



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di
Scienze Matematiche
Fisiche e Naturali

Corso di Laurea in
Biologia

*Variabilità morfologica e polimorfismo cromatico in
popolazioni di lucertola campestre, Podarcis siculus
(Rafinesque-Schmaltz 1810), della Toscana
settentrionale.*

*Morphological variability and color polymorphism in
a population of ruin lizard, Podarcis siculus
(Rafinesque - Schmaltz 1810), in northern Tuscany.*

Relatore

Stefano Turillazzi

Correlatore

Marco A. L. Zuffi

Candidato

Valentina Titone

Abstract: La lucertola campeste, *P. siculus*, costituisce un endemismo zoogeografico italiano; è caratterizzata da un' elevata variabilità morfologica e di colorazione. Rappresenta un ottimo modello di studio per le dinamiche evolutive e la selezione naturale; nelle popolazioni insulari infatti si registrano cambiamenti morfologici in tempi evolutivi brevi (allocromatismo, dieta erbivora, valvole ciecali, riduzione autotomia). Dal punto di vista fenotipico è stata descritta sommariamente e non relativamente a fenomeni ascrivibili a polimorfismo cromatico o policromatismo, noto in altri Lacertidae. Solo in ambito congressuale, sono emerse indicazioni sulla forte variabilità morfologica e cromatica del ventre, della gola e del collo, relativi a popolazioni della costa della Toscana settentrionale (area di studio oggetto di questa tesi). È stata quindi fatta l'ipotesi che *Podarcis siculus campestris* sia una sottospecie caratterizzata da polimorfismo cromatico o che costituisca un esempio di policromatismo, espresso a livello di mandibole, mascelle e gola. È stato verificato che la presenza di morfi diversi (bianco, verde, verde-giallo, verde-arancione, verde-azzurro e verde-bianco) è costante nelle popolazioni, con un' occorrenza maggiore del valore di riferimento del 2% (definizione di polimorfismo). Sono state analizzate le differenze biometriche tra popolazioni, inter e intra sessuali, ed è stato valutato se individui con morfi diversi esprimessero comportamenti differenti, in contesti agonistici, allestendo combattimenti tra maschi di *P. siculus*. Sono state effettuate analisi preliminari della composizione del secreto dei pori femorali di maschi di colorazione diversa a supporto dell'ipotesi iniziale; che hanno permesso di evidenziare la presenza di almeno tre diverse proteine. Dai risultati si evince che *P. siculus* è caratterizzata o da polimorfismo/policromatismo, variabile (incipiente o in fase di decremento) nelle aree geografiche in cui entra in competizione con specie non polimorfiche (*P. muralis* in alcune aree); oppure potrebbe essere completamente polimorfica nelle zone in cui compete con altre specie caratterizzate da marcato polimorfismo cromatico (*P. meliselleninsis*). Il colore inoltre non è influenzato dalla taglia/età, in entrambi i sessi. È emerso che l'esito del combattimento è influenzato in modo significativo dallo stato di residenza, mentre il colore non ha alcun effetto. Da analisi relative alla morfologia e al dimorfismo sessuale si evince che i maschi hanno lunghezza e peso corporeo maggiori rispetto alla femmine in tutte le località oggetto dei campionamenti e che sussistono differenze morfologiche statisticamente significative, tra le diverse località. Ulteriori indagini sarebbero utili per comprendere in modo più approfondito la frequenza dei diversi morfi all'interno delle popolazioni, le differenze tra queste e se *P. siculus* sia caratterizzata da polimorfismo cromatico e chimico oppure da policromatismo.

INDICE:	Pagina:
Introduzione:	1
<i>Premessa.</i>	1
<i>Scopo del lavoro.</i>	3
<i>Il polimorfismo.</i>	6
<i>Contesto evolutivo.</i>	11
<i>Podarcis siculus – note di biologia, ecologia, comportamento.</i>	17
<i>Distribuzione.</i>	24
<i>Tassonomia e filogenesi.</i>	25
<i>Il modello di studio.</i>	28
<i>Stato di conservazione.</i>	32
Materiali e Metodi:	34
<i>Area di studio.</i>	34
<i>I metodi di cattura, riconoscimento, misurazioni e altri parametri.</i>	38
<i>Data set fotografico.</i>	44
<i>Arene di combattimento.</i>	45
<i>Esperimenti di territorialismo e test di dominanza.</i>	50
<i>Secreti e pori femorali.</i>	52
<i>Analisi statistiche.</i>	55
<i>Analisi quantitativa del colore suboculare.</i>	56
Risultati:	57
<i>Variazione morfologica e Sexual Size Dimorphism.</i>	57
<i>Variazione morfologica, Sexual Size Dimorphism nelle diverse località (interpopolazione e intra popolazionali).</i>	59
<i>Espressione del polimorfismo nei e tra i sessi: mascella e mandibola, gola.</i>	69
<i>Effetto del colore nel territorialismo [combattimenti].</i>	72
<i>Risultati preliminari tracciabilità proteica dei secreti femorali.</i>	74
Discussione.	75
Bibliografia.	84
Appendice 1	96
Appendice 2	97
Appendice 3	98
Appendice 4	99
Appendice 5	106
Appendice 6	110
Appendice 7	114
Appendice 8	118
Appendice 9	127
Ringraziamenti.	130

*Ai miei nonni
e alle “suricchie” di Paterno*

***Variabilità morfologica e polimorfismo cromatico in popolazioni di
lucertola campestre, Podarcis siculus (Rafinesque-Schmaltz 1810), della
Toscana settentrionale.***

INTRODUZIONE

Premessa: La lucertola campestre è un endemismo zoogeografico italiano, con distribuzione che interessa il nostro Paese, la Corsica e le porzioni costiere della Slovenia e in minima parte del nord della Croazia e di alcune sue isole. Popolazioni introdotte e acclimatate, più o meno cospicue, sono presenti anche nella Spagna sud-orientale, nelle Isole Baleari, nella Francia meridionale, in alcune isole italiane, sulle coste tunisine e libiche, in Turchia e negli Stati Uniti. Sull'Etna si spinge fino a circa 1800-2000 m di quota (Corti, 2006; Vanni e Nistri, 2006; Corti *et alii*, 2011).

Citando da Vanni e Nistri (2006) per la Toscana la specie è descritta come segue:

“Nelle popolazioni continentali e in quelle dell’Isola d’Elba, dell’Isola di Montecristo, dell’Isola di Cerboli, della Formica di Burano e dello Scoglio dello Sparviero il dorso è verde-erba, verde-giallastro o verde soffuso di bruno o di grigiastro chiaro, con una evidente banda longitudinale bruna e nera al centro del dorso; i fianchi sono vermicolati di biancastro, bruno e nero, mentre la regione ventrale è biancastra o madreperlacea, di regola priva di macchie e talora leggermente soffusa di grigio o di giallo crema. Nelle altre isole dell’Arcipelago Toscano abitate dalla specie la variabilità cromatica e di ornamentazione è molto maggiore. Il colore di fondo delle parti dorsali va dal verde, al verde-bruno, al bruno-verdastro e al bruno; per quanto riguarda l’ornamentazione, i fenotipi fondamentali sono lo striato (simile a quello più sopra descritto), il reticolato e il “concolor” (cioè senza disegno scuro), con varie situazioni intermedie. Le parti ventrali, anche in questo caso, sono di regola biancastre e prive di macchie scure.”

Recentemente, in Campania, sono state analizzate alcune popolazioni di lucertola

campestre ove la colorazione ventrale passa dal morfo standard bianco (WA = *White Abdomen*; Campania continentale) a individui con progressivo inscurimento sul blu-azzurro e dorso ancora verdastro (BB = *Bright Blue*; isola di Licoso) e individui totalmente blu scuro (DB = *Dark Blue*; faraglione di Capri) con dorso nerastro (Fig. 1), funzione di una mutazione e espressione differenziale del gene *MC1R* (*melanocortin-1 receptor*) (Fulgione *et alii*, 2008, 2015).

Pertanto, a livello generale delle conoscenze pregresse pubblicate, nelle due sottospecie di lucertola siciliana, *Podarcis siculus campestris* e *P. siculus siculus*, non appaiono descritti fenomeni ascrivibili a polimorfismo cromatico, noto invece in altre specie di Lacertidae (*Zootoca vivipara*, *Podarcis muralis*, *Algyroides fitzingeri*, ecc.). Dal punto di vista della morfologia grossolana e del fenotipo, *P. siculus* è di fatto stata descritta solo sommariamente (Zuffi *et alii*, 2012a) o non relativamente a quanto sto per esporre in questo mio contributo. Nel corso di studi precedenti, presentati e pubblicati solo in ambito congressuale (Zuffi *et alii*, 2009, 2011, 2012a, 2012b), relativi a popolazioni della costa della Toscana settentrionale, erano emerse indicazioni importanti sulla forte variabilità morfologica e cromatica delle parti ventrali, della gola e del collo nella lucertola campestre, tali da non poterle considerare solo variazioni occasionali del pattern di colore tipico della regione ventrale.

Sulla scorta di questo scenario introduttivo è partito il mio progetto di tesi.



Fig. 1: Differenti livelli di melanizzazione rappresentanti il range di variazione del colore. WA, wild type; BB, bright blue phenotype; DB, dark blue phenotype.

Scopo del lavoro: Si espone l'ipotesi che *Podarcis siculus campestris* sia una specie (sottospecie) caratterizzata da polimorfismo cromatico o che costituisca un esempio di policromatismo, e che il polimorfismo/policromatismo si esprima in una porzione limitata del corpo, solo a livello di mandibole, mascelle e gola. Si pensa inoltre che la presenza di morfi diversi sia costante nelle popolazioni, e con occorrenza maggiore di quanto mai considerato prima.

Si ritiene inoltre che tale colorazione non sia mai stata considerata prima un polimorfismo o un policromatismo, piuttosto espressione di variabilità individuale, soggetta a variazioni stagionali e ormonali, e pertanto sfuggita o non compresa dagli studiosi. È stato verificato con quale occorrenza il polimorfismo/policromatismo si esprime in alcune popolazioni naturali.

Nell'ipotetico contesto polimorfico sono state prese in considerazione le differenze biometriche tra popolazioni, inter e intra sessuali, con particolare attenzione soprattutto allo stato di salute degli individui, morfo-dipendente in altre specie (Moreira 2002; Sinervo et al. 2000; Lopèz et al. 2009; Huyghe, Herrel, et al. 2007B, 2009; [Pellitteri-Rosa et al. 2014](#)).

È anche stato considerato se individui con morfi diversi esprimono comportamenti differenti, ad esempio in contesti agonistici (aggressività e territorialismo), un aspetto, per quanto a mia conoscenza, il quale non è stato ancora trattato in questa specie ([Moreira et al. 2006](#); [Sacchi et al. 2007](#); [Scali et al. 2013](#)).

Una delle prime assunzioni fonda le sue radici sulla base del fatto che gli individui di questa specie (sottospecie) mostrano differente colorazione della mascella e della zona sottogolare, come da studi precedenti svolti a San Rossore, in cui erano stati osservati in sintopia individui di morfo bianco e di morfo verde (Fig. 2 e Fig 3); tanto da riconoscere facilmente gli individui caratterizzati dal colore bianco golare e ventrale e gli individui oggettivamente verdi, verdi-gialli, verdi-azzurri e in alcuni casi anche verdi-arancioni

Fig. 4. Tale differenza cromatica risulta essere più accentuata e frequente ad esempio vicino al limite di ripartizione orientale, lungo il confine con la Slovenia, nei pressi di Capodistria, e tra Slovenia e Croazia, ove la colorazione golare si estende a tutto il ventre con toni accesi e marcati Fig. 5 (Zuffi M.A.L., com pers. giugno 2015).



Fig. 2: *Podarcis siculus* morfo bianco (foto di Valentina Titone)



Fig. 3: *Podarcis siculus* morfo verde (foto di Valentina Titone)

a



b



c



d

e



f



g

h

Fig. 4: *P. siculus* morfo: verde-giallo a, e; verde-blu b, c, f, h; verde-arancione d; bianco-verde g. (foto di Valentina Titone)

a



b



c

d

Fig. 5: a) *P. siculus* con colorazione ventrale gialla (Slovenia). b) *Algyroides nigropunctatus* esempio di polimorfismo (Croazia). c) *Lacerta Trilineata* esempio di policromatismo (Croazia). d) *P. siculus* con colorazione ventrale giallo-verde (Croazia). (foto di Marco A. L. Zuffi).

Il polimorfismo: Il polimorfismo si verifica quando due o più fenotipi diversi esistono contemporaneamente nella stessa popolazione. Per essere classificati come tali, i polimorfismi devono occupare allo stesso tempo lo stesso habitat, appartenere ad una popolazione panmittica (cioè soggetta ad accoppiamento casuale) ed essere di frequenza tale da non esprimere una semplice mutazione occasionale (frequenza % > 2, si veda poco sotto).

Il polimorfismo è comune in natura, legato alla biodiversità, alla variabilità genetica e alla capacità di adattamento.

È inoltre conseguenza del processo evolutivo, è ereditabile, e viene modificato dalla selezione naturale. Il termine è usato anche in modo diverso dai biologi molecolari per descrivere le mutazioni puntiformi nel genotipo, come negli SNPs.

Esistono due tipi principali polimorfismo:

-Il polimorfismo cromosomico, che differenzia le specie per il numero e la morfologia dei cromosomi. Caratterizza molte specie di Insetti, lo ritroviamo per esempio in popolazioni di *Drosophila pseudobscura* provenienti dalle regioni occidentali dell'America Settentrionale. È presente perfino nei Mammiferi.

-Il Polimorfismo genetico è presente quando una variazione generica ha una prevalenza maggiore dell'1% all'interno di una popolazione. Tale variazione può essere determinata da sostituzioni, delezioni o inserzioni di basi nucleotidiche, sia in regioni codificanti sia non codificanti del DNA. I loci polimorfici sono quelli per i quali almeno il 2% della popolazione risulta eterozigote. Le conseguenze di questi polimorfismi possono essere silenti con una variazione proteica con la stessa funzione, oppure una variazione nella sequenza aminoacidica che non altera la struttura della proteina, e-infine-non silenti con un cambiamento a livello fenotipico (per esempio proteine modificate la cui funzione risulterà alterata). Tale tipo di polimorfismo viene attivamente e costantemente mantenuto

nelle popolazioni per selezione naturale, a differenza dei polimorfismi transitori in cui una forma viene progressivamente sostituita da un'altra.

Gli esempi classici sono il dimorfismo sessuale, cioè la differenza morfologica fra individui appartenenti alla medesima specie ma di sesso opposto (Fig. 6), le forme di mimetismo nelle farfalle, l'emoglobina umana e i gruppi sanguigni.



Fig. 6: Esempi di Dimorfismo sessuale.

Nel caso del diffusissimo dimorfismo sessuale, è proprio la stessa divisione del sesso a costituire un polimorfismo di natura criptica. È stato ipotizzato che la differenziazione nei due sessi abbia dei vantaggi evolutivi che consentono ai cambiamenti di concentrarsi nella parte maschile della popolazione e al tempo stesso preservano l'attuale distribuzione genotipica nelle femmine (Geodakyan V. A., 2000). Ciò consente alla popolazione di rispondere meglio alle infezioni, al parassitismo, alla predazione e altri pericoli presenti nell'ambiente (Mainard S. J., 1978).

Per quanto riguarda i diversi gruppi sanguigni umani tale polimorfismo da origine ai fenotipi A, AB, 0, si ritrovano in tutte le popolazioni umane, ma all'interno di esse presentano frequenze diverse e conferiscono diverse capacità di tolleranza a varie malattie, come per esempio l'Anemia Falciforme. Individui eterozigoti per l'emoglobina hanno fitness maggiore perchè sopravvivono alla malaria, che agisce selezionando negativamente gli omozigoti falciformi, in quanto resistenti ad essa.

I pattern di variabilità possono esplicitarsi nelle seguenti situazioni:

- Maggiori dimensioni del maschio rispetto alla femmina, tipico di molti mammiferi ed uccelli. Tuttavia vi sono esempi in cui avviene l'esatto opposto, è il caso di molti Insetti, Aracnidi, Pesci, Uccelli e Mammiferi (gran parte degli uccelli da preda; iena maculata; i cetacei Mysticeti per esempio).
- Diversa colorazione degli individui di sesso opposto, definito come dicromatismo sessuale, dove in genere il maschio è più colorato e appariscente della femmina; esistono casi in cui si verifica la situazione opposta, è il caso del dicromatismo inverso.
- Presenza o assenza in uno dei due sessi di determinate strutture come per esempio corna nei cervi, zanne nei suini, dischi facciali in arancio, membrane sottogolari in alcune specie di di Iguanidae (Fig. 7).



Fig. 7: Membrana golare maschile tipica del genere *Anolis*.

- Presenza o assenza in uno dei due sessi di determinati comportamenti (istinto parentale, aggressività innata etc.).

Esistono casi di polimorfismo estremo, dove la differenza fra i due sessi è così accentuata che maschi e femmine sono stati inizialmente classificati come specie o addirittura in generi differenti: è il caso dell' *Eclecto rotatus* (Heinsohn et alii 2005) Fig. 8 e dell' *Heteralocha acutirostris* (Moorhouse, 1996).



Fig. 8: Maschio (verde) e femmina (rossa) di Eclecto.

Una situazione particolare riguarda i Policheti del genere *Osedax* e negli Echiura, come *Bonellia viridis*, i cui maschi vivono all'interno delle femmine e non escono mai dallo stadio larvale. Al contrario, nei Cirripedi parassiti del genere *Sacculina*, le femmine esistono come struttura reticolata all'interno del loro ospite, il maschio. Nella maggior parte delle cocciniglie le femmine sono prive di occhi e delle ali, hanno zampe atrofizzate e vivono permanentemente fissate alla pianta ospite, mentre i maschi hanno dimensioni minori e sono alati. In alcune specie di rane pescatrici i maschi sono semplici strutture sacciformi, privi di apparato digerente, che si attaccano alla femmina conducendo una vita parassitica e producendo sperma come unica attività autonoma (Fig. 9). Una situazione simile è presente nel ditiscide *Phoreticovelia disparata*, dove il maschio si aggancia alla femmina nutrendosi da un'area ghiandola posta sul dorso della stessa,

anche se può vivere autonomamente. In *P. siculus* questo aspetto non è stato ancora investigato ed è, in parte e a livello preliminare, oggetto del mio progetto di tesi.

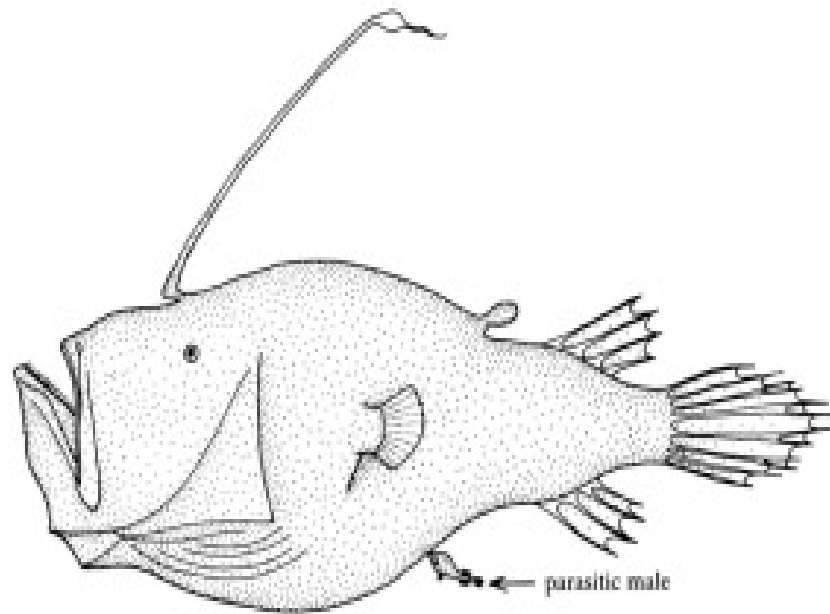


Fig. 9: Rapporti dimensionali maschio e femmina di Rana pescatrice.

Contesto evolutivo: È pertanto lecito, alla luce di quanto sopra esposto, domandarsi quali siano le cause che hanno condotto alla formazione e concorrono al mantenimento, all'interno di una popolazione, di due o di più morfi.

Molti studi sono stati condotti su questa tematica e hanno cercato di fare chiarezza sulle possibili cause, prendendo in esame vari *taxa*.

In particolare il polimorfismo cromatico è molto diffuso nei vertebrati, come per esempio tra gli Uccelli. Uno studio condotto da Galeotti et al. (2003) ha indagato sulle possibili cause e sulle funzioni adattative di questo tipo di polimorfismo, rivelando che tale meccanismo era molto espresso in specie che presentavano abitudini prevalentemente diurne e che occupavano sia habitat aperti sia chiusi. Questi risultati supportano l'ipotesi che il polimorfismo cromatico si sia evoluto sotto la pressione evolutiva legata alla capacità di rilevamento dell'animale stesso all'interno del proprio ambiente; con effetti dovuti alla variabilità delle condizioni di luce, durante le ore di attività. Gli agenti selettivi risulterebbero quindi le prede, i predatori e i competitori. Il meccanismo che con maggiore probabilità mantiene la presenza del polimorfismo cromatico sarebbe la così detta *Disruptive selection*, ovvero il meccanismo di selezione che favorisce gli individui, posti alle code destra e sinistra di una distribuzione normale, che presentano tratti estremi rispetto alla maggior parte.

Per quanto riguarda gli invertebrati uno studio è stato condotto sul melanismo nella *Locusta migratoria* (Tanaka, 2003). In questa specie è un neuropeptide (*[His7]-corazonin*) il responsabile della colorazione scura. Dai risultati ottenuti vi è una correlazione tra la temperatura e il *pattern*. In particolare elevate temperature inducono la manifestazione fenotipica opposta, ovvero una colorazione chiara, sopprimendo l'azione del neuropeptide.

Un esempio eclatante riguarda la causa del polimorfismo cromatico (manto chiaro o manto scuro) riscontrato in popolazioni ferali di *Ovis aries* (Gratten et al., 2006). È stato

infatti identificato il gene responsabile di tale manifestazione (TYRP1, responsabile della sintesi della melanina); in particolare sarebbe proprio un SNP, nella sequenza codificante di questo gene, la causa. Gli individui più scuri sono particolarmente avvantaggiati dalla loro condizione, a favore di questi infatti vi sarebbe un maggiore tasso di sopravvivenza all'inverno, risultano anche più pesanti e resistenti all'attacco di nematodi gastrointestinali (Gratten et al., 2006).

Un altro esempio importante di polimorfismo cromatico e, supportato da dati sperimentali, di polimorfismo chimico, proviene proprio dal mondo dei Lacertidi, in particolare nella specie *Iberolacerta monticola* (Lopèz et al., 2009). Gli individui di questa specie si differenziano con colorazioni blu o verde (Fig. 10 e Fig. 11), in particolare i maschi si distinguono anche per la composizione del secreto dei pori femorali: i maschi blu infatti presentano una maggiore componente di steroidi e minore di acidi grassi rispetto a quelli verdi. Inoltre i primi hanno un'estensione dell'*home range* molto limitata, suggerendo l'esistenza tra i due morfi di diverse strategie riproduttive (Moreira, 2002). Tale differenza nelle proporzioni di questi composti chimici sembra sufficiente per permettere alle femmine di effettuare una discriminazione chemio-sensoriale dei due morfi maschili.



Fig. 10: *Iberolacerta monticola* morfo blu



Fig. 11: *Iberolacerta monticola* morfo verde.

Tali differenze inoltre potrebbero essere legate all'apparente differenza tra le strategie riproduttive di maschi verdi e maschi blu. In particolare i maschi di morfo verde difendono territori più vasti con numerose sovrapposizioni tra i “vicini”, mentre maschi di colore blu difendono territori più piccoli, ma più esclusivi (Moreira, 2002). Queste differenti strategie potrebbero dipendere da livelli diversi di steroidi in circolo, come avviene per esempio nei tre morfi della lucertola *Uta stansburiana* Fig. 12 (Sinervo et al., 2000) e in due dei tre morfi di *P. melisellensis* Fig. 13 (Huyghe et al., 2007B, 2009).

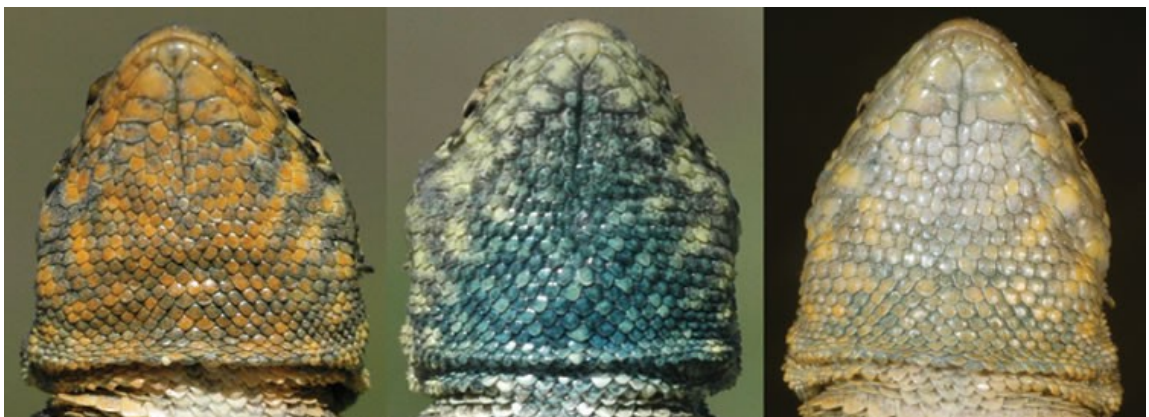


Fig. 12: Tre morfi di *Uta stansburiana*.



Fig. 13: Tre morfi di *P. melisellensis*.

Un'altra possibile spiegazione potrebbe risiedere nel fatto che la frequenza dei due morfi, verde e blu, varia in relazione all'altitudine (Moreira ,2002). Il mantenimento di questo polimorfismo si correla a fattori ambientali, che possono variare con l'altitudine: differenze nelle proporzioni dei composti potrebbero essere dovute alla pressione selettiva relativa alla persistenza e all'efficienza del segnale chimico in diverse condizioni ambientali (Martin e Lòpez, 2006c). Infatti, gli steroidi meno volatili e più stabili conferirebbero un vantaggio in ambienti a più elevata altitudine. Maschi di morfo blu infatti presentano una componente di steroidi più cospicua a quote maggiori (Moreira. 2002).

Tale polimorfismo chimico potrebbe essere implicato nel mantenimento del polimorfismo cromatico, mediato probabilmente dal ruolo del segnale chimico nella scelta femminile. In definitiva, quindi, il polimorfismo può essere evolutivamente mantenuto se esiste una Selezione neutrale e tutti i morfi hanno la stessa *fitness*, oppure attraverso eterogeneità spaziale o temporale nell'ambito della pressione selettiva o della scelta del partner (Lopèz et al., 2009).

Inoltre in *Lacerta monticola* è stato testato se le secrezioni dei pori femorali e le spine copulatorie trasmettessero informazioni sull'identità del maschio e lo stato di dominanza. I risultati indicano che i maschi riescono a discriminare il proprio odore (delle spine copulatorie e del secreto dei pori) dall'odore degli altri maschi. Inoltre, sono in grado di discriminare attributi morfologici di altri maschi, associati allo stato di dominanza, basati

su caratteristiche chimiche dipendenti dalle secrezioni dei pori femorali. Lo stato di dominanza viene riconosciuto sulla base di diverse caratteristiche chimiche dipendenti invece dalle spine copulatorie. Tale trasmissione di informazioni sull'identità maschile e lo stato di dominanza, attraverso marcatura chimica, potrebbe avere una funzione nella formazione delle gerarchie di dominanza. Le spine copulatorie e le secrezioni femorali permettono ai maschi di marcare il corpo della femmina e tale comportamento potrebbe influenzare le decisioni riproduttive sia maschili sia femminili, all'interno di un contesto in cui vigono pressioni selettive derivanti dalla competizione spermatica (Moreira et al., 2006).

L'importanza della segnalazione chimica è stata riscontrata anche in altre specie di Lacertidi, per esempio proprio all'interno del genere *Podarcis* e in particolare in *P. muralis* (Sacchi et al., 2007). In questa specie sono state inoltre testate le capacità di “homing” in relazione alla diversa colorazione (Fig. 14). Tra i tre morfì di questa specie sono gli individui, di entrambi i sessi, di colore giallo ad avere capacità di “homing” significativamente più elevata rispetto agli altri morfì, rosso e bianco (Scali et al., 2013).

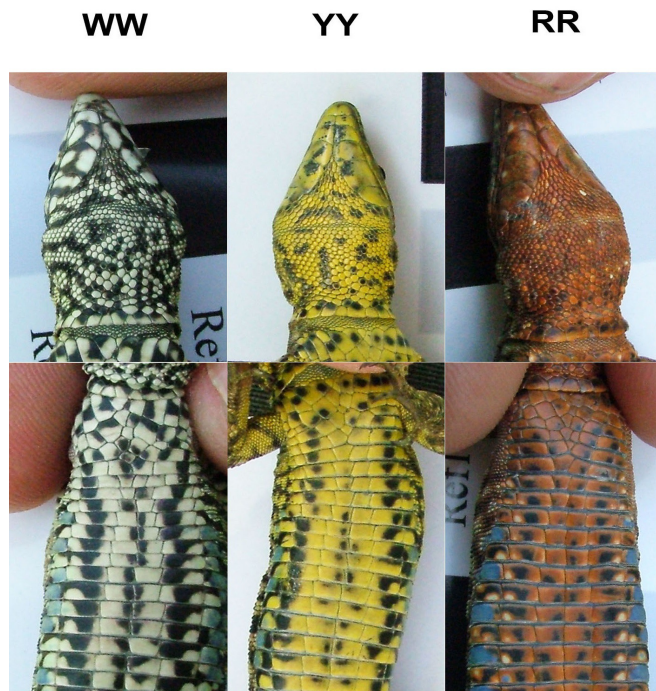


Fig. 14: Morfì di *P. muralis* WW=bianco, YY=giallo, RR=rosso.

Una piccola parte del mio progetto di tesi infatti è volto all'analisi della composizione del secreto dei pori femorali di maschi di *P. siculus*, sia con colorazione mascellare e golare bianca sia verde o di altra tonalità (non bianca) allo scopo di valutare se esiste una differenza nella composizione chimica delle secrezioni di individui di morfi differenti, a supporto dell'ipotesi che *P. siculus* sia anch'essa una specie polimorfica. Tale differenza è già stata riscontrata in *P. muralis* (Pellitteri-Rosa et al., 2014) analizzando la composizione chimica del secreto di maschi di morfo, età e dimensioni differenti (Appendice 1 e Appendice 2). Dai risultati è emerso che in questa specie i maschi più piccoli mostrano una maggiore componente costituita da alcol, aldeidi e chetoni; e una minor componente di tocoferoli rispetto a maschi più grandi. Inoltre sono state riscontrate differenze inter-morfo nelle proporzioni di alcuni composti, in particolare per furanoni e tocoferoli. Confronti tra coppie hanno dimostrato che maschi di morfo bianco hanno profili chimici significativamente diversi sia rispetto al giallo sia al rosso, mentre le differenze tra questi ultimi sono risultate solo marginali. Da tali risultati è stato ipotizzato che le differenze chimiche associate al polimorfismo cromatico possono svolgere un ruolo centrale nella comunicazione intra-specifica, nella selezione sessuale, con la possibilità di scegliere il partner in base all'età e, più interessante, in base al morfo.

***Podarcis siculus* – note di biologia, ecologia, comportamento.**

La Lucertola campestre, *Podarcis siculus* (Rafinesque-Schmaltz, 1810) Fig. 15, è un rettile di piccola taglia, può raggiungere una lunghezza massima di 23-24 cm, e con svl (*snout to vent length*; lunghezza capo-cloaca), fino a 9 cm, ma in media presenta dimensioni inferiori. Il corpo è robusto e la testa grande, la coda può raggiungere il doppio della lunghezza del corpo.



Fig. 15: *P. siculus*

Le femmine tendono ad avere dimensioni inferiori sia per quanto riguarda la lunghezza sia per le dimensioni della testa, che risulta meno squadrata, rispetto ai maschi, e il ventre più rotondeggiante. I maschi, di dimensioni mediamente maggiori, presentano inoltre una colorazione più brillante e appariscente rispetto alla femmina e pori femorali più sviluppati ed espressi durante il periodo riproduttivo (Arnold e Burton, 1986), mostrando quindi un forte dimorfismo sessuale. Il dorso è caratterizzato di norma da una colorazione di fondo verde, ma può presentare elevata variabilità cromatica (giallastro, verde oliva, marrone chiaro o grigiastro) anche nell'ambito della stessa popolazione. La banda

occipitale è costituita da numerose macchie nere, le quali prendono contatto tra loro. Le striature dorso-laterali sono, in alcune circostanze, continue; soprattutto nei maschi sono ridotte o assenti del tutto (Corti et al., 2011). Spesso, posteriormente all'attacco degli arti anteriori e bilateralmente, è presente una macchia di colore ceruleo (Corti et al., 2011), che potrebbe essere implicata nell'ambito della comunicazione visiva. La colorazione delle parti ventrali è di norma biancastra o con sfumature verdastre, senza punteggiatura o reticolatura (Arnold e Burton, 1986). Il colore della gola e delle parti ventrali di *Podarcis siculus* è molto diverso da quello della Lucertola muraiola, *Podarcis muralis* (Laurenti, 1768). Essa presenta, in corrispondenza della gola e in molti casi del ventre, punteggiature o macchie nere (Biaggini et al., 2011) su fondo bianco (in Toscana) e bianco, giallo o rosso in molte parti del nord Italia e dell'Italia peninsulare meridionale (Galeotti et al., 2013; Whiley et al., 2015).

Podarcis siculus frequenta ambienti di varia natura, antropizzati e non, come pascoli, prati incolti, aree a macchia mediterranea, orti, giardini, parchi urbani, margini di boschi, rive di corsi d'acqua. È nota però una certa predilezione per i litorali sabbiosi, i campi e i prati pianeggianti, privi di alberi, pietre e muretti a secco (Henle e Klaver, 1986).

In caso di assenza di specie meglio adattate, può occupare altri habitat, come quelli rocciosi con scarsa vegetazione (Arnold e Burton, 1986). È presente a partire dal livello del mare fino a 2200 m di altitudine (sul Monte Etna, in Sicilia), ma di regola non supera i 1100 m nell'Italia centrale (Corti et al., 2011). Nell'Italia settentrionale e centrale è presente soprattutto nelle aree di pianura e collina, mentre nell'Italia meridionale e nelle isole si spinge dalla pianura ai rilievi montani. In Toscana *P. siculus* è la lucertola più diffusa anche negli habitat agricoli. Svolgendo studi su due tipi di habitat a vigneto e cerealicolo, tipici della paesaggio agrario della Toscana, è emerso che questa specie sembra evitare l'area coltivata con cereali, penetrando solo per i primi metri in prossimità dei margini incolti. I vigneti, al contrario, ospitavano un numero maggiore di individui,

diffusi in tutta l'area, ma anche in questo contesto la distribuzione risulta uniforme e la più alta densità è stata riscontrata nelle zone marginali (Biaggini et al., 2009).

In generale *Podarcis siculus* è un sauro diurno, eliofilo e termofilo, che mantiene una temperatura corporea diurna compresa tra i 33 °C e i 36 °C (Licht et al., 1969), ottenuta mediante esposizioni al sole in diversi momenti della giornata, a seconda delle temperature esterne (e quindi anche delle stagioni) e delle condizioni meteorologiche. Nei mesi invernali entra in ibernazione con sporadici picchi di attività nelle giornate meno fredde (Licht et al., 1969). Nelle zone a clima Mediterraneo è attiva per quasi tutto l'anno: 14 ore al giorno (soprattutto nelle prime ore del mattino e nel tardo pomeriggio) durante l'estate, 3-4 ore in inverno e solo nelle giornate più soleggiate. L'attività di caccia avviene principalmente sul terreno ma, una volta catturata la preda, si osserva un ritorno verso zone di rifugio. L'elemento principale della dieta è costituito da artropodi, ma quando risultano poco frequenti le lucertole introducono nella propria dieta alimenti di origine vegetale (Van Damme, 1999). È stata trovata una forte correlazione tra l'insularità e dieta erbivora nei Sauri poiché, nelle isole, la disponibilità di prede è spesso variabile stagionalmente e le popolazioni insulari si adattano spostando lo spettro trofico verso un regime a base vegetale (semi, bacche, fiori, nettare, ecc.) Fig. 16.

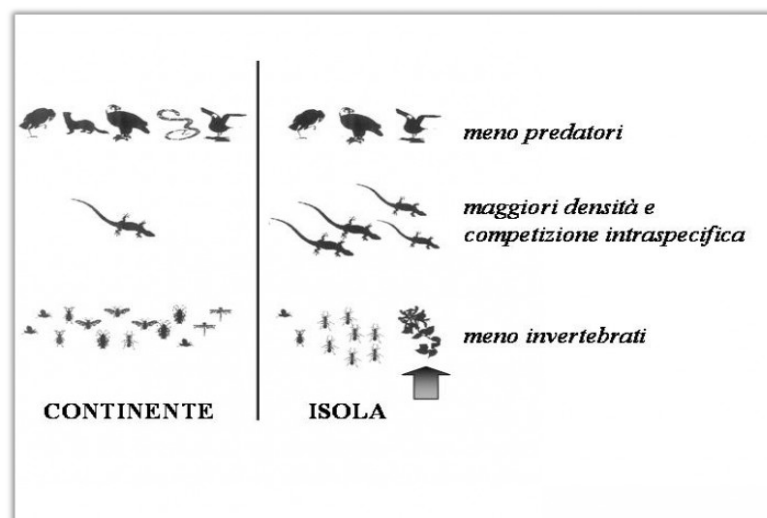


Fig. 16: Dicotomia della ricchezza alimentare e numerosità delle popolazioni tra zone continentali e insulari (tratto da Van Damme, 1999).

Podarcis siculus risulta una forte opportunista alimentare, con dieta caratterizzata da prede normalmente frequenti o di facile accesso (Zuffi e [Giannelli, 2013](#)). La dieta della lucertola campestre si differenzia in modo marcato rispetto a quella della lucertola muraiola e, rispetto a quanto noto, le popolazioni di *P. siculus* studiate per questo scopo, tendono ad essere più eurifaghe della specie in competizione (Bombi e Bologna, 2002). *Podarcis siculus* è a sua volta preda di molti vertebrati.

Le dita fornite di artigli consentono alle lucertole di arrampicarsi molto abilmente su superfici ruvide. È una specie territoriale e i maschi adulti mettono in atto combattimenti per la conquista o il mantenimento del territorio e l'accesso alle femmine. Il periodo riproduttivo avviene durante la stagione primaverile e il maschio, immobilizzando la femmina (Fig. 17), mordendola sul fianco o sull'addome si accoppia con essa. I morsi sul corpo della femmina sono molto evidenti, di densità maggiore nella zona dorsale-sacrale, normalmente in corrispondenza dell'ovario maturo (Fig. 18).



Fig. 17: Accoppiamento

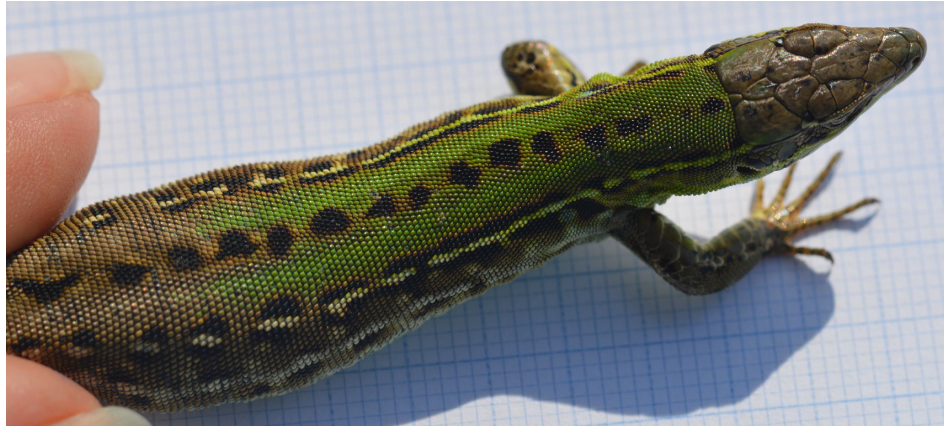


Fig. 18: Femmina con evidenti segni di morsi nella zona sacrale. (foto di Valentina Titone)

Gli accoppiamenti possono ripetersi 2-3 volte durante il corso della stessa stagione riproduttiva. Le femmine depongono le uova a Aprile e a Giugno, in cavità di tronchi, muretti a secco o in buche alla base dei cespugli che esse stesse scavano con le zampe anteriori. Il numero di uova può variare da 2 a 8 (6 in media) con guscio biancastro. Le uova misurano $10-12 \times 5-6$ mm. L'incubazione ha una durata di 9-11 settimane, periodo durante il quale le uova aumentano di volume e assumono una forma più tondeggiate fino a raggiungere dimensioni di $14-15 \times 11-12$ mm. I piccoli nascono tra la fine di Luglio e i primi di Settembre e presentano una lunghezza totale media di circa 6 cm. La maturità sessuale viene raggiunta generalmente al primo o secondo anno di vita. La vita media va dai 4 ai 6 anni (Vanni e Nistri, 2006).

Da un punto di vista strettamente ecologico, viene considerata specie molto adattabile, opportunistica e, localmente, invasiva in quanto molto abile a colonizzare aree non occupate da altre specie simili. Quando entra in competizione con altre specie riesce ad espandersi escludendo la specie originaria, come sembra essere avvenuto in alcune isole dell'Arcipelago Toscano, ove la recente presenza di *P. siculus* si associa alla riduzione di *P. muralis* (isola di Pianosa, isola del Giglio) (Fig. 19). Nelle isole Eolie, dove è stata introdotta, ha provocato la rarefazione dell'endemica lucertola *Podarcis raffonei*. A causa della dispersione di *Podarcis siculus*, molto invasiva ed ecologicamente competitiva, la lucertola delle Eolie è ormai ridotta a pochi individui a Vulcano, Strombolicchio e in due

scogli molto distanti e di pochi metri quadrati di superficie (A.A.V.V., 2002). In Sardegna, a esempio, la lucertola campestre è in forte competizione con l'endemica *Podarcis tiliguerta*, ne ha fortemente ridotto l'areale distributivo e si prevede in ulteriore rapida espansione ([Mangiacotti et al., 2013](#)).



Fig. 19: *Podarcis muralis* (foto di Valentina Titone).

Podarcis siculus è una specie molto variabile dal punto di vista morfologico e le sue dimensioni corporee e il disegno delle regioni dorsali variano in relazione all'area geografica occupata dalle varie popolazioni:

- Nella zona dell'Italia settentrionale e centrale la lunghezza è minore (20 cm) e il pattern dorsale, posto sulla linea vertebrale del tronco, assume la forma di una fascia continua.
- In Italia meridionale, Sicilia e Sardegna la lunghezza è maggiore (oltre i 25 cm) e il pattern dorsale, a fascia continua è quasi sempre assente. Il dorso è bruno o verde con ornamentazione data da macchie nere disposte a reticolo.
- Nelle piccole isole invece si osserva un'elevata variabilità, alcune presentano una caratteristica particolare, come nei fenomeni del melanismo Fig. 20 (individui con colorazione nera o bruno nerastra uniforme) o di cianismo (individui con colorazione bluastra uniforme) (Fulgone et al., 1990).

Un esempio noto di cianismo è quello osservato nella lucertola azzurra dei faraglioni dell'Isola di Capri: *Podarcis siculus coerulea* (Corti et al., 2011) (si veda però quanto scritto sopra per il melanismo gene dipendente). Fig. 21



Fig. 20: *Podarcis siculus* forma melanica.



Fig. 21: *P. s. coerulea*

Distribuzione: La specie è distribuita in Italia continentale e peninsulare e nelle isole (Vanni e Nistri, 2006; Corti et al., 2011). Fig. 22 e Fig. 23.

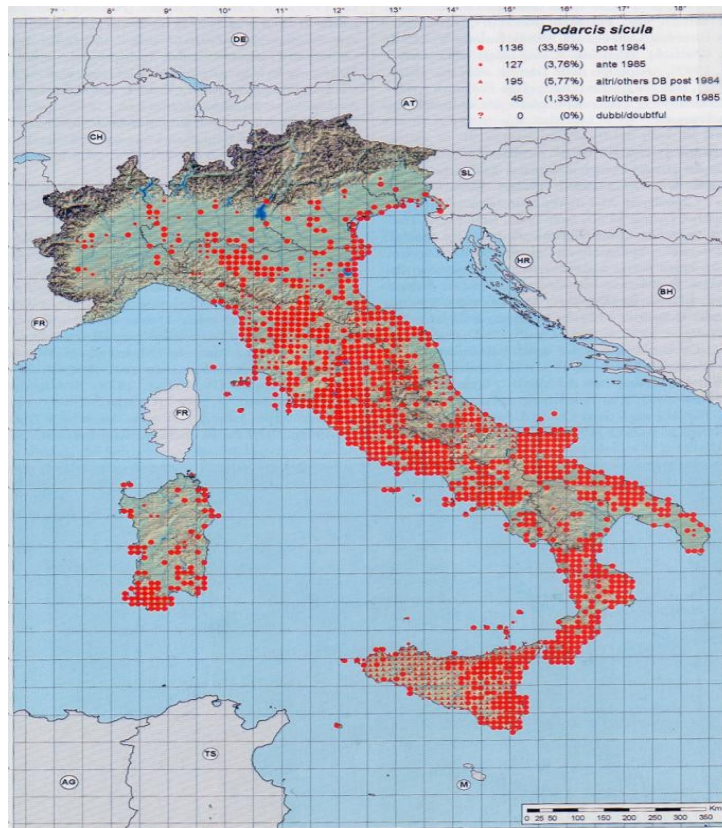


Fig. 22: Distribuzione *P. siculus* in Italia e nelle isole (tratto da Atlante degli anfibi e dei rettili della Toscana-Vanni e Nistri, 2006).

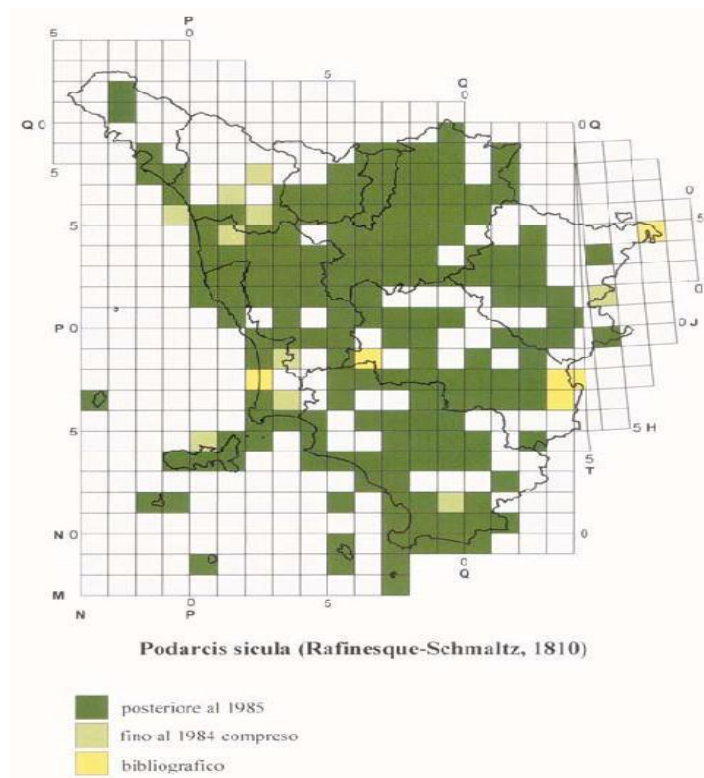


Fig. 23: Distribuzione *P. siculus* in Toscana (tratto da Atlante degli anfibi e dei rettili della Toscana-Vanni e Nistri, 2006).

Tassonomia e filogenesi: Da un punto di vista tassonomico *Podarcis siculus* appartiene alla Famiglia dei Lacertidae. La specie è stata cambiata da *sicula* a *siculus* nel 2011 (Corti et al., 2011, nella Fauna d'Italia Vol. XLV Reptilia) in quanto *Podarcis* è un genere maschile. Da ricerche recenti, di tipo genetico (Capula e Ceccarelli, 2003; Podnar et al., 2005), sono state considerate valide due sole sottospecie: *P. s. siculus* e *P. s. campestris*, con poche forme insulari. Le numerose sottospecie descritte inizialmente (*Podarcis siculus campestris*, *Podarcis siculus cettii*, *Podarcis siculus ragusae*, *Podarcis siculus siculus*) (Razzetti et al., 2006); data l'elevata variabilità dal punto di vista cromatico e anatomico esterno, per esempio nella morfologia della testa e nel dimorfismo sessuale (Bruner et al. 2007, 2009; Kaliontzopoulou 2007; Zuffi et al. 2012); non hanno alcuna validità tassonomica. Inoltre è emerso che i caratteri cromatici e/o morfologici utilizzati per la loro descrizione non dipendono da fattori filogenetici, ma piuttosto da fattori adattativi quali ad esempio l'effetto fondatore e la deriva genetica (Corti et al., 2011).

Podnar et al. (2005) hanno esaminato le variazioni di sequenza del DNA lungo un segmento di 887 bp del gene del citocromo b (Fig. 24). Da tali analisi è emerso che *Podarcis siculus campestris* dei Colli Euganei (Veneto) è filogeneticamente più vicina a *Podarcis siculus siculus* del Vallo della Lucania (Campania) e che queste siano a loro volta vicine a *Podarcis siculus campestris* di Split (Croazia) e a *Podarcis siculus campestris* di Punta Ala (Toscana). *Podarcis siculus ragusae* di Dubrovnik (Croazia) è filogeneticamente vicina a *Podarcis siculus siculus* di Le Castella (Calabria) a loro volta vicine a *Podarcis siculus siculus* di Lamezia Terme (Calabria). *Podarcis siculus cettii* di Oristano (Sardegna) è filogeneticamente vicina a *Podarcis siculus siculus* del Monti Peloritani (Sicilia) e anche a *Podarcis siculus siculus* di Reggio Calabria (Calabria) e a *Podarcis siculus siculus* di Monasterace (Calabria). I rapporti filogenetici indicano un primo blocco molto omogeneo che comprende Il Veneto e la Pianura Padana con la Campania, subito associato alla Croazia e poi alla Toscana; il gruppo si connette poi alla

Calabria e infine alla Sicilia.

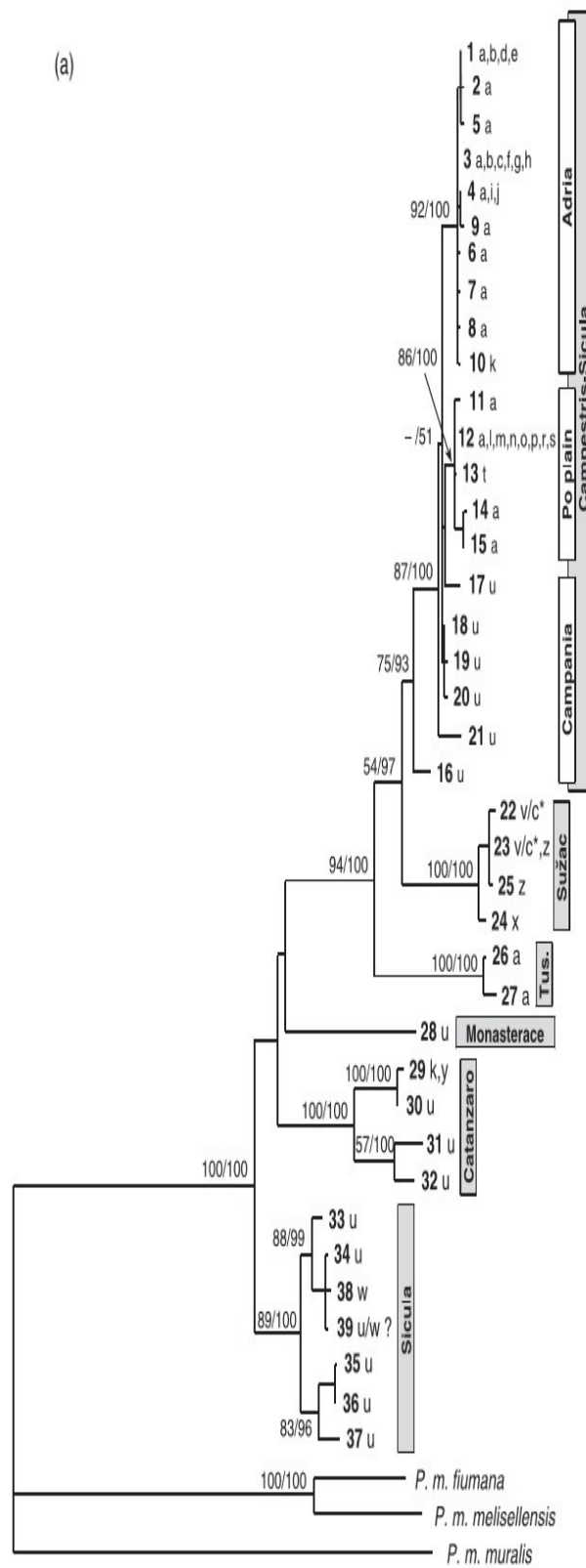


Fig. 24: Filogramma delle relazioni geografiche di *P. siculus* in Italia e nei Balcani (tratto da Podnar et alii, 2005).

La distribuzione attuale di *P. s. siculus* va da Sud verso Nord, dall'Italia meridionale quasi fino alla città di Roma. La sottospecie *P. s. campestris* è diffusa nelle restanti parti centro settentrionali del nostro Paese. È stato postulato ([Podnar et al., 2005](#)) che, durante il periodo glaciale *Würm*, la differenziazione di *P. siculus* in due principali sottospecie *P. s. siculus* e *P. s. campestris* potrebbe essersi verificato in diversi rifugi glaciali situati nel sud e centro Italia. Nel sud Italia in particolare è stato rivelato un insieme di popolazioni con caratteri morfologici tipici di *P. s. siculus*, ma con caratteristiche del DNA mitocondriale di *P. s. campestris*, indicando con molta probabilità l'esistenza di una zona di recente contatto e ibridazione (Podnar et al., 2005). Le origini delle popolazioni di *Podarcis siculus* di Dubrovnik (Croazia) e Kotor (Montenegro) e la loro relazione con le popolazioni del nord rimangono poco chiare (Henle e Klaver, 1986). Ljubisavljevic et al. (2005) avanzano alcune ipotesi e forniscono interpretazioni sulla situazione tassonomica ed evolutiva delle lucertole della costa dalmata: è ritenuto che entrambe le popolazioni continentali dell'Istria e della Dalmazia siano attribuite a *P. s. campestris* e che in quest'area *P. siculus* sia un invasore relativamente recente, proveniente dalla zona nord orientale dell'Italia, lungo l'Adriatico. Alcuni autori hanno escluso però l'ipotesi che la popolazione di Dubrovnik costituisca una parte di una precedente popolazione unitaria, la quale si estendeva oltre il "ponte di terra" dal sud Italia (Monte-Gargano) alla Dalmazia centrale durante il Pleistocene, assumendo che, in questo caso, la distribuzione di *P. siculus* potrebbe essersi originata principalmente nelle isole della Dalmazia centrale. Sulla base dei dati geologici; mentre altri autori hanno avanzato l'idea dell'origine del "ponte di terra" della popolazione di Dubrovnik ([Radovanović 1956](#); [Witte, 1965](#); [Nevo et al., 1972](#); [Gorman et al., 1975](#)), Ljubisavljevic et alii (2005) hanno sostenuto che la presenza di *P. siculus* sulle terre pleistoceniche dell'Adriatico meridionale non è stata strettamente continua, ma piuttosto a mosaico, alternata con *P. melisellensis*.

Il modello di studio: Tenendo conto di quanto detto sopra i Lacertidi in genere e *Podarcis siculus* in particolare, rappresentano un ottimo modello di studio per le dinamiche evolutive e la selezione naturale. Come affermato precedentemente, nelle popolazioni insulari si registrano grandi cambiamenti morfologici in tempi evolutivi piuttosto brevi, che non solo riguardano la taglia e la forma corporea, ma anche l'apparato locomotore e digestivo (Herrel et al., 2008), il comportamento e la colorazione corporea. Sono attualmente in corso esperimenti comparativi sull'etologia delle forme insulari e peninsulari (Pérez-Cembranos et al., 2013), così come studi sulla biologia riproduttiva e le cause della particolare colorazione evidenziata dalle popolazioni di piccoli isolotti del Mediterraneo (Castilla, 2000; Galán, 2003). Uno degli adattamenti più conosciuti, riscontrabile nei Lacertidi che popolano isole molto piccole, è quello noto come allocromatismo. Il significato dell'allocromatismo è ancora controverso e tra le varie interpretazioni formulate figurano:

-Mimetismo (Eimer, 1874).

-Protezione dai raggi ultravioletti (Bedriaga, 1874; Eimer, 1874; Kammerer, 1926; Kramer, 1949) i quali, su isolotti e scogli, possono risultare particolarmente persistenti.

-Conseguenza della dieta vegetariana, talora predominante in ambienti insulari (Eisenraut, 1950) la quale, essendo povera di grassi favorirebbe, tra le cellule della pelle, l'aumento di melanofori rispetto ai lipofori.

-Termoregolazione (Mertens, 1963; Lanza, 1979; Tosini et al., 1991), ma lavori recenti hanno dimostrato di poter escludere questa motivazione, l'incurimento del colore, fino al melanismo, non apporterebbe benefici in tal senso in rettili di piccola taglia (Sannolo, 2014).

A causa di una minore densità di predatori è favorito un aumento di densità della popolazione di lucertole con conseguente aumento della competizione intraspecifica a cui si aggiunge la scarsità (stagionale) di prede, insetti e altri invertebrati, che normalmente

costituiscono le loro prede principali. Su tale argomento sono disponibili numerosi lavori ([Frith, 1975](#); [Dunham et al., 1978](#) [Pafilis et al., 2009](#); Pacala e Roughgarden 1982; Tanaka e Tanaka, 1982; Buckley 2007; Rodríguez et al., 2008) che dimostrano come, nello spettro trofico di alcune popolazioni insulari di Lacertidi, la componente vegetale assume un'importanza maggiore rispetto a quanto osservato sul continente. Questa abitudine è spesso considerata un “comportamento forzato” che non viene compiuto, a meno che gli Artropodi siano insufficienti, per far fronte alle loro richieste energetiche. I Sauri che vivono in habitat dove l'abbondanza di insetti è (periodicamente) bassa, potrebbero trarre beneficio (parziale) da una dieta erbivora, e le isole, specialmente quelle piccole, hanno frequentemente una fauna povera di Artropodi (Van Damme, 1999).

Un'indagine condotta su di un'isola croata, ha rivelato sorprendenti adattamenti morfologici in funzione di questo tipo di dieta. Nel 1971, un gruppo di ricercatori introdusse, a scopo sperimentale, cinque coppie di *Podarcis siculus* dall'isola di Pod Kopište (estensione 0,09 kmq) all'isola di Pod Mrčaru (estensione 0,03 kmq) dove si sono poi riprodotte costituendo una popolazione tutt'ora vitale. Entrambi gli isolotti si trovano nel Mar Adriatico, a sud della Croazia, vicino all'isola più grande di Lastovo. Successive indagini condotte su queste lucertole (Herrel et al., 2008) hanno rivelato che nella loro alimentazione i vegetali sono presenti con una percentuale consistente, quasi il 50%, mentre risultano quasi assenti nella dieta delle lucertole di Pod Kopište. Analisi di contenuti stomacali mostrano evidenti differenze nell'alimentazione tra le popolazioni sia in primavera che in estate, ma nessuna differenza nell'alimentazione tra i sessi in entrambi le popolazioni. Differenze stagionali nell'alimentazione erano significative in lucertole dalla popolazione introdotta (Pod Mrčaru) con piante che costituiscono tra il 34% (primavera) e il 61% (estate) del volume totale del cibo mangiato. In contrapposizione, il consumo di piante era basso (dal 7% al 4%) e non differiva stagionalmente per le lucertole della popolazione sorgente della popolazione iniziale (Pod

Kopište). È stato quindi messo in luce come, in poco più di 30 anni, questi animali abbiano sviluppato un capo più robusto e di conseguenza mascelle più potenti che favoriscono lo strappo e la masticazione di parti vegetali. Inoltre questo spostamento verso un'alimentazione basata su piante è il risultato del rapido cambio della morfologia intestinale con formazione di valvole ciecali (simili, nell'aspetto globale e nella struttura, a quelle trovate nei Lacertidi erbivori, e negli Iguanidi) in tutti gli individui campionati. Questa particolare struttura, rallenta il percorso del cibo durante il processo digestivo favorendo quei processi di fermentazione (permettendo ai microrganismi commensali di convertire la cellulosa in acidi grassi volatili) indispensabili per chi si nutre solo, o comunque in maniera cospicua, di vegetali i cui tessuti, rispetto a quelli animali, vengono assimilati con maggiore difficoltà. Sicuramente nelle lucertole di Pod Mrčaru, i nematodi erano comuni nell'intestino distale, ma assenti negli individui di Pod Kopište. Il fatto che meno dell'1% di tutte le specie finora conosciute di squamati ha valvole ciecali mostra la natura inusuale di queste strutture in questa popolazione. L'evoluzione di queste strutture è probabilmente andata di pari passo con una nuova associazione tra *P. siculus* su Pod Mrčaru e una serie di microrganismi che assicurano la digestione della cellulosa come è suggerito dalla presenza di nematodi nell'intestino distale degli individui di Pod Mrčaru (Herrel et al., 2008). Per cui tali cambiamenti morfologici osservati sembrano adattivi poiché risultano in un aumento della forza del morso in entrambi i sessi.

I tassi di divergenza fenotipica sono maggiori per le femmine (il sesso con capo più piccolo e forza del morso minore) rispetto ai maschi, suggerendo che la selezione per l'elevata forza nel morso è direttamente correlata all'inclusione di oggetti duri e fibrosi nell'alimentazione.

La minore densità di predatori ha pure determinato l'instaurarsi, per esempio in alcune popolazioni di lucertole micro insulari, di una mancanza della capacità di autotomia in una determinata percentuale degli individui ([Pérez-Mellado et al., 1997](#)). Tutto il

processo si è evoluto come un adattamento antipredatorio, ma dove i predatori scarseggiano, è andato in qualche caso riducendosi. Però quando l'arrivo dell'uomo sulle isole ha comportato lo sconvolgimento degli equilibri preesistenti, con l'introduzione, tra le altre cose, di nuovi predatori dal continente, la fauna autoctona ha subito forti limitazioni. È probabile che per questo motivo la lucertola delle Baleari *Podarcis lilfordi* (Fig. 25), in cui è riscontrabile in diversi individui la mancanza di autotomia della coda, sopravvive attualmente solo sugli isolotti circostanti Minorca, mentre l'altra lucertola endemica dello stesso complesso insulare, *Podarcis pityusensis* (Fig. 26), che in tutti gli individui analizzati presenta autotomia della coda, è diffusa anche sulle isole maggiori abitate dall'uomo (Pérez-Mellado et al., 1997). Inoltre, tali cambiamenti nello stile di foraggiamento (pascolo contro ricerca attiva di prede mobili) e struttura sociale sono state le cause che hanno portato alla diversa lunghezza relativa degli arti e nella velocità massima dello scatto precedentemente documentati per questa popolazione (Herrel et al., 2008).



Fig. 25: *Podarcis lilfordi*.



Fig. 26: *Podarcis pityusensis*.

Stato di conservazione: Per quanto concerne la situazione dal punto di vista della conservazione di *P. siculus*, questa rappresenta un caso piuttosto anomalo, legato alla particolare situazione biogeografia in cui essa ricade. Si delineano infatti due fondamentali situazioni: una inerente alle popolazioni peninsulari e l'altra inerente le popolazioni micro insulari, che non permettono di considerare la specie nel suo insieme. *P. siculus*, infatti, rientra nella categoria delle specie sub-endemiche italiane ad areale più ampio, specie ampiamente e organicamente diffuse nel loro areale (Sindaco, 2006). Le popolazioni peninsulari, dunque, non mostrano particolari problemi, che potrebbero però sorgere laddove l'incremento dell'attività umana alterasse gli habitat. A livello locale le possibili cause di minaccia sono rappresentate più che altro dagli incendi, dall'eccessivo degrado ambientale e dall'uso di pesticidi o insetticidi in ambito agricolo e a scopo di disinfestare centri abitati. Anche in questa specie una ragguardevole quantità di esemplari resta vittima del traffico veicolare sulle strade. Non può, però, essere trascurata l'unicità delle popolazioni insulari dal punto di vista eco-etologico. In alcuni casi queste popolazioni mostrano rischi elevati di estinzione per la loro densità o per la ridotta estensione del loro habitat; in altri casi queste popolazioni, anche se caratterizzate da una apparente elevata densità, sono caratterizzate da un certo grado di vulnerabilità dovuto all'isolamento stesso, per cui piccole variazioni ambientali costituiscono un elevato rischio (Corti, 2006). La dualità nell'approccio alla conservazione è fondamentale per la tutela della specie, ma la normativa vigente, nazionale ed internazionale, riguarda ancora l'intera specie indistintamente (Guglielmi, 2006). Tra queste normative cito:

- Convenzione di Berna del 1979 sulla conservazione di fauna e flora selvatica e dei loro ambienti naturali: in particolare l'Allegato II (specie animali strettamente protette).
- Direttiva Habitat n°92/43/CEE 12 Maggio 1992: Allegato IV (specie animali e vegetali di interesse comunitario che richiedono una protezione rigorosa).

- D.P.R. n° 357 del 08/09/1997: Allegato D (Anfibi e Rettili italiani di interesse Comunitario che richiedono una protezione rigorosa).
- In Toscana è tutelata dalla Legge Regionale 56/2000: Norme per la conservazione e la tutela degli habitat naturali e semi-naturali, della flora e della fauna selvatiche. Allegato A (Habitat naturali e semi-naturali e specie animali e vegetali di interesse regionale, la cui conservazione può richiedere la designazione di SIR).

MATERIALI E METODI

L'area di studio

I campionamenti sono stati effettuati durante due stagioni riproduttive consecutive, da Febbraio-Marzo 2014 a Luglio 2014 e da Febbraio-Marzo 2015 a Luglio 2015, presso il Parco Regionale di San Rossore, Migliarino, Massaciuccoli (PI-LU) per la maggior parte degli individui catturati e nei terreni circostanti la Certosa di Calci (Calci, PI) sede del Museo di Storia Naturale dell'Università di Pisa.

Le aree di studio all'interno del Parco sono state suddivise in tre macro aree (Fig. 27):

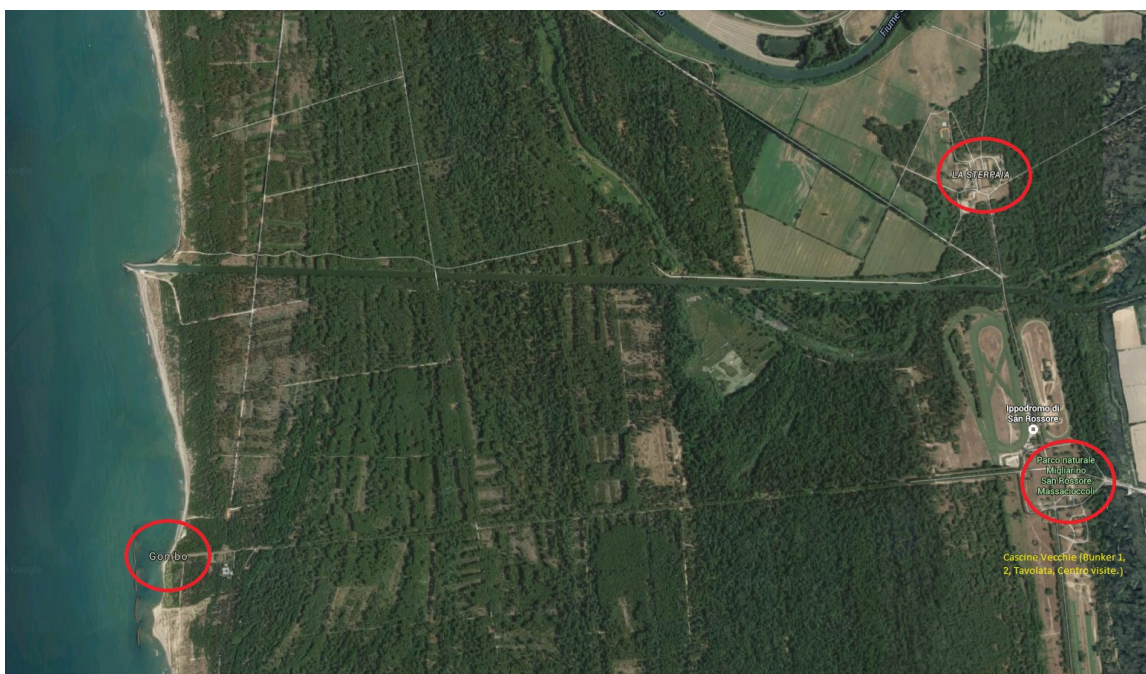


Fig. 27: Aree di cattura nel Parco naturale di Migliarino, San Rossore, Massaciuccoli (PI-LU)

-la prima circostante le Cascine Vecchie, le Cascine Nuove e il Centro visite del Parco, situata nell'entroterra, a circa 5 Km a Est dalla costa. La zona delle Cascine Vecchie è suddivisa a sua volta in tre micro aree: una pedana di legno denominata “Tavolata” Fig. 28, e due bunker del secondo conflitto mondiale denominati “Bunker 1” Fig. 29 e “Bunker 2” Fig. 30, questi ultimi sono distanti l'uno dall'altro circa 29 m (tra i due punti più vicini). L'habitat di questa zona è caratterizzato fortemente dalla presenza di strutture (edifici) e infrastrutture urbane (strada asfaltata), un esempio lo sono proprio la stessa

tavolata e i bunker. È nota in questa zona una notevole presenza umana e di predatori di *P. siculus*, per esempio *Felis catus*, *Hierophis viridiflavus* e animali portatori di zecche (come *Sus scrofa*, *Dama dama*, *Vulpes vulpes*, *Meles meles* e altri mammiferi, in questa area infatti gli individui catturati presentano un elevato carico parassitario rispetto agli individui presenti in altre aree). Il substrato, che caratterizza l'habitat di *P. siculus* in questa area, è principalmente roccioso, le vecchie mura dei bunker ne costituiscono un esempio, con esteso tappezzamento vegetativo di limitata estensione in altezza.



Fig. 28: Tavolata.



Fig. 29: Bunker 1.



Fig. 30: Bunker 2.

-la seconda macro area è situata sulla costa al confine settentrionale della Riserva Naturale Lama di Fuori, all'interno di un'area umida di rilievo internazionale (convenzione RAMSAR) e all'interno del S.I.R. Selva Pisana, denominata Gombo Fig.

31. In quest'area, di recente, è stato istituito un piccolo stabilimento balneare per i dipendenti del Parco, nonostante i divieti formali a protezione dell'area. In questa zona i campionamenti sono avvenuti nell'area situata a nord dello stabilimento per la prima stagione riproduttiva (Gombo 1) mentre nella seconda stagione riproduttiva le catture sono avvenute nell'area a sud della suddetta struttura (Gombo 2), a causa di forte alterazione di Gombo 1 durante le mareggiate invernali alla fine del primo anno. L'habitat caratteristico di questa zona è di tipo dunale e retrodunale, con substrato sabbioso e limitati raggruppamenti vegetativi. Più arretrata rispetto alla linea di costa si trova un'estesa area boschiva e una pineta di pino marittimo (*Pinus pinaster*, Aiton 1789). Eccezion fatta per lo stabilimento balneare, che presenta un'estensione limitata, la zona si delinea come povera di strutture artificiali e limitata presenza umana, ma da una notevole presenza di rifiuti e altro materiale esogeno, proveniente da mareggiate, data la notevole vicinanza della battigia.



Fig. 31: Gombo.

-la terza macro area di campionamento è rappresentata dalla zona del Parco denominata Sterpaia Fig. 32. Situata nella zona tra il fiume Serchio a Nord e il fiume Morto Nuovo. L'habitat risulta essere molto simile a quello della prima macro area descritta

precedentemente, anche qui ritroviamo substrato roccioso ed estesi prati, circondati però da una consistente zona boschiva. Sono presenti strutture e infrastrutture artificiali di origine antropica (edifici, recinzioni di legno etc.) di estensione e in numero maggiore rispetto alla prima area, che vengono ampiamente sfruttate da *P. siculus* come zone di basking, foraggiamento e controllo del territorio. Vi è inoltre notevole presenza umana e di animali da allevamento (*Bos taurus*, Linneo 1758; *Equus asinus*, Linneo 1758; *Equus ferus caballus*, Linneo 1758) oltre a ungulati selvatici (*Dama dama* e *Sus scrofa*).



Fig. 32: La Sterpaia.

Le macro aree 1 e 2 e 2 e 3 distano circa 5,1 e 5,3 Km rispettivamente l'una dall'altra, mentre la distanza tra la marco area 3 e la 1 è circa 1,8 Km. Tali distanze sono sicuramente sufficienti per considerare nullo ogni possibile scambio e flusso genico tra gli individui catturati per area, tenendo conto della limitata estensione dell'home range di *P. siculus*, (300 metri quadrati per maschi adulti e da 6 a 150 m quadrati per le femmine e subadulti-Foà et al., 1990), e di fatto l'assenza di corridoi ecologici che permettano il passaggio di individui tra le diverse aree.

I metodi di cattura, riconoscimento, misurazioni e altri parametri.

La cattura degli individui ha previsto l'utilizzo di canne da pesca (tecnica del *noosing*), di lunghezza 3 e 4 m, con un cappio all'apice di essa realizzato con filo da pesca in nylon da 0,3 mm ca. Questo metodo è stato utilizzato per le catture effettuate nella zona delle Cascine Vecchie e Nuove, Sterpaia e Centro Visite del Parco San Rossore, Migliarino, Massaciuccoli (PI) e nell'area della Certosa di Calci (PI). Alcune catture, quando le condizioni lo permettevano, sono state realizzate a mano. Nella zona costiera del Gombo invece sono state utilizzate trappole a caduta, costituite da bottiglie di plastica private della parte superiore, utilizzata come metodo di chiusura delle stesse nel periodo di non utilizzo, forate alla base per permettere il drenaggio di acqua, evitando il riempimento delle stesse in caso di pioggia. Le trappole sono state insabbiate verticalmente a circa 30 cm di profondità e l'apertura coperta con vecchie tegole, pezzi di mattone o tronchetti di legno, lasciando un intercapedine che permettesse il passaggio dell'animale e allo stesso tempo ne impedisse l'esposizione al sole diretto una volta avvenuta la cattura Fig. 33.



Fig. 33: Trappole a caduta.

Le trappole sono state poste a una distanza di 2-3 m l'una dall'altra, e disposte in file distanti circa 5 m, coprendo un'aria di circa 200 m²

Ogni trappola è stata segnalata per essere facilmente ritrovata.

Nell'area di campionamento prevista nella prima stagione riproduttiva, Gombo 1, ne sono state posizionate 35. Il cambio della zona di cattura tra la prima e la seconda stagione riproduttiva, come brevemente accennato poco sopra, si è resa necessaria a causa della forte erosione del cordone dunale e della vegetazione apicale del Gombo 1, in seguito alle forti mareggiate, avvenute nei mesi invernali precedenti, i fenomeni erosivi hanno ridotto in modo consistente la linea di costa e alterato complessivamente tutto l'habitat originale. Contestualmente va fatto notare che la realizzazione del piccolo stabilimento balneare per i dipendenti del Parco, ha comportato il taglio trasversale netto del sistema dunale per oltre 100 metri, con annuale attività di pulizia, manutenzione e preparazione per la stagione estiva, che si sovrappone in parte al periodo riproduttivo di *P. siculus* e che ha profondamente alterato e danneggiato un habitat protetto dalla Direttiva Habitat e dalle stesse leggi e regolamenti regionali. Tutti questi fattori hanno, con altissima probabilità, ridotto la densità della popolazione di lucertola campestre nella zona del Gombo 1.

Al termine del periodo di campionamento le trappole sono state rimosse.

Una volta catturati, gli individui (Fig. 34) sono stati provvisoriamente tenuti in barattoli di vetro, con tappo forato per garantire un continuo apporto di ossigeno.



Fig. 34: Catture in trappola a caduta.

A ogni individuo è stata assegnata una numerazione progressiva indipendente dal sesso separando la numerazione tra i siti Cascine Vecchie, Cascine Nuove e Centro visite da un lato e la zona del Gombo e Sterpaia da un altro lato. Il sesso è stato determinato principalmente in base alla presenza o l'assenza di pori femorali pervi e attivi, esclusivi dei maschi di tutti i lacertidi Fig. 35, oltre che sulle maggiori dimensioni in larghezza e forma del capo. L'età è stata stimata utilizzando un nuovo metodo di conteggio degli anelli di accrescimento situati sulle squame parietali (Zuffi et al., 2011), utilizzando una lente di ingrandimento o ingrandendo immagini fotografiche del capo Fig. 36.



Fig. 35: Pori femorali espressi di maschio di *P. siculus* (foto di Valentina Titone).



Fig. 36: Particolare del capo con anelli (foto di Valentina Titone).

È stata valutata la presenza di ectoparassiti, principalmente rappresentati dalle neanidi di zecca, la loro posizione sul corpo dell'animale e la numerosità.

È stata inoltre registrata la presenza e la localizzazione sul corpo di eventuali morsi, in entrambi i sessi. È stata presa nota dello stato della coda: 1) intera; 2) rigenerata, per code completamente riformate; 3) danneggiata, per code in stato di rigenerazione o che avessero subito autotomia recente Fig. 37.

Di solito l'autotomia si produce soltanto quando viene afferrata una parte della coda; i muscoli caudali si contraggono violentemente e provocano la rottura su un piano più prossimale rispetto punto di cattura. Il punto di frattura, e quindi di successiva rigenerazione, può trovarsi in qualsiasi punto ad eccezione del primissimo tratto della base della coda (rischio di compromissione capacità riproduttiva) (Parker e Bellairs, 1982).



Fig. 37: Coda neoformata (foto di Valentina Titone).

La coda rigenerata presenta una morfologia esterna modificata, dal punto di vista del colore e della lunghezza delle squame; internamente, al posto delle vertebre, sono presenti tubi cartilaginei calcificati che non hanno piani di frattura di autotomia intervertebrale (Arnold, [1984](#); Bellaris et al., 1985) e, perciò, autotomie successive devono avvenire su un piano sempre più rostrale Fig. 38 e Fig. 39.

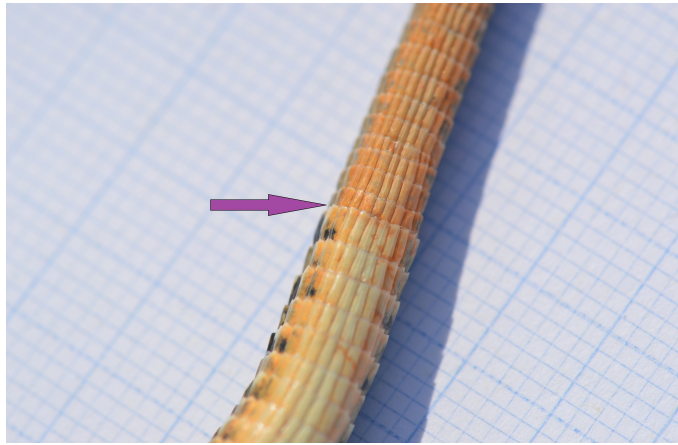


Fig. 38: Coda rigenerata (foto di Valentina Titone).

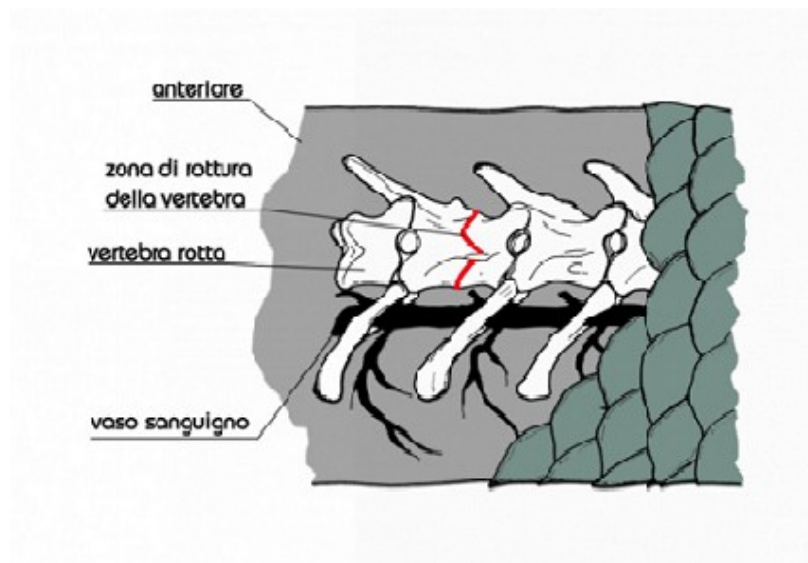


Fig. 39: : Schema interno del piano di rottura. Tratto da Storer T., Usinger R., Stebbins R., Nibakken J., 1982.

Zoologia. Zanichelli, Bologna.

La lunghezza totale della coda è stata misurata, utilizzando un righello (precisione= 1 mm), a partire dal margine distale della cloaca e, quando rigenerata, a partire dal margine prossimale del primo anello di rigenerazione prevista.

Per ogni individuo è stata registrata la data, la macro e micro area di cattura e le misure relative a parametri morfologici: lunghezza, altezza e larghezza della testa; diametro dell'occhio; distanza tra le narici; distanza tra margine anteriore dell'occhio destro e la narice; distanza tra le orbite, misurata a livello delle squame frontali e infine la lunghezza della mascella, misurata dal condilo mascellare al margine anteriore della bocca (Zuffi et al., 2012b).

È stata misurata inoltre la lunghezza del corpo “svl” (*snout to vent length*), rappresentata dalla distanza tra l'apice ventrale della testa e la cloaca. Tali misure sono state effettuate mediante l'utilizzo di un calibro centesimale (precisione= 0,02 mm). Ogni individuo è stato pesato con una bilancia digitale (precisione= 0,1 g).

Di ogni individuo è stata registrata la colorazione della zona mascellare e golare: bianca, verde, verde-gialla, verde-azzurra, verde-arancione. Ogni dato è stato registrato su apposita scheda (Appendice 3).

Durante la prima stagione riproduttiva sono stati catturati, misurati, fotografati etc 43 individui della zona di Cascine Vecchie e 27 individui nella zona del Gombo 1. Nella seconda stagione riproduttiva sono stati catturati 20 individui nella zona delle Cascine Vecchie, 14 nella zona del Centro visite, 2 nella zona delle Cascine Nuove, 6 a Calci; 32 nella zona del Gombo 2 e 12 nell'area della Sterpaia.

In totale sono state effettuate 70 catture nella prima stagione riproduttiva e 86 catture nella seconda stagione riproduttiva. È stato inoltre effettuato un ulteriore campionamento nella zona del Gombo a fine settembre-inizio ottobre con la cattura, mediante utilizzo di canne da pesca, di 42 individui trattati con le stesse metodiche precedentemente descritte.

In aggiunta, sono stati utilizzati dati di catture di anni precedenti allo scopo di effettuare un ulteriore confronto comparativo interannuale per un totale di 421 animali (254 maschi e 167 femmine).

Data set fotografico.

Ogni individuo è stato fotografato, su carta millimetrata, con fotocamera reflex Nikon mod. D3200 con obiettivo Nikon macro a focale fissa 85mm, con scatto da telecomando remoto e posizionata su supporto tripode. Le fotografie hanno previsto una visione dorsale, ventrale e laterale dell'animale; un particolare sulla squama suboculare, utilizzata per la misurazione della quantità di colore (attraverso il programma Photoshop CS 6), e per i maschi di *P. siculus* un particolare sui pori femorali. Per un totale di quattro foto per ogni individuo di sesso femminile e cinque foto per ogni individuo di sesso maschile. Fig. 40. Per valutare la variabilità individuale del patter dorsale e ventrale, sia nei maschi sia nelle femmine, vedere Appendice 4, 5, 6, 7.

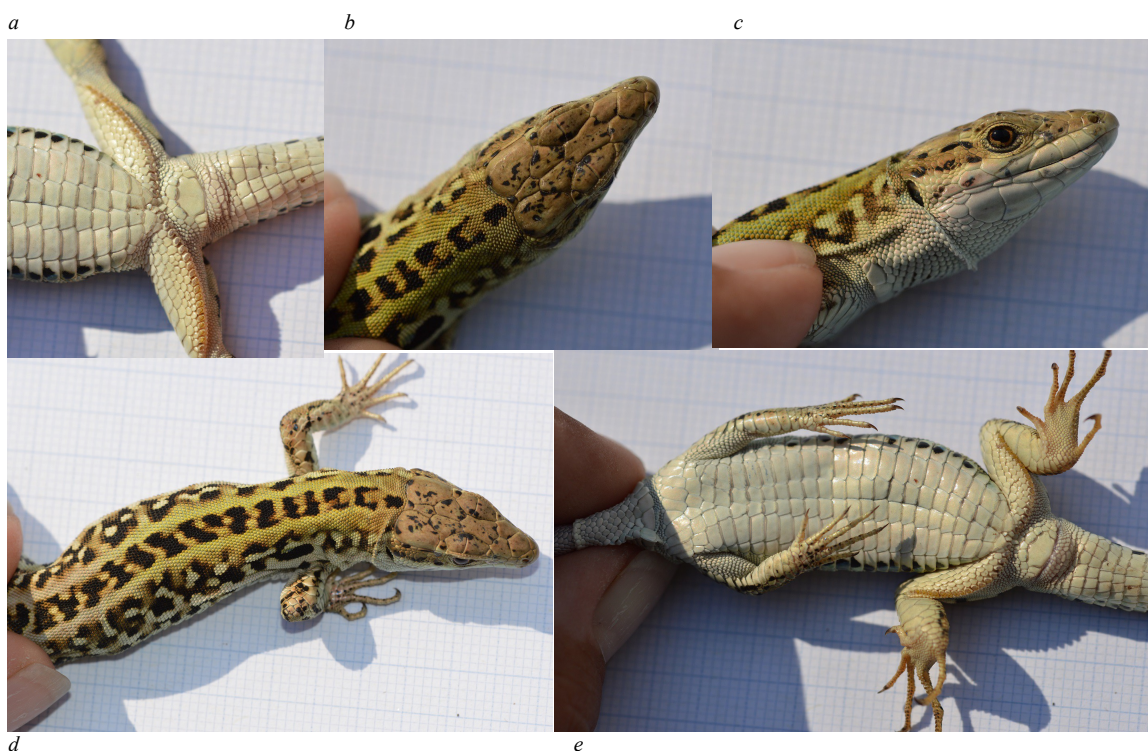


Fig. 40: Esempio di book fotografico per individuo maschio: a) particolare dei pori femorali, b) visione dorsale della testa, c) visione laterale destra della testa, d) visione dorsale e e) visione ventrale (foto di Valentina Titone).

Arene di combattimento.

Per i combattimenti tra maschi, gli individui di *P. siculus* sono stati predisposti a) secondo una formula residente-intruso, randomizzando il colore gola (G= *green*; W = *white*) del residente e dell'intruso (es. G*G, G*W, W*W, W*G, ma si veda sotto), evitando più di tre combattimenti per lucertola e b) predisponendo un'arena "neutra", un recinto di *plexiglas* di dimensioni 100×60×60 cm Fig. 41, realizzando in totale 66 incontri. Ogni individuo destinato a questi test è stato stabulato, presso la foresteria del Parco San Rossore, Migliarino, Massaciuccoli (PI), in un proprio terrario di dimensioni 46×29×20 cm, allestito con oggetti utili per creare una zona rialzata e un riparo, come tronchi, mattoni, assi di legno; acqua ad libitum e cibo fornito con frequenza regolare Fig. 42.



Fig. 41: *Arena neutra per combattimenti tra maschi di P. siculus* (foto di Marco A. L. Zuffi).

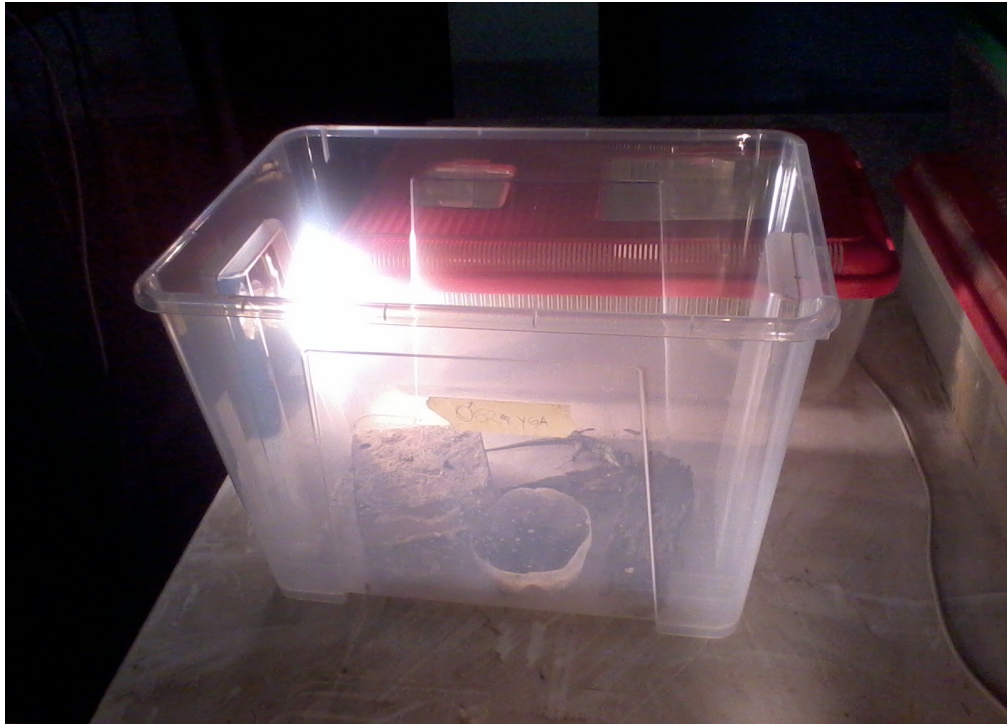


Fig. 42: Terrari per stabulazione degli individui catturati di *P. siculus* (foto di Marco A. L. Zuffi).

Il riscaldamento è stato garantito tramite l'utilizzo di fili riscaldanti da 15W, posti al di sotto dei terrari, e lampade a incandescenza da 40W con accensione e spegnimento controllato da timer. Per ogni individuo è stato previsto un periodo di acclimatazione di circa una settimana Fig. 43.



Fig. 43: Location dove sono stati allestiti i combattimenti e la stabulazione degli individui (foto di Marco A. L. Zuffi).

Poco prima di effettuare i test gli individui interessati sono stati posti in prossimità delle lampade per raggiungere una range di temperatura adeguata per l'attività da sostenere, tra 28,5 °C e 37 °C. Tale temperatura è stata misurata con pistola laser mod. Lafayette (-50-1000 °C) con rapporto di precisione 50:1, rilevando la temperatura con spot sul fianco destro della lucertola.

Per quanto riguarda i combattimenti tra residente e intruso, superato il tempo di circa 15-20 minuti per il riscaldamento, l'individuo scelto come intruso era prelevato dal proprio terrario e inserito nel terrario del residente. Il coperchio del terrario, sito dell'incontro, è stato sostituito con due lastre di vetro, in modo da permettere la registrazione video dell'evento per 15 minuti dal momento dell'inserimento del maschio intruso. Per la registrazione è stata utilizzata una macchina fotografica Nikon mod. P90. Al termine del test l'intruso era riposto nel proprio terrario di appartenenza Fig. 44.



Fig. 44: Allestimento di un combattimento tra maschi di *P. siculus* in corso (foto di Marco A. L. Zuffi).

Lo schema di incontri ha previsto che questi avvenissero tra individui diversi, ovvero un individuo non incontrava mai lo stesso contendente, per un massimo di 3 incontri per ogni maschio di *P. siculus* testato. Per randomizzare gli incontri ogni individuo non ha

interpretato mai lo stesso ruolo (residente, intruso, arena neutra). Inoltre è stato previsto il confronto tra individui catturati in aree diverse di campionamento, in modo da evitare eventuali effetti di familiarità dovuti a eventuali precedenti incontri in natura. Nei parametri di scelta degli individui è stato considerato che la taglia dei contendenti, potesse variare come varia in natura: tra due maschi adulti, un piccolo maschio intruso che incontra un grande maschio residente o viceversa, maschi di taglia più o meno assimilabile che si incontrano.

Sono state definite quattro diverse categorie di incontri, tenendo conto del colore del individuo e dell'area di cattura:

- 1) Residente Bianco vs Intruso Bianco
- 2) Residente Verde vs Intruso Bianco
- 3) Residente Verde vs Intruso Verde
- 4) Residente Bianco vs Intruso Verde

per ogni classe di colore sono stati utilizzati residenti e intrusi provenienti da aree di cattura diverse, per un totale di 50 test di combattimenti. Nella categoria "colore verde" rientrano tutti gli individui dichiaratamente non bianchi, cioè completamente verdi oppure verde-arancione, verde-giallastro, verde-azzurro. Creando quindi una dicotomica bianco-non bianco.

Per quanto riguarda i combattimenti avvenuti in arena neutra, gli individui interessati, dopo la suddetta procedura di riscaldamento e rilevamento della temperatura corporea, sono stati prelevati dai rispettivi terrari e inseriti in tubi di cartone posti all'interno dell'arena, a una distanza di circa 40-50 cm l'uno dall'altro. È stato previsto un periodo di relax di 5 minuti all'interno dei tubi e una volta trascorso questo tempo i tubi sono stati rimossi, facendo così iniziare il *trial* sperimentale e permettendo la completa visuale agli animali. L'intera durata di 15 minuti è stata registrata con fotocamera Nikon mod. P90.

In questo contesto sperimentale è stata minimizzata, nei limiti del possibile, la presenza di

riferimenti spaziali, infatti parte delle pareti verticali dell'arena sono state foderate con fogli di carta bianchi, impedendo quindi la visuale esterna sul piano orizzontale all'animale, la finestra della stanza era chiusa a ogni *trial*, per impedire l'entrata della luce naturale ed evitare così qualunque repere di riferimento per gli animali sperimentali. L'illuminazione era garantita dall'utilizzo di due *reptil star* a luce fredda non direzionale posti specularmente sui margini superiori dell'arena.

Alla fine dell'esperimento gli individui sono stati riposti nei rispettivi terrari.

Questi incontri hanno seguito la regola di assortimento che prevedeva la divisione in tre categorie:

- 1) Bianco vs bianco
- 2) Bianco vs verde
- 3) Verde vs bianco

Sono stati realizzati un totale di 16 incontri. Anche in questo caso per ogni classe di colore sono stati utilizzati residenti e intrusi provenienti da aree di cattura diverse.

Una volta ottenuti tutti i dati necessari ed esaurite le possibilità di essere utilizzati per ulteriori combattimenti gli individui sono stati liberati nella loro area di appartenenza.

Esperimenti di territorialismo e test di dominanza.

Per ogni incontro residente-intruso è stata scelta la dicitura “1” se il vincitore era il residente, “0” se era l'intruso o “x” se non era delineata una netta superiorità di un individuo rispetto all'altro o se gli individui si ignoravano reciprocamente.

Per quanto riguarda gli incontri avvenuti nel contesto dell'arena neutra il risultato era rappresentato da “x” se vigevano le stesse condizioni descritte precedentemente per la formula residente-intruso, oppure è stato decretato un vincitore tra i due contendenti.

Per stabilire l'esito degli incontri sono stati considerati elementi di natura comportamentale, posturale e di posizione nell'area.

È stato preso in considerazione infatti la messa in atto di display legati alla manifestazione dell'aggressività e il loro grado di intensità e frequenza (avvicinamento con postura rialzata sulle quattro zampe, inarcamento del dorso, esposizione del fianco, apertura della bocca); il grado di prossimità tra gli individui; messa in atto di comportamenti di subordinazione (oscillazione della coda, postura); morsi, tentativi di fughe o ricerca di un rifugio; la posizione rispetto allo spazio e all'allestimento del terrario; la frequenza differenziale di tongue-flicking tra i due contendenti (Sacchi et al. 2009; [Carazo et al., 2008](#); [Lopèz et al., 2004](#)).

Per esempio è stata decretata la vittoria dell'individuo che, anche in mancanza di una netta e manifesta aggressività, si posizionasse stabilmente sul “posatoio” rialzato.

Il numero di individui utilizzati è stato di 39 maschi catturati nella zona della Sterpaia (12) e del Gombo (27) e 28 maschi catturati nella zona di Cascine Vecchie (9), Cascine Nuove (2), Centro visite (11) e Calci (6).

In base al ruolo che l'individuo avrebbe dovuto ricoprire, il colore e l'area di cattura, sono state delineate classi diverse di incontro, sia per la formula residente-intruso sia nel caso in cui l'incontro avvenisse in arena neutra, eliminando gli accoppiamenti che costituissero

delle ripetizioni come riportato nelle tabelle 1 e 2.

Colore maschio	Ruolo	Area	vs colore	area	repliche
Bianco	Intruso residente	Non Gombo	Verde residente	Gombo	6
			Verde intruso	Gombo	6
	Intruso residente		Bianco residente	Gombo	6
			Bianco intruso	Gombo	6
Bianco	Intruso residente	Gombo	Verde residente	non Gombo	7
			Verde intruso	non Gombo	7
Verde	Intruso residente	non Gombo	Verde residente	Gombo	6
			Verde intruso	Gombo	6

Tab. 1: Matrice di incontri formula residente-intruso.

Colore maschio	Area	vs colore	area	repliche
Bianco	non Gombo	Verde	Gombo	4
		Bianco	Gombo	4
Bianco	Gombo	Verde	non Gombo	4
Verde	non Gombo	Verde	Gombo	4

Tab. 2: Matrice incontri arena neutra.

Durante una delle giornate di attività di campo per i campionamenti un evento fortuito mi ha permesso di osservare un combattimento tra residente e intruso in natura. Di cui riporto documentazione fotografica Fig. 45.



Fig. 45: Combattimento in natura tra maschi di *P. siculus*: a) Residente in attività di basking nel punto più alto del proprio territorio; b) i due maschi si fronteggiano (residente a sinistra-intruso a destra); c) il residente morde e tiene fermo l'intruso a terra; d) esito dell'incontro, l'intruso rimane per qualche minuto immobile a terra (foto di M. Zuffi).

Uno studio analogo è stato condotto da Sacchi et al. (2009) testando l'eventuale influenza dei colori ventrali negli scontri tra maschi polimorfici di *P. muralis*. In questa specie il polimorfismo si esplica fenotipicamente con individui che presentano colorazioni differenti a livello ventrale: rossi, bianchi e gialli, cui si associano differenti strategie riproduttive (Galeotti et al., 2013; Perez et al., 2013) e caratteristiche fisiologiche (Sacchi et al., 2007; Calsbeek et al., 2010; Galeotti et al., 2010; Sacchi et al., 2013; Pellitteri-Rosa et al., 2014; Perez i de Lanuza et al., 2014, 2015).

Secreti e pori femorali.

Sono stati prelevati i secreti dei pori femorali di alcuni maschi di *P. siculus* catturati. Per il prelievo è stata utilizzata una pinzetta a punta curva. Esercitando con essa una lieve pressione in prossimità dei pori è stato possibile raccoglierne i secreti, i quali sono stati inseriti in contenitori *vials* e conservati in freezer a -20 °C fino al momento delle analisi.

I prelievi sono stati effettuati in periodi della stagione riproduttiva diversi, Marzo, Aprile e Giugno; su maschi di colorazione differente che possedessero una buona o eccellente esposizione del secreto, il parametro di scelta in questo senso era costituito dall'intensità del colore giallo di quest'ultimo. In totale sono stati prelevati trenta campioni più cinque campioni preliminari.

Le analisi preliminari della composizione chimica del secreto sono state effettuate presso il laboratorio di Chimica Biologica del dipartimento di Biologia e Biotecnologie “L. Spallanzani” dell'Università di Pavia, nell'ambito di un dottorato di ricerca in Biologia Evoluzionistica (tutor Prof. Roberto Sacchi, dottorando Dott. Marco Mangiacotti) mediante corsa elettroforetica in ambiente denaturante (SDS-PAGE).

Tutti i reagenti chimici utilizzati sono di grado analitico e sono stati acquistati dalle ditte Sigma (St. Louis, MO, USA), Bio-Rad (Hercules, CA, USA) e Promega (Madison, WI,

USA). Sia le soluzioni sia i tamponi utilizzati sono stati preparati con acqua distillata ad elevato grado di purezza, ottenuta da un sistema di purificazione Milli-Q, della ditta Millipore (Bedford, MA, USA). I campioni (SP1, SP2, SP3, SP5, SP6), raccolti come descritto in precedenza in data 31/03/2015, appartengono a 5 individui differenti appartenenti alla popolazione delle Cascine Vecchie (SP5, SP6,) e del Gombo (SP1, SP2 e SP3); inoltre gli individui sono caratterizzati da diversa colorazione golare e maschellare: bianca per SP1, SP2, verde per SP3, SP5 e SP6 (Tabella 3). I campioni sono stati separati dalla componente lipidica mediante incubazione in *n*-esano, a temperatura ambiente, per 24 h e le proteine sono state successivamente isolate rimuovendo il materiale non disciolto nel solvente organico. Successivamente 1 µg/µl di proteine è stato aggiunto al *loading buffer*, composto da:

- Tris-HCl 50 mM pH 6.8
- Urea 8 M
- SDS 2% (w/v)
- Blu di Bromofenolo (BBF) 0.1%
- Glicerolo 10%.

I campioni, così preparati, sono stati posti in un blocchetto termostato a 95°C per 5 minuti, centrifugati e successivamente caricati su gel, il quale è costituito da:

- *stacking* gel al 5%T (Tabella 4)
- *running* gel al 12.5%T (Tabella 5) (T= %complessiva di acrilamide e bis acrilamide).

I gel sono stati preparati utilizzando lastre per minigel di dimensione 8 x 6 cm e spaziatori da 0.75 mm. Il tampone per la corsa è composto da:

- Glicina 190 mM
- Tris 25 mM

- SDS 3 mM (tampone Tris-Gly, pH 8.3).

Le corse elettroforetiche sono state effettuate applicando un voltaggio costante di 200 V per circa un'ora. A fine corsa i gel sono stati fissati con una soluzione composta da:

- Metanolo 40% (v/v)
- Acido acetico 10% (v/v),

e successivamente colorati con una soluzione contenente:

- Blue di Coomassie R250 0.25% (w/v)
- Acido picrico 0.1 M (pH 7)
- Metanolo 30% (v/v)
- Acido acetico 10% (v/v).

In seguito sono stati decolorati con acqua distillata.

SP	Popolazione	Colore
1	Gombo	White
2	Gombo	White
3	Gombo	Green
5	C. Vecchie	Green
6	C. Vecchie	Green

Tab. 3: Caratteristiche dei campioni.

Mix Acrilamide 30%/Bis 0,8%	0.5 ml
Tris 1M pH 6.8	0.38 ml
Ammonio persolfato 10%	0.03 ml
N,N,N',N'-Tetrametiletilendiamina	0.003 ml
H ₂ O	2.1 ml

Tab. 4: Composizione *Stacking gel* al 5%T.

Mix Acrilamide 30%/Bis 0,8%	2,08 ml
Tris 1M pH 8.8	1,25 ml
Ammonio persolfato 10%	0,05 ml
N,N,N',N'-Tetrametiletilendiamina	0,005 ml
H ₂ O	1,61 ml

Tab. 5: Composizione *Running gel* al 5%T.

Analisi statistiche.

I dati ottenuti dai test di territorialismo sono stati analizzati attraverso un GLM multivariato e multifattoriale sviluppato in *R Core Team* (2014) (*R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>). È stato testato se i seguenti fattori influissero o meno sull'esito dell'incontro:

- Il colore mascellare e golare (sia per residente vs intruso sia in arena neutra).
- Le dimensioni (svl residente-svlintruso), il peso (massa residente-massaintruso) dell'individuo nei due contesti (residente vs intruso e arena neutra) e per entrambi i ruoli (residente/intruso).
- Lo stato di residenza.
- L'indice di massa corporeo ($bci = svl/massa$) nel contesto dell'arena neutra.

Test non parametrici sono stati effettuati per testare la normalità dei parametri morfologici sia per i maschi sia per le femmine.

Ulteriori analisi statistiche sono state effettuate per quanto riguarda la morfologia, il *sexual size dimorphism*, variazioni dimensionali inter e intrapopolazione e sull'espressione del polimorfismo cromatico golare e mascellare.

È stato utilizzato il software IBM SPSS statistic 20.0.

Analisi quantitativa del colore suboculare.

È stata analizzata la quantità di colore verde (non bianco) estrapolando, da fotografie di squame suboculari, (Appendice 8) il quantitativo di *pixel* di colore sui *pixel* totali. L'eventuale variazione stagionale/annuale è stata valutata, a livello preliminare (dato lo scarso numero di ricatture) considerando una variazione di tale rapporto (trasformato in arcoseno), grazie alla cattura e ricattura dello stesso individuo. Il conteggio dei *pixel* è stato effettuato utilizzando il programma Photoshop C.S. 6. Il riconoscimento degli individui, per identificare le eventuali ricatture, è stato effettuato mediante l'utilizzo del programma *I3S Pattern*, versione 4.02, utilizzando come parametro di riconoscimento il pattern delle macchie dorsali, che costituisce una sorta di “impronta digitale”, unica per ogni individuo (si rimanda a Appendice 4 e 5).

RISULTATI

Variatione morfologica e Sexual Size Dimorphism.

A livello generale e descrittivo, i maschi sono di dimensioni maggiori per tutti i parametri rispetto alle femmine, come a esempio, nella relazione massa corporea lunghezza corporea (SVL) (Fig. 46).

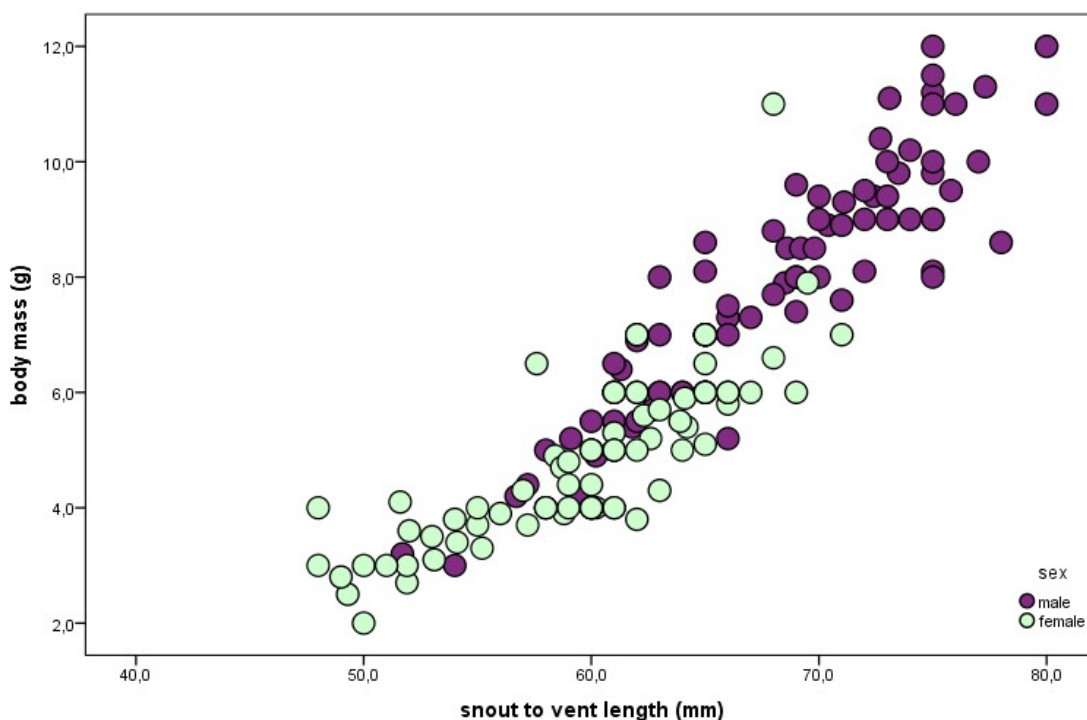


Fig. 46: Correlazione massa corporea e svl nei maschi (n=211) e nelle femmine (n=138) di *P. siculus*.

Per i maschi è emerso che massa, bci, altezza testa, differenza lunghezza testa lunghezza mascella, diametro dell'occhio, distanza occhio-narici, distanza tra le orbite, lunghezza mascella risultano distribuite normalmente (Test di Kolmogorov-Smirnov $p > 0,05$), mentre non lo sono l'svl, la lunghezza totale, la lunghezza della coda, la lunghezza della testa, la larghezza della testa, la distanza tra le narici (Test di Kolmogorov-Smirnov $p < 0,05$). Per le femmine invece non risultano distribuite normalmente solo la massa corporea, il diametro dell'occhio, la distanza occhio-narici e la distanza tra le orbite (Test di Kolmogorov-Smirnov $p < 0,05$). Gli altri parametri invece presentano distribuzione

normale (Test di Kolmogorov-Smirnov $p > 0,05$). A livello fine è stata effettuata l'analisi GLM per valutare l'influenza del sesso e dell'svl sulla massa, della loro interazione, e tra il sesso e lo stato della coda (rigenerata-danneggiata-intera). Risulta una forte significatività per quanto riguarda l'influenza dell' svl (GLM $p < 0,001$) e dell'interazione tra sesso e svl (GLM $p = 0,007$). Il sesso di per sé non risulta avere un'influenza significativa dal punto di vista statistico (GLM $p = 0,104$ N.S.), come l'interazione tra il sesso e lo stato della coda (GLM $p = 0,424$ N.S.).

Eliminando l'effetto dovuto dallo stato della coda (coda danneggiata), è emerso che il sesso (GLM $p < 0,001$), l'svl (GLM $p < 0,001$) e l'interazione tra questi due (GLM $p < 0,001$) hanno un'influenza statisticamente significativa sulla massa corporea. Ne deriva che i maschi sono effettivamente più lunghi e molto più pesanti delle femmine. L'interazione tra sesso e stato della coda non mostra significatività statistica (GLM $p = 0,296$ N.S.) (cioè l'autotomia indotta da stress o predazione non è peculiare di uno dei sessi), mentre l'interazione tra tutti e tre i fattori (sesso \times svl \times stato coda) ha influenza statisticamente significativa (GLM $p < 0,001$), hanno coda danneggiata soprattutto gli individui di taglia maggiore.

Considerando i sessi separatamente e ripetendo l'analisi è emerso che sia nei maschi sia nelle femmine svl (GLM $p < 0,001$) influenza in modo statisticamente significativo la massa corporea, non vi è influenza invece da parte dello stato della coda (GLM $p = 0,206$ N.S. per le femmine, GLM $p = 0,851$ N.S. per i maschi).

Per quanto riguarda l'influenza sulla lunghezza totale da parte del sesso, e dello stato della coda queste variabili non sono risultate statisticamente significative (GLM $p = 0,583$ N.S. e $p = 0,97$ N.S. rispettivamente), mentre risulta esservi un'influenza statisticamente significativa da parte dell'interazione del sesso con la massa corporea (GLM $p < 0,001$) e dell'interazione tra il sesso e la coda (GLM $p = 0,045$).

Inoltre il sesso (GLM $p = 0,03$), l'svl (GLM $p < 0,001$) e l'interazione tra questi (GLM

$p=0,002$) mostrano influenza statisticamente significativa nei confronti del bci (body condition index). Mentre lo stato della coda (GLM $p=0,644$ N.S), e l'interazione tra quest'ultima e il sesso (GLM $p=0,196$) non mostrano influenze statisticamente significative sul bci.

Il test T-student è stato condotto per valutare le eventuali differenze sessuali a carico dei seguenti parametri: massa corporea, svl, bci, diametro dell'occhio e la differenza tra la lunghezza della testa e la lunghezza della mascella. La significatività è stata ottenuta per tutti i parametri (Test t $p<0,001$) tranne per quest'ultimo (Test t $p=0,822$).

***Variatione morfologica, Sexual Size Dimorphism nelle diverse località
(interpopolazione e intra popolazionali).***

Assumendo che ad ogni località, in cui sono stati effettuati i campionamenti, corrisponda un'unica popolazione sono state testate le correlazioni tra i sessi nelle diverse località dei seguenti parametri morfologici (valori medi riportati in tabella 6):

- slv
- massa corporea
- bci
- lunghezza/altezza/larghezza della testa
- distanza occhio-narici
- distanza tra le narici
- distanza fra le orbite
- diametro occhio
- lunghezza della mascella
- lunghezza totale

Popolazione	Calci		Lamone	
Parametri morfologici	♂=16	♀=3	♂=6	♀=5
Body mass (g)	5,96 ± 1,48	4,76 ± 1,51	8,86 ± 2,44	5,60 ± 0,28
Snout to vent length (mm)	62,88 ± 4,86	54,73 ± 3,00	69,41 ± 5,92	64,74 ± 0,98
Body condition index (Bmass/Svl)	0,08 ± 0,01	0,08 ± 0,02	0,12 ± 0,02	0,08 ± 0,004
Total length (mm)	154,23 ± 41,35	154,06 ± 16,94	190,91 ± 39,82	167,14 ± 15,51
Tail length (mm)	89,18 ± 42,29	99,33 ± 16,25	121,50 ± 34,72	102,4 ± 16,36
Snout apex to pileus-Head length (mm)	15,67 ± 1,37	12,76 ± 0,15	17,81 ± 1,60	14,26 ± 0,35
Head width (mm)	8,96 ± 0,60	7,76 ± 0,25	10,36 ± 0,98	8,66 ± 0,26
Head height (mm)	7,45 ± 0,52	6,40 ± 0,17	8,58 ± 0,97	6,90 ± 0,32
Eye diameter (mm)	3,33 ± 0,65	3,40 ± 0,36	4,80 ± 0,72	3,56 ± 0,33
Nostril-eye (mm)	4,26 ± 0,47	3,53 ± 0,05	4,78 ± 0,36	3,78 ± 0,21
Inter-nasal (mm)	2,05 ± 0,43	1,80 ± 0,10	2,31 ± 0,27	1,86 ± 0,15
Inter-orbital (mm)	5,88 ± 0,68	5,10 ± 0,30	6,51 ± 0,60	5,64 ± 0,15
Maxilla (mm)	16,51 ± 1,33	14,43 ± 0,32	19,18 ± 2,29	16,30 ± 0,17
Popolazione	Gombo		C. Vecchie	
Parametri morfologici	♂=83	♀=55	♂=73	♀=53
Body mass (g)	8,39 ± 1,89	4,72 ± 1,57	7,61 ± 2,06	5,11 ± 1,35
Snout to vent length (mm)	70,26 ± 5,06	60,28 ± 6,27	67,10 ± 8,54	62,13 ± 6,41
Body condition index (Bmass/Svl)	0,11 ± 0,02	0,07 ± 0,19	0,11 ± 0,02	0,08 ± 0,01
Total length (mm)	185,29 ± 34,36	162,66 ± 19,04	181,81 ± 29,85	147,97 ± 31,03
Tail length (mm)	117,10 ± 26,37	102,01 ± 16,48	114,22 ± 27,83	86,43 ± 31,07
Snout apex to pileus-Head length (mm)	17,84 ± 1,27	13,49 ± 1,03	16,81 ± 1,94	13,70 ± 1,15
Head width (mm)	9,89 ± 0,99	7,62 ± 0,73	9,41 ± 1,07	7,58 ± 0,69
Head height (mm)	8,51 ± 1,04	6,38 ± 0,78	8,03 ± 1,09	6,38 ± 0,74
Eye diameter (mm)	3,17 ± 0,69	2,55 ± 0,69	3,16 ± 0,77	2,41 ± 0,56
Nostril-eye (mm)	5,04 ± 0,61	3,84 ± 0,52	4,59 ± 0,64	3,82 ± 0,60
Inter-nasal (mm)	2,51 ± 0,33	1,86 ± 0,41	2,35 ± 0,40	1,76 ± 0,51
Inter-orbital (mm)	6,42 ± 0,57	5,30 ± 0,61	6,21 ± 0,66	5,34 ± 0,52
Maxilla (mm)	18,46 ± 1,49	14,16 ± 1,30	17,26 ± 1,73	14,11 ± 1,23
Popolazione	Lecciona		Sterpaia	
Parametri morfologici	♂=22	♀=22	♂=11	
Body mass (g)	7,61 ± 1,94	4,68 ± 1,41	8,00 ± 2,09	
Snout to vent length (mm)	65,43 ± 6,03	58,57 ± 5,34	70,90 ± 6,23	
Body condition index (Bmass/Svl)	0,11 ± 0,02	0,07 ± 0,16	0,11 ± 0,02	
Total length (mm)	183,63 ± 28,44	151,89 ± 26,13	178,81 ± 32,29	
Tail length (mm)	118,19 ± 24,96	93,31 ± 22,97	107,90 ± 29,75	
Snout apex to pileus-Head length (mm)	15,62 ± 2,13	12,82 ± 1,21	17,69 ± 1,63	
Head width (mm)	9,36 ± 1,10	7,81 ± 0,54	8,92 ± 1,08	
Head height (mm)	8,02 ± 0,93	6,55 ± 0,47	7,51 ± 0,53	
Eye diameter (mm)	3,42 ± 1,08	2,62 ± 0,79	3,15 ± 0,30	
Nostril-eye (mm)	4,64 ± 0,38	4,24 ± 0,44	4,79 ± 0,63	
Inter-nasal (mm)	2,10 ± 0,32	1,65 ± 0,21	2,66 ± 0,41	
Inter-orbital (mm)	6,18 ± 0,48	5,13 ± 1,15	6,23 ± 0,70	
Maxilla (mm)	17,90 ± 2,10	14,25 ± 1,77	17,51 ± 1,53	

Tab. 6: Valori medi dei parametri morfologici nelle diverse località sia dei maschi sia delle femmine di *P. siculus*.

In tutte le località considerate, per tutti i parametri, risultano evidenti differenze tra maschi e femmine (da Fig. 47 a Fig. 58).

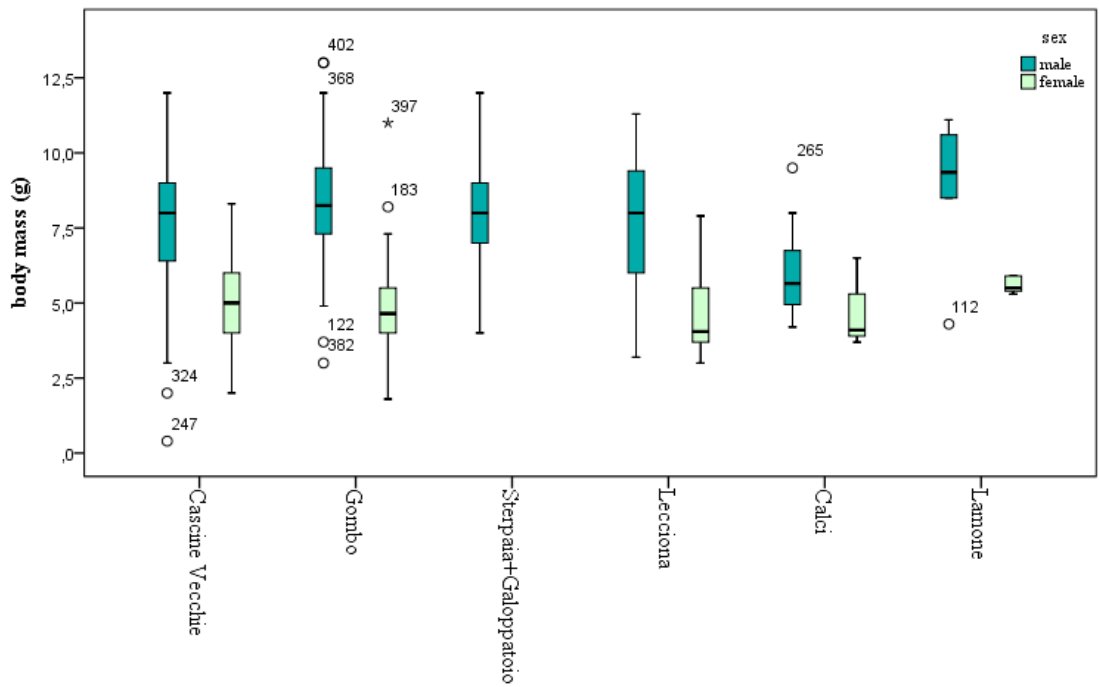


Fig. 47: Variazione della massa corporea dei maschi (blu) e delle femmine (verdi) nelle diverse popolazioni.

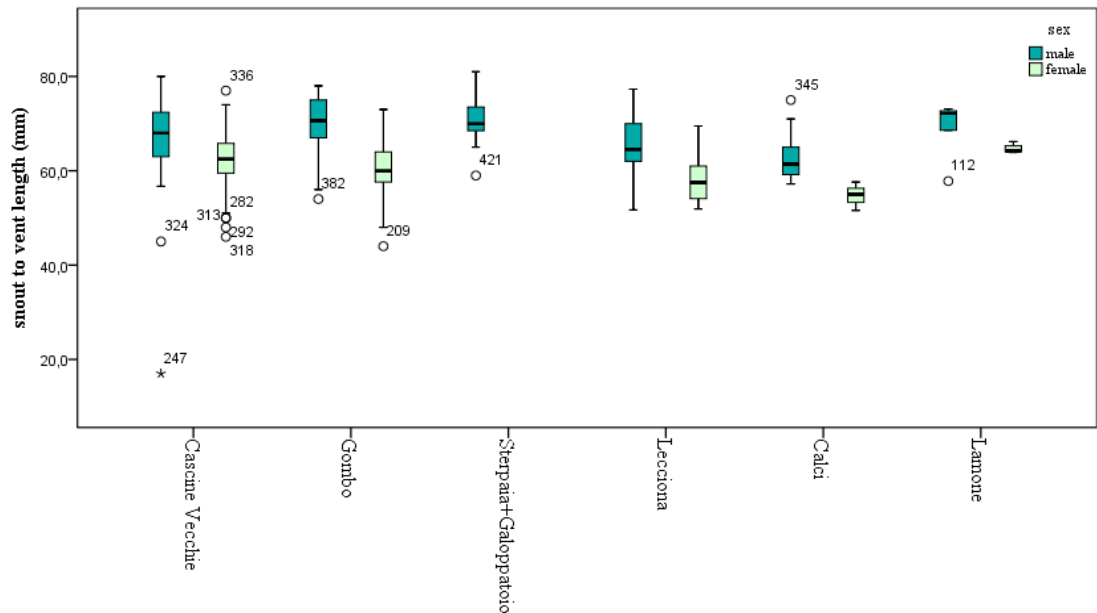


Fig. 48: Variazione del svl dei maschi e delle femmine nelle diverse popolazioni.

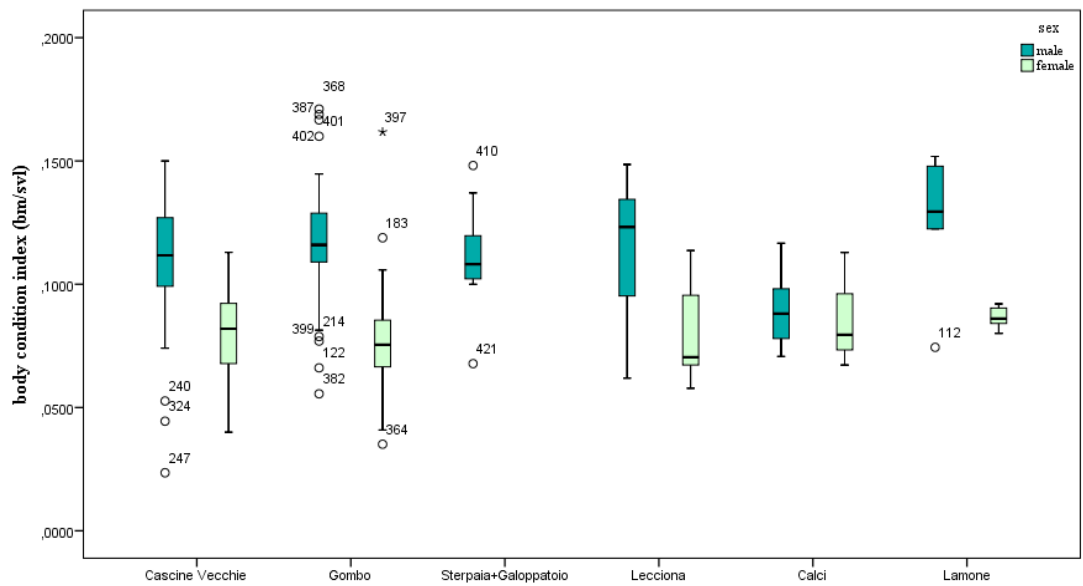


Fig. 49: Variazione del bci dei maschi e delle femmine nelle diverse popolazioni.

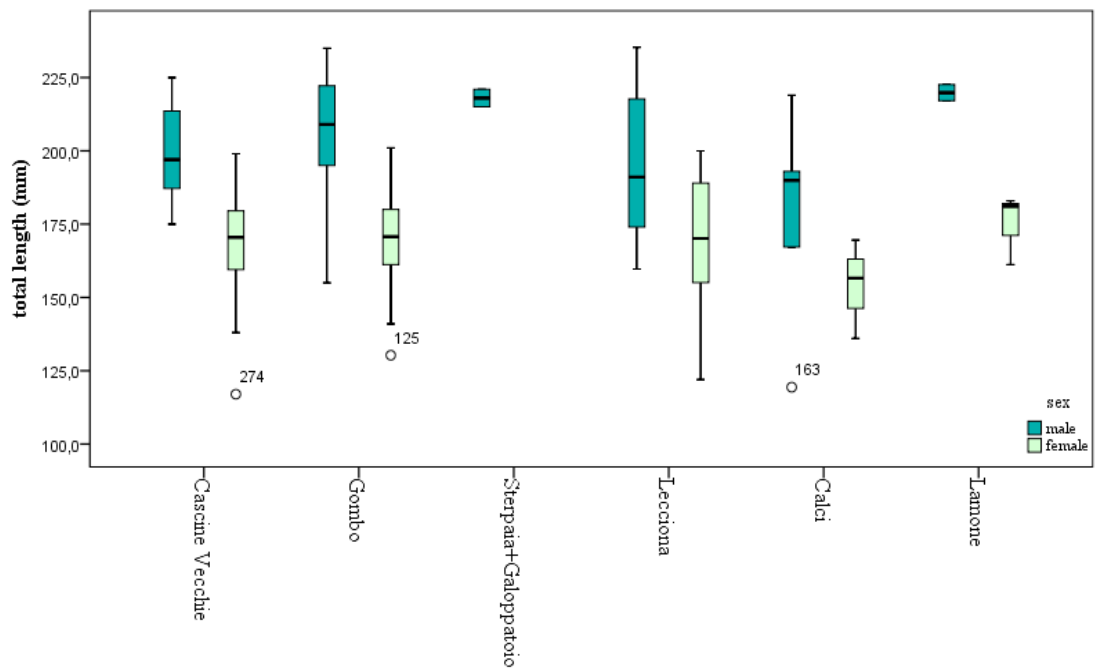


Fig. 50: Variazione della lunghezza totale dei maschi e delle femmine nelle diverse popolazioni.

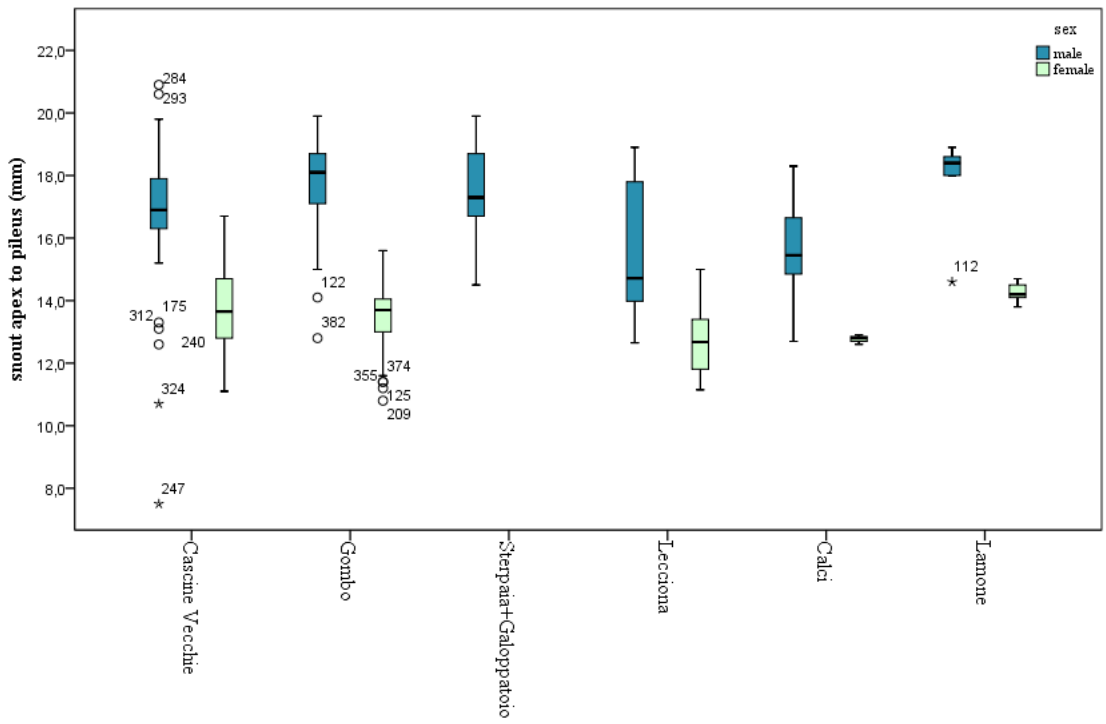


Fig. 51: Variazione della lunghezza della testa dei maschi e delle femmine nelle diverse popolazioni.

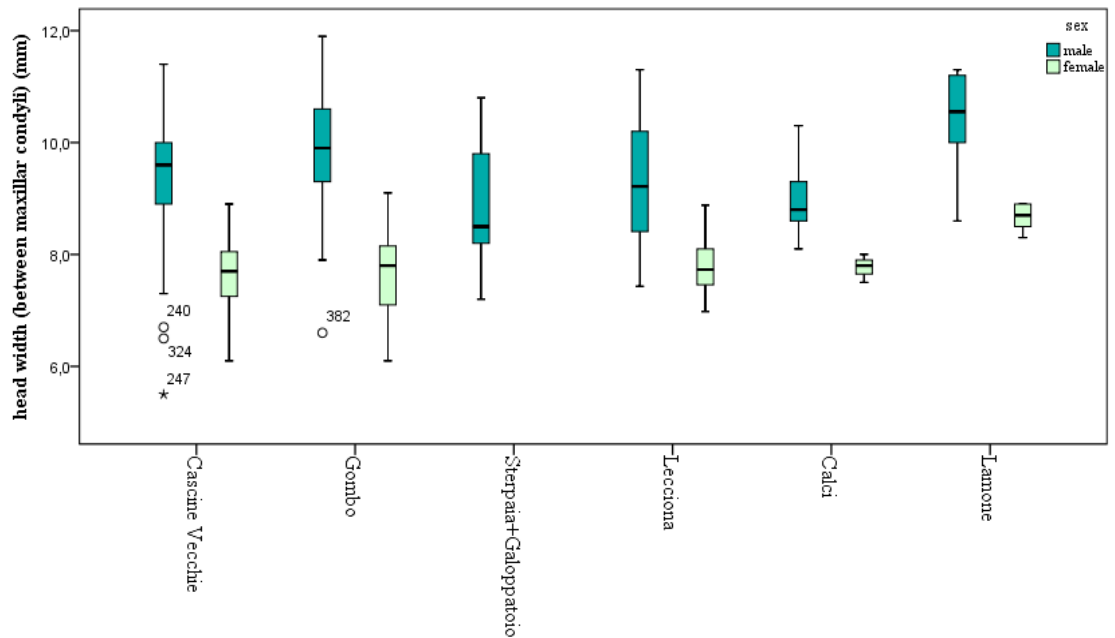


Fig. 52: Variazione della larghezza della testa dei maschi e delle femmine nelle diverse popolazioni.

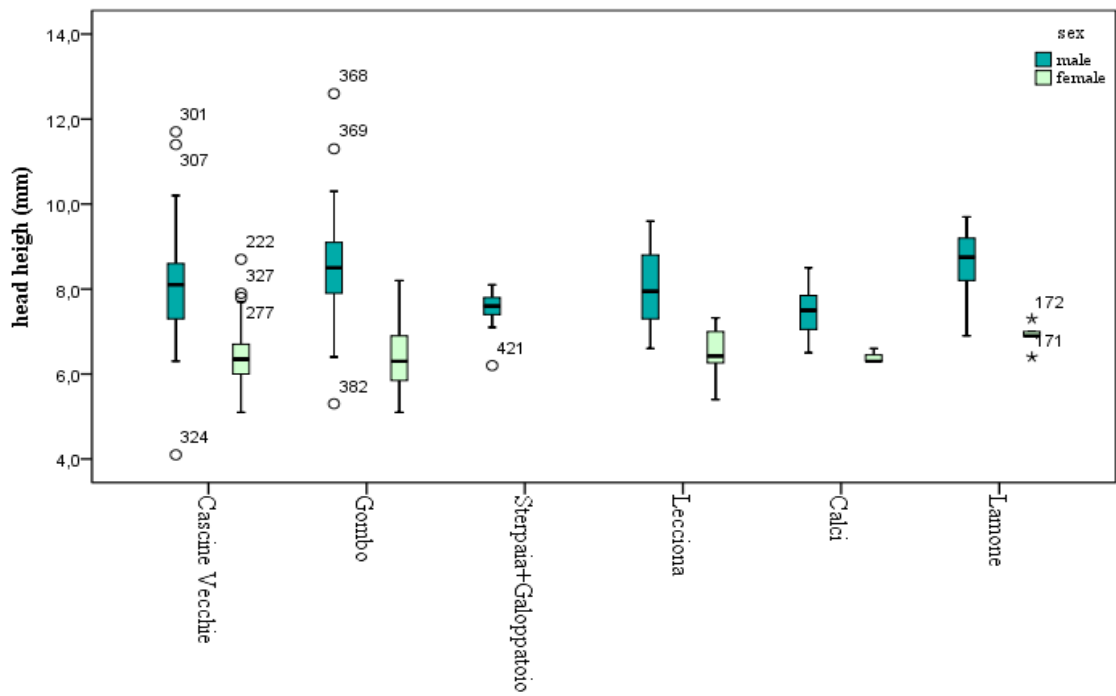


Fig. 53: Variazione della altezza della testa dei maschi e delle femmine nelle diverse popolazioni.

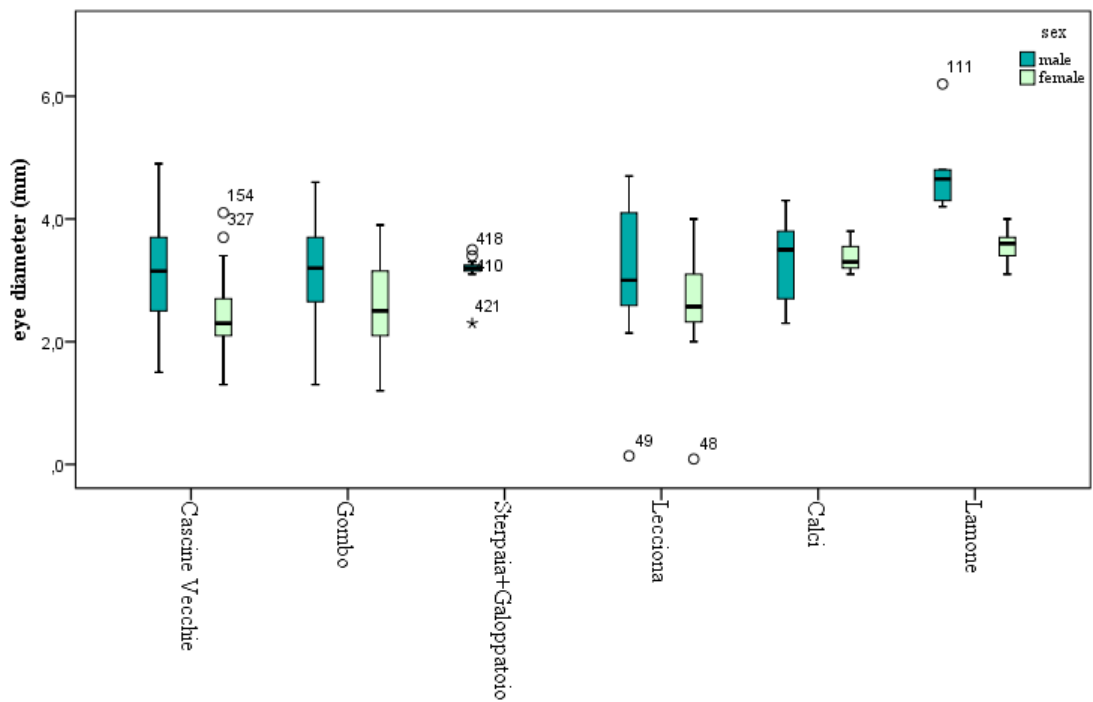


Fig. 54: Variazione del diametro dell'occhio dei maschi e delle femmine nelle diverse popolazioni.

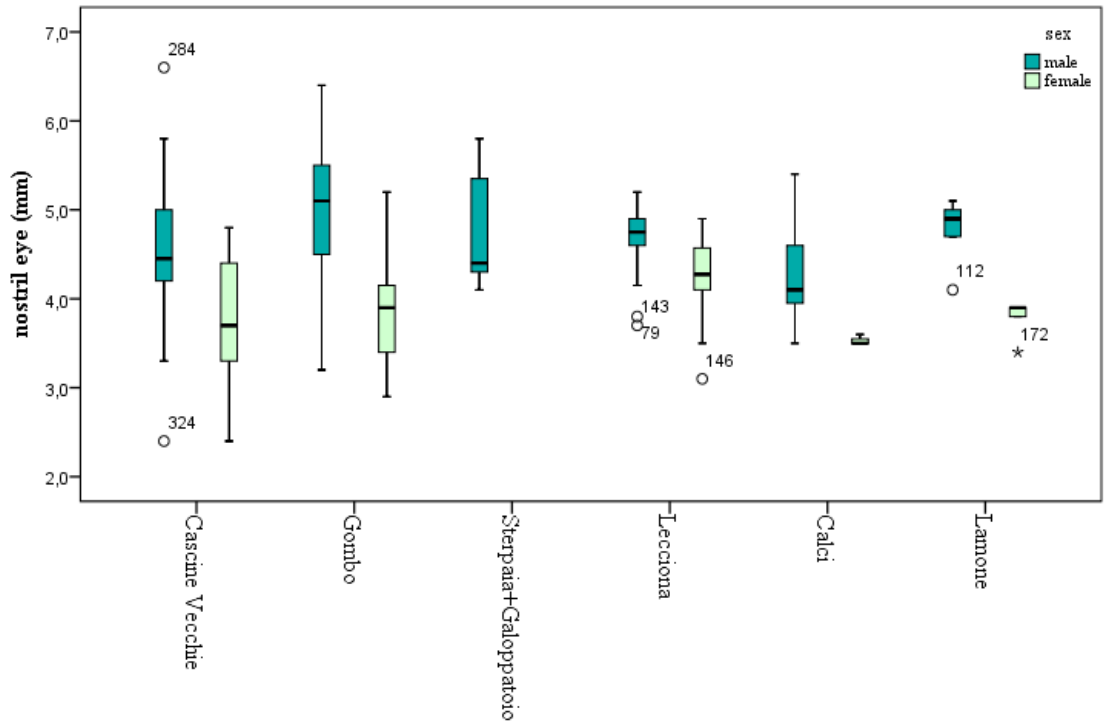


Fig. 55: Variazione della distanza occhio-narici dei maschi e delle femmine nelle diverse popolazioni.

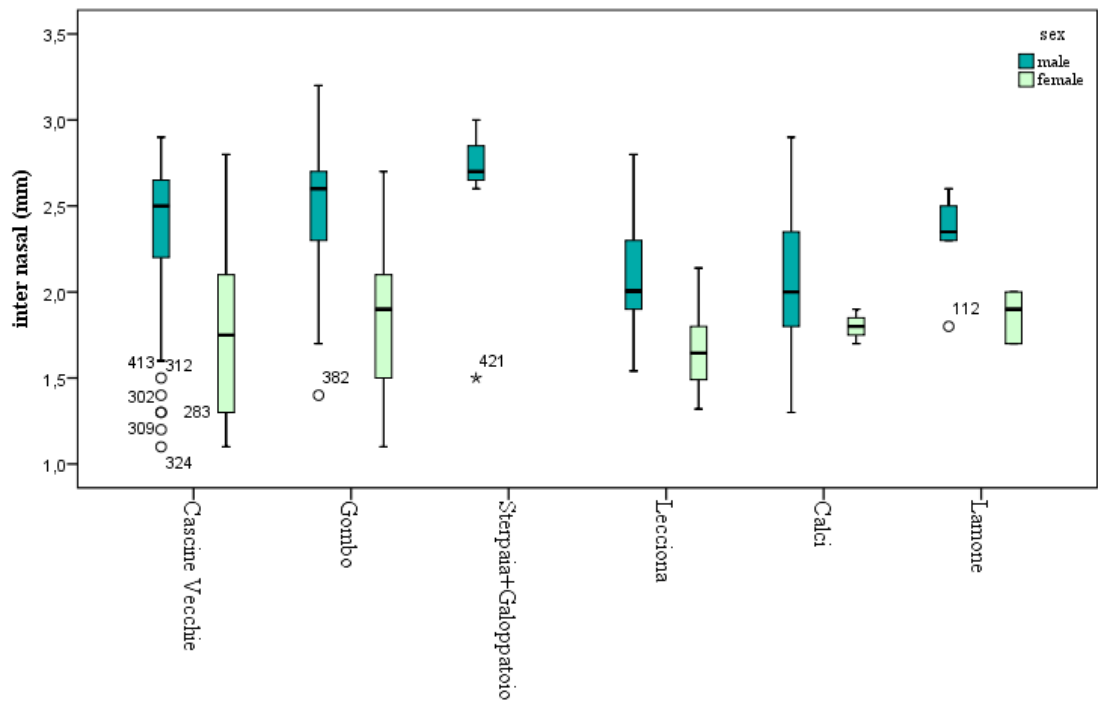


Fig. 56: Variazione della distanza tra le narici dei maschi e delle femmine nelle diverse popolazioni.

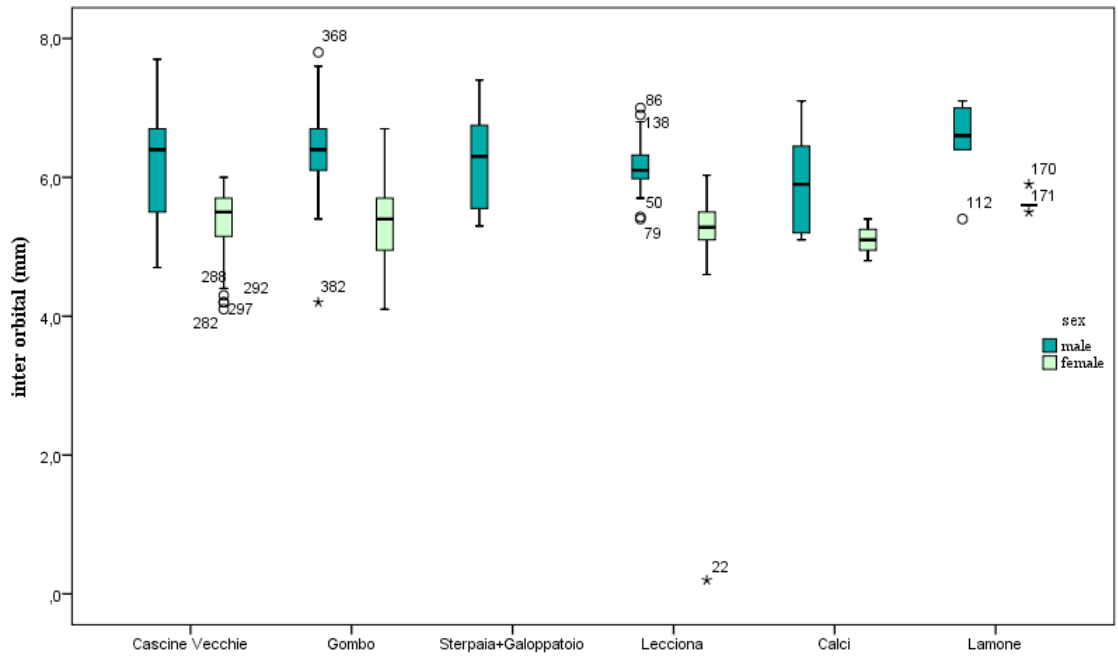


Fig. 57: Variazione della distanza tra le orbite dei maschi e delle femmine nelle diverse popolazioni.

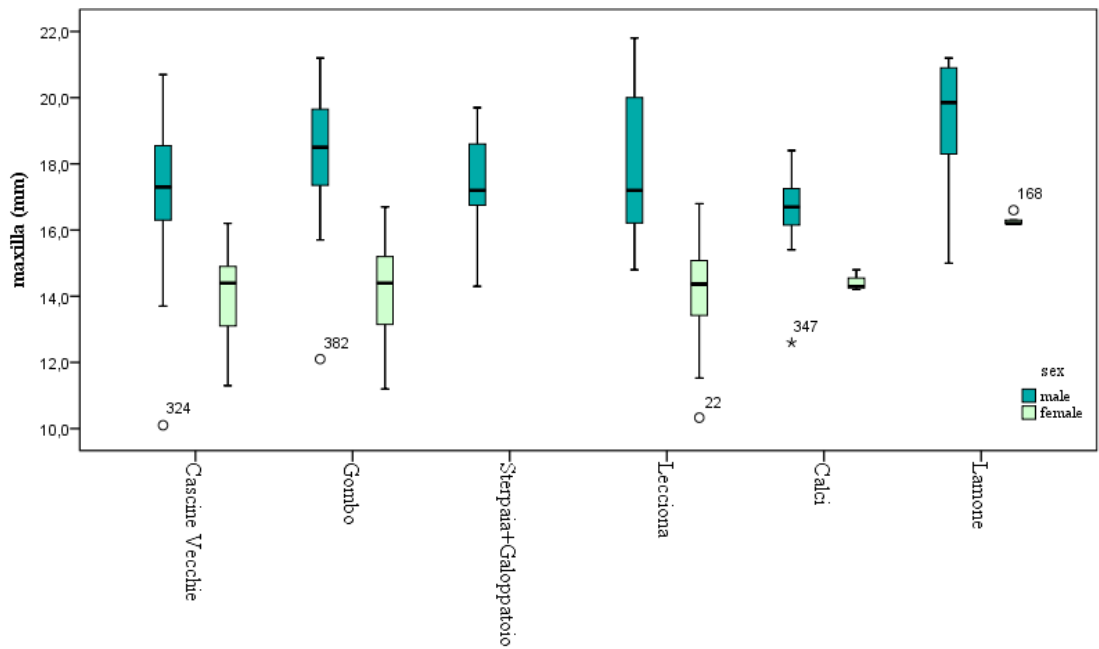


Fig. 58: Variazione della lunghezza della mascella dei maschi e delle femmine nelle diverse popolazioni.

Dalle analisi GLM effettuate è emerso che il diametro dell'occhio (GLM $p=0,028$) e la distanza tra le narici (GLM $p= 0,041$) variano in modo statisticamente significativo nelle diverse località. Sussiste una forte correlazione con il sesso (GLM $p<0,001$) e la significatività statistica è emersa nell'interazione del sesso con la località per i seguenti parametri:

- Svl (GLM $p= 0,041$) (Fig. 48)
- Bci (GLM $p= 0,030$) (Fig. 49)
- Larghezza della testa (GLM $p= 0,047$) (Fig. 52)
- distanza occhio-narici (GLM $p= 0,001$) (Fig. 55)
- lunghezza mascella (GLM $p= 0,018$) (Fig. 58)

Effettuando inoltre analisi Post-hoc (Tukey) è stato valutato se vi fossero delle differenze statisticamente significative, dei parametri sopra citati, in un'area rispetto alle altre (Appendice 9). Le analisi relative al svl hanno evidenziato differenze statisticamente significative per l'interazione tra le seguenti località:

- Cascine Vecchie-Sterpaia ($p=0,047$)
- Gombo-Lecciona ($p=0,003$)
- Gombo-Calci ($p=0,05$)
- Sterpaia-Lecciona ($p=0,001$)
- Sterpaia-Calci ($p=0,002$)

Per il bci non sono emerse differenze statisticamente significative per interazione tra tutte le località.

Per le analisi relative alla larghezza della testa le interazioni statisticamente significative sono risultate le seguenti:

- Cascine Vecchie-Lamone ($p=0,013$)
- Lecciona-Lamone ($p=0,008$)

Per quanto riguarda la distanza occhio-narici le interazioni sono risultate statisticamente significative per le seguenti località:

- Cascine Vecchie-Gombo ($p=0,002$)
- Cascine Vecchie-Sterpaia ($p=0,049$)
- Sterpaia-Calci ($p=0,040$)

Infine per la lunghezza della mascella, sono emerse differenze statisticamente significative per interazione tra le seguenti località:

- Cascine Vecchie-Gombo ($p=0,001$)
- Cascine Vecchie-Sterpaia ($p=0,017$)
- Cascine Vecchie-Lamone ($p=0,001$)
- Lecciona-Lamone ($p=0,010$)
- Calci-Lamone ($p=0,05$)

Espressione del polimorfismo nei e tra i sessi: mascella e mandibola, gola.

È stata effettuata una regressione sul colore in entrambi i sessi per evidenziare se la distribuzione fosse taglia dipendente, facendo l'ipotesi che il polimorfismo attiene all'individuo adulto (dalla maturità sessuale sino alle massime dimensioni = età). Come si può notare dal grafico Fig. 59 il polimorfismo non è taglia/età dipendente. La linea rossa indica l'inizio della maturità sessuale.

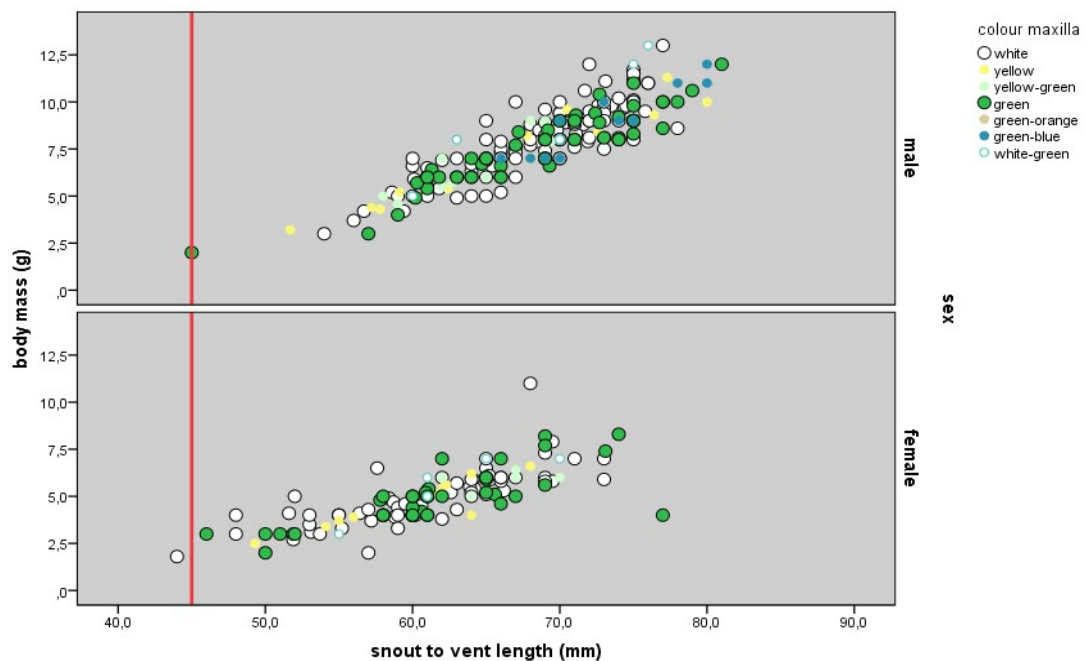


Fig. 59: Regressione relativa alla correlazione tra colore e taglia/età nei maschi e nelle femmine di *P. siculus*.

Effettuando un'analisi della varianza univariata, con variabile dipendente il colore della mascella e come fattori fissi il sesso e le località è emersa una forte influenza statisticamente significativa da parte della località (GLM $p < 0,0001$) e da parte dell'interazione sesso-località (GLM $p < 0,0001$). Il sesso invece non risulta avere di per sé un effetto specifico sull'espressione del polimorfismo (GLM $p > 0,005$, N.S.).

Dato che la parte più cospicua delle catture ha riguardato la zona di San Rossore, l'occorrenza dei vari morfi è stata valutata principalmente in questa località, considerando tre diverse popolazioni. Come si nota dal grafico Fig. 60, l'occorrenza dei diversi morfi all'interno delle popolazioni è notevole. In particolare il morfo bianco risulta il più

numeroso, seguito dal morfo verde. La popolazione del Gombo mostra una maggiore numerosità del morfo bianco rispetto al morfo verde, sono stati inoltre trovati individui di morfo giallo e non del tutto verdi (bianco-verdi). Al contrario nella popolazione della zona interna al Parco il morfo bianco e il morfo verde hanno numerosità simile. In questa popolazione inoltre sono presenti anche tutti gli altri morfi con occorrenza variabile. Per completezza è stato inserito anche il grafico che definisce l'occorrenza dei morfi anche in altre zone di campionamento (Fig. 61).

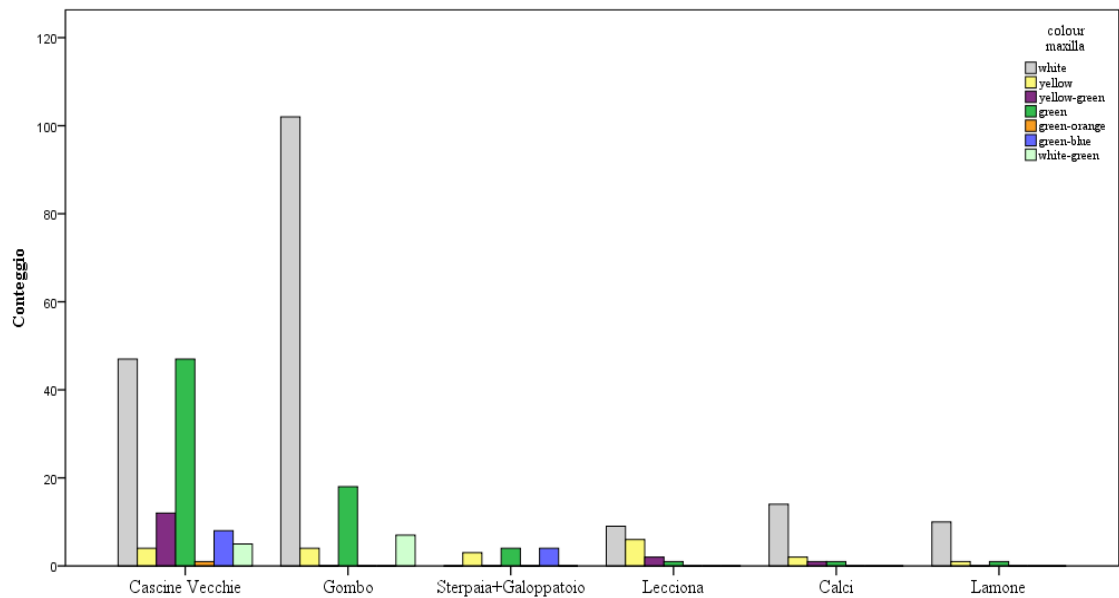


Fig. 60: Conteggio dei diversi morfi presenti in tutte le popolazioni oggetto di studio.

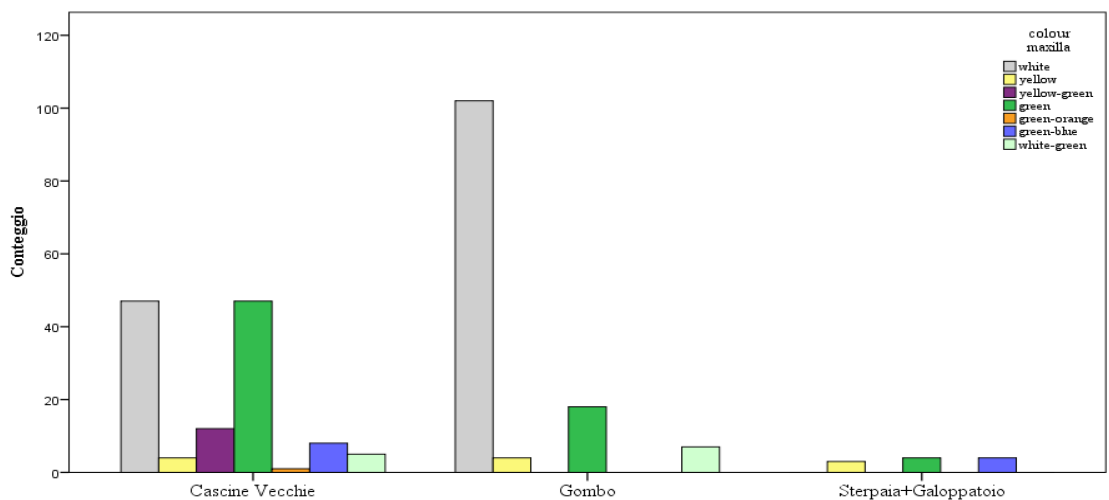


Fig. 61: Conteggio dei diversi morfi presenti nelle popolazioni delle Cascine Vecchie, Gombo e Sterpaia.

Tenendo conto della definizione classica di polimorfismo (occorrenza >1%) è stata valutata matematicamente l'occorrenza dei diversi morfi all'interno delle popolazioni campionate. I valori sono riportati in tabella 7.

Test χ^2 sulla distribuzione dei diversi morfi è risultato fortemente significativo per le località: Cascine Vecchie, Gombo, Calci (χ^2 test $p < 0,001$), Lecciona (χ^2 test $p = 0,028$) e Lamone (χ^2 test $p = 0,001$). Non significativa risulta la località Sterpaia (χ^2 test $p = 0,913$).

C. Vecchie			Lecciona		
Morfo	Occorrenza	valore rif.	Morfo	Occorrenza	valore rif.
W	37%	>1%	W	20%	>1%
G	37%	>1%	G	2%	>1%
G-Y	10%	>1%	G-Y	/	>1%
G-O	1%	>1%	G-O	/	>1%
G-B	6%	>1%	G-B	/	>1%
Y	3%	>1%	Y	14%	>1%
W-G	4%	>1%	W-G	4%	>1%
Gombo			Calci		
Morfo	Occorrenza	valore rif.	Morfo	Occorrenza	valore rif.
W	74%	>1%	W	74%	>1%
G	13%	>1%	G	5%	>1%
G-Y	/	>1%	G-Y	5%	>1%
G-O	/	>1%	G-O	/	>1%
G-B	/	>1%	G-B	/	>1%
Y	3%	>1%	Y	11%	>1%
W-G	5%	>1%	W-G	/	>1%
Sterpaia			Lamone		
Morfo	Occorrenza	valore rif.	Morfo	Occorrenza	valore rif.
W	/	>1%	W	83%	>1%
G	36%	>1%	G	8%	>1%
G-Y	/	>1%	G-Y	/	>1%
G-O	/	>1%	G-O	/	>1%
G-B	36%	>1%	G-B	/	>1%
Y	27%	>1%	Y	8%	>1%
W-G	/	>1%	W-G	/	>1%

Tab. 7: Occorrenze dei diversi morfi all'interno delle popolazioni oggetto di campionamento di individui di *P. siculus*.

Per quanto riguarda il colore a livello della squama suboculare, negli individui ricatturati, si osserva una elevata variazione del rapporto *pixel* di colore su *pixel* totali trasformato in arcoseno (Fig. 62).

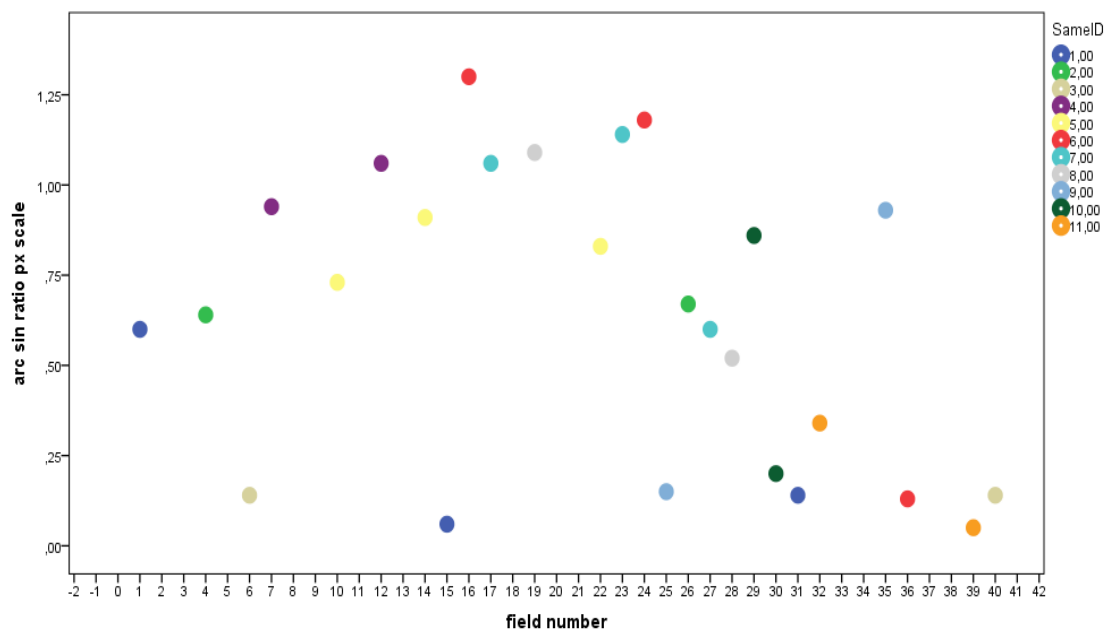


Fig. 62: Variazione del colore suboculare nelle ricatture di individui di *P. siculus*.

Effetto del colore nel territorialismo [combattimenti].

Nei combattimenti tra intruso e residente (50 incontri) gli esiti sono stati i seguenti:

- 30 vittorie del residente
- 10 vittorie per l'intruso
- 10 pareggi

Nell'arena neutra (16 incontri) invece sono state ottenute:

- 9 vittorie
- 7 pareggi

Escludendo i combattimenti terminati in parità, lo stato di residenza influenza in modo statisticamente significativo il risultato dell'incontro (χ^2 test $p=0,001565$). Per quanto riguarda i morfi, sia del residente sia dell'intruso, questi non hanno influenza significativa (χ^2 test $p=0,715$ N.S., χ^2 test $p=0,3607$ N.S.).

È stata inoltre valutata una eventuale influenza dell' svl, considerata come la differenza tra la lunghezza del residente e dell'intruso, della massa corporea (differenza tra le massa corporee del residente meno quella dell'intruso) e del bci sulla probabilità di vittoria in entrambe i ruoli, tali influenze non sono risultate statisticamente significative (svl: GLM, $p=0,21769$, N.S.; Bmass: GLM, $p=0,726$ N.S.; bci: GLM, $p=0,888$ N.S.).

Considerando invece solo i risultati di parità, anche in questo caso l'svl (GLM, $p=0,29$, N.S.) il colore (χ^2 test, $p=0,3173$, N.S.) e la massa corporea (GLM, $p=0,564$, N.S.) e il bci (GLM, $p=0,788$ N.S.) non influenzano in modo statisticamente significativo l'esito dell'incontro.

Per quanto riguarda gli incontri in arena neutra, anche in questo caso le dimensioni corporee (GLM, $p=0,0891$, N.S.) e il colore (χ^2 test, $p>0,05$, N.S.) non influenzano l'esito dell'incontro. Interessante è invece notare che il peso dell'individuo (differenza tra massa del residente e massa dell'intruso) influisce in modo statisticamente significativo (GLM,

$p=0,0329$). Mentre il bci non ha effetto (GLM, $p=0,0537$, N.S.). Esclusivamente da un punto di vista quantitativo, negli incontri nei quali l'intruso ha ottenuto la vittoria, in sette casi su dieci la differenza di dimensioni e/o peso corporeo risulta a favore del intruso. Nei risultati di parità invece solo in quattro casi su dieci le dimensioni e/o il peso corporeo erano molto simili, se non uguali, tra i contendenti. Inoltre in 14 casi su 30 per le vittorie del residente, quest'ultimo aveva dimensioni e/o massa corporea inferiori all'intruso. Nel contesto dell'arena neutra in sei casi su nove il contendente con dimensioni e/o massa maggiore risulta vincitore.

Risultati preliminari tracciabilità proteica dei secreti femorali.

I risultati, assolutamente preliminari, sui primi cinque campioni hanno permesso di evidenziare almeno tre diverse proteine di diverso peso molecolare, variabili tra 30 e 14 kDa (Fig. 63).

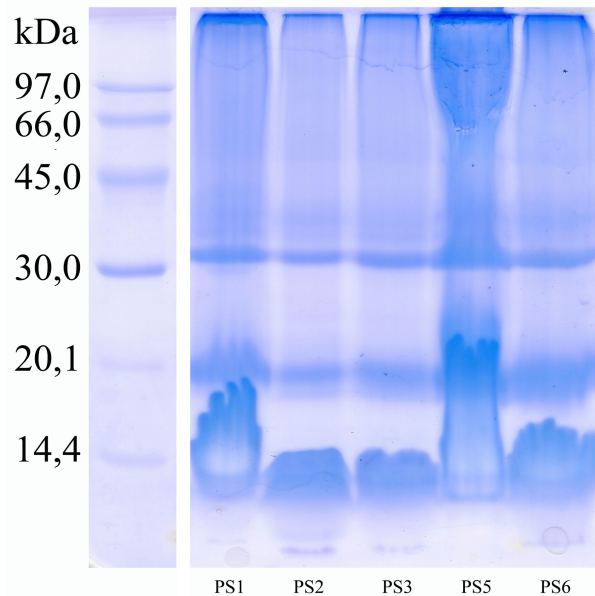


Fig. 63: Corsa elettroforetica di campioni di secreti pori femorali.

In particolare è evidente una banda poco sopra i 30 kDa, una a 20 kDa e una a circa 14 kDa in tutti gli individui. Sebbene i pattern siano tutti tendenzialmente somiglianti, non sono presenti profili elettroforetici del tutto identici tra loro. La parte compresa tra i 17 e gli 11 kDa è costituita principalmente da residui di componente lipidica, ma anche probabilmente da lipoproteine a basso peso molecolare. Dai profili elettroforetici non sembrano essere evidenti differenze di composizione proteica in base al morfo o alla provenienza.

Discussione

La selezione naturale favorisce quei segnali, comportamenti e caratteristiche che risultano essere il giusto compromesso tra costi e benefici, minimizzando gli uni e massimizzando gli altri. A volte gli animali possono evolvere morfi distinti, espressi fenotipicamente, che possono rispecchiare diverse capacità di combattimento, come per esempio il grado di aggressività o il cosiddetto *status badge* (tipico del passero, Moller, 1987), o mediante ritualizzazioni. I combattimenti possono prevedere la messa in atto di segnali acustici o visivi, allo scopo di intimidire l'avversario o dare informazioni sulle proprie capacità e motivazioni. Essendo segnali direttamente correlati per esempio allo stato di salute fisica dell'animale, sono segnali onesti. Spesso a definire il risultato di uno scontro sono le asimmetrie: una soggettiva valutazione della risorsa oggetto della contesa (Parker, 1974; Mainard-Smith et al., 1976); diverse abilità competitive per mantenere o acquisire una risorsa (Parker, 1974; Mainard-Smith et al., 1976; [Hammerstein, 1981](#)), che possono dipendere dalle dimensioni corporee o da eventuali “armi” (Alcock e Huston, 1996; Huntingford e Turner, 1987); l'aggressività individuale ([Barlow et al., 1986](#); Mainard-Smith e [Harper, 1988](#); [Hurd, 2006](#)). Inoltre lo stato di residenza può costituire un vantaggio, in quanto il residente ha un' accurata conoscenza del valore del territorio, che è invece ignoto per l'intruso; conferendo quindi una maggiore motivazione al combattimento (Holderton et al., 1990; Stamps e Krishnan, 1994; Temeles, 1994; Moretz 2003; Keemp e Wiklund, 2004; Stuart-Fox e Johnston, 2005). Infine, precedenti esperienze di combattimenti con esito vittorioso possono influenzare il risultato di uno scontro, infatti l'esperienza della vittoria può accrescere l'individuale percezione delle abilità competitive, al contrario invece con le esperienze di sconfitta: è il cosiddetto “winner-looser effect” (Hsu et al., 2006).

Inoltre, in alcune specie territoriali di lucertole il polimorfismo è associato a strategie alternative, sia in ambito riproduttivo e territoriale, e il colore dell'avversario può

influenzare l'esito dello scontro (Thompson e Moore, 1991a, b; Sinervo e Lively, 1996). Per esempio, i maschi di morfo verde di *Urosaurus ornatus* sono più inclini a dominare rispetto a quelli di morfo arancione, nonostante questi ultimi siano di dimensioni maggiori (Hover, 1985).

I maschi della specie *Uta stansburiana* con colorazione gola arancione sono più aggressivi e dominanti sugli altri morfi (Sinervo e Lively, 1996). Un altro esempio è rappresentato dai maschi di morfo rosso di *Ctenophorus pictus* (Fig. 64), i quali sono più inclini alla vittoria quando lo scontro avviene con un maschio di morfo giallo (Hearly et al., 2007).

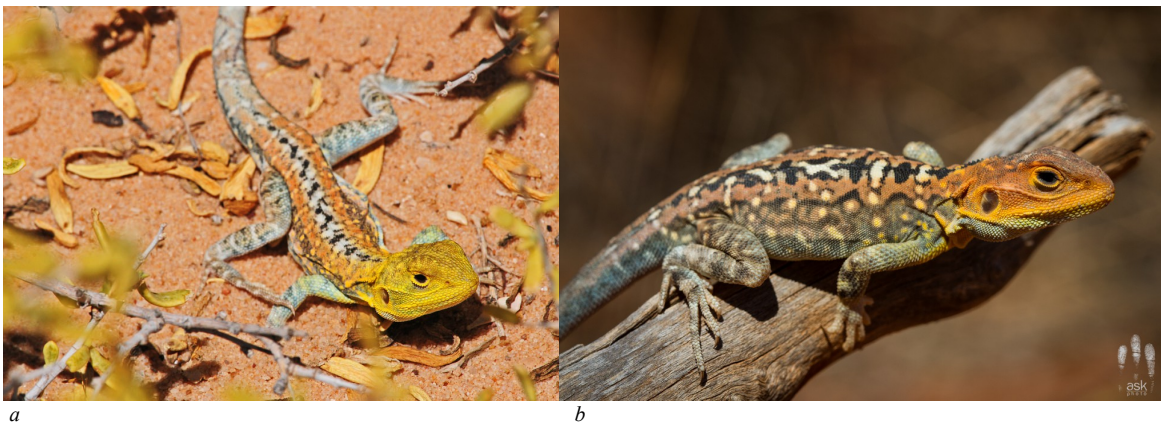


Fig. 64: *Ctenophorus pictus* a) morfo giallo e b) morfo rosso.

Nell'ambito delle strategie riproduttive, i maschi di *Iberolacerta monticola* e di *Podarcis bocagei* manifestano cambiamento del colore in base all'età. La diversa colorazione viene acquisita gradualmente, durante la maturità sessuale. In *P. bocagei* (Fig. 65) i maschi cambiano colorazione ventrale (gialla) e dorsale (verde) che negli individui immaturi è di colore marrone. Nei maschi di *I. monticola* il dorso acquisisce, gradualmente, un colore verde intenso una volta superata la maturità sessuale; il ventre rimane invece marrone come nei subadulti. Solo gli individui più vecchi possiedono una colorazione verde predominante. Uno studio condotto sul comportamento dei maschi adulti di *Podarcis hispanica* durante la stagione riproduttiva (Galan, 2008) ha evidenziato un tasso di copule

significativamente più elevato per i maschi con morfo dorsale verde rispetto a quelli marroni. Tale polimorfismo legato alla taglia e all'età del maschio di questa specie potrebbe avere una chiara funzione come segnale inter e intrasessuale.



Fig. 65: *Podarcis bocagei*.

Il polimorfismo cromatico oltre che a manifestarsi nei maschi si manifesta anche nelle femmine, come per esempio in *P. muralis*, dove il polimorfismo cromatico femminile è legato a strategie alternative dal punto di vista riproduttivo, associate a comportamenti e tratti fisiologici differenti, che possono contribuire al mantenimento del polimorfismo all'interno della popolazione.

In particolare, le femmine di morfo giallo presentano una strategia riproduttiva di tipo “r”, mentre quelle di morfo bianco adottano una strategia di tipo K. Femmine di morfo rosso invece adottano una strategia K o “r” a seconda della loro dimensione o età. Inoltre, le femmine bianche hanno un maggior guadagno in termini di prole vitale quando si accoppiano con maschi rossi; l'accoppiamento tra morfi gialli produce un maggior

successo riproduttivo rispetto a tutte gli altri incroci, ma progenie con peso minore. Dall'accoppiamento tra femmine di morfo rosso e maschio rosso o bianco si ottiene una progenie con peso maggiore. Esiste quindi una correlazione tra alcuni aspetti relativi alla *fitness* e il polimorfismo cromatico, che potrebbe aumentare il contributo di quest'ultimo nell'evoluzione divergente della lucertola muraiola ([Galeotti et al., 2013](#)).

Nel nostro caso, invece, *Podarcis siculus* non mostra una colorazione taglia/età dipendente, e gli individui giovani possono possedere colorazione bianca, verde, gialla o azzurra. Queste nostre osservazioni indicano con certezza che se *Podarcis siculus* è una specie polimorfica o policromatica, il modello di polimorfismo/policromatismo espresso diverge sicuramente dai modelli noti e studiati in altri Lacertidi e negli Iguanidi (si veda sopra). Sarebbe infatti utile indagare approfonditamente se le popolazioni della Toscana settentrionale, oggetto di questa ricerca, possano costituire un sistema inerziale del marcato polimorfismo cromatico riscontrabile nelle zone di confine con la Slovenia e la Croazia. In Slovenia e Croazia si ritiene che il polimorfismo di *P. siculus* derivi o possa derivare da ibridazione con introgressione con la lucertola adriatica *P. melisellensis* come ipotizzato da Capula (2003), sebbene il polimorfismo da ibridazione e introgressione non sia stato ancora studiato. All'opposto, è lecito chiedersi e ipotizzare se esiste una correlazione con la stessa situazione che è stata riscontrata nelle muraiole, cioè aree geografiche ove il polimorfismo è presente ([Sacchi et al., 2007](#); [Galeotti et al., 2013](#); [Pellitteri-Rosa et al., 2014](#)) e aree in cui il polimorfismo si è spento ([Whiley et al., 2015](#)). *Podarcis siculus* potrebbe infatti essere una specie con un polimorfismo variabile (incipiente o, all'opposto, in fase di decremento e spegnimento) nelle aree geografiche in cui entra in competizione con lucertole muraiole non polimorfiche. Invece, potrebbe essere completamente polimorfica (con strategie riproduttive morfo dipendente) nelle zone in cui compete con altre specie caratterizzate da marcato polimorfismo cromatico. In questo contesto, per *P. siculus*, sarebbero utili indagini genetiche e di proteomica sui

secreti dei pori femorali per poter capire (e discriminare) se sussiste davvero una condizione di polimorfismo cromatico oppure di policromatismo.

È noto che di norma maschi più grandi siano più aggressivi e siano in grado di difendere un territorio più ampio e per più tempo rispetto a maschi di piccola taglia, subordinati, che occupano gli spazi lasciati liberi dai primi. Questa dinamica è diffusa in molte specie animali e anche nel genere *Podarcis* (*P. muralis*; Sacchi et al., 2009).

I risultati ottenuti dall'analisi statistica degli esiti dei combattimenti sono solo parzialmente in accordo con quelli ottenuti nello studio condotto su combattimenti tra maschi polimorfici di *P. muralis* (Sacchi et al. 2009). In entrambe le specie, l'esito del combattimento è influenzato in modo significativo dallo stato di residenza, mentre il colore non ha alcun effetto sul risultato del combattimento. La differenza con i nostri esperimenti risiede nel fatto che in *P. muralis* le dimensioni corporee (svl) influenzano in modo significativo l'esito dello scontro, mentre non ci sono effetti legati alla taglia nei nostri combattimenti tra residente e intruso di *P. siculus*. In *P. siculus*, però, è stato osservato un effetto della massa corporea sull'esito degli incontri avvenuti in arena neutra (si veda il capitolo Risultati). Nei casi di incontri terminati con un pareggio nessun parametro morfologico ha influenza statisticamente significativa sull'esito dell'incontro.

Dalle analisi relative alla morfologia e al dimorfismo sessuale è emerso in definitiva che i maschi hanno dimensioni (lunghezza e peso corporeo) maggiori rispetto alle femmine; non sussiste una prevalenza di autotomia in un sesso rispetto all'altro ma la prevalenza di code danneggiate è stata riscontrata negli individui con taglia maggiore.

Il dimorfismo sessuale è evidente in tutte le località oggetto dei campionamenti ed è interessante notare che sussistono delle differenze statisticamente significative, di alcuni parametri morfologici presi in esame, tra le diverse località (vedere Risultati). Per esempio gli individui catturati nella macro area delle Cascine Vecchie hanno un svl minore di quelli catturati nella zona della Sterpaia; hanno inoltre una testa meno larga

degli individui appartenenti alla popolazione di Lamone e una distanza occhio-narici più corta rispetto agli individui del Gombo ma più lunga rispetto agli individui di Calci, hanno infine la mascella più corta degli individui del Gombo e di Lamone. Gli individui del Gombo hanno invece un svl maggiore rispetto agli individui di Lecciona e Calci, mentre la distanza occhio-narici e la lunghezza della mascella è maggiore rispetto agli individui di Cascine Vecchie. Gli individui catturati a Sterpaia hanno svl maggiore rispetto a quelli di Lecciona e Calci e rispetto a questi ultimi hanno una maggiore distanza tra il margine esterno dell'occhio e la narice. Per quanto riguarda invece gli individui catturati a Lecciona hanno la mascella più corta rispetto agli individui catturati a Lamone e la testa più stretta. Gli individui di Calci hanno svl inferiore rispetto agli individui del Gombo e di Sterpaia e la lunghezza della mascella è inferiore a quella degli individui di Lamone. Infine gli individui catturati a Lamone hanno la testa più larga degli individui delle Cascine Vecchie e Lecciona e la mascella risulta essere più lunga degli individui di Calci.

Per quanto riguarda la tracciabilità proteica del secreto dei pori femorali, con le analisi, del tutto preliminari, è stato possibile evidenziare almeno tre diverse proteine. A mia conoscenza ancora nessuno si è mai concentrato su analisi di tipo proteico, ma esclusivamente su analisi riguardanti la composizione lipidica (Pellitteri-Rosa et al., 2014).

Dai risultati ottenuti dalle analisi sull'espressione del colore possiamo affermare con certezza che *P. siculus* è caratterizzata da un forte policromatismo o da un polimorfismo, in cui i diversi morfi si esprimono infatti con frequenza maggiore del valore di riferimento (2%). Il colore inoltre non è influenzato dalla taglia/età. Possiamo quindi affermare che gli individui nascono e crescono mantenendo le loro caratteristiche cromatiche invariate, in entrambi i sessi. Ulteriori indagini sarebbero utili per comprendere in modo più approfondito la frequenza dei diversi morfi all'interno delle

popolazioni di lucertola campestre e le differenze tra le popolazioni, soprattutto allargando la scala spaziale delle analisi. In *P. muralis*, le popolazioni si distinguono in mono, di e polimorfiche, mostrando quindi diverse occorrenze del colore in base alla zona geografica presa in considerazione. In questa specie è stato ipotizzato inoltre un effetto ibrido tra i parentali, che si esplica a livello fenotipico con diversa gradazione del colore (Fig 66; ma si veda anche Fig. 14 pag. 15), escludendo un effetto di tipo metabolico (Bellati et al., 2011), come riscontrato anche in *Uta stansburiana* (Corl et al., 2010) (Fig. 67). Se ciò fosse vero anche in *P. siculus*, si potrebbe spiegare sia l'esistenza delle modulazioni cromatiche osservate (verde-arancione, verde-gialla, verde-azzurro) con occorrenze diverse in differenti aree geografiche sia l'esistenza di popolazioni con due o più morfi distinti (Zuffi com. pers. 2015).

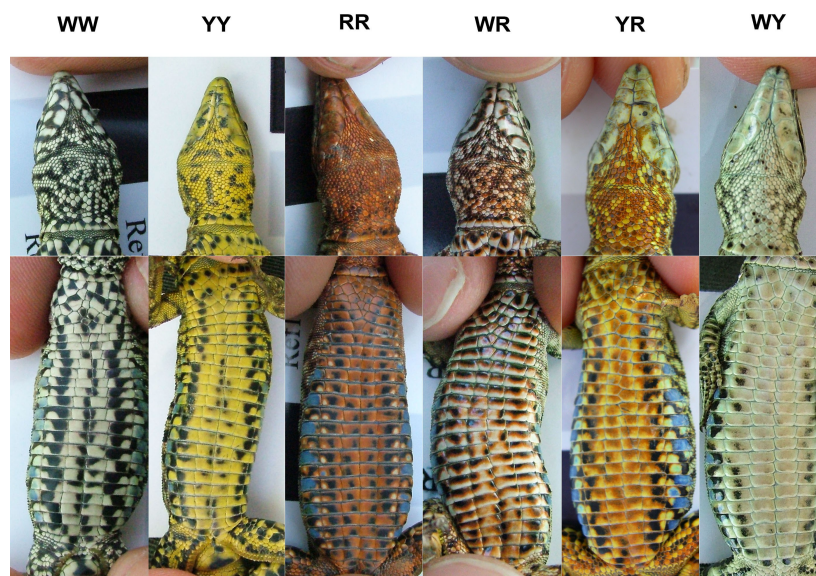


Fig. 66: Morfi *P. muralis* WW, YY, RR=parentali; WR, YR, WY sono il risultato della modulazione cromatica dovuta all'effetto ibrido.

(Tratto da Bellati, 2011).



Fig. 67: Modulazione cromatica per effetto ibrido dei parentali in *Uta stansburiana*. (tratto da Corl et. al., 2010).

Nel caso delle popolazioni introdotte al di fuori dell'areale originale, vanno sottolineati alcuni aspetti. *P. siculus* è stata introdotta per esempio in California (San Pedro) nel 1994. Da recenti indagini genetiche (Kolbe et al., 2013; Silva-Rocha et al., 2014) è emerso che gli individui introdotti in America provenivano dall'Italia, in particolare dalla Sicilia e dalla Toscana (Fig. 68). Alcuni di questi individui presentano colorazione golare e mascellare arancione. Come affermato da Guntram Deichsel (<http://www.californiaherps.com/lizards/pages/p.s.siculus.html>) le *P. siculus* siciliane presentano colorazione golare arancione/rossa e tale colorazione potrebbe essersi originata da una introgressione genetica di *P. wagleriana* (endemismo siciliano) (Fig 69). Come emerge dallo studio di Silva Rocha et alii (2014) nelle zone di confine la situazione si complica, quando *P. siculus* entra in contatto con *P. melisellensis* o *P. tiliguerta* (Fig. 70), che presentano capacità di ibridazione.

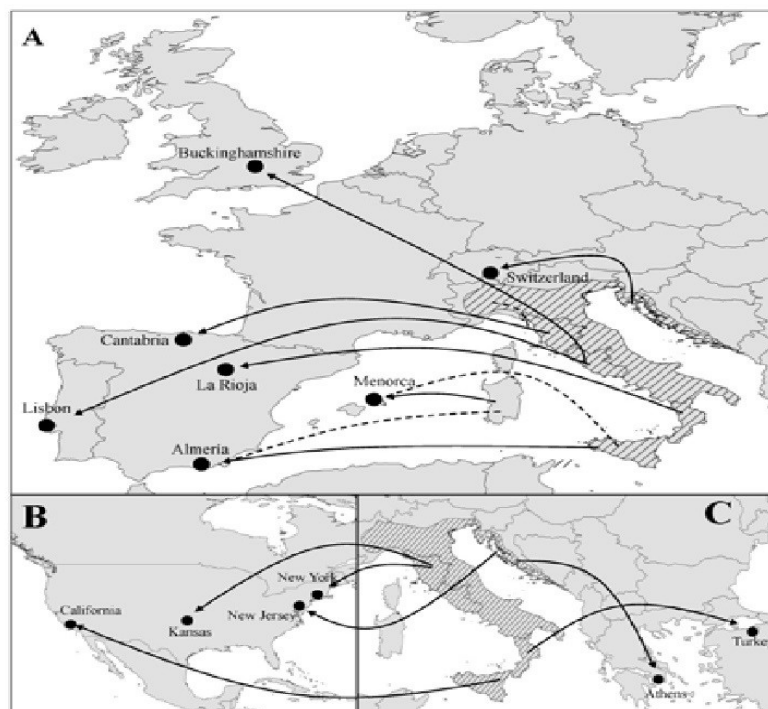


Fig. 68: Linee di provenienza degli individui introdotti in Europa e America (tratto da Silva Rocha et al., 2014).



Fig. 69: a) *P. wagleriana* b) e c) Maschio di *P. siculus* catturato a San Pedro, California.



Fig. 70: *Podarcis tiliguerta*.

Bibliografia

- A.A.V.V., 2002: La Fauna in Italia (a cura di: A.Minelli C. Chemini, R. Argano, S. Ruffo),
Touring Editore, Milano e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio,
Roma: 414.
- Alcock, J. Huston, T. F. 1996. Mating system and male size in Australian hylaeine bees
(Hymenoptera: Colletidae). *Ethology*, **102**: 591–610.
- Arnold, E. N., 1973. Relationships of the Palearctic lizards assigned to the genera *Lacerta*,
Algyroides and *Psammodromus* (Reptilia: Lacertidae). *Bullettin of the British Museum
Natural History (Zoology)*, **25**: 8, 289-336.
- Arnold, E. N. 1984. Evolutionary aspects of tail shedding in lizards and their relatives. *J.
Nat. History*, **18**: 127–169.
- Arnold, E.N., Burton, J. A., 1986. *Guida dei Rettili e degli Anfibi d'Europa/Reptiles and
Amphibians of Britain and Europe*, Franco Muzio editore: 137-138.
- Barlow, G. W., Rogers, W., Fraley, N. 1986. Do Midas cichlids win through prowess or
daring? It depends. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, **19**:1-8.
- Bedriaga, J. V., 1874. Entstehung der Farben bei en Eidechsen. Hermann Debis, Jena.
- Bellairs, A. D. A., Bryant, S.V. 1985. Autotomy and regeneration in reptiles. In *Biology of
the reptilia*: 301. Gans, C. e Billet, F. (Eds). New York: Alan R. Liss: 301–410.
- Bellati A. 2011: Genetic survey of polymorphic populations of *Podarcis muralis* (Sauria:
Lacertidae) using molecular markers. *Scientifica Acta*, **5**: 1 *Experimental Ecology and
Geobotany*: 46-54.
- Biaggini, M., Berti, R., Corti, C. 2009. Different habitats, different pressures? Analysis of
escape behaviour and ectoparasite load in *Podarcis sicula* (Lacertidae) populations in
different agricultural habitats. *Amphibia-Reptilia*, **30**: 453-461.
- Biaggini, M., Bombi P., Capula M., Corti, C. 2011. *Podarcis muralis* (Laurenti, 1768). In:
Corti C., Capula M., Luiselli L., Razzetti E., Sindaco R. (eds), *Fauna d'Italia*.

- Reptilia*, **55**: 391-401. Calderini, Bologna.
- Bombi, P. & Bologna, M.A., 2002. Use of fecal and stomach contents in assessing food niche relationships: a case study of two sympatric species of *Podarcis* lizards (Sauria: Lacertidae). *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, **57**: 113-122.
- Bruner, E., Costantini, D. 2007. [Head morphological variation in *Podarcis muralis* and *Podarcis sicula*: a landmark-based approach. *Amphibia-Reptilia*, **28**: 4, 566-573.](#)
- Bruner, E., Costantini, D. 2009 [Head morphology and degree of variation in *Lacerta bilineata*, *Podarcis muralis* and *Podarcis sicula*. *Journal of Morphology*, **27**: 667-676.](#)
- Buckley, L. B., Jetz, W. 2007. [Insularity and the determinants of lizard population density. *Ecology Letters*, **10**: 6, 481-489.](#)
- Calsbeek, B., Hasselquist, D., Clobert, J., 2010. [Multivariate phenotypes and the potential for alternative phenotypic optima in wall lizard \(*Podarcis muralis*\) ventral colour morphs. *Journal of Evolutionary Biology*, **23**: 6,1138-1147.](#)
- Capula, M., Ceccarelli, A. 2003. [Distribution of genetic variation and taxonomy of insular and mainland populations of the Italian wall lizard, *Podarcis sicula*. *Amphibia-Reptilia*, **24**: 483-495.](#)
- Carazo, P., Font, E., Desfilis, E. 2008. [Beyond 'nasty neighbours' and 'dear enemies'? Individual recognition by scent marks in a lizard \(*Podarcis hispanica*\). *Animal Behaviour*, **76**: 1953-1963.](#)
- Castilla, A. M., Bauwens, D. 2000. [Reproductive characteristics of the Lacertid lizard *Podarcis atrata*. *Copeia*, **3**: 748-756.](#)
- Corl, A., Davis, A. R., Kuchta, S. R., Sinervo, B. 2010. [Selective loss of polymorphic mating types is associated with rapid phenotypic evolution during morphic speciation. *PNAS*, **107**: 9, 4254-4259.](#)
- Corti, C. 2006. *Podarcis sicula*. In *Atlante degli Anfibi e dei Rettili d'Italia/Atlas of Italian Amphibians and Reptiles*. Sindaco, R., Doria, G., Razzetti, E., Bernini, F.

- (eds.), *Societas Herpetologica Italica*: 486–489. Firenze: Edizioni Polistampa.
- Corti, C., Capula, M., Luiselli, L., Sindaco, R., Razzetti, E. 2011. Reptilia, Fauna d'Italia 55. Calderini, Bologna, **XII**: 869
- Corti, C., Biaggini, M., Capula, M., 2011: *Podarcis siculus* (Rafinesque-Schmaltz, 1810). In Fauna d'Italia **47**. Reptilia: 407-417. Corti, C., Capula, M., Luiselli, L., Razzetti, E., Sindaco, R., Eds., Ministero dell'Ambiente e Tutela del Territorio, Direzione Protezione della Natura: Calderini Gruppo 24 Ore, Bologna.
- Dunham, A. E., Tinkle, D. W., Gibbons, W. J. 1978. Body size in island lizards: a cautionary tale. *Ecology*, **59**: 6, 1230-123.
- Eimer, T., 1874. Zoologische Studien auf Capri. II *Lacerta muralis coerulea*, ein Beitrag zur Darwinischen Lehre. Verlag Wilhelm Engelmann, Leipzig.
- Eisenraut, M., 1950. Die Eidechsen der spanischen Mittelmeerinseln und ihre Rassenhaufspaltung im Lichte der Evolution. *Mitt. Zool. Mus. Berlin*, **26**: 1-228.
- Foà, A., Bearzi, M., Baldaccini, N. E. 1990. *Thirteenth Meet. Ital. Soc. Anim. Behav.*, Comunication: 310.
- Frith, D. W. 1975. A preliminary study of insect abundance on West Island, Aldabra Atoll, Indian Ocean. *Transactions of the Royal Entomological Society of London*, **127**: 3, 209-225.
- Fulgione, D., Guglielmi, S., Odierna, G., Rippa, D., Caliendo, M.F., Rastogi, R.K. 2008. Morphological differentiation and genetic structure in island lizard populations. *Zoological Science*, **25**: 465–474.
- Fulgione, D., Lega, C., Trapanese, M., Buglione, M. 2015. Genetic factors implied in melanin-based coloration of the Italian wall lizard. *Journal of Zoology*, **296**: 4, 278-285.
- Galán, P. 2003. Reproductive Characteristics of an Insular Population of the Lizard *Podarcis hispanica* from Northwest Spain (Cíes Islands, Galicia). *Copeia*, **3**: 657-665.

- Galàn, P. 2008: Ontogenetic and sexual variation in the coloration of the lacertid lizards *Iberolacerta monticola* and *Podarcis bocagei*. Do the females prefer the greener males?. *Animal Biology*, **58**: 173–198.
- Galeotti, P., Rubolini, D., Dunn, P.O., Fasola, M. 2003. Colour of polymorphism in birds: causes and functions. *J. Evol. Biol.*, **16**: 635-64.
- Galeotti, P., Pellitteri-Rosa, D., Sacchi, R., Gentili, A., Pupin, F., Rubolini, D., Fasola, M. 2010. Sex-, morph- and size-specific susceptibility to stress measured by haematological variables in captive common wall lizard *Podarcis muralis*. *Comparative biochemistry and Physiology part A: Molecular e integrative physiology*, **157**: 4, 354-363.
- Galeotti, P., Sacchi, R., Pellitteri-Rosa, D., Bellati, A., Cocca, W., Gentili, A., Scali, S., Fasola, M. 2013. Colour Polymorphism and Alternative Breeding Strategies: Effects of Parent's Colour Morph on Fitness Traits in the Common Wall Lizard. *Evol. Biol.*, **40**: 385–394.
- Geodakyan V. A. 2000. Evolutionary chromosomes and evolutionary sex dimorphism. *Biology Bulletin* **27**: 99–113.
- Gorman, G. C., Soulé, M., Yang, S. Y., Nevo, E. 1975. Evolutionary genetics of insular adriatic lizards. *Evolution*, **29**: 52–71.
- Gratten, J., Beraldi, D., Lowder, B. V., McRae, A.F., Visscher, P. M., Pemberton, J. M., Slate, J. 2006. Compelling evidence that a single nucleotide substitution in TYRP1 is responsible for coat-colour polymorphism in a free-living population of Soay sheep. *The Journal of Royal Society*, **274**: 619-626.
- Guglielmi, S. 2006. Isolamento, microevoluzione e filogeografia in *Podarcis sicula* (Rafinesque-Schmaltz, 1810). *Dottorato di ricerca in biologia avanzata, indirizzo biologia evuzionistica XIX ciclo* (2003-2006).
- Hammerstein, P. 1981. The role of asymmetries in animal contests. *Anim. Behav.*, **29**: 193–205.

- Healey, M., Uller, T., Olsson, J. 2007. Seeing red: Morph-specific contest success and survival rates in a colour-polymorphic agamid lizard. *Anim. Behav.*, **74**: 337–341.
- Heinsohn, R., Legge, S., Endler, J. A. 2005: Evolution: Extreme reversed sexual dichromatism in a bird without sex role reversal. *Science*, **309**: 617-619.
- Henle, K., Klaver, C. J. J. 1986. *Podarcis sicula* (Rafinesque-Schmaltz, 1810) – Ruineidechse. In *Herausgegeben von Böhme W., Handbuch der Reptilien und Amphibien Europas*, **2/III** Echsen (Sauria) **III** (Lacertidae III: Podarcis): 254-342. Aula-Verlag Wiesbaden.
- Herrel, A., Huyghe, K., Vanhooydonck, B., Backeljau, T., Breugelmans, K., Grbac, I., Van Damme, R., Irschick, D. J. 2008. Rapid large-scale evolutionary divergence in morphology and performance associated with exploitation of a different dietary resource. *PNAS*, **105**: 4792-4795.
- Holberton, R. L., Hanano, R., Able, K. P. 1990. Age related dominance in dark-eyed juncos: Effects of plumage colour and prior residence. *Anim. Behav.*, **40**: 573–579.
- Hover, E. L. 1985. Differences in aggressive behavior between two throat color morphs in a lizard, *Urosaurus ornatus*. *Copeia*, **4**: 933–940.
- Huntingford, F., Turner, A. 1987. *Animal Conflict*. New York: *Chapman & Hall*.
- Hsu, Y., Earley, R. L, Wolf, L. L. 2006. Modulation of aggressive behaviour by fighting experience: Mechanisms and contest outcomes. *Biol. Rev.*, **81**: 33–74.
- Huyghe, K, Herrel, A, Husak, J. F, Van Damme, R. 2007b. Testosterone and performance in the different colour morphs of the Dalmatian wall lizard. *Comp. Biochem. Physiol. A. Molecular & Integrative Physiology*, **148**: S23.
- Huyghe, K, Husak, J. F, Herrel, A., Tadic, Z., Moore, I. T., Van Damme, R., Vanhooydonck, B. 2009. Relationships between hormones, physiological performance and immunocompetence in a color polymorphic lizard species, *Podarcis melisellensis*. *Horm. Behav.*, **55**: 488–494.

- Hurd, P. L. 2006. Resource holding potential, subjective resource value, and game theoretical models of aggressiveness signalling. *J. Theor. Biol.*, **241**: 639–648.
- Kaliontzopoulou, A., Miguel, A., Carretero, M. A. A., Llorente, G. A. 2007. Multivariate and Geometric Morphometrics in the Analysis of Sexual Dimorphism Variation in Podarcis Lizards. *Journal of Morphology*, **268**: 152–165.
- Kammerer, P., 1926. Der Artenwandel auf Insel und seine Ursachen, ermittelt durch Vergleich und Versuch an den Eidechsen der dalmatinischen Eilande. Franz Denticke, Wien-Leipzig.
- Kemp, D. J., Wiklund, C. 2004. Residency effects in animal contests. *Proc. R. Soc. Lond. B*, **271**: 1707–1711.
- Kramer, G., 1949. Über Inselmelanismus bei Eidechsen. *Z. ind. Abst. Vererb.*, **83**: 157-164.
- Kolbe J. J., Lavin B. R., Burke R. L., Rugiero, L., Capula, M., Luiselli, L. 2013. The desire for variety: Italian wall lizard (*Podarcis siculus*) populations introduced to the United States via the pet trade are derived from multiple native-range sources. *Biol. Invasions*, **15**: 4, 775-783.
- Lanza, B., 1979. Universo in miniatura attorno alla Corsica. *Geos*, **1**: 34-51.
- Licht, P., Hoyer, H. E., Van Oordt, P. G. W. J. 1969. Influence of photoperiod and temperature on testicular recrudescence and body growth in the lizard *Lacerta sicula* and *Lacerta muralis*. *Journal of Zoology London*, **157**: 469-501.
- Ljubisavljevic, K., Tome, S., Dzukic, G., Kalezic M. L., 2005. Morphological differentiation of an isolated population of the Italian wall lizard (*Podarcis sicula*) of the southeastern Adriatic coast. *Biologia*, **60**: 189-195.
- Lopez, P., Martín, J. Cuadrado, M. 2004. The role of lateral blue spots in intrasexual relationships between male Iberian rock-lizards, *Lacerta monticola*. *Ethology*, **110**: 543-561.

- [López, P., Moreira, P. L., Martín, J. 2009. Chemical Polymorphism and Chemosensory Recognition between *Iberolacerta monticola* Lizard Color Morphs. *Chem. Senses*, **34**: 723-731.](#)
- [Mangiacotti, M., Scali, S., Sacchi, R., Bassu, L., Nulchis, V., Corti, C. 2013. Assessing the spatial scale effect of anthropogenic factors on species distribution. *PlosOne*, **8**: 6, e67573.](#)
- [Martín, J. López, P. 2006c. Interpopulational differences in chemical composition and chemosensory recognition of femoral gland secretions of male lizards *Podarcis hispanica*: implications for sexual isolation in a species complex. *Chemoecology*, **16**: 31–38.](#)
- [Maynard-Smith, J. , Parker, G. A. 1976. The logic of asymmetrical contests. *Anim. Behav.*, **32**: 564–578.](#)
- [Maynard-Smith, J, Harper, D. G. C. 1988. The evolution of aggression: Can selection generate variability?. *Philos Trans R. Soc. Lond. B*, **319**: 557–570.](#)
- Mertens, R., 1963. Wie entstand das dunkle Farbkleid der Inseleidechsen? Umsch. in Wiss. Techn, **6**: 180-192.
- [Møller, A. P. 1987. Variation in badge size in male house sparrows *Passer domesticus*: evidence for status signalling. *Anim. Behav.*, **35**: 6, 1637-1644.](#)
- [Moorhouse, R.J. 1996. The extraordinary bill dimorphism of the Huia \(*Heteralocha acutirostris*\): sexual selection or intersexual competition?. *Notornis*, **43**: 19-34.](#)
- Moreira, P. L. 2002. Sexual selection and sperm competition in the Iberian rock lizard (*Lacerta monticola*) *University of Sheffield, PhD thesis*.
- [Moreira, P. L., Lopèz, P., Martín, J. 2006. Femoral secretions and copulatory plugs convey chemical information about male identity and dominance status in Iberian rock lizards \(*Lacerta monticola*\). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, **60**: 2, 166-174.](#)
- Moretz, J. A. 2003. Aggression and RHP in the northern swordtail fish, *Xiphosurus*

- cortezi*: The relationship between size and contest dynamics in male–male competition. *Ethology*, **109**: 995–1008.
- Nevo, E., Gorman, G. C., Soulé, M., Yang, S. Y., Clover, R., Jovanović, V. 1972. Competitive exclusion between insular *Lacerta* species (Sauria: Lacertidae). Notes on experimental introductions. *Oecologia*, **10**: 183–190.
- Pacala, S. e Roughgarden, J. 1982. Resource partitioning and intraspecific competition in two two-species insular *Anolis* lizard communities. *Science, New Sciences*, **217**: 4558, 444-446.
- Pafilis, P., Meiri, S., Foufopoulos, J., Valakos, E. 2009. Intraspecific competition and high food availability are associated with insular gigantism in a lizard. *Naturwissenschaften*, **96**: 9, 1107-1113.
- Parker, G. A. 1974. Assessment strategy and the evolution of fighting behaviour. *J. Theor. Biol.*, **47**: 223–243.
- Parker, H.W. & Bellairs, A., 1982: Gli anfibi e i rettili. *I libri della natura*, ed. Garzanti Milano.
- Pellitteri-Rosa, D., Martìn, J., Lòpez, P., Bellati, A., Sacchi, R., Fasola, M., Galeotti, P. 2014. Chemical polymorphism in male femoral gland secretions matches polymorphic coloration in common wall lizards (*Podarcis muralis*). *Chemoecology*, **24**: 67–78
- Pérez i de Lanuza, G., Font, E., Carazo, P. 2013. Color-assortative mating in a color-polymorphic lacertid lizard. *Behavioural Ecology*, **24**: 1, 273-279.
- Pérez-Cembranos, A., Pérez-Mellado, V., Coope, W. E. 2013. Predation Risk and Opportunity Cost of Fleeing While Foraging on Plants Influence Escape Decisions of an Insular Lizard. *Ethology*, **119**: 6, 522-530.
- Perez i da Lanuza, G., Carazo, P., Font, E. 2014. Colours of quality: structural (but not pigment) coloration informs about male quality in a polychromatic lizard. *Animal Behavior*, **90**: 73-81.

- Perez i da Lanuza, G., Carazo, P., Font E. 2015. Differences in conspicuousness between alternative color morphs in a polychromatic lizard. *Behavioral Ecology*, **26**: 1432–1446.
- Pérez-Mellado, V., Corti, C., Lo Cascio, P. 1997. Tail autotomy and extinction in Mediterranean lizards. A preliminary study of continental and insular populations. *J. Zool., Lond.*, **243**: 533-541.
- Podnar, M., Mayer, W. & Tvrkovic, N. 2005. Phylogeography of the Italian wall lizard, *Podarcis sicula*, as revealed by mitochondrial DNA sequences. *Molecular Ecology*, **14**: 575–588.
- Radovanović, M. 1956. Rassenbildung bei eidechsen auf adriatischen inseln. *Denkschrift der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse*, **110**: 1–82.
- Razzetti, E., Andreone, F., Corti, C. & Sindaco, R., 2006. Checklist of the Italian herpetofauna with taxonomic remarks/Checklist dell'erpetofauna italiana e considerazioni tassonomiche. In: Sindaco R., Doria G., Razzetti E., Bernini F. (Eds.), *Atlante degli Anfibi e dei Rettili d'Italia/Atlas of Italian Amphibians and Reptiles. Societas Herpetologica Italica*, Edizioni Polistampa, Firenze: 148-177.
- Rodríguez, A., Nogales, M., Rumeu, B., Rodríguez, B. 2008. Temporal and spatial variation in the diet of the endemic lizard *Gallotia galloti* in an insular mediterranean scrubland. *Journal of Herpetology*, **42**: 2, 213-222.
- Sacchi, R., Rubolini, D., Gentili, A., Pupin, F., Razzetti, E., Scali, S., Galeotti, P., Fasola, M. 2007. Morph-specific immunity in male *Podarcis muralis*. *Amphibia-Reptilia*, **28**: 3, 408-412.
- Sacchi, R, Scali, S, Pupin, F, Gentilli, A, Galeotti, P, Fasola, M. 2007. Microgeographic variation of colour morph frequency and biometry of common wall lizards. *J. Zool.*, **273**: 389–396.

- Sacchi, R., Pupin, F., Gentilli, A., Rubolini, D., Scali, S., Fasola, M., Galeotti, P. 2009. Male–male combats in a polymorphic lizard: Residency and size, but not color, affect fighting rules and contest outcome. *Aggressive Behaviour*, **35**: 274–283.
- [Sacchi, R., Pellitteri-Rosa, D., Bellatia, A., Di Paola, A., Ghittia, M., Scali, S., Galeotti, P., Fasola, M., 2013. Colour variation in the polymorphic common wall lizard \(*Podarcis muralis*\): An analysis using the RGB colour system. *Zoologischer Anzeiger-A Journal of Comparative Zoology*, **252**: 4, 431-439.](#)
- [Sannolo, M., Mangiacotti, M., Sacchi, R., Scali, S. 2014. Keeping a cool mind: head–body temperature differences in the common wall lizard. *Journal of Zoology*, **293**: 2, 71-79.](#)
- [Scali, S., R. Sacchi, R., Azzusi, M., Daviero, S., Oppedisano, T., Mangiacotti, M., 2013. Homeward bound: factors affecting homing ability in a polymorphic lizard. *Journal of Zoology*, **289**: 3, 196-203.](#)
- [Silva-Rocha, I., Salvi, D., Harris, D. J., Freitas, S., Davis, C., Foster, J., Deichsel, G., Adamopoulou, C., Carretero, M. A. 2014. Molecular assessment of *Podarcis sicula* populations in Britain, Greece and Turkey reinforces a multiple-origin invasion pattern in this species. *Hacta Herpetologica*, **9**: 2, 253-258.](#)
- [Sindaco, R., Doria, G., Razzetti, E. & Bernini, F., 2006. Atlante degli Anfibi e dei Rettili d'Italia/Atlas of Italian Amphibians and Reptiles. *Societas Herpetologica Italica*. Edizioni Polistampa, Firenze: 792.](#)
- [Sinervo, B., Lively, C. M. 1996. The rock-paper-scissors game and the evolution of alternative mating strategies. *Nature*, **380**: 240–243.](#)
- [Sinervo, B., Miles, D. B., Frankino, W.A., Klukowski, M., DeNardo, D. F. 2000. Testosterone, endurance, and Darwinian Fitness: Natural and sexual selection on the physiological bases of alternative male behaviors in side-blotched lizards. *Hormones and Behavior*, **38**: 4, 222–233.](#)

- Smith, J. M. 1978. *The Evolution of Sex*. Cambridge: Cambridge U. Pr.
- Stamps, J. A., Krishnan, V. V. 1994. Territory acquisition in lizards: I. First encounters. *Anim. Behav.*, **47**:1375–1385.
- Storer, T., Usinger, R., Stebbins, R., Nibakken, J., 1982. Zoologia. Zanichelli, Bologna.
- Stuart-Fox, D. M., Johnston, G. R. 2005. Experience overrides colour in lizard contests. *Behaviour*, **142**: 329–350.
- Tanaka, S. 2003. Effects of temperature and [His7]-corazonin on the body darkening in *Locusta migratoria*. *Physiological Entomology*, **28**: 290–297.
- Temeles, E. J. 1994. The role of neighbors in territorial system: When are they dear “enemies”? *Anim. Behav.*, **47**: 339–350.
- Thompson, C. W., Moore, M. C. 1991a. Throat colour reliably signals status in male tree lizards, *Urosaurus ornatus*. *Anim. Behav.*, **42**: 745–753.
- Thompson, C. W., Moore, M. C. 1991b. Synthopic occurrence of multiple dewlap color morphs in male Tree Lizards, *Urosaurus ornatus*. *Copeia*: 493–503.
- Tanaka, L. K., Tanaka, S. K. 1982. Rainfall and seasonal changes in arthropod abundance on a tropical oceanic island. *Biotropica*, **14**: 2, 114-123.
- Tosini, G., Lanza, B., Bacci, M., 1991. On the thermoregulatory significance of microinsular melanism in the lizard of the genus *Podarcis*. *Selected Symposia and Monographs U.Z.I.*, **4**: 613-629.
- Van Damme, R., 1999. Evolution of herbivory in lacertid lizards: Effects of insularity and body Size. *Journal of Herpetology*, **33**: 663-674.
- Vanni, S., Nistri, A., 2006. Atlante degli Anfibi e dei Rettili della Toscana. Edizioni Regione Toscana, Firenze: 269-272.
- Whiley, G. M., Michaelides, S., Heathcote, R. J. P., MacGregor, H. E. A., Zajac, N., Beninde, J., Carazo, P., Pérez i de Lanuza, G., Sacchi, R., Zuffi, M. A. L., Horvathova, T., Fresnillo, B., Schulte, U., Veith, M., Hochkirch, A., Uller, T., 2015. Sexual

- selection drives asymmetric introgression in Wall lizards. *Ecology Letters* DOI: 10.1111/ele.12531.
- Witte, G. R. 1965. Ergebnisse neuer biogeographischer Untersuchungen zur Verbreitung transadriatischer Faunen- und Floren-Elemente. *Bonner Zoologische Beiträge*, **16**: 165–248.
- Zuffi, M. A. L., Marino, S., Allegranti, L., Casu, V. 2009. Head size variation in the Ruin lizard, *Podarcis sicula*, might reveal functional and adaptive patterns to multiple biological and habitat characteristics. *15th European Congress of Herpetology* 28 September-2 October 2009 Kuşadası/Aydın/TURKEY, one page.
- Zuffi, M. A. L., Allegranti, L., Casu, V., Giannelli, C., Lanzoni, O., Marino, S., Messina, F., Nardi, F. D. 2011. Size and age related sexual dimorphism and functional asymmetries in the ruin lizard *Podarcis sicula* from Tyrrhenian coastal areas (NW Italy). *16th European Congress of Herpetology, Societas Europaea Herpetologica & DGHT Deutscher Herpetologentag*, Luxembourg and Trier, 25-29 September 2011. Abstract book: 73-74.
- Zuffi, M. A. L., Allegranti, L., Casu, V., Giannelli, C., Lanzoni, O., Marino, S., Messina, F., Nardi, F.D. 2012a. Size and age influence reproductive condition in the wall lizard, *Podarcis siculus*. *IX SHI congress – Bari 26 sett-1 ott 2012 - contributo breve – Comunicazione*: 61.
- Zuffi M. A. L., Casu, V., Marino, S. 2012b. The Italian wall lizard, *Podarcis siculus*, along the Tuscanian coast of central Italy: biometrical features, and phenotypic patterns. *The Herpetological Journal*, **22**: 207-212.
- Zuffi M. A. L., Giannelli C. 2013. Trophic niche and feeding biology of the Italian wall lizard, *Podarcis siculus campestris* (De Betta, 1857) along western Mediterranean coast. *Acta Herpetologica* **8**: 1, 35-39.

Appendice 1

Table 1 Lipophilic compounds found in femoral secretions of male wall lizard, *Podarcis muralis*, of two different age/size classes

Age/size classes	RT	All lizards (n = 64)	Small/young (n = 33)	Large/old (n = 31)
Steroids				
Un.Ster. (141,156,209,251,349,364)	47.3	1.18 ± 0.06	1.13 ± 0.08	1.23 ± 0.09
Cholesta-4,6-dien-3-ol	47.5	0.69 ± 0.06	0.61 ± 0.05	0.78 ± 0.11
Cholesta-3,5-diene	47.6	0.39 ± 0.02	0.46 ± 0.03	0.32 ± 0.02
Un.Ster.(155,197,251,349,364)	47.9	2.02 ± 0.10	1.87 ± 0.11	2.18 ± 0.17
Un.Ster.(195,209,349,364)	48.2	1.51 ± 0.14	1.47 ± 0.24	1.55 ± 0.13
Un.Ster.(251,349,364,386)	48.3	0.26 ± 0.02	0.26 ± 0.04	0.25 ± 0.02
Un.Ster.(141,183,195,350,366)	48.4	0.90 ± 0.05	0.81 ± 0.04	1.01 ± 0.09
Un.Ster.(141,156,209,376)	48.6	0.07 ± 0.02	0.10 ± 0.04	0.04 ± 0.02
Un.Ster.(141,156,209,363,378)	48.7	0.49 ± 0.04	0.52 ± 0.07	0.46 ± 0.03
Un.Ster.(141,156,355,364,380)	48.9	0.57 ± 0.06	0.53 ± 0.07	0.61 ± 0.10
Un.Ster.(105,155,197,251,361,376)	49.2	0.06 ± 0.02	0.05 ± 0.03	0.07 ± 0.03
Un.Ster.(105,155,197,251,363,378)	49.3	1.22 ± 0.06	1.34 ± 0.09	1.09 ± 0.06
Un.Ster.(195,209,361,376)	49.5	0.09 ± 0.01	0.10 ± 0.02	0.08 ± 0.02
Un.Ster.(195,209,363,378)	49.6	1.00 ± 0.11	1.07 ± 0.18	0.92 ± 0.12
Un.Ster.(141,156,195,362,378,392)	49.7	0.24 ± 0.02	0.23 ± 0.03	0.26 ± 0.02
Un.Ster.(143,158,195,364,380)	49.8	0.50 ± 0.03	0.56 ± 0.05	0.44 ± 0.03
Un.Ster.(105,155,197,251,377,392)	50.4	0.27 ± 0.04	0.32 ± 0.05	0.21 ± 0.05
Cholesterol	50.7	18.54 ± 0.61	20.14 ± 0.82	16.83 ± 0.80
Cholesta-5,7-dien-3-ol	51.2	2.05 ± 0.21	2.10 ± 0.32	2.00 ± 0.26
Campesterol	51.9	0.36 ± 0.07	0.52 ± 0.11	0.18 ± 0.07
Cholest-4-en-3-one	52.1	1.39 ± 0.09	1.53 ± 0.14	1.24 ± 0.10
Cholesta-4,6-dien-3-one	52.7	2.62 ± 0.28	2.09 ± 0.37	3.17 ± 0.41
Un.Ster.(199,211,226,253,380)	52.8	0.25 ± 0.08	0.13 ± 0.06	0.38 ± 0.14
Un.Ster.(214,267,365,380)	53.3	4.96 ± 0.25	4.83 ± 0.32	5.09 ± 0.39
4,4-Dimethyl-Cholest-8(14)-en-3-ol	53.4	0.44 ± 0.11	0.40 ± 0.10	0.48 ± 0.20
Un.Ster.(145,267,310,349,353,379)	53.9	0.15 ± 0.03	0.13 ± 0.04	0.16 ± 0.04
Un.Ster.(131,269,352,381,396)	54.0	0.54 ± 0.07	0.47 ± 0.11	0.62 ± 0.10
Ergosta-4,6,8(14),22-tetraen-3-one	54.6	0.29 ± 0.07	0.20 ± 0.06	0.38 ± 0.12
Ergosta-tetraen-3-one, derivative?	54.7	2.09 ± 0.10	2.25 ± 0.15	1.93 ± 0.14
Un.Ster.(155,214,267,393,408)	55.9	0.70 ± 0.08	0.73 ± 0.11	0.68 ± 0.12
Terpenoids				
Squalene	46.2	12.19 ± 0.96	9.80 ± 0.88	14.73 ± 1.64
Tetramethyl-hexadeca-pentaene?	46.5	0.30 ± 0.02	0.34 ± 0.04	0.27 ± 0.03
Unidentified oxirane?	47.7	0.79 ± 0.10	0.76 ± 0.12	0.83 ± 0.16
Tetramethyl-hexadeca-tetraenol?	49.9	2.64 ± 0.37	3.57 ± 0.64	1.65 ± 0.24
Unidentified terpenoid	51.7	0.51 ± 0.05	0.59 ± 0.06	0.43 ± 0.06
Fatty acids				
Tetradecanoic acid	29.6	0.56 ± 0.05	0.64 ± 0.09	0.46 ± 0.06
Hexadecenoic acid	32.8	0.36 ± 0.04	0.36 ± 0.04	0.36 ± 0.06
Hexadecanoic acid	33.3	6.55 ± 0.51	7.16 ± 0.68	5.91 ± 0.78
9,12-Octadecadienoic acid	36.3	0.24 ± 0.04	0.20 ± 0.03	0.28 ± 0.09
Octadecenoic acid	36.4	3.47 ± 0.33	3.69 ± 0.44	3.24 ± 0.50
Octadecanoic acid	36.8	2.29 ± 0.31	2.11 ± 0.37	2.49 ± 0.51
Waxy esters				
Tetradecyl octadecenoate	54.9	0.39 ± 0.06	0.42 ± 0.07	0.35 ± 0.09
Octadecyl hexadecanoate	55.2	0.71 ± 0.08	0.72 ± 0.09	0.70 ± 0.14
Hexadecyl octadecenoate	58.1	3.82 ± 0.39	3.63 ± 0.49	4.03 ± 0.61

Chemical polymorphism in the common wall lizard male morphs

71

Table 1 continued

Age/size classes	RT	All lizards (n = 64)	Small/young (n = 33)	Large/old (n = 31)
Eicosyl hexadecanoate	58.4	1.06 ± 0.12	1.07 ± 0.15	1.05 ± 0.18
Octadecyl octadecenoate	60.1	1.03 ± 0.10	1.07 ± 0.12	0.97 ± 0.18
Unidentified hexadecanoate	60.5	0.21 ± 0.02	0.19 ± 0.03	0.23 ± 0.04
Unidentified octadecenoate	62.4	2.10 ± 0.63	1.92 ± 0.93	2.29 ± 0.87
Eicosyl octadecenoate	62.5	1.58 ± 0.16	1.56 ± 0.21	1.61 ± 0.23
Tocopherols				
γ-Tocopherol	49.1	1.70 ± 0.23	1.30 ± 0.18	2.13 ± 0.43
α-Tocopherol	50.5	4.67 ± 0.70	3.19 ± 0.48	6.24 ± 1.31
Ketones				
2-Pentadecanone	27.5	0.07 ± 0.01	0.09 ± 0.01	0.06 ± 0.01
2-Heptadecanone	31.6	2.42 ± 0.24	2.92 ± 0.33	1.90 ± 0.32
2-Nonadecanone	35.4	0.35 ± 0.03	0.41 ± 0.04	0.28 ± 0.03
Aldehydes				
Heptanal	6.8	0.14 ± 0.01	0.14 ± 0.02	0.13 ± 0.02
Tetradecanal	27.9	0.14 ± 0.01	0.14 ± 0.02	0.08 ± 0.01
Hexadecanal	30.0	1.66 ± 0.21	2.17 ± 0.36	1.11 ± 0.16
Hexadecenal	31.2	0.14 ± 0.01	0.18 ± 0.02	0.11 ± 0.02
Octadecanal	33.9	0.10 ± 0.01	0.13 ± 0.02	0.06 ± 0.01
Alcohols				
Dodecanol	14.9	0.29 ± 0.05	0.39 ± 0.09	0.19 ± 0.04
Tetradecanol	20.2	0.47 ± 0.09	0.65 ± 0.15	0.28 ± 0.06
Hexadecanol	27.2	1.06 ± 0.12	1.37 ± 0.21	0.74 ± 0.10
Eicosanol	31.3	0.14 ± 0.02	0.13 ± 0.03	0.15 ± 0.03
Furanones				
5-Dodecyldihydro-2(3H)-Furanone	35.6	0.05 ± 0.00	0.05 ± 0.01	0.04 ± 0.01

The relative amount of each component, determined as percentage of the total ion current (TIC), is reported as average ± 1 SE. Characteristic ions (m/z) are reported for unidentified steroids (Un.Ster.)

RT retention time

Appendice 2

Table 2 Lipophilic compounds found in femoral secretions of male wall lizards, *Podarcis muralis*, of three different colour morphs

Colour morph	RT	White (n = 21)	Yellow (n = 21)	Red (n = 23)
Steroids				
Un.Ster.(141,156,209,251,349,364)	47.3	1.21 ± 0.07	1.31 ± 0.13	1.03 ± 0.09
Cholesta-4,6-dien-3-ol	47.5	0.62 ± 0.04	0.76 ± 0.13	0.70 ± 0.11
Cholesta-3,5-diene	47.6	0.48 ± 0.03	0.38 ± 0.04	0.33 ± 0.03
Un.Ster.(155,197,251,349,364)	47.9	1.97 ± 0.10	2.10 ± 0.17	1.99 ± 0.22
Un.Ster.(195,209,349,364)	48.2	1.20 ± 0.09	1.80 ± 0.32	1.51 ± 0.22
Un.Ster.(251,349,364,386)	48.3	0.21 ± 0.02	0.28 ± 0.05	0.28 ± 0.05
Un.Ster.(141,183,195,350,366)	48.4	0.87 ± 0.04	0.91 ± 0.11	0.93 ± 0.10
Un.Ster.(141,156,209,376)	48.6	0.03 ± 0.01	0.11 ± 0.06	0.06 ± 0.02
Un.Ster.(141,156,209,363,378)	48.7	0.49 ± 0.03	0.61 ± 0.09	0.39 ± 0.06
Un.Ster.(141,156,355,364,380)	48.9	0.54 ± 0.08	0.42 ± 0.07	0.73 ± 0.14
Un.Ster.(105,155,197,251,361,376)	49.2	0.09 ± 0.05	0.05 ± 0.04	0.04 ± 0.02
Un.Ster.(105,155,197,251,363,378)	49.3	1.23 ± 0.06	1.27 ± 0.12	1.16 ± 0.11
Un.Ster.(195,209,361,376)	49.5	0.08 ± 0.02	0.14 ± 0.03	0.06 ± 0.02
Un.Ster.(195,209,363,378)	49.6	0.69 ± 0.04	1.18 ± 0.23	1.09 ± 0.20
Un.Ster.(141,156,195,362,378,392)	49.7	0.23 ± 0.02	0.27 ± 0.05	0.22 ± 0.02
Un.Ster.(143,158,195,364,380)	49.8	0.51 ± 0.02	0.55 ± 0.07	0.46 ± 0.05
Un.Ster.(105,155,197,251,377,392)	50.4	0.14 ± 0.05	0.42 ± 0.07	0.25 ± 0.06
Cholesterol	50.7	21.73 ± 1.02	16.29 ± 0.70	17.82 ± 1.05
Cholesta-5,7-dien-3-ol	51.2	2.61 ± 0.48	1.73 ± 0.27	1.87 ± 0.30
Campesterol	51.9	0.38 ± 0.11	0.52 ± 0.14	0.18 ± 0.09
Cholest-4-en-3-one	52.1	1.63 ± 0.15	1.37 ± 0.15	1.19 ± 0.14
Cholesta-4,6-dien-3-one	52.7	1.84 ± 0.35	2.97 ± 0.53	2.96 ± 0.51
Un.Ster.(199,211,226,253,380)	52.8	0.18 ± 0.05	0.44 ± 0.20	0.15 ± 0.09
Un.Ster.(214,267,365,380)	53.3	5.41 ± 0.43	4.84 ± 0.51	4.67 ± 0.37
4,4-Dimethyl-Cholest-8(14)-en-3-ol	53.4	0.66 ± 0.31	0.53 ± 0.14	0.17 ± 0.06
Un.Ster.(145,267,310,349,353,379)	53.9	0.23 ± 0.07	0.13 ± 0.05	0.08 ± 0.03
Un.Ster.(131,269,352,381,396)	54.0	0.31 ± 0.08	0.49 ± 0.09	0.79 ± 0.16
Ergosta-4,6,8(14),22-tetraen-3-one	54.6	0.40 ± 0.11	0.18 ± 0.10	0.30 ± 0.13
Ergosta-tetraen-3-one, derivative?	54.7	2.33 ± 0.13	2.12 ± 0.18	1.87 ± 0.20
Un.Ster.(155,214,267,393,408)	55.9	1.03 ± 0.15	0.69 ± 0.15	0.43 ± 0.09
Terpenoids				
Squalene	46.2	11.11 ± 1.62	12.53 ± 1.95	12.81 ± 1.45
Tetramethyl-hexadeca-pentaene?	46.5	0.32 ± 0.03	0.34 ± 0.06	0.26 ± 0.03
Unidentified oxirane?	47.7	0.60 ± 0.14	0.93 ± 0.21	0.82 ± 0.15
Tetramethyl-hexadeca-tetraenol?	49.9	3.04 ± 0.51	2.37 ± 0.68	2.55 ± 0.69
Unidentified terpenoid	51.7	0.49 ± 0.06	0.56 ± 0.10	0.49 ± 0.07
Fatty acids				
Tetradecanoic acid	29.6	0.53 ± 0.09	0.62 ± 0.10	0.52 ± 0.10
Hexadecanoic acid	32.8	0.36 ± 0.05	0.42 ± 0.07	0.30 ± 0.06
Hexadecanoic acid	33.3	6.31 ± 0.68	7.01 ± 0.82	6.34 ± 1.09
9,12-Octadecadienoic acid	36.3	0.27 ± 0.10	0.21 ± 0.03	0.24 ± 0.09
Octadecanoic acid	36.4	3.28 ± 0.44	4.17 ± 0.49	3.00 ± 0.71
Octadecanoic acid	36.8	1.71 ± 0.47	3.27 ± 0.55	1.91 ± 0.54
Waxy esters				
Tetradecyl octadecenoate	54.9	0.47 ± 0.13	0.29 ± 0.06	0.40 ± 0.10
Octadecyl hexadecanoate	55.2	0.59 ± 0.10	0.98 ± 0.20	0.56 ± 0.10
Hexadecyl octadecenoate	58.1	3.94 ± 0.59	4.65 ± 0.88	2.96 ± 0.47

Chemical polymorphism in the common wall lizard male morphs

73

Table 2 continued

Colour morph	RT	White (n = 21)	Yellow (n = 21)	Red (n = 23)
Eicosyl hexadecanoate	58.4	1.21 ± 0.20	1.21 ± 0.27	0.80 ± 0.12
Octadecyl octadecenoate	60.1	1.26 ± 0.14	1.19 ± 0.22	0.67 ± 0.14
Unidentified hexadecanoate	60.5	0.25 ± 0.04	0.18 ± 0.05	0.21 ± 0.05
Unidentified octadecenoate	62.4	0.63 ± 0.14	1.13 ± 0.30	4.26 ± 1.66
Eicosyl octadecenoate	62.5	1.63 ± 0.22	1.36 ± 0.27	1.74 ± 0.31
Tocopherols				
γ-Tocopherol	49.1	1.55 ± 0.27	1.17 ± 0.29	2.31 ± 0.53
α-Tocopherol	50.5	4.27 ± 0.77	2.37 ± 0.49	7.11 ± 1.66
Ketones				
2-Pentadecanone	27.5	0.07 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.07 ± 0.01
2-Heptadecanone	31.6	2.35 ± 0.27	3.06 ± 0.57	1.91 ± 0.33
2-Nonadecanone	35.4	0.40 ± 0.03	0.36 ± 0.06	0.29 ± 0.05
Aldehydes				
Heptanal	6.8	0.15 ± 0.02	0.08 ± 0.01	0.18 ± 0.03
Tetradecanal	27.9	0.11 ± 0.01	0.09 ± 0.02	0.13 ± 0.03
Hexadecanal	30.0	1.82 ± 0.24	2.05 ± 0.53	1.16 ± 0.25
Hexadecanal	31.2	0.17 ± 0.02	0.17 ± 0.03	0.10 ± 0.02
Octadecanal	33.9	0.10 ± 0.02	0.10 ± 0.03	0.09 ± 0.02
Alcohols				
Dodecanol	14.9	0.15 ± 0.03	0.27 ± 0.09	0.43 ± 0.11
Tetradecanol	20.2	0.28 ± 0.05	0.45 ± 0.15	0.65 ± 0.19
Hexadecanol	27.2	1.12 ± 0.17	1.24 ± 0.29	0.85 ± 0.17
Eicosanol	31.3	0.10 ± 0.03	0.18 ± 0.05	0.13 ± 0.04
Furanones				
5-Dodecylidihydro-2(3H)-Furanone	35.6	0.06 ± 0.01	0.05 ± 0.01	0.03 ± 0.01

The relative amount of each component, determined as percentage of the total ion current (TIC), is reported as average ± 1 SE. Characteristic ions (*m/z*) are reported for unidentified steroids (Un.Ster.)

RT retention time

Appendice 3: Scheda rilevamento P. siculus

Date	
Sun	
Wind	
Solar hour	
Temperature °C	
Capture site	
Site position	

Blood sample	Tissue sample

age	
-----	--

specimen no.						
Colour marking	YES	NO				
Sex	Male	Female	Submale	Subfemale	Juvenile	Newborn
Bmass (g)						
SVL (mm)						
Tail (mm)						
Total length (mm)						

reproduction	RF	NRF
eggs		

Tail status	entire		damaged		regenerated	
Breaking position (scale no.)						
Regenerated tail length mm						

Parasites	present		absent		
Parasite position	head	trunk	forelimbs	hindlimbs	tail

Bites	present		absent		
Bite position	head	trunk	forelimbs	hindlimbs	tail
Bite power					

Head length (mm)	
Head width (mm)	
Head height (mm)	
Eye diameter (mm)	
Nostril-eye (mm)	
Inter-nasal (mm)	
Inter-orbital (mm)	
Maxilla (mm)	

Food

Femural pores
R:
L:

Feaces

Ringraziamenti

Ringrazio l'Ente che mi ha ospitato, Parco San Rossore, Migliarino, Massaciuccoli (PI-LU), che ha permesso la raccolta dei dati, la stabulazione degli individui e la messa in atto dei combattimenti. Ringrazio il laboratorio di Chimica Biologica del dipartimento di Biologia e Biotecnologie "L. Spallanzani" dell'Università di Pavia e contestualmente ringrazio il Dott. Marco Mangiacotti e il Prof. Roberto Sacchi, che hanno provveduto alle analisi dei campioni raccolti. Ringrazio il Prof. Stefano Turillazzi, in veste di relatore, il Prof. Giacomo Santini per la collaborazione, la disponibilità e la professionalità didattica dimostrata per la realizzazione delle analisi statistiche. Un grazie infinito al Dott. Marco A. L. Zuffi, in veste di correlatore, per la disponibilità, la pazienza, la professionalità e il valore didattico che mi ha mostrato e insegnato in questo percorso. Un grazie infinito ai miei genitori che hanno permesso la realizzazione di questo sogno. Ringrazio i miei nonni per avermi regalato loro stessi, per avermi insegnato tanto, anche a catturare lucertole. Ringrazio mio zio Filiberto per avermi trasmesso la passione per la fotografia, e tanti difetti di cui vado fiera. Un grazie infinito a Leonardo per amarmi, sopportarmi, sopportarmi e aiutarmi, in ogni momento. Un grazie infinito a Francesca, che ha condiviso con me i viaggi, le notti, i giorni, le gioie e i dolori di questo percorso, per essere stata al mio fianco come amica e collega, per aver gioito con me delle vittorie e sorretto nelle sconfitte. Ringrazio Serena per avermi accompagnato in questa avventura e aver condiviso con me momenti speciali. Ringrazio Federico per avermi accompagnato in questo percorso e aver condiviso momenti belli e brutti. Ringrazio Sofia, Anna, Noemi per la loro vera amicizia. Ringrazio Saverio per il suo contributo professionale. Infine ringrazio il Sig. Gary Nafis per le informazioni condivise.

*"Per insultare qualcuno gli diciamo "bestia".
Per la crudeltà deliberata e il suo comportamento,
"umano" dovrebbe essere il più grande insulto."
Isaac Asimov.*