

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**Futrinka (Carabus Lin.) fajok élvefogó
csapdázással történő vizsgálata**

Bérces Sándor

Témavezető: Dr. Tóthmérész Béla, Dr. Mizser Szabolcs



DEBRECENI EGYETEM

Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola

Debrecen, 2024

Bevezetés és célkitűzések

A konzervációbiológiai kutatások jelentős része a biodiverzitás megértése, csökkenésének mértéke és okai köré szerveződik (Tóthmerész, 2011). Eddig méltatlanul elhanyagolt szempont volt, hogy ezen kutatások során alkalmazott kutatási, gyűjtési módszerek közül olyanokat részesítsünk előnyben, melyek csökkentik a járulékosan gyűjtött fajok egyedszámát és az állatok szenvedését (Fischer & Larson, 2019).

Dolgozatomban a Magyarországon védett futrinka (*Carabus* Lin.) fajok lehetséges konzervációbiológiai célú kutatási irányát mutatom be a populációbiológia, a molekuláris biológia és egy faj elterjedésének területein alkalmazott kíméletes vizsgálati módszerek használatával. Mindhárom kutatásban közös az élvefogó talajcspadák használata, melyek ürítése a hagyományos talajcspadáknál sűrűbben történik. Lehetőség van a járulékosan fogott fajok és a fölös mennyiségben gyűjtött célfajok egyedeinek szabadon engedésére.

Futrinka populációk életciklusának vizsgálata fogás-jelölés-visszafogás módszerével egy kertvárosi parkban.

Az urbanizáció a természetes ökoszisztémák széles körét érinti súlyosan, különböző, sokszor nem mindig könnyen elkülöníthető módon, például az élőhely-minőség, mennyiségi veszteség, az élőhely konnektivitás csökkenése és az időbeli folytonosság elvesztése révén (Hanski, 2005). Az ízeltlábúközösségek az urbanizáció leginkább negatívan érintett csoportjai közé tartoznak, különösen a bogarak és a lepkék abundanciája és diverzitása csökken (Fenoglio et al., 2020). A bogarak rendjén belül a nagy testű, ragadozó erdei-specialista futóbogarak különösen érzékenyek az urbanizációra, ezért a városokban nagyobb valószínűséggel várható lokális kihalásuk (Martinson & Raupp, 2013).

Ebben a tanulmányban futrinka fajok két szezonon át tartó vizsgálatának eredményeit mutatjuk be egy budapesti külvárosi parkban. A következő kérdéseket tettük fel: 1) Mennyire jelentős és változatos a vizsgált kertvárosi park futrinka faunája más európai városokhoz képest? 2) Hogyan jellemezhetőek a leggyakoribb futrinka fajok populációs paraméterei, életciklusai, aktivitási

mintázatai abszolút értékben és más hasonló vizsgálatokkal összehasonlítva? 3) A becsült populációs paraméterek lehetővé teszik-e, hogy a domináns és szubdomináns futrinka fajok életképes populációkat tartsanak fenn a vizsgált területen?

Vízifutrinka fajok (Carabus variolosus és C. nodulosus) genetikai változatossága

A *Carabus* (futrinka) nemzetség fajain belüli nagy morfológiai variabilitás gyakran okoz taxonómiai problémákat. A morfológiai variabilitás mögött sok esetben interspecifikus és introgresszív hibridizációs vagy introgressziós események állnak (pl. (Deuve, 2019; Düring et al., 2000; Mossakowski, 2016; Rasplus et al., 2000; Sota, 2002). A kárpáti vízifutrinka (*Carabus variolosus* Fabricius, 1787) és a dunántúli vízifutrinka (*C. variolosus nodulosus* Creutzer, 1799) rendszertani besorolása nem következetes, a morfológiai bélyegek jelentőségének megítélése szubjektív. Több szerző két fajnak minősíti őket, a legtöbb azonban alfajnak (Müller-Kroehling, 2006), egyes kutatók evolúciós szempontból a semi-species közé sorolta őket (Casale et al., 1982).

Ebben a tanulmányban három hipotézis tesztelése volt a célunk. 1) A *C. variolosus* és a *C. nodulosus* taxonok egy fajt alkotnak-e? 2) Mekkora a genetikai variabilitás a teljes elterjedési területet tekintve? 3) Léteztek-e refúgiumok a pleisztocén idején a Holdhaus-vonaltól (Holdhaus, 1954) délre és a macchia mediterrán vegetációs zónától északra?

A szegélyes futrinka (Carabus marginalis Fabricius, 1794) új lelőhelyei az Észak-Dunántúlon

A szegélyes futrinka (*Carabus marginalis*) hazánkban elsősorban savanyú homoktalajú erdőkben (homoki tölgyesek, erdeifenyvesek, akácosok), erdőszegélyeken fordul elő, és esetenként nyílt területeken is (Horvatovich, 1987, 1992; Szél et al., 2007, 2015).

Feltételezésünk szerint a faj ritkasága azzal is magyarázható, hogy az általában alacsonyabb fajszámmal rendelkező akácosok a ritkán kutatott élőhelyek közé tartoznak (Kutasi, 2004).

Anyag és módszer

Budapesten a XII. kerületben a Jókai-kert Természetvédelmi Terület egy keskeny, körülbelül 1200 m² nagyságú területén 84 db élvefogó csapdát üzemeltettünk melyek 567 m² területet fedtek le. A csapdák 2016-ban április és augusztus között, 2017-ben pedig május és július között működtek. A *Carabus scheidleri*, a *C. ulrichii* és a *C. coriaceus* példányokat a terepen azonosítottuk, egyedi számokat gravíroztunk szárnyfedőjükre.

Az európai városok *Carabus* faunájának összehasonlításához 33 publikáció adatait használtuk.

Megbecsültük a legfontosabb populációbiológiai paramétereket a Mark 9.0 szoftver segítségével (White & Burnham, 1999). Ez a megközelítés rendkívül rugalmas a paraméterek becslése és a modellek információs kritériumok alapján történő összehasonlítása terén (pl. AIC, AICc). Az adatokat az R 4.1.1-es verziójában (R Core Team, 2021) ábrázoltuk a ggplot2 segítségével (Wickham, 2016).

A *C. variolosus* ivarérett egyedeinek 1 hím és 2 nőtény példányát a Zempléni-hegységben, a *C. nodulosus* egyedeit (14 ♂, 3 ♀) pedig a Dunántúlhoz tartozó Keleti-Bakonyban gyűjtöttük. A különböző taxonok hím és nőtény egyedeit egy dobozba helyeztük kb. 30 percre, hogy teszteljük, előfordul-e kereszteződés. A kísérlet végeztével az egyedeket eredeti élőhelyükön szabadon elengedtük.

A vízfutrínák szinte teljes elterjedési területén gyűjtöttünk példányokat, a legnyugatibb Jura-hegység és Francia-középhegység kivételével. A DNS-kivonás és szekvenálás egy lábszár- vagy néhány esetben tor izomból történt lásd (Mossakowski, 2016).

A mitokondriális gének citokróm-oxidáz 1-es alegység (COI-5' és COI-3') és a sejtmagi internal transcribed spacer 2 (ITS2) egyes részeit elemeztük. A szekvenciák szerkesztését és illesztését a CHROMAS (2021), a BLAST (Altschul et al., 1990) és a Seqotron (Fourment & Holmes, 2016) programok segítségével végeztük. A filogenetikai és molekuláris evolúciós elemzéseket a MEGA X változatával (Kumar et al., 2018; Stecher et al., 2020) végeztük, a fákat és távolságokat az óra-funkcióval, a Kimura 2 paraméteres és a GTR + Γ

+ I modellel számoltuk. Az elágazások támogatását bootstrap-elemzésekkel (Felsenstein, 1985) vizsgáltuk. Az ITS2 génben 4SALE (Seibel et al., 2006) segítségével kompenzációs báziscseréket kerestünk.

A szegélyes futrinkát (*C. marginalis*) az Észak-Dunántúlon 19 településhez tartozó 32 lelőhelyen kerestük. A gyűjtéseket, elsősorban akácokban, de fenyvesben, telepített nyárasban, borókásban és ligetes tölgyesben is végeztük. A mintavételezések 2019 októberében és 2020 szeptemberében történtek, 10 db csalátkes talajcsapdával, 6-7 napos ürítési idővel. Amint egy területen megtaláltuk a fajt, a csapdázást tovább nem folytattuk a begyűjtött egyedeket elengedtük.

Eredmények

Öt *Carabus* fajt fogtunk 2016 és 2017 során a Jókai kertben, a legnagyobb egyedszámú a *C. scheidleri* és a *C. ulrichii* volt, összesen 498, illetve 32 egyedet jelöltünk meg. A harmadik leggyakoribb faj a *C. coriaceus* volt, melyből 25 egyedet fogtunk 8 visszafogással.

Az összesen 498 megjelölt *C. scheidleri* egyed 43,6 %-át sikerült visszafogni. 2016-ban 368, 2017-ben pedig 123 egyedet jelöltünk meg. Visszafogtunk 3 hímét és 4 nőtényt, melyek áttelelő példányok voltak. A becsült látszólagos túlélési arányok mindkét évben magasak voltak ugyanakkor a populációba belépő egyedek becsült száma mindkét évben rendkívül alacsony volt, a visszafogási arány pedig magas. A becsült bruttó állomány nagyság 2016-ban 338,4 ($\pm 12,4$) hím és 345,6 ($\pm 13,6$) nőstény volt, 2017-ben pedig 92,5 ($\pm 3,9$) hím és 99,7 ($\pm 4,1$) nőstény. A becsült maximális denzitás 2016-ban 0,25 egyed/m², 2017-ben pedig 0,14 egyed/m² volt. Az egyedek által megtett legnagyobb napi távolság a hímek esetén 10,9 m/nap, míg a nőstények esetén 11,4 m/nap volt.

A második leggyakoribb faj a *C. ulrichii* volt, bár a két évben csak 32 példányt jelöltünk meg, a fogások száma összesen 66 volt, a relatív aktivitás eltérő volt. 2016-ban nagyobb aktivitás figyeltünk meg, két áttelelő nőstényt és egy hímét fogtunk. A becsült látszólagos túlélési arány mindkét évben magas volt (2016: hím 0,73, nőstény 0,77; 2017: 0,71). A populációba belépők becsült száma 2016-ban alacsony, 2017-ben magas értékeket mutatott. A becsült visszafogási valószínűség 2016-ban és 2017-ben 0,4, illetve 0,6 volt. A bruttó populáció

mérete évenként jelentősen változott 2016-ban 24 (\pm 4,9) hím és 10,3 (\pm 2,9) nőstény egyedet becsültünk, míg 2017-ben 7,2 (\pm 1,6) hím és 9,9 (\pm 1,9) nőstény egyedet. A becsült denzitás nagyon alacsony volt: 0,015 egyed/m² 2016-ban és 0,014 egyed/m² 2017-ben. Az egyedek által megtett legnagyobb napi távolság hímek esetén 3,2 m/nap, illetve nőstények esetén 2,5 m/nap volt.

A szakirodalomak áttekintése alapján 22 európai városban összesen 27 *Carabus* faj van jelen melyből Budapesten 15, Lvivben 14, Bécsben 13 és Prágában 10 fordul elő.

A vízfutrinka taxonok keresztezési kísérletei során sem a hímek, sem a nőstények egyik taxonból sem próbáltak párosodni a másik taxonbeli párjukkal. A mitokondriális COI-5' vég ("barcode" szekvencia) alapján a *C. variolosus* és a *C. nodulosus* elkülönült a Maximum Likelihood fán alacsony bootstrap értékekkel, tíz haplotípuscsoportot (HTG) képezve (*C. nodulosus* 7 HTG, *C. variolosus* 4 HTG). A *C. variolosus* két példányának mitokondriális szekvenciája a *C. nodulosus*-é volt, a nukleáris gén szekvenciája is megerősítette ezt. Az ITS2 szubsztitúciók 30 informatív különbséget mutattak a *C. variolosus* és a *C. nodulosus* között, az elkülönülés elegendő bootstrap-támogatással egyértelmű.

A szegélyes futrinkát (*C. marginalis*) sikerült kimutatnunk az alábbi településekről: Bakonyság, Bakonyszentiván, Bakonytamási, Felpéc, Győről, Kajárpéc, Lovászipatona, Nagydém Pápateszér. Összesen 5 más futrinkafajjal gyűjtöttük együtt a szegélyes futrinkát (*C. coriaceus*, *C. nemoralis*, *C. hungaricus*, *C. hortensis*, *C. germari*).

Új tudományos eredmények

Futrinka populációk életciklusának vizsgálata fogás-jelölés-visszafogás módszerével egy kertvárosi parkban

A *C. scheidleri* és a *C. ulrichii* populációméretében nagy fluktuációt, alacsony diszperziós képességet, változó denzitást és a két faj közötti lehetséges kompetíciót tapasztaltunk, ezért ezek a fajok csak egy nagy kiterjedésű metapopulációs szerkezetű hálózatban képesek életképes populációkat fenntartani a vizsgált parkrészben. Az élőhelyszigetek, zöldterületek menedékhelyei a városokban levő élőlényeknek. A biológiai sokféleség mintáit kereső biológusok leírják és elemzik e minták összetettségét, és keresik a városi biodiverzitás kulcsfontosságú mozgatórugóit (Lepczyk et al., 2017). Eredményeink azt mutatták, hogy egy városi parknak meghatározó jelentősége van a nagy testű ragadozó *Carabus* fajok megőrzésében.

A genetikai vizsgálat következtetései

Abból a taxonómiai feltételezésből indultunk ki, hogy a *C. variolosus* és a *C. nodulosus* taxonómiai rangja nem tisztázott, azonban a szakirodalomban elterjedt álláspont szerint alfajok (Müller-Kroehling, 2006). A mitokondriális gének adatai és a vizsgált taxonok közötti korábbi hibridizációs események előfordulása ezt látszott alátámasztani. Mindazonáltal három eredmény is ellentmondott ennek a hipotézisnek:

- (i) a két taxon között nem történt párosodási próbálkozás;
- (ii) a két taxon közötti ITS2 adatok figyelemre méltó különbségeket mutattak;
- (iii) a *C. variolosus* és a *C. nodulosus* közötti hibridek kimutatása (mitokondriális gének) első pillantásra az alfaji státusz mellett szóló érvnek tűnik, hogy a nagy genetikai távolságok azt jelezték, hogy ez az esemény régebben történhetett.

A vízifutrinka fajok közötti nagyszámú genetikai különbséget úgy kell értelmezni, mint egy korai hibridizációs introgresszió következményét, amely időben viszonylag közel van a taxonok bazális szétválásához. Bár a taxonok morfológiailag alig különböznek egymástól, a szekvenciaadatok nagy diverzitást mutatnak. A viszonylag egységes morfológia a közös ősök vízi, vízközeli életmódhoz való szélsőséges alkalmazkodásának következményeként

értelmezhető. A jégkorszakok alatt az Alpoktól délkeletre, a Balkán-félszigeten és a Kárpátok térségében számos refúgium létezhetett. Mindegyik a Holdhaus-vonaltól délre, a mérsékelt mediterrán éghajlatú régióban, északra a mai macchia-vegetációtól. A *C. variolosus* taxon szerepel az EU élőhelyvédelmi irányelvnek II. és IV. mellékletében, azonban az itt közölt eredmények nem kérdőjelezik meg azt az általános konszenzust, hogy ezt a taxon nevet tágan kell értelmezni és a *C. nodulosus*-t is ebbe a jegyzékbe sorolandó taxonnak kell tekinteni. A mellékletek 2004-es módosításakor az általánosan elfogadott nézet szerint a „*nodulosus*” alfaj volt (Müller-Kroehling, 2006), és így az Élőhelyvédelmi Irányelvben értelmezett taxonba a későbbi rendszertani revízióktól függetlenül mindkettő beletartozna. Ezért, függetlenül attól, hogy a rendszertani döntés végül hogyan alakul, mindkét taxont az Élőhelyvédelmi Irányelv mellékletében szereplőnek kell tekinteni (Müller-Kroehling et al., 2019).

A szegélyes futrinka elterjedésének pontosítása, következtetések

Vizsgálataink igazolták, hogy a szegélyes futrinka (*C. marginalis*) viszonylag széles körben elterjedt a Fenyőfőtől északra levő homoki akácokban. Összesen 12 új lelőhelyét mutattuk ki a szegélyes futrinkának (*C. marginalis*), melyek az alábbiak: Bakonyság, Bakonyszentiván, Bakonytamási, Felpéc, Győr, Kajárpéc, Koroncó, Lovászpata, Nagydém, Pannonhalma, Pápateszér, Tét. A kutatások során általában csak néhány szegélyes futrinkát gyűjtöttünk, azonban Koroncón és a Felpéci Ósborókás szegélyén, valamint a mellette levő akácokban jelentősebb állományt találtunk.

A szegélyes futrinka elterjedési területeként korábban feltételezett Bakonyalján (Kutasi, 2004) kívül a Pannonhalmi-dombvidéken és a Kisalföldön is megtaláltuk a fajt.

Két általunk vizsgált akácban a fokozottan védett magyar futrinkát (*C. hungaricus*) is kimutattuk, ahol a szegélyes futrinkával (*C. marginalis*) együtt fordult elő. További 4 védett futrinkafajt is megtaláltunk a vizsgált élőhelyeken. A korábbi tapasztalatok alapján, és jelen vizsgálat tükrében valószínűsítjük, hogy az akác-erdők kutatása a védett fajok tekintetében érdekes eredményekkel szolgálhat.



Nyilvántartási szám: DEENK/320/2024.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Bérces Sándor
Doktori Iskola: Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10061139

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

1. Kutasi, C., Kovács, A., Szelenczey, B., **Bérces, S.**: A szegélyes futrinka (*Carabus marginalis* Fabricius, 1794) új lelőhelyei az Észak-Dunántúlon.
Folia Mus. Hist.-Nat. Bakony. 37, 59-66, 2020. ISSN: 0231-035X.

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

2. Mossakowski, D., **Bérces, S.**, Hejda, R., Müller-Kroehling, S., Paill, W., Prunar, F., Rapuzzi, I.:
High molecular diversity in *Carabus* (*Hygrocarabus*) *variolosus* and *C. nodulosus*.
Acta Zool. Acad. Sci. Hung. 66 (Suppl.), 147-168, 2020. ISSN: 1217-8837.
DOI: <http://dx.doi.org/10.17109/AZH.66.Suppl.147.2020>
IF: 0.923

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (1)

3. **Bérces, S.**, Fülöp, D., Samu, F.: Life history adaptations of *Carabus* populations in a suburban park: A capture-recapture case study.
Glob. Ecol. Conserv. 35, 1-12, 2022. ISSN: 2351-9894.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gecco.2022.e02086>
IF: 4





További közlemények

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

4. **Bérces, S.**, Biró, S., Novák, A., Halász, A., Dudás, G., Pífkó, D.: A magyar méreggyilok (*Vincetoxicum pannonicum*) állományfelmérése (2001-2019).
Kitaibelia. 25 (1), 9-18, 2020. ISSN: 1219-9672.
DOI: <http://dx.doi.org/10.17542/kit.25.9>

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (4)

5. **Bérces, S.**, Mesaroš, G., Vesović, N.: Distribution and habitat of *Carabus hungaricus* (Coleoptera: Carabidae) in Serbia and recommendation for monitoring.
Acta Entomol. Serb. 28 (1), 11-19, 2023. ISSN: 2406-1581.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.7691861>
6. Bán, M., Bóné, G. M., **Bérces, S.**, Barta, Z., Kovács, I., Ecsedi, K., Sipos, K.: OpenBioMaps - self-hosted data management platform and distributed service for biodiversity related data.
Earth Sci Inform. 15 (3), 2007-2016, 2022. ISSN: 1865-0473.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s12145-022-00818-3>
IF: 2.8
7. Pozsgai, G., Ben, F. I., Kohlen, M. V., Amrani, S., **Bérces, S.**, Fülöp, D., Jaber, M. Y. M., Meyling, N. V., Ruzskiewicz-Michalska, M., Pfliegler, V. P., Sánchez-García, F. J., Zhang, J., Rensing, C., Lövei, G. L., You, M.: Associations between carabid beetles and fungi in the light of 200 years of published literature.
Sci Data. 8 (1), 1-7, 2021. EISSN: 2052-4463.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41597-021-01072-w>
IF: 8.501
8. Fülöp, D., **Bérces, S.**, Szabó, P., Samu, F.: Effects of abiotic factors on co-occurring *Carabus* (Coleoptera: Carabidae) species.
Biologia. 76 (2), 663-671, 2021. ISSN: 0006-3088.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/s11756-020-00593-w>
IF: 1.653

Magyar nyelvű konferencia közlemények (1)

9. Bán, M., **Bérces, S.**: Egy biotikai térkép és adatbázis szolgáltató rendszer a biodiverzitás és az ökológiai kutatás szolgálatában.
In: Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában. Szerk.: Lóki József, Debreceni Egyetemi Kiadó, 2013, 97-102, 2013. ISBN: 9789633183342





A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 17,877

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre):
4,923**

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudománymetriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2024.05.30.



Short thesis for the degree of doctor of philosophy (PhD)

**Study of certain *Carabus* Lin. species using a low
impact live trapping method**

by Sándor Bérces

Supervisor: Dr. Béla Tóthmérész, Dr. Szabolcs Mizser



UNIVERSITY OF DEBRECEN
Juhász-Nagy Pál Doctoral School
Debrecen, 2024

Introduction

A significant part of conservation biology research concerns the understanding of biodiversity loss, its extent and causes. An undeservedly neglected aspect has been the preference for research and collection methods that reduce the number of bycatch species and animal suffering (Fischer & Larson, 2019).

In my thesis, I present conservation biology research topics for protected *Carabus* species in Hungary using gentle field collecting methods applied to population biology, molecular biology and the distribution survey of a species. Common to all three studies is the use of live-catch pitfall traps, which are emptied more frequently than conventional pitfall traps.

Life history adaptations of Carabus populations in a suburban park

Urbanisation is severely affecting a wide range of natural ecosystems in various, often not always easily distinguishable, ways, such as loss of habitat quality and quantity, loss of habitat connectivity and loss of temporal continuity (Hanski, 2005). Arthropod communities are among the groups most negatively affected by urbanisation, in particular beetles (Coleoptera) and butterflies (Lepidoptera) are declining in abundance and diversity (Fenoglio et al, The large-bodied, predatory forest-specialist ground beetles are particularly vulnerable to urbanisation and are most likely to face local extinction in cities (Martinson & Raupp, 2013).

In a two-season study of *Carabus* species in a suburban park in Budapest, Hungary the following questions were addressed: 1) How significant and diverse is the *Carabus* fauna of the suburban park studied compared to other European cities? 2) How can the population parameters, life cycles and activity patterns of the most common *Carabus* species be characterized in absolute terms and compared to other similar studies? 3) Do the estimated population parameters allow the dominant and sub-dominant *Carabus* species to maintain viable populations in the study area?

Genetic diversity of Carabus variolosus and C. nodulosus

The high morphological variability within species of the genus *Carabus* often causes taxonomic conflicts. In many cases, interspecific and introgressive hybridization or introgression events are behind the morphological variability (e.g. Deuve, 2019; Düring et al., 2000; Mossakowski, 2016; Rasplus et al., 2000; Sota, 2002). The taxonomic classification of *Carabus variolosus* Fabricius, 1787) and *C. variolosus nodulosus* Creutzer, 1799) is not coherent, and the significance of morphological characters is subjective. Several authors classify them as two species, most as subspecies (for a review see Müller-Kroehling (2006)), and some researchers have classified them as semi-species (Casale et al., 1982).

In this study, we aimed at to test three hypotheses. (i) Do the taxa *C. variolosus* and *C. nodulosus* form a single species? (ii) What is the genetic variability across the entire range? (iii) Were there refugia south of the Holdhaus line (Holdhaus, 1954) and north of the macchia Mediterranean vegetation zone during the Pleistocene?

New localities of the glowing-edged ground beetle (Carabus marginalis Fabricius, 1794) in the northern Transdanubian region

In Hungary, the glowing-edged ground beetle (*Carabus marginalis*) occurs mainly in acidic sandy forests (sandy oaks, pine forests, black locust plantations), forest margins and occasionally in open areas (Horvatovich, 1987, 1992; Szél et al., 2007, 2015).

We hypothesize that the rarity of this species may be explained by the fact that black locust plantation, which generally has lower species abundance, is one of the habitats that is rarely surveyed (Kutasi, 2004).

Material and methods

Eighty-four live-traps covering an area of 567 m² were installed in an area of approximately 1200 m² in the Jókai Garden Nature Reserve in the XIIth district

of Budapest. The traps were operated between April and August 2016, and between May and July 2017. Specimens of *Carabus scheidleri*, *C. ulrichii* and *C. coriaceus* were identified in the field, with unique numbers engraved on their elytra.

We estimated the key population parameters using Mark 9.0 software (White & Burnham, 1999) and compared models based on information criteria (e.g. AIC, AICc). Data were plotted in R version 4.1.1 (R Core Team, 2021) using ggplot2 (Wickham, 2016).

We collected 1 male and 2 females of *C. variolosus* adults in the Zemplén Hills and 14 males and 3 females of *C. nodulosus* adults in the Eastern Bakony, part of the Transdanubian region. Male and female specimens of the different taxa were placed in a box for about 30 minutes to test for hybridization. At the end of the experiment, the individuals were released in their original habitat.

Specimens were collected from almost the entire range of the two taxa, with the exception of the westernmost Jura Mountains and the French Massif Central. DNA extraction and sequencing was performed from a leg muscle or, in some cases, a pronotum muscle see (Mossakowski, 2016).

Parts of the mitochondrial genes cytochrome oxidase subunit 1 (COI-5' and COI-3') and the intracellular internal transcribed spacer 2 (ITS2) were analysed. Sequence editing and alignment was performed using CHROMAS (2021), BLAST (Altschul et al., 1990) and Seqotron (Fourment & Holmes, 2016). Phylogenetic and molecular evolutionary analyses were performed using the MEGA X version (Kumar et al., 2018; Stecher et al., 2020), and trees and distances were calculated using the clock function, Kimura 2 parametric and GTR + Γ + I models. Support for branching was examined using bootstrap analyses (Felsenstein, 1985). Compensatory base substitutions were searched for in the ITS2 gene using 4SALE (Seibel et al., 2006).

We searched for the glowing-edged ground beetle (*C. marginalis*) at 32 sites belonging to 19 localities in the North Transdanubian region. Collections were made mainly in black locust, pine and poplar plantations but also in juniper and oak. Sampling was carried out in October 2019 and September 2020, using

10 baited pitfall traps with a 6-7 day collection period. Once the species was found in a site, trapping was discontinued and the collected individuals were released.

Results

Five species of *Carabus* were captured in 2016 and 2017 in the Jókai garden, the largest numbers of individuals were *C. schiedleri* and *C. ulrichii*, with a total of 498 and 32 individuals marked, respectively. The third most common species was *C. coriaceus*, of which 25 individuals were trapped with 8 recaptures. Of the 498 *C. schiedleri* marked, 43.6% were recaptured. In 2016 and 2017 we marked 368 and 123 individuals respectively. We recaptured 3 males and 4 females, which were overwintering individuals. Estimated apparent survival rates were high in both years, however, the estimated number of individuals entering the population was extremely low in both years and the recapture rate was high. The estimated gross population size was 338.4 (\pm 12.4) males and 345.6 (\pm 13.6) females in 2016 and 92.5 (\pm 3.9) males and 99.7 (\pm 4.1) females in 2017. The estimated maximum density was 0.25 individuals/m² in 2016 and 0.14 individuals/m² in 2017. The maximum daily distance travelled by individuals was 10.9 m/day for males and 11.4 m/day for females.

The second most abundant species was *C. ulrichii*, although only 32 individuals were marked in the two years, with a total of 66 captures. Higher activity was observed in 2016, and two overwintering females and one male caught. The estimated apparent survival rate was high in both years (2016: male 0.73, female 0.77; 2017: 0.71). The estimated number of individuals entering the population was low in 2016 and high in 2017. The estimated recapture probability was 0.4 and 0.6 in 2016 and 2017, respectively. The gross population size varied significantly between years, with 24 (\pm 4.9) males and 10.3 (\pm 2.9) females estimated in 2016 and 7.2 (\pm 1.6) males and 9.9 (\pm 1.9) females in 2017. The estimated density was low: 0.015 individuals/m² in 2016 and 0.014 individuals/m² in 2017. The maximum daily distance covered by individuals was 3.2 m/day for males and 2.5 m/day for females.

Based on a literature review, a total of 27 *Carabus* species are present in 22 European cities, of which 15 occur in Budapest, 14 in Lviv, 13 in Vienna and 10 in Prague.

In the attempted cross-breeding of *Hygrocarabus* taxa, neither males nor females of either taxon attempted to mate with their counterparts of the other taxon.

Based on the mitochondrial COI-5' end ("barcode" sequence), *C. variolosus* and *C. nodulosus* were separated in the Maximum Likelihood tree with low bootstrap values, forming ten haplotype groups (HTG) (*C. nodulosus* 7 HTG, *C. variolosus* 4 HTG). The mitochondrial sequence of two specimens of *C. variolosus* was the same as that of *C. nodulosus*, and the nuclear gene sequence confirmed their hybrid nature. The ITS2 substitutions showed 30 informative differences between *C. variolosus* and *C. nodulosus*, the separation being evident with sufficient bootstrap support.

The glowing-edged ground beetle (*C. marginalis*) was detected from the following localities: Bakonyság, Bakonyszentiván, Bakonytamási, Felpéc, Győr, Kajárpéc, Lovászipatona, Nagydém Pápateszér. A total of 5 other *Carabus* species were collected: *C. coriaceus*, *C. nemoralis*, *C. hungaricus*, *C. hortensis* and *C. germari*.

New scientific results

Life history adaptations of Carabus populations in a suburban park

We observed high fluctuation in the population size, low dispersal ability, variable density and possible competition between the two species of *C. scheidleri* and *C. ulrichii*; these findings suggest that these species can only maintain viable populations in the studied park area in a network with a large-scale metapopulation structure. Habitat islands and green spaces are refugia for urban organisms. Biologists seeking patterns of biodiversity describe and analyse the complexity of these patterns and look for key drivers of urban biodiversity (Lepczyk et al., 2017). There is an economic answer to the question of what biodiversity is worth: in a highly urbanised area like Budapest, property prices are highest in the suburbs adjacent to urban forests. This is one of the rare cases when economists and biologists agree that biodiversity is important and highly valuable. The results of the study showed that a suburban park is of crucial importance for the conservation of the large carnivore *Carabus* species.

Conclusions of the genetic study

The taxonomic rank of *C. variolosus* and *C. nodulosus* is unclear, but the prevailing view in the literature is that they are subspecies (Müller-Kroehling, 2006). The mitochondrial gene data and the occurrence of previous hybridization events between the taxa studied seemed to support this hypothesis. However, three findings contradicted this hypothesis: (i) no mating attempts occurred between the two taxa; (ii) ITS2 data between the two taxa showed remarkable differences; (iii) the detection of hybrids (mitochondrial genes) between *C. variolosus* and *C. nodulosus* seemed at first impression to argue for subspecies status, as the large genetic distances indicated in nuclear genes that this event could have occurred at a distant date. The large number of genetic differences between *Hygrocarabus* species should be interpreted as the consequence of an early hybridization introgression, relatively close in time to the basal divergence of taxa. Although these three arguments support the species status, our study needs to be complemented by further crossing experiments with more specimens and sequence data from other locations, especially

Slovakia, the southern Balkans and the Carpathian Basin, to gain further insight into the regions where early segregation occurred. Although the taxa differ little morphologically, the sequence data show high diversity. The relatively uniform morphology can be interpreted as a consequence of the extreme adaptation of their ancient common ancestor to an aquatic, near-water lifestyle. During glacial periods numerous refugia may have existed south-east of the Alps, in the Balkan Peninsula and in the Carpathian region, all south of the Holdhaus Line, in the temperate Mediterranean region, north of the present-day macchia vegetation. The taxon *C. variolosus* is listed in Annexes II and IV of the EU Habitats Directive, but the results reported here do not call into question the general consensus that this taxon name should be interpreted broadly and that *C. nodulosus* should be considered as a taxon to be included in this list. The generally accepted view at the time of the 2004 revision of the Appendices was that 'nodulosus' was a subspecies (Müller-Kroehling, 2006) and thus both would be included in the taxon as interpreted in the Habitats Directive, irrespective of subsequent taxonomic revisions. The situation is very similar for the *Osmoderma eremita* beetle, which is now divided into five distinct species, all of which should be included in the species name *Osmoderma eremita* under the Habitats Directive (Audisio et al., 2009). Therefore, regardless of how the taxonomic decision ultimately evolves, both taxa should be considered as included in the Annex to the Habitats Directive (Müller-Kroehling et al., 2019).

The distribution of the glowing-edged ground beetle, conclusions

We demonstrated that the glowing-edged ground beetle (*C. marginalis*) is relatively widespread in the black locust plantations north of Fenyőfő. In total, 32 sites belonging to 19 localities were sampled. Our surveys were in September and October 2019 and 2020, mainly in black locust plantations, using live-catch traps. As a result of our survey, we identified 12 new sites of the glowing-edged ground beetle in Bakonyság, Bakonyszentiván, Bakonytamási, Felpéc, Győr, Kajárpéc, Koroncó, Lovászpátona, Nagydém, Pannonhalma, Pápateszér, Tét. In general, only a few glowing-edged ground beetles were collected per site during the fieldwork, but in Koroncó and on the edge of the Felpéc Ósborokás we discovered a sizable population.

Previously the Bakonyalja region was regarded as the distribution area of the glowing-edged ground beetle (Kutasi, 2004). We demonstrated that the species is also present in the Pannonhalmi hills and in the Kisalföld region.

We also detected a population of the strictly protected *C. hungaricus* and four other protected species of *Carabus*. Our findings suggest that the study of black locust plantations could yield interesting findings for protected species.



Registry number: DEENK/320/2024.PL
Subject: PhD Publication List

Candidate: Sándor Bérces

Doctoral School: Pál Juhász-Nagy Doctoral School of Biology and Environmental Sciences

MTMT ID: 10061139

List of publications related to the dissertation

Hungarian scientific articles in Hungarian journals (1)

1. Kutasi, C., Kovács, A., Szelenczey, B., **Bérces, S.**: A szegélyes futrinka (*Carabus marginalis* Fabricius, 1794) új lelőhelyei az Észak-Dunántúlon.
Folia Mus. Hist.-Nat. Bakonyi. 37, 59-66, 2020. ISSN: 0231-035X.

Foreign language scientific articles in Hungarian journals (1)

2. Mossakowski, D., **Bérces, S.**, Hejda, R., Müller-Kroehling, S., Paill, W., Prunar, F., Rapuzzi, I.:
High molecular diversity in *Carabus* (*Hygrocarabus*) *variolosus* and *C. nodulosus*.
Acta Zool. Acad. Sci. Hung. 66 (Suppl.), 147-168, 2020. ISSN: 1217-8837.
DOI: <http://dx.doi.org/10.17109/AZH.66.Suppl.147.2020>
IF: 0.923

Foreign language scientific articles in international journals (1)

3. **Bérces, S.**, Fülöp, D., Samu, F.: Life history adaptations of *Carabus* populations in a suburban park: A capture-recapture case study.
Glob. Ecol. Conserv. 35, 1-12, 2022. ISSN: 2351-9894.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gecco.2022.e02086>
IF: 4





List of other publications

Hungarian scientific articles in Hungarian journals (1)

4. **Bérces, S.**, Bíró, S., Novák, A., Halász, A., Dudás, G., Pifkó, D.: A magyar méreggyilok (*Vincetoxicum pannonicum*) állományfelmérése (2001-2019).
Kitaibelia. 25 (1), 9-18, 2020. ISSN: 1219-9672.
DOI: <http://dx.doi.org/10.17542/kit.25.9>

Foreign language scientific articles in international journals (4)

5. **Bérces, S.**, Mesaroš, G., Vesović, N.: Distribution and habitat of *Carabus hungaricus* (Coleoptera: Carabidae) in Serbia and recommendation for monitoring.
Acta Entomol. Serb. 28 (1), 11-19, 2023. ISSN: 2406-1581.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.7691861>
6. Bán, M., Bóné, G. M., **Bérces, S.**, Barta, Z., Kovács, I., Ecsedi, K., Sipos, K.: OpenBioMaps - self-hosted data management platform and distributed service for biodiversity related data.
Earth Sci Inform. 15 (3), 2007-2016, 2022. ISSN: 1865-0473.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s12145-022-00818-3>
IF: 2.8
7. Pozsgai, G., Ben, F. I., Kohnen, M. V., Amrani, S., **Bérces, S.**, Fülöp, D., Jaber, M. Y. M., Meyling, N. V., Ruzsiewicz-Michalska, M., Pfliegler, V. P., Sánchez-García, F. J., Zhang, J., Rensing, C., Lövei, G. L., You, M.: Associations between carabid beetles and fungi in the light of 200 years of published literature.
Sci Data. 8 (1), 1-7, 2021. EISSN: 2052-4463.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41597-021-01072-w>
IF: 8.501
8. Fülöp, D., **Bérces, S.**, Szabó, P., Samu, F.: Effects of abiotic factors on co-occurring *Carabus* (Coleoptera: Carabidae) species.
Biologia. 76 (2), 663-671, 2021. ISSN: 0006-3088.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/s11756-020-00593-w>
IF: 1.653

Hungarian conference proceedings (1)

9. Bán, M., **Bérces, S.**: Egy biotikai térkép és adatbázis szolgáltató rendszer a biodiverzitás és az ökológiai kutatás szolgálatában.
In: Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában. Szerk.: Lóki József, Debreceni Egyetemi Kiadó, 2013, 97-102, 2013. ISBN: 9789633183342





Total IF of journals (all publications): 17,877

Total IF of journals (publications related to the dissertation): 4,923

The Candidate's publication data submitted to the iDEa Tudóstér have been validated by DEENK on the basis of the Journal Citation Report (Impact Factor) database.

30 May, 2024



Irodalom / References

- Altschul, S. F., Gish, W., Miller, W., Myers, E. W., & Lipman, D. J. (1990). Basic local alignment search tool. *Journal of Molecular Biology*, 215(3), 403–410. [https://doi.org/10.1016/S0022-2836\(05\)80360-2](https://doi.org/10.1016/S0022-2836(05)80360-2)
- Audisio, P., Brustel, H., Carpaneto, G. M., Coletti, G., Mancini, E., Trizzino, M., Antonini, G., & De Biase, A. (2009). Data on molecular taxonomy and genetic diversification of the European Hermit beetles, a species complex of endangered insects (Coleoptera: Scarabaeidae, Cetoniinae, Osmoderma). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 47: 88-95.
- Casale, A., Sturani, M., & Vigna Taglianti, A. (1982). Fauna d'Italia-Carabidae I – Introduzione, Paussinae, Carabinae (p. 499). Edizione Calderini.
- Deuve, T. (2019). Classification du genre *Carabus* L., 1758. – Liste Blumenthal 2018–2019 (Coleoptera, Carabidae. Coléoptères, 25(5), 33–102.
- Düring, A., Brückner, M., Zimmermann, M., Bobenhausen, I., Eicke, N., & Mossakowski, D. (2000). Geographic distribution of two highly different mtDNA haplotypes in *Carabus* (*Chrysocarabus*) *splendens* Olivier. In P. Brandmayr, G. Lóvei, Zetto Brandmayr, A. Casale, & A. V. Taglianti (Eds.), *Natural history and applied ecology of carabid beetles: Proceedings of the IXth European Carabidologists' Meeting (26-31 July 1998, Camigliatello, Cosenza, Italy)* (pp. 5–9). Pensoft.
- Felsenstein, J. (1985). Confidence limits on phylogenies: An approach using the bootstrap. *Evolution*, 39(4), 783–791.
- Fenoglio, M. S., Rossetti, M. R., & Videla, M. (2020). Negative effects of urbanization on terrestrial arthropod communities: A meta-analysis. *Global Ecology and Biogeography*, 29(8), 1412–1429.
- Fischer, B., & Larson, B. M. H. (2019). Collecting insects to conserve them: A call for ethical caution. *Insect Conservation and Diversity*, 12(3), 173–182.
- Fourment, M., & Holmes, E. C. (2016). Seqotron: A user-friendly sequence editor for Mac OS X. *BMC Research Notes*, 9(1), 106.
- Hanski, I. (2005). The shrinking world: Ecological consequences of habitat loss. <https://researchportal.helsinki.fi/en/publications/the-shrinking-world-ecological-consequences-of-habitat-loss>
- Holdhaus, K. (1954). *Die Spuren der Eiszeit in der Tierwelt Europas* (Vol. 18). Universitätsverlag Wagner.
- Horvatovich, S. (1987). Néhány védett bogárfaj. *Örökség. A Baranya Megyei Múzeumok Kiadványai*, 3, 17–18.

- Horvatovich S. (1992). A Boronka-melléki Tájvédelmi Körzet fuíőbogarai és állasbogarai (Coleoptera: Carabidae, Rhysodidae). *Dunántúli Dolgozatok Természettudományi Sorozat*, 7, 127–148.
- Kumar, S., Stecher, G., Li, M., Knyaz, C., & Tamura, K. (2018). MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across Computing Platforms. *Molecular Biology and Evolution*, 35(6), 1547–1549.
- Kutasi, C. (2004). A szegélyes futrinka (*Carabus marginalis decorus*) előfordulása a Bakonyban. *Természetvédelmi Közlemények*, 11, 281–284.
- Lepczyk, C. A., Aronson, M. F. J., Evans, K. L., Goddard, M. A., Lerman, S. B., & MacIvor, J. S. (2017). Biodiversity in the City: Fundamental Questions for Understanding the Ecology of Urban Green Spaces for Biodiversity Conservation. *BioScience*, 67(9), 799–807.
- Martinson, H. M., & Raupp, M. J. (2013). A meta-analysis of the effects of urbanization on ground beetle communities. *Ecosphere*, 4(5), 1–24.
- Mossakowski, D. (2016). Introgression or low molecular differentiation? The case of *Carabus maacki*. *Periodicum Biologorum*, 118(3), Article 3.
- Müller-Kroehling, S. (2006). Ist der Gruben-Großlaufkäfer *Carabus (variolosus) nodulosus* ein Taxon des Anhanges II der FFH-Richtlinie in Deutschland? (Should *Carabus (variolosus) nodulosus* be considered an annex-II-species of the Habitats Directive?). *Waldökologie Online*, 3, 57–62.
- Müller-Kroehling, S., Adelman, W., Syyman, A., & Ellwanger, G. (2019). Art oder Unterart? Der Grubenlaufkäfer ist in jeder Hinsicht eine Fauna-Flora-Habitat-Art. *Anliegen Natur*, 41(1), 193–198.
- R Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing.
- Rasplus, J.-Y., Meusnier, S., Mondor, G., Piry, S., & Cornuet, J.-M. (2000). Microsatellite analysis of genetic population structure in the endangered beetles: *Carabus solieri* (Carabidae). In P. Brandmayr, G. Lövei, T. Zetto-Brandmayr, A. Casale, & A. Vigna Taglianti (Eds.), *Natural history and applied ecology of carabid beetles. Proc. 9th European Carabid Meeting* (pp. 11–24).
- Seibel, P. N., Müller, T., Dandekar, T., Schultz, J., & Wolf, M. (2006). 4SALE – A tool for synchronous RNA sequence and secondary structure alignment and editing. *BMC Bioinformatics*, 7(1), 498.
- Sota, T. (2002). Radiation and reticulation: Extensive introgressive hybridization in the carabid beetles *Ohomopterus* inferred from mitochondrial gene genealogy. *Population Ecology*, 44(3), 145–156.
- Stecher, G., Tamura, K., & Kumar, S. (2020). Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) for macOS. *Molecular Biology and Evolution*, 37(4), 1237–1239.

- Szél G., Kovács P., & Kutasi C. (2015). A kislalföldi meszes homokpuszta katonai használatú gyepterületeinek bogárfaunája. In Takács G. & Szinetár C. (Eds.), A kislalföldi meszes homokpuszta katonai használatú területeinek élővilága. Fertő–Hanság Nemzeti Park Igazgatóság.
- Szél, G., Retezár, I., Bérces, S., Szabó, K., Fülöp, D. K., & Péntes, Z. (2007). Magyarország futrinkái. In L. Forró (Ed.), A Kárpát-medence állatvilágának kialakulása (pp. 81–106). Magyar Természettudományi Múzeum; MTMT. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/1657717>
- Tóthmerész B. (2011). Diverzitás és mérése. Dupress.
- White, G. C., & Burnham, K. P. (1999). Program MARK: Survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study*, 46(sup1), S120–S139.
- Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer International Publishing.