apstākļu gadījumā sariņu attīstība bijusi sekmēta spēcīgāk (Anderson 1975, 1977). Augstāka augsnes relatīvā sausuma apstākļos reģistrētas īsākas morfoloģisko pazīmju grupas, kas saistītas ar bruņērcu ķermeņa vispārējiem izmēriem, garuma vērtības (20.C attēls). Kā jau minēts iepriekš, sausākos apstākļos bruņērcu izdzīvošana un attīstība ir ierobežotāka, jo tās pielāgotas dzīvei mitrākās augsnēs (Dindal 1990, Hunt *et al.* 1999, Буланова-Захваткина 1967).

C. ornatus sugas morfoloģisko pazīmju grupas *XI;2H* (pazīmes bez vērsuma jeb ķermeņa garums *L*, ķermeņa platums *W* un attālums starp kreisā un labā notogastrālā sariņa *h1* piestiprināšanās vietām *h1-h1*) izmēri statistiski būtiski korelēja ar augsnes relatīvo blīvumu un saistība bija negatīva (Spīrmana tests; $r=-0,11$, $p<0,05$, $n=144$) (6.C attēls). Augsnes relatīvais blīvums (Bd) RDA analīzē kā tieši morfoloģisko mainību ierosinošs faktors netika izvirzīts. Tomēr turpinājumā būtiskākās saistības analizētas no cita rakursa, izmantojot stabiņveida diagrammas un ranžējot gan bruņērcu morfoloģisko pazīmju grupas izmērus, gan augsnes relatīvā blīvuma vērtības trīs klasēs (21. attēls).



21. attēls. Maza izmēra (277—319 μ m), vidēja izmēra (320—361 μ m) un liela izmēra (362—403 μ m) *C. ornatus* bruņērču īpatņu skaita sadalījums dažāda blīvuma raksturojuma augsnēs skujkoku mežu biotopos Slīteres nacionālajā parkā 2008. gada oktobrī ievāktajos paraugos. Augsnis blīvuma klases: irdenas augsnes (Bd<0,135g/cm³); vidēji blīvas augsnes (Bd=0,135—0,203 g/cm³); blīvas augsnes (Bd>0,203 g/cm³).

Figure 21. Dependence of body size of *C. ornatus* mites on relative dry bulk density of soil: loose soil (Bd<0,135g/cm³); medium dense soil (Bd=0,135—0,203 g/cm³) and dense soil (Bd>0,203 g/cm³). Body size classes: small sized (277—319 μ m); medium sized (320—361 μ m) and large sized (362—403 μ m) armoured mites.

Maza izmēra un liela izmēra bruņērķes īpaši selektīvi izvēlas piemērotāka blīvuma augsnes (21. attēls). Blīvās augsnēs lielāka izmēra *C. ornatus* būs sastopamas retāk, bet irdenākās augsnēs – biežāk. Vidēja izmēra bruņērķēm preference kādam no augsnes blīvuma tipiem ir zemāka. Šāds sadalījums skaidrojams ar dzīvībai svarīgām kustībām un lokomocijas spējām, saistībā ar mehāniskajiem apstākļiem augsnē. Gadījumā, kad gaisa kameru blīvums un īpatsvars noteiktā platībā būs zemāks, lielākā izmēra bruņērķes nespēs to apdzīvot traucētas pārvietošanās un berzes dēļ. Rezultātā iespēja kolonizēt blīvus apgabalus rodas mazāka izmēra indivīdiem (Prinzing *et al.* 2004) (21. attēls).

Citu, šajā nodaļā mazāk pieminētu faktoru, kā piemēram, iekšsugas konkurence (indivīdu skaits paraugā), neuzrādīja būtiskas saistības ne ar atsevišķu morfoloģisko pazīmju izmēru mainību, ne arī ar morfoloģisko pazīmju grupu izmēru mainību.

Carabodes subarcticus. Analizējot *C. subarcticus* morfoloģijas mainības atkarību no dažādu faktoru ietekmes, galvenokārt, tika skaidrotas morfoloģiskās pazīmes atsevišķi (6.A attēls), jo pazīmju grupu analīzes būtiskums netika aprēķināts kā statistiski pietiekams ($p<0,05$). *Forward selection* modeļa RDA analīzē visu izvēlēto biotisko un abiotisko faktoru (Sex, S, Lich,

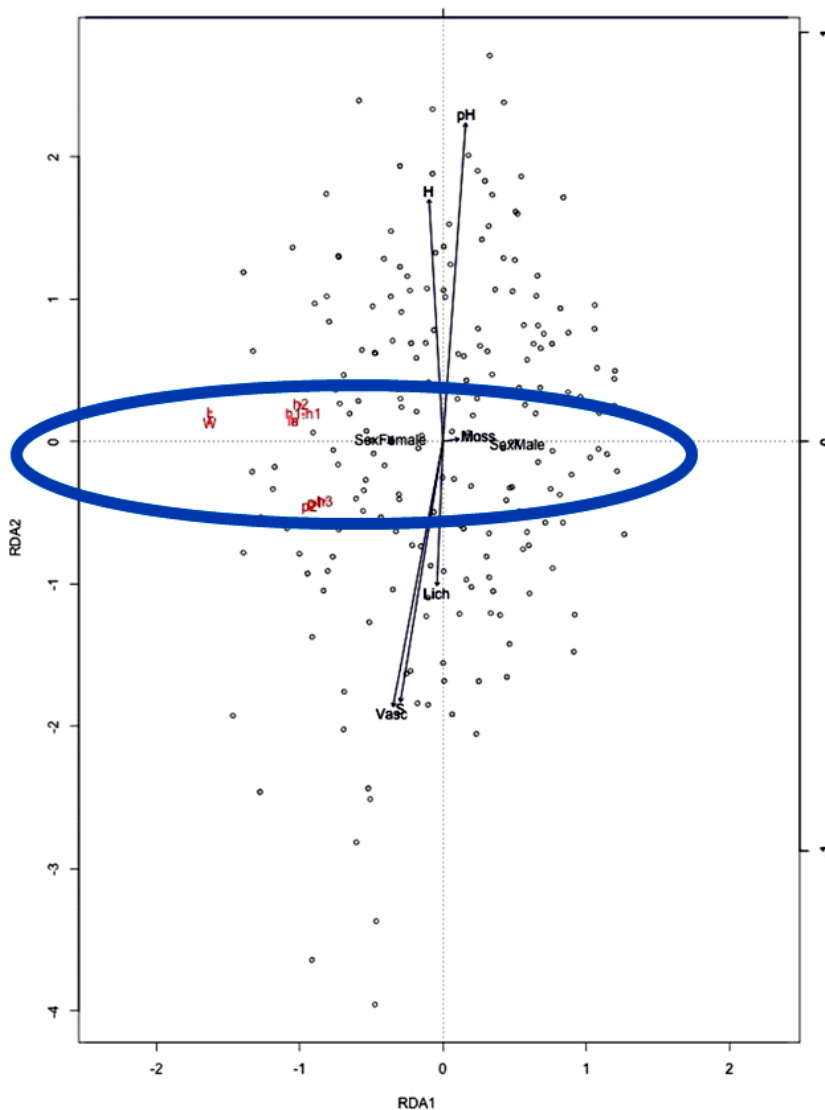
Bryo, Vasc, H, pH un S) izpausme izskaidroja 27% no kopējās morfoloģisko pazīmju izmēru mainības ($p < 0,001$). *Stepwise* testā tika noskaidroti trīs būtiskākie *C. subarcticus* morfoloģijas mainību ietekmējošie faktori: Sex, pH un H. Šie faktori kopumā izskaidroja 27% datu ($p < 0,001$) par *C. subarcticus* morfoloģijas mainību un to savstarpējā ietekme bija būtiska ($p < 0,05$). *C. subarcticus* dzimums izskaidroja 20% datu ($p < 0,001$) un tā ietekme uz morfoloģisko pazīmju izmēru mainību bija visbūtiskākā. Bruņērču dzimums analizē ņemts kopā ar humusa slāņa biezumu, kas ir nākošais būtiskākais ietekmējošais faktors, abi kopā izskaidroja 22% morfoloģisko pazīmju mainību ($p < 0,001$). Ja iesāktajam analīzes modelim pievienoja trešo visbūtiskāk ietekmējošo faktoru – bruņērču dzimumu – rezultāts izskaidroja 23% morfoloģijas datu ($p < 0,01$). Minētā analīze parādīja, ka biotisko un abiotisko faktoru ietekme uz morfoloģiju izpaužas saistīti, taču ievērojami būtiskāka ir tieši dzimuma ietekme uz pazīmju mērījumu mainību.

Analizējot *C. subarcticus* morfoloģisko pazīmju mainības atkarību no biotiskajiem un abiotiskajiem faktoriem grafiski, konstatēts, ka dati no trīs izvirzītiem būtiski ietekmējošiem faktoriem nav organizēti grupās (22. attēls). Iepriekšējās rindkopās izklāstā par *C. ornatus* sugu bruņērču potenciālās auglības (olu skaita uz mātīti) nebūtiskā ietekme ($p > 0,05$) uz morfoloģijas mainību jau tika pieminēta. Taču *C. subarcticus* gadījumā atsevišķi tika konstatēta ķermeņa platuma L un mātīšu potenciālās auglības F būtiska savstarpējā saistība ($r = 0,21$; $p < 0,001$; $n = 214$). Ne mazāk būtiskas saistības ar faktoru F tika aprēķinātas arī ķermeņa garuma L izmēru mainībai ($r = 0,23$; $p < 0,001$; $n = 214$). Olu attīstībai mātīšu ķermenī nepieciešama ievērojami liela telpas daļa no ķermeņa visas iekšējās telpas, tāpēc mātītes attīstās proporcionāli platākas, lai sekmētu olu attīstību, kas tēviņiem ar mazāku ķermeņa izmēru nav nepieciešams (Michael 1879b, Woodring 1970, Pauly 1952, Norton 1994, Hunt *et al.* 1999, Ermilov 2010).

Olu skaits uz mātīti (F) ir cieši saistīts ar dzimumu, kas bija galvenais morfoloģijas mainības ietekmējošs faktors, un šo sakarību visbūtiskāk ilustrēja ķermeņa garuma L un platuma W mērījumu vērtības (Kendāla tests L pazīmei: $r = 0,59$; $p < 0,001$; $n = 568$, un W pazīmei: $r = 0,61$; $p < 0,001$; $n = 569$) (22. attēls, izcelts ar zilu).

Forward selection analizē nebija iespējams izsekot atsevišķām sūnu projektīvā seguma, kā arī augsnes relatīvā sausuma korelācijām ar morfoloģisko pazīmju izmēru mainību. Kendāla testā aprēķinātā notogastrālo sariņu $h2$, la un $p2$, kā arī ķermeņa garuma L būtiskās ($r = 0,08$ — $0,12$; $p < 0,05$) saistības ar sūnu projektīvo segumu līdzīgā veidā skaidrota jau iepriekšējā nodaļā *C. ornatus* sugai. Tā pat kā *C. ornatus*, arī augsnes relatīvais sausums būtiski ietekmēja *C. subarcticus* morfoloģisko mainību (piemērs ar $h2$ izmēru mainības atkarību; Spīrmana tests; $r =$

0,09; $p < 0,05$). Pārējo faktoru ietekme uz *C. subarcticus* morfoloģijas mainību nebija būtiska ($p > 0,05$).



22. attēls. Biotisko un abiotisko faktoru ietekmes uz *Carabodes subarcticus* bruņērču morfoloģisko pazīmju izmēru mainību RDA analīze. Biotiskie un abiotiskie faktori: SexFemale – mātīšu dzimums (ar zilu krāsu izceltas statistiski būtiskākās dzimuma dimorfisma izskaidrotās morfoloģiskās pazīmes grupas); SexMale – tēviņu dzimums; S – augsnes relatīvais sausums; H – humusa slāņa biezums (cm); pH – augsnes skābums; Vasc – vaskulāro augu projektīvais segums (%); Bryo – sūnu projektīvais segums (%); Lich – ķērpju projektīvais segums (%). Morfoloģiskās pazīmes: h2, la, h1 – dorsāli vērsti mediālie notogastrālie sariņi; h3, p3, p2, p1 – laterāli vērsti marginālie notogastrālie sariņi; h1-h1 – attālums starp kreisā un labā notogastrālā sariņa h1 piestiprināšanās vietām; L – ķermeņa garums; W – ķermeņa platumus.

Figure 22. RDA of size of morphological features of *C. subarcticus* constrained by biotic and abiotic factors: SexFemale – sex of females (the most explained groups of morphological features by sexual dimorphism are indicated with a blue colour), SexMale – sex of males, S - relative dry matter content of soil (%), H – thickness of humus layer (cm), pH – mean acidity of soil, Vasc – vascular plants cover, Bryo – moss cover, Lich – lichen cover. Morphological features: h2, la, c2,

lm, lp, hl – dorsally directed medial notogastral setae; *h3, p3, p2, p1* – laterally directed marginal notogastral setae; *hl-hl* – distance between left and right *hl* setae insertions; *L* – body length; *W* – body width.

Balstoties uz iegūtajiem rezultātiem un to analīzi, secināms, ka izvirzītā hipotēze par to, ka *Carabodes* ģints bruņērču morfoloģijas mainību kompleksi var ietekmēt dažādu biotisko un abiotisko faktoru iedarbība, ir apstiprinājies.

Analizējot biotisko un abiotisko faktoru ietekmi uz bruņērču morfoloģijas mainību, secināms, ka konkrēta faktora ietekme uz morfoloģijas mainību izpaužas netieši, ietekmējot pārējos biotiskos un abiotiskos faktorus, kā arī barības bāzi (Anderson 1975), kas atsaucas uz bruņērču morfoloģisko pazīmju attīstības sekmēm (Hunt *et al.* 1999, Prinzing *et al.* 2004) jeb izmēru.

Sugu noteikšanas gaitā turpmākajā darbā ar *Carabodes* ģints, kā arī citu grupu bruņērcēm būtu ieteicams ņemt vērā morfoloģijas mainību (Avanzati *et al.* 2004). Joprojām trūkst pierādījumu par morfoloģijas mainību ietekmējošiem faktoriem *Carabodes* un vēl jo vairāk citu grupu bruņērcēm, kā arī augstākām taksonomiskajām grupām. Šī darba eksperimentu turpinājumā svarīgākais būtu raksturot dažādu faktoru ietekmi uz morfoloģisko mainību, izmantojot genoma raksturošanu, kā arī padziļināti analizēt antropogēno faktoru ietekmes uz morfoloģisko pazīmju mainību (Dubinina, Alekseev 1995, Salomone *et al.* 2003, Avanzati *et al.* 2004, Dabert 2006, Lee *et al.* 2006, Heethoff *et al.* 2011).

Turpmākajā citu autoru taksonomiskajā darbā gan ar *Carabodes*, gan citām bruņērču ģintīm autors iesaka ņemt vērā ne tikai morfoloģisko pazīmju esošo raksturojumu, bet arī biotisko un abiotisko faktoru kopumu, kas morfoloģiskās pazīmes var gan potenciāli ietekmēt, to attīstības gaitā caur barības bāzi, gan regulēt pēc to lieluma mehānisku apsvērumu dēļ.

4. SECINĀJUMI

1. Pētījumā apsekotajos trīs dažādajos biotopos ievāktas 858 *Carabodes* ģints bruņērces, kas sugu līmenī demonstrēja specializāciju biotopam. Priežu sila biotopā konstatēts visaugstākais *Carabodes* bruņērču blīvums, skaitliski dominējot *C. ornatus* STORKAN, 1925 bruņērcēm.

2. Salīdzinot *C. femoralis* (NICOLET, 1855), *C. labyrinthicus* (MICHAEL, 1879a), *C. ornatus* un *C. subarcticus* (TRÄGÅRDH, 1902) bruņērču pazīmju mērījumus starp divām dažādām mikroskopijas metodēm, secināms, ka līdz šim bruņērču pētījumos tradicionāli pielietotās caurstarajošās gaismas mikroskopijas mērījumi iegūstami ar lielāku kļūdu (standartnovirzi un variāciju). Konfokālās lāzer-skenējošās mikroskopijas gaitā pētāmā objekta projekciju pēc orientācijas telpā ir iespējams fiksēt pilnībā un, balstoties uz perspektīvas teoriju, veikt morfoloģiskās struktūras precīzākus mērījumus ar lielāku vidējo vērtību.

3. Kvalitatīvās morfoloģiskās pazīmes, kas *Carabodes* sugu noteikšanā līdz šim izmantotas pamatā, ir balstītas uz binomiālā sadalījuma datu analīzi. Tās ir interpretējamās subjektīvāk un ar zemāku mainību nekā kvantitatīvās pazīmes. Precīzākai sugu ar augstu mainību noteikšanai kā papildinošas iesakāmas izmantot kvantitatīvās morfoloģiskās pazīmes, kuru datu analīzē iegūstami normālie sadalījumi un iespējams objektīvāk interpretēt morfoloģiskās mainības raksturu.

4. Analīzes par morfoloģisko mainību ticamību būtiski ietekmē paraugkopas apjoms. Līdzšinējā praksē aprakstītas nelielas ($n < 25$) bruņērču sugu (ieskaitot *Carabodes*) paraugkopas, kas var rezultēties nepilnīgos datus par morfoloģisko pazīmju izmēru diapazoniem, kā arī sugas mainību.

5. Morfoloģisko pazīmju statistiskajā analīzē tika pierādīts, ka *Carabodes femoralis*, *C. labyrinthicus*, *C. ornatus* un *C. subarcticus* bruņērcēm iespējama būtiska sariņu un ķermeņa izmēru mainība. Sariņu izmēru mainība ir cieši saistīta ar ķermeņa izmēru mainību, kas skaidrojams ar bruņērču morfoloģisko pazīmju ģenētiski noteiktu attīstību.

6. *Carabodes femoralis* no *C. labyrinthicus* un *C. ornatus* iespējams atšķirt pēc pazīmju – notogastrālo sariņu $p3$ un $h3$ izmēriem, kas savstarpēji būtiski atšķiras.

7. Priežu mētrāju apdzīvojošām *Carabodes ornatus* bruņērcēm laterāli vērstie notogastrālie sariņi ir īsāki, ko, iespējams, ietekmē šim biotopam raksturīgo biotisko un abiotisko faktoru atšķirīga izpausme.

8. *Carabodes ornatus* bruņērču morfoloģijas mainību vistīcamāk ietekmē ne tikai dažādu biotisko un abiotisko faktoru, kā piemēram, augsnes relatīvā sausuma un sūnu projektīvā seguma savstarpēja mijiedarbība, bet arī tādu faktoru kā dzimuma dimorfisma un potenciālās auglības tieša biofunkcionāla iedarbība, kā arī relatīvā augsnes blīvuma tieša, mehāniska iedarbība.

9. *Carabodes subarcticus* bruņērču morfoloģijas mainību, galvenokārt, ietekmē dzimuma dimorfisms, bet augsnes relatīvā sausuma un sūnu projektīvā seguma ietekmes ir ievērojami mazāk būtiskas.

10. Konkrēta faktora ietekme uz morfoloģijas mainību var izpausties arī netieši, ietekmējot pārējos biotiskos un abiotiskos faktoros, kā arī barības bāzi, kas, savukārt, ietekmē bruņērču morfoloģisko pazīmju attīstības sekmes jeb izmēru.

5. PATEICĪBAS

Izsaku pateicību darba vadītājam Dr. biol. Voldemāram Spuņģim par palīdzību darba tapšanā un konsultācijām bruņērču ekoloģijas jautājumos, kā arī darba konsultantam Dr. biol. Tūram Selgam par konsultācijām mikroskopijas metožu jautājumos. Pateicību izsaku Dr. biol. Rojam Nortonam (ASV), Dr. biol. Valērijai Behan-Pelletier (Kanāda), Dr. biol. Fabio Bernini (Itālija), Dr. biol. Heinriham Šatzam (Austrija), Dr. biol. Astrīdai Teilorei (Lielbritānija), Dr. biol. Frenkam Monsonam (Lielbritānija), Dr. Biol. Džordžam Vautijam (Beļģija), Dr. biol. Ritvai Penttinen (Somija), Dr. biol. Irēnai Eitminačiviūtei (Lietuva) un Dr. biol. Makai Murvanidzei (Gruzija) par sniegtajiem ieteikumiem bruņērču morfoloģijas izpētes jautājumos un palīdzību zinātniskās literatūras apguvē. Pateicību izsaku arī Dr. biol. Inetai Salmanei par palīdzību darbā LU Bioloģijas institūta Bioindikācijas laboratorijā, Dr. phys. Aloizijam Patmalniekam par palīdzību darbā LU Bioloģijas fakultātes Mikrobioloģijas un biotehnoloģijas katedras Elektronmikroskopijas laboratorijā, kā arī Mag. biol. Valteram Gobiņam un Dr. biol. Raimondam Popļauskim par palīdzību darbā LU Bioloģijas fakultātes Molekulārās bioloģijas katedras Mikroskopijas laboratorijā. Pateicību izsaku Dr. biol. Guntim Taboram par palīdzību augsnes paraugu analīzē LU Bioloģijas fakultātes Botānikas un augu ekoloģijas katedras Augsnes laboratorijā. Pateicību izsaku arī Mag. biol. Kristapam Vilkam par palīdzību karšu materiālu izstrādē. Pateicību izsaku Dr. biol. Didzim Elfertam un Dr. biol. Guntim Brūmelim par konsultācijām datu statistiskajā apstrādē un ieteikumiem angļu valodas lietojumā. Pateicību izsaku Dr. biol. Dacei Pjanovai un Dr. med. Rūtai Brūverei par sniegto iespēju strādāt ar konfokālo lāzer-skenējošo mikroskopu Biomedicīnas pētījumu un studiju centra Mikroskopijas laboratorijā un Dr. chem. Donātam Ertam par sniegto iespēju strādāt ar skenējošo elektronmikroskopu LU Ķīmiskās fizikas institūta Skenējošās elektron-mikroskopijas laboratorijā.

Darbs izstrādāts ar Eiropas Sociālā fonda atbalstu projektā „Atbalsts doktora studijām Latvijas Universitātē”, projekta Nr.: 2009/01381 IDP/1.1.2.1.2./ 09APIN VIAN004.

6. IZMANTOTĀ LITERATŪRA UN AVOTI

Abramowitz M. 2003. *Microscope Basics and Beyond*. Melville: Olympus America Inc, 44 pp.

Alberti G., Storch V., Renner H. 1981. Über den feinstrukturellen Aufbau der Milbencuticula (Acari, Arachnida). – *Zoologische Jahrbuecher Abteilung fuer Anatomie und Ontogenie der Tiere*, 105: 183-236.

Alberti L.B. 1540. *De pictura*. Basel: Westheimer.

Anderson J.M. 1975. Succession, diversity and trophic relationships of some soil animals in decomposing leaf litter. – *Animal Ecology*, 44: 475-495.

Anderson J.M. 1977. The organization of soil animal communities. – In: Lohmm U., Persson T. (eds.), *Soil organisms as components of ecosystems*, Proc. 6th Ecol. Bull., Stockholm: Sweedinhsh Natural Science Research Council, 25:15-23.

Anonymous 1993. International Organization of Standartization. Soil quality – Determination of dry matter and water content on a mass basis – Gravimetric method, ISO 11465:1993. http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_is/.

Anonymous 1998. International Organization of Standartization. Soil quality – Determination of dry bulk density, ISO DIS 11272:1998. International stage code: 90.92 (2014-12-15). http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_is/.

Anonymous 2001. International Organization of Standartization. Soil quality – Determination of soil water content as a volume fraction using coring sleeves – Gravimetric method, ISO 11461:2001. http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_is/.

Anonymous 2003. *Instruction Manual – Model S-4800 Field Emission Scanning Electron Microscope (User's Operation/ Maintance Edition)*. Tokyo: Technologies Corporation, 714 pp.

Anonymous 2005. International Organization of Standartization. Soil quality – Determination of pH, ISO 10390:2005. http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=40879.

Anonymous 2009. *Latvijas Ģeotelpiskās Informācijas aģentūra. Ortofoto kartes*. <http://www.lgia.gov.lv/>.

Aoki J. 1964. A new aquatic Oribatid mite from Kauai Island. – *Pacific Insects*, 6: 483-488.

Aoki J. 1965. Oribatiden (Acarina) Thailand. I. Nature and Life in Southeast Asia 4: 129-193.

- Arhipova I., Bāliņa S. 1999. Statistika ar Microsoft Excel 97' ikvienam. I un II daļa. Rīga: datorzinību centrs, 304 lpp.
- Avanzati A.M., Salomone N., Baratti M., Bernini F. 2004. Genetic diversity in the *Carabodes marginatus* species group (Acarida, Oribatida, Carabodidae) as inferred from allozymes. – *Journal of Natural History*, 38: 1297-1940.
- Balogh J. 1972. The oribatid genera of the world. Budapest: Akadémiai Kiadó, 288 pp.
- Balogh J., Mahunka S. 1983. Primitive oribatids of the Palaearctic region. Budapest: Akadémiai Kiadó, 372 pp.
- Baltes H., Brand O., Fedder G.K., Hierold C. 2004. Advanced Micro & Nanosystems. Volume 1. Enabling Technology for MEMS and Nanodevices. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, 427 pp.
- Baran S., Altun A., Ayyildiz N., Kence A. 2011. Morphometric analysis of oppiid mites (Acari, Oribatida) collected from Turkey. – *Experimental and Applied Acarology*, 54: 411-420.
- Baranovska A. 2007. A Checklist of Latvian Oribatida. – *Latvijas Entomologs*, 44: 5-10.
- Baratti M., Bernini F. 1994. Taxonomic revision of *Carabodes coriaceus* C.L. Koch, 1836 and *C. arduinii* Valle, 1955 (Acari: Oribatida). – *Acarologia*, 35: 247-265.
- Bard A.J. 1994. Integrated chemical systems: a chemical approach to nanotechnology. New York: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, 476 pp.
- Beck L., Woas S. 1991. Die Oribatiden-Arten (Acari) eines sudwestdeutschen Buchenwaldes I. – *Carolina*, 49: 37-82.
- Behan-Pelletier V.M. 1993. Eremaeidae (Acari: Oribatida) of North America. – *Memoirs of the Entomological Society of Canada*. 168: 1-193.
- Bellido A. 1978 Développement postembryonnaire de *Carabodes wilmanni* Bernini 1975. – *Acarologia*, 10(3):419-432.
- Bergmann P., Heethoff M. 2012. Development of the internal reproductive organs in early nymphal stages of *Archezogetes longisetosus* Aoki (Acari, Oribatida, Trhypochthoniidae) as obtained by synchrotron X-ray microtomography (SR- μ CT) and transmission electron microscopy (TEM). – *Soil Organisms*, 84(2): 459-470.
- Berlese A. 1916. Centuria terza di Acari nuovi. – *Redia*, 19: 289-338.
- Bernini F. 1970. Nolulae Oribatologicae II. Gli Oribatei (Acarida) delle Alpi Apuane (1a serie). – *Lavori della Societa Italiana di Biogeografia*, 1: 390-432.
- Bernini F. 1975 Notulae Oribatologicae XII. Una nuova especie di *Carabodes affine* a *C. minusculus* Berlese, 1923 (Acarida, Oribatei). – *Redia*, 56: 455-471.

Betz O., Wegst U., Weide D., Heethoff M., Helfen L., Lee W., Cloetens P. 2007. Imaging applications of synchrotron X-ray phase-contrast microtomography in biological morphology and biomaterials science. I. General aspects of the technique and its advantages in the analysis of millimetre-sized arthropod structure. – *Journal of Microscopy*, 227(1): 51-71.

Borisenko V.E., Ossicici S. 2004. What is what in Nanoworld: a Handbook on Nanoscience and Nanotechnology. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, 347 pp.

Buryn R., Ushers M.B. 1986. A morphometric study of the mite, *Oppia loxolineata*, in the Maritime Antarctic. – *British Antarctic Survey*, 73: 47-50.

Caballero A.I., Iturrondobeitia J.C., Saloña M.I. 1999. A biometrical study of *Berniniella serratirostris* (Acari: Oribatei) and some related species. – In: Bruin J., Geest van der L.P., Sabelis M.W. (eds.), *Ecology and Evolution of the Acari*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 569-579.

Cancela de Fonseca J.P. 1970. Définition morphométrique du notogaster de quelques especes du genre *Oppia* C.L. Koch (Acariens Oribates). – *Acarologia*, 12(3): 583-604.

Cao Y., Hawkins C.P., Vinson M.R. 2003. Measuring and controlling data quality in biological assemblage surveys with special reference to stream benthic macroinvertebrates. – *Freshwater Biology*, 48: 1898-1911.

Cardini A., Elton S. 2007. Sample size and sampling error in geometric morphometric studies of size and shape. – *Zoomorphology*, 126: 121-134.

Chetverikov P.E. 2014. Distal oviduct and genital chamber of eriophyoids: refined terminology and remarks on CLSM technique for studying musculature of mites. – *Experimental and Applied Acarology*, 64(4): 407-428.

Chetverikov P.E., Craemer C., Vishnyakov A.E., Sukhareva S.I. 2014. CLSM anatomy of international genitalia of *Mackella reclinata* n.sp. and systematic remarks on eriophyd mites from the tribe Mackiellini. – *Zootaxa*, 3860(3): 261-279.

Chetverikov P.E., Desnitsky A.G., Navia D. 2015. Confocal microscopy refines generic concept of a problematic taxon: rediagnosis of the genus *Neoprothrix* and remarks on female anatomy of eriophyoids (Acari: Eriophyoidea). – *Zootaxa*, 3919(1): 179-191.

Claxton N.S., Fellers T.J., Davidson M.W. 2005. Laser scanning confocal microscopy. Department of Optical Microscopy and Digital Imaging, Tallahassee: National High Magnetic Field Laboratory, Florida State University, 37 pp.

Coetzee L. 2010. Species or morphological variation? A multivariate morphometric analysis of *Afroleius simplex* (Acari: Oribatida: Haplozetidae). – In: Sabelis M.W., Bruin J. (eds.), Trends in Acarology. Proceedings of the 12th International Congress, Dordrecht: Springer, 267-269.

Coineau Y. 1974. Eléments pour une monographie morphologique, écologique et biologique des Caeculidae (Acariens). – Mémoires du Muséum national d'Histoire Naturelle (A) (Zoologie), 81: 1–299.

Dabert M. 2006. DNA markers in the phylogenetics of the Acari. – Biological Letters, 43(2): 97-107.

Deichsel R. 2005. A morphometric analysis of the parthenogenetic oribatid mites *Hydrozetes lacustris* and *Hydrozetes parisiensis* sister species or morphotypes? – Phytophagia, 14: 377-382.

Dindal D.L. 1990. Soil Biology Guide. Durham: University of New Hampshire, 1980 pp.

Dubinina E.V., Alekseev A.N. 1995. Skeleton changes in the oribatid mites under the influence of the heavy metal ions accumulation. – Acarina, 2: 81-94.

Dunger W., Fiedler H.J. 1997. Methoden der Bodenbiologie. Jena: Gustav Fischer Verlag, 539 S.

Eeva T., Penttinen R. 2009. Leg deformities of oribatid mites as an indicator of environmental pollution. – Science of the Total Environment, 407: 4771-4776.

Eglitis V. 1943. Material zur Oribatidenfauna Lettlands. – Folia Zoologica et Hydrobiologica, 12(1): 122-128.

Eitminavičiūtė I. 2003. Lietuvos dirvožemių erkės (Acari) katalogas (Soil Mites of Lithuania (Acari) Catalogue). Vilnius: Vilniaus universiteto Ekologijos institutas, 168 pp.

Elmes G.W., Webb N.R. 1972. An interpretation of morphometric and gravimetric differences shown by adult *Steganocarus magnus* (Acari: Cryptostigmata). – Journal of Zoology London, 166: 19-24.

Engelmann A.D. 1978. Dominant Klassifizierung von Bodenarthropoden. – Pedobiologia, 18: 378-380.

Ermilov S.G. 2009a. Ontogeny of oribatid mite *Nanhermannia coronata* (Acari: Oribatida: Nanhermanniidae). – Entomological Review, 89(3): 314-322.

Ermilov S.G. 2009b. The morphology of the oribatid mite *Poroliodes farinosus* (Oribatida, Neolioididae). – Entomological review, 89(6): 637-644.

Ermilov S.G. 2010. The structure of ovipositor in higher oribatid mites (Acari, Oribatida, Brachipylina). – Entomological review, 90(6): 783-792.

- Ermilov S.G. 2011. The biology of the development of the oribatid mite *Carabodes subarcticus* (Oribatida: Carabodidae). – Entomological Review, 91(4): 515-523.
- Ermilov S.G., Lochinska M., Olszanowski Z 2008. The cultivation and morphology of juvenile stages of two species from genus *Scutovertex* (Acari: Oribatida: Scutoverticidae). – Annales Zoologici, 58(2): 433-443.
- Ermilov S.G., Ryabinin N.A., Anichkin A.E. 2012. The morphology of the juvenile stages of two oribatid species of the family Hermanniidae (Acari). – Entomological review, 92(7): 815-826.
- Ermilov S.G., Sidorchuk E.A., Rybalov L.B. 2010. Morphology of the juvenile stages of *Pedrocortesella africana* Pletzen, 1963 *Aleurodamaeus africanus* Mahunka, 1984. – Annales Zoologici, 60(3): 391-406.
- Evans G.O., Sheals J.G., Macfarlane D. 1968. The Terrestrial Acari of the British Isles. An Introduction to their Morphology, Biology and Classification. Vol. 1. Introduction and Biology. Oxford: Alden Press, 223 pp.
- Fernandez N., Theron P., Rollard C. 2013. The family Carabodidae (Acari: Oribatida) I. Description of a new genus, *Bovicarabodes* with three new species, and the redescription of *Hardybodes mirabilis* Balogh. – International Journal of Acarology, 39(1): 26-57.
- Fujikawa T. 1995. Comparison among populations of *Tectocepheus velatus* (Michael, 1880) from forests, grasslands and crop field. – Edaphologia, 55: 1-82.
- Fujikawa T. 1999. Individual variations of two reared oribatid species, *Tectocepheus velatus* (Michael, 1880) and *Oppiella nova* (Oudemans, 1902). – Edaphologia, 62: 11-46.
- Grandjean F. 1931. Observations sur les Oribates (1^{re} serie). – Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle (2), 3: 131-144.
- Grandjean F. 1949. Observation et conservations de tres petit Arthropodes. – Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle, 21(3): 363-370.
- Grandjean F. 1952. Sur les variations individuelles. Vertitions (ecarts) et anomalies. – Comptes-Rendus de l'Academie des Sciences, 235: 640-643.
- Grandjean F. 1956. Observations sur les Galumnidae. I. série (Acariens, Oribates). – Revue Francaise d'Entomologie, 23: 137-146.
- Grandjean F. 1959. Sur le genre *Mochlozetes* Grandj. 1930 (Oribatei). – Acarologia, 1: 452-474.
- Griffiths D.A., Macfarlane D., Sheals J.G. 1971. The scanning electron microscope in Acarology. – Annales de Zoologie Ecologie Animale, 3(1): 49-55.

Haarlov N. 1952. Systematics and ecology of the genus *Tectocepheus* Berlese, 1896 (Acarina). – Entomologisk Meddelelser, 26(5): 424-427.

Haimi J., Laamanen J., Penttinen R., Rätty M., Koponen S., Kellomäki S., Niemelä P. 2005. Impacts of elevated CO₂ and temperature on the fauna of boreal forests. – Applied Soil Ecology, 30: 104-112.

Hammen L. 1980. Glossary of acarological terminology. Hague: Dr. W. Junk Publishers, 284 pp.

Hammen Van der 1952. The Oribatei (Acari) of the Netherlands. – Zoologische Verhandelingen, 17: 1-139.

Heethoff M., Laumann M., Weigmann G., Rasputnig G. 2011. Integrative taxonomy: Combining morphological, molecular and chemical data for species delineation in the parthenogenetic *Trhypochthonius tectorum* complex (Acari, Oribatida, Trhypochthoniidae). – Frontiers in Zoology, 8: 2.

Hunt G.S., Norton R.A., Kelly J.P.H., Colloff M.J., Lindsay S.M. 1999. An Interactive Glossary of Oribatid mites. New York: Academic Press, 672 pp.

Jonathan B. 1984. The complete works of Aristotle: the revised Oxford Translation. Princeton: Princeton University Press, 1256 pp.

Kabucis I. 2001. Latvijas biotopi. Klasifikātors. Rīga: Preses nams, 96 lpp.

Kagainis U. 2008. *Carabodes* C.L.Koch, 1835 ģints bruņērču (Acari: Oribatida: Carabodidae) sugu sastāvs dažādos biotopos un morfoloģiskā mainība. Bakalaura darbs. Rīga: Latvijas Universitāte, 41 lpp.

Kagainis U. 2010a. *Carabodes* C.L.Koch, 1835 ģints bruņērču (Acari: Oribatida: Carabodidae) sugu sastāvs un morfoloģijas mainība atkarībā no vides faktoriem Slīteres nacionālajā parkā. Maģistra darbs. Rīga: Latvijas Universitāte, 50 lpp.

Kagainis U. 2010b. *Carabodes rugosior* Berlese, 1916 and *C. subarcticus* Trägårdh, 1902 – New Species of Oribatid Mites (Acari: Oribatida: Carabodidae) for Fauna of Latvia, with Brief Discussion of Their Microscoping. – Latvijas Entomologs, 48: 115-117.

Kagainis U. 2011. Revision of the checklist of Latvian oribatid mites (Acari: Oribatida) with notes on previous studies and new species for the fauna of Latvia. – Latvijas Entomologs, 50: 31-40.

Kagainis U. 2014. A morphometrical study of oribatid mites (Acari: Oribatida) of the genus *Carabodes* CL Koch, 1835 (Carabodidae) using a Confocal Laser Scanning Microscope - an

alternative approach to quantitative analysis of various features. – *Zoomorphology*, 133(2): 227-236.

Kagainis U. 2015. Use of quantitative morphological analysis combined with a large sample size for estimating morphological variability in a case study of armoured mite *Carabodes subarcticus* Trägårdh, 1902 (Acari: Oribatida: Carabodidae). – *Proceedings of Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact and Applied Sciences*, 69(6): 314-325.

Kagainis U., Spungis V., Melecis V. 2014. The armoured mite fauna (Acari: Oribatida) from a long-term study in the Scots pine forest of the Northern Biosphere Reserve, Latvia. – *Fragmenta Faunistica*, 57(2): 141-149.

Karasawa S., Hijii N. 2004. Morphological modifications among oribatid mites (Acari: Oribatida) in relation to habitat differentiation in mangrove forests. – *Pedobiologia*, 48: 383-394.

Karppinen E., Krivolutsky D.A. 1982. List of oribatid mites (Acarina, Oribatei) of Northern palaeartic region. 1. Europe. – *Acta Entomologica Fennica*, 41: 1-18.

Klaus A.V. 2006. Novel methodology utilizing confocal laser scanning microscopy for systematic analysis in arthropods (Insecta). – *Integrative and Comparative Biology*, 46: 207-214.

Koch C.L. 1835. Deutschlands Crustaceen, Myriapoden und Arachniden. Regensburg, Heft 3.

Kochońska M., Olszanowsky Z. 2008. The abnormal morphology of the oribatid mite from the genus *Platynothrus* (Acari: Oribatida: Camisiidae). – *Acarologia*, 48(1-2): 111-114.

Krantz G.W., Walter D.E. 2009. *A Manual of Acarology*. Third Edition. Lubbock: Texas Tech University Press, 807 pp.

Krzanowska H., Łomnicki A., Rafiński., Szarski H., Szymura J. M. 2002. *Zarys mechanizmów ewolucji*. Warszawa: PWN, 415 s.

Lee K.H., Yu H.S., Park S.K., Lee S.J., Lee K.A., Kim S.M., Ock M.S., Jeong H.J. 2006. Phylogeny of mite taxa (Acari: Sarcoptiformes) Based on small subunit ribosomal RNA sequences. – *Journal of Life Science*, 16(1): 71-75.

Lepš J., Šmilauer P. 2003. *Multivariate analysis of ecological data using CANOCO*. Cambridge: Cambridge University Press. 284 pp.

Li Y., Dick W.A., Tuovinen O.H. 2004. Fluorescence microscopy of soil microorganisms – a review. – *Biology and Fertility of Soils*, 39: 301-311.

Liepa I. 1974. *Biometrija*. Rīga: Zvaigzne, 336 lpp.

Lindblom L. 2009. Sample size and haplotype richness in population samples of the lichen-forming ascomycete *Xanthoria parietina*. – *Lichenologist*, 41(5): 529-535.

- Linnaeus C. 1758. *Systema naturæ per regna tria naturæ , secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis*. Stockholm: Laurentius Salvius, 824 pp.
- Mahunka S. 1987. A survey of the family Carabodidae C.L. Koch, 1836 (Acari: Oribatida), II. – *Acta Zoologica Hungarica*, 33: 399-434.
- Mahunka S. 2004. Oribatids from the Carpathian Basin with zoogeographical and taxonomical notes (Acari: Oribatida). – *Opuscula Zoologica Budapest*, 35: 63-72.
- Manly B.F.J. 2007. *Randomization, bootstrap and Monte Carlo methods in biology*. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, 326 pp.
- Margesin R., Schinner F. 2005. *Manual of Soil Analysis: Monitoring and assessing soil bioremediation*. Austria: Springer, 366 pp.
- McCullough E., Krisper G. 2013. Morphological analysis of the oribatid mite species *Scutovertex pannonicus* Schuster and description of its juvenile stages (Acari: Oribatida: Scutoverticidae). – *Zootaxa*, 3619(3): 201-245.
- Meijden van den A., Langer F., Boistel R., Vagovic P., Heethoff M. 2012. Functional morphology and bite performance of raptorial chelicerae of camel spiders. – *The Journal of Experimental Biology*, 215(19): 3411-3418.
- Michael A.D. 1879a. A contribution to the knowledge of British Oribatidae. – *Journal of the Royal Microscopical Society*, 7: 225-251.
- Michael A.D. 1879b. On some peculiarities in the reproductive system of certain of the Acarina. – *The Journal of Quekett Microscopical Club*, 79(5): 223-230.
- Michael A.D. 1880. A Further Contribution to the Knowledge of British Oribatidae (Part 11). – *Journal of the Royal Microscopical Society*, 3: 32-44.
- Michael A.D. 1882. Further notes on British Oribatidae. – *Journal of the Royal Microscopical Society*, 2(2): 1-18.
- Michael A.D. 1884. *British Oribatidae Vol 1*. London: The Ray Society, 336 pp.
- Monson F.D. 2009. A new species of the genus *Carabodes* C.L. Koch, 1835 (Acari: Oribatida: Carabodidae) from the British Isles. – *Naturalist*, 134: 99-107.
- Monson F.D. 2011. Species of oribatid mite (Acari: Oribatida) new to Britain. – *British Journal of Entomology and Natural History*, 24: 57-68.
- Murvanidze M. 2008. Checklist and key to species of *Carabodes* (Acari, Oribatida, Carabodidae) of Caucasian region, with description of a new species. – *Acarina*, 16(2): 177-186.
- Nicolet H. 1855. *Histoire naturelle des Acarien qui se trouvent aux environs de Paris*. – *Archives du Museum D'Histoire Naturelle*, 7: 381-482.

Norton R.A. 1978. Notes on Nathan Banks' species of the mite genus *Carabodes* (Acari: Oribatei). – Proceeding of the Entomological Society of Washington, 80(4): 611-615.

Norton R.A. 1994. Evolutionary aspects from oribatid mite life histories and consequences for the origin of the Astigmata. – In: Houck M. (ed.), Mites. Ecological and evolutionary analyses of life-history patterns. New York: Chapman & Hall, 99-135.

Norton R.A., Kethley J.B. 1989. Berlese's North American oribatid mites: historical notes, recombinations, synonymies and type designations. – Redia, 67: 421-499.

Nubel-Reidelbach E., Woas S. 1992. Basic positioned species within the system of Higher Oribatei with cepheid and pterogasterinid characters. – Andrias, 9: 75-119.

Oliveira P.R., Bechara G.H., Denardi S.E., Saito K.C., Nune E.T., Szabó M.P.J, Mathias M.I.C. 2005. Comparison of the external morphology of *Rhipicephalus sanguineus* (Latreille, 1806) (Acari: Ixodidae) ticks from Brazil and Argentina. – Veterinary Parasitology, 129: 139-147.

Parker A. 2005. The morphology of juvenile stages of *Crotonia pulcher* (Beck, 1962) (Acari: Oribatida: Crotonioidea) with a redescription of the adult. – Zoologischer Anzeiger, 244: 125-136.

Pauly F. 1952. Die "Copula" der Oribatiden (Moosmilben). – Naturwissenschaften, 39(24): 572-573.

Penttinen R., Siira-Pietikäinen A., Huhta V. 2008. Oribatid mites in eleven different habitats in Finland. – In: Bertrand M. et al. (eds.), Integrative acarology. Proceedings of 6th European congress. Montpellier: European Association of Acarologists, 237-244.

Peres-Neto P., Legendre P., Dray S., Borcard D. 2006. Variation partitioning of species data matrices: estimation and comparison of fractions. – Ecology, 87(10): 2614-2625.

Prinzing A., Lentzsch P., Voigt F., Woas S. 2004. Habitat stratification stratifies a local population: ecomorphological evidence from a bisexual, mobile invertebrate (*Carabodes labyrinthicus*; Acari). – Annales Zoologici Fennici, 41: 399-412.

R Development Core Team 2013. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. <http://www.R-project.org>.

Rajski A. 1968. Autecological-zoogeographical analysis of moss mites (Acari, Oribatei) on the basis of fauna in the Poznań environs. Part II. – Fragmenta Faunistica, 14(12): 277-405.

Ramsay G.W., Luxton M. 1967. A redescription of the type specimen of *Crotonia* (=Acronothrus) *obtecta* (O. Pickard-Cambridge, 1875), (Acari, Cryptostigmata) and a discussion of its taxonomic relationships. – Journal of Natural History, 4: 473-480.

Randal P.J., Myers A.A. 2001. Effects of resource matrix, gut region analysed and sample size on diet statistics in co-existing species of flatfish. – Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 81: 1041-1048.

Reeves R.M. 1987. A new arboreal *Carabodes* from eastern North America (Acari: Oribatida: Carabodidae). – Proceeding of the Entomological Society of Washington, 89(3): 468-477.

Reeves R.M. 1988. Distribution and habitat comparisons for *Carabodes* collected from conifer branches with descriptions of *brevis* Banks and *higginsii* n. sp. (Acari: Oribatida: Carabodidae). – Proceeding of the Entomological Society of Washington, 90(3): 373-392.

Reeves R.M. 1990. Two new species of *Carabodes* (Acari: Oribatida: Carabodidae) from North America. – Canadian Journal of Zoology, 68: 2158-2168.

Reeves R.M. 1991a. *Carabodes niger* Banks, *C. polyporetetes* n.sp. and unverified records of *C. areolatus* Berlese (Acari, Oribatida, Carabodidae) in North America. – Canadian Journal of Zoology, 69: 2925-2934.

Reeves R.M. 1991b. Jacot's *Carabodes falcatus* and *Carabodes clavatus* redescribed (Acari: Oribatida: Carabodidae). – International Journal of Acarology, 17: 233-240.

Reeves R.M. 1992. *Carabodes* of the Eastern United States and adjacent Canada (Acari, Oribatida, Carabodidae). – Canadian Journal of Zoology, 70: 2042-2058.

Reeves R.M. 1993. New *Carabodes* (Acari: Oribatida: Carabodidae) from the southern Appalachian Mountains, USA. – Acarologia, 34(4): 363-376.

Reeves R.M. 1995. New *Carabodes* from the Eastern United States (Acari: Oribatida: Carabodidae). – Acarologia, 36(1): 83-92.

Reeves R.M. 1998. Biogeography of Carabodidae (Acari: Oribatida) in North America. – Applied Soil Ecology, 9: 59-62.

Reeves R.M., Behan-Pelletier V. 1998. The genus *Carabodes* (Acari: Oribatida: Carabodidae) of North America, with descriptions of new western species. – Canadian Journal of Zoology, 76: 1898-1921.

Reeves R.M., Norton, R.A. 1990. Berlese's North American species of *Carabodes* (Oribatida: Carabodidae). – International Journal of Acarology, 16(4): 191-199.

Salomone N., Avanzati A.M., Baratti M., Bernini F. 2003. Genetic and morphological analysis of some European species of the “*coriaceus* group” of *Carabodes* Acari, Oribatida, Carabodidae) and description of *C. tyrrhenicus* sp. nov. – Zoologischer Anzeiger, 242: 121-136.

Schatz H. 2004. Diversity and global distribution of oribatid mites (Acari, Oribatida) – evaluation of the present state of knowledge. – *Phytophaga*, 14: 485-500.

Schneck F., Melo A.S. 2010. Reliable sample size for estimating similarity among macroinvertebrate assemblages in tropical streams. – *International Journal of Limnology*, 46: 93-100.

Schubart H. 1975. Morphologische Grundlagen für die klärung der Verwandtschaftsbeziehungen innerhalb der Milberfamilie Ameronothridae (Acari, Oribatei). – *Zoologica*, 123: 23-91.

Seddon P.J., Ismail K., Shobrak M., Ostrowski S., Magin C. 2003. A comparison of derived population estimate, mark-resighting and distance sampling methods to determine the population size of a desert ungulate, the Arabian oryx. – *Orix*, 37: 286-294.

Sellnick M., Forsslund K.L. 1952. Die Gattung *Carabodes* C.L. Koch 1836 in der Schwedischen Bodenfauna (Acar. Oribat.). – *Arkiv Zoologie*, 4: 367-390.

Seniczak A. 1998. Preliminary studies on the influence of food on the development and morphology of *Archezogozetes longisetosus* Aoki (Acari, Oribatida) in laboratory conditions. – *Zeszyty Nauk Akademickiego Tawaraysztwa Rolniczego w Bydgoszczy, Ochrona Srodowiska*, 2: 175-180.

Seniczak A. 2006. The effect of density on life history parameters and morphology of *Archezogozetes longisetosus* Aoki, 1965 (Acari: Oribatida) in laboratory conditions. – *Biological Letters*, 43(2): 209-213.

Seniczak S., Seniczak A., Kaczmarek S., Żelazna E. 2012. Systematic status of *Oribatula* Berlese, 1895 (Acari: Oribatida: Oribatulidae) in the light of the ontogeny of three species. – *International Journal of Acarology*, 38(8): 664-680.

Sidorchuk E.A. 2009. New data on the fauna of oribatid mites (Acari, Oribatida) from the Polar Urals. – *Entomological Review*, 89(5): 554-563.

Smith I.M., Lindquist E.E., Behan-Pelletier V. 1998. Mites (Acari). – In: I.M. Smith (ed.), *Assessment of species diversity in the Montane Cordillera Ecozone. Ecological Monitoring and Assessment Network. EMAN and Partners Publications*, 193-268. <http://royalbcmuseum.bc.ca/assets/Montane-Cordillera-Ecozone.pdf>, Accessed 6 May 2015.

Sokal R.R., Rohlf F.J. 1995. *Biometry*. New York: W.H. Freeman and Co, 887 pp.

Solhøy T., Koponen S. 1981. Oribatei fauna (Acari) on alpine heath at Kevo, Finland. – *Reports of the Kevo Subarctic Research Station*, 17: 41-43.

Spuņģis V. 2008. Slīteres nacionālā parka biotopu bezmugurkaulnieku (invertebrate) fauna un ekoloģija. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds, 79 lpp.

Storkan J. 1925. Prispěvky ku znamostem o ceskych Oribatidech (Acarina). Predbezna prace k monografii. Praha: Spisy prir. fak. UK, 40 s.

Subías L.S. 2004. Listado sistemático, sinonímico y biogeográfico de los ácaros oribátidos (Acariformes, Oribatida) del mundo (1758–2002). – *Graellsia*, 60: 3-305.

Tarba Z.M., Semenova L.M. 1976. Cuticule structure of the Oribatei in relation to their ecology. – *Pedobiologia*, 16: 127-135.

Trägårdh I. 1902. Beiträge zur Kenntnis der schwedischen Acaridenfauna. I. Lappländische Trombidiiden und Oribatiden. – *Bihang till Kongliga Svenska Vetenskaps-akademiens handlingar*, 28: 1-26.

Vacht P., Puusepp L., Koff T., Reitalu T. 2014. Effects of anthropogenic disturbances on diatoms and Oribatid mites in riparian forest soils. – In: Kangur A., Metslaid, M., Moser, W. K., Trei, P. (eds.), *Book of abstracts: International conference Forest landscape mosaics: disturbance, restoration and management at times of global change*, Tartu: Estonian University of Life Sciences, 91.

Wallwork J.A. 1972. Mites and other microarthropods from the Joshua Tree National monument, California. – *Journal of Zoology*, 168: 91-105.

Webb N.R., Elmes G.W. 1979. Variations between populations of *Steganacarus magnus* (Acari; Cryptostigmata) in Great Britain. – *Pedobiologia*, 19: 390-401.

Weigmann G. 2006. Hornmilben (Oribatida). *Die Tierwelt Deutschlands*. Keltern: Goecke & Evers, 520 S.

Weigmann G. 2010. Anomalies of notogastral structures in pronotic oribatid mites (Oribatida: Poronota) interpreted as cryptic ancestral characters modulated by regulatory genes. – In: Sabelis M.W., Bruin J. (eds.), *Trends in Acarology. Proceedings of the 12th International Congress*, Dordrecht: Springer Science, 17-22.

Weigmann G., Krantz W. 1981. Die deutschen Hornmilbenarten und ihre ökologische Charakteristik. – *Zoologie zur Beiträge*, 27: 459-489.

Weigmann G., Miko L. 2002. Redescription of *Oribates lagenula* Berlese, 1904, the type of *Lagenobates* n.gen. (Acarina Oribatida). – *Redia*, 85: 29-35.

Wierzbicka A., Olszanowski Z. 2004. Preliminary studies on mites from families Nothridae, Camisiidae and Carabodidae (Acari, Oribatida) in experimental plots of the Siemianice experimental forest station. – *Scientific Papers of Agricultural University of Poznań*, 7: 75-80.

Willmann C. 1931. Moosmilben oder Oribatiden (Cryptostigmata). – In.: Hahl F. (ed.), Die Tierwelt Deutschlands. Bd 22, Jena: Fisher, 79-200.

Woodring J.P. 1970. Comparative morphology, homologies and functions of the male system in oribatid mites (Arachnida: Acari) – The Journal of morphology, 132: 425-452.

Woolley T.A. 1957. Redescriptions of Ewing's oribatid mites, IV – Family Achipteriidae (=Notaspidae) (Acarina: Oribatei). – Entomological News, 68: 177-182.

Zakhvatkin A.A. 1945. On the discovery of Palaeacariformes (Acarina) in the USSR. – Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des sciences de l'URSS, 47(9): 673-676.

Żbikowska-Zdun K., Piksa K., Smaczynska A. 2009. Variation of selected morphological characters of the cave mite *Oribella cavatica* Kunst, 1962 (Acari, Oribatida). – Biological Letters, 46(2): 123-127.

Żbikowska-Zdun K., Wołek J. 2006. Morphological variation in *Heminothrus peltifer* (C. L. Koch, 1839) and *Achipteria coleoptrata* (Linnaeus, 1758) (Acari, Oribatida) occurring on natural and initial soil. – In: Ignatowicz S. (ed.), Postępy polskiej akarologii. Warszawa: SGGW, 477–484.

Буланова-Захваткина Е.М. 1967. Панцирные клещи – орибатидаы. Москва: Высшая школа, 255 с.

Бэкер Э., Уартон Г. 1955. Введение в акарологию. Москва: Изд. иностранной литературы, 476 с.

Виксне В.А. 1959. Фауна Латвийской ССР и сопредельных территорий. Рига: Изд. Академии наук Латвийской ССР, 338 с.

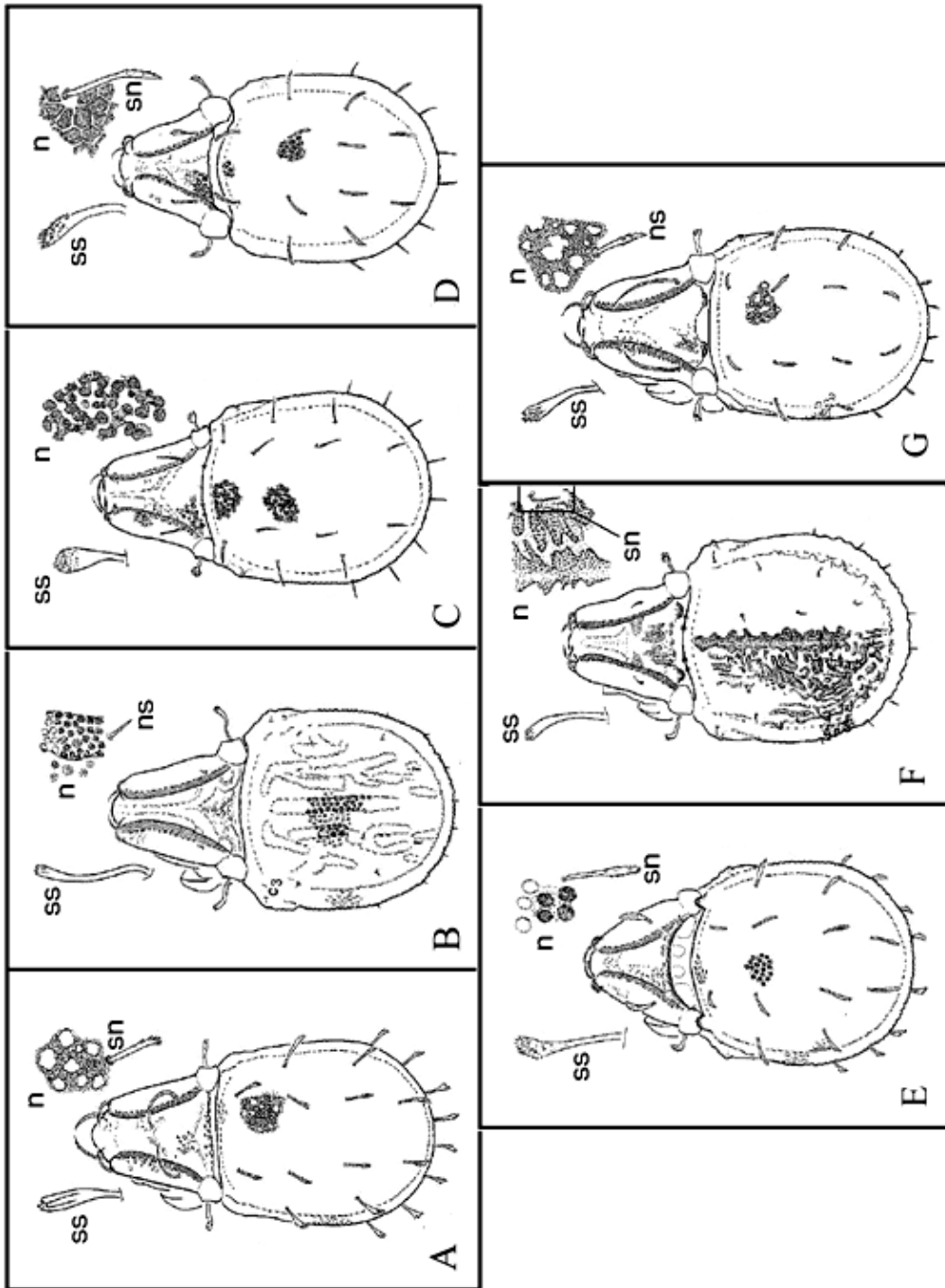
Гиляров М.С., Криволицкий Д. А. 1975. Определитель обитающих в почве клещей (Sarcoptiformes). Москва: Наука, 491 с.

Эйтминавичюте И.С. 1965. Фауна орибатид на побережье Балтийского моря. (1. Эстонская ССР). Труды Академии Наук Литовской ССР, Серия Б, 38:81-87.

Эйтминавичюте И.С., Аукштикальнене А.М., Страздене В.М., Минкявичюс В.А. 1976. Фауна почвенных беспозвоночных морского побережья Прибалтики. Вильнюс: Изд. „Мокслас”, 172 с.

Pielikumi

Carabodes ģints bruņērču galvenās starpsugu morfoloģiskās pazīmes (pēc Weigmann 2006, pārveidots)



A – *C. areolatus*; B – *C. femoralis*; C – *C. labyrinthicus*; D – *C. marginatus*; E – *C. ornatus*; F – *C. rugosior*;
 G – *C. subarcticus*, ss – trihobotriālais sariņš, n – mikroskulptūras; sn – notogastrālais sariņš.

A – *C. areolatus*; B – *C. femoralis*; C – *C. labyrinthicus*; D – *C. marginatus*; E – *C. ornatus*; F – *C. rugosior*;
 G – *C. subarcticus*, ss – sensillus; n – microsculptures; sn – notogastral setae.

Paraugkopas apjoma maksimālās (max) un vidējās (x) vērtības dažādu sugu bruņērcēm (* – literatūras avoti, kuros raksturotas bruņērces no ģeogrāfiski atšķirīgiem reģioniem), kuru morfoloģisko pazīmju kvantitatīvi dati publicēti taksonomiska rakstura publikācijās (literatūras avoti, kuri satur sugu noteicējiem raksturīgus elementus iezīmēti ar burtu “k”), kā arī raksturoto sugu dzimta, sugu skaits un pazīmju skaits (sugas, kurām raksturots dzimums, apzīmētas ar simbolu “♀♂”); NA – nav vērtības.

Appendix 2

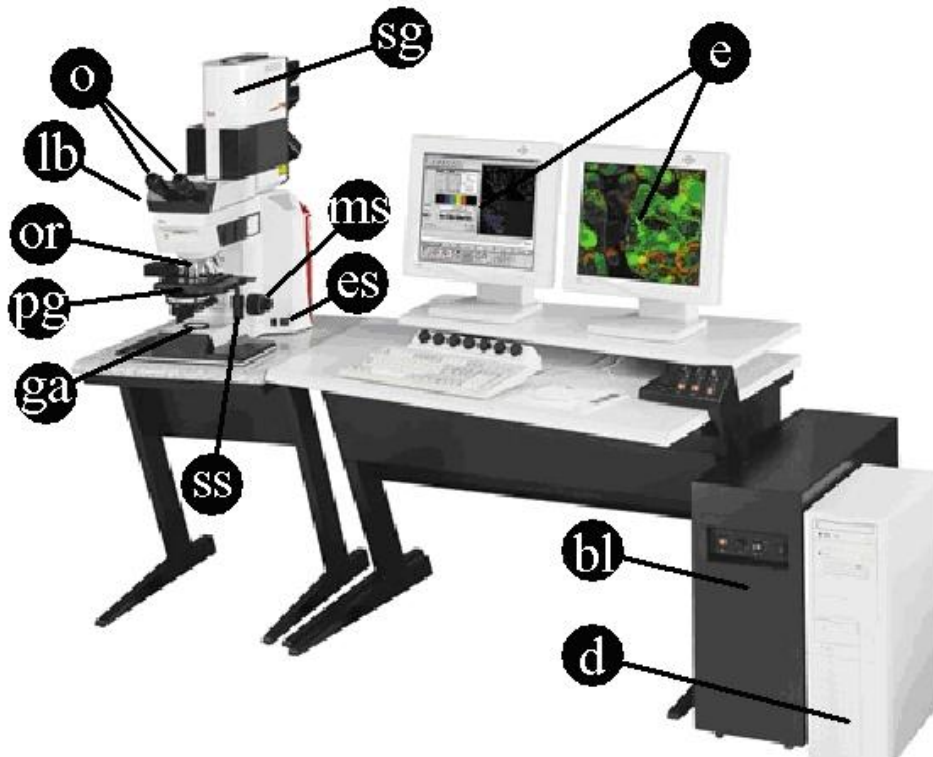
Maximal (max) and mean (x) values of sample size (n) of individuals of Oribatida species from different families (abbreviated with asterisk in cases where geographically separated populations were compared) morphometrically described in chronologically ordered species descriptions (literature that incorporate elements from species identification keys are abbreviated with “k”) characterized by number of involved species (in cases of sex mentioned abbreviated with “♀♂”) and number of measured traits; NA – absent data.

| Izmantotā literatūra/ Reference | Dzimta/ Family | Sugu skaits/ Number of species | Pazīmju skaits/ Number of traits | N | |
|--|------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----|----|
| | | | | max | X |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Michael 1882 | Dažādas/ Various | 4 | 3 | NA | NA |
| Grandjean 1931 | Dažādas/ Various | 2♀♂ | 3 | 15 | 14 |
| Willmann 1931 ^k | Dažādas/ Various | 233 | 2 | NA | NA |
| Eglitis 1943 | Dažādas/ Various | 49 | 2 | 26 | 5 |
| Zachvatkin 1945 | Palaeacaridae | 1 | 2 | 3 | 2 |
| | Aphelacaridae | 1♀♂ | 2 | 1 | 1 |
| | Aphelacaridae | 1♀♂ | 2 | 1 | 1 |
| Haarlov 1952 | Tectocepheidae* | 2 | 2 | 85 | 85 |
| Sellnick, Forsslund 1952 ^k | Carabodidae | 1♀♂ | 3 | 1 | 1 |
| | Carabodidae | 1 | 2 | NA | NA |
| | Carabodidae | 2♀♂ | 2 | 1 | 1 |
| | Carabodidae | 2 | 1 | NA | NA |
| | Carabodidae | 1♀♂ | 2 | 1 | 1 |
| | Carabodidae | 1♀♂ | 20 | 1 | 1 |
| | Carabodidae | 1♀♂ | 16 | 1 | 1 |
| | Carabodidae | 1 | 15 | NA | NA |
| | Carabodidae | 10 | 2 | NA | NA |
| | Grandjean 1956 | Galumnidae | 1♀♂ | 1 | 6 |
| Woolley 1957 | Achipteriidae | 2 | 3 | NA | NA |
| Aoki 1964 | Hydrozetidae | 1 | 2 | 3 | 3 |
| Ramsay, Luxton 1967 | Crotonidae | 1♀♂ | 8 | 1 | 1 |
| Wallwork 1972 ^k | Dažādas/ Various | 4 | 2 | NA | NA |
| Гиляров, Криволицкий 1975 ^k | Dažādas/ Various | 778 | 2 | NA | NA |
| | Ameronothridae* | 1♀♂ | 6 | 10 | 10 |
| Schubart 1975 | Ameronothridae* | 1♀♂ | 7 | 10 | 7 |
| | Ameronothridae* | 1♀♂ | 7 | 14 | 9 |
| | Ameronothridae* | 1♀♂ | 7 | 13 | 10 |
| | Ameronothridae | 9♀♂ | 1 | 38 | 17 |

2. pielikuma turpinājums/ Continuation of Appendix 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----------------------------------|------------------|------------------|-----|-----|-----|
| Mahunka 1987 | Carabodidae | 10 | 2 | NA | NA |
| Reeves 1987 | Carabodidae | 1 ^{♀♂} | 4 | 26 | 24 |
| | Carabodidae | 1 | 7 | AN | NA |
| | Carabodidae | 1 | 10 | 4 | 4 |
| Norton, Kethley 1989 | Dažādas/ Various | 2 | 2 | 5 | 5 |
| | Oribatidae | 1 | 2 | NA | NA |
| | Dažādas/ Various | 3 | 1 | 7 | 4 |
| | Oribatellidea | 1 ^{♀♂} | 1 | 2 | 2 |
| | Dažādas/ Various | 2 ^{♀♂} | 1 | 1 | 1 |
| | Protoribatidae | 1 | 1 | NA | NA |
| | Dažādas/ Various | 10 | 1 | NA | NA |
| Reeves, Norton 1990 | Carabodidae | 2 | 2 | 1 | 1 |
| | Carabodidae | 2 ^{♀♂} | 2 | 10 | 5 |
| | Carabodidae | 2 | 17 | 10 | 10 |
| Behan-Pelletier 1993 ^k | Eueremaeidae* | 38 ^{♀♂} | >50 | 14 | 6 |
| | Eueremaeidae* | 2 ^{♀♂} | >50 | 12 | 9 |
| | Eueremaeidae | 44 | >50 | NA | NA |
| Weigmann, Miko 2002 | Oribatidea | 1 | 6 | NA | NA |
| | Oribatidea | 1 | 1 | NA | NA |
| Salomone et al. 2003 | Carabodidae | 2 | 2 | 10 | 10 |
| Weigman 2006 ^k | Dažādas/ Various | 620 | 1 | NA | NA |
| Murvanidze 2008 ^k | Carabodidae* | 25 | 4 | NA | NA |
| | Carabodidae | 2 | 1 | NA | NA |
| | Carabodidae | 27 | 1 | NA | NA |
| Ermilov 2011 | Carabodidae | 1 | 2 | NA | NA |
| Fernandez <i>et al.</i> 2013 | Carabodidae | 1 | 2 | NA | NA |
| | Carabodidae | 2 ^{♀♂} | 2 | 3 | 3 |
| McCullough, Krisper 2013 | Scutovertecidae* | 1 | 5 | 7 | 4 |
| | Scutovertecidae | 1 | 2 | 201 | 201 |

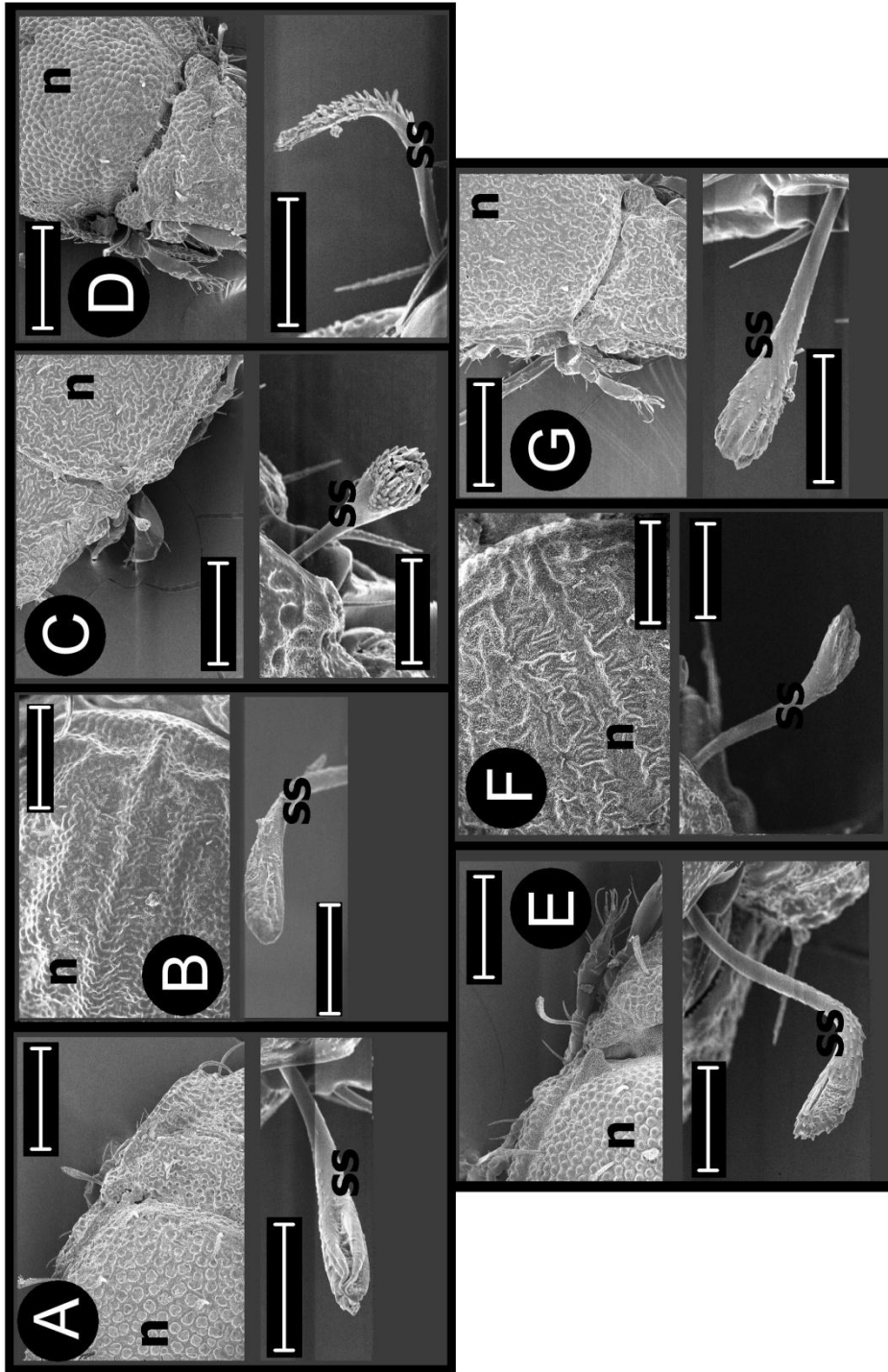
Konfokāli lāzer-skenējošā mikroskopa *Leica DM RA-2 (TCS-SL)* principiālā uzbūve (pēc Claxton *et al.* 2005).



bl – lāzera ģenerācijas bloks; d – datu apstrādes iekārta; e – ekrāns; es – elektroniskā skrūve; ga – gaismas avots; lb – lāzera bulta; ms – makro un mikro skrūves; o – okulāri; or – okulāru revolverierīce; pg – priekšmetgalds; sg – konfokāli skenējošā galva; ss – sānskrūve.

Confocal laser-scanning microscope *Leica DM RA-2 (TCS-SL)* (after Claxton *et al.* 2005, modified): bl – laser generation block; d – computer system block; e – display; es – electrical zooming screw; ga – light source; lb – laser bolt; ms – macro and micro zooming screws; o – oculars; or – revolver system of oculars; sg – confocal scanning head; pg – specimens table; ss – side-screw.

Skenējošajā elektron-mikroskopijā iegūtie *Carabodes* ģints bruņērču dažādu sugu attēli



A – *C. areolatus*; B – *C. femoralis*; C – *C. labyrinthicus*; D – *C. marginatus*; E – *C. ornatus*; F – *C. rugosior*; G – *C. subarcticus*, ss – trihobotriālais sariņš; n – mikrosculptūras; subattēlu augšpusēs – bruņērce daļējs skats dorsāli (mēroga nogrieznis 100µm); subattēlu apakšpusēs trihobotriālais sariņš laterāli (mēroga nogrieznis: A, B, D, E, G – 20µm; C, F – 30µm).

A – *C. areolatus*; B – *C. femoralis*; C – *C. labyrinthicus*; D – *C. marginatus*; E – *C. ornatus*; F – *C. rugosior*; G – *C. subarcticus*, ss – sensillus; n – microsculptures; bottom side of the subimages – partial body dorsal aspect of oribatid (scale bar – 100µm); top side of the subimages – sensillus (scale bars: A, B, D, E, G – 20µm; C, F – 30µm).

5. pielikums

Carabodes femoralis bruņērču kvantitatīvo morfoloģisko pazīmju mērījumi (μm) TLM (neizcelts) un CLSM (izcelts ar apostrofa zīmi – ‘): n – mērījumu skaits; x – vidējā aritmētiskā pazīmes izmēra vērtība; min – minimālā pazīmes izmēra vērtība; max – maksimālā pazīmes izmēra vērtība; sd – pazīmes mērījumu standartnovirze; CV – pazīmes izmēra variācijas koeficients; x’-x – vidējo aritmētisko vērtību starpība ar aprēķinātu augstu ($p < 0,001$) ticamības līmeni (***), vidēji augstu ($p < 0,01$) ticamības līmeni (**), un mērenu ($p < 0,05$) ticamības līmeni (*) vai nepietiekamu ticamības līmeni. NA – nav mērījumu. Negatīvās vērtības apzīmē vidējo aritmētisko vērtību starpības gadījumos, kad vidēji CLSM mērījumu vērtības ir zemākas par TLM vērtībām. Morfoloģiskās pazīmes: *ro* – rostrālais sariņš; *le* – lamellārais sariņš; *in* – interlamellārais sariņš; *h3*, *p3*, *p2*, *p1*, *h1*, *h2*, *la* – notogastrālie sariņi; *h1-h1* – attālums starp kreisā un labā notogastrālā sariņa *h1* piestiprināšanās vietām; *L* – ķermeņa garums; *W* – ķermeņa platums.

Appendix 5

Measurements (μm) of quantitative morphological features obtained using TLM (unmarked) and CLSM (indicated with an apostrophe – ‘) of *Carabodes femoralis* armoured mites: n – number of measured armoured mites; x – mean value; min – minimal value; max – maximal value; sd – standard deviation; CV – coefficient of variation; x’-x – difference of mean values explained by very high ($p < 0,001$) statistical significance (***), high ($p < 0,01$) statistical significance (**) and by moderate statistical significance (*) or by no statistical significance; NA – absent calculations. Negative numbers represent the values of a mean of the differences for CLSM that are smaller than the same values for TLM measurements. Morphological features: *ro* – rostral setae; *le* – lamellar setae; *in* – interlamellar setae; *h3*, *p3*, *p2*, *p1*, *h1*, *h2*, *la* – notogastral setae; *h1-h1* – distance between left and right *h1* setae insertions; *L* – body length; *W* – body width.

Kvantitatīvās morfoloģiskās pazīmes/ Quantitative morphological features

| | <i>ro</i> | <i>le</i> | <i>in</i> | <i>h3</i> | <i>p3</i> | <i>p2</i> | <i>p1</i> | <i>h1</i> | <i>h2</i> | <i>la</i> | <i>h1-h1</i> | <i>L</i> | <i>W</i> |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|----------|----------|
| n | 2 | NA | 1 | 31 | 30 | 25 | 21 | 10 | 14 | 17 | 5 | 35 | 36 |
| x | 45 | NA | 73,75 | 10,93 | 11,88 | 12,85 | 12,32 | 15 | 12,5 | 13,82 | 151 | 601,14 | 370 |
| x’ | 41,87 | NA | 74,03 | 12,95 | 14,4 | 14,82 | 14,97 | 16,16 | 14,72 | 15,26 | 154,2 | 603,01 | 379,77 |
| min | 38 | NA | 74 | 8 | 8 | 10 | 8 | 11 | 9 | 9 | 126 | 505 | 305 |
| min’ | 40 | NA | 74 | 8 | 8 | 11 | 9 | 14 | 12 | 12 | 132 | 516 | 316 |
| max | 53 | NA | 74 | 16 | 19 | 19 | 20 | 20 | 18 | 18 | 161 | 705 | 435 |
| max’ | 43 | NA | 74 | 17 | 21 | 19 | 24 | 21 | 19 | 19 | 164 | 681 | 441 |
| sd | 10,61 | NA | NA | 1,82 | 2,68 | 2,12 | 2,78 | 2,57 | 2,69 | 2,32 | 15,52 | 48,02 | 34,68 |
| sd’ | 1,94 | NA | NA | 2,16 | 2,95 | 2,39 | 3,26 | 2,31 | 2,55 | 2,12 | 13,41 | 47,13 | 55,08 |
| CV | NA | NA | NA | 0,17 | 0,23 | NA | NA | NA | NA | NA | NA | 0,08 | 0,09 |
| CV’ | NA | NA | NA | 0,17 | 0,2 | NA | NA | NA | NA | NA | NA | 0,08 | 0,15 |
| x’-x | -3,13 | NA | NA | -2,01*** | -2,52*** | 1,96*** | 2,64*** | 1,15* | 2,22*** | 1,43** | 3,2* | 1,86 | 9,76 |

6. pielikums

Carabodes labyrinthicus bruņērču kvantitatīvo morfoloģisko pazīmju mērījumi (μm) TLM (neizcelts) un CLSM (izcelts ar apostrofa zīmi – ’): *n* – mērījumu skaits; *x* – vidējā aritmētiskā pazīmes izmēra vērtība; *min* – minimālā pazīmes izmēra vērtība; *max* – maksimālā pazīmes izmēra vērtība; *sd* – pazīmes mērījumu standartnovirze; *CV* – pazīmes izmēra variācijas koeficients; *x’-x* – vidējo aritmētisko vērtību starpība ar aprēķinātu augstu ($p < 0,001$) ticamības līmeni (***), vidēji augstu ($p < 0,01$) ticamības līmeni (**), un mērenu ($p < 0,05$) ticamības līmeni (*) vai nepietiekamu ticamības līmeni. NA – nav mērījumu. Negatīvās vērtības apzīmē vidējo aritmētisko vērtību starpības gadījumos, kad vidēji CLSM mērījumu vērtības ir zemākas par TLM vērtībām. Morfoloģiskās pazīmes: *ro* – rostrālais sariņš; *le* – lamellārais sariņš; *in* – interlamellārais sariņš; *h3*, *p3*, *p2*, *p1*, *h1*, *h2*, *la* – notogastrālie sariņi; *h1-h1* – attālums starp kreisā un labā notogastrālā sariņa *h1* piestiprināšanās vietām; *L* – ķermeņa garums; *W* – ķermeņa platums.

Appendix 6

Measurements (μm) of quantitative morphological features obtained using TLM (unmarked) and CLSM (indicated with an apostrophe – ’) of *Carabodes labyrinthicus* armoured mites: *n* – number of measured armoured mites; *x* – mean value; *min* – minimal value; *max* – maximal value; *sd* – standard deviation; *CV* – coefficient of variation; *x’-x* – difference of mean values explained by very high ($p < 0,001$) statistical significance (***), high ($p < 0,01$) statistical significance (**) and by moderate statistical significance (*) or by no statistical significance; NA – absent calculations. Negative numbers represent the values of a mean of the differences for CLSM that are smaller than the same values for TLM measurements. Morphological features: *ro* – rostral setae; *le* – lamellar setae; *in* – interlamellar setae; *h3*, *p3*, *p2*, *p1*, *h1*, *h2*, *la* – notogastral setae; *h1-h1* – distance between left and right *h1* setae insertions; *L* – body length; *W* – body width.

Kvantitatīvās morfoloģiskās pazīmes/ Quantitative morphological features

| | <i>ro</i> | <i>le</i> | <i>in</i> | <i>h3</i> | <i>p3</i> | <i>p2</i> | <i>p1</i> | <i>h1</i> | <i>h2</i> | <i>la</i> | <i>h1-h1</i> | <i>L</i> | <i>W</i> |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|----------|----------|
| n | 1 | 11 | NA | 33 | 30 | 19 | 23 | 10 | 35 | 33 | 8 | 38 | 39 |
| x | 52,5 | 43,52 | NA | 24,7 | 25,87 | 27,23 | 27,71 | 26,25 | 29,11 | 34,81 | 92,03 | 455,4 | 253,2 |
| x’ | 52,94 | 45,67 | NA | 26,26 | 27,19 | 28,03 | 28,44 | 30,5 | 31,64 | 37,89 | 98,67 | 450,36 | 263,36 |
| min | 53 | 35 | NA | 16 | 15 | 18 | 16 | 18 | 15 | 15 | 66 | 360 | 125 |
| min’ | 53 | 37 | NA | 19 | 22 | 23 | 21 | 21 | 22 | 29 | 82 | 364 | 217 |
| max | 53 | 48 | NA | 33 | 35 | 37 | 36 | 38 | 38 | 45 | 111 | 585 | 345 |
| max’ | 53 | 54 | NA | 33 | 35 | 37 | 37 | 35 | 45 | 46 | 116 | 547 | 351 |
| sd | NA | 4,6 | NA | 3,71 | 4,86 | 4,97 | 4,79 | 6,35 | 5,16 | 6,17 | 13,74 | 48,85 | 37,8 |
| sd’ | NA | 4,79 | NA | 3,92 | 3,65 | 3,9 | 4,7 | 4,65 | 4,81 | 3,78 | 12,12 | 42,28 | 28,98 |
| CV | NA | NA | NA | 0,15 | NA | NA | NA | NA | 0,18 | 0,18 | NA | 0,11 | 0,15 |
| CV’ | NA | NA | NA | 0,15 | 0,13 | NA | NA | NA | 0,15 | 0,1 | NA | 0,09 | 0,11 |
| x’-x | NA | 2,14 | NA | 1,55** | 1,31** | 0,8 | 0,72 | 4,25* | 2,53* | 0,37** | 6,63 | -5,04 | 10,15* |

7. pielikums

Carabodes ornatus bruņērču kvantitatīvo morfoloģisko pazīmju mērījumi (μm) TLM (neizcelts) un CLSM (izcelts ar apostrofa zīmi - '): n – mērījumu skaits; x – vidējā aritmētiskā pazīmes izmēra vērtība; min – minimālā pazīmes izmēra vērtība; max – maksimālā pazīmes izmēra vērtība; sd – pazīmes mērījumu standartnovirze; CV – pazīmes izmēra variācijas koeficients; x'-x – vidējo aritmētisko vērtību starpība ar aprēķinātu augstu ($p < 0,001$) ticamības līmeni (***), vidēji augstu ($p < 0,01$) ticamības līmeni (**), un mērenu ($p < 0,05$) ticamības līmeni (*) vai nepietiekamu ticamības līmeni. NA – nav mērījumu. Negatīvās vērtības apzīmē vidējo aritmētisko vērtību starpības gadījumos, kad vidēji CLSM mērījumu vērtības ir zemākas par TLM vērtībām. Morfoloģiskās pazīmes: *ro* – rostrālais sariņš; *le* – lamellārais sariņš; *in* – interlamellārais sariņš; *h3*, *p3*, *p2*, *p1*, *h1*, *h2*, *la* – notogastrālie sariņi; *h1-h1* – attālums starp kreisā un labā notogastrālā sariņa *h1* piestiprināšanās vietām; *L* – ķermeņa garums; *W* – ķermeņa platums.

Appendix 7

Measurements (μm) of quantitative morphological features obtained using TLM (unmarked) and CLSM (indicated with an apostrophe - ') of *Carabodes ornatus* armoured mites: n – number of measured armoured mites; x – mean value; min – minimal value; max – maximal value; sd – standard deviation; CV – coefficient of variation; x'-x – difference of mean values explained by very high ($p < 0,001$) statistical significance (***), high ($p < 0,01$) statistical significance (**), and by moderate statistical significance (*) or by no statistical significance; NA – absent calculations. Negative numbers represent the values of a mean of the differences for CLSM that are smaller than the same values for TLM measurements. Morphological features: *ro* – rostral setae; *le* – lamellar setae; *in* – interlamellar setae; *h3*, *p3*, *p2*, *p1*, *h1*, *h2*, *la* – notogastral setae; *h1-h1* – distance between left and right *h1* setae insertions; *L* – body length; *W* – body width.

Kvantitatīvās morfoloģiskās pazīmes/ Quantitative morphological features

| | <i>ro</i> | <i>le</i> | <i>in</i> | <i>h3</i> | <i>p3</i> | <i>p2</i> | <i>p1</i> | <i>h1</i> | <i>h2</i> | <i>la</i> | <i>h1-h1</i> | <i>L</i> | <i>W</i> |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|----------|----------|
| n | 13 | 3 | 140 | 159 | 158 | 148 | 146 | 159 | 157 | 164 | 159 | 161 | 167 |
| x | 45 | 43,33 | 50,87 | 35,69 | 34,24 | 34,2 | 33,03 | 46,65 | 40,85 | 46,83 | 88,48 | 573,73 | 354,46 |
| x' | 46,17 | 53,85 | 53,16 | 37,7 | 38,39 | 39,24 | 38,2 | 46,69 | 38,22 | 48,62 | 90,97 | 562,26 | 344,73 |
| min | 35 | 33 | 34 | 15 | 15 | 14 | 16 | 25 | 13 | 10 | 24 | 440 | 220 |
| min' | 35 | 49 | 38 | 28 | 26 | 27 | 27 | 34 | 24 | 35 | 55 | 393 | 223 |
| max | 54 | 58 | 73 | 102 | 51 | 50 | 70 | 70 | 63 | 60 | 130 | 775 | 475 |
| max' | 53 | 58 | 73 | 68 | 61 | 60 | 59 | 70 | 58 | 67 | 132 | 666 | 448 |
| sd | 5,23 | 12,83 | 6,76 | 7,97 | 5,85 | 6,04 | 6,46 | 6,59 | 7,97 | 6,49 | 14,52 | 51,16 | 40,67 |
| sd' | 4,72 | 4,28 | 5,96 | 5,28 | 5,6 | 5,83 | 5,21 | 5,56 | 5,03 | 4,93 | 13,56 | 41,7 | 31,85 |
| CV | NA | NA | 0,13 | 0,22 | 0,17 | 0,18 | 0,2 | 0,14 | 0,2 | 0,14 | 0,16 | 0,09 | 0,11 |
| CV' | NA | NA | 0,11 | 0,14 | 0,15 | 0,15 | 0,14 | 0,12 | 0,13 | 0,1 | 0,15 | 0,07 | 0,09 |
| x'-x | 1,16 | 10,51 | 2,28*** | 2,01** | 4,15*** | 5,03*** | 5,17*** | 0,03 | -2,62*** | 1,79*** | 2,49*** | -11,47** | -9,72*** |

8. pielikums

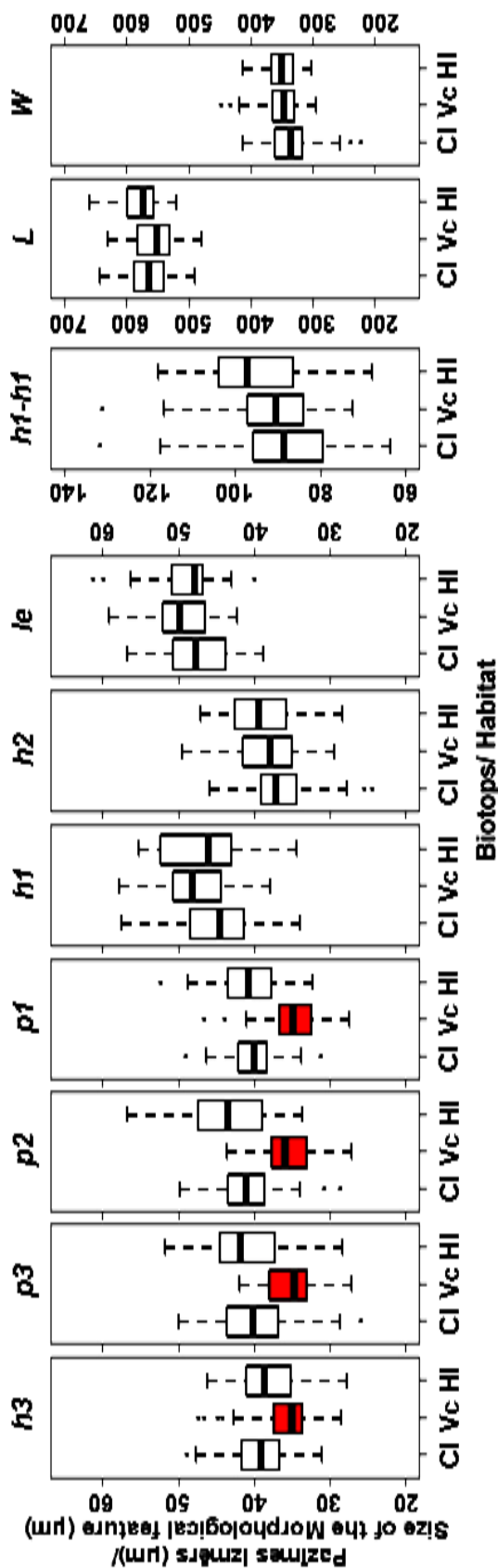
Carabodes subarcticus bruņērču kvantitatīvo morfoloģisko pazīmju mērījumi (μm) TLM (neizcelts) un CLSM (izcelts ar apostrofa zīmi – ‘): *n* – mērījumu skaits; *x* – vidējā aritmētiskā pazīmes izmēra vērtība; *min* – minimālā pazīmes izmēra vērtība; *max* – maksimālā pazīmes izmēra vērtība; *sd* – pazīmes mērījumu standartnovirze; *CV* – pazīmes izmēra variācijas koeficients; *x'-x* – vidējo aritmētisko vērtību starpība ar aprēķinātu augstu ($p < 0,001$) ticamības līmeni (***), vidēji augstu ($p < 0,01$) ticamības līmeni (**), un mērenu ($p < 0,05$) ticamības līmeni (*) vai nepietiekamu ticamības līmeni. NA – nav mērījumu. Negatīvās vērtības apzīmē vidējo aritmētisko vērtību starpības gadījumos, kad vidēji CLSM mērījumu vērtības ir zemākas par TLM vērtībām. Morfoloģiskās pazīmes: *ro* – rostrālais sariņš; *le* – lamellārais sariņš; *in* – interlamellārais sariņš; *h3*, *p3*, *p2*, *p1*, *h1*, *h2*, *la* – notogastrālie sariņi; *h1-h1* – attālums starp kreisā un labā notogastrālā sariņa *h1* piestiprināšanās vietām; *L* – ķermeņa garums; *W* – ķermeņa platums.

Appendix 8

Measurements (μm) of quantitative morphological features obtained using TLM (unmarked) and CLSM (indicated with an apostrophe – ‘) of *Carabodes subarcticus* armoured mites: *n* – number of measured armoured mites; *x* – mean value; *min* – minimal value; *max* – maximal value; *sd* – standard deviation; *CV* – coefficient of variation; *x'-x* – difference of mean values explained by very high ($p < 0,001$) statistical significance (***), high ($p < 0,01$) statistical significance (**), and by moderate statistical significance (*) or by no statistical significance; NA – absent calculations. Negative numbers represent the values of a mean of the differences for CLSM that are smaller than the same values for TLM measurements. Morphological features: *ro* – rostral setae; *le* – lamellar setae; *in* – interlamellar setae; *h3*, *p3*, *p2*, *p1*, *h1*, *h2*, *la* – notogastral setae; *h1-h1* – distance between left and right *h1* setae insertions; *L* – body length; *W* – body width.

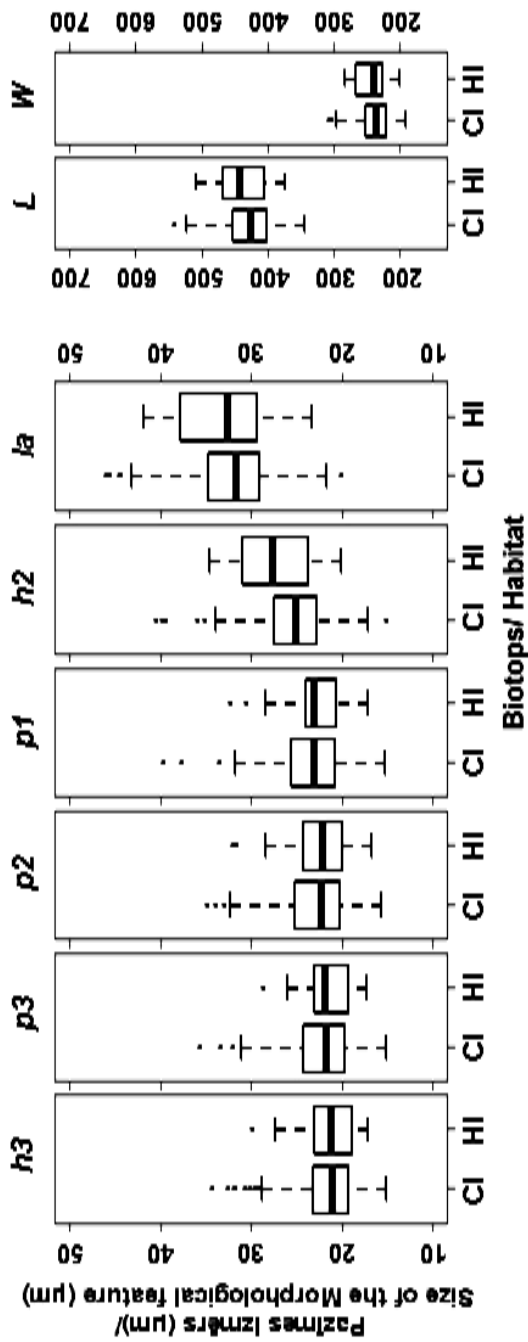
Kvantitatīvās morfoloģiskās pazīmes/ Quantitative morphological features

| | <i>ro</i> | <i>le</i> | <i>in</i> | <i>h3</i> | <i>p3</i> | <i>p2</i> | <i>p1</i> | <i>h1</i> | <i>h2</i> | <i>la</i> | <i>h1-h1</i> | <i>L</i> | <i>W</i> |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|----------|----------|
| n | 241 | 78 | 6 | 454 | 396 | 436 | 507 | 246 | 550 | 574 | 384 | 592 | 593 |
| x | 44,64 | 48,75 | 82,92 | 17,54 | 17,52 | 17,92 | 18,6 | 25,4 | 24,44 | 30,59 | 77,74 | 423,79 | 231,64 |
| x' | 44,44 | 50,75 | 46,34 | 21,37 | 22,02 | 22,78 | 23,35 | 27,89 | 25,52 | 32,12 | 77,42 | 429,06 | 237,84 |
| min | 25 | 33 | 48 | 8 | 8 | 5 | 8 | 10 | 13 | 18 | 54 | 255 | 185 |
| min' | 35 | 32 | 29 | 15 | 15 | 10 | 15 | 18 | 15 | 20 | 53 | 344 | 191 |
| max | 99 | 68 | 103 | 34 | 30 | 35 | 40 | 55 | 58 | 59 | 115 | 545 | 360 |
| sax' | 67 | 76 | 65 | 34 | 36 | 38 | 40 | 43 | 41 | 46 | 115 | 546 | 307 |
| sd | 5,76 | 6,88 | 19,84 | 3,18 | 3 | 3,28 | 3,33 | 5,77 | 4,25 | 4,97 | 10,33 | 39,78 | 25,04 |
| sd' | 4,47 | 7,64 | 11,25 | 3,11 | 3,24 | 3,68 | 3,54 | 4,54 | 3,63 | 4,36 | 10,97 | 35,25 | 21,36 |
| CV | 0,13 | 0,14 | 0,24 | 0,18 | 0,17 | 0,18 | 0,18 | 0,23 | 0,17 | 0,16 | 0,13 | 0,09 | 0,11 |
| CV' | 0,1 | 0,15 | NA | 0,15 | 0,15 | 0,16 | 0,15 | 0,16 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,08 | 0,09 |
| x'-x | -0,19 | 1,99* | -36,57*** | -3,83*** | 4,50*** | 4,86*** | 4,75*** | 2,49*** | 1,07*** | 1,52*** | -0,31 | 5,26*** | 6,20*** |

Carabodes ornatus kvantitatīvo pazīmju izmēri un morfoloģijas mainība.

Dažādus biotopus apdzīvojošu *Carabodes ornatus* bruņēču kvantitatīvo morfoloģisko pazīmju izmēri. Morfoloģiskās pazīmes: *le* – lamellārais sariņš; *h3*, *p3*, *p2*, *p1*, *h1*, *h2* – notogastrālie sariņi; *h1-h1* – attālums starp kreisā un labā notogastrālā sariņa *h1* piestiprināšanās vietām; *L* – ķermeņa garums; *W* – ķermeņa platumš. Ar sarkanu krāsu izcelti morfoloģisko pazīmju izmēru diapazoni, kuru vērtības ir būtiski īsākas ($p < 0,001$). Biotopi: CI – priežu sils; Vc – Vaccinio priežu mētrājs; HI – egļu šaurlapu kūdrēnis.

Quantitative morphological features of *Carabodes ornatus* armoured mites collected in different habitats. Morphological features: *le* – lamellar seta; *h3*, *p3*, *p2*, *p1*, *h1*, *h2* – notogastral setae; *h1-h1* – distance between left and right *h1* setae insertions; *L* – body length; *W* – body width. Indicated by the red colour are morphological features with significantly ($p < 0,001$) smaller size-ranges. Habitats: CI – dry pine forest; Vc – Vaccinio pine forest; HI – drained spruce forest.

Carabodes subarcticus kvantitatīvo pazīmju izmēri un morfoloģijas mainība.

Dažādas biotopus apdzīvojošu *Carabodes subarcticus* bruņēču kvantitatīvo morfoloģisko pazīmju izmēri. Morfoloģiskās pazīmes: *h3*, *p3*, *p2*, *p1*, *h1*, *h2*, *la* – notogastrālie sariņi; *L* – ķermeņa garums; *W* – ķermeņa platumš. Biotopi: CI – priežu sils; Vc – Vaccinio priežu mētrājs; HI – egļu šaurlapu kūdrenis.

Quantitative morphological features of *Carabodes subarcticus* armoured mites collected in different habitats. Morphological features: *h3*, *p3*, *p2*, *p1*, *h1*, *h2*, *la* – notogastral setae; *L* – body length; *W* – body width. Habitats: CI – dry pine forest; Vc – Vaccinio pine forest; HI – drained spruce forest.