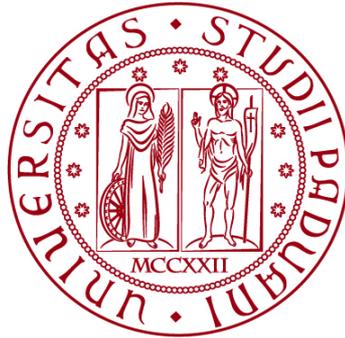


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA

Corso di Laurea in Scienze Naturali



ELABORATO DI LAUREA

**RUOLO DEI VISITATORI NETTARIVORI
NELL'IMPOLLINAZIONE DI *KOSTELETZKYA
PENTACARPOS* (L.) LEDEB**

**Tutor: Dott.ssa Mariacristina Villani
Dipartimento di Biologia**

Laureanda: Sveva Veronesi

ANNO ACCADEMICO 2022/2023

ABSTRACT

La presente tesi si basa sull'attività di campionamento degli insetti visitatori della pianta *Kosteletzkya pentacarpos* (L.) Ledeb svolta come tirocinio durante il periodo estivo dell'anno 2022 presso la località di Punta Sabbioni (VE), seguita dall'identificazione dei campioni raccolti in laboratorio; entrambe le operazioni sono state svolte in équipe. Il lavoro di analisi della composizione della comunità di artropodi visitatori è considerato imprescindibile per garantire l'efficacia degli sforzi di conservazione e previsto dal protocollo del progetto europeo LIFE SEEDFORCE (LIFE20 NAT/IT/001468 PROJECT: TECHNICAL APPLICATION FORMS Part B – technical summary and overall context of the project, 2020). In questa tesi in particolare è stato indagato il ruolo dei visitatori a trofismo nettario ed il loro contributo al fenomeno dell'impollinazione entomogama della pianta *K. pentacarpos* durante la sua antesi.

INDICE GENERALE

1. Introduzione	5
2. Progetto LIFE SEEDFORCE	8
2.1 Panorama italiano e selezione di <i>Kosteletzkya pentacarpos</i>	9
2.2 Obiettivi del progetto e piano d'azione a Punta Sabbioni	10
3. <i>Kosteletzkya pentacarpos</i> nel proprio ecosistema: biotipi litoranei ..	13
3.1 Distribuzione della specie.....	16
3.2 Stato di conservazione e siti in Italia	16
3.2.1 Interesse conservazionistico per la penisola del Cavallino Tre- Porti	16
3.3 Interazione di <i>Kosteletzkya pentacarpos</i> con la propria entomofauna: poche conoscenze pregresse.....	18
3.4 Impollinatori nettariivori	18
4. Materiali e metodi di campionamento e riconoscimento	21
4.1 Metodo di campionamento	21
4.2 Identificazione in laboratorio	21
5. Risultati	24
5.1 Caratterizzazione tassonomica della comunità di artropodi visitatori	25
5.1.1 Ordine: Hymenoptera	28
5.1.1.1 Superfamiglia: Apoidea	32
5.1.1.2 Superfamiglia: Vespoidea.....	39
5.1.2 Ordine: Coleoptera.....	43
5.1.3 Ordine: Rhynchota.....	46
5.1.4 Ordine: Araneae	48
5.1.5 Ordine: Diptera.....	51
5.1.5.1 Famiglia: Shyrphidae	53
6. Conclusioni	54
7. Bibliografia	55
8. Ringraziamenti	61

1. INTRODUZIONE

Se tra il tardo Siluriano ed il medio Devoniano (ca. 420-385Ma) fosse stato possibile assistere alle primigenie interazioni tra le piante ancestrali ed i primi insetti, un osservatore non avrebbe presenziato che a sporadici casi di erbivoria (Labandeira, 2013), interazioni asimmetriche di sfruttamento interamente volte a detrimento della fitness dell'organismo vegetale e certamente ben lontane dai raffinati rapporti mutualistici vigenti su più livelli negli ecosistemi moderni. Spostandosi allora lungo la scala geologica verso epoche più recenti, l'ipotetico studioso avrebbe potuto cogliere il principio di una progressiva specializzazione delle abitudini trofiche entomologiche, ovvero una serie di adattamenti funzionali all'ormai inestricabile convivenza tra artropodi e piante vascolari in ambiente subaereo; evidenze paleobiologiche testimoniano infatti la presenza di granuli pollinici attribuibili alle gimnosperme conservati all'interno del tratto digerente di coleotteri risalenti al tardo Permiano (ca. 300Ma) (Crane et al., 1995; Labandeira, 2013). I meccanismi coevolutivi successivi hanno finemente operato su numerosi taxa di insetti portandoli a prediligere proprio le piante come risorsa trofica e bersaglio del parassitismo, nonché sito di ovoposizione e fonte di nutrimento per gli stadi giovanili di larve; l'occupazione di queste promettenti nicchie ecologiche attribuibili alla presenza degli organismi vegetali è ben documentata dai record fossili cronologicamente appartenenti al Mesozoico medio (ca. 125-90Ma) nei quali sono conservati gli apparati succhiatori altamente specializzati di artropodi ormai esclusivamente fitofagi (Labandeira, 2013).

Le tracheofite, d'altra parte, non hanno subito passivamente gli effetti negativi ascrivibili a queste interazioni, ma hanno risposto evolutivamente attraverso profonde modificazioni morfologiche e fenologiche: la correlazione è inequivocabile, tanto che l'impollinazione dell'88% delle piante a fiore è mediata da animali, di cui la maggior parte sono appunto insetti (Ollerton et al, 2011). Una volta appurato che in gran parte dei casi il fenotipo del fiore risulta strettamente legato alle caratteristiche degli insetti visitatori, è lecito ipotizzare che la coevoluzione con l'entomofauna visitatrice abbia coperto un ruolo di spicco nella caratterizzazione dell'immensa varietà filogenetica annoverabile tra le angiosperme, collocandosi probabilmente tra le matrici preminenti della radiazione esplosiva ed apparentemente inspiegabile avvenuta a partire dal tardo Giurassico (ca. 247-136Ma), la quale tanto sgomentò il naturalista Charles Darwin che egli stesso giunse a definirla "an abominable mystery" (Silvestro et al., 2021).

La disposizione e la conformazione degli elementi florali estremamente variabile, i pattern esibiti dalle superfici dei petali colpiti dalla luce visibile o con

fluorescenza UV, i tricomi e la cuticola, i secreti nettari, i VOCs del fiore entomogamo, quindi, rappresentano nella maggior parte dei gruppi tassonomici di piante vascolari il risultato vincente in termini di adattamento, notevolmente influenzato dalla relazione mutualistica coi propri impollinatori biotici, tanto che non è raro osservare infiorescenze assumere l'aspetto di un singolo fiore; il fenomeno è noto come pseudoantia e la sua comparsa è stata rilevata nei dieci gruppi principali di Apioideae almeno trentasei volte (Baczynski et al., 2021), ma essa è largamente documentata anche nelle famiglie delle Asteraceae e delle Caprifoliaceae.

Oltre quattrocento milioni di anni di coevoluzione, pertanto, hanno permesso a queste forme di vita straordinariamente diverse di affinare il rapporto mutualistico che consente alle moderne tracheofite entomogame di sfruttare efficacemente le visite degli insetti impollinatori odierni per il trasporto selettivo dei propri gameti limitando l'eventualità dell'autoimpollinazione, mentre in gran parte dei casi questi ultimi organismi sono in grado di soddisfare interamente il proprio fabbisogno energetico grazie al prelievo delle sostanze zuccherine secrete dalle piante o dei tessuti vegetali stessi. Tipicamente il mutualismo instauratosi tra una pianta ed un impollinatore nettario, come avviene anche nel caso di *Kosteletzkya pentacarpos* (L.) Ledeb, non garantisce necessariamente però che le due parti coinvolte ricavano il medesimo vantaggio dall'interazione, ma si erge su proporzioni sbilanciate fino a sfociare, in alcuni casi, nel commensalismo; tale rapporto mutualistico pertanto può essere definito più o meno asimmetrico ed il suo equilibrio dipende largamente dalla quantità e dalla qualità di nettare prodotto, il quale funge da moderatore tra il fabbisogno trofico dell'insetto nettario ed il dispendio energetico della pianta destinato alla riproduzione.

In generale, quindi, le interazioni tra piante ed insetti sono considerate un elemento chiave dell'ecosistema in quanto indicatori della stabilità e degli equilibri dinamici operanti in ambiente; l'analisi delle interdipendenze, anche se limitata ad una breve parte del ciclo vitale degli organismi oggetti di studio, può rivelarsi un fattore determinante nell'individuazione delle cause biotiche che compromettono il successo riproduttivo di una specie o costituiscono il fattore di stress da contrastare in ottica di un progetto di reinserimento o propagazione.

A partire dall'anno 2021, proprio sulla base delle precedenti considerazioni, il progetto quinquennale LIFE SEEDFORCE, per il raggiungimento degli obiettivi di tutela della natura e della biodiversità preposti, dedica interamente la sezione A.4 all'analisi delle dipendenze trofiche che coinvolgono le specie vegetali oggetto dei programmi conservazionistici. Il vademecum del progetto, quest'ultimo

implementato dagli Stati membri Francia, Italia, Malta e Slovenia, suddivide ulteriormente l’Azione A.4 in due fasi operative, delle quali la prima si attua direttamente in campo con attività di campionamento degli artropodi visitatori unitamente al censimento della componente vegetale e la seconda, a seguire, è prevista svolgersi in laboratorio.

Personalmente la partecipazione attiva in occasione del tirocinio universitario al progetto LIFE SEEDFORCE nell’anno 2022 si è rivelata una coinvolgente opportunità di crescita formativa che mi ha consentito di approcciare allo sviluppo di un’azione di ricerca scientifica con una continuità che non permettono di conseguire, naturalmente, le attività di laboratorio a sé stanti effettuate durante il corso di studio (seppur queste si siano dimostrate estremamente utili a livello didattico e all’acquisizione di tecniche e dimestichezza anche con gli strumenti che avrei adoperato durante le ore di tirocinio).

La pianta sulla quale è stata calibrata l’attività di ricerca cui ho preso parte è *Kosteletzkya pentacarpos* (L.) Ledeb e, nello specifico, durante il tirocinio ho collaborato all’effettuazione della sopracitata sezione A.4 riguardante le interazioni della malvacea con i propri impollinatori, occupandomi in particolare dei dati relativi agli insetti nettariivori. Ho suddiviso, di conseguenza, le ore di tirocinio tra la fase di campionatura effettuata in ambiente litoraneo e la fase di analisi ed identificazione dei campioni trasportati in laboratorio successivamente alla cattura. La prima fase mi ha permesso di operare o assistere in prima persona all’applicazione del protocollo di campionamento degli artropodi, alla selezione dei plot con *Kosteletzkya pentacarpos*, al censimento e all’osservazione diretta della specie inserita nel proprio habitat correlandovi la sua fenologia; in laboratorio invece è stato estremamente interessante lavorare di persona con una strumentazione adeguata che permettesse l’acquisizione di immagini ad alta risoluzione degli artropodi impollinatori, l’organizzazione del lavoro di gruppo e l’applicazione delle nozioni di zoologia e botanica con l’ausilio delle chiavi dicotomiche, nonché la rielaborazione dei dati ottenuti (durante questo primo anno sono stati identificati 272 esemplari).

Complessivamente il proseguimento dell’azione di ricerca dal campo al laboratorio, quindi l’opportunità di lavorare su campioni raccolti personalmente, rappresenta, secondo la mia opinione, l’essenziale garante della continuità dello studio, la quale è imprescindibile per ottenere risultati coerenti e comprensivi del maggior numero possibile di fattori e variabili, adeguatamente pesati, insiti nella complessità dell’ecosistema naturale.

2. PROGETTO LIFE SEEDFORCE

“Per la prima volta un progetto LIFE che fa sistema a livello nazionale ed internazionale interviene per salvare le piante a maggior rischio d’estinzione”; con queste parole il Conservatore di Botanica del MUSE Costantino Bonomi illustra lo spirito dell’iniziativa LIFE SEEDFORCE ed il suo rapporto in qualità di progetto con lo storico programma LIFE; quest’ultimo, attivo dal 1992 per opera della Commissione Europea, figura come principale promotore delle azioni europee finalizzate alla gestione della crisi climatica e rappresenta la voce più autorevole in materia di politiche ambientali sostenibili a tutela della natura e della biodiversità, contribuendo in maniera rappresentativa e costante al loro sviluppo, aggiornamento ed attuazione, specialmente mediante finanziamenti ed indagini preventive di fattibilità tecnica. Il programma LIFE, di fatto, risulta cofinanziatore di oltre 5.500 progetti in Europa, comportando così la mobilitazione di più di 12 miliardi di euro di investimenti per cause climatiche e ambientali e assumendo nell’Unione europea il ruolo di principale strumento finanziario dedicato. Nello specifico, il programma LIFE ha ampiamente influenzato anche le politiche ambientali italiane, tanto da contribuire al finanziamento di 979 progetti, tra i quali figura, appunto, LIFE SEEDFORCE (Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica, 2022).

L’acronimo SEEDFORCE è rappresentativo del titolo per esteso del progetto, ovvero “Using SEED banks to restore and reinFORCE the endangered native plants in Italy”; come dichiarato, infatti, l’iniziativa opera quasi esclusivamente in Italia, oltre che nella regione alpina francese Provence-Alpes-Côte d’Azur e sui territori della Slovenia e dell’isola di Malta (figura 1). La distribuzione geografica dei siti d’interesse deriva dal fatto che proprio nelle regioni biogeografiche mediterranea ed alpina sono presenti il maggior numero di piante vascolari endemiche, le quali si attestano essere oltre la metà dei taxa totali (LIFE20 NAT/IT/001468 PROJECT: TECHNICAL APPLICATION FORMS Part B – technical summary and overall context of the project, 2020).



Figura 1 – Distribuzione geografica dei siti d'interesse per LIFESEEDFORCE.

European Commission (2021).
<https://webgate.ec.europa.eu/life/publicWebsite/project/details/5736>

2.1 PANORAMA ITALIANO E SELEZIONE DI *KOSTELETZKYA PENTACARPOS*

Come anticipato, il territorio italiano presenta una notevole biodiversità floristica ed il suo alto numero di endemismi è tale da aver suscitato l'interesse dell'Unione Europea, la quale ha concretizzato il proprio impegno in molti progetti programmati per svolgersi quasi esclusivamente in Italia a tutela della flora d'interesse comunitario (Blasi et al., 2005 Stato della biodiversità italiana).

La Direttiva Habitat (92/43/EEC) emanata nel 1992 segnala la presenza sul continente europeo di 104 taxa di piante vascolari d'interesse conservazionistico e, tra questi, è stato rilevato che gli areali di 84 specie si estendono anche in territorio italiano; gli endemismi inoltre costituiscono oltre il 60% della quota italiana di piante vascolari protette dall'Unione Europea (LIFE20 NAT/IT/001468 PROJECT: TECHNICAL APPLICATION FORMS Part B – technical summary and overall context of the project, 2020). Il progetto LIFE SEEDFORCE, quindi, individua come target le specie contrassegnate dallo status di conservazione sfavorevole secondo l'Art. 17: queste in Italia ammontano a 58 taxa per i quali, pertanto, le strategie nazionali di tutela messe in atto negli ultimi vent'anni non sono state sufficienti a ristabilire un trend positivo in termini di successo riproduttivo e stabilità della popolazione.

La malvacea *Kosteletzkya pentacarpos* è stata inclusa tra le 58 specie considerate a rischio dalla Direttiva "Habitat" (92/42/EEC) e di conseguenza rientra a tutti gli effetti nella lista delle piante destinatarie degli sforzi conservazionistici promossi e finanziati per mezzo del progetto LIFE SEEDFORCE: la specie è valutata infatti come Vulnerabile (VU) nella Lista Rossa dell'Unione Europea (Bilz et al. 2011) ed in Italia le è stato attribuito lo status di "Critically Endangered" (CR), che contraddistingue le specie interessate da un alto rischio di estinzione come conseguenza della ridotta numerosità, ad esempio nel caso in cui

la popolazione sia composta da meno di cinquanta individui, o da popolazioni che negli ultimi dieci anni (o nel lasso di tempo intercorso durante le ultime tre generazioni) abbiano subito un rapido declino compreso tra l'80% ed il 90% (o superiore) (Rossi et al., 2016). Nello specifico *Kosteletzkya pentacarpos*, secondo indagini preliminari, presenta infatti una percentuale estremamente bassa di ovari fertilizzati ed una quota significativa di semi completamente sviluppati ma sterili, aspetti hanno destato l'attenzione dell'Unione Europea comportando l'inserimento della specie nella lista delle piante selezionate per l'analisi delle dipendenze trofiche (come elaborato nella sezione "Action 4"), inclusa nel progetto LIFESEEDFORCE (LIFE20 NAT/IT/001468 PROJECT: TECHNICAL APPLICATION FORMS Part Part B – technical summary and overall context of the project, 2020).

2.2 OBIETTIVI E AZIONI DEL PROGETTO A PUNTA SABBIONI

Il progetto LIFE SEEDFORCE avviato nel mese di ottobre 2021 preventiva la propria conclusione al termine del 2026 e nel corso del suo svolgimento si pone l'obiettivo di rimuovere o mitigare i fattori di stress che influenzano negativamente la fitness delle specie vegetali d'interesse dai loro siti di conservazione tramite la messa in atto di strategie sostenibili di eradicazione delle piante invasive (spesso anche non autoctone), il controllo della rivegetazione, dello sfalcio e della rimozione adeguata dei cascami vegetali derivanti da alberi e arbusti, unitamente alla limitazione del pascolo eccessivo e calpestio mediante la delimitazione del sito protetto tramite barriere fisiche quali recinzioni (LIFE20 NAT/IT/001468, 2023).

I fattori di stress, come l'incuria, il cambiamento climatico e la pressione antropica, incidono in particolar modo sulla stabilità delle aree dunali e retrodunali costiere, tanto che questi sono stati riconosciuti come la principale causa della perdita di biodiversità degli ambienti litoranei. In particolare, gli studi preliminari hanno attribuito il preoccupante declino della popolazione di *Kosteletzkya pentacarpos* proprio per cause antropiche, come la sottrazione di terra da parte dell'edilizia e dell'industria del turismo, la competizione con specie invasive, come l'asteracea neofita *Baccharis halimifolia* L. nel caso veneto, il drenaggio di vaste aree palustri ed il successivo sfruttamento di queste tramite pratiche agricole non tradizionali (LIFE20 NAT/IT/001468 PROJECT: TECHNICAL APPLICATION FORMS Part Part B – technical summary and overall context of the project, 2020).

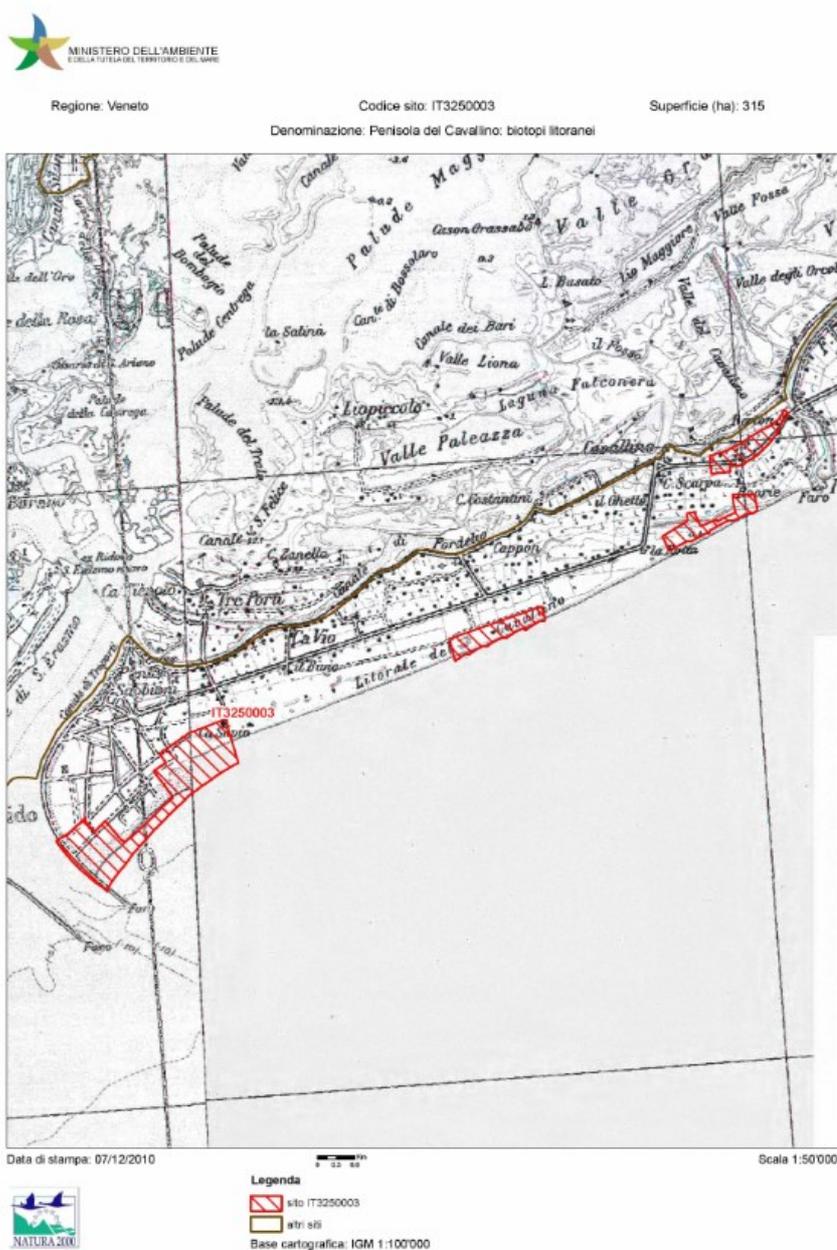
Sulle tracce delle direttive europee sono quindi stati calibrati gli interventi finalizzati a preservare il delicato areale litoraneo che caratterizza la laguna di

Venezia settentrionale in un'area compresa tra il fiume Sile e Punta Sabbioni (VE); tale zona d'interesse si colloca più precisamente sul lembo di terra noto come penisola del Cavallino-Tre Porti (VE), riconosciuta come sito SPA/SAC in Natura 2000 (SPA/SAC IT3250003)(figura 2). Gli interventi programmati e finanziati dal progetto LIFE SEEDOFORCE ed incentrati sulla conservazione di *Kosteletzkya pentacarpos*, pertanto, sono stati organizzati nel seguente modo:

- con action D1 il sito è stato monitorato preventivamente per individuare il materiale più adeguato da raccogliere per effettuare le analisi genetiche previste da action A3;
- mediante action A4 è in corso il monitoraggio e l'analisi della comunità di artropodi visitatrice della specie segnalata;
- la nano-fanerofita perennante invasiva *B. halimifolia*, in forte competizione con *Kosteletzkya pentacarpos* per il suolo e la disponibilità di luce, verrà rimossa ed incenerita secondo le direttive europee;
- le operazioni C1, C2 e C5 riguardano invece rispettivamente la raccolta dei semi di *Kosteletzkya pentacarpos*, la propagazione ed il rinforzo della popolazione;
- per assicurare il buon esito del progetto, e consci l'efficacia dell'"aftercare" successivo al ripopolamento di un'area l'Action D2 prescrive la pianificazione per l'attività di monitoraggio dell'area successivamente alle operazioni sopra descritte.

Figura 2 – Sito SPA/SAC Penisola del Cavallino Tre-Porti (VE).

https://download.mase.gov.it/Natura2000/Trasmissione%20OCE_dicembre2022/schede_mappe/Veneto/ZSC_mappe/IT3250003_A3-vert.jpg



3. *KOSTELETZKYA PENTACARPOS* NEL PROPRIO ECOSISTEMA: BIOTIPI LITORANEI

Kosteletzkya pentacarpos (L.) Ledeb è una malvacea emicriptofita scaposa (H scap) perennante, la cui antesi avviene nei mesi estivi, quando il perianzio può presentarsi nei colori di rosa, rosso o purpureo fino alle tinte di blu, celeste o violetto (Acta Plantarum, 2007 in avanti). Il fiore risulta articolato su più livelli: la corolla convoluta è racchiusa in basso da un calice valvato, a sua volta cinto da un epicalice basale di brattee poste al di sotto dell'ovario (che quindi è supero) (figura 5), mentre al centro gli stami risultano connati in un tubo che culmina nello stigma (figura 4). Il frutto è costituito dalla capsula suddivisibile in cinque carpelli, caratteristica che conferisce l'epiteto specifico alla specie ("pentacarpos") (figure 6 – 7 – 8).

Come suggerito dai nomi comuni attribuitele, ibisco litorale e malvavisco palustre, *Kosteletzkya pentacarpos* è una pianta ben adattata ai suoli adeguatamente umidi e salini tipici delle zone prossime al mare, compresi ambienti di delta fluviali o estuari, dove colonizza substrati sabbiosi, argillosi o soggetti ad occasionale allagamento, e presenta gli adattamenti tipici delle alofite (figura 3). La specie predilige aree ben esposte al sole con scarsa copertura vegetale (Abeli et al., 2016), mentre cresce indifferentemente su suoli acidi, neutri o basici, purché una ricca quantità di sostanze organiche decomposte garantisca al profilo podologico l'alta concentrazione di nutrienti negli orizzonti superficiali necessaria al corretto sviluppo di *Kosteletzkya pentacarpos* (Corli et al., 2022).

Figura 3 – habitat litorale di *Kosteletzkya pentacarpos*



*Figura 5 – calice con stami
connati culminanti nello stigma*



*Figura 4 – calice valvato cinto
da epicalice basale di brattee*



*Figura 6 - Frutto
deiescente pentacarpellare*



Figura 7 - Semi



Figura 8 - frutto in maturazione



3.1 DISTRIBUZIONE DELLA SPECIE

Originaria dell'Europa meridionale, dell'Asia occidentale e del sudest nordamericano, *Kosteletzkya pentacarpos* è oggi abbondantemente presente nelle zone salmastre solo delle zone statunitensi ed asiatiche, mentre le popolazioni europee risultano fortemente isolate e depauperate (Ercole et al., 2016). Nel continente europeo, infatti, il suo areale si limita alle paludi marittime che si estendono attorno alle coste del Mar Nero, del Mar Caspio e del Mar Mediterraneo (Kikvidze et al., 2001). Negli ultimi due decenni la pressione antropica esercitata in misura preponderante dal settore terziario, che nelle suddette aree si è tradotta prevalentemente in grandi opere di bonifica, spianamento delle zone dunali e di retroduna, massiccia edilizia ed eccessivo calpestio, ha contribuito al drenaggio nonché alla forte riduzione delle zone adatte alla proliferazione di popolazioni stabili di *Kosteletzkya pentacarpos* (Corli et al., 2022).

3.2 STATO DI CONSERVAZIONE E SITI IN ITALIA

Come anticipato *Kosteletzkya pentacarpos* è notoriamente a rischio sia a livello nazionale che europeo secondo i requisiti della Direttiva "Habitat" 92/43/CEE, dove si segnala in particolar modo la criticità della situazione italiana attribuibile ad un'insufficiente gestione della specie. Nel Paese, infatti, agli inizi del ventesimo secolo le popolazioni di *Kosteletzkya pentacarpos* erano distribuite nelle zone salmastre di sei regioni italiane, ma nel 2005 il numero di territori in cui era stata riconfermata la presenza di *Kosteletzkya pentacarpos* si era già dimezzato e nell'ultimo censimento la presenza della specie è stata registrata solo in Veneto (Ercole 2016), e unicamente nella località di Punta Sabbioni (VE), e in Emilia-Romagna, precisamente ad Elciola e Goara (due zone del ferrarese Riserva Naturale Bosco della Mesola – Parco Delta del Po), dove in entrambi i siti la copertura vegetale rappresentata da *Kosteletzkya pentacarpos* non superava il 5% (Corli 2023).

3.2.1 INTERESSE CONSERVAZIONISTICO PER LA PENISOLA DEL CAVALLINO-TREPORTI

La penisola del Cavallino è un sito SPA/SAC particolarmente rilevante dal punto di vista della biodiversità e inoltre, relativamente alla specie oggetto di studio, il sito ospita la comunità italiana più stabile e numerosa di *Kosteletzkya pentacarpos*, le cui fluttuazioni in termini numerici sono state rilevate passare

dalle poche centinaia ai 4000 individui. L'area veneta, caratterizzata dai tipici sistemi dunali litoranei stabilizzati e mantenuti meno drenanti dall'azione degli apparati radicali, presenta infatti una biocenosi favorevole e delle buone caratteristiche ambientali, influenzate dal clima mediterraneo, che permettono il mantenimento della popolazione della malvacea alofita (LIFE20 NAT/IT/001468 PROJECT: TECHNICAL APPLICATION FORMS Part B – technical summary and overall context of the project, 2020). Tra i fattori abiotici più rappresentativi figurano senza dubbio l'umidità e la salinità superiore alla media, entrambi fattori fortemente condizionati dalla vicinanza del bacino marino, il suolo ricco di nutrienti forniti dalla materia organica decomposta, ed il forte irraggiamento che interessa le zone prossime al litorale, inoltre poco adatte ad ospitare un'alta densità di fanerofite che altrimenti avrebbero facilmente padroneggiato nella competizione per la luce solare. All'interno del sito, inoltre, *Kosteletzkya pentacarpos* è inserita nella componente igrofila del mosaico vegetale di particolare interesse, in quanto comprensivo di altre specie tutelate a livello nazionale e descritte nel "Libro Rosso della Flora d'Italia" (Rossi et al., 2013) quali, fra tutte, *Salix rosmarinifolia* L. e *Plantago cornuti* Gouan (figura 9). L'interesse floristico è integrato dall'importanza faunistica attribuita all'area, che fa da sito di nidificazione per diversi taxa aviari, tra cui diverse specie migratrici, oltre che per anfibi e rettili d'interesse conservazionistico quali: *Bufo* spp., *Natrix tessellata* Laurenti, 1768, e la tartaruga marina *Caretta caretta* Linnaeus, 1758 (LIFE20 NAT/IT/001468 PROJECT: TECHNICAL APPLICATION FORMS Part B – technical summary and overall context of the project, 2020).

La stabilità ecosistemica, però, risulta ulteriormente compromessa da una minaccia alloctona, rappresentata dall'asteracea *Baccharis halimifolia* L. che compete con la flora locale per la luce ed il suolo.

Figura 9 – Vegetazione del sito di Punta Sabbioni (VE).



3.3 INTERAZIONI DI *KOSTELETZKYA PENTACARPOS* CON LA PROPRIA ENTOMOFAUNA: CONOSCENZE PREGRESSE

I dati disponibili sui rapporti tra la malvacea e la fauna circostante sono estremamente scarsi e le informazioni si riducono a segnalazioni di interazioni negative (LIFE20 NAT/IT/001468 PROJECT: TECHNICAL APPLICATION FORMS Part B – technical summary and overall context of the project, 2020) sostenute con la falena *Crociosema plebejana* Zeller, 1847, la quale deposita le proprie uova nel tessuto interno degli steli della pianta, con conseguenze negative per lo sviluppo del germoglio ed inibendo interamente la formazione del fiore. Sebbene la stagione riproduttiva del lepidottero si estenda nel periodo estivo (Bishop, 1978), l'ovoposizione, in quanto prevalentemente notturna, non coincide con l'antesi e pertanto non influisce significativamente nel processo di impollinazione della pianta. Anche le larve del Rhynchota *Oxycarenum larvaterae* Stal, 1862, interagiscono con *Kosteletzkya pentacarpos*, nutrendosi dei semi contenuti nelle capsule e costituendo un ulteriore fattore di stress; ma considerando la mancata interazione col fiore, che non è considerato una fonte di nutrimento né sito di predazione od ovoposizione consoci del trofismo e dello stadio vitale, le larve dell'insetto non sono coinvolte in particolar modo nel processo di impollinazione (Pino et al, 2007).

Risulta evidente, pertanto, la lacuna informativa riguardo agli artropodi mediatori dell'impollinazione di *Kosteletzkya pentacarpos*. Sebbene nella specie sia stato osservato il verificarsi del fenomeno dell'autofecondazione, che avviene a seguito del contatto degli stigmi con gli stami mediante il ripiegamento su se stesso del tubo formato da questi ultimi connati, l'importanza dell'impollinazione entomogama non è un fattore trascurabile per le considerazioni sulle dinamiche di popolazione ed il successo riproduttivo (Adamidis et al., 2019).

3.4 IMPOLLINATORI NETTARIVORI

Gli artropodi, ed in particolare gli insetti, sono stati riconosciuti come il taxon più influente nella mediazione dell'impollinazione entomogama. Rientrano nella categoria di insetti impollinatori tutte le specie che, recandosi sull'organismo vegetale in fiore per nutrirsi del nettare (il caso degli impollinatori nettariatori), di granuli pollinici proteici (gli insetti pollinivori), delle soluzioni nei vasi xilofloematici o dei tessuti vegetali (impollinatori fitofagi), così come per predare altri insetti, parassitare la pianta ospite o deporvi le uova, vengono accidentalmente in contatto con l'androceo, sporcandosi di polline, o la componente ricettiva del gineceo, depositandovi il materiale pollinico trasportato

inconsapevolmente e proveniente da altre piante conspecifiche visitate nei minuti precedenti (Bascompte, 2009) (Thompson, 2001).

Naturalmente gli impollinatori nettariatori sono troficamente vincolati ad una o più specie vegetali (nel caso si tratti di insetti rispettivamente specialisti o generalisti) e questi forniscono spesso il maggiore contributo all'impollinazione poiché l'accesso alle risorse alimentari è strettamente regolato dalla pianta, la quale sfrutta la dipendenza alimentare dell'impollinatore per prolungare la durata del contatto tra la superficie dell'insetto ed i propri organi riproduttivi, intensificando lo scambio di polline (figura 10)(O'Neill, 1997).

Certi taxa sono maggiormente efficaci di altri nel trasporto del polline, per via della fitta peluria distribuita su tutto l'esoscheletro, alla quale un grande carico di granuli pollinici resta adeso durante ogni visita al fiore, come anche per via dell'etologia dell'insetto stesso, che può compiere visite molto frequenti oppure essere specializzato nella visita di una sola specie vegetale, come nel caso dei ditteri appartenenti alla famiglia dei Syrphidae (Goulson & Wright, 1997), minimizzando così la dispersione del polline tra piante non conspecifiche.

L'importanza relativa del ruolo di impollinatore ricoperta da un artropode ausiliario per una certa specie vegetale sta alla base della suddivisione tra impollinatori primari e secondari: sebbene il contributo dei secondi non sia trascurabile, gli impollinatori primari sono sicuramente i maggiori effettori del servizio ecosistemico costituito dall'azione svolta dai pronubi. L'azione degli impollinatori risulta estremamente influente sia a livello ecosistemico che a livello economico: solo nelle aree agricole presenti sul territorio italiano, secondo le stime condotte da ISPRA, è stato calcolato che il servizio ecosistemico reso dall'impollinazione mediata da animali si attesta sul valore monetario di 3 miliardi di euro (Bellucci, 2021).

Morfologicamente gli impollinatori primari si distinguono per la presenza di sporgenze, peluria o altre apomorfie atte alla raccolta del polline, il cui esempio più tipico è la scopa degli Imenotteri; questa è costituita, nel caso degli Apoidea, da un'abbondante peluria che ricopre in modo molto evidente le tibie posteriori e può stipare grandi quantità di materiale pollinico (Thorp, 1979).

Figura 10 – Artropodi sul perianzio di Kosteletzkyia pentacarpus (Vespoidea: Formicidae)



4. MATERIALI E METODI DI CAMPIONAMENTO E RICONOSCIMENTO

Il campionamento dei visitatori di *Kosteletzkya pentacarpus*, come anticipato, è stato svolto nel sito di Punta Sabbioni della Penisola del Cavallino Tre-Porti, approssimativamente durante il periodo di antesi della pianta, ovvero tra luglio e agosto 2022. L'apertura del fiore si verifica nelle ore più fresche della mattinata con le prime luci e termina con le ore più calde; pertanto, l'attività di campionamento non è potuta proseguire oltre le ore 13.

Tutto il lavoro, sia la fase di campo che quella di laboratorio, è stato svolto in équipe; il gruppo di lavoro era composto complessivamente da sette persone. I risultati presentati in questa tesi sono il frutto delle attività e dell'impegno collettivo, senza il quale non sarebbe stato possibile raggiungere questo traguardo.

4.1 METODO DI CAMPIONAMENTO

All'interno dell'area interessata dal progetto sono stati stabiliti 14 plots delle dimensioni di (cm) 50 x 50 contenuti ciascuno da due a sette getti di *Kosteletzkya pentacarpus* dei quali in ogni giornata di campionamento è stato conteggiato il numero di fiori aperti, boccioli, frutti fertili, frutti abortivi e peduncoli vuoti (figure 11-12). Si è seguito il protocollo proposto da Gibson et al. (2010): rotazione da ogni plot sono stati campionati tutti i visitatori venuti a contatto con gli elementi florali in un lasso di tempo pari a 15 minuti., così da non arrecare eccessivo disturbo all'entomofauna. La cattura degli insetti è stata condotta manualmente con una provetta laboratorio, dalla quale in seguito il campione è stato spostato in Eppendorf o Falcon (in base alla dimensione dell'artropode). Sistematicamente ogni provetta contenente un campione ciascuna è stata etichettata riportando la data, il plot, l'orario di inizio del quarto d'ora di campionamento ed un numero progressivo di riconoscimento, inoltre tutte le provette è stata inserita una soluzione alcolica al 70% per mantenere il corpo dell'insetto ad un grado di conservazione sufficiente all'identificazione.

4.2 IDENTIFICAZIONE IN LABORATORIO

I campioni raccolti da Punta Sabbioni sono stati trasportati al laboratorio dell'Orto Botanico dell'Università di Padova e qui i tirocinanti (tra cui la sottoscritta) hanno svolto in équipe l'attività di identificazione di ogni artropode almeno fino ad un livello di classificazione soddisfacente e correlando ogni campione identificato con il plot, la data e l'orario di cattura. Per l'identificazione

è stato messo a disposizione dall'Università di Padova uno stereomicroscopio Leica (modello M156) che permettesse di acquisire immagini ad alta risoluzione e gli utensili utili a disporre il campione sul supporto per procedere all'osservazione (figura 13).

Le chiavi dicotomiche utilizzate suddivise per ordini sono state le seguenti: "Hymenoptera of the world" (Goulet 1993) per gli imenotteri, "Chiave dicotomica alle famiglie dei Coleotteri della fauna italiana" (Dal Cortivo, 2021) per l'identificazione dei coleotteri, "Cimici – Guida al riconoscimento delle specie d'interesse agrario nel Nord Italia" (Angeli, 2021) per i Rhynchota e infine "La fauna dei prati -1" (Gobbi, 2011).

*Figura 11 – Plot a Punta Sabbioni con *Kosteletzkya pentacarpos* e provette di campionamento.*





Figura 12 – Segnalazione di plot di Kosteletzky pentacarpos.



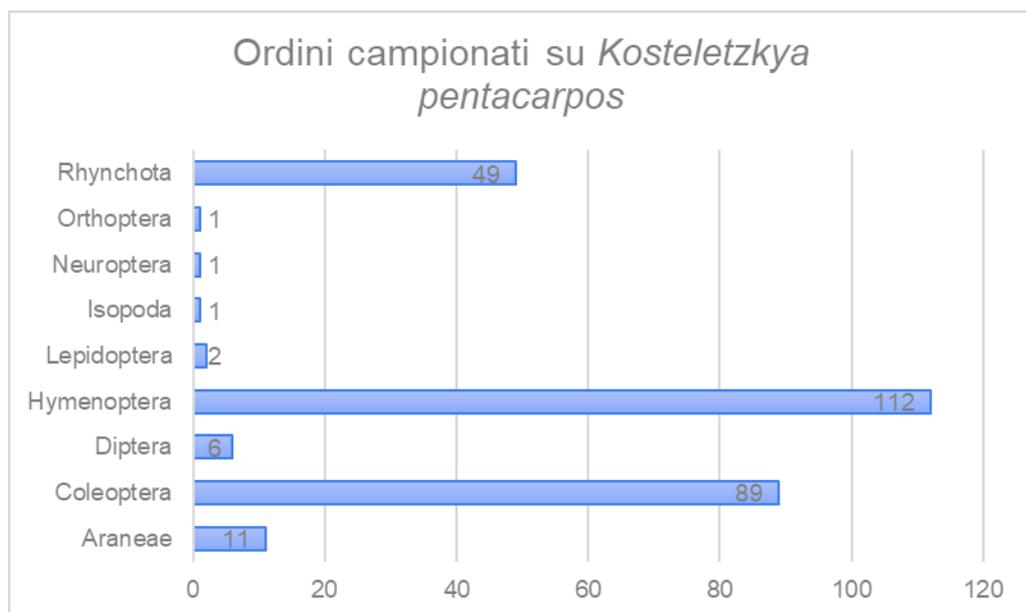
Figura 13 – Stereomicroscopio Leica nel laboratorio dell'Orto Botanico dell'Università di Padova.

5. RISULTATI

L'analisi dei taxa riconosciuti in laboratorio ha permesso di stabilire la composizione dell'entomofauna visitatrice di *Kosteletzkya pentacarpos* durante l'antesi nell'area monitorata di Punta Sabbioni (VE). I risultati delle analisi della comunità di artropodi, più o meno strettamente dipendente dalla fonte alimentare, sito di predazione o ovoposizione rappresentata dalla pianta, saranno fondamentali per stabilire, nel corso dei prossimi cinque anni del progetto, le relazioni e le interdipendenze trofiche che intercorrono in un ecosistema costiero mediterraneo sempre più a rischio; in tal modo sarà possibile agire efficacemente nella sua salvaguardia (azione imprescindibile, quindi, della protezione di *Kosteletzkya pentacarpos* in quanto tessera integrante del mosaico vegetale locale).

Il riconoscimento del ruolo e dell'impatto esercitato dai taxa dei visitatori sulla fenologia e sul successo riproduttivo di *Kosteletzkya pentacarpos*, inoltre, potrebbe essere un dato determinante in futuri studi di valutazione della vulnerabilità della pianta rispetto al cambiamento climatico in base alle risposte che gli artropodi locali forniranno alle modificazioni dell'ambiente dovute al surriscaldamento globale come conseguenza dell'attività antropica.

Grafico 1



5.1 CARATTERIZZAZIONE TASSONOMICA DELLA COMUNITA' DEGLI ARTROPODI VISITATORI DI *KOSTELETZKYA PENTACARPOS* A PUNTA SABBIONI

Durante le operazioni di campionamento effettuate nei mesi di giugno, luglio e agosto 2022 sono stati raccolti un totale di 272 artropodi, prelevati dalla corolla di *Kosteletzkya pentacarpos* durante l'antesi giornaliera.

I campioni di artropodi visitatori si distribuiscono in modo non omogeneo in nove ordini, i quali, in sequenza di abbondanza numerica, sono: Hymenoptera, Coleoptera, Rhynchota (taxon precedentemente noto come Hemyptera Linnaeus, 1758), Araneae, Diptera, Lepidoptera, Isopoda, Neuroptera e Orthoptera (grafico 1).

Sia per via della bassa incidenza del ritrovamento sulla corolla delle piante di *Kosteletzkya pentacarpos* nel sito di Punta Sabbioni, che per la dieta prevalentemente fitofaga (Ortis, 2022), si ritiene che il taxon degli Orthoptera, e in particolare il sottordine Caelifera Ander, 1936, interagisca raramente col fiore e pertanto non sia particolarmente influente nell'impollinazione della malvacea (figura 14).

Gli adulti dei Neuroptera, tra cui la famiglia dei Chrysopidae, alla quale appartiene il campione raccolto, sono predatori di altri insetti e non s'interessano, pertanto, alle ricompense offerte dal fiore; tutta la superficie della pianta, quindi, viene sfruttata unicamente come sito di predazione (Cover & Resh, 2008). L'unico esemplare adulto identificato come Chrysopidae raccolto durante le operazioni di campionamento è stato ritrovato in associazione con un alto numero di imenotteri (figura 15).

Un'unica forma giovanile di Isopoda (precisamente un esemplare di Oniscidea) è stata campionata nell'area circoscritta dal perianzio di *Kosteletzkya pentacarpos*; pertanto, la famiglia di crostacei non svolge un ruolo determinante nella sua impollinazione entomogama (figura 16).

Le interazioni dei Lepidoptera con *Kosteletzkya pentacarpos* documentate si riducono all'ovoposizione da parte di questi sulla superficie dei fiori o in prossimità del perianzio e al foraggiamento delle larve; durante il campionamento non sono stati catturati lepidotteri adulti, perché questi non erano presenti sui fiori dei plots osservati durante l'antesi giornaliera, ma solo individui nei primi stadi larvali (figura 17).

Figura 14 – Orthoptera Caelifera raccolto da K. pentacarpos in data 09/08/2022; dettaglio di capo e torace.



Figura 16 – Isopoda Oniscidea raccolto da K. pentacarpos in data 25/08/2022; vista dorsale.



Figura 15 – Neuroptera Chrysomelidae raccolto da K. pentacarpos in data 09/08/2022; vista ventrale con dettaglio di addome e ali iridescenti.



Figura 17 – Larva di Lepidoptera raccolto da K. pentacarpos in data 25/08/2022; vista ventrale.



5.1.1 ORDINE HYMENOPTERA

Appare evidente come, tra tutti, l'ordine che visita con maggior frequenza il fiore di *Kosteletzkya pentacarpos* sia rappresentato dagli Hymenoptera, al quale appartengono poco più del 41% del totale degli artropodi raccolti in campo a Punta Sabbioni. All'interno del taxon, però, non tutte le specie notoriamente visitano la pianta con lo stesso scopo e ciò influisce sul tempo di permanenza nell'area delimitata dal perianzio, come pure sulle modalità di sfruttamento delle ricompense offerte dal fiore o dei tessuti vegetali, nonché, soprattutto, sulla quantità di polline prelevata o depositata nel corso della singola visita.

È possibile comunque risalire alle motivazioni che inducono un artropode a visitare il fiore di una pianta, quindi il suo contributo al fenomeno dell'entomogamia, correlandovi le sue abitudini trofiche. Persino le famiglie di imenotteri, sebbene il taxon sia popolarmente noto per le specie bandiera ad alimentazione nettariovora (come nel caso della celeberrima *Apis mellifera* Linnaeus, 1758), dimostrano esse stesse di possedere una vastissima gamma di adattamenti trofici sviluppati nel corso dell'evoluzione per adattarsi alla grande varietà di nicchie che i loro antenati hanno occupato (Minckley, 2006).

Un esempio di tali divergenze è rappresentato dalla superfamiglia degli Ichneumonoidea, suddivisa nelle famiglie Ichneumonidae (figura 18) e Braconidae (figura 19): la maggior parte delle specie appartenenti ai due taxa, infatti, sono disinteressate alla ricompensa nettariovora offerta dalla pianta e si comportano invece da parassite di insetti olometaboli; in particolare, gli ospiti degli Ichneumonidae si attestano essere solo ai primi stadi vitali, mentre il range degli organismi parassitati dai Braconidae spazia fino alle fasi pupali di tutti gli olometaboli e persino ad adulti di Coleoptera ed Hymenoptera (Goulet & Huber, 1993). Associati agli esemplari di Ichneumonoidea rinvenuti sul perianzio di *Kosteletzkya pentacarpos*, infatti, sono stati rinvenuti con maggior frequenza insetti appartenenti agli ordini Coleoptera ed Hymenoptera. Sebbene le suddette due famiglie di Ichneumonoidea siano note come i taxa annoveranti il maggior numero di specie all'interno del proprio ordine, con approssimativamente 40 000 specie per i Braconidae e 60 000 specie per gli Ichneumonidae, i parassiti appartenenti a questo clade non rappresentano che il 2,5% dei campioni di Hymenoptera prelevati da *Kosteletzkya pentacarpos* e sembrano ricoprire, nonostante la grande rappresentanza potenziale, un ruolo solo minoritario per il fenomeno di impollinazione della malvacea.

Anche i rappresentanti della superfamiglia degli Stephanoidea (figura 20), ed in particolare della famiglia Stephanidae si sono specializzati in forme

parassitoidi di ospiti (o prede) appartenenti all'ordine dei Coleoptera (Taylor et. al, 2011). I campioni raccolti dalle piante di *Kosteletzkya pentacarpos* a Punta Sabbioni e classificati come Stephanidae sono solo l'1,7% del totale degli Hymenoptera campionati, nella metà dei casi associati al ritrovamento di coleotteri, dimostrandosi anch'essi poco rilevanti per l'impollinazione entomogama.

Un'ulteriore variante trofica tra le superfamiglie di Hymenoptera è rappresentata dal gruppo dei Chrysoidea, organismi parassitoidi e cleptoparassitoidi soprattutto di altri Imenotteri (Goulet & Huber, 1993). Gli esemplari raccolti durante il campionamento appartengono alla famiglia Chrysididae (figura 20) e, come nel caso degli altri insetti entomofagi, la frequenza delle visite a *Kosteletzkya pentacarpos* è scarsa (il ritrovamento Chrysoidea si è verificato con frequenza di poco superiore all'1,7% all'interno del suo ordine tassonomico, circa lo 0,7% del totale degli artropodi campionati e sempre in associazione con altri imenotteri) (grafico 2).

Grafico 2 e relativa
legenda

Superfamiglia	Codice della famiglia	Famiglia
Chrysoidea	1	Chrysididae
Ichneumonoidea	2	Ichneumonidae
	3	Braconidae
Stephanoidea	4	Stephanidae
Vespoidea	5	Formicidae
	6	Scoliidae
	7	Thipiidae
	8	Vespidae

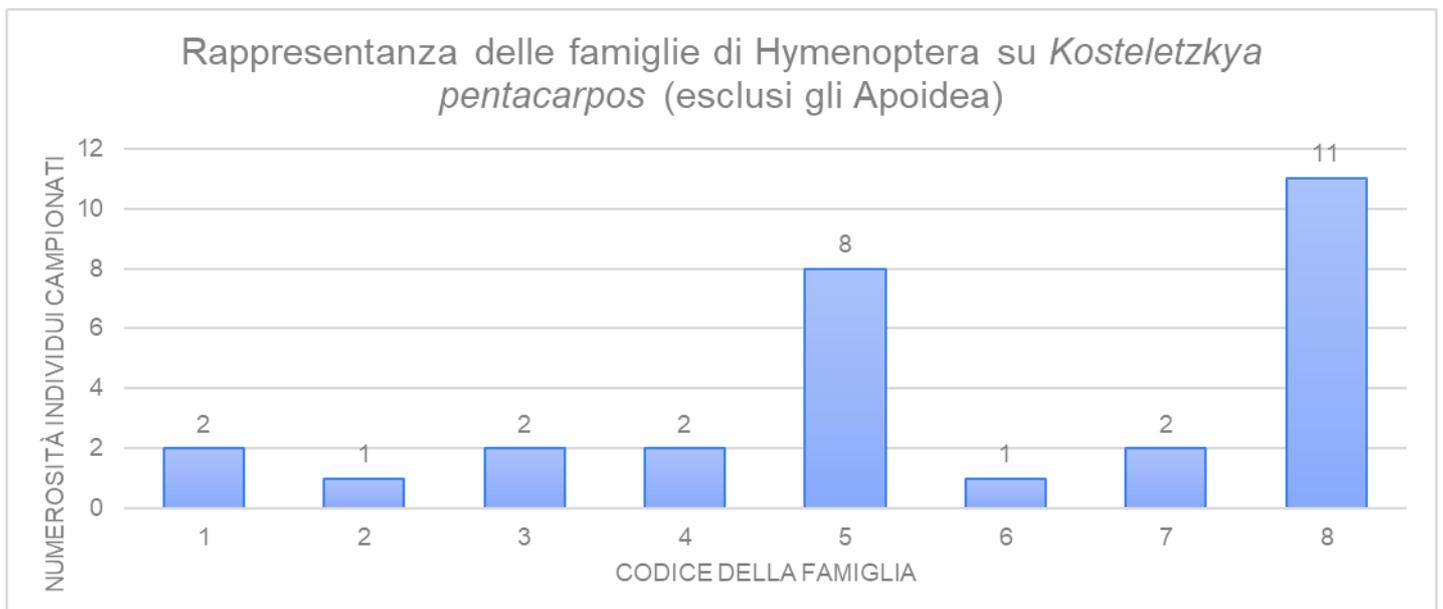


Figura 18 – Ichneumnoidea Incheumonidae raccolto da K. pentacarpus in data 25/08/2022; vista laterale, dettaglio di capo, torace, peduncolo e ali iridescenti.



Figura 19 – Ichneumonoide Braconidae femmina raccolto da K. pentacarpus il giorno 26/07/2022; vista laterale con ovopositore.



Figura 20 – Stephanoidea predatore raccolto da K. pentacarpos in data 09/09/2022; vista frontale con dettaglio dell'apparato boccale masticatore.



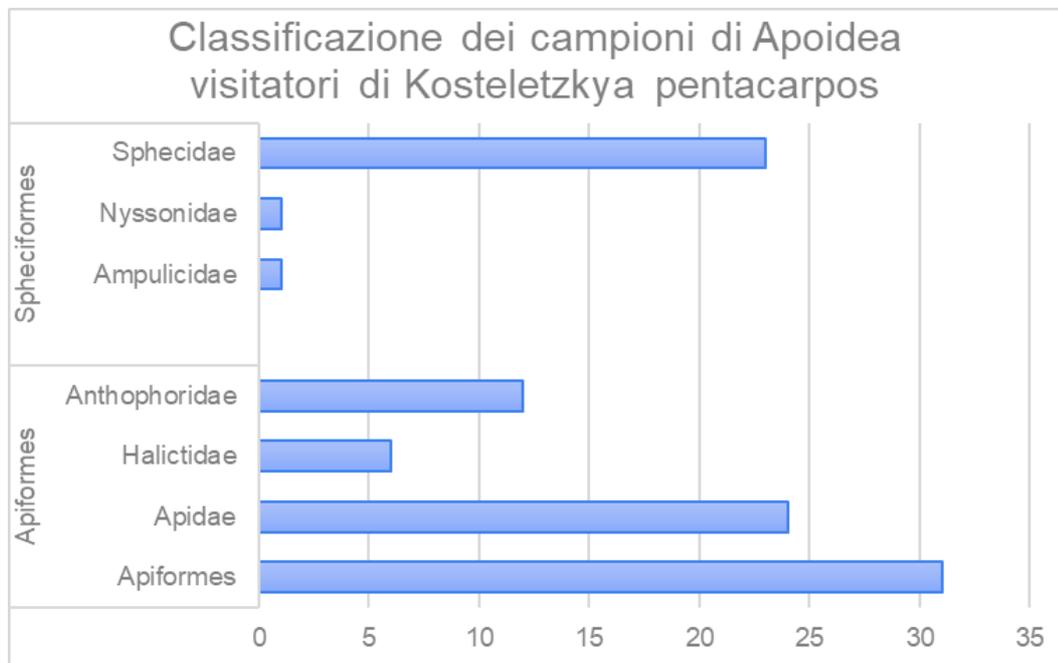
Figura 21 – Chrysoidea raccolto da K. pentacarpos in data 25/08/2022; vista laterale.



5.1.1.1 SUPERFAMIGLIA: APOIDEA

In base ai risultati del campionamento effettuato, la superfamiglia degli Apoidea è quella maggiormente rappresentativa della comunità visitatrice del fiore di *Kosteletzkya pentacarpos*: al taxon appartengono il 74,8% degli imenotteri raccolti. Nonostante il grande numero di individui campionati, la classificazione degli stessi ha interessato poche famiglie selezionate: tra gli Apiformes figurano le famiglie nettarivore Apidae, Halictidae e Anthophoridae, mentre il gruppo prevalentemente entomofago degli Spheciformes annovera le famiglie Ampulicidae, Nyssonidae e Sphecidae (Goulet & Huber, 1993). La preponderanza degli insetti visitatori nettarivori e pollinivori è evidente (gli Apiformes visitatori del fiore di *Kosteletzkya pentacarpos* sono numericamente quasi 2,5 volte superiori rispetto agli Spheciformes) e con essa la liceità di calibrare indicativamente l'efficacia di un insetto nel mediare l'impollinazione entomogama prevalentemente in base al suo trofismo (grafico 3).

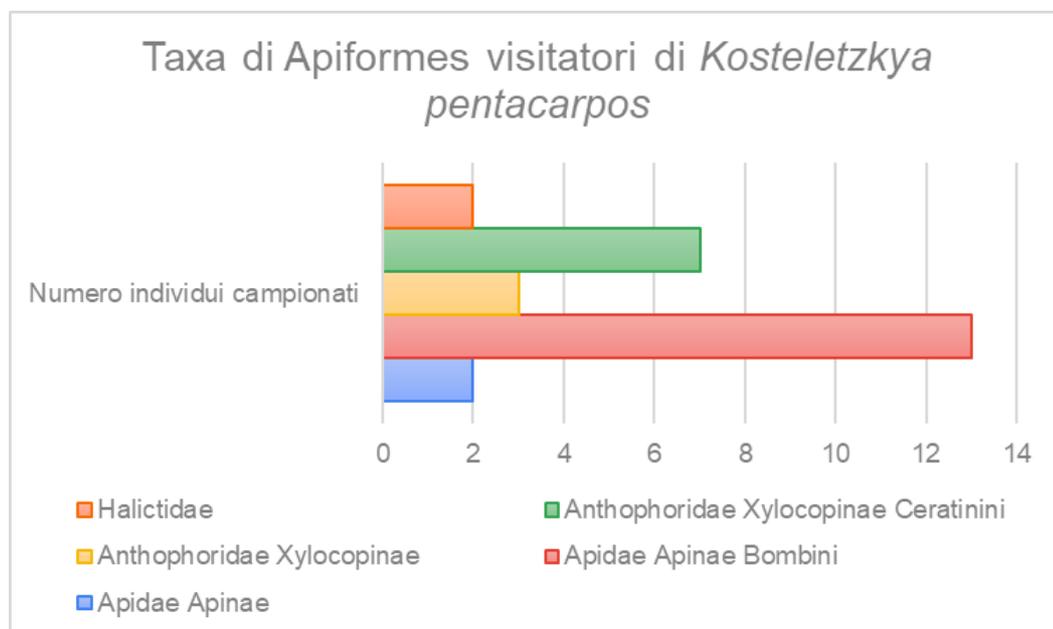
Grafico 3



Gli imenotteri appartenenti alle famiglie del gruppo parafiletico noto come Spheciformes (figure 22-23), invece, sono per la maggior parte predatori o ectoparassitoidi, specialisti oppure generalisti, di aracnidi, collemboli o di altri insetti tra quelli raccolti durante il campionamento, quali altri imenotteri, coleotteri, ditteri, larve di lepidotteri, ortotteri (Veprek & Straka, 2009).

Il taxon Apiformes è molto rappresentato tra i visitatori di *Kosteletzkya pentacarpus* (appartengono a tale gruppo tassonomico, infatti, il 22,3% degli artropodi campionati), i quali si suddividono principalmente in tre famiglie: Apidae, Anthophoridae e Halictidae (grafico 4).

Grafico 5



Le api appartenenti alla famiglia Halictidae (figura 24-25), generalmente, sono le più comuni, seconde solo alle Apidae. Le femmine Halictidae, con l'esclusione di poche specie parassite, sono molto efficaci nel trasporto del polline, il quale viene raccolto sulle piastre del metasoma (l'addome) o una zona dell'esoscheletro densamente ricoperta di peluria situata tra il femore e la tibia dell'ultimo paio di appendici (Goulet & Huber, 1993); in aggiunta, il trofismo prevalentemente nettario e pollinivoro aumenta la probabilità che le api appartenenti alla famiglia Halictidae effettuino visite ai fiori per soddisfare il proprio fabbisogno energetico e assicurare l'idratazione (dal nettare viene ricavata acqua a sufficienza), favorendo sensibilmente l'impollinazione. Nonostante la maggior parte delle specie di Halictidae sia solitaria, durante una giornata di campionamento sono stati raccolti il 50% degli individui di Halictidae da un unico plot (03/08/2022), ma probabilmente l'anomalia è dovuta al fatto che la pianta sotto osservazione quel giorno presentasse un numero di fiori superiore al doppio della media degli altri plots.

Alla famiglia Apidae appartengono sia le specie di imenotteri eusociali che quelle solitarie, affiancate da specie dal comportamento sociale non altrettanto sviluppato (Goulet & Huber, 1993), ma i rappresentanti della famiglia vengono accomunati generalmente per il ruolo chiave che rivestono nell'impollinazione (tanto che in certi contesti viene addirittura sovrastimato e sfruttato da aziende di diversi settori come nel caso del cosiddetto fenomeno del "bee washing") (Colla, 2022). La famiglia Apidae include la sottofamiglia Apinae, alla quale appartengono insetti di impollinatori che visitano con frequenza *Kosteletzkya pentacarpus* nella penisola del Cavallino Tre-Porti.

La sottofamiglia delle Apinae contiene a sua volta la tribù dei Bombini, volgarmente noti come "bombi", alla quale appartengono due generi (Goulet & Huber, 1993)(figure 26-27). I risultati del campionamento indicano che gli insetti del gruppo Bombini sono tra i visitatori più presenti sul fiore di *Kosteletzkya pentacarpus* (sono, questi, il 52% degli Apidae catturati) e distribuiti omogeneamente in relazione alla densità di fiori esibita da ogni plot. I Bombini, inoltre, sono impollinatori molto efficaci, sia per via del corpo densamente ricoperto di peluria, particolarmente efficace nello stoccaggio di polline anche grazie alla carica elettrostatica generata (Thomson & Goodell, 2001), che per l'alta frequenza di visita dei fiori come fonte di nutrimento (in particolar modo negli individui femmine) oppure per il lungo tempo di permanenza trascorso a contatto con gli organi riproduttivi della pianta in cerca di nettare e associato ad un'area di spostamento molto estesa (comportamento tipico dei maschi di Bombini, che non

sono vincolati ad un alveare) (Ostevik et al., 2012). Il taxon pertanto occupa un ruolo ecologico significativo nelle dinamiche di impollinazione di *Kosteletzkya pentacarpos*.

La famiglia Anthophoridae raggruppa le specie che compongono la sottofamiglia Xylocopinae (figura 27), nota per le grandi api solitarie che depositano le uova in nidi ricavati nel legno (note come api legnaiole)(fiura 27). Per via della scopa ridotta alla metatibia (Goulet & Huber, 1993) la capacità di trasporto del polline da parte dei visitatori Xylocopinae è minore rispetto a quella posseduta dalle altre famiglie di imenotteri Apidae e Halictidae, ma, nonostante ciò, l'alto numero di individui ritrovati (il 16,1% degli Apiformes) è indice dell'importanza della popolazione di Anthophoridae di Punta Sabbioni nella veicolazione del polline delle piante di *Kosteletzkya pentacarpos*.



Figure 22 – 23 – Spheciformes Sphecidae raccolto da *K. pentacarpos* in data 03/08/2022; vista latero-dorsale e dettaglio di ala anteriore e posteriore.

Figura 24 – Apoidea Halictidae raccolto da K. pentacarpos in data 26/07/2022; vista dorsale del capo, dettaglio delle antenne e della peluria densa.



Figura 25 – Apoidea Halictidae raccolto da K. pentacarpos in data 26/07/2022; vista laterale, dettaglio del 1° e 2° paio di appendici locomotorie (“zampe”).



Figura 26 – Apoidea Bombini raccolto da K. pentacarpos in data 26/07/2022; vista dorsale di capo e protorace.



Figura 27 – Apoidea Bombini raccolto da K. pentacarpos in data 03/08/2022; vista laterale di addome con densa peluria contenente con granuli pollinici.



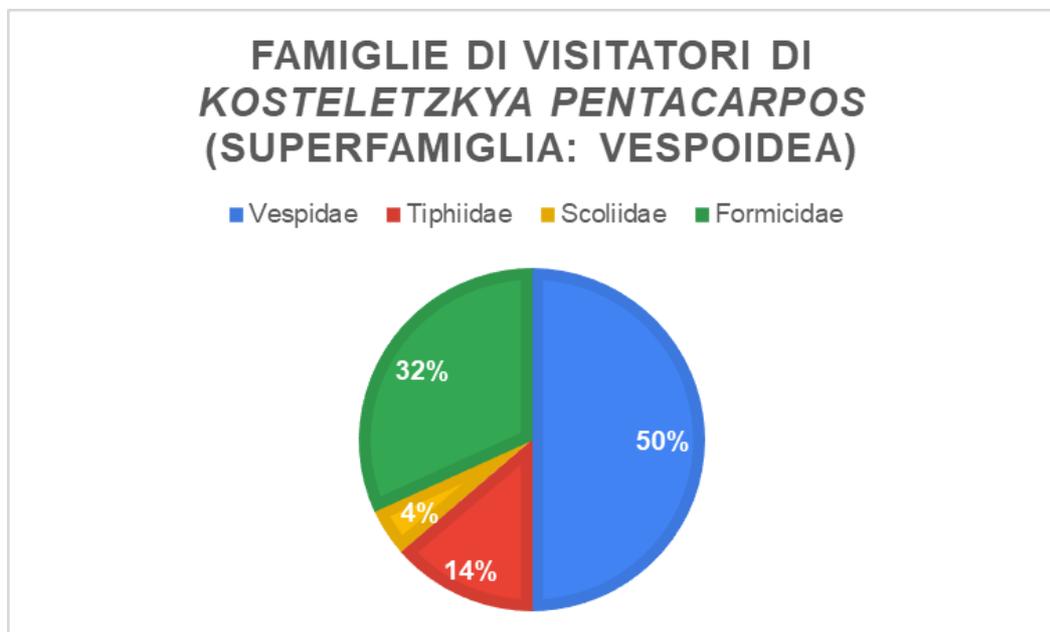
Figura 27 – Apoidea Xylocopinae raccolta da K. pentacarpos in data 26/07/2022; vista laterale con scopa evidente sull'ultimo paio di appendici.



5.1.1.2 SUPERFAMIGLIA: VESPOIDEA

La superfamiglia Vespoidea, seppur celebre per le specie nettarivore appartenenti alle famiglie Vespidae, Tiphiidae e in alcuni casi Formicidae, non manca di famiglie con comportamenti parassitoidi e fitofagi, come nel caso del campione appartenente alla famiglia Scolidae, ritrovato sulla corolla di *Kosteletzkya pentacarpos* a Punta Sabbioni. Nella maggior parte delle specie di Scolidae, gli individui seguono una dieta fitofaga da adulti, mentre durante i primi stadi vitali le larve si nutrono a loro volta di larve di coleottero, entro cui la madre parassitoide ha effettuato l'ovoposizione (Goulet & Huber, 1993). La scarsa frequenza di ritrovamento di scolidi su *Kosteletzkya pentacarpos* (appena un individuo su 22 vespoidea) suggerisce che nemmeno questa famiglia sia determinante per il successo dell'impollinazione entomogama della pianta (grafico 5).

Grafico 5



La seconda famiglia di Vespoidea meno rappresentata sui fiori di *Kosteletzkya pentacarpos*, secondo i dati ricavati dal campionamento, sono i Tiphidae (figura 28). Le larve di Tiphidae, in quanto generalmente ectoparassiti di pupe di coleotteri (Goulet & Huber, 1993), potrebbero essere implicate nel controllo biologico specialmente dell'ingente popolazione di coleotteri Bruchidae che ha colonizzato il sito di Punta Sabbioni, dei quali si tratterà in seguito. Gli adulti di Tiphidae, invece, sono nettariatori (Hawkeswood, 2015) e svolgono un ruolo apparentemente non centrale (per via della scarsa quantità di esemplari raccolti da *Kosteletzkya pentacarpos*) di impollinatori secondari.

Numerosi campioni catturati da *Kosteletzkya pentacarpos* sono stati identificati come Vespidae (il 70% dei quali catturati nello stesso giorno concentrati in un intervallo di due ore), dimostrando che la famiglia ricopre un ruolo non trascurabile nell'impollinazione della pianta (figure 29-30). Gli adulti della famiglia Vespidae soddisfano quasi completamente il proprio fabbisogno energetico raccogliendo il nettare dai fiori, ma le femmine delle specie non solitarie cacciano anche piccoli artropodi per nutrire le larve (Goulet & Huber, 1993); gli insetti appartenenti a questa famiglia, pertanto, possono essere attratti da fiore sia per la ricompensa offerta dalla pianta che per predare altri impollinatori di dimensioni minori.

Il trofismo delle specie di Formicidae italiane è molto vario ed è stato osservato includere anche nettare e polline (Gomez & Zamora, 1992)(figura 31). Il 50% dei rappresentanti dell'ordine dei Vespoidea raccolto da *Kosteletzkya pentacarpos* è costituito da campioni di Formicidae, per i quali quindi la pianta rappresenta una fonte alimentare o, eventualmente, un sito di predazione di altri piccoli artropodi, pertanto anche questo taxa contribuisce a raccogliere e disperdere una significativa quantità di polline della pianta mediante alla peluria presente sulla superficie dell'esoscheletro, seppure non con l'efficacia posseduta dagli impollinatori primari specializzati e atteri. Un alto numero di esemplari di Formicidae (il 71,4 % degli individui rinvenuti) è stato raccolto dagli elementi fiorali della pianta contenuta in uno dei 14 plot, probabilmente perché prossimo al luogo di nidificazione.

Figura 28 – Vespoidea Thiphiidae raccolto da K. pentacarpos in data 09/08/2022; vista dorsale di capo e torace.



Figura 29 – Vespoidea Vespidae raccolta da K. pentacarpos in data 09/08/2022; vista laterale.



Figura 30 – Vespoidea Vespidae raccolta da K. pentacarpos in data 09/08/2022; vista laterale, dettaglio di peduncolo e segmenti addominali.



Figura 31 – Vespoidea Formicidae raccolto da K. pentacarpos in data 03/08/2022; vista laterale con capo e torace.



5.1.2 ORDINE COLEOPTERA

Artropodi appartenenti ad altri ordini, come anticipato (*grafico 1*), visitano la malvacea durante il periodo di antesi contribuendo alla veicolazione del polline, tra cui numericamente prevalgono i Coleoptera, secondari solo agli Hymenoptera. I coleotteri campionati a Punta Sabbioni sono stati suddivisi nel seguente modo in quattro famiglie (*grafico 6*): una piccola percentuale di Tenebrionidae (*figura 32*), generalmente fitofagi e poco influenti nelle dinamiche di impollinazione (Dal Cortivo et al., 2021), il 41,4% dei coleotteri totali è stato identificato invece come Chrysomelidae (*figura 33*), e Oedemeridae (*figura 34*), coleotteri polifagi ma a trofismo prevalentemente nettario e pollinivoro (Jolivet et al., 1998) (Vazaquez, 2002); appare infine evidente dal gran numero di coleotteri Bruchidae (*figura 35*) raccolti da *Kosteletzkya pentacarpos*, la cui sola famiglia rappresenta il 15,4% di tutti gli artropodi campionati, che con alta probabilità quest'ultimo taxon dei Coleoptera spermatofagi (Zampetti & Ricci, 2012) influenza negativamente le dinamiche riproduttive e direttamente la fitness della pianta.

Le famiglie di Coleoptera probabilmente più influenti nella veicolazione del polline sono quindi rappresentate da Chrysomeridae ed Oedemeridae, che possono essere considerati i principali impollinatori secondari di *Kosteletzkya pentacarpos*.

Grafico 6

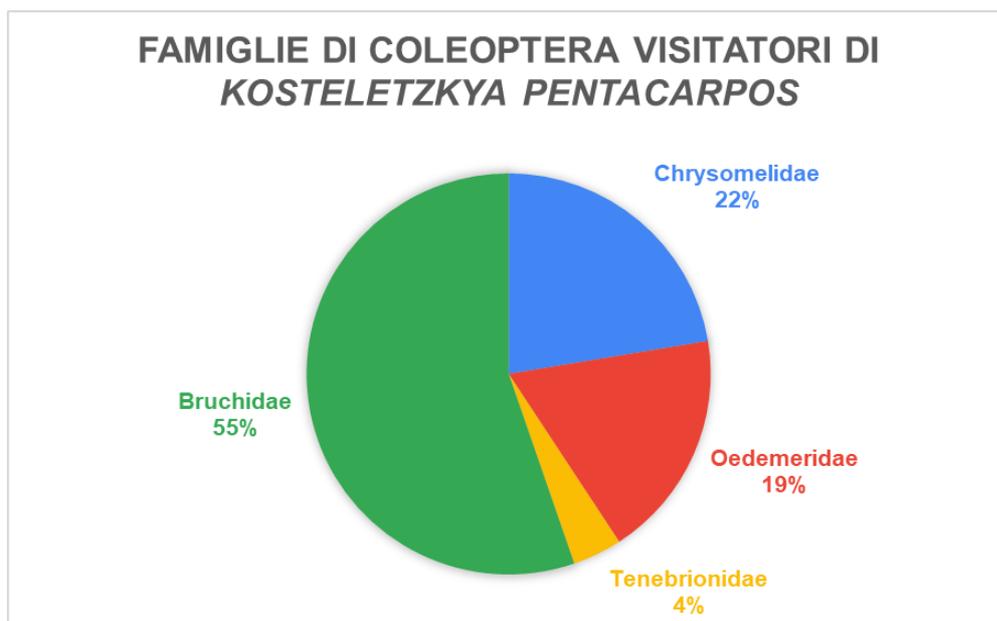


Figura 32 – Coleoptera Tenebrionidea raccolto da K. pentacarpos in data 26/07/2022; vista ventrale.



Figura 33 – Coleoptera Crhysomelidae raccolto da K. pentacarpos in data 03/08/2022; vista dorsale.



Figura 34 – Coleoptera Oedemeridae raccolto da K. pentacarpos in data 26/07/2022; vista dorsale.



Figura 35 – Coleoptera Bruchidae raccolto da K. pentacarpos in data 26/07/2022; vista laterale.



5.1.3 ORDINE: RHYNCHOTA

Notevolmente elevata è stata registrata anche la presenza di artropodi appartenenti all'ordine dei Rhynchota, le cui famiglie visitatrici di *Kosteletzkya pentacarpos* sono caratterizzate da adulti a trofismo prevalentemente fitofago o spermatofago. L'esoscheletro fortemente sclerificato e con scarsa peluria presentato dalla maggioranza dei Rhynchota campionati, correlato ad abitudini trofiche che non prevedono generalmente la ricerca di secreti nettariini né di polline, non rendono gli insetti appartenenti a questo taxa particolarmente propensi al trasporto del polline ed alla visita degli organi fiorali (Angeli, 2001). L'altissimo numero di ninfe appartenenti alla specie *Nezara viridula* Linnaeus, 1758, campionate (che costituisce il 57,6% degli individui appartenenti all'ordine) potrebbe essere indicativo del ruolo di sito di ovoposizione svolto da *Kosteletzkya pentacarpos* per gli adulti della specie, ruolo che comporta effetti non trascurabili in termini di fitofagia con conseguente necrosi tissutale (Lompe, 2002) e abbattimento della fitness (grafico 7) (figure 36-37).

Grafico 7

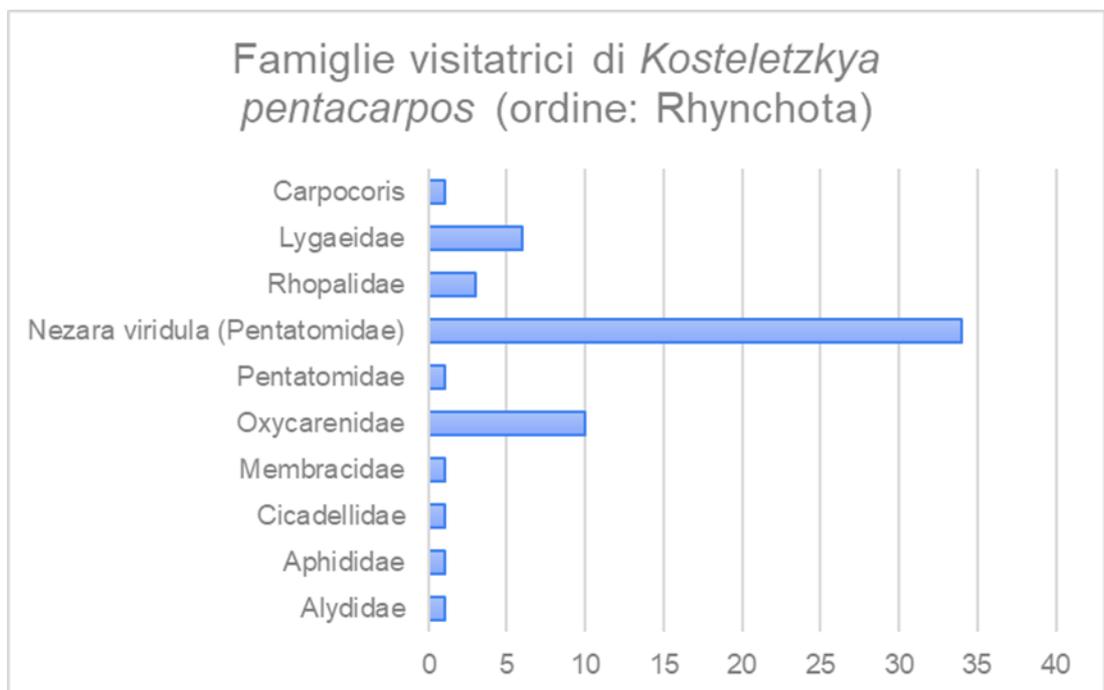


Figura 36 – Nezara viridula raccolta da *K. pentacarpos* in data 26/07/2022; vista dorsale, stadio di ninfa.



Figura 37 – Nezara viridula raccolta da *K. pentacarpos* in data 26/07/2022; vista dorsale, stadio di neanide 2°-3° età.



5.1.4 ORDINE: ARANEA

Le visite al fiore di *Kosteletzkya pentacarpos* possono fungere da sito di predazione da parte degli artropodi dell'ordine degli Aranae, predatori entomofagi diurni che predano gli insetti attirati dall'organo florale. I dodici esemplari campionati appartenenti all'ordine degli Aranae sono stati identificati come appartenenti a tre famiglie, quali, in ordine crescente di numerosità: Salticidae, Thomisidae e Linyphiidae (grafico 8).

Il campionamento ha mostrato come i ragni Linyphiidae (figura 39), predatori generalisti che predano artropodi di dimensioni molto varie (Harwood & Obrycki, 2005), costruiscano la tela in prossimità di plot interessati dal passaggio di un alto numero di insetti, dove sono stati ritrovati anche due individui per intervallo di campionamento.

Gli esemplari di Thomisidae (figura 38) sono stati invece rinvenuti esclusivamente sui fiori per via della loro strategia di caccia che prevede tendere agguati agli insetti visitatori, anche di grandi dimensioni come attestano i casi di predazione a danno della sottofamiglia Xylocopinae (Morse, 1984). Volgarmente noti come ragni granchio, a causa della tipica posa mantenuta dal primo paio di appendici durante l'appostamento sul perianzio, i Thomisidae interferiscono quindi il passaggio degli insetti impollinatori sul fiore, ma il disturbo arrecato è inferiore a quello apportato dalla presenza della tele costruite dagli esemplari della famiglia dei Linyphiidae, poiché, come anche gli aracnidi salticidi (figura 40), i Thomisidae cacciano prevalentemente a vista senza l'ausilio della ragnatela (Morse, 1984); inoltre essi a volta veicolano scarse quantità di polline in occasione dell'integrazione nettarina e pollinica alla loro dieta (Vogelei & Greissl, 1989).

Gli individui appartenenti a circa 90 specie dei ragni appartenenti della famiglia Salticidae sono invece maggiormente propensi, rispetto ad altre famiglie come i Linyphiidae, ad effettuare visite al fiore allo scopo di integrare la dieta entomofaga con i secreti nettariini (Jackson et al., 2001), seppure con il campionamento sia stato rinvenuto un solo individuo.

Grafico 8

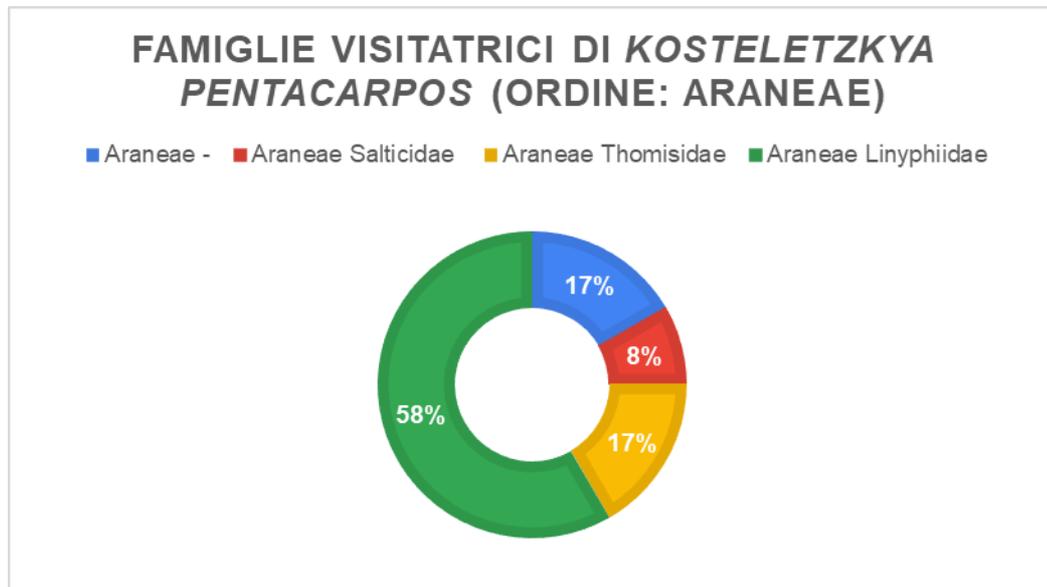


Figura 38 – *Araneae Thomisidae* raccolto da *K. pentacarpos* in data 09/08/2022; vista dorsale.



Figura 39 – Araneae Linyphiidae raccolto da K. pentacarpos in data 26/07/2022; vista latero-dorsale.



Figura 40 – Araneae Salticidae raccolto da K. pentacarpos in data 26/07/2022; vista dorsale con appendici distese.



5.1.5 ORDINE: DIPTERA

I risultati del primo anno di campionamento sembrano suggerire che la frequenza delle visite degli insetti appartenenti all'ordine dei Diptera al fiore di *Kosteletzkya pentacarpos* sia relativamente bassa rispetto agli altri ordini (grafico 1), nonostante la comprovata efficacia dimostrata da alcune famiglie dell'ordine nella veicolazione del polline.

In laboratorio sono stati identificati insetti appartenenti a tre gruppi di Diptera visitatori di *Kosteletzkya pentacarpos*, quali: Tachinidae (figura 41), e Syrphidae, appartenenti al sottordine dei Brachycera ed un singolo individuo del taxon Calyptratae (grafico 9).

La presenza dell'esponente della famiglia dei Tachinidae sul perianzio della malvacea era correlata a quella di due Spheciformes, imenotteri e pertanto possibili prede del Tachinidae parassita (Monteith, 1956), il quale quindi potrebbe dissuadere visite al fiore da parte di altri possibili impollinatori. La peluria esibita dall'esoscheletro del dittero, però, potrebbe contribuire all'impollinazione entomogama della pianta offrendo superficie di adesione ai granuli pollinici.

Grafico 9

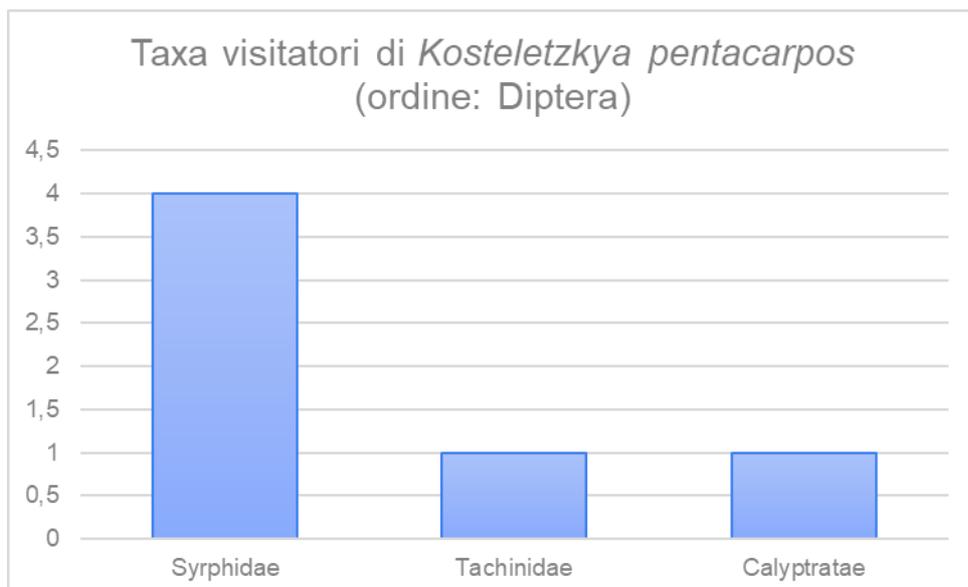


Figura 41 – Diptera Tachinidae raccolto da K. pentacarpos in data 09/08/2022; vista latero-ventrale.



Figura 42- Diptera Syrphidae raccolto da K. pentacarpos in data 25/08/2022; vista laterale con capo e protorace.



5.1.5.1 FAMIGLIA: SYRPHIDAE

Spesso erroneamente associati all'ordine degli Hymenoptera per via dell'adattamento di una colorazione aposematica estremamente simile a quella che alterna bande gialle e nere sull'esoscheletro di gran parte degli Apiformes eusociali (celebre caso di mimetismo batesiano), i ditteri appartenenti alla famiglia dei Syrphidae occupano una nicchia ecologica solo parzialmente simile (figure 42-43).

I Syrphidae, infatti, rendono un notevole servizio ecosistemico principalmente per due aspetti: le larve, che sono voraci predatrici entomofaghe, mantengono sotto controllo le popolazioni di insetti parassiti, tra cui gli afidi, mentre da adulti svolgono molto efficacemente il ruolo da impollinatori grazie all'alto tasso di visita dei fiori e della capacità di trasporto del polline (Dunn et al., 2020). La fecondità delle femmine delle specie di Syrphidae, in molti casi, è strettamente correlata all'integrazione della dieta con il polline (Dunn et al., 2020), favorendone la diffusione da una pianta all'altra.

Le operazioni di campionamento a Punta Sabbioni hanno consentito di raccogliere quattro esemplari adulti appartenenti alla famiglia dei Syrphidae in associazione con artropodi di tutti gli altri ordini.

Figura 43 – Diptera Syrphidae raccolto da K. pentacarpus in data 25/08/2022; vista dorsale con ali e addome.



6. CONCLUSIONI

Sebbene sia tecnicamente impossibile rappresentare tutte le innumerevoli dinamiche di simbiosi, fitofagia, parassitismo e predazione che si verificano in un ecosistema, questa analisi ha cercato di seguire una traccia tassonomica per indagare la natura ed il ruolo delle sfaccettature in cui si manifesta l'immane interdipendenza che interessa la composizione della biodiversità, sotto molti aspetti ancora inesplorata.

In base ai risultati di questo primo anno di ricerca, la grande rappresentanza numerica dei visitatori nettariatori sui fiori di *Kosteletzkya pentacarpus* ha permesso di dedurre l'importanza della loro azione nelle dinamiche di impollinazione della pianta, ma negli anni successivi potrebbe essere interessante approfondire ulteriormente la composizione ed i rapporti intercorrenti nell'entomofauna associata.

Considerata la comprovata efficacia del metodo già sperimentato negli studi degli ecosistemi di ambienti montani (Bonelli, 2020), nel corso del secondo anno d'indagine si sono ottenuti dati più completi affiancando il campionamento manuale di artropodi alle videocapture, come indicato dal protocollo di Gibson et al. (2010), in modo da evitare il disturbo arrecato dalla presenza dell'operatore, che potrebbe condizionare la scelta del tragitto dell'artropode. Inoltre, all'approccio utilizzato è stato affiancato anche un secondo metodo d'indagine finalizzato a riprodurre la rete trofica complessiva degli impollinatori presenti nell'area: questa scelta è derivata dal fatto che il tentativo di riconoscere al SEM i taxa di appartenenza dei granuli pollinici rinvenibili sull'esoscheletro degli artropodi catturati non ha dato i risultati sperati. Si è ovviato all'inconveniente adottando un apposito protocollo (che non è oggetto della presente tesi), ma sicuramente non sarebbe stato possibile ottenere i risultati acquisiti se non ci fosse stata la base di dati della campagna di raccolta del 2022.

7. BIBLIOGRAFIA

Abeli T., Orsenigo S., Rossi G. (2016) - *Kosteletzkya pentacarpos* (L.) Ledeb. *Manuali per il monitoraggio di specie ed habitat d'interesse comunitario (direttiva 92/43/CEE) in Italia: specie vegetali*: 176-177.

Acta Plantarum, 2007 in avanti - "*Hibiscus pentacarpos* L. - Scheda IPFI, Acta Plantarum ". Disponibile on line (data di consultazione: 17/08/2023): https://www.actaplantarum.org/flora/flora_info.php?id=4351

Adamidis G. C., Cartar R. V., Melathopoulos A. P., Pernal S. F., Hoover S. E. (2019) – Pollinators enhance crop yield and shorten the growing season by modulating plant functional characteristics: A comparison of 23 canola varieties. *Scientific Reports*, 9: 14208

Angeli G., Borri G., Chiesa S. G., Chini L., Gallimbeni L., Marchesini A., Sofia M., Fellin L., Mazzoni V., Mottes R., Zapponi L. (2021) – CIMICI. Guida al riconoscimento delle specie di interesse agrario in Nord Italia. *Centro Trasferimento Tecnologico, Fondazione Edmund Mach, Nuove Arti Grafiche, Trento*.

Baczynski J., Sauquet H. & Spalik K. (2021) – Exceptional evolutionary lability of flower-like inflorescences (pseudoanthia) in Apiacea subfamily Apioideae. *American Journal of Botany*, 109: 437-455.

Bascompte J. (2009) – Disentangling the web of life. *Science*, 325: 416-419.

Bellucci V., Piotto B., Silli V. (2021). Piante e insetti impollinatori: un'alleanza per la biodiversità. ISPRA, *Serie Rapporti*, 350/2021.

Belokobylskij S. A. (2019) – Parasitoid wasps of the family Stephanidae (Hymenoptera: Stephanoidea) in the fauna of Russia. *Far Eastern Entomologist*, 393: 18-23

Bishop A. L., Blood P. R. B. (1978) - Temporal distribution, biology and life history of the cotton tipworm, *Crocidosema plebiana* Zeller, on cotton in the south-eastern Queensland region. *Australian journal of zoology*, 26 (1): 147-152

Bonelli M., Melotto A., Minici A., Eustacchio E., Gianfranceschi L., Gobbi M., Casartelli M., Caccianiga M. (2020) – Manual sampling and video observations: an integrated approach to studying flower-visiting arthropods in high-mountain environments. *Insects*, 11, 881; doi:10.3390/insects11120881

Bonelli M., Eustacchio E., Avesani D., Michelsen V., Falaschi M., Caccianiga M., Gobbi M., Casartelli M. (2022) – The early season community of flower-visiting arthropods in high-altitude alpine environment. *Insects*, 13(4), 393; <https://doi.org/10.3390/insects13040393>

Bronstein J. L., Alarcon R., Geber M. (2006) – The evolution of plant-insect mutualism. *New Phytologist* 172: 412-428

Colla S. R. (2022) – The potential consequences of “bee washing” on wild bee health and conservation. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 18: 30-32

Cover, M. & Resh, V. (2008) - Global diversity of dobsonflies, fishflies, and alderflies (Megaloptera; Insecta) and spongillafly, nevrorthids, and osmylids (Neuroptera; Insecta) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595: 409–17.

Dantas da Cruz J., Giannotti E., De M. Santos G., Filho C. C. B., Resende J. J. (2006) – Daily activity resources collection by the swarm-founding wasp *Angiopolybia pallens* (Hymenoptera: Vespidae). *Sociobiology*, Vol 47, No. 3: 829-845

Dal Cortivo M., Sommacal M., Gatti E. (2021) – Chiave dicotomica alle famiglie dei Coleotteri della fauna d'Italia. *Raggruppamento Carabinieri Biodiversità, Reparto Carabinieri Biodiversità Belluno. Edizioni DBS*, 274 pp.

De Jong, Y. et al. (2014) - Fauna Europaea - all European animal species on the web. Biodiversity Data Journal 2: e4034. doi: [10.3897/BDJ.2.e4034](https://doi.org/10.3897/BDJ.2.e4034).

Dunn L., Lequerica M., Reid C. R., Latty T. (2020) – Dual ecosystem services of syrphid flies (Diptera: Syrphidae): pollinators and biological control agents. *Pest Manag. Sci*, 76: 1973-1979.

Ercole S., Giacanelli V., Bertani G., Brancaleoni L., Croce A., Fabrini G., Gerdol R., Ghirelli L., Masin R., Mion D., Santangelo D., Sburlino G., Tomei P.E., Villani M., Wagensommer R.P. (2013) – *Kosteletzya pentacarpos* (L.) Ledeb. *Inf. Bot. Ital.* 45 (1): 159-162.

Farkas A., Orosz-Kovacs Z. (2004) – Primary and secondary attractants in pear *Pyrus betulifolia*. *Acta Hort.*, 636: 317-324.

Gazzea E., Batary P., Marini L. (2022) – Global meta-analysis shows reduced quality of food crops under inadequate animal pollination. *Nature communications*, 14: 1-9.

Gibson R. H., Knott B., Eberlein T., Memmott J. (2010) – Sampling method influences the structure of plant-pollinator networks. *Oikos*, 120 (issue 6): 822-831).

Gobbi M., Latella L. (2011) – La fauna dei prati. Vol.1: Tassonomia, ecologia e metodi di studio dei principali gruppi di invertebrati terrestri italiani. Quaderni del Museo delle Scienze, 4/1, Trento.

Gomez J. M., Zamora R. (1992) – Pollination by ants: consequences of the quantitative effects on a mutualistic system. *Oecologia*, 91: 410-418.

Goulet H., Huber J. T. (1993) – Hymenoptera of the world: an identification guide to families. *Research Branch Agriculture Canada, Publication 1894/E*.

Goulson D., Wright N. P. (1998) – Flower constancy in the hoverflies *Episyrphus balteus* (Degeer) and *Syrphus ribesii* (L.) (Syrphidae). *Behavioral Ecology*, 9: 213-219

Harwood J., Obrycky J. J. (2005) – Web-Construction Behavior of Linyphiid spiders (Aranae, Linyphiidae): competition and co-existence within a generalist predator guild. *Journal of insect behaviour*, 18: 593-607

Hawkeswood T. J. (2015) – Record of pollination of *Lomatia silaifolia* (Sm) R. Br (Proteaceae) by the flower wasp *Diamma bicolor* (Westwood, 1853)(Hymenoptera: Tiphiidae). *Calodema*, 355: 1-3.

ITIS, Retrieved [08-29-2023], from the Integrated Taxonomic Information System (ITIS) on-line database, www.itis.gov, [CCO https://doi.org/10.5066/F7KHOKBK](https://doi.org/10.5066/F7KHOKBK)

Jackson R. R., Pollard S. D., Nelson X. J., Edwards G. B., Barrion A. T. (2001) – Jumping spiders (Araneae: salticidae) that feed on nectar. *Journal of zoology*, 255 (2): 25-29.

Jolivet P., Petitpierre E., Hsiao T.H. (1988) – Biology of Chrysomelidae. *Springer Netherlands, edizione 1.*

Kikvidze Z., Ohsawa M. (2001) - Richness of Colchic vegetation: comparison between refugia of south western and east asia. *BMC Ecol* 1:6

Labandeira C. C. (2013) – A paleobiologic perspective on plant-insect interactions. *Current Opinion in Plant Biology*, 16: 414-421

LIFE20 NAT/IT/001468 PROJECT: TECHNICAL APPLICATION FORMS Part B – technical summary and overall context of the project (2020) – Relazione tecnica non pubblicata

Lompe A. (2002) – Beetles of Europe: an online identification resource. <http://www.coleo-net.de/coleo/index.htm>

Minelli A. (2020) – L'uso dei nomi di animali e piante in tesi e pubblicazioni scientifiche. Versione 1.1: 1-5

Minckley R. L., Roulston T. H. (2006) – Incidental mutualisms and pollen specialization among bees. In N.M. Waser, J. Ollerton (Eds.): Plant-Pollinator Interactions: From Specialization to Generalization *University of Chicago Press*: 69-98

Monteith L. G. (1956) – Influence of the host movement on selection of hosts by *Drino bohemica* Mesn. (Diptera: Tachinidae) as determined in olfactometer. *The Canadian entomologist*, 88 (10): 538-586.

Morse D. H. (1984) – How crab spiders (Aranae, Thomisidae) hunt at flowers. *The journal of arachnology*, 12: 307-316.

O'Neill S. D. (1997) – Pollination regulation of flower development. *Annu. Rev. Plant physiol. Plant mol. Biol.* 48: 547-574

Ollerton J., Winfree R., Tarrant S. (2011) – How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*: 321-326.

Ortis G. (2022) – Biologia e ecologia degli ortotteri tipici degli ecosistemi naturali e agrari: dalla gestione delle infestazioni alla conservazione della biodiversità. Tesi di dottorato, DAFNAE, Università di Padova, Ph.D. course in Crop Science

Ostevik K. L., Manson J. S., Thomson J. D. (2010) – Pollination potential of male bumble bees (*Bombus impatiens*) movement patterns and pollen-transfer efficiency. *Journal of Pollination Ecology*, 2(4): 21-26.

Pino J., Picò F. X., De Roa E. (2007) – Population dynamics of the rare plant *Kosteletzkya pentacarpos* (Malvaceae): a nine-year study. *Botanical journal of the Linnean society*, 153: 455-462.

Rees, T. (compiler) (2023) - The Interim Register of Marine and Nonmarine Genera. Available from <https://www.irmng.org> at VLIZ. Accessed 2023-08-29

Rossi G., Montagnani C., Gargano D., Peruzzi L., Abeli T., Ravera S., Cogoni A., Fenu G., Magrini S., Gennai M., Foggi B., Wagensommer R.P., Venturella G., Blasi C., Raimondo F.M., Orsenigo S. (Eds.) (2013). Lista Rossa della Flora Italiana. 1. Policy Species e altre specie minacciate. Comitato Italiano IUCN e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del

Silvestro D., Bacon C.D., Ding W., Zhang Q., Donoghue P.C.J., Antonelli A., Xing Y. (2021) - Fossil data support a pre-Cretaceous origin of flowering plants. *Nature Ecology and Evolution* 5: 449-457

Sugiura S. (2008) – Male territorial behaviour of the endemic large carpenter bee, *Xylocopa (Koptortosoma) ogasawarensis* (Hymenoptera: Apidae), on the oceanic Ogasawara Islands. *Eur. J. Entomol.*, 105: 153-157.

Taylor P. B., Duan J. J., Fuester R. W., Hoddle M., Van Driesche R. (2011) – Parasitoid guilds of *Agrilus* woodborers (Coleoptera: Buprestidae): their diversity and potential for use in biological control. *Psyche*, article ID 813929: 1-10

Thomson J. D., Goodell K. (2001) – Pollen removal and deposition by honeybee and bumblebee visitors to apple and almond flowers. *Journal of Applied Ecology*, 38: 1032-1044.

Thorp R. W. (1979) – Structural, behavioral and physiological adaptations of bees (Apoidea) for collecting pollen. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 66: 788-812.

Tremblay E. (2000) – Entomologia applicata. Vol. 4/1: coleotteri (da cicinellidi a lucanidi). *Liguori editore*.

Vazquez X. A. 2002 – European fauna of Oedemeridae (Coleoptera). Argania Editio, Barcelona.

Veprek D., Straka J. (2009) – Apoidea: Speciformes (kutilky). *Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae*, 11: 191-239.

Vogelei A., Greissi R. (1989) – Survival strategies of crab spider *Thomisus onustus* Walckenaer 1806 (Chelicerata, Arachnida, Thomisidae). *Oecologia*, 80: 513-515.

Zampetti M. F., Ricci M. S. (2012) – Guida ai coleotteri bruchidi della fauna italiana. Sistematica e biologia, gestione e controllo. *Darwin Edizioni*.

8. RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare sentitamente la Dott.ssa Villani Mariacristina del Dipartimento di Biologia dell'Università degli Studi di Padova per la grande disponibilità e pazienza nell'avermi seguita in quest'ultima parte del mio percorso di studi e per avermi dato la possibilità di lavorare al mio tirocinio presso il Centro di Ateneo Orto Botanico.

Ringrazio con grande affetto i miei genitori, per il costante supporto e l'incrollabile fiducia, ed il resto della mia famiglia, senza cui questo percorso accademico non sarebbe stato possibile.

Ringrazio anche tutti i miei amici, in modo particolare Ramo e Giulia, che rendono i ritorni a Salò più leggeri e in una sola vita non ringrazierò mai abbastanza. Desidero ringraziare Claudia, maestra indiscussa di savoir-faire, e la gentilezza di Thomas. Ancora un *grazie* di cuore per tutti i bei ricordi che conservo ai compagni di Scienze Naturali, soprattutto all'entusiasmo di Anita, Erica, Tommy, Angela, Marti e Anastasia, la solidarietà di Emilija (anche nei suoi ritardi) e la costanza della squadra del Mezzo per aver reso le giornate al Botta e al Geoscienze mai banali; non sarebbe stato lo stesso senza di voi.