

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI “FEDERICO II”



Corso di dottorato in Biologia

XXXVI CICLO

***Le orchidee spontanee, una risorsa naturale per promuovere l'economia
della comunità di Palena.***

Relatore:

Prof.

Salvatore Cozzolino

Candidata:

Anna D'Aria

DR995514

Anno accademico 2020-2023



Sommario

ABSTRACT	5
INTRODUZIONE	7
I° CAPITOLO: REALIZZAZIONE DI UN SITO WEB PER LA VALORIZZAZIONE DELLE ORCHIDEE DEL TERRITORIO DI PALENA	14
1.1 PREMESSA	14
1.2 TURISMO ORCHIDOLOGICO	14
1.3 PARCO NAZIONALE DELLA MAJELLA	15
1.4 INQUADRAMENTO CLIMATICO	17
1.5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO	17
1.6 LA VEGETAZIONE	19
1.7 FLORA	24
1.8 PALENA	25
1.8.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO	25
1.8.2 STORIA	27
1.8.3 ATTRAZIONI	28
1.9 ORCHIDEE SPONTANEE DELL' ABRUZZO	31
2.1 REALIZZAZIONE DEL SITO WEB	33
2.2 STRUTTURA DEL SITO WEB VISITPALENA	34
2.3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELLE AREE DI STUDIO	38
2.4 DESCRIZIONE DELLE SINGOLE AREE OGGETTO DI STUDIO	47
2.5 SCHEDE DESCRITTIVE DELLE SPECIE	48
2.6 SCHEDE DESCRITTIVE DEI SITI NATURALISTICI DI INTERESSE ORCHIDOLOGICO	60
APPENDICE	70
3.1 DESCRIPTIVE SHEETS OF THE SPECIES	70
3.2 DESCRIPTIVE SHEETS OF NATURALISTIC SITES OF ORCHIDOLOGICAL INTEREST	78
ARTICOLO PUBBLICATO	81
BIBLIOGRAFIA	90

II° CAPITOLO: THE DECEPTIVE POLLINATION OF ANACAMPTIS MORIO: GENERALIZED FOOD DECEPTION OR AN INITIAL STEP TOWARDS ADAPTIVE MIMICRY?	95
5.1 ABSTRACT	96
5.2 INTRODUCTION	99
5.3 MATERIALS AND METHODS.....	102
5.3.1 STUDY SYSTEM	102
5.3.2 POLLINATION SUCCESS OF <i>A. MORIO</i> IN RELATION TO THE REWARDING FLORAL COMMUNITY	102
5.3.3 POLLINATION SUCCESS OF <i>A. MORIO</i> IN RELATION TO ITS SIMILARITY WITH THE PUTATIVE MODEL FLOWER	104
5.3.4 MALE AND FEMALE REPRODUCTIVE SUCCESS OF <i>A. MORIO</i> IN RELATION TO <i>P. NICAENSIS</i> PRESENCE	104
5.3.5 STATISTICAL ANALYSES	105
5.4 RESULTS.....	109
5.4.1 POLLINATION SUCCESS OF <i>A. MORIO</i> IN RELATION TO THE REWARDING FLORAL COMMUNITY	109
5.4.2 POLLINATION SUCCESS OF <i>A. MORIO</i> IN RELATION TO ITS SIMILARITY WITH THE PUTATIVE MODEL FLOWER	111
5.4.3 MALE AND FEMALE REPRODUCTIVE SUCCESS OF <i>A. MORIO</i> IN RELATION TO <i>P. NICAENSIS</i> PRESENCE	114
5.5 DISCUSSION.....	115
5.6 ACKNOWLEDGEMENTS.....	115
5.7 REFERENCES.....	120

Abstract

Interest in the sustainable development of inland areas is closely linked to the enhancement of natural and cultural resources, combined with responsible tourism. However, the expansion of the tourism sector presents significant environmental challenges, requiring sustainable policies to ensure balanced development. The creation of Protected Natural Areas is a comprehensive strategy to preserve fragile resources and ecosystems. Inland areas, often characterized by unique landscapes rich in biodiversity, are at the center of sustainable natural resource management policies. However, tourism is not always in tune with the local environment and culture, highlighting the need for a holistic approach to sustainable tourism. This study focuses on analysing tourism's economic and social impact, recognizing its potential to create employment and benefits for local communities. In the context outlined above, the municipality of Palena, located in the Abruzzo Apennines, presents an innovative approach to sustainable tourism. The identification of the area as 'Country of Wild Orchids' has prompted initiatives to enhance this natural resource. Through detailed research and the planning of interactive thematic routes, the municipality of Palena has developed a sustainable tourism offer, thus contributing to the economic and social development of the area. This project focuses on the creation of an online platform dedicated to the orchids present in the Palena territory. Using descriptive and informative sheets, the aim is to make detailed knowledge accessible to enthusiasts and interested visitors. The creation of this resource involved in-depth investigations of flora, demography, phenology and reproductive success of orchids. The results of this research led to a detailed taxonomic record for the various species, enriched with data on flowering and abundance. In addition, these studies have identified five sites of orchidological interest and proposed as nature trails for visitors.

A fascinating aspect of orchid biology is their ability to perform pollination without offering the pollinating insects a nutritive reward, usually represented by nectar and/or pollen. One of the most widespread forms of orchid pollination is food mimicry, which consists of mimicking a nectariferous plant or its typical characteristics. In more specialised cases, some orchid species are pollinated by exclusively mimicking a specific nectariferous plant (Batesian mimicry), and natural selection causes the orchid flower to be almost indistinguishable from its nectariferous model. In the present work, it was examined whether *Anacamptis*

morio, the most common orchid in Palena and that performs food mimicry, benefits from the co-occurrence of rewarding plants. It was also investigated whether certain floral traits of the orchid are associated with increased pollination success due to their similarity to a rewarding species, as expected when studying floral mimicry.

After identifying a putative rewarding model for floral mimicry in *P. nicaeensis*, several tests were conducted to determine whether the similarity of the *A. morio* flower to the model positively or negatively influenced the pollination success of the orchid and whether this similarity was the result of adaptive similarity (floral mimicry hypothesis). Finally, it was tested whether the presence of the putative model/magnet plant increases the male reproductive success of *A. morio* through increased pollination efficiency. The results of the analyses indicate that the pollination success of *A. morio* is not significantly correlated with the average number of flowers of the co-present plants. There was a significant correlation between the pollination success of *A. morio* and that of *P. nicaeensis*. Furthermore, both the pollination success of *A. morio* and that of *P. nicaeensis* proved to be independent of the overall pollination success of the prairie. No evidence was found to support the hypothesis of greater pollination success of *A. morio* when it is similar in colour to *P. nicaeensis*, as expected in adaptive mimicry. Finally, it was shown that the pollination efficiency of *A. morio* was significantly correlated with the presence of *P. nicaeensis*.

Introduzione

Le risorse naturali e culturali, insieme al turismo sostenibile, rappresentano pilastri fondamentali per lo sviluppo e la valorizzazione delle aree interne. L'industria del turismo è economicamente importante per lo sviluppo di qualsiasi paese. Questo settore può generare opportunità di lavoro dirette e indirette e benefici sociali per turisti e residenti (Coccossis, 2008). Inoltre, genera rilevanti effetti *a catena* in altri settori socioeconomici, migliorando la presenza di infrastrutture e servizi pubblici (Lozano-Oyala et al. 2012). Non si tratta di una forma specifica di turismo ma piuttosto di un approccio che considera insieme aspetti ambientali, sociali ed economici. L'idea principale è quella di proteggere l'attrattività e le risorse del territorio attraverso una corretta pianificazione di strategie sostenibili che concilino lo sviluppo di attività turistiche competitive con la salvaguardia delle risorse naturali e culturali (Zhang, 2010).

L'ecoturismo iniziò a svilupparsi come risultato del movimento ambientalista negli anni '80, quando una crescente preoccupazione per l'ambiente, insieme alla delusione per il turismo di massa, portò ad un crescente interesse per esperienze basate sulla natura alternativa (Blamey, 2001). "Ecoturismo", "turismo naturale" e "turismo sostenibile" sono spesso usati in modo intercambiabile, anche se si tratta di forme distinte di turismo.

Ecoturismo e Turismo naturalistico sono due concetti che spesso vengono confusi tra di loro. In realtà si tratta di due modi di fare turismo piuttosto differenti. Per **Turismo Naturalistico** si intende un tipo di viaggio che ha come destinazione principale un ambiente naturale, quale può essere la montagna, il deserto, lago ecc. Ma non è un tipo di turismo "responsabile", nel senso che non ha sempre come fine ultimo la preservazione dell'ambiente. In altre parole, non è direttamente riconducibile al turismo sostenibile (l'ambiente è solamente la meta del viaggio). L'EcoTurismo invece si basa sul concetto di sostenibilità o anche, come spesso si dice, di responsabilità. Per utilizzare una definizione del TIES (The International Ecotourism Society) l'ecoturismo è *"un modo responsabile di viaggiare in aree naturali, conservando l'ambiente e sostenendo il benessere delle popolazioni locali"*.

Il turismo naturalistico deve racchiudere almeno tre caratteristiche distintive affinché possa essere riconosciuto come ecoturismo: (i) minimizzazione degli impatti economici, sociali e ambientali avversi

sulla destinazione, (ii) influenza positiva sulla conservazione ambientale e (iii) miglioramenti nelle comunità locali e nei loro mezzi di sussistenza (Wearing e Neil, 2009).

Con la crescita del turismo naturalistico e dell'ecoturismo, e delle imprese associate a queste attività, molte aree protette hanno acquisito importanza come destinazioni turistiche (Dharmaratne, Sang e Walling, 2000).

Le aree interne spesso ospitano paesaggi unici, foreste, fiumi incontaminati e una varietà di habitat naturali che rappresentano un patrimonio prezioso da proteggere. Attraverso politiche di gestione sostenibile delle risorse naturali e la promozione di pratiche agricole e forestali responsabili, è possibile preservare questi ambienti unici, garantendo al contempo la loro fruizione da parte delle generazioni presenti e future. Allo stesso modo, la valorizzazione delle risorse culturali rappresenta un'opportunità per conservare e promuovere la ricca storia e tradizioni delle aree interne. Monumenti storici, siti archeologici, tradizioni popolari e artigianato locale, assieme alle risorse naturali, sono parte integrante dell'identità di queste comunità e costituiscono un importante attrattore turistico.

Tuttavia, il rapporto tra turismo e aree protette è spesso complesso, in quanto, la prevalente mancanza di conoscenza, responsabilità e pianificazione a lungo termine, ha spesso portato ad uno sviluppo che non è né ambientalmente né culturalmente in sintonia con l'area e con la comunità ospitante.

Il turismo genera molte conseguenze ambientali negative, quali la produzione di rifiuti solidi, l'inquinamento dell'acqua e dell'aria e il disturbo dell'habitat, che possono minacciare seriamente l'ambiente stesso da cui dipende il turismo. Allo stesso tempo però, nelle aree naturali protette, l'ecoturismo potrebbe fornire slancio e investimenti economici per una migliore conservazione delle specie e degli habitat.

Una delle strategie di protezione e conservazione applicate a livello mondiale è l'istituzione di aree naturali protette (NPA) (Canteiro et al. 2018). La pianificazione e la gestione degli NPA sono stati un argomento di interesse per ambientalisti di tutto il mondo (Morea, 2019). La preservazione delle risorse naturali e degli ambienti attraverso l'NPA è stata riconosciuta importante per un corretto sviluppo sostenibile (Job et al. 2017).

Nel 1991 la Comunità Europea ha introdotto la Direttiva Habitat (N. 92/43/CEE). La direttiva Habitat è una direttiva approvata il 21 maggio 1992 dalla Commissione europea che ha lo scopo di promuovere il mantenimento della biodiversità mediante la conservazione degli habitat naturali nel territorio europeo. Il territorio di ciascuna area protetta è suddiviso in diverse zone con diversi gradi di protezione.

In Italia gli NPA sono più di 1.000 e, in termini percentuali, coprono oltre l'11% della superficie totale del Paese (<http://www.parks.it/indice/Efaq aree protette.html>) grazie alla contemporanea presenza di ambienti naturali molto variegati tra di loro. Secondo il Ministero dell'Ambiente italiano (Ministero *dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare*, 2010), la maggior parte di queste aree (55%) si trova nel sud dell'Italia, mentre il 29% e il 16% sono localizzati rispettivamente nel Nord e nel Centro Italia. In generale le aree protette più conosciute sono i Parchi Nazionali del Gran Paradiso, dello Stelvio, delle Dolomiti e quello d'Abruzzo.

Le aree interne dell'Appennino custodiscono spesso risorse naturali e culturali di inestimabile valore, spesso non pienamente valorizzate. Il territorio del comune di Palena, situato nella regione Abruzzo, si distingue per la sua straordinaria ricchezza floristica, frutto della sua variegata morfologia che trova nel versante orientale della Majella un habitat ideale per la crescita di numerose specie di orchidee mediterranee. È stupefacente constatare come un'area che costituisce solo lo 0,03% del territorio italiano possa ospitare oltre il 15% della sua flora, evidenziando così l'eccezionale biodiversità locale. La flora di Palena rappresenta circa il 57% della flora del Parco Nazionale della Majella e circa il 35% della flora regionale dell'Abruzzo. Questo risultato è reso possibile dalla combinazione di diversi fattori, tra cui il limitato impatto antropico, la diversità del paesaggio vegetale e le variazioni climatiche e ambientali.

Negli ultimi anni, il Comune di Palena ha abbracciato l'identità di "Paese delle orchidee spontanee", promuovendo eventi tematici sotto l'egida del comitato scientifico del Parco Nazionale della Majella. Questi eventi includono escursioni nei luoghi in cui le orchidee sono presenti, mostre a tema e la festa delle orchidee nel centro storico, offrendo così un'offerta turistica mirata agli appassionati di orchidee per una fruizione sostenibile di questa risorsa naturale. Questo approccio ha già dato vita a forme nuove e qualificate di occupazione giovanile, al recupero di antiche tradizioni e alla creazione di alternative

redditizie per la popolazione locale. Oltre a suscitare interesse a livello locale e nazionale, il turismo naturalistico legato agli appassionati di orchidee è un fenomeno internazionale, diffuso soprattutto nei paesi nordeuropei e in alcune aree del Mediterraneo come le isole Baleari e quelle greche. Questa realtà offre l'opportunità di far conoscere a un pubblico più ampio, nazionale e internazionale, aree al di fuori dei tradizionali circuiti turistici, o di valorizzare periodi dell'anno caratterizzati da una minore affluenza turistica nelle zone interne, come la primavera per il comune di Palena.

Tuttavia, il ruolo centrale delle orchidee nella progettualità di sviluppo del comune di Palena ha richiesto un'azione sinergica per sistematizzare la loro conoscenza e diffusione, basandosi su solide basi scientifiche e integrando sempre più la loro fruizione nell'offerta turistica del territorio. Questo progetto di tesi si inserisce nelle strategie socio-economiche per le aree interne, mirando alla valorizzazione delle risorse naturali, culturali e al turismo sostenibile.

Nel presente progetto, è stata condotta un'attività di ricerca dettagliata per esplorare il territorio di Palena, focalizzandosi soprattutto sull'analisi approfondita delle orchidee. È stata pianificata e realizzata con successo la mappatura delle varie popolazioni di orchidee, accompagnata da un'attenta analisi degli ambienti che le ospitano. Questo approccio ha permesso di valutare le minacce che potrebbero mettere a rischio tali aree e di formulare proposte concrete di intervento per la loro protezione e conservazione. Le informazioni botaniche ed ecologiche hanno fornito un quadro dettagliato su ciascuna specie di orchidea, il cui contenuto è stato trasformato in schede informative destinate alla divulgazione pubblica, contribuendo così alla sensibilizzazione e alla valorizzazione di questo ricco patrimonio naturale. Il progetto ha previsto anche la realizzazione di una sentieristica dedicata e interattiva, che consentirà ai visitatori di ottenere informazioni in tempo reale tramite QR code, integrando le conoscenze botaniche con informazioni storiche, culturali e gastronomiche del territorio. Questa iniziativa, oltre a promuovere la conoscenza della biodiversità vegetale locale, si inserisce in un contesto di turismo naturalistico sostenibile, contribuendo così allo sviluppo economico e sociale di questo territorio.

Nell'autunno-inverno del 2020-2021, presso il dipartimento di Biologia dell'Università di Napoli Federico II, è stato condotto uno studio bibliografico sulle orchidee mediterranee per raccogliere informazioni sulle orchidee di Palena e del Parco Nazionale della Majella. Nella primavera-estate del 2021, il lavoro a Palena

è stato dedicato alla raccolta di dati e materiale fotografico durante la fioritura delle orchidee, con l'assistenza del Parco della Majella e della Proloco locale per analisi paesaggistiche e la pianificazione dei sentieri tematici. Durante l'autunno-inverno del 2021-2022, sono stati analizzati i dati raccolti al fine di preparare carte tematiche sulle orchidee di Palena e sviluppare un sito web per la sentieristica, in collaborazione con l'Orto Botanico di Oxford. Questa istituzione ha già sperimentato diverse soluzioni di etichettatura elettronica delle piante, sviluppando percorsi botanici tramite app per smartphone. Recentemente, l'Orto Botanico di Oxford ha pubblicato una guida sulla flora del Mediterraneo e vanta un team di esperti di orchidee. Durante il periodo di studio presso questo istituto, sono state sfruttate queste competenze per sviluppare metodologie di sentieristica interattiva e modalità di divulgazione botanica online.

Durante l'autunno-inverno del 2022-2023, completate le analisi dei dati raccolti sono state allestite le schede informative sulle orchidee di Palena e i testi destinati alla sentieristica interattiva. Nell'analizzare la presenza e la vitalità delle orchidee nel territorio, è emersa la necessità cruciale di valutare il loro stato di salute e di implementare strategie mirate alla conservazione e alla gestione ottimale. Per sviluppare efficaci piani di gestione, è imperativo considerare diverse componenti che influenzano il benessere delle orchidee, tra cui gli impollinatori, i funghi simbiotici e le condizioni dell'ambiente circostante. Le orchidee hanno sviluppato una vasta gamma di complesse interazioni con i loro impollinatori al fine di ottimizzare questo processo. Nonostante l'importanza cruciale della relazione tra fiori e impollinatori per il corretto funzionamento degli ecosistemi terrestri, lo studio dell'ecologia dell'impollinazione è emerso solo recentemente. Da Sprengel a Darwin, l'argomento ha guadagnato sempre più interesse nel corso del tempo, rappresentando un notevole esempio di coevoluzione tra piante e animali. Gli insetti impollinatori principali includono imenotteri, ditteri, lepidotteri e coleotteri, con capacità sensoriali che includono vista, tatto e olfatto. Le *Orchidaceae*, con le loro 28.000 specie, rappresentano una delle famiglie più studiate nell'ambito dell'ecologia dell'impollinazione, grazie alla loro straordinaria diversità di forme e adattamenti evolutivi. La straordinaria diversità delle orchidee può essere attribuita alle molteplici interazioni che queste piante stabiliscono con i loro insetti impollinatori. È stata avanzata l'ipotesi che tali interazioni siano tra le principali forze evolutive responsabili della straordinaria diversificazione delle orchidee (Cozzolino e

Widmer, 2005). Tuttavia, i meccanismi di impollinazione variano ampiamente (Dressler, 1993). Nelle specie tropicali, è comune osservare relazioni mutualistiche con gli impollinatori, in cui le orchidee forniscono ricompense come nettare, polline o oli aromatici, offrendo una ricompensa di tipo nutrizionale. Al contrario, un terzo delle orchidee delle regioni temperate non offre alcuna ricompensa e si basa su meccanismi di attrazione ingannevoli nei confronti degli insetti impollinatori. Una delle forme più diffuse di inganno è la mimesi alimentare, in cui le orchidee mimano piante nettariifere o caratteristiche tipiche di tali piante. Questa strategia può essere generalizzata o specializzata. La simulazione di piante gratificanti può quindi essere definita anche come mimetismo batesiano. Le caratteristiche principali del mimetismo batesiano nell'impollinazione delle piante includono la condivisione dello stesso impollinatore tra il mimico e il modello (Johnson, 2000), la sovrapposizione geografica e morfologica (Wüster et al. 2004), un numero inferiore di individui imitati rispetto al modello (Schiestl, 2005), segnali simili indistinguibili dall'impollinatore (Jersáková et al. 2016), infine, il modello che agisce come una "specie magnetica" per aumentare la frequenza di visita degli insetti impollinatori e il tasso di allegagione dei frutti. D'altra parte, invece, l'inganno alimentare generalizzato si verifica quando le piante forniscono falsi segnali alimentari, come speroni senza nettare, finto polline, colore o odore simile, per indurre gli insetti a cercare cibo sui fiori, ottenendo così l'impollinazione in base ai comportamenti di foraggiamento degli insetti. La maggior parte dei casi di inganno alimentare generalizzato non hanno oggetti mimetici specifici, cioè modelli mimetici. Gli obiettivi dell'inganno sono insetti "ingenui" senza esperienza di apprendimento. In alcuni casi, anche senza un modello specifico, le piante che adottano un inganno alimentare generalizzato possono comunque trarre beneficio dalla presenza di specie vegetali ricompensanti in termini di successo nell'impollinazione attraverso una facilitazione ecologica. Questi fiori spesso mostrano polimorfismi all'interno delle popolazioni che possono ritardare il processo di apprendimento e riconoscimento degli impollinatori (Cropper e Calder, 1990 ; Ferdy et al. 1998 Smithson et al. 2007).

Il presente progetto di ricerca ha quindi incluso uno studio sulla strategia di impollinazione di *Anacamptis morio*, l'orchidea più diffusa nel territorio di Palena, per fornire informazioni utili per la salvaguardia della specie e delle sue interazioni con altre specie nettariifere come *Polygala nicaeensis*, una pianta

ricompensante con una colorazione molto simile. I risultati sono strumentali alla definizione di corretti e specifici piani di gestione e tutela della ricchezza orchidologica di questo territorio.

I° capitolo: Realizzazione di un sito web per la valorizzazione delle orchidee del territorio di Palena

1.1 Premessa

La regione Abruzzo, per le caratteristiche del suo territorio, permette una vasta offerta di turismo naturalistico. Mare, montagna, borghi storici, fiumi e laghi sono alla portata di tutti gli amanti della natura e delle tradizioni locali. Inoltre, nel Parco Nazionale della Majella, fauna e flora si presentano con caratteristiche del tutto peculiari. Il presente lavoro affronta la valutazione del potenziale turistico di un comune interno al Parco Nazionale della Majella utilizzando come risorsa naturale le orchidee spontanee che crescono nel territorio.

1.2 Turismo orchidologico

Il turismo naturalistico, ad oggi, è una delle tipologie di turismo più importanti. È una forma di turismo incentrata sull' esplorazione e l' apprezzamento della natura, si concentra in particolare sulla scoperta degli ambienti naturali, sulla flora e fauna, nonché sulla conservazione della biodiversità. Le attività associate al turismo naturalistico possono includere escursioni a piedi, bird watching, safari, snorkeling, immersioni subacquee, osservazione di animali selvatici, fotografia naturalistica, trekking e molto altro. Pertanto, alcuni operatori turistici del settore e guide specializzate offrono itinerari che mettono in evidenza la bellezza e l' importanza ecologica di determinate regioni.

Il turismo naturalistico sulle orchidee spontanee è un tipo specifico di turismo che si concentra sull' osservazione e l' apprezzamento delle orchidee selvatiche nel loro habitat naturale. Le orchidee crescono in una varietà di habitat, tra cui, boschi paludi e zone umide; perciò, le destinazioni per questo tipo di turismo possono includere riserve naturali, parchi nazionali, giardini botanici e altre aree protette. Attualmente, l' osservazione delle orchidee selvatiche in campo è considerata come un turismo di nicchia anche se osservare le orchidee nell' ambito di un viaggio più generale in un' area protetta può essere un punto di forza per alcuni turisti. Il Parco Nazionale della Majella è un hotspot di biodiversità floristica che possiede una delle più vaste fioriture di orchidee d' Italia. Poiché la fioritura delle orchidee è stagionale, e molte specie hanno periodi specifici in cui fioriscono; i turisti naturalisti potrebbero pianificare le loro visite in base ai

cicli di fioritura delle orchidee che desiderano ammirare. Il turismo naturalistico incentrato sulle orchidee coinvolge spesso anche la fotografia naturalistica, con gli appassionati che cercano di catturare la bellezza unica di queste piante nei loro ambienti naturali. La pressione antropica e la perdita di habitat rappresentano minacce significative per molte specie di orchidee, pertanto, l'interesse per queste piante può contribuire alla sensibilizzazione sulla necessità di conservare gli habitat naturali in cui crescono. Le escursioni guidate specializzate sulle orchidee, organizzate con l'obiettivo di contribuire alla promozione della consapevolezza, conservazione e educazione ambientale, sono di grande importanza. È fondamentale, inoltre, che i turisti naturalisti adottino pratiche di turismo responsabile, seguendo le linee guida locali per la conservazione, poiché la raccolta e la sofferenza delle orchidee selvatiche possono avere impatti negativi sulle popolazioni locali.

In Italia, esistono diverse associazioni e gruppi dedicati allo studio, conservazione e promozione delle orchidee. Queste associazioni spesso organizzano eventi, escursioni, conferenze e attività didattiche per condividere la bellezza e l'importanza di queste piante. Tra queste, possono essere menzionate due associazioni, entrambe senza scopo di lucro, che svolgono con grande impegno queste attività, il G.I.R.O.S (Gruppo italiano per la ricerca sulle orchidee spontanee), fondato nel 1994 dal naturalista Paolo Liverani e l' A.O.C.I. (associazione orchidofili centro Italia).

1.3 Parco Nazionale della Majella

Il Parco Nazionale della Majella, istituito con la Legge n. 394 del 6 dicembre 1991 e avviato con un decreto del Presidente della Repubblica il 5 giugno 1995, si estende per 74.095 ettari nel cuore verde dell'Abruzzo fra le province di Pescara L'Aquila e Chieti, all'interno dei territori di ben 39 Comuni. Esso è caratterizzato fondamentalmente dalla presenza di due grossi massicci montuosi che ne occupano la porzione centro-settentrionale: la Majella, da cui il Parco prende il nome, ed il Morrone. La Majella, che ha la forma di una possente cupola, presenta le cime più elevate del Parco tra cui Monte Amaro (2793 m), seconda vetta dell'Appennino, M. Acquaviva (2740 m), M. Focalone (2676 m), M. S. Angelo (2669 m), M. Rotondo (2656 m), Pescofalcone (2657 m) e M. Macellaro (2631 m). Il massiccio del Morrone, la cui cima più elevata è il M. Morrone (2061 m), questa è una lunga e stretta catena montuosa, affusolata nella parte settentrionale, alla cui estremità le Gole di Popoli segnano il passaggio delle prime propaggini meridionali

del Gran Sasso. A sud dei due massicci, il M. Porrara (2137 m), il M. Pizzalto (1966 m) e il M. Rotella (2129 m), tre dorsali parallele allineate in direzione NW-SE, declinano negli ampi pianori carsici degli Altipiani Maggiori. I Monti Pizzi, all'estremità sudorientale del Parco, sono costituiti da una serie di piccoli rilievi tra cui M. Secine (1883 m), Serra Tre Monti (1822 m), M. S. Domenico (1612 m) e M. Lucino (1626 m). Tutto il massiccio è fondamentalmente di natura calcarea, intensamente modellato dagli eventi glaciali (circhi, valli e morene) e carsici (polje, doline, grotte), sui Monti Pizzi invece, a ridosso della vallata del fiume Sangro, prevalgono i flysch pelitico-arenacei. Nel parco sono inoltre presenti altri depositi di origine terrigena, tra cui marne, calcareniti, evaporiti e argille varicolori, nonché depositi quaternari quali breccie e conglomerati, terre rosse e depositi detritico-colluviali.

L'ampia estensione territoriale ed altitudinale del Parco fa sì che vi siano rappresentati numerosi tipi climatici inquadrati nei bioclimi mediterraneo, essa si realizza all'estremità nord-occidentale del Parco, e Temperato, nettamente prevalente. Il patrimonio forestale del parco copre quasi i 2/3 del territorio dell'area protetta. Sono prevalenti faggete, cerrete querceti di roverella e orno-ostrieti, ma non mancano formazioni igrofile ripariali, boschi di forra e un unico popolamento di betulla. Tra le formazioni sempreverdi spiccano per importanza mughete, e i popolamenti di pino nero autoctono, ma sono bene rappresentati anche rimboschimenti artificiali di conifere varie, i ginepreti e a quote più basse, le leccete. Non mancano piccoli lembi di foresta vetusta, tra cui spiccano alcune porzioni di faggeta nei territori di Palena e Pizzoferrato.

Il parco nazionale della Majella si estende per 74.095 ettari e si ripartisce in 39 Comuni appartenenti alle province di Chieti, L'Aquila e Pescara: Abbateggio, Ateleta, Bolognano, Campo di Giove, Cansano, Caramanico Terme, Civitella Messer Raimondo, Corfinio, Fara San Martino, Gamberale, Guardiagrele, Lama dei Peligni, Lettomanoppello, Lettopalena, Manoppello, Montenerodomo, Pacentro, **Palena**, Palombaro, Pennapiedimonte, Pescocostanzo, Pettorano sul Gizio, Pizzoferrato, Popoli, Pratola Peligna, Pretoro, Rapino, Rivisondoli, Roccacasale, Roccamorice, Rocca Pia, Roccaraso, Salle, San Valentino in Abruzzo Citeriore, Sant'Eufemia a Majella, Serramonacesca, Sulmona, Taranta Peligna e Tocco da Casauria.

1.4 Inquadramento climatico

Nel parco il clima è temperato, fatta eccezione delle quote più basse dove invece c'è un clima tipicamente mediterraneo, caratterizzato da una marcata aridità estiva. La posizione della Majella fa sì che normalmente sia esposta a correnti di origine atlantica. Le temperature in generale sono basse e generalmente la media annuale si aggira intorno ai 10°C, le temperature estive sono più alte alle quote più basse, infatti, possono raggiungere i 30°C nei mesi più caldi. D'inverno sulle cime della Majella si raggiungono anche temperature inferiori ai -20°C.

Le precipitazioni sono, in generale, moderatamente abbondanti. Le aree interne sono caratterizzate da precipitazioni basse e livelli elevati continentalità, ciò determina la presenza di specie e vegetazioni di tipo para-steppiccio.

Il periodo più stabile, caratterizzato da scarse precipitazioni e assenza di vento, è quello compreso tra aprile-giugno. Le nevicate si concentrano nel periodo invernale anche se in alta quota non sono improbabili negli altri mesi dell'anno.

1.5 Inquadramento geologico

Il parco è costituito da rilievi carbonatici separati da valli e altopiani carsici, essendo un territorio carsico, i principali corsi d'acqua sono incassati nelle valli o localizzati dove emergono terreni argillosi.

Il Parco, la cui altitudine va dai 130 ai 2793 m di M. Amaro, è costituito da rilievi carbonatici che superano o sfiorano i 2000 m, Majella, Morrone, Porrara, Pizzalto e Rotella, separati da valli e da pianori carsici. Dal punto di vista geologico, la Majella è il massiccio più singolare dell'Appennino. I suoli calcarei si sono depositati per lo più a partire da 100 milioni di anni fa sul fondo di un mare tropicale ricco di vita, come testimoniato da numerosi fossili; la sua orogenesi è recente (Pliocene, 5 milioni di anni fa). I Geositi del Parco Majella sono: Sorgenti del Verde, Sorgenti dell'Aventino, Gole di San Martino, Depositi lacustri di Valle Giumentina, Capo di Fiume e Cava di Gesso.

Le sorgenti dell'Aventino si trovano all'interno dell'area vincolata di interesse paleontologico di Capo di Fiume sul versante orientale del Monte Porrara. Data la particolare situazione idrogeologica locale, parte delle acque sorgive provengono perlopiù dal versante opposto della montagna; quindi, da un bacino idrografico diverso da quello cui appartiene il fiume omonimo e più precisamente dall'Altopiano carsico

del Quarto di Santa Chiara (1250 m s.l.m.). Qui, le acque piovane e quelle di fusione delle nevi dei vicini monti Pizzalto e Porrara si raccolgono nel torrente La Vera che scorre attraverso tutto l'altopiano e si inabissa in un inghiottitoio formando, specialmente piccoli in primavera, un laghetto con dimensioni e profondità variabili ogni anno. Gli strati di roccia affioranti presso Capo di Fiume costituiscono una successione che si è deposta in un ambiente marino costiero di laguna e palustre durante il Miocene superiore, circa 7 milioni di anni fa. I resti paleobotanici documentano la presenza di salici, del cipresso calvo, dell'albero della cannella e di piante caducifoglie. Negli spazi aperti vivevano piccoli mammiferi detti prolaghi, di uno dei quali è stato rinvenuto uno scheletro ben conservato. Il giacimento paleontologico di Capo di Fiume, su cui è stato imposto il vincolo archeologico, è unico ed importante per i suoi aspetti scientifici, può essere apprezzato dai turisti in quanto è parte di un sistema integrato di visita che comprende il Museo Geopaleontologico Alto Aventino di Palena, dove sono conservati i resti dei fossili citati. (<https://www.parks.it/parco.nazionale.majella>)

Piccoli e pochi, ma importanti, per la fauna selvatica e per alcune specie di flora sono i corpi idrici perenni: i laghi Ticino, Battista e Pietra Cernaia. La larga diffusione delle rocce carbonatiche regala al Parco oltre 115 grotte carsiche. Spesso queste grotte hanno valore archeologico e paleontologico. Sempre per la sua natura carsica, il sistema idrogeologico della Majella è uno dei più importanti in Italia. Le rocce sedimentarie meso-cenozoiche affioranti sulle montagne carbonatiche del parco sono costituite da calcari fossiliferi che testimoniano un lungo periodo di sedimentazione in ambienti marini caldi e generalmente poco profondi di piattaforma isolata che degradava, tramite zone di transizione e scarpata, verso il mare aperto collocato più a nord. In alcune zone della Majella, lungo il corso dei fiumi, si trovano anche sedimenti alluvionali (sabbie e ciottoli) più o meno recenti. Nel bacino della Valle dell'Orta, nella parte alta del canyon sono presenti alcuni depositi antichi di ciottoli alluvionali generalmente cementati. La loro assenza nei livelli intermedi del canyon ha fatto supporre che gli stessi si siano approfonditi "rapidamente" per circa 100 m negli ultimi 70.000 anni a seguito di scatti tettonici che portavano la montagna a sollevarsi e il fiume ad erodere sempre di più per raggiungere il proprio profilo di equilibrio. Sia in alta quota che negli altopiani carsici sono presenti depositi residuali tipici di fondo di dolina causati dal disfacimento carsico dei calcari.

Una spessa successione di sedimenti lacustri, alluvionali e glaciali riempie la Valle Giumentina, sede di un antico bacino lacustre che ha visto le prime presenze umane sulla Majella risalenti a circa 600.000 anni fa. Ciò ne fa uno degli archeogeositi più antichi d'Europa che ha restituito abbondanti reperti di industrie litiche del Paleolitico inferiore e medio. Questa successione costituisce anche un eccezionale archivio paleoclimatico e paleoambientale del Quaternario. La presenza di diverse litologie, oltre a quelle carbonatiche e le forme del terreno risultanti dalla combinazione di processi carsici, glaciali e fluviali aumentano la geodiversità dell'area.

1.6 La vegetazione

La vegetazione potenziale, cioè quella che si verificherebbe in assenza di impatto umano, vedrebbe alternarsi, lungo una sequenza altitudinale, le seguenti formazioni: nel piano collinare, fino a circa 1000 m di altitudine, boschi di caducifoglie termofile, a dominanza di roverella (*Quercus pubescens* subsp. *pubescens*), e semi-mesofile, a dominanza di cerro (*Quercus cerris*) e/o carpino nero (*Ostrya carpinifolia*), oltre che nuclei extrazonali di leccio (*Quercus ilex* subsp. *ilex*); nel piano montano. (1000-1900 m ca.), foreste di caducifoglie mesofile, soprattutto faggete; nel piano subalpino, fino a 2300- 2400 m arbusteti, prevalentemente mugheta e gineprei prostrati; alle quote più elevate praterie di altitudine e tundra alpina. Il quadro vegetazionale è in realtà molto più complesso ed articolato sia per la presenza di numerosi tipi di vegetazione azonale, cioè non legata alle caratteristiche climatiche ma ad un particolare fattore edafico come acqua, roccia o ghiaia mobile, sia perché nel terreno si sono affermate parecchie fitocenosi “secondarie”, derivanti cioè dalla distribuzione delle foreste originarie effettuate dall'uomo, nel corso dei secoli, per far posto a praterie e coltivi.

I boschi misti a dominanza di roverella, si presentano come formazioni aperte e luminose nelle quali la copertura discontinua della volta forestale, cui concorrono, tra le altre, specie come l'orniello (*Fraxinus ornus* subsp. *ornus*), il carpino nero, la carpinella (*Carpinus orientalis* subsp. *orientalis*), il sorbo domestico (*Sorbus domestica*), gli aceri campestre (*Acer campestre*) e minore (*Acer monspessulanum* subsp. *monspessulanum*), favorisce lo sviluppo di un folto sottobosco composto, da specie tipicamente nemorali (*Viola alba* subsp. *dehnhardtii*, *Aegonychon purpureocaeruleum*, *Brachypodium sylvaticum* subsp. *sylvaticum*, *Dioscorea communis*, etc.), specie dei pascoli (*Brachypodium rupestre*, *Bromopsis erecta*, etc.)

ed arbusti eliofili (biancospini, citisi, rose, ginepri, etc.). Su base floristica, se ne distinguono due tipi: alle quote più basse ed alle esposizioni più favorevoli, essi sono differenziati da specie mediterranee sempreverdi come la rosa di San Giovanni (*Rosa sempervirens*), la robbia selvatica (*Rubia peregrina*), l'alaterno (*Rhamnus alaternus* subsp. *alaternus*) e la fillirea (*Phillyrea latifolia*); più in alto, specie più mesofile come il citiso e foglie sessili (*Cytisophylklum sessilifolium*), l'acero opalo (*Acer opalus* subsp. *obtusatum*), il nocciolo (*Corylus avellana*) e, tra le erbe, *Festuca heterophylla*, *Hepatica nobilis*, etc. testimoniano il carattere di transizione verso le formazioni del piano montano.

La cerreta è presente soprattutto nel settore meridionale del Parco, su substrati marnoso-argillosi, in una fascia altimetrica compresa tra 700 e 1100 m. Non di rado essa si presenta nella forma di giovane fustaia e talora è presente qualche sporadico aspetto di bosco "maturo". Oltre al cerro, nello strato arboreo sono presenti il carpino bianco (*Carpinus betulus*), gli aceri opalo e campestre, il faggio, il maggiociondolo (*Laburnum anagyroides* subsp. *anagyroides*), il nocciolo etc. La freschezza determinata dai substrati a forte ritenzione idrica favorisce un'elevata ricchezza floristica ed un sottobosco caratterizzato dalla compresenza di specie dei querceti ed altre più mesofile tipiche delle faggete. Formazioni di macchia alta a dominanza di leccio si rinvencono, fino a circa 1000 m s.l.m., in corrispondenza di pendii acclivi e affioramenti rocciosi. La loro composizione in specie è simile a quella dei boschi più termofili di roverella, cui si aggiungono il laurotino (*Viburnum tinus* subsp. *tinus*), il caprifoglio mediterraneo (*Lonicera implexa* subsp. *implexa*), la salsapariglia (*Smilax aspera*) e, soprattutto nelle conche interne, il terebinto (*Pistacia terebinthus* subsp. *terebinthus*) e la dafne olivella (*Daphne sericea*). Lo strato erbaceo, molto povero, è costituito prevalentemente da ciclamini e poche altre specie come *Asplenium adiantetum nigrum* e *Carex halleriana*. Le vegetazioni secondarie della fascia collinare comprendono, limitandoci alle comunità seminaturali: arbusteti in cui prevalgono, ginepri (*Juniperus communis*, *J. deltoides*), ginestra comune (*Spartium junceum*), biancospino (*Crataegus monogyna*), prugnolo (*Prunus spinosa* subsp. *spinosa*), citiso a foglie sessili, marruca (*Paliurus spina-christi*) e, soprattutto all'interno delle Valle Peligna, il bosso (*Buxus sempervirens*); pascoli di graminacee perenni, soprattutto *Bromopsis ereeta*, *Brachypodium rupestre* e, soprattutto in corrispondenza delle conche intermontane, *Stipa capillata* e *Stipa dasyvaginata* subs.

apenninica; pascoli termofili di piccole piante annuali come *Brachypodium distachyon*, *Hypochoeris glabra*, *Holosteum umbellatum*, *Saxifraga tridactylites*, *Plantago afra* subsp. *afra* ecc.

Le tipologie di vegetazione rupicola individuate in questa fascia bioclimatica sono, negli aspetti legati alle rupi umide, a dominanza di *Adiantum capillus-venens*, mentre sulle rupi asciutte prevalgono *Campanula fragilis* subsp. *cavolinii* *Asplenium* sp. pl., *Centranthus ruber* subsp. *ruber* soprattutto alla base dove si accumulano sostanze azotate, crassulacee del genere *Sedum* negli aspetti con roccia più o meno frantumata. I popolamenti igrofili lungo i corsi d'acqua sono costituiti da nuclei pionieri di salici (*Salix alba*, *S. triandra* subsp. *triandra*, *S. purpurea*, *S. elaeagnos*) e pioppi (*Populus nigra*, *P. alba*, *P. xcanadensis*). Le cenosi elofitiche sono formate soprattutto da specie dei generi *Phragmites*, *Typha* e, molto raramente, *Schoenoplectus* e *Bolboschoenus*. La faggeta, che costituisce la formazione forestale più estesa e caratterizzante del Parco, si presenta generalmente come ceduo invecchiato che sta evolvendosi, naturalmente o agevolato dall'uomo, verso l'alto fusto. Esempi notevoli di quest'ultimo tipo si rinvencono sui Monti Pizzi, sul Pizzalto e al Bosco di S. Antonio. Alle quote inferiori, diverse specie arboree accompagnano il faggio: aceri, cerri, carpini, frassini, maggiociondoli, tigli, tassi e agrifogli. Più in alto, il faggio diventa il dominatore incontrastato. Il sottobosco della faggeta è in genere piuttosto povero, costituito prevalentemente dalla rosa cavallina (*Rosa arvensis*), dal rovo ghiandoloso (*Rubus hirtus*), dalla berretta da prete maggiore (*Euonymus latifolius*), varie felci (*Polystichum* sp. pl., *Dryopteris* sp. pl.), dentarie (*Cardamine* sp. pl.), anemoni (*Anemone apennina*, *Anemonoides ranunculoides*) ecc. Una nota di grande effetto paesaggistico è costituita dalle radure, che in alcuni casi sono punteggiate dalle vistose fioriture purpuree delle peonie (*Paeonia officinalis* subsp. *italica*) o, più frequentemente, dalle compatte cortine roseo-lilacine di *Chamaenerion angustifolium*. Di notevole interesse paesaggistico e conservazionistico sono i nuclei relittuali di pino nero di Villetta Barrea (*Pinus nigra* subsp. *nigra* var. *italica*), presenti allo stato naturale in alcuni valloni del Parco con individui talora eccezionalmente longevi, nonché l'unico popolamento, anch'esso relittuale, di betulla (*Betula pendula*). Gli arbusteti secondari di sostituzione della faggeta sono dominati per lo più dal ginepro comune (*Juniperus communis*) e, alle quote più elevate, dal ranno alpino (*Atadinus* sp. pl.), accompagnati per lo più da lentaggine (*Viburnum lantana*), lampone (*Rubus idaeus* subsp. *idaeus*), varie specie di ribes (*Ribes* sp. pl.) e cotognastri (*Cotoneaster* sp.

pl.), pero corvino (*Amelanchier ovalis*), sorbo montano (*Sorbus aria*). Ai pascoli emicriptofitici già visti per il piano collinare, che nella fascia montana si diversificano anche con aspetti più mesofili, si aggiungono quelli a *Sesleria nitida*, su substrati ricchi di detrito, o di *Festuca circummediterranea*, sui versanti debolmente acclivi e su suoli più evoluti. Alle quote più elevate di questa fascia altimetrica, *Brachypodium rupestre* viene vicariato da *B. genuense*. Alquanto frammentarie sono alcune formazioni pioniere di camefite tra cui una rupestre a dominanza di *Lomelosia crenata* subsp. *Pseudisetensis* ed una a *Helianthemum oelandicum* subsp. *Incanum* e *Plantago subulata*. I prati umidi o temporaneamente inondati, rappresentati prevalentemente negli Altipiani Maggiori e nell'alta valle dell'Orta- P.so S. Leonardo si insediano su superfici pianeggianti o poco acclivi. Le specie dominanti a seconda della forma d'uso e del grado d'umidità nel terreno, sono *Arrhenatherum elatius*, *Cynosurus cristatus*, *Deschampsia cespitosa* subsp. *cespitosa*, *Hordeum secalinum*, *Filipendula ulmaria*, *Juncus sp. pl.*

Fitocenosi palustri edificate da grandi carici, tracce relitte di epoche passate con climi più freddi ed umidi, sono visibili soprattutto nelle porzioni più depresse degli Altopiani Maggiori. Alcune di esse sono estremamente rare nella penisola italiana, come molte delle specie che vi albergano; a titolo di esempio citiamo *Triglochin palustris*, *Ophioglossum vulgatum*, *Dactylorhiza incarnata* subsp. *incarnata* e, tra le carici, *Carex disticha* e *Carex buxbaumii*.

La vegetazione rupicola, in questa fascia climatica, si arricchisce di specie endemiche esclusive come *Aquilegia magellensis* negli anfratti ombrosi e *Pinguicula fiorii* sulle rupi stillicidiose. Molto localizzata, sul Morrone, è presente una comunità a *Trisetaria villosa* e *Saxifraga callosa* subsp. *callosa*. Diverse sono le associazioni vegetali individuate sui brecciai mobili prevalentemente dominate da *Leucopoa dimorpha* e *Drypis spinosa* subsp. *spiosa*.

Nel piano subalpino, la vegetazione più evoluta è rappresentata dalla mugheta (*Pinus mugo*) e dagli arbusteti prostrati a ginepro nano (*Juniperus commun*, s var. *saxatilis*). La prima a carattere relittuale e molto rara in Appennino, interessa il settore centro-settentrionale della Majella mentre i secondi sono rappresentati maggiormente sul Marrone e nei settori meridionali, più caldi. Accompagnano queste due specie, alcuni altri arbusti come l'uva orsina (*Arctostaphylos uva-ursi*, alcune dafne (*Daphne oleoides* subsp. *oleoides*, *D. mezereum*), i cotognastri, etc.

I pascoli più rappresentativi di questo orizzonte sono quelli a *Sesleria juncifolia* subsp. *juncifolia*, di cui un aspetto particolare è quello con abbondante *Dryas octopetala* subsp. *octopetala*, che si insediano generalmente, col tipico aspetto discontinuo e gradinato, sui versanti con esposizioni meridionali e suoli superficiali. Numerose specie di importanza fitogeografica e/o conservazionistica entrano nella loro composizione, come ad esempio *Gentiana dinarica*, *Anthemis eretica* subsp. *petraea*, *Achillea barre/ieri* subsp. *barre/ieri*, etc. Meno frequenti sono i pascoli dominati da *Festuca laevigata*, i nardeti e, nelle situazioni caratterizzate da suoli rocciosi primitivi, formazioni a camefite a dominanza di *Globularia meridionalis* e *Helianthemum oelandicum* subsp. *alpestre*.

Le rupi del piano subalpino presentano comunità peculiari, tra cui spiccano per interesse quelle edificate dalle endemiche *Saxifraga exarata* subsp. *ampullacea* e *S. italica* e quelle a *Heliosperma pusillum*, *Pinguicula fiorii* e *Soldanella minima* subsp. *samnitica*, queste ultime due entità esclusive del massiccio della Majella che si insediano alla base di rupi ombrose con esposizioni settentrionali.

La vegetazione di ghiaione è costituita prevalentemente da comunità a *Leucopoa dimorpha* e *Galium magellense* ma sono presenti anche aspetti dominati da *Cymbalaria pallida* o, più localizzati, dalla felce *Dryopteris villarii*.

Oltre i 2300 metri, aride pietraie punteggiate da zolle pioniere di vegetazione permettono la sopravvivenza solo di poche cenosi di piante erbacee specializzate, molte delle quali di enorme interesse fitogeografico in quanto endemiche o relitte. Relativamente alle cenosi di prateria, ne sono stati individuati diversi tipi: uno a *Sesleria juncifolia* subsp. *juncifolia*, differenziato, rispetto a quello del piano subalpino, da specie di alta montagna come ad esempio *Festuca alfrediana* subsp. *ferrariniana*; uno a *Festuca violacea* subsp. *italica* ed *Helianthemum oelandicum* subsp. *alpestre*, alla testata delle valli glaciali; uno a *Carex myosuroides*, su suoli relativamente profondi; uno mesofilo a *Trifolium noricum* subsp. *praetutianum*; uno che merita ulteriori approfondimenti a *Poa magellensis* in ambiente di cresta con suoli poco profondi; due in corrispondenza delle vallette nivali, su suoli decarbonatati, a *Omalotheca diminuta* e *Plantago atrata* subsp. *atrata* ed a *Taraxacum apenninum* e *Trifolium thalii*.

La vegetazione ad elevata discontinuità della tundra alpina è formata dai pulvini di *Silene acaulis* subsp. *bryoides* e di *Saxifraga oppositifolia*.

La prima specie, in particolare, è una efficace colonizzatrice di questo ambiente estremo e molte altre specie sopravvivono all'interno dei suoi cuscinetti. Sui brecciai culminali si insediano differenti comunità sulla base delle dimensioni e della mobilità dei clasti; sui substrati molto instabili prevalgono *Isatis apennina* e *Noccaea stylosa* cui si aggiunge, in corrispondenza di clasti medio-grandi, *Heracleum orsinii*, *Crepis aurea* subsp. *Glabrescens* e *Scorzoneroides montana* subsp. *breviscapa* prevalgono in prossimità degli apici di alimentazione con granulometria medio-fine; la vegetazione

a *Saxifraga oppositifolia* e *Papaver alpinum* subsp. *alpinum* è tipica dei brecciai più o meno consolidati ed a clasti grossolani, pressoché privi di humus; le comunità a *Adonis distorta*, *Ranunculus seguieri* subsp. *seguieri* e *Crepis magellensis* (endemica della Majella), si affermano in corrispondenza di suoli "a strisce" caratterizzati da una alternanza di linee di detrito e linee di particelle fini di suolo. Sui ghiaioni consolidati, in corrispondenza di stazioni particolarmente umide e a lungo innevate, sono presenti anche praterie chiuse a dominanza di *Salix retusa*, un salice strisciante al suolo.

Le rupi altomontane ospitano anch'esse diverse comunità a seconda delle diverse condizioni ambientali che vi si verificano. Nel territorio del Parco ne sono state individuate una a dominanza di *Potentilla apennina* subsp. *apennina*, una ad *Artemisia eriantha*, una a *Saxifraga italica* e *S. exarata* subsp. *ampullacea*, una a *Saxifraga sedoides* subsp. *Sedoides* e *S. italica*.

1.7 Flora

L'elenco floristico comprende 2.309 specie e sottospecie (inclusi 12 ibridi). Gli ibridi appartenenti alle *Orchidaceae* non sono stati considerati perché le conoscenze e i trattamenti attuali non sono omogenei nei diversi generi. Tra i Parchi nazionali italiani, il numero di piante registrato nel Parco della Majella (PNM) è secondo solo al Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga (Conti e Bartolucci 2016), area protetta ben più estesa di quella della Majella. L'elevato numero di specie registrato potrebbe essere dovuto alla peculiare posizione fitogeografica di PNM tra le regioni eurosiberiana e mediterranea, alla presenza della seconda montagna più alta dell'Appennino e alla grande varietà di habitat e caratteristiche climatiche. Tra gli ecosistemi di maggior interesse quelli legati agli estesi altopiani di origine tettonica e carsica (Piano delle Cinque Miglia e Quarti) entro cui hanno trovato rifugio molte specie vegetali di ambienti umidi.

I taxa endemici italiani sono 204 (8,8%). Tra questi, 17 sono strettamente endemici dell'area sopracitata. Una tale abbondanza di taxa endemici potrebbe essere attribuita alla posizione geografica del Parco e alla particolare morfologia del massiccio della Majella, che sembra una cupola fortemente appiattita nella parte superiore, con una superficie di 24,5 km² che si sviluppa tra 2.400 e 2.793 m. Pertanto, il PNM può essere considerato un hot-spot di diversità vegetale, legato alla diffusione di substrati rocciosi e pietrosi su terreni nudi e vegetazione aperta di quote basse (van Gils et al. 2012). Il massiccio della Majella è molto importante dal punto di vista botanico anche per essere il locus classicus di 45 taxa (Peruzzi et al. 2015b, 2019, Brundu et al. 2017), 13 dei quali sono individuati con l'epiteto specifico "majellensis/e" "magellensis/e".

L'intero Appennino centrale può essere considerato un'isola biogeografica a causa della presenza di un piano alpino, con altitudini che non sono raggiunte altrove negli Appennini ma solo nelle Alpi a oltre 600 km (Conti, 2004).

In effetti, possiamo osservare un numero elevato di taxa endemici ristretti e limitati al Parco Nazionale della Majella o all'Appennino centrale. Tre taxa (*Orlaya daucorlaya* Murb., *Hieracium neomalyi* Zahn, *Thymus zygiformis* Heinr. Braun var. *magellensis* (Ronniger) Bartolucci e J. Walter) sono presenti in Italia solo in Abruzzo. Inoltre, il Parco rappresenta il confine meridionale o settentrionale della loro distribuzione italiana di 131 taxa. L'elevato numero di taxa ai margini della loro area di distribuzione è uno dei risultati più interessanti dal punto di vista fitogeografico e può essere spiegato da una certa continuità con le altre montagne dell'Appennino centrale, di cui il Parco è il territorio più meridionale insieme al Parco Nazionale d'Abruzzo Lazio e Molise (Conti e Bartolucci 2015).

1.8 Palena

1.8.1 Inquadramento geologico

Come descritto prima, il paese di Palena è uno dei 39 comuni appartenenti al Parco Nazionale della Majella, questo territorio è caratterizzato da una variegata morfologia e da un altrettanto notevole eterogeneità floristica.

Palena è un piccolo centro della Provincia di Chieti, situato a 767 m s.l.m., ubicato nell'alta valle del fiume Aventino alle falde del versante sud-orientale del Parco Nazionale della Majella. Il suo territorio si estende per circa 67 kmq, principalmente lungo l'asse NO/SE, raggiungendo un massimo altitudinale di 2550 m a

ovest sulla dorsale della Majella, mentre presenta una morfologia più dolce e quote meno elevate a est sulla destra idrografica dell'Aventino (Pietre Cernaie, 1783 m); a sud il valico della Forchetta, che congiunge il M. Porrara (2137 m) alla catena dei Monti Pizzi, immette nel vasto altopiano carsico del Quarto di S. Chiara.

Alle quote inferiori del versante della Majella, in ambiti riparati e favorevolmente esposti, attecchiscono specie tipiche di ambienti caldi e soleggiati quali il leccio, l'acero minore, l'orniello, la roverella, l'anemone fior stella e la ginestrella comune. Questo versante è anche il luogo elettivo per la crescita di varie orchidee spontanee.

Lungo il fiume Aventino la vegetazione ripariale è rappresentata da salici, pioppi e ontani. Alla sua destra idrografica si rinvencono lembi di querceti rappresentati in prevalenza da cerro, cui si accompagnano altre latifoglie come aceri e tigli, oltre a numerosi fruttiferi come meli, peri selvatici e sorbi. Il piano montano si caratterizza per la dominanza della faggeta, che rappresenta oltre il 70% dei boschi, con presenza nel sottobosco di agrifoglio, dafne e numerose geofite, e dove sporadicamente troviamo anche il tasso (*Taxus baccata*). In questi ambiti si rinvencono altre *orchidaceae* tipiche di boschi e di ambiti meno soleggiati appartenenti soprattutto ai generi *Epipactis*,

Cephalanthera ed *Epipogium*, cui si aggiungono varie *Orchis*, *Anacamptis* e *Ophrys* presenti nelle radure soleggiate. Oltre alle ampie distese boschive il territorio di Palena si caratterizza per gli estesi pascoli e prati-pascoli, pure molto ricchi di *orchidaceae* appartenenti a vari generi. L'altopiano del Quarto di S. Chiara, attraversato dal torrente Vera, presenta diverse formazioni erbacee legate a suoli più o meno umidi o impaludati. Si tratta di fitocenosi igrofile o mesofile a spiccato carattere relittuale, con entità floristiche molto rare come *Carex buxbaumii*, *C. disticha*, *Lathyrus pannonicus* subsp. *asphodeloide*, la specie endemica *Ranunculus marsicus* e, tra le *orchidaceae*, *Dactylorhiza incarnata* e *D. maculata*. Nella fascia subalpina, al limite della vegetazione arborea, sono presenti arbusteti a ginepro nano e uva orsina mentre alle quote più elevate si alternano ambienti rocciosi, praterie primarie e secondarie e ambienti sommitali con altre specie endemiche e relittuali di notevole interesse naturalistico (Di Cecco e Pezzetta, 2012).

Dal punto di vista geologico il territorio si presenta molto eterogeneo. Mentre nella parte est prevalgono formazioni argillose e arenacee, la parte a ridosso del M. Porrara e del massiccio della Majella si caratterizza per la prevalenza di rocce, suoli e detriti calcarei.

Il Quarto di S. Chiara è invece costituito da depositi fluvio lacustri di origine quaternaria.

I dati termo-pluviometrici raccolti nel capoluogo dimostrano che Palena è caratterizzata da un clima di transizione da mediterraneo a temperato-fresco con le seguenti caratteristiche (Pezzaetta, 1998):

- Precipitazioni medie annue: circa 990 mm con deviazione standard di 181.
- Stagione con maggiori precipitazioni: inverno con 301 mm.
- Stagione con minori precipitazioni: estate con 151 mm.
- Precipitazioni mensili massime: novembre con 127 mm.
- Temperatura media annua giornaliera: 11°.
- Temperatura media del mese più caldo (luglio): 20°.
- Temperatura media del mese più freddo (gennaio): 4°.
- Escursione termica media annuale: 17°C.

1.8.2 Storia

Sembrerebbe che il territorio abbia una storia ricca che spazia dall' epoca paleolitica al periodo romano, fino ai tragici eventi della Seconda guerra mondiale. La presenza di fossili e ritrovamenti archeologici suggerisce che il territorio di Palena fosse già abitato durante l'epoca paleolitica, mentre, tombe e alcuni edifici rinvenuti testimoniano la presenza di insediamenti durante l'epoca romana. Nel periodo del medioevo il centro del paese fu feudo dei Gualtieri, degli Orsini e di Antonio Caldora.

Nel IX secolo il paese subì la colonizzazione dei longobardi e nel 930 si stabilì in paese San Falco, il quale oggi è diventato il protettore della città.

Durante la Seconda guerra mondiale, Palena fu utilizzata come campo di prigionia dai nazisti e successivamente bombardata dagli alleati. In uno di questi bombardamenti, la chiesa di San Falco fu distrutta, tranne il campanile, che secondo leggende locali avrebbe subito un miracolo da San Falco, poiché al suo interno i cittadini vi nascosero il suo busto argenteo.

Nel XII secolo fu costruito il castello ducale, oggi sede del museo geopaleontologico dell'Alto Aventino, che conserva fossili che testimoniano il passato geologico del territorio.

Palena oggi detiene il marchio della bandiera arancione del Touring Club Italiano, che riconosce la bellezza e la qualità turistica dei piccoli comuni italiani.

1.8.3 Attrazioni

Numerose sono le attrazioni e le manifestazioni che è possibile visitare nel territorio palenese.

L'area faunistica dell'orso, istituita nel 2015, ospita 3 orse; Caterina, Margherita ed Iris. Queste orse sono nate e vissute in cattività e, al momento, non possono essere reintrodotte in natura.

L'area faunistica di Palena funge anche da sito di recupero/riabilitazione per individui autoctoni in difficoltà che necessitino, per periodi limitati, di particolari cure e attenzioni prima del rilascio in natura. Questa struttura attira nel paese un gran numero di visitatori.

Nell'altopiano della stazione di Palena, nei pressi del Valico della forchetta, è possibile trovare una delle tappe della transiberiana d'Italia, una linea ferroviaria che collega Sulmona a Carpinone. La ferrovia, inaugurata il 18 settembre 1897, è stata denominata "**Transiberiana**" dal giornalista Luciano Zeppigno, a causa delle abbondanti nevicate invernali che le conferiscono somiglianze con la linea ferroviaria che collega Mosca a Vladivostok. Con una lunghezza di 128 km, la transiberiana è priva di traffico ordinario. Il treno opera tutto l'anno durante i weekend e il percorso varia in base alla stagione. Le carrozze della transiberiana, chiamate "centoposte", sono tipiche carrozze degli anni '30, caratterizzate da interni e sedute in legno suddivisi in quattro ambienti, con una capacità massima di 24 sedute. Le porte di ingresso e uscita sono posizionate su entrambi i lati del vagone. Oggi, questa linea è conosciuta come "la ferrovia dei parchi", poiché attraversa il Parco Nazionale della Majella, il Parco Nazionale d'Abruzzo, Lazio e Molise e la riserva Collemeluccio-Montedimezzo Alto Molise.

La tradizione religiosa di Palena ha radici profonde, con la chiesa centrale del paese dedicata a Sant'Antonino martire e San Falco patrono del paese, festeggiato il 9 agosto. La chiesa fu inizialmente costruita intorno all'VIII secolo dai Benedettini Volturnesi sulle rovine di un tempio dedicato a Giove o ad Ercole, ed era inizialmente dedicata alla Vergine, seguendo la pratica comune delle prime chiese cristiane. Oltre alla chiesa principale, il paese ospita altre chiese di rilevanza, tra cui quella di Sant'Antonio da Padova, la chiesa della madonna del rosario e l'eremo Celestiano, noto anche come l'Eremo di Madonna

dell'Altare. Quest' ultimo ha origini legate a Pietro Da Morrone, futuro papa Celestino V, che cercava un luogo isolato e visse qui per 4 anni. Successivamente, i monaci celestiniani fondarono un monastero in questo luogo, ma alla chiusura dell'ordine, il monastero passò alla famiglia Perticoni di Palena. Attualmente, l'eremo è una struttura attiva e aperta e chiunque ami la tranquillità e la solitudine.

Palena offre una varietà di piatti culinari tipici, tra cui lasagna stracciata, fegatini d'agnello, chitarrina abruzzese e le pallottelle cacio e uova. Il dolce tipico di Palena è la pizzella, celebrata con una sagra ad agosto. La cucina locale presenta anche ricotta di pecora, mucca e capra, formaggi, salumi e miele. Prodotti che possono essere gustati in diverse locande del paese come *"Ristorante Casa dell'orso"*, *"Trattoria da Lucia"* e il *"Ristorante Bar della Majella"*.

Molte sono le zone che sono ricche di tartufo nero oltre che in alcuni casi in cui è possibile trovare anche il tartufo bianco.

Il museo geopaleontologico dell'alto Aventino di Palena, nato da un accordo tra la soprintendenza per i beni archeologici dell'Abruzzo, la provincia di Chieti, il comune di Palena e l'associazione Majella madre, guidata da Erminio Di Carlo. Questa collaborazione riflette un impegno congiunto per la ricerca e la conservazione dei fossili della zona. Il museo è suddiviso in diverse sale tematiche, la prima "la sala della conoscenza", affronta argomenti generali di geologia e della paleontologia in cui ospita alcuni reperti dei grandi mammiferi, qui è possibile ammirare la grande difesa e la mandibola di *Mammuthus meridionalis* rinvenute negli anni '70 a Giuliano Teatino (CH), reperti di *Hippopotamus antiquus* (resti di mandibola, femore, costole, vertebre e denti), *Cervus elaphus* e di *Elephas antiquus*, tutti provenienti dal giacimento di Ortona. Il ritrovamento è del 2002 e dopo il restauro sono stati portati al Museo Geopaleontologico Alto Aventino. Nella sala Aventino sono illustrate la storia geologica e gli aspetti paleoambientali e paleontologici del territorio attraverso le rocce e i fossili che lo caratterizzano e nella "sala Palena" sono esposti i reperti della "Collezione Di Carlo" provenienti dall'importante giacimento miocenico di Capo di Fiume. Qui è possibile ammirare resti vegetali, pesci, molluschi, echinidi, crostacei, piume di uccelli e lo scheletro perfettamente conservato nella roccia di un piccolo mammifero lagomorfo oggi estinto, il prolago. Il museo dispone di una sala dedicata soprattutto ai ragazzi, **"geologiocando"**, che ospita scuole non solo del territorio ma anche da altre località. Qui, i più giovani possono apprendere fenomeni e processi geologici e paleontologici attraverso esperienze ludiche. Il museo è situato in un'ala del castello ducale al centro del paese.

Il Museo va considerato come un sistema integrato con il geosito di Capo di Fiume, e con le sorgenti dell'Aventino. È stato realizzato, in prossimità del geosito, un breve percorso con alcuni pannelli didattici che guidano i visitatori all'osservazione diretta degli affioramenti rocciosi. Il giacimento di Capo di Fiume, unico ed importante per i suoi aspetti scientifici, è un sito protetto, è pertanto vietata la raccolta di fossili e di rocce. Gli strati di roccia del geosito di Capo di Fiume costituiscono una successione che si è deposta in ambienti marino costiero, di laguna e palustre durante il Miocene superiore, circa 7 milioni di anni fa. Il nome della località “Capo di Fiume” si riferisce ad un gruppo di sorgenti poste sul greto del fiume Aventino di cui rappresentano la principale alimentazione. Le sorgenti sono alimentate dal deflusso delle acque sotterranee, assorbite dalla struttura del Monte Porrara, per infiltrazione, attraverso un fitto reticolo di fessure carsiche delle acque di pioggia. Alle sorgenti giungono anche le acque del fiume Vera catturate direttamente da un inghiottitoio nella piana del Quarto Santa Chiara. Le sorgenti dell'Aventino hanno una portata media annua di 1,2 mc/sec.

Un'altra attrazione nel pittoresco paese di Palena è il teatro Aventino, uno dei teatri più piccoli d'Europa con soli 99 posti a sedere. Da numerosi anni, questo teatro è il palcoscenico di molte rappresentazioni teatrali e ospita una scuola di teatro guidata da insegnanti professionisti.

Il comune vanta diverse manifestazioni culturali, tra cui spicca l'evento storico chiamato “Evocando” ideato dalla proloco. Questa manifestazione rievoca con precisione tutta la storia del comune. Altrettanto significativa è “Sirventes”, organizzata dall'associazione culturale del Teatro Aventino che celebra la bellezza dell'amor cortese, ispirandosi alla figura di Sordello da Goito poeta menzionato anche da Dante nella divina commedia, nei canti del purgatorio. Un appuntamento imperdibile è il “Jazz sotto la torre”, che attira jazzisti provenienti da ogni angolo dell'Abruzzo. Inoltre, c'è il prestigioso premio cinematografico, premio curato dall'associazione culturale palenese responsabile anche della pinacoteca situata presso il castello ducale. Questo premio è stato istituito per valorizzare i cortometraggi provenienti da tutto il mondo e dedica particolare attenzione a figure illustri del paese, come il regista Ettore Maria Margadonna, autore di opere celebri come “Pane, amore e fantasia” e “Pane, amore e gelosia”.

Presso il castello ducale, viene allestita anche una suggestiva mostra fotografica ideata da Nando Napoleone. Attraverso le sue immagini, è possibile ammirare scatti del paese, inclusi quelli del periodo della Seconda guerra mondiale, documentando la realtà prima e dopo i bombardamenti.

Un'attività che ha registrato uno sviluppo significativo negli ultimi anni nel territorio è il torrentismo, promosso dall'associazione APT Abruzzo Adventurs. I membri di quest'associazione hanno ideato un

percorso fluviale lungo il fiume Aventino, che attraversa il centro del paese. Gli avventurieri seguono il corso del fiume, compiendo salti nelle cascate naturali per godere delle acque fredde e pulite del paese. Non meno importante è l'evento intitolato "Nel paese delle orchidee", che si tiene i primi giorni di giugno a Palena (CH). L'iniziativa è organizzata in collaborazione con la Proloco, il Comune e l'Istituto Comprensivo di Palena, con l'obiettivo di valorizzare la straordinaria ricchezza di orchidee spontanee presenti nel territorio comunale. L'intera comunità palenese, compresi commercianti, artigiani e scuole, è coinvolta nell'evento, dando vita a una festa in cui Palena desidera rivolgersi non solo ad un turismo di massa ma anche ad un turismo intellettuale e rispettoso dell'ambiente.

In Italia sono rarissimi gli esempi di valorizzazione del territorio attraverso le orchidee spontanee. Nel contesto della manifestazione, sono previsti diversi momenti, tra cui una festa in piazza con la premiazione del concorso di disegno delle orchidee, tra le scuole dei comuni del Parco, l'esposizione di prodotti artistici e artigianali a tema, stand gastronomici, nonché un convegno scientifico che ospita relatori orchidologi di fama internazionale. Inoltre, sono organizzate escursioni nei Siti di Interesse Orchidologico (S.I.O), offrendo l'opportunità di osservare e fotografare questi gioielli della natura.

1.9 Orchidee spontanee dell'Abruzzo

Le varietà geomorfologiche, climatiche e altimetriche evidenziate rendono la regione Abruzzo una zona ricca di numerose specie vegetali, poiché favoriscono lo sviluppo di entità con diverse esigenze ecologiche. Nel Parco Nazionale della Majella si contano circa 80 tra specie e sottospecie di orchidee, quasi il 90% di quelle abruzzesi, cui vanno aggiunti diversi ibridi. Crescono per lo più in pascoli aridi, ma non sono infrequenti nei boschi, nei prati umidi e a quote elevate. Alcune specie sono molto comuni, come *Anacamptis morio* o *Dactylorhiza sambucina*, altre invece, come *Cypripedium calceolus* o *Nigritella widderi*, sono rarissime. Le orchidee spontanee sono protette dalla CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of wild flora and fauna).

Ad oggi a Palena sono state identificate 64 specie e sottospecie di orchidee, pari al 66% di quelle presenti in Abruzzo, cui si aggiungono 17 varianti ibride. Il totale corrisponde al **35% delle orchidee presenti in Italia, mentre la biodiversità vegetale censita sul territorio raggiunge circa l'1/3 dell'intera flora italiana**. È sorprendente notare come Palena, nonostante le piccole dimensioni del suo territorio, venga ufficialmente riconosciuto come il *paese delle orchidee*.

La famiglia delle *Orchidaceae* è una delle famiglie di piante da fiore più grandi e variegata, con oltre 28000 specie e 763 generi (Christenhusz e Byng 2016, Zhang et al. 2018). Le orchidee sono piante erbacee perenni di cui circa il 30% è terrestre, mentre la restante parte cresce come epifita o litofita (Gravendeel et al. 2004). Le orchidee sono distribuite in tutte le condizioni climatiche, dalle regioni tropicali a quelle alpine, sono assenti nelle zone desertiche e polari (Chase, 2005). Tuttavia, le *Orchidaceae* sono anche tra le piante da fiore più minacciate a causa del cambiamento climatico, della perdita di habitat e della raccolta eccessiva (Luo et al. 2003, Liu et al. 2015). Le specie di *Orchidaceae* sono particolarmente vulnerabili ai cambiamenti ambientali a causa delle loro strette interazioni con funghi micorrizici e impollinatori specializzati (Fay e Chase, 2009). Le complesse strategie di vita rendono la conservazione delle orchidee una grande sfida (Cribb et al. 2003, Fay 2018). Pertanto, la comprensione delle caratteristiche fisiologiche ed ecologiche delle orchidee è di grande importanza per prevedere la loro risposta ai cambiamenti ambientali e stabilire strategie di conservazione delle orchidee (Zhang et al. 2018).

Le specie europee sono geofite, hanno cioè habitus erbaceo perenne con apparati sotterranei che consentono il superamento della stagione avversa. Gli apparati ipogei sono bulbo-tuberi o rizotuberi, presenti in genere in coppia: uno fornisce le sostanze nutritive per l'emissione delle foglie, dei fiori e fruttificazione ed avvizzisce a fine stagione, mentre l'altro acquisisce sostanze di riserva per la successiva stagione vegetativa (Thompson, 2005). Le foglie sono a lamina intera e perlopiù basali, a volte cauline, che si riducono fino a brattee nell'infiorescenza spiciforme ad antesi acropeta (dal basso), portante un numero variabile di fiori. Questi sono ermafroditi, ed androceo e gineceo sono fusi in un ginostemio. L'unico stame è modificato a formare due sacchi pollinici di massule di polline agglutinate in due strutture claviformi, detti pollinodi. Questi sono portati all'estremità di due caudicole, che alla base presentano una struttura detta viscidio o retinacolo, che aderisce al corpo degli impollinatori. Il fiore delle Orchidee si compone di due verticilli di tre tepali, tra loro opposti: quello esterno è costituito da due tepali sepaloidi esterni ed uno superiore, quello esterno da due tepali petaloidi esterni e da un grande tepalo modificato con funzione vessillifera, il labello. Durante l'antesi il fiore subisce resupinazione, una rotazione di 180° a carico dell'ovario che porta il labello in posizione inferiore. Contrariamente alle specie tropicali, che spesso stringono stette relazioni mutualistiche coi propri impollinatori fornendo ricompense di vario tipo (nettare, polline o persino olii

aromatici), circa un terzo delle Orchidee delle regioni temperate non offre alcuna ricompensa (Aceto et al. 1999, Jersáková et al. 2006). Due sono le strategie principali: inganno sessuale o alimentare. Nel primo caso, rappresentato nel genere *Ophrys*, ad esempio, il labello porta disegni e villosità che richiamano l'addome della femmina di una specie di Imenottero, ed attira con complessi bouquet aromatici (che simulano i feromoni sessuali della femmina) i maschi di quella specie, che nel tentativo di accoppiarsi col fiore (pseudocopula) preleveranno i pollinaria (viscidi, caudicole e pollinodi nel loro complesso), ed alla visita al successivo fiore completeranno l'impollinazione. Nella seconda strategia, più diffusa, il fiore è spesso munito di un prolungamento sacciforme posteriore, lo sperone (o sprone), e di altri caratteri che imitano fiori nettariiferi, pur non producendo nettare. La mimesi florale è generalizzata, ed attrae impollinatori emersi da poco (perciò inesperti); sono rari i casi di specie temperate che esibiscono mimetismo batesiano nei confronti di una sola specie nettariifera (Scopece et al. 2007). Mentre nel primo gruppo l'impollinazione è spesso affidata ad una singola specie (elevata specificità dei disegni e degli aromi florali), e quindi l'isolamento pre-impollinazione è preponderante, nel secondo vengono attratte diverse specie di impollinatori in modo meno selettivo; pertanto, e più probabile avvengano incroci interspecifici. Ciononostante, gli ibridi di Orchidee ad inganno alimentare sono sorprendentemente rari, fatto che suggerisce la presenza di forme di isolamento post-impollinazione; queste sembrano essere invece deboli nelle specie ad inganno sessuale (Cozzolino et al. 2005). Un'altra peculiarità del ciclo biologico di queste piante è la formazione di frutti (capsule) contenenti migliaia di piccolissimi semi. (Wateman e Bidartondo, 2008)

2.1 Realizzazione del sito web

I siti Web rappresentano una componente sempre più importante delle strategie di comunicazione di marketing. Il sito web che si è realizzato è un sito one-page, la scelta di questo tipo di sito consiste nel fatto che è un sito che mette in evidenza sin da subito tutti i contenuti che si è scelto di mostrare. Inoltre, si presenta immediato, diretto e semplice che può essere quindi utilizzato da un gran numero di utenti. Ulteriormente, un sito mono pagina è indicato per tablet e smartphone dato che il design resta sempre lo stesso. Questo tipo di sito è organizzato mettendo in un'unica pagina tante foto con piccole descrizioni. Gli argomenti sono collegati tra loro attraverso dei link di ancoraggio; pertanto, ci sarà un menu che rimanda

l'utente a un contenuto già presente sulla homepage e non aprirà quindi delle pagine interne. In base a quanto detto, pare evidente come i siti mono pagina offrono ai visitatori un approccio diretto e più semplice alla presentazione dei contenuti. È raro che un contenuto non sia letto, in quanto il visitatore, otterrà tutte le informazioni di cui necessita, semplicemente scorrendo la pagina fino alla fine.

2.2 Struttura del sito web VisitPalena

Per accedere al sito web dedicato al paese di Palena bisogna accedere al motore di ricerca e digitare il sito **<https://www.visitpalena.it>**.

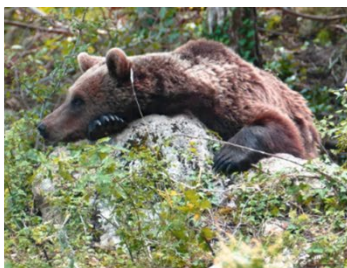
Una volta selezionato il sito di riferimento si accede al template iniziale nel quale si possono trovare le prime informazioni utili come: attrazioni, itinerari, luoghi di ristoro e pernottio, info utili ed infine una sezione che consente al visitatore di poter selezionare il tipo di lingua desiderata tra italiano, inglese, francese, spagnolo e tedesco.

Al centro della pagina sarà visibile la sezione degli eventi disponibili nel paese; quindi, cliccando sulla voce “vai all’ evento” l’anchorlink condurrà il visitatore alla locandina dell’evento in questione come riportato in **fig.1**.



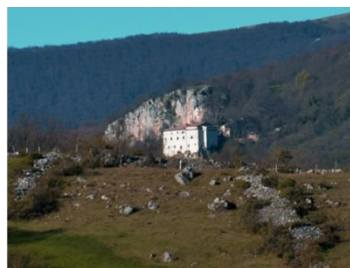
Figura 1. Template della pagina iniziale del sito di Visitpalena.

Scorrendo la pagina web verso l'alto ci sarà la sezione dedicata alle attrazioni da poter visitare nel paese come: l'Area faunistica dell'orso, Eremo Celestiniano, Madonna dell'Altare, Museo Geopaleontologico, Teatro Aventino, Orchidee di Palena e il Castello Ducale. Infine, sul fondo della pagina ci sono due sezioni dedicate alle attività che si possono svolgere, attività descritte nella sezione Abruzzo adventures e Transiberiana d'Italia **fig.2**.



MOM e Area Faunistica dell'Orso

[Leggi di più](#)



Eremo Celestiniano Madonna
dell'Altare

[Leggi di più](#)



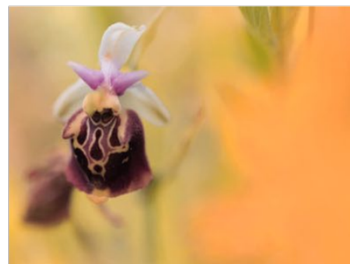
Museo Geopaleontologico

[Leggi di più](#)



Teatro Aventino

[Leggi di più](#)



Paese delle orchidee

[Leggi di più](#)



Castello Ducale

[Leggi di più](#)

Figura 2. Template del sito Visitpalena

Al disotto di tutte le foto illustrative delle attrazioni il visitatore potrà cliccare sulla voce “leggi di più” e di conseguenza si lascia la home-page e si entra in una nuova pagina contenete le info di cui si ha bisogno.

In particolare, l'anchor link dedicato alla sezione della pagina web riservata alle orchidee, guiderà il visitatore in una seconda pagina, la quale descrive alcune delle caratteristiche della famiglia delle *Orchidaceae* e come arrivare ai siti di interesse naturalistico, mediante collegamento con google-maps, come mostrato in **fig. 3**.



Figura 3. Siti di interesse naturalistico caratterizzati da una grande varietà di specie di orchidee.

In seguito, cliccando sul nome del sito di interesse (scritto in rosso), presente sopra ogni immagine della posizione geografica, l'anchor-link condurrà nella sezione dedicata ad ogni singolo sito naturalistico, dove sarà quindi possibile, ricevere informazioni dettagliate sul suolo e sulla vegetazione e sulle orchidee presenti (**Fig.4**). In particolare, l'anchor link delle orchidee permetterà al visitatore di conoscere la ricchezza e l'abbondanza in specie e di ogni specie e il corrispettivo periodo di fioritura, realizzati grazie

all'indagine demografica e fenologica svolta durante il periodo di tesi e potrà accedere alle schede descrittive di ogni singola specie di orchidea del posto.

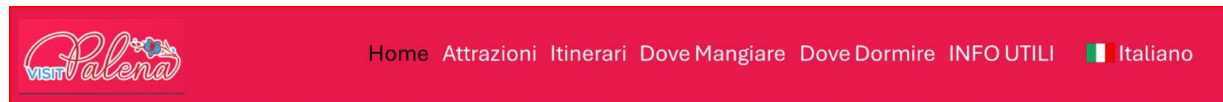


Figura 4. Template del sito Visitpalena. Home page di ogni sito naturalistico.

Per poter al meglio sviluppare il sito dedicato al comune di Palena, il presente lavoro di tesi è stato svolto per un periodo limitato di tempo presso l'Orto Botanico di Oxford, diretto dal Prof. Simon Hiscock, il quale ha una consolidata e rinomata esperienza nello studio e coltivazione di piante di ambiente mediterraneo, in particolare orchidee, asteracee, cariofillacee nonché di piante adattate a specifiche condizioni edafiche/climatiche. Il Prof. Simon Hiscock all'interno dell'Orto Botanico di Oxford ha già sperimentato vari sistemi di etichettatura elettronica di piante, con realizzazione di percorsi botanici attraverso app per smartphone. Inoltre, Il dott. Chris Thorogood, ricercatore presso l'Orto Botanico di Oxford, in collaborazione con il prof. Simon Hiscock e numerosi esperti di orchidee, ha realizzato una recente guida della flora del mediterraneo. Durante questo periodo sono state acquisite delle competenze utili alla realizzazione del sito nonché dello sviluppo del sito nella lingua inglese. La descrizione del sito in inglese è presentata nell' Appendice.

2.3 Inquadramento geografico delle aree di studio

Per la costruzione del sito, prima di giungere nel territorio del comune di Palena, presso l'università di Napoli Federico II, è stato condotto uno studio bibliografico, per raccogliere le informazioni già disponibili in letteratura sulle orchidee del territorio di Palena e del Parco Nazionale della Majella, tutti i dati sono stati utili a creare un database di riferimento comprendente l'elenco delle specie presenti sul territorio abruzzese e le relative informazioni di georeferenziazione. Per ricavarne un quadro esaustivo della distribuzione delle specie di orchidee presenti sul territorio, lo studio ha previsto quindi la consultazione del libro della flora del Parco Nazionale della Majella e di un dataset con una raccolta di osservazioni personali delle specie e posizioni geografiche fornite da Remy Source, un appassionato di orchidee. In seguito allo studio bibliografico, nella primavera del 2021 dal mese di aprile al 1 mese di luglio, periodo corrispondente alla fioritura delle orchidee, sono state condotte delle analisi preliminari del territorio del comune di Palena, grazie all' ausilio del database creato in precedenza, mirate alla conoscenza del territorio, all' identificazione di aree potenzialmente fruibili per il turismo naturalistico e al monitoraggio delle specie di orchidee identificate in queste aree. Lo studio ha previsto quindi una mappatura delle popolazioni di orchidee, un esame dello stato degli ambienti e degli ecosistemi in cui esse vivono. In particolare, si è valutato se le aree che presentavano il maggior numero di specie di orchidee, fossero percorribili solo da esperti o potessero essere percorsi anche da un pubblico meno esperto. La valutazione è stata effettuata secondo il sistema di classificazione delle difficoltà dei sentieri escursionistici del Club Alpino Italiano (CAI) che tiene conto del dislivello, della distanza planimetrica e della segnaletica presente lungo il percorso. Le sigle che si possono trovare nelle descrizioni dei sentieri di escursionismo analizzate e create dal CAI sono principalmente:

T: turistico. Sono gli itinerari più semplici da affrontare e nel dettaglio sono percorsi che si sviluppano su stradine, praterie o comodi sentieri, Si tratta, in genere, di percorsi abbastanza brevi, ben evidenti e ben segnalati, che non presentano particolari problemi di orientamento. Generalmente questi sentieri affrontano un dislivello inferiore ai 500 metri e sono escursioni che non richiedono particolare esperienza o preparazione fisica.

E: escursionistico. Sono gli itinerari su sentieri con tracce di vario genere come pascoli, detriti ecc. Possono svolgersi anche in ambienti innevati e sono lievemente inclinati. Richiedono l'attrezzatura

specificata dedicata all'escursionismo ed una sufficiente capacità di orientamento. La preparazione fisica deve essere adeguata ad un allenamento di una camminata di un paio di ore.

EE: escursionisti esperiti. Sono gli itinerari segnalati con qualche difficoltà: il terreno può essere costituito da pendii scivolosi di erba, misti di rocce ed erba, pietraie, lievi pendii innevati o anche singoli passaggi rocciosi di facile arrampicata (uso delle mani in alcuni punti). Pur essendo percorsi che non necessitano di particolare attrezzatura, si possono presentare tratti attrezzati se pur poco impegnativi. Richiedono una discreta conoscenza dall'ambiente alpino, passo sicuro ed assenza di vertigini. La preparazione fisica deve essere adeguata ad una giornata di cammino abbastanza continuo.

EEA: escursionisti esperti con attrezzatura. Sono gli itinerari che richiedono l'uso di autoassicurazione, come corde, imbragature e moschettoni.

Nel presente lavoro di tesi sono state scelte cinque diverse aree presenti del comune di Palena come riportato in **fig. 5** in cui sono presenti diverse specie di orchidee. Nel loro complesso, le aree oggetto di studio si localizzano in contesti rappresentativi delle macro-condizioni morfologiche e ambientali che caratterizzano il paese. Dal punto di vista della classificazione del CAI sono tutti itinerari appartenenti alla categoria T (turistico).



Figura 5. Posizione dei cinque siti di interesse naturalistico.

In particolare, la zona di Valico della forchetta è una zona posta ad una quota di 1200 m.s.l.m che attraversa l'altopiano del Quarto Santo Chiara. Il Quarto è di origine tettonico-carsica, l'azione carsica di questi corsi d'acqua ha portato, nel tempo, alla nascita di un vero e proprio inghiottitoio (chiamato Capo La Vera) e reso impermeabile il terreno sottostante, in gran parte argilloso e ricco di ossidi di alluminio. Di conseguenza nei mesi invernali, complice anche le abbondanti precipitazioni, spesso a carattere nevoso, rilevate dalla presente, l'inghiottitoio non riesce a drenare l'enorme quantità di acqua che vi si raccoglie, e si forma quindi un vero e proprio "lago" che permane fino alla fine della primavera, contribuendo a caratterizzare l'altopiano. Le acque raccolte risorgono poi in corrispondenza delle sorgenti di Capo di Fiume dalle quali originerà il fiume Aventino.



Il sito Madonna dell'Altare è una tipica zona di sottobosco. I boschi coprono circa il 39% dell'intera superficie del Parco Nazionale della Majella. Essi rivestono una enorme importanza sotto il profilo ecologico, essendo le formazioni vegetali strutturalmente più evolute e quelle che, almeno fino ad una certa quota, realizzano il massimo grado di naturalità. Il sottobosco è quella parte dell'ambiente boschivo che si sviluppa all'ombra degli alberi ad alto fusto fino ad includere il suolo, in condizioni ambientali di scarsa illuminazione solare ed elevata umidità dell'aria e del suolo stesso.



San Cataldo, Ponte Sarrigone e Cotte sono zone di prateria. Le praterie sono formazioni vegetali costituite da erbe, per lo più perenni ed esse occupano nel Parco una superficie pari a circa il 29,5 % dell'intera area protetta. Le specie dominanti sono generalmente graminacee cespitose appartenenti a diversi generi, tra cui *Bromus*, *Sesleria*, *Festuca*, *Stipa*, *Nardus*, ecc., da cui derivano i nomi delle diverse tipologie fisionomiche: brometo, seslerieto, festuceto, ecc. A seconda dell'uso, che comporta ripercussioni in termini di differenziazioni floristiche, esse si distinguono in pascoli, prati da sfalcio e prati-pascoli. Le praterie sono molto importanti in termini di biodiversità perché, accanto a un'elevata ricchezza di specie, ospitano numerose orchidee e diverse specie rare ed endemiche.



Il metodo utilizzato per lo studio delle orchidee è basato su quattro indagini preliminari:

1) Indagine floristica

La flora di un territorio è rappresentata da un elenco completo delle specie vegetali presenti sul territorio stesso. Lo studio della flora è un settore della botanica, denominato floristica, che può essere fine a se stesso o preliminare e complementare allo studio della vegetazione, denominato fitosociologia, che descrive, invece, i popolamenti vegetali presenti in una determinata località. Gli studi floristici elencano le specie vegetali presenti in una determinata area geografica e le descrivono, consentendone il riconoscimento (detto determinazione) in genere mediante l'uso di chiavi dicotomiche (genere e specie). Per condurre uno studio floristico si eseguono indagini in campo, i dati così raccolti servono ad individuare sia i popolamenti vegetali più interessanti e quindi di particolare tutela. Le specie di interesse conservazionistico sono quelle caratterizzate da rarità o da particolare interesse fitogeografico, spesso inserite nelle liste rosse o in elenchi allegati a normative di protezione comunitarie, nazionali o regionali.

Per il presente lavoro di tesi si analizza unicamente la presenza delle specie di *orchidaceae* presenti nel territorio. Pertanto, in seguito all'attività di campo, che ha previsto l'analisi dei siti di campionamento,

come descritto precedentemente, tutte le specie di orchidee rinvenute sono state fotografate, classificate e georeferenziate. Qualora la classificazione delle specie non sia stata immediata, sono state utilizzate le chiavi dicotomiche fruibili dall'app KEYtoNATURE. I dati ottenuti da questo tipo di indagine sono stati utili non solo a creare una lista delle specie presenti, come riportato in **tab.1**, ma anche all'identificazione di eventuali specie rare da sottoporre a protezione e monitoraggio costante dell'ambiente in cui esse vivono.

San Cataldo	Cotte	Ponte Sarrigone	Madonna dell'Altare	Valico della forchetta
<i>Anacamptis morio</i>	<i>Anacamptis morio</i>	<i>Anacamptis morio</i>	<i>Cephalantera rubra</i>	<i>Cephalantera longifolia</i>
<i>Anacamptis pyramidalis</i>	<i>Anacamptis pyramidalis</i>	<i>Coeloglossum viride</i>	<i>Dactylorhiza maculata</i>	<i>Dactylorhiza incarnata</i>
<i>Himantoglossum adriaticum</i>	<i>Coeloglossum viride</i>	<i>Ophrys apifera</i>	<i>Epipactis helleborine</i>	<i>Dactylorhiza maculata</i>
<i>Ophrys bertolonii</i>	<i>Gymnadenia conopsea</i>	<i>Ophrys bertolonii</i>	<i>Neottia nidus avis</i>	<i>Gymnadenia conopsea</i>
<i>Ophrys holosericea</i>	<i>Himantoglossum adriaticum</i>	<i>Ophrys holosericea</i>	<i>Platanthera chlorantha</i>	
<i>Ophrys majellensis</i>	<i>Ophrys apifera</i>	<i>Ophrys lucana</i>		
<i>Ophrys sphegodes</i>	<i>Ophrys bertolonii</i>	<i>Ophrys sphegodes</i>		
	<i>Ophrys holosericea</i>	<i>Orchis purpurea</i>		
	<i>Ophrys lucana</i>	<i>Platanthera bifolia</i>		
	<i>Ophrys lutea</i>	<i>Serapias vomeracea</i>		
	<i>Ophrys sphegodes</i>			
	<i>Orchis anthropophora</i>			
	<i>Orchis purpurea</i>			
	<i>Platanthera bifolia</i>			
	<i>Serapias vomeracea</i>			

Tabella 1. Elenco floristico delle specie di orchidee rinvenute nei siti di interesse naturalistico.

2)Indagine demografica

L'indagine demografica consente invece di poter misurare la diversità biologica in una determinata area, tenendo conto di due parametri di valutazione fondamentali: l'abbondanza e la ricchezza delle specie.

Per ricchezza delle specie, si intende il numero di specie in un areale ben definito, mentre, per abbondanza, si intende il numero degli individui di ogni specie nel suddetto areale.

Nel presente lavoro di tesi, per poter determinare l'abbondanza e la diversità delle specie di orchidee presenti, si sono costruiti per ogni area di studio, grande almeno un ettaro, a distanza casuale tra loro 3 plot di 10 m di diametro e all'interno di questi, sono state annotate tutte le specie e sono stati contati tutti gli individui per specie. I dati ottenuti da questo tipo di indagine sono stati utili a creare un aerogramma rappresentativo. L'aerogramma, impropriamente denominato “grafico a torta”, è rappresentato da una struttura circolare suddivisa in fette di ampiezza proporzionale ai dati che si vogliono rappresentare. Ciò significa che la fetta del cerchio più ampia corrisponde al dato registrato con la maggiore frequenza nel corso di una specifica indagine.

Abbondanza e ricchezza delle specie

Valico della forchetta



Figura 6. Areogramma rappresentativo dell'analisi demografica nel sito di interesse naturalistico Valico della forchetta.

Per poter ottenere l'aerogramma rappresentativo, come quello in **fig.6** per ogni sito di interesse, nel periodo di fioritura delle orchidee, quindi tra aprile e luglio, a cadenza settimanale si è censito il numero degli individui per specie come riportato in **tabella 2**. Il numero più alto (contrassegnato con il colore rosso) tra le diverse osservazioni è stato indicato come il numero massimo di individui per specie nel plot.

Periodo di campionamento	<i>Anacamptis morio</i>	<i>Anacamptis pyramidalis</i>	<i>Ophrys sphegodes</i>	<i>Ophrys majellensis</i>
01/04/2021	2		20	
08/04/2021	15		49	
15/04/2021	45		62	
22/04/2021	130		84	
29/04/2021	250		60	
06/05/2021	352		42	
13/05/2021	228	5	12	
20/05/2021	116	15	8	
27/05/2021	53	60		
03/06/2021	8	142		10
10/06/2021		246		35
17/06/2021		220		124
24/06/2021		160		250
01/07/2021		75		130
08/07/2021		10		50
15/07/2021				15

Tabella 2. Censimento delle specie di orchidee nel plot.

3)Indagine fenologica

Le piante rispondono alle variazioni climatiche attraverso le modificazioni del loro sviluppo e della loro crescita. Tutti i cambiamenti periodici del comportamento delle piante causati dal mutare delle stagioni o dal mutare del clima possono essere studiati dall'uomo attraverso una scienza definita "Fenologia". La Fenologia studia i rapporti tra il clima e i fenomeni che si manifestano periodicamente negli organismi viventi. Si occupa della osservazione delle fasi di sviluppo delle piante, quali: germogliamento, comparsa delle foglie, fioritura e sviluppo e maturazione dei frutti, a seguito delle variazioni stagionali e della registrazione delle date in cui le fasi si verificano nei diversi ambienti (zone geografiche, aree urbane, aree extraurbane, luoghi climaticamente diversi, ecc.). Ciò in considerazione del fatto che le risposte ritmiche della vegetazione sono determinate, oltre che dalle caratteristiche genetiche di ogni pianta, anche da numerosi caratteri ambientali (suolo, clima, pratiche colturali, inquinamento del suolo e dell'aria, fitopatogeni, ecc.). Quando si fa un'osservazione fenologica bisogna registrare tre informazioni importanti: la data, il luogo nel quale si fa l'osservazione, la fase di sviluppo (fase fenologica) che si sta osservando. Queste tre informazioni insieme sono molto importanti perché le fasi di sviluppo possono manifestarsi in tempi diversi a seconda del luogo in cui la pianta si trova, ovvero fattori come la temperatura possono nella stessa specie, ma posta in aree geografiche diverse, anticipare o ritardare la comparsa delle fasi come ad es. il risveglio vegetativo, dunque, la fioritura di una pianta può avvenire in periodi diversi a seconda del luogo.

Pertanto, per questo lavoro di tesi nei plot adibiti per l'analisi demografica tutti gli individui delle specie presenti, a cadenza settimanale, sono stati osservati lungo il loro ciclo vitale. I dati ottenuti da questo tipo di indagine come quelli riportati in **tab. 2** sono stati utili a creare un grafico rappresentativo del periodo in cui poter ammirare le orchidee del posto, quindi partendo dall' esordio delle prime rosette basali che si sviluppano, per osservare poi il picco di fioritura in cui c'è un elevato numero di orchidee per specie da osservare ed infine il periodo che corrisponde al termine del proprio sviluppo vegetativo che corrisponde

al periodo di sfioritura e maturazione dei frutti come mostrato in fig.7

Valico della forchetta

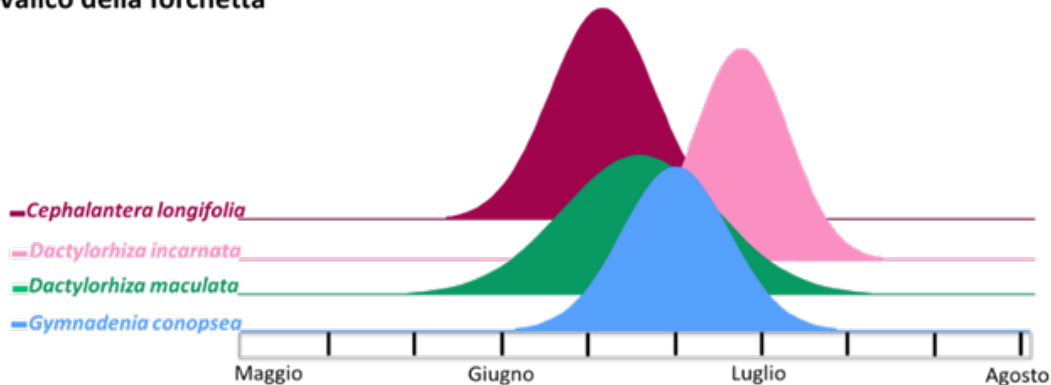


Figura 7. Rappresentazione grafica della fenologia delle orchidee nel sito di interesse naturalistico Valico della forchetta.

4) Successo riproduttivo

Lo studio della fitness riproduttiva è diventato di primaria importanza da quando si è compreso che le orchidee sono strettamente legate ad habitat specifici che ne limitano la distribuzione e le rendono particolarmente vulnerabili ai cambiamenti ambientali. Questo studio consente di comprendere lo stato di conservazione delle popolazioni ed eventualmente le cause di una regressione.

Per effettuare quest'indagine, nel presente lavoro di tesi, all'interno di ogni singolo plot, costruito precedentemente per le prime indagini descritte, nei primi giorni di aprile quindi all'inizio del loro periodo di fioritura, tutti gli individui delle specie presenti sono stati etichettati e per ognuno di essi sono stati annotati il numero dei fiori presenti sull'infiorescenza, in seguito verso la metà di luglio, quando tutte le specie presenti erano oramai sfiorite ed in parte impollinate, sono stati annotati il relativo numero di frutti. Il rapporto tra il numero dei frutti e il numero dei fiori ha determinato la stima della % del successo riproduttivo per ogni singola specie (**fig.8**).

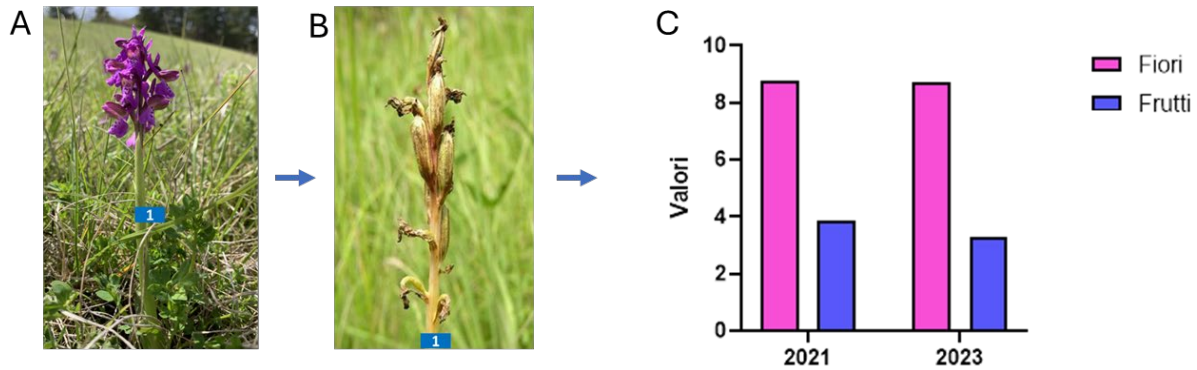


Figura 8. (A) immagine rappresentativa del numero di fiori dell' infiorescenza di *Anacamptis morio*, (B) immagine relativa al numero di frutti prodotti dell' infiorescenza di *A. morio*, (C) rappresentazione grafica del successo riproduttivo di *A. morio* negli anni 2021 e 2023 nel sito di interesse naturalistico Cotte.

2.4 Descrizione delle singole aree oggetto di studio

In seguito, all' identificazione e classificazione delle orchidee, sono state elaborate le schede descrittive e divulgative per il suo web. Inoltre, di seguito vengono descritte le singole aree di studio, con informazioni riguardanti le caratteristiche degli ambienti in cui sono stati condotti i rilievi della vegetazione, a completamento di quanto precedentemente esposto.

2.5 Schede descrittive delle specie

Anacamptis morio

Etimologia: attualmente non è ancora chiara l'origine dell'epiteto specifico. Il termine *morio* potrebbe derivare dal latino *morio-onis* (pagliaccio), a causa dei fiori maculati che ricordano i vestiti di un pagliaccio, o *morion* dallo spagnolo (elmo) per come sono disposti i tepali.

Descrizione: pianta non molto alta, può raggiungere i 35 cm di altezza. Lo scapo, partendo dal basso, va dal verde al violaceo. Le foglie inferiori sono lanceolate e disposte a rosetta basale, mentre le superiori avvolgenti lo scapo. L'infiorescenza può essere composta da 5 fino a 25 fiori. I fiori sono di colore porpora e non sono rari i fiori bianchi. I tepali sono quasi sempre striati di verde. Labello trilobo, presenta il bordo crenulato, la parte centrale è più chiara dei margini caratterizzata da tante piccole macule color porpora. Impollinata principalmente dalle api.



Anacamptis pyramidalis:

Etimologia: l'epiteto specifico è di origine latina pyramidalis-e (piramidale). Il nome gli è stato attribuito per la forma a cono dell'infiorescenza.

Descrizione: pianta che può raggiungere anche i 60 cm di altezza. Lo scapo di colore verde è molto sottile. Le foglie inferiori sono lanceolate lunghe fino a 25 cm e non disposte a rosetta basale, lungo lo scapo le foglie sono fascianti e di piccole dimensioni. L'infiorescenza può essere formata fino a 100 piccoli fiori. Il colore dei fiori varia dal rosa al porpora, rari i fiori albini. spighe fitte e distinte, a forma di cono o di cupola. Il labello è trilobato e il lobo centrale è meno largo rispetto a quelli laterali. Presenta uno sperone molto lungo, nastriforme, che supera la lunghezza dell'ovario. Impollinata da farfalle.



Cephalanthera longifolia

Etimologia: l'epiteto specifico deriva dal latino longifolia (dalle lunghe foglie).

Descrizione: pianta alta fino a 50 cm. Fusto foglioso di colore verde chiaro. Le foglie al massimo 12 sono lanceolate, con nervature evidenti decrescenti dal basso verso l'alto. L'infiorescenza è lassa con massimo 30 fiori.

I fiori sono bianchi, profumati, eretti e socchiusi. I sepali sono lunghi, lanceolati-acuti mentre i petali sono più piccoli, ottusi e uniti al sepallo mediano. Il labello è bianco, con poche creste longitudinali gialle, concavo con i lobi laterali diritti intorno al ginostemio. Sperone assente.



Cephalanthera rubra

Etimologia: l'epiteto specifico rubra deriva dal latino (rossa) per il colore dei fiori.

Descrizione: pianta che può raggiungere anche 70 cm di altezza. Scapo esile, le foglie sono lanceolate, verde scuro con nervature molto pronunciate. L'infiorescenza lassa può essere composta da 3 a 10 fiori. I fiori sono grandi, aperti e di colore rosa più o meno intenso fino a diventare porpora. Sepali e petali acuti, il sepallo mediano è connivente con i petali. Il labello è più piccolo dei sepali, la base è molto chiara e i margini sono di color rosa intenso. I lobi laterali a volte rosa, sono caratterizzati dalla presenza di nervature gialle disposte a ventaglio. Priva di sperone. Ginostemio allungato, di color porpora.



Coeloglossum viride:

Etimologia: Coeloglossum deriva dal greco Koilos-glossa (dalla lingua cava) e viride dal latino viridis (verde) per il colore verde dei fiori.

Descrizione: pianta alta fino ai 35 cm. Fusto verde e scanalato. Le foglie inferiori sono ovate mentre quelle superiori sono lanceolate e acute. L'infiorescenza lassa con un massimo di 25 fiori. I fiori sono di colore verde chiaro, i sepali e i petali sono riuniti a formare un casco intorno al labello.

Il labello è pendulo a forma di lingua, trilobato, verde con margini sfumati di colore rosso-brunastro. I lobi laterali sono più lunghi rispetto al mediano e sono leggermente ripiegati verso avanti. Sperone piccolo, sacciforme e nettario. Ginostemio piccolo e pollinii divergenti verso il basso.



Dactylorhiza incarnata

Etimologia: l'epiteto specifico incarnata gli è stato attribuito per il colore roseo dei fiori.

Descrizione: pianta alta fino a 80 cm. Scapo robusto verde chiaro. Le foglie, massimo 8, sono erette, lanceolate avvolgenti il fusto, spesso superano la base dell'infiorescenza. Le brattee sono lunghe, lanceolate e sporgono fuori l'infiorescenza, spesso sfumate di rosso. L'infiorescenza è densa con numerosi fiori. I fiori sono di color rosa più o meno intenso. Sepali laterali e divergenti, quello mediano insieme ai petali sono rivolti in avanti a formare un cappuccio.

Il labello è leggermente trilobato con puntini e linee di color porpora. Sperone robusto, conico e rivolto verso il basso.



Dactylorhiza maculata

Etimologia: l'epiteto specifico si riferisce all'aspetto del labello.

Descrizione: pianta alta fino a 100 cm, scapo sottile, verde e spesso violaceo all'apice. Le foglie verdi scuro, ellittiche, caulinari, sono caratterizzate dalla presenza di macule di colore bruno solo sulla pagina superiore. Infiorescenza densa, conica, caratterizzata da numerosi fiori. I sepali sono di colore viola- porpora caratterizzate da una serie di linee e punteggiature color porpora, quello mediano unito con i petali a formare un casco. Il labello è largo, trilobato, con il lobo mediano arrotondato chiaro alla base con una sfumatura porpora che parte dal centro e si intensifica al margine, caratterizzato come i tepali da linee e puntini porpora. Sperone cilindrico e discendente. Ginostemio ottuso.



Epipactis helleborine

Etimologia: l'epiteto helleborine deriva da latino helleborus per la tipica forma delle foglie che somiglia al veratro.

Descrizione: pianta alta fino a 100 cm. Fusto verde, eretto, spesso la parte inferiore è rosata.

Le foglie massimo 10 sono spirali. Infiorescenza, compatta e allungata può essere composta da oltre 100 fiori. I fiori, semiaperti o aperti sono leggermente pendenti possono essere verdi o rosati. I sepali sono ovati e stretti sfumati di rosa con nervature verdastre. I petali invece sono di un colore più intenso. Il labello è più corto dei sepali bianco verdastro verso l'esterno, all' interno bruno-nerastro. Ginostemio corto.



Gymnadenia conopsea:

Etimologia: il termine *conopsea* deriva dal greco *konops* (zanzara) per l'aspetto dello sperone che assomiglia all'apparato boccale delle zanzare.

Descrizione: pianta che può raggiungere 1 m di altezza. Lo scapo eretto, flessuoso e di colore verde chiaro alla base violaceo all'apice. Le foglie inferiori sono lunghe, lineari e lanceolate, le foglie superiori sono bratteiformi. L'infiorescenza è densa e allungata con fiori piccoli, profumati, di colore variabile dal rosa al rosso porpora, raramente bianchi. Sepali laterali lunghi, e quello mediano ricurvo in avanti riunito insieme ai petali fino a formare un casco. Il labello trilobato, lobi molto simili tra loro. Sperone molto lungo, filiforme, che punta verso il basso, contenente poco nettare.



Himantoglossum adriaticum:

Etimologia: chiamato anche il barbone adriatico deve il suo nome al suo areale di distribuzione. il termine *Himantoglossum* deriva dal greco (fiore con lingua nastriforme)

Descrizione: pianta alta fino ai 90 cm, lo scapo è verde a volte viola sfumato. Presenta foglie inferiori ovate, mentre le superiori fasciano il fusto. L'infiorescenza è costituita da 15 fino ad un massimo di 40 fiori. I tepali sono verdi con striature viola che si uniscono a formare un casco intorno al labello. Labello trilobato, ha una base bianca con macule porpora, il lobo mediano è sottile nastriforme, bifido all'apice e lungo fino a 65 mm. Sperone lungo dai 2 ai 4 mm. I fiori, anche se scarsamente nettariiferi, sono molto odorosi ed attirano un buon numero di impollinatori di varie famiglie: imenotteri, ditteri, coleotteri, ecc.



Neottia nidus avis

Etimologia: neottia deriva dal greco neotteia (nido) nidus avis dal latino (nido, uccello) il nome gli è stato attribuito per l'aspetto dell'apparato radicale.

Descrizione: pianta alta fino a 50 cm. Scapo robusto di colore bruno-giallastra raramente bianca, completamente priva di clorofilla. Le foglie sono guainanti, lanceolate. L'infiorescenza è densa e cilindrica con 15-40 fiori. I fiori sono grandi e hanno un leggero profumo di miele, la distribuzione dei fiori è più densa all'apice, mentre alla base i fiori sono distanti tra loro. Il labello è pendente con base a cupola, bilobato, i lobi sono divergenti e allargati. Privo di sperone.

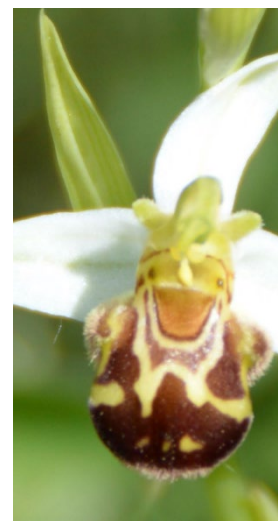
Ginostemio lungo e bianco.



Ophrys apifera:

Etimologia: il termine apifera deriva dal latino *apis* e *fero* (portatore di api) per la somiglianza del fiore con l'ape.

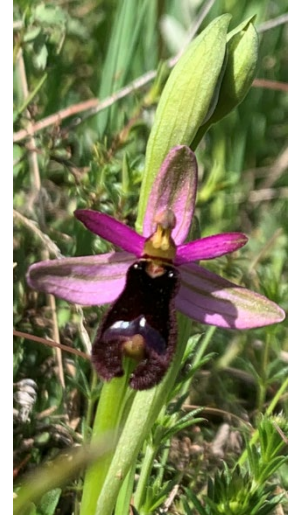
Descrizione: pianta alta fino a 60 cm. Scapo verde chiaro e robusto, foglie verde chiaro riunite a formare una rosetta basale. Infiorescenza lassa con 2 massimo 10 fiori. Fiori relativamente grandi con sepali di vario colore dal bianco al rosa, con una nervatura al centro verde. Petali molto piccoli, verdi e triangolari. Il labello è vellutato di colore bruno trilobato, con i lobi laterali piccoli e pelosi. Il lobo mediano è tondo e presenta uno speculum poco articolato, bordata da un alinea gialla molto spessa. Ginostemio a rostro acuto con la tipica forma di una S.



Ophrys bertolonii:

Etimologia: il nome gli è stato attribuito per onorare il famoso botanico, Antonio Bertoloni.

Descrizione: pianta non molto alta può raggiungere al massimo i 30 cm. Fusto esile e verde. Le foglie sono disposte a rosetta basale. L'infiorescenza può essere formata da 2 fino a 8 fiori grandi. I sepali sono rosa, mentre i tepali sono di un rosa più intenso rispetto ai sepali a volte sono porporini. Il labello intero, nero ha la tipica forma di una sella coperto di peli sui margini di colore bruno-rossastro. Sulla base del labello c'è una macula a forma di scudo lucido di colore blu-rosso. L'apicolo è molto grosso ha un colore che va dal verde al giallo, rivolto verso l'alto o in avanti. Ginostemio allungato e appuntito. L'impollinazione avviene ad opera degli imenotteri del genere Megachilidae.

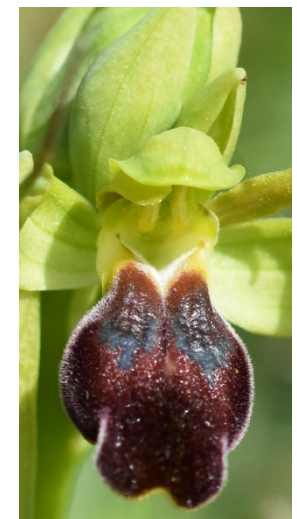


Ophrys fusca:

Etimologia: l'epiteto *fusca* deriva dal latino fuscus (scura), per il colore scuro del labello. Il nome lucana invece, è legato al nome del luogo dove è stata avvistata per la prima volta in Basilicata.

Descrizione: pianta alta fino ai 25 cm. Fusto sottile e di colore verde chiaro. Le foglie inferiori, oblunghie e lanceolate, sono disposte a rosetta basale. L'infiorescenza è densa può essere caratterizzata da 2 fino a 8 fiori.

I fiori sono grandi e scuri. I tepali sono di colore verde-giallastro e quello mediano è ricurvo sul ginostemio. Il labello è di colore bruno, vellutato con il bordo giallo ben evidente. Lo speculum ricopre circa due terzi dell'intero labello di colore grigio metallico e rosso ruggine verso la base, inoltre la cavità stigmatica è caratterizzata da una pelosità biancastra.

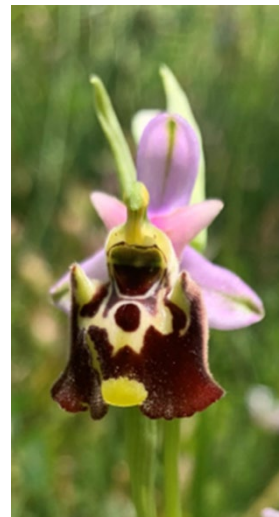


Ophrys holosericea:

Etimologia: holosericea deriva dal greco holos-e (tutto) e serikos (seta), per l'aspetto vellutato del labello.

Descrizione: questa specie si caratterizza per la sua elevata variabilità morfologica che ha portato molti autori a descrivere diverse entità intraspecifiche. Pianta alta fino a 40 cm. Scapo eretto e di colore verde chiaro. Le foglie inferiori quasi tutte sono riunite a formare una rosetta basale, quelle superiori sono avvolgenti lo scapo.

L'infiorescenza a spiga può essere formata da 2 fino a 10 fiori. I sepali sono ovati possono essere bianchi, rosa o rosso porporini con nervature verdi. Petali subtriangolari, rosa o rosso porporini e raramente bianchi. Il labello è rivolto verso il basso, vellutato con pelosità marginale di colore brunastra con gibbosità basali più o meno evidenti. Macula di forma molto variabile di colore rosso-brunastro con margini di colore bianco o giallo.



Apicolo molto sviluppato rivolto in avanti e in alto verde-giallastro. Ginostemio corto e acuto.

Ophrys lutea:

Etimologia: l'epiteto deriva da latino *luteus* (giallo) per il colore del labello.

Descrizione: pianta alta fino a 30 cm. Foglie inferiori riunite a formare una rosetta basale. Infiorescenza lassa con 2 fino a 6 fiori. I fiori sono grandi i sepali sono verdi e i petali gialli. Il labello molto pronunciato ha i margini gialli e al centro è di un colore brunastro. Trilobato e i lobi laterali sono leggermente distanziati da quello mediano.

Ginostemio corto con apice ottuso.

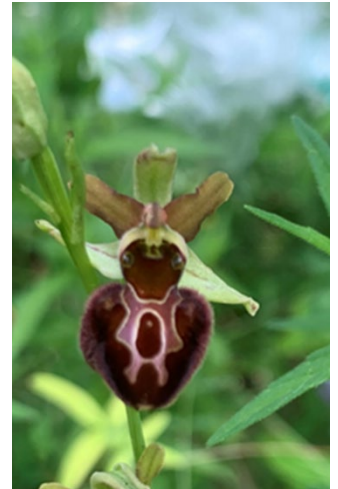


Ophrys majellensis

Etimologia: il nome specifico si riferisce alla Majella, montagna abruzzese dove è stata descritta la prima volta.

Descrizione: pianta alta fino a 70 cm. le foglie inferiori raccolte a formare una rosetta basale. Fusto spesso, verde e carnoso. Infiorescenza lassa con 5 -15 fiori, e l'ultimo fiore disposto alla sommità dello scapo. Tepali verdi e lanceolati, sepali lunghi almeno quanto i tepali con i bordi ondulati di colore più intenso. Labello grande, intero, bruno-nerastro, con pelosità folta, e bordi distesi e più chiari. Speculum ben visibile di colore bruno-viola a forma di X o H.

Apicolo molto piccolo.



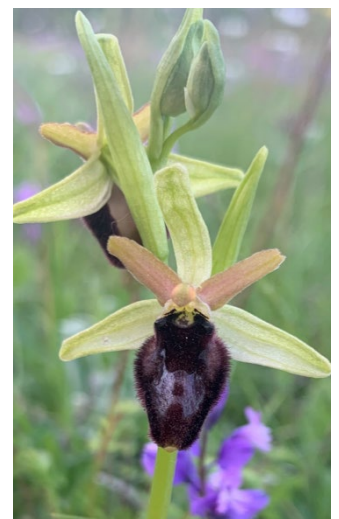
Ophrys sphegodes:

Etimologia: l'epiteto sphegodes deriva dal greco sphekos, che significa simile a una vespa.

Descrizione: pianta alta fino a 55 cm. Scapo esile e verde. Le foglie inferiori sono riunite a formare una rosetta basale di colore verde chiaro, le foglie superiori avvolgono il fusto.

L'infiorescenza può essere formata da 2 fino a 15 fiori. Sepali verdi e quello mediano sono leggermente rivolti in avanti, i petali sono più piccoli con i margini leggermente rosei e ondulati. Il labello è grande e rivolto verso il basso, molto variabile per forma e colore, munito di pelosità marginale. Spesso il margine è bordato da una linea gialla. Ha uno speculum a forma di H di colore brunastro o blu scuro.

Ginostemio verdastro e molto evidente.



Orchis anthropophora:

Etimologia: l'epiteto anthropophora deriva dal greco (portatore di uomo) per la particolare forma del labello che sembra imitare il corpo di un uomo.

Descrizione: pianta alta fino a 40 cm. Fusto sottile e verde chiaro. Le foglie inferiori sono ovate e riunite a formare una rosetta basale. Infiorescenza alla base stretta, e via via verso l'apice più ampia. Sepali e petali sono riuniti a formare un casco di colore giallo-verde con margini rossi. Il labello pendente è rivolto verso il basso, trilobato e il lobo centrale è più lungo rispetto a quelli laterali oltre ad essere bifido. Sperone assente e Ginostemio piccolo.



Orchis purpurea:

Etimologia: l'epiteto purpurea deriva dal latino purpureus-a (color porpora) dato il colore di alcune parti del fiore.

Descrizione: pianta alta fino a 80 cm. Scapo robusto e cilindrico verde alla base e sfumato di viola all'apice. Foglie inferiori grandi di colore verde lucido, oblunghe, e disposte a rosetta basale, le superiori sono avvolgenti il fusto. Infiorescenza densa con fiori grandi di colore rosa-porpora. Sepali e petali sono riuniti a formare un casco sul labello di colore verdastro con evidenti striature e macule porpora. Il labello è trilobato con fondo bianco o rosa sfumato con evidenti macule porpora e margini color porpora. Sperone non più lungo dell'ovario, ricurvo verso il basso e ginostemio ottuso.



Platanthera bifolia:

Etimologia: l'epiteto *bifolia* deriva dal latino che significa due foglie, dovuto al fatto che questa pianta ha due grandi foglie alla base.

Descrizione: pianta alta fino a 50 cm. Lo scapo è esile di colore verde chiaro. Le foglie alla base sono grandi oblunco-lanceolate e lucide. L'infiorescenza lassa e cilindrica multiflora può essere formata da un massimo di 40 fiori molto profumati. I tepali sono di colore bianco appena sfumati di verde. Il tepalo mediano è più corto rispetto agli altri e ripiegato in avanti. Il labello è pendulo, bianco con la punta sfumata di verde. Sperone nettariofero, lungo, sottile e più lungo rispetto all'ovario.



Platanthera chlorantha

Etimologia: l'epiteto *chlorantha* deriva dal greco *chloros* (verde) e *anthos* (fiore) per il tipico colore dei fiori.

Descrizione: pianta alta fino a 50 cm. Scapo robusto, con 2 foglie basali, di colore verde lucido, che formano una rosetta basale. Infiorescenza lassa e cilindrica composta da 8-30 fiori profumati di sera.

Sepali ovali e falciformi, il mediano a stretto contatto con i petali fino a formare un casco. Labello a forma di lingua, pendente, la base del labello è bianca e verso l'apice è verde-giallastro. Sperone claviforme con sommità ottusa, più lungo dell'ovario.



Serapias vomeracea:

Etimologia: l'epiteto vomeracea deriva dal latino vomer (vomere) per la forma del labello nella parte distale che ricorda il vomere di un aratro.

Descrizione: pianta alta fino a 55 cm. Scapo robusto di colore violaceo. Foglie di colore verde-azzurro guainanti lanceolate e arcuate, le basali in rosetta con guaina spesso striata in rosso violaceo. Infiorescenza lassa e allungata fino ad assumere un aspetto esile e filiforme, presenta da 3 a 12 fiori. I sepali sono rossi all' interno e grigi all' esterno e presentano striature purpuree, i petali sono di colore rosso-nero. Il labello è rosso-brunastro, trilobato, supera i sepali. Il lobo medio è stretto e cosparso di peli a volte con una zona più chiara al centro, inoltre, il lobo mediano prominente è triangolare; le brattee sono più lunghe del cappuccio. Lobi laterali molto scuri e nascosti tra i tepali. Rari sono i casi in cui questa pianta ha fiori bianchi.



Sperone assente.

2.6 Schede descrittive dei siti naturalistici di interesse orchidologico

Sito San Cataldo

La vegetazione si presenta piuttosto articolata, caratterizzata da un buon grado di naturalità. Nelle stazioni meno elevate prevalgono le argille, mentre nelle porzioni più elevate il substrato diventa di matrice calcarea. Sulle argille prevalgono campi coltivati, nonché prati a fieno con dominanza di *Cynosurus cristatus* o *Arrhenatherum elatius* subsp. *elatius*. Sui calcari, invece, sono maggiormente rappresentati i pascoli a dominanza di *Bromopsis erecta*. Anche la vegetazione legnosa qui si differenzia in relazione ai diversi substrati, sulle argille dominano la ginestra comune (*Spartium junceum*), prugnolo (*Prunus spinosa* subsp. *spinosa*) e il sanguinello (*Cornus sanguinea* subsp. *hungarica*). Sui calcari, oltre al prugnolo, sono invece più frequenti l'emero (*Emerus major*), il ginepro comune (*Juniperus communis*), i diversi citisi (*Cytisophyllum sessilifolium*, *C. spinescens*). Relativamente ai boschi si sviluppano quasi esclusivamente nei siti più elevati, dove la componente forestale è rappresentata da orno-ostrieti in cui dominano il carpino nero (*Ostrya carpinifolia*) e l'orniello (*Fraxinus ornus* subsp. *ornus*).

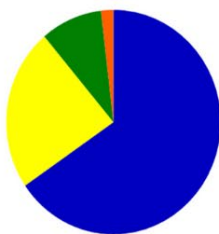


<https://www.visitpalena.it/san-cataldo/>

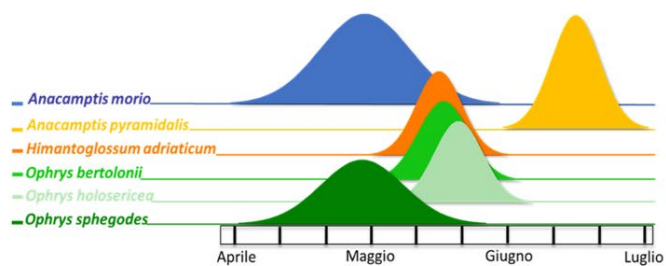
Abbondanza relativa e periodo di fioritura delle specie di orchidee del sito San Cataldo

San Cataldo

Abbondanza relativa delle specie



Fenologia



Sito di Cotte

La vegetazione del sito è molto articolata, in virtù della presenza contemporanea di numerosi tipi strutturali e fisionomici quali praterie pascolate e/o sfalciate, arbusteti, lembi di bosco o boscaglia aperta, orli e margini forestali e, in misura decisamente minore, campi coltivati e ambienti urbanizzati.

Nuclei di boschi submontani con dominanza prevalente di querce (*Quercus pubescens* Willd. *Q. cerris* L.) a cui si associano elementi mesofili quali ad esempio il carpino nero (*Ostrya carpinifolia*) diversi aceri (*Acer campestre*, *A. opalus* subsp. *obtusatum*, *A. pseudoplanatus*), frassino maggiore (*Fraxinus excelsior* L.), ciliegio (*Prunus avium*), olmo campestre (*Ulmus minor* Mill.), etc. Nel sottobosco queste formazioni presentano la flora tipica dei querceti, ad esempio, *Viola alba* Besser subsp. *dehnhardtii*, *Aegonychon purpureocaeruleum*, *Daphne laureola*, ecc.

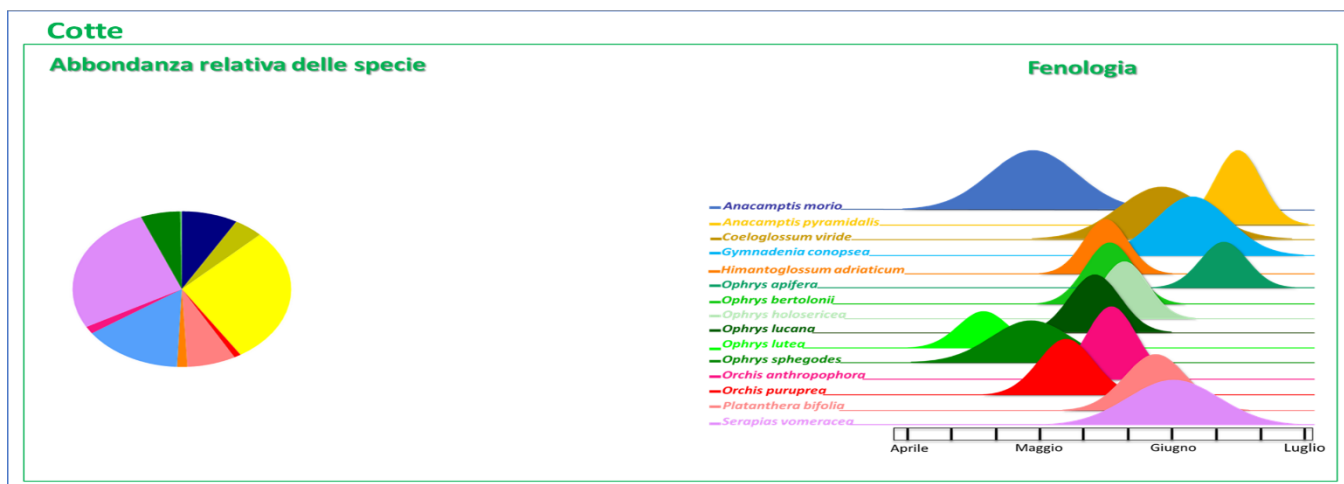


<https://www.visitpalena.it/le-cotte/>

Arbusteti sparsi a dominanza di ginepro comune (*Juniperus communis* L.) o di rose (*Rosa* sp. pl.) e biancospini (*Crataegus monogyna* Jacq., *C. laevigata* Poir.)

Le praterie sono per lo più a dominanza di *Bromopsis erecta* (Huds.) Fourr. con abbondante presenza di *Pentanema salicinum* (L.) e *Brachypodium rupestre* (Host).

Abbondanza relativa e periodo di fioritura delle specie di orchidee del sito Cotte



Sito di Ponte Sarrigone:

La vegetazione di questo sito non si discosta molto da quella descritta per la località Cotte, a cui si aggiunge la presenza di lembi di vegetazione igrofila in corrispondenza del torrente. L'elemento che caratterizza queste formazioni è il salice bianco (*Salix alba* L.), a cui si aggiungono sambuco (*Sambucus nigra* L.) e in qualche caso anche pioppo tremolo (*Populus tremula* L.).



https://www.visitpalena.it/ponte_sarrigone/

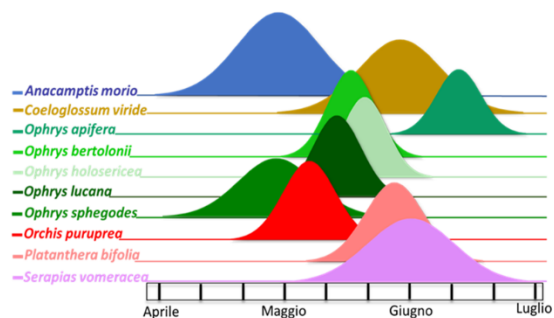
Abbondanza relativa e periodo di fioritura delle specie di orchidee del sito Ponte Sarrigone.

Ponte Sarrigone

Abbondanza relativa delle specie



Fenologia



Sito del Valico della forchetta-Quarto Santa Chiara:

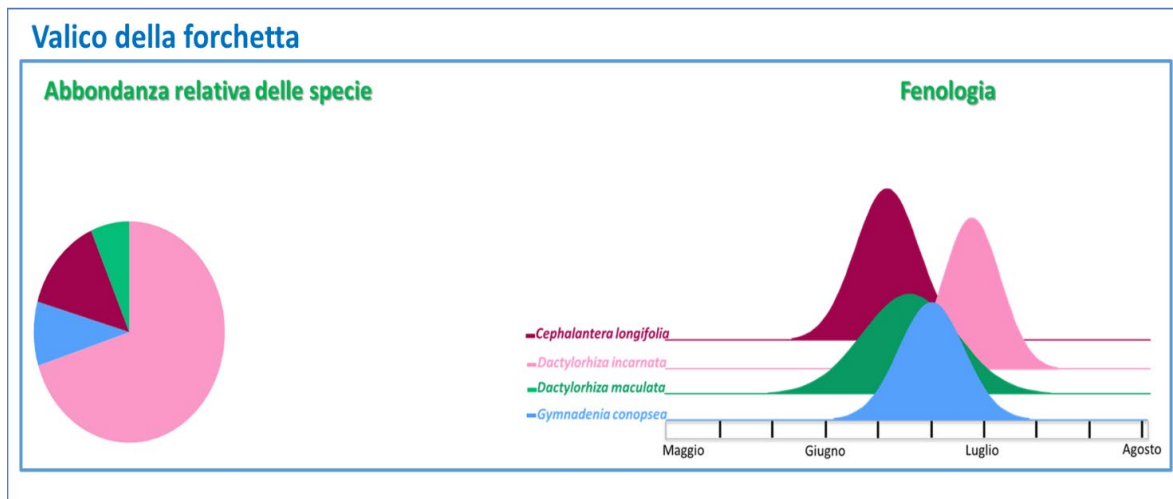
La vegetazione al Valico della forchetta è caratterizzata maggiormente dalla presenza di un'estesa faggeta che interessa la porzione nord-orientale dell'area. Sul versante opposto, invece, trova ampio spazio un rimboschimento. Sullo stesso versante non sono infrequenti spazi aperti con xerobrometi e, nelle situazioni più rocciose, aspetti di gariga a camefite con *Satureja montana* subsp. *montana*, *Helianthemum oelandicum* subsp. *incanum*.

Al Quarto di S. Chiara prevale una vegetazione a prateria che, a seconda dell'altezza del piano di campagna e delle caratteristiche fisico-chimiche dei suoli, varia da umida a inondata, a decisamente igrofila. Le specie prevalenti nel prato umido da fieno sono *Cynosurus cristatus* e *Lolium arundinaceum*. Sono da segnalare le praterie a *Carex buxbaumii* e *Carex disticha*, in quanto assumono particolare importanza per la loro rarità.



<https://www.visitpalena.it/valico-della-forchetta/>

Abbondanza relativa e periodo di fioritura delle specie di orchidee del sito Valico della forchetta



Sito di Madonna dell'Altare:

La vegetazione che prevale in questa località è quella di una cerreta mista mesofila. Alla dominanza del cerro (*Quercus cerris*) si accompagnano numerose altre specie arboree quali il carpino bianco (*Carpinus betulus*), il faggio (*Fagus sylvatica* subsp. *sylvatica*), diversi aceri (*Acer campestre*, *A. opalus* subsp. *obtusatum*). Nello strato arbustivo sono più o meno abbondanti arbusti quali il rovo ghiandoloso (*Rubus hirtus*), l'agrifoglio (*Ilex aquifolium*), la dafne laurella (*Daphne laureola*) e la Rosa cavallina (*Rosa arvensis*).



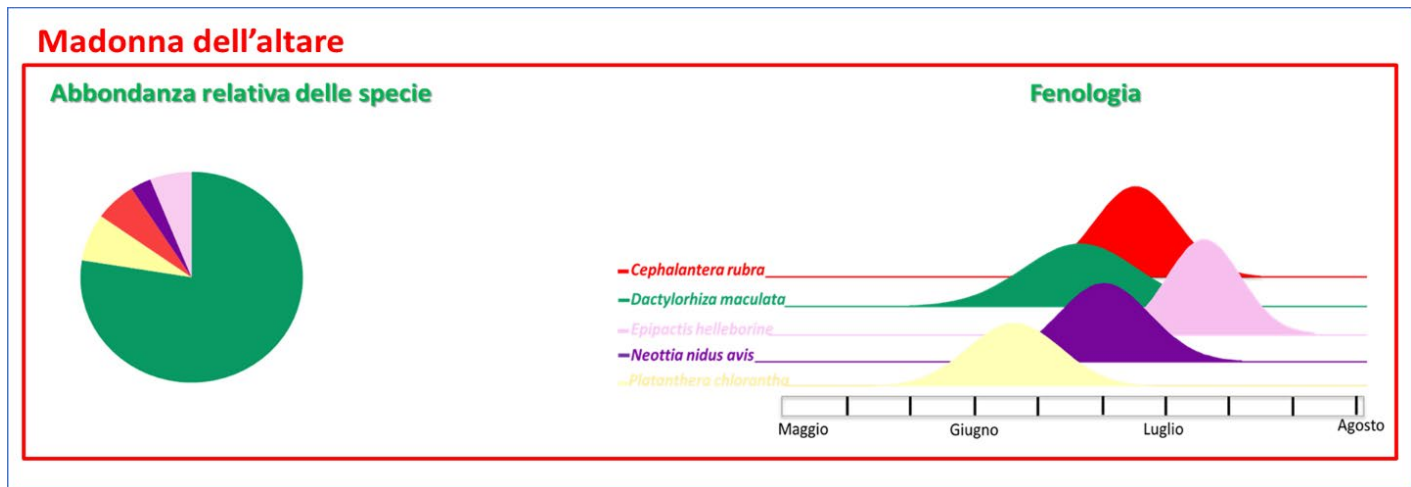
<https://www.visitpalena.it/orchidee-madonna->

Nelle radure del bosco si rinviene un pascolo a dominanza di *Bromospis erecta* e/o *Brachypodium rupestre*, con presenza di *Achillea collina*, *Lotus corniculatus* subsp. *corniculatus*, *Prunella vulgaris* subsp. *vulgaris*.

La componente forestale del paesaggio è meglio rappresentata ed è costituita prevalentemente da orno-ostrieti in cui, oltre al carpino nero (*Ostrya carpinifolia*) è possibile rinvenire orniello (*Fraxinus ornus* subsp. *ornus*) e acero campestre (*Acer campestre*). Nell'area si sviluppa un'estesa faggeta, mentre su versanti opposti si realizza un esteso rimboschimento a prevalenza di conifere.

Ben rappresentati, negli spazi aperti, sono formazioni erbacee appartenenti agli xerobrometi, mentre nelle situazioni più rocciose prevalgono aspetti di gariga a camefite.

Abbondanza relativa e periodo di fioritura delle specie di orchidee del sito Madonna dell'Altare



Appendice

3.1 Descriptive sheets of the species

Anacamptis morio:

Etymology: the origin of the specific epithet is currently unclear. The term morio may derive from the Latin morio-onis (clown), because of the spotted flowers resembling the clothes of a clown, or morrion from the Spanish (helmet) because of the way the tepals are arranged.

Description: a medium perennial up to 35 cm in height. The scape, ranges from green to purplish. The lower leaves are lanceolate and arranged in a basal rosette, while the upper leaves wrap around the scape. The inflorescence consists of 5 to 25 flowers. The flowers are purple in colour; white flowers are not uncommon. The tepals are almost always streaked with green. Lip bluntly 3-lobed and almost folded in 2, the edge is crenulated, the central part paler than the margins characterized by many small purple maculae. Pollinated mainly by bees.

Anacamptis pyramidalis:

Etymology: the specific epithet is of Latin origin pyramidalis-e (pyramidal). The name was given to it due to the cone-shaped inflorescence.

Description: a plant that can reach up to 60 cm in height. The green scape is very thin. The lower leaves are lanceolate, up to 25 cm long and not arranged in a basal rosette, along the scape the leaves are fasciated and small. The inflorescence can consist of up to 100 small flowers. The colour of the flowers varies from pink to purple, and rare are white flowers, borne in distinctly cone-shaped or dome-shaped dense spikes. The lip is 3-lobed and the central lobe is less wide than the lateral one. The spur is very long, ribbon-like, that exceeds the length of the ovary. Pollinated by butterflies.

Cephalanthera longifolia

Etymology: the specific epithet derives from the Latin *longifolia* (long-leaved).

Description: plant up to 50 cm high. Stem light green leafy. Leaves up to 12 are lanceolate, with prominent veins descending from the bottom to the top. Inflorescence loose with up to 30 flowers.

The flowers are white, fragrant, erect, and ajar. Sepals are long, lanceolate-acute while the petals are smaller, obtuse, and joined to the median sepal. Lip is white, with a few longitudinal yellow ridges, concave with straight lateral lobes around the gynostemium. Spur absent.

Cephalanthera rubra

Etymology: the specific epithet *rubra* is derived from Latin (red) due to the colour of the flowers.

Description: plant up to 70 cm high. Scape slender, leaves are lance-shaped, dark green with very pronounced veins. Inflorescence slender and may consist of 3 to 10 flowers. The flowers are large, open, and intense pink to purple. Sepals and petals acute, the median sepal is connate with the petals. Lip is smaller than the sepals, the base is very pale, and the margins are deep pink. The sometimes-pink lateral lobes are characterized by yellow veins arranged in a fan shape. Without spur. Gynostemium elongated, purple in colour.

Coeloglossum viride

Etymology: *Coeloglossum* derives from the Greek *Koilos-glossa* (from the hollow tongue) and *viride* from the Latin *viridis* (green) due to the green colour of the flowers.

Description: plant up to 35 cm high. Green, grooved stem. The lower leaves are ovate while the upper leaves are lanceolate and acute. The inflorescence is loose with up to 25 flowers. The flowers are light green, and the sepals and petals are grouped to form a helmet around the lip.

The lip is pendulous, tongue-shaped, 3-lobed, and green with brownish-red shaded margins. The lateral lobes are longer than the median and are slightly bent forward. Spur small, sac-like and nectariferous. Gynostemium small and pollen diverging downwards.

Dactylorhiza incarnata

Etymology: the specific epithet *incarnata* was given to it due to the rosy colour of the flowers.

Description: plant up to 80 cm high. Scape robust light green. Leaves max. 8, are erect, lanceolate wrapping around the stem, often exceeding the base of the inflorescence. Bracts are long, lance-shaped and protrude out of the inflorescence, often tinged with red. Inflorescence dense with numerous flowers. The flowers are intense pink. Lateral and divergent sepals, the middle one together with the petals are turned forward to form a hood. Lip slightly 3-lobed with purple dots and lines. Spur stout, conical and pointing downwards.

Dactylorhiza maculata

Etymology: the specific epithet refers to the appearance of the labellum.

Description: plant up to 100 cm high. Scape thin, green, and often purplish at the apex. Leaves dark green, elliptical, cauline are characterized by brown spots only on the upper page. Inflorescence dense, conical, and characterized by numerous flowers. Sepals are purple-purple characterized by a series of purple lines and punctuation, the middle one joined with the petals to form a helmet. lip broad, and 3-lobed, with the median lobe, rounded clear at the base with a purple tinge starting in the centre and intensifying at the margin, characterized like the tepals by purple lines and dots. Spur cylindrical and descending. Gynostemium obtuse.

Epipactis helleborine

Etymology: the epithet *helleborine* derives from the Latin *helleborus* from the shape typical *veratrum*-likes of the leaves.

Description: plant up to 100 cm high. Stem green, erect, often the lower part is pinkish. Leaves up to 10 are spiralled. Inflorescence, compact and elongated can consist of more than 100 flowers. Flowers, semi-open or open are slightly pendulous and can be green or pinkish. Sepals are ovate and narrow-shaded pink with greenish veins. Petals, on the other hand, are a more intense colour. lip shorter than the sepals greenish-white towards the outside, and blackish-brown inside. Gynostemium short.

Gymnadenia conopsea:

Etymology: the term conopsea is derived from the Greek konops (mosquito) from the appearance of the spur that resembles the mouthparts of mosquitoes.

Description: plant up to 1 m high. Scape erect, flexuous light green at the base and purplish at the apex. The lower leaves are long, linear and lanceolate, and the upper ones are bract-shaped. Inflorescence dense and elongated with small, fragrant flowers, varying in colour from pink to purplish red, rarely white. Lateral sepals are long, and the median one curved forward, united with the petals to form a helmet. Lip 3-lobed, lobes very similar to each other. Spur very long, filiform, downward-pointing, containing little nectar.

Himantoglossum adriaticum:

Etymology: it owes its name to its distribution area. the term Himantoglossum derives from the Greek (ribbon-tongued flower)

Description: a plant up to 90 cm high, the scape is green and sometimes purple shaded. It has ovate lower leaves, while the upper leaves band the stem. The inflorescence consists of 15 to a maximum of 40 flowers. The tepals are green with purple streaks that join to form a helmet around the lip. The lip is 3-lobed and has a white base with purple maculae, the median lobe is thin ribbon-like, bifid at the apex and up to 65 mm long. Spur 2 to 4 mm long. The flowers, although poorly nectariferous, are very fragrant and attract pollinators from various families: Hymenoptera, Diptera, Coleoptera, etc.

Neottia nidus avis

Etymology: neottia derives from the Greek neotteia (nest) and nidus avis from Latin (nest, bird) the name was given to it because of the appearance of the root system.

Description: plant up to 50 cm high. Scape robust yellowish-brown rarely white, completely devoid of chlorophyll. Leaves are sheathing, and lanceolate. Inflorescence dense and cylindrical with 15-40 flowers. The flowers are large and have a slight honey scent, the distribution of the flowers is denser at the apex, while at the base the flowers are spaced apart. Lip pendent with a domed base, 2-lobed, and the lobes are divergent and enlarged. Without spur. Gynostemium is long and white.

Ophrys apifera:

Etymology: The term apifera derives from the Latin apis and fero (bee-bearer) due to the resemblance of the flower to the bee.

Description: plant up to 60 cm high. Scape robust, light green, light green leaves clustered in a basal rosette. Inflorescence lax with 2 to 10 flowers. Flowers are relatively large with sepals of various colours from white to pink, with a green centre rib. Petals are very small, green, and triangular. The lip is velvety 3-lobed brown, with small, hairy lateral lobes. The median lobe is round and has a poorly articulated speculum, bordered by a very thick yellow line. Acute rostrum gynostemium with the typical shape of an S.

Ophrys bertolonii:

Etymology: the name was given to honour the famous botanist, Antonio Bertoloni.

Description: a plant up to 90 cm high. Stem green and slender. Leaves arranged in a basal rosette. The inflorescence consists of 2 to 8 large flowers. The sepals are pink, while the tepals are a deeper pink than the sepals and are sometimes purple. The entire, black labellum has the typical saddle shape covered with reddish-brown hairs on the margins. At the base of the labellum, there is a shiny shield-shaped speculum of a blue-red colour.

The apicle is very large and green to yellow in colour, facing upwards or forwards. Gynostemium elongated and pointed. Pollination by Hymenoptera of the genus Megachilidae

Ophrys fusca:

Etymology: the epithet fusca derives from the Latin fuscus (dark), due to the dark colour of the labellum. The name lucana, on the other hand, is linked to the name of the place where it was first sighted in Basilicata.

Description: plant up to 25 cm high. Stem thin, light green. The lower leaves, oblong-lanceolate, are arranged in a basal rosette. Inflorescence dense and may have 2 to 8 flowers. The flowers are large and dark. - Tepals are yellowish-green in colour, and the middle one is curved on the gynostemium. Lip brown,

and velvety with a distinct yellow edge. Speculum covers about two-thirds of the entire lip and is metallic grey in colour and rust red towards the base; the stigmatic cavity is also characterized by whitish hairiness.

Ophrys holosericea:

Etymology: holosericea derives from the Greek holos-e (all) and serikos (silk), due to the velvety appearance of the labellum.

Description: This species is characterized by its high morphological variability which has led many authors to describe different infraspecific entities. Plant up to 40 cm high. Erect and light green scape. The lower leaves are almost all united to form a basal rosette, and the upper leaves are enveloping the scape. The spike-like inflorescence may consist of 2 to 10 flowers. Sepals are ovate and may be white, pink, or purplish red with green veins. Petals are subtriangular, pink, or purplish red and rarely white. Lip downwards, velvety with brownish marginal hairiness with more or less evident basal gibbosity. The speculum is very variable in shape, brownish-red in colour with white or yellow margins. Apicle is very developed facing forward and yellowish-green above. Gynostemium is short and acute.

Ophrys lutea:

Etymology: The epithet derives from the Latin luteus (yellow) due to the colour of the lip.

Description: plant up to 30 cm high. Lower leaves grouped to form a basal rosette. Inflorescence lax with 2 to 6 flowers. The flowers are large, the sepals are green, and the petals are yellow. Lip 3-lobed has yellow margins and is brownish in the centre and lateral lobes are slightly spaced from the median one. Short gynostemium with obtuse apex.

Ophrys majellensis:

Etymology: the specific name refers to Majella, the Abruzzo Mountain where it was first described.

Description: plant up to 70 cm high, lower leaves gathered to form a basal rosette. Stem thick, green, and fleshy. Inflorescence lax with 5 -15 flowers, the last flower arranged at the top of the scape. Tepals green and lanceolate, sepals at least as long as the tepals with wavy edges of a more intense colour. Labellum

large, entire, blackish-brown, with dense hairiness, and distended, paler edges. Speculum well visible brownish-purple in the shape of an X or H. Apiculum very small.

Ophrys sphegodes:

Etymology: the epithet sphegodes comes from the Greek sphekos, meaning wasp-like.

Description: plant up to 55 cm high. Slender green scape. The lower leaves are clustered to form a light green basal rosette, and the upper leaves wrap around the stem. The inflorescence may consist of 2 to 15 flowers. Sepals green, the middle one slightly forward-facing.; the petals are smaller with slightly pinkish, wavy margins. The lip is large and downward-facing, highly variable in shape and colour, with marginal hairiness. The margin is often bordered by a yellow line. It has a brownish or dark blue H-shaped speculum. Greenish and very conspicuous gynostemium.

Orchis anthropophora:

Etymology: the epithet anthropophora derives from the Greek ("man-bearer") due to the shape of the lip, which seems to imitate the body of a man.

Description: plant up to 40 cm high. Slender, light green stem. The lower leaves are ovate and clustered to form a basal rosette. Inflorescence narrows at the base and gradually widens towards the apex. Sepals and petals are united to form a yellow-green helmet with red margins. The lip is pendent, downward-facing, and 3-lobed; the central lobe is longer than the lateral ones and is bifid. Absent spur and small gynostemium.

Orchis purpurea:

Etymology: The epithet purpurea comes from the Latin purpureus-a (purple) given the colour of some parts of the flower.

Description: plant up to 80 cm high. Robust, cylindrical scape green at the base and tinged with purple at the apex. Large, oblong, glossy green lower leaves are arranged in a basal rosette, the upper leaves wrap around the stem. Dense inflorescence with large purple-pink flowers. Sepals and petals are united to form a helmet on the greenish lip with obvious purple streaks and maculae. The lip is 3-lobed with a white or

shaded pink background with conspicuous purple maculae and purple margins. Spur not longer than the ovary, curved downwards and obtuse gynostemium.

Platanthera bifolia:

Etymology: The epithet *bifolia* comes from the Latin word meaning two leaves because this plant has two large leaves at the base.

Description: plant up to 50 cm high. The scape is slender and light green in colour. The leaves at the base are large, oblong-lanceolate and glossy. The slender, cylindrical multi-flowered inflorescence may consist of up to 40 very fragrant flowers. The tepals are white slightly tinged with green. The median tepal is shorter than the others folded forward. The lip is pendulous, and white with the tip shaded green. The nectar spur is long, slender and longer than the ovary.

Platanthera chlorantha:

Etymology: the epithet *chlorantha* derives from the Greek *chloros* (green) and *anthos* (flower) from to the typical colour of the flowers.

Description: plant up to 50 cm high. Scape robust with 2 basal, glossy green leaves forming a basal rosette. Inflorescence loose and cylindrical consisting of 8-30 evening flowers.

Sepals are oval and sickle-shaped, the median in close contact with the petals to form a helmet. Lip is tongue-shaped and pendent, the base of the lip is white and towards the apex it is yellowish-green. Spur claviform with obtuse apex, longer than the ovary. Gynostemium is broad.

Serapias vomeracea:

Etymology: the epithet *vomeracea* derives from the Latin *vomer* (vomere) from the shape of the labellum in the distal part that resembles a ploughshare.

Description: plant up to 55 cm high. Scape robust, purplish-coloured. leaves bluish-green sheathing lanceolate and arcuate, the basal ones in a rosette with sheath often streaked in purplish red. Inflorescence lax and elongated to slender and threadlike, 3 to 12 flowers. Sepals red internally, grey externally, with purplish stripes; petals are red-black. The lip is brownish-red and 3-lobed, much exceeding the sepals. The

middle lobe is narrow and sprinkled with hairs sometimes with a lighter area in the centre; the prominent median lobe is triangular; the bracts are longer than the cap. Laterallobes very dark, concealed between the tepals. White flowers are rare. Spur absent.

3.2 Descriptive sheets of naturalistic sites of orchidological interest

San Cataldo

The vegetation is rather articulated, characterized by a good degree of naturalness. In the lower elevations, clays prevail, while in the higher portions, the substrate becomes a limestone matrix. On the clays, cultivated fields prevail, as well as hay meadows dominated by *Cynosurus cristatus* or *Arrhenatherum elatius subsp. elatius*. On the other hand, pastures dominated by *Bromopsis erecta* are more represented on the limestones. The woody vegetation here also differs about the different substrates, on the clays common broom (*Spartium junceum*), sloe (*Prunus spinosa subsp. spinosa*) and blackthorn (*Cornus sanguinea subsp. hungarica*) dominate. On limestones, in addition to blackthorn, hawthorn (*Emerus major*), common juniper (*Juniperus communis*) and various *Cytisophyllums* (*Cytisophyllum sessilifolium*, *C. spinescens*) are more frequent. Woodlands, develop almost exclusively on the highest sites, where the forest component is represented by hornbeam (*Ostrya carpinifolia*) and flowering ash (*Fraxinus ornus subsp. ornus*).

Cotte

The vegetation of the site is very diverse, due to the simultaneous presence of numerous structural and physiognomic types such as grazed and/or mowed grasslands, shrublands, patches of woodland or open scrub, forest edges and margins and, to a much lesser extent, cultivated fields and urbanised environments. Sub-mountain woodlands dominated by oaks (*Quercus pubescens Willd.* and *Q. cerris L.*) with associated mesophyll elements such as hornbeam (*Ostrya carpinifolia*), various maples (*Acer campestre*, *A. opalus subsp. obtusatum*, *A. pseudoplanatus*), greater ash (*Fraxinus excelsior L.*), cherry (*Prunus avium*) field elm (*Ulmus minor Mill.*), etc. In the undergrowth, vegetation is typical of oak forests, e.g. *Viola alba Besser subsp. dehnhardtii*, *Aegonychon purpureocaeruleum*, *Daphne laureola*, etc.

Scattered shrublands are dominated by common juniper (*Juniperus communis L.*) or roses (*Rosa sp. pl.*) and hawthorns (*Crataegus monogyna Jacq.*, *C. laevigata Poir.*). The grasslands are mostly dominated by

Bromopsis erecta (Huds.) Fourr. with abundant *Pentanema salicinum* (L.) and *Brachypodium rupestre* (Host).

Ponte Sarrigone:

The vegetation at this site is not very different from that described for the Cotte locality, to which is added the presence of patches of hygrophilous vegetation at the stream. The element that characterises these formations is the white willow (*Salix alba* L.), to which are added elder (*Sambucus nigra* L.) and in some cases also aspen (*Populus tremula* L.).

Valico della forchetta-Quarto Santa Chiara:

The vegetation at the Valico della forchetta is mainly characterized by the presence of an extensive beech forest in the northeastern portion of the area. On the opposite slope, however, there is ample space for reforestation. On the same slope, open spaces with xerobromes and, in the rockier situations, aspects of chamaephyte garigue with *Satureja montana* subsp. *montana*, *Helianthemum oelandicum* subsp. *incanum* is not infrequent. At the Quarto di S. Chiara, prairie vegetation prevails that, depending on the height of the ground level and the physical-chemical characteristics of the soils, varies from wet to flooded to decidedly hygrophilous. The predominant species in the wet hay meadow are *Cynosurus cristatus* and *Lolium arundinaceum*. *Carex buxbaumii* and *Carex disticha* meadows are of particular importance due to their rarity.

Madonna dell'Altare:

The prevailing vegetation in this locality is that of a mesophyll-mixed cerreta. The dominance of the turkey oak (*Quercus cerris*) is accompanied by numerous other tree species such as the hornbeam (*Carpinus betulus*), beech (*Fagus sylvatica* subsp. *sylvatica*) and various maples (*Acer campestre*, *A. opalus* subsp. *obtusatum*). In the shrub layer, shrubs such as gland bramble (*Rubus hirtus*), holly (*Ilex aquifolium*), daphne laurella (*Daphne laureola*) and Rosa cavallina (*Rosa arvensis*) are abundant. The forest clearings are dominated by *Bromopsis erecta* and/or *Brachypodium rupestre*, with the presence of *Achillea collina*, *Lotus corniculatus* subsp. *corniculatus*, *Prunella vulgaris* subsp. *vulgaris*. The forest component of the landscape is better represented and consists mainly of hornbeam (*Ostrya carpinifolia*) in which, in addition to hornbeam *Fraxinus ornus* subsp. *ornus* and field maple (*Acer campestre*) can be found. In the area, there

is an extensive beech forest, while on opposite slopes there is extensive reforestation with a predominance of conifers. Well represented in the open spaces are herbaceous formations belonging to the xerobromete, while in the rocks the chamaephyte, and garigue prevail.

Articolo pubblicato.

Il presente lavoro di realizzazione del sito web è stato oggetto della seguente pubblicazione:

Un sito web per le orchidee di Palena

Orchidofilia 2024

Realizzazione di un sito web per la valorizzazione delle orchidee del territorio di Palena

Anna D'Aria¹, Salvatore Cozzolino¹, Giampiero Ciaschetti² e Giovanni Scopece¹.

SOMMARIO

Il presente lavoro si concentra sulla descrizione della realizzazione di un sito web dedicato alle orchidee del comune di Palena (Prov. Chieti, Abruzzo), riconoscendo l'importanza sempre crescente di tali piattaforme nelle strategie di comunicazione di marketing territoriale. Il sito ha lo scopo di offrire informazioni scientifiche dettagliate sulle orchidee spontanee attraverso schede descrittive e divulgative, creando così una risorsa informativa accessibile per gli appassionati ed i visitatori interessati. Per la realizzazione del sito sono state condotte indagini floristiche, demografiche, fenologiche e di successo riproduttivo delle popolazioni di orchidee presenti nel territorio del comune di Palena. Queste indagini hanno permesso di creare schede tassonomiche descrittive delle differenti specie, arricchite di informazioni relative ai periodi di fioritura, alla riproduzione ed all'abbondanza. Inoltre, tali studi hanno permesso di individuare cinque specifici siti di particolare interesse orchidologico da proporre come percorsi naturalistici per il visitatore.



Anacamptis pyramidalis

Introduzione. Il turismo naturalistico è una forma di turismo orientata all'osservazione ed all'apprezzamento della natura, spesso incentrata sull'esplorazione di aree naturali, come parchi nazionali, riserve naturali e habitat selvatici. La Direttiva Habitat, n. 92/43/CEE, rappresenta uno strumento legislativo chiave nell'ambito della politica ambientale europea ed è finalizzato a proteggere e conservare la biodiversità attraverso la gestione e la tutela degli habitat naturali e delle specie selvatiche. A livello globale, infatti, un'ampia strategia adottata per la protezione e la conservazione del territorio è l'istituzione di aree naturali protette (NPA), che svolgono un ruolo cruciale nella conservazione della biodiversità e degli habitat naturali (Canteiro M, et al. 2018).

La crescita del turismo naturalistico ha trasformato molte NPA in destinazioni turistiche, che, se gestite correttamente, possono diventare risorse significative in grado di generare un importante valore aggiunto (Dharmaratne G.S, et al. 2000). In Italia, le NPA coprono oltre l'11% della superficie totale del Paese, con una maggiore concentrazione nell'Italia meridionale (<http://www.parks.it/indice/Efaq aree protette.html>). L'Abruzzo propone un'ampia offerta di turismo naturalistico, avendo il privilegio di ospitare ben tre Parchi Nazionali che coprono il 28,3% della superficie regionale (<https://indicatoriambientali.isprambiente.it/ada/downloadreport/pdf/6478>).

In particolare, il Parco Nazionale della Majella è una destinazione molto apprezzata da appassionati di botanica e, più in generale, da escursionisti interessati al turismo naturalistico. Questo Parco ospita nel suo territorio una delle più vaste comunità di orchidee selvatiche d'Italia. In particolare, il comune di Palena, uno dei 39 presenti nel Parco Nazionale della Majella, annovera 64 specie di orchidee, contribuendo significativamente alla biodiversità orchidologica presente del territorio abruzzese (Conti F. et al. 2020). Attualmente, nonostante il titolo di *Paese delle orchidee*, Palena resta poco conosciuta a livello nazionale, sebbene negli ultimi anni la Proloco di Palena abbia organizzato escursioni nei siti di presenza delle orchidee, mostre a tema, ed una festa annuale nel centro storico, con l'obiettivo di creare un'offerta turistica rivolta agli amanti delle orchidee e non solo.

Alla luce della crescente importanza delle risorse online nelle strategie di comunicazione e di marketing territoriale, il presente lavoro mira alla descrizione delle metodologie utilizzate per la creazione di un sito web che

fornisce informazioni scientifiche dettagliate sulle orchidee attraverso schede descrittive e divulgative. Il sito è stato organizzato per mettere a disposizione dell'utente tutte le informazioni necessarie per visitare le aree naturali del comune di Palena di maggior pregio orchidologico ed ha l'obiettivo di contribuire alla crescita del turismo naturalistico.

Metodologia di indagine.

Lo studio di base per la creazione del sito ha preliminarmente previsto la raccolta di informazioni già presenti in letteratura relative al patrimonio orchidologico dell'area del comune di Palena. Questo ha consentito di creare un database di riferimento contenente l'elenco delle specie presenti in Abruzzo e le relative informazioni di georeferenziazione.

Successivamente, durante la primavera del 2021, sono state condotte analisi del territorio palenese. Il lavoro ha coinvolto la mappatura delle popolazioni di orchidee, l'esame degli ambienti e degli ecosistemi in cui esse vivono ed una analisi volta a valutare l'accessibilità delle aree con il maggior numero di specie di orchidee. Questa valutazione è stata effettuata

secondo il sistema di classificazione dei sentieri escursionistici del Club Alpino Italiano (CAI), distinguendo tra percorsi turistici, percorsi escursionistici, percorsi per escursionisti esperti e percorsi per escursionisti esperti con attrezzatura. Nel contesto del presente lavoro, sono state individuate cinque diverse aree nel territorio del comune di Palena, tutte classificate come percorsi turistici secondo il CAI, rappresentative delle macrocondizioni morfologiche e ambientali del territorio.

Le aree identificate includono:

- il *Valico della Forchetta*, situato a 1200 metri sul livello del mare, che attraversa l'altopiano del Quarto Santo Chiara che rappresenta una tipica prateria alluvionale con un prato umido dominato da *Cynosurus cristatus* e *Lolium arundinaceum*
- il sito *Madonna dell'Altare* che rappresenta una tipica area di sottobosco con una componente forestale del paesaggio costituita prevalentemente da orno-ostrieti in cui, oltre

al carpino nero (*Ostrya carpinifolia*) è possibile rinvenire orniello (*Fraxinus ornus* subsp. *ornus*) ed acero campestre (*Acer campestre*).

- le zone di *San Cataldo*, *Ponte Sarrigone* e *Cotte*, caratterizzate da praterie da sfalcio costituite da terreni erbosi che vengono coltivati e gestiti per la produzione di fieno o foraggio.

Per arricchire il sito con informazioni puntuali, sono state condotte specifiche

indagini sulle orchidee del luogo. Queste comprendono un'indagine floristica, un'indagine demografica, un'indagine fenologica ed un'indagine del successo riproduttivo.

1) *Indagine floristica*: i rilievi floristici sono stati condotti al fine di identificare le specie di orchidee presenti nel territorio palenese. Dopo l'attività di campo nei siti di campionamento, tutte le specie di orchidee individuate sono state fotografate, classificate e

georeferenziate. I dati raccolti hanno permesso non solo la creazione di un elenco delle specie presenti (tabella 1), ma anche l'identificazione di eventuali specie rare da sottoporre a particolari regimi di protezione e monitoraggio costante dell'ambiente circostante.

2) *Indagine demografica*: l'indagine demografica si è focalizzata sulla misurazione della diversità orchidologica in una determinata area, considerando due parametri essenziali, ovvero

San Cataldo	Cotte	Ponte Sarrigone	Madonna dell'Altare	Valico della forchetta
<i>Anacamptis morio</i>	<i>Anacamptis morio</i>	<i>Anacamptis morio</i>	<i>Cephalanthera rubra</i>	<i>Cephalanthera longifolia</i>
<i>Anacamptis pyramidalis</i>	<i>Anacamptis pyramidalis</i>	<i>Coeloglossum viride</i>	<i>Dactylorhiza maculata</i>	<i>Dactylorhiza incarnata</i>
<i>Himantoglossum adriaticum</i>	<i>Coeloglossum viride</i>	<i>Ophrys apifera</i>	<i>Epipactis helleborine</i>	<i>Dactylorhiza maculata</i>
<i>Ophrys bertolonii</i>	<i>Gymadenia conopsea</i>	<i>Ophrys bertolonii</i>	<i>Neottia nidus-avis</i>	<i>Gymadenia conopsea</i>
<i>Ophrys holosericea</i>	<i>Himantoglossum adriaticum</i>	<i>Ophrys holosericea</i>	<i>Platanthera clorantha</i>	
<i>Ophrys majellensis</i>	<i>Ophrys apifera</i>	<i>Ophrys lucana</i>		
<i>Ophrys sphegodes</i>	<i>Ophrys bertolonii</i>	<i>Ophrys sphegodes</i>		
	<i>Ophrys holosericea</i>	<i>Orchis purpurea</i>		
	<i>Ophrys lucana</i>	<i>Platanthera bifolia</i>		
	<i>Ophrys lutea</i>	<i>Serapis vomeracea</i>		
	<i>Ophrys sphegodes</i>			
	<i>Orchis antropophora</i>			
	<i>Orchis purpurea</i>			
	<i>Platanthera bifolia</i>			
	<i>Serapis vomeracea</i>			

Tabella 1. Elenco floristico delle orchidee nei 5 siti di interesse naturalistico.

Madonna dell' Altare



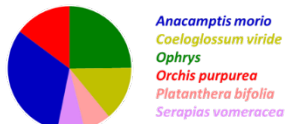
Valico della forchetta



San Cataldo



Ponte Sarrigone



Cotte



Fig.1 Areogramma rappresentativo della ricchezza e diversità delle specie nel sito di Madonna dell'Altare, Valico della forchetta, San Cataldo, Ponte Sarrigone e Cotte.

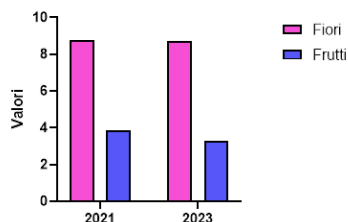
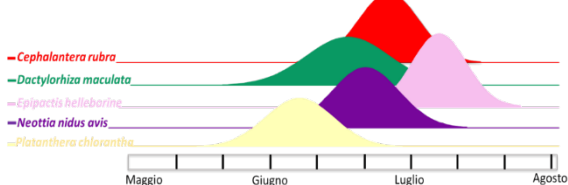
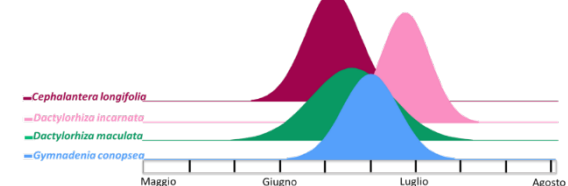


Fig.3 Rappresentazione grafica del successo riproduttivo di *Anacamptis morio* negli anni 2021 e 2023 nella zona di Cotte.

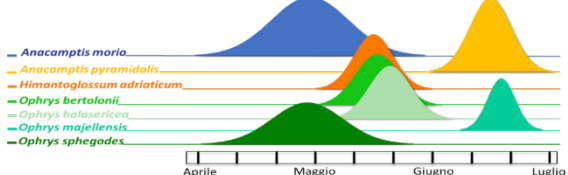
Madonna dell'Altare



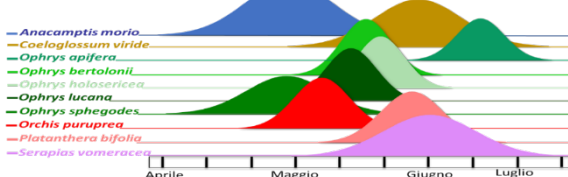
Valico della forchetta



San Cataldo



Ponte Sarrigone



Cotte

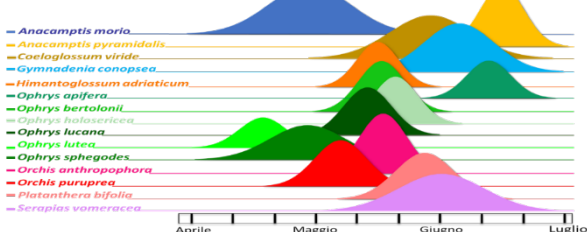


Fig.2 Rappresentazione grafica della fenologia delle orchidee nei siti di Madonna dell'Altare, Valico della forchetta, San Cataldo, Ponte Sarrigone e Cotte.

l'abbondanza e la ricchezza delle specie. La ricchezza delle specie si riferisce al numero complessivo di specie di orchidee in un'area definita, mentre l'abbondanza indica il numero d'individui di ogni specie in quell'area specifica.

Nel contesto di questo lavoro, per valutare l'abbondanza e la diversità delle specie di orchidee, sono stati creati tre cerchi di 10 m di diametro in aree di studio di almeno un ettaro, disposti in maniera randomica. All'interno di questi cerchi, sono state annotate tutte le orchidee presenti e sono stati conteggiati gli individui di ciascuna specie. I dati raccolti sono stati utilizzati per generare un areogramma rappresentativo. Questo diagramma circolare, comunemente chiamato "grafico a torta", è diviso in fette la cui ampiezza riflette la proporzione dei dati registrati durante la specifica indagine, rendendo chiara la prevalenza delle specie nell'area considerata. Per generare l'areogramma descrittivo, come illustrato nella figura 1 per ciascun sito d'interesse, si è proceduto con il censimento settimanale del numero d'individui per ogni specie durante il periodo di



Coeloglossum viride

fioritura delle orchidee, ovvero da aprile a luglio.

3) *Indagine fenologica*: per questa indagine, tutti gli individui delle specie individuati nei cerchi utilizzati per l'analisi

demografica sono stati osservati con cadenza settimanale lungo il loro ciclo vitale. I dati risultanti sono stati utilizzati per creare un grafico rappresentativo del periodo in cui possono essere osservate le orchidee del

luogo, da quando iniziano a sviluppare le prime rosette basali, attraverso il picco di fioritura, fino al termine del ciclo vegetativo con la sfioritura e la maturazione dei frutti. In figura 2 è rappresentata l'analisi fenologica dei 5 siti d'interesse naturalistico del paese.

4) *Indagine del successo riproduttivo*: lo studio dell'impollinazione è cruciale per comprendere la distribuzione e la vulnerabilità delle orchidee in habitat specifici. Nel corso di questa ricerca, all'interno di ogni cerchio precedentemente definito, all'inizio del loro periodo di fioritura (primi giorni di aprile), tutti gli individui delle specie presenti sono stati etichettati e, per ognuno di essi, è stato annotato il numero dei fiori presenti nell'infiorescenza. In seguito verso la metà di

luglio, quando tutte le specie presenti erano ormai sfiorite, è stato annotato il numero di frutti. Calcolando il rapporto tra il numero di frutti ed il numero di fiori, è stata ottenuta una stima del successo riproduttivo, un indice molto importante per comprendere lo stato di conservazione delle popolazioni e le possibili cause di regressione (figura

3). Nell'insieme queste analisi hanno fornito tutte le informazioni necessarie per la stesura delle schede

descrittive e divulgative del sito web.

Descrizione del sito web.

Per accedere al sito web dedicato alle orchidee di Palena, è sufficiente inserire nel browser web l'indirizzo <https://www.visitpalena.it>.

Scorrendo la pagina, si trova una sezione dedicata alle Orchidee di Palena. Esplorando la sezione dedicata alle orchidee, i fruitori del sito verranno guidati ad una seconda pagina che descrive le caratteristiche della famiglia delle *Orchidaceae* e fornisce indicazioni su come raggiungere i siti d'interesse naturalistico attraverso un collegamento con Google Maps, come illustrato nella figura 4.

Successivamente, cliccando sul nome del sito d'interesse evidenziato in rosso sopra ciascuna immagine della posizione geografica, i visitatori saranno indirizzati alla sezione dedicata a ogni singolo sito naturalistico. Qui, i visitatori possono accedere a informazioni dettagliate sul suolo, sulla vegetazione e sulle orchidee presenti. In particolare, l'anchor link delle orchidee consente al visitatore di

esplorare la ricchezza e l'abbondanza di specie, fornendo dettagli sul periodo di fioritura di ciascuna specie. Sono state allestite per ogni sito due sezioni denominate: "Suolo e vegetazione del sito" e "Orchidee del sito d'interesse". Per la sezione dedicata al suolo e vegetazione del sito in questione sono descritte le caratteristiche generali della vegetazione presente. La descrizione del suolo e della vegetazione in ogni sito è stata resa possibile grazie a rilievi fitosociologici. Sono state effettuate osservazioni dettagliate sul campo, registrando informazioni sulla presenza e abbondanza delle specie vegetali. I rilievi fitosociologici hanno fornito informazioni sulla biodiversità vegetale del territorio, contribuendo a comprendere la distribuzione delle specie e a valutare la salute degli ecosistemi. Nella sezione dedicata alle orchidee, invece, sono riportati i risultati dell'analisi demografica e fenologica precedentemente effettuata e le caratteristiche generali della specie, tra cui l'etimologia del nome scientifico e la descrizione della pianta. Sono forniti dettagli sulla forma, le dimensioni, il colore e la

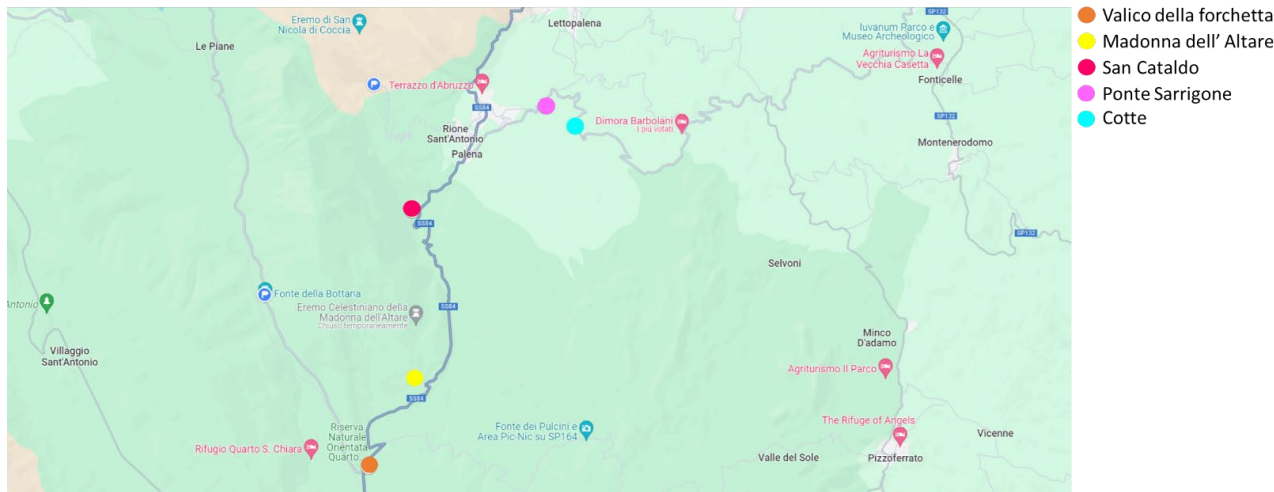


Fig. 4 Posizione dei cinque siti di interesse naturalistico.

disposizione delle foglie. Si prosegue con la descrizione del fiore, includendo il colore e la forma specifiche. Inoltre, viene descritto l'habitat tipico della pianta, indicando le condizioni in cui fiorisce (sole/ombra), e specificando il tipo di terreno su cui cresce (umido/asciutto). Infine, viene riportato il periodo di fioritura, specificando l'arco temporale specifico.

Per agevolare i visitatori che possono essere giunti a Palena senza aver prima consultato il sito web, sono anche previsti codici QR posizionati in prossimità dei luoghi di interesse ed al centro del paese. Un codice QR, o Quick Response Code, è un tipo di codice a barre bidimensionale che può essere letto rapidamente da un lettore QR, come una fotocamera di uno

smartphone. Questi codici QR consentirebbero ai visitatori di effettuare un collegamento diretto con il sito web dedicato al paese di Palena, fornendo così un accesso rapido e immediato alle informazioni dettagliate delle orchidee del luogo.

Conclusioni. Il turismo naturalistico emerge come una risorsa significativa per rivitalizzare le aree interne del nostro paese. Nonostante tali zone siano spesso ricche di risorse naturali e culturali, la loro valorizzazione non sempre si è orientata verso la sostenibilità. Un esempio concreto di approccio al turismo sostenibile è rappresentato dal Comune di Palena, che ha focalizzato la sua strategia di sviluppo sull'attrattività delle orchidee presenti nel suo territorio. La ricchezza e la varietà delle orchidee mediterranee presenti nella

zona offrono un'opportunità unica per attirare appassionati di flora e fauna. La diversità di specie e di habitat in cui crescono le orchidee crea un ambiente ideale per gli amanti della natura e dei paesaggi naturali. Il Comune di Palena grazie all'attrattività delle orchidee presenti nel suo territorio ha intrapreso una forma innovativa di turismo sostenibile che ha già implicato, con casi di successo in embrione, forme nuove e qualificate di occupazione giovanile, il recupero di antiche tradizioni e la creazione di forme alternative e integrative di reddito per la popolazione locale. Il sito web può rappresentare ulteriore volano per la valorizzazione di questo importante attrattore naturalistico.

REFERENZE

Canteiro, M., Córdova-Tapia, F., & Brazeiro, A. (2018). *Tourism impact assessment: A tool to evaluate the environmental impacts of touristic activities in Natural Protected Areas*. *Tourism Management Perspectives*, 28, 220-227.

<https://doi.org/10.1016/j.tmp.2018.09.007>

Conti F., Bartolucci F., Ciaschetti G., Manzi A., & Di Martino L. (2020). *Flora del parco della Majella. Flora of Majella National Park*. 1, 11-60.

Dharmaratne, G.S., Sang, F.Y., & Walling, L.J. (2000). *Tourism potentials for financing protected areas*. *Annals of Tourism Research*, 27 (3), 590-610.

[https://doi.org/10.1016/S0160-7383\(99\)00109-7](https://doi.org/10.1016/S0160-7383(99)00109-7)

<http://www.parks.it/indice/Efaq.aree.protette.html>

<https://indicatoriambientali.isprambiente.it/ada/downreport/pdf/6478>

RINGRAZIAMENTI. Ringraziamo il Parco Nazionale della Majella per aver consentito il campionamento, la proloco di Palena per il supporto, il dott. Amelio Pezzetta per gli utili consigli sui ritrovamenti della specie di orchidea in loco, Dario Moccia e William Francesco Coppola per l'assistenza tecnica nell'attività di campo. Questo lavoro è stato sostenuto finanziariamente dal programma nell'ambito del Fondo per lo sviluppo e la Coesione-Piano Stralcio "Ricerca e innovazione 2015-2017" - Asse "Capitale Umano.



Ophrys holosericea

Bibliografia

- 1) Aceto, S., Caputo, P., Cozzolino, S., Gaudio, L., & Moretti, A. (1999). Phylogeny and evolution of *Orchis* and allied genera based on ITS DNA variation: morphological gaps and molecular continuity. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 13(1), 67-76.
<https://doi.org/10.1006/mpev.1999.0628>
- 2) Blamey, R. K. (2001). Principles of ecotourism. In *The encyclopedia of ecotourism*, 5-22. Wallingford UK: Cabi Publishing. <https://doi.org/10.1079/9780851993683.0005>
- 3) Brundu, G., Peruzzi, L., Domina, G., Bartolucci, F., Galasso, G., Peccenini, S., ... & Passalacqua, N. G. (2017). At the intersection of cultural and natural heritage: Distribution and conservation of the type localities of Italian endemic vascular plants. *Biological Conservation*, 214, 109-118.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.07.024>
- 4) Canteiro, M., Córdova-Tapia, F., & Brazeiro, A. (2018). Tourism impact assessment: A tool to evaluate the environmental impacts of touristic activities in Natural Protected Areas. *Tourism Management Perspectives*, 28, 220-227. <https://doi.org/10.1016/j.tmp.2018.09.007>
- 5) Chase, M. W. (2005). Classification of Orchidaceae in the age of DNA data. *Curtis's Botanical Magazine*, 22(1), 2-7. <https://doi.org/10.1111/j.1355-4905.2005.00466.x>
- 6) Christenhusz, M. J., & Byng, J. W. (2016). The number of known plants species in the world and its annual increase. *Phytotaxa*, 261(3), 201-217. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.261.3.1>
- 7) Coccossis, H. (2008). Cultural heritage, local resources and sustainable tourism. *International journal of services technology and management*, 10(1), 8-14. <https://doi.org/10.1504/IJSTM.2008.02034>
- 8) Conti, F. (2004). La flora ipsofila dell'Appennino centrale: Ricchezza ed endemiti. *Informatore Botanico Italiano*, 35(2), 383-386.
- 9) Conti, F., & Bartolucci, F. (2015). The Vascular Flora of the National Park of Abruzzo, Lazio and Molise (Central Italy). *Geobotany Studies, Springer International Publishing Switzerland*, 254.
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-09701-5>
- 10) Conti, F., & Bartolucci, F. (2016). The vascular flora of Gran Sasso and Monti della Laga National Park (Central Italy). *Phytotaxa*, 256(1), 1-119. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.256.1.1>

- 11) Conti F., Bartolucci F., Ciaschetti G., Manzi A., Di Martino L. (2020). *Flora del parco della Majella. Flora of Majella National Park*. 1, 11-60.
- 12) Cozzolino, S., & Widmer, A. (2005). Orchid diversity: an evolutionary consequence of deception?. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(9), 487-494.
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.06.004>
- 13) Cozzolino, S., Schiestl, F. P., Müller, A., De Castro, O., Nardella, A. M., & Widmer, A. (2005). Evidence for pollinator sharing in Mediterranean nectar-mimic orchids: absence of premating barriers?. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 272(1569), 1271-1278.
<https://doi.org/10.1098/rspb.2005.3069>
- 14) Cribb, P. J., Kell, S. P., Dixon, K. W., & Barrett, R. L. (2003). Orchid conservation: a global perspective. *Orchid conservation*, 124.
- 15) Cropper, S. C., & Calder, D. M. (1990). The floral biology of *Thelymitra epipactoides* (Orchidaceae), and the implications of pollination by deceit on the survival of this rare orchid. *Plant Systematics and Evolution*, 170, 11-27.
- 16) Dharmaratne, G. S., Sang, F. Y., & Walling, L. J. (2000). Tourism potentials for financing protected areas. *Annals of tourism research*, 27(3), 590-610. [https://doi.org/10.1016/S0160-7383\(99\)00109-7](https://doi.org/10.1016/S0160-7383(99)00109-7)
- 17) Dressler, R. L. (1993). *Phylogeny and classification of the orchid family*. Cambridge University Press.
- 18) Fay, M. F., & Chase, M. W. (2009). Orchid biology: from Linnaeus via Darwin to the 21st century. *Annals of Botany*, 104(3), 359-364. <https://doi.org/10.1093/aob/mcp190>
- 19) Fay, M. F. (2018). Orchid conservation: how can we meet the challenges in the twenty-first century?. *Botanical studies*, 59, 1-6.
- 20) Ferdy, J. B., Gouyon, P. H., Moret, J., & Godelle, B. (1998). Pollinator behavior and deceptive pollination: learning process and floral evolution. *The American Naturalist*, 152(5), 696-705.
- 21) Gravendeel, B., Smithson, A., Slik, F. J., & Schuitman, A. (2004). Epiphytism and pollinator specialization: drivers for orchid diversity?. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 359(1450), 1523-1535. <https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1529>

- 22) Jersáková, J., Johnson, S. D., & Kindlmann, P. (2006). Mechanisms and evolution of deceptive pollination in orchids. *Biological reviews*, 81(2), 219-235.
<https://doi.org/10.1017/S1464793105006986>
- 23) Jersáková, J., Spaethe, J., Streinzer, M., Neumayer, J., Paulus, H., Dötterl, S., & Johnson, S. D. (2016). Does *Traunsteinera globosa* (the globe orchid) dupe its pollinators through generalized food deception or mimicry?. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 180(2), 269-294.
<https://doi.org/10.1111/boj.12364>
- 24) Johnson, S. D. (2000). Batesian mimicry in the non-rewarding orchid *Disa pulchra*, and its consequences for pollinator behaviour. *Biological Journal of the Linnean Society*, 71(1), 119-132.
<https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2000.tb01246.x>
- 25) Liu, Q., Chen, J., Corlett, R. T., Fan, X., Yu, D., Yang, H., & Gao, J. (2015). Orchid conservation in the biodiversity hotspot of southwestern China. *Conservation Biology*, 29(6), 1563-1572.
<https://doi.org/10.1111/cobi.12584>
- 26) Lozano-Oyola, M., Blancas, F. J., González, M., & Caballero, R. (2012). Sustainable tourism indicators as planning tools in cultural destinations. *Ecological indicators*, 18, 659-675.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.01.014>
- 27) Luo Y.B., Jia J.S., Wang C.L (2003). A general review of the conservation status of Chinese orchids. *Biodiversity Science*, 11(1), 70. DOI: 10.17520/biods.2003010
- 28) Morea, J. P. (2019). A framework for improving the management of protected areas from a social perspective: The case of Bahía de San Antonio Protected Natural Area, Argentina. *Land Use Policy*, 87, 104044. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104044>
- 29) Peruzzi, L., Domina, G., Bartolucci, F., Galasso, G., Peccenini, S., Raimondo, F. M., ... & Passalacqua, N. G. (2015b). An inventory of the names of vascular plants endemic to Italy, their loci classici and types. *Phytotaxa*, 196(1), 1-217.
- 30) Pezzetta A., 1998. Il clima di Palena. *Rivista abruzzese* 4, 351-352.
- 31) Pezzetta, A., Di Cecco, M., & Di Santo, D. (2012). Prodomo della flora di Palena (regione Abruzzo, Parco Nazionale della Majella). Register of flora of Palena (Abruzzo region and Majella

- National Park). In *Annales: Series Historia Naturalis* 22, (2), 145. Scientific and Research Center of the Republic of Slovenia.
- 32) Scopece, G., Musacchio, A., Widmer, A., & Cozzolino, S. (2007). Patterns of reproductive isolation in Mediterranean deceptive orchids. *Evolution*, 61(11), 2623-2642. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2007.00231.x>
 - 33) Schiestl, F. P. (2005). On the success of a swindle: pollination by deception in orchids. *Naturwissenschaften*, 92, 255-264.
 - 34) Smithson, A., Juillet, N., Macnair, M. R., & Gigord, L. D. (2007). Do rewardless orchids show a positive relationship between phenotypic diversity and reproductive success?. *Ecology*, 88(2), 434-442. <https://doi.org/10.1890/05-1445>
 - 35) Thompson J.D. (2005) Plant evolution in the Mediterranean. Oxford University Press.
 - 36) Thompson, J. D. (2020). *Plant evolution in the Mediterranean: insights for conservation*. Oxford University Press, USA.
 - 37) Van Gils, H. A. M. J., Conti, F., Ciaschetti, G., & Westinga, E. (2012). Fine resolution distribution modelling of endemics in Majella National Park, Central Italy. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 146(sup1), 276-287. <https://doi.org/10.1080/11263504.2012.685194>
 - 38) Waterman, R. J., & Bidartondo, M. I. (2008). Deception above, deception below: linking pollination and mycorrhizal biology of orchids. *Journal of Experimental Botany*, 59(5), 1085-1096. <https://doi.org/10.1093/jxb/erm366>
 - 39) Wearing, S., & Neil, J. (2009). Ecotourism: Impacts, potentials and possibilities?. *Routledge*. <https://doi.org/10.4324/9780080940182>
 - 40) Wüster, W., Allum, C. S., Bjargardottir, I. B., Bailey, K. L., Dawson, K. J., Guenioui, J., ... & Pollard, C. P. (2004). Do aposematism and Batesian mimicry require bright colours? A test, using European viper markings. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 271(1556), 2495-2499. <https://doi.org/10.1098/rspb.2004.2894>

- 41) Zhang, Z. J. (2010). Significance of protecting natural sites for ecotourism development. *Management Science and Engineering*, 2(1), 101-106.
- 42) Zhang, S., Yang, Y., Li, J., Qin, J., Zhang, W., Huang, W., & Hu, H. (2018). Physiological diversity of orchids. *Plant diversity*, 40(4), 196-208. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2018.06.003>
- 43) Zhang, F. P., Huang, J. L., Fu, X. W., Huang, W., & Zhang, S. B. (2021). Peduncle vulnerability to embolism is related to conduit dimensions of the critically endangered slipper orchids in Southwest China. *Global Ecology and Conservation*, 28, e01654. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01654>

II° capitolo: The deceptive pollination of *Anacamptis morio*: generalized food deception or an initial step towards adaptive mimicry?

Anna D'Aria^a, Giovanni Scopece^a, Giampiero Ciaschetti^b, Lorenzo Guzzetti^c, Daniela Scaccabarozi^d, Salvatore Cozzolino^{a*}

^a Department of Biology, University of Naples Federico II, Naples, Italy;

^b Majella National Park, Sulmona, Italy;

^c Department of Biotechnology and Biosciences, University of Milano-Bicocca, Milan, Italy;

^d Department of Ecology and Genetics, Evolutionary Biology Centre, Uppsala University, Sweden.

ORCID

Giovanni Scopece <https://orcid.org/0000-0003-0341-6231>

Giampiero Ciaschetti <https://orcid.org/0000-0003-3314-8362>

Lorenzo Guzzetti <https://orcid.org/0000-0002-7265-0796>

Daniela Scaccabarozi <https://orcid.org/0000-0003-2446-8794>

Salvatore Cozzolino <https://orcid.org/0000-0002-3176-8130>

5.1 Abstract

Background: Non-rewarding orchids rely on various deception strategies to attract their pollinators, ranging from generalized food deception to floral mimicry of a specific model (Batesian mimicry).

Aims: We evaluated whether the deceptive orchid *Anacamptis morio* may represent an initial step on the evolutionary trajectory from generalized food deception to Batesian mimicry by resembling the rewarding *Polygala nicaeensis*, a species with very similar purple flowers.

Methods: We estimated the pollination success of *A. morio* in relation to co-flowering rewarding species. We estimated male and female reproductive success of *A. morio* depending on the presence of and similarity to the putative model *P. nicaeensis*.

Results: The pollination success of *A. morio* covaries with that of *P. nicaeensis* and its pollination efficiency is higher. However, we did not find evidence supporting that *A. morio* mimics this potential rewarding model. We also found that the orchids with stronger colour reflectance exhibit higher pollination success, according to a scenario of ecological rather than adaptive facilitation.

Conclusions: Co-flowering rewarding species with a colour similar to model may enhance the specific pollinator abundance and condition their foraging preference, hence producing a positive effect on *A. morio* reproductive success.

KEYWORD: Flower colour; floral mimicry; pollinators; pollinator foraging behaviour; Orchids; rewardless flowers

Funding

The project was funded by an agreement for the study of pollination of wild plants in the Majella National Park. AD was funded by Fondo per lo Sviluppo e la Coesione - Piano Stralcio «Ricerca e innovazione 2015-2017» – Asse “Capitale Umano” (DOT1318787). LG, GS and SC were funded under the National Recovery and Resilience Plan (NRRP), Mission 4 Component 2 Investment 1.4 - Call for tender No. 3138 of 16 December 2021, rectified by Decree n.3175 of 18 December 2021 of Italian Ministry of University and Research funded by the European Union – NextGenerationEU; **Award Number:** Project code CN_00000033, Concession Decree No. 1034 of 17 June 2022 adopted by the Italian Ministry of University and Research, CUP H43C22000530001, Project title “National Biodiversity Future Center - NBFC”

Disclosure statement

The authors declare no potential conflict of interest.

Biographical notes

Anna D’Aria is PhD candidate at the University of Naples Federico II. Her PhD project deals with the characterization and valorization of the orchid heritage of inner areas of Italy and with the understanding of their population dynamics, including pollination success.

Giovanni Scopece is Professor of Plant Biology at the University of Naples Federico II. The study of mutualistic and antagonistic plant insect interactions is at the core of his research interests that also deal with local adaptation and speciation in Mediterranean plant lineages.

Giampiero Ciaschetti works at the Majella National Park and collaborates with different Universities. He has conducted several researches in plant and vegetation sciences.

Lorenzo Guzzetti is Research assistant at University of Milano Bicocca. His research interests span from phytochemistry to plant ecology.

Daniela Scaccabarozzi is Postdoc at Uppsala University working on plant insect interactions with focus on wild orchid species. Her interests deal with the evolution of flower signals and with their role in deceptive pollination mechanisms.

Salvatore Cozzolino is Professor of Botany at the University of Naples Federico II. His research deals with reproductive biology and pollination of flowering plants. His interest focuses on the deceptive pollination strategies and related plant pollinator signalling pattern.

5.2 Introduction

Sexual reproduction in flowering plants requires the successful transfer of pollen from the male to the female part of flowers, which is typically achieved by attracting animal pollinators. In exchange for their services, plants usually provide their pollinators with nectar and/or pollen as food rewards. However, some plant species do not offer any floral rewards and rely on deceptive pollination strategies to lure their pollinators (Dafni 1984). Deceptive plants are quite common among Angiosperms and are very common in orchids (Cozzolino and Widmer 2005; Shrestha et al. 2020). Deceptive flowers can generally exploit the instinctive food-seeking behaviour of pollinators (generalized food deception) or mimic a specific model flower of another species that offers a reward instead (Batesian floral mimicry) (Jersáková et al. 2009). Several pieces of evidence support the idea that there is likely a *continuum* between generalized food deception and Batesian floral mimicry (Jersáková et al. 2009; Schiestl and Schlueter 2009; Qu et al. 2023). During the initial stage of adaptive mimicry, it may not be necessary for a mimic to resemble its model completely. Even a partial resemblance can benefit the mimic, as the pollinators continuously need to balance the trade-off between speed and accuracy while foraging for nectar (Dyer and Chittka 2004; Chittka and Raine 2006). Therefore, having a generalized resemblance to a model or a group of models can still be advantageous for the fitness of deceptive plants. Accordingly, the *spectrum* of food deception in plants ranges from taking advantage of opportunistic foraging to mimicking specific model phenotypes (Johnson and Schiestl 2016, and references therein). In between, there are several examples of food-deceptive plants that engage in more general forms of mimicry, using the relationships between pollinators and entire guilds of co-flowering species (Dafni 1983; Indsto et al. 2006; Scaccabarozzi et al. 2020).

Even without any specific model, plants employing generalized food deception may still benefit from the presence of co-flowering rewarding species in terms of pollination success due to ecological facilitation (*sensu* Thompson 1988) (Coetzee et al. 2021). Magnet (rewarding) species create local aggregations of pollinators that benefit rewardless plants, and this works more efficiently when rewardless plants resemble the magnet species in colour and shape (Johnson et al. 2003). Under these circumstances, the magnet species can both increase the local abundance of pollinators, and condition pollinator behaviour in favour

of the similar rewardless species. Such a facilitation can potentially promote local selection for floral mimicry, with the rewarding plant initially serving as a magnet, but subsequently developing into a model (Peter and Johnson 2008). Whether the resemblance between orchid and model is the result of an adaptive process or simply confers a temporary and facultative benefit (Dafni and Ivri 1981) represents the unclear border between ecological facilitation and adaptive mimicry (Qu et al. 2023). In the latter case, where a resemblance between a mimic and its model has developed through selection, certain expectations can be experimentally tested (Jersáková et al. 2009). For instance, it can be determined whether a putative mimic performs better when it occurs with its model *versus* when it occurs alone (Peter and Johnson 2008). Additionally, individuals that closely resemble the model are expected to have higher fitness than those that do not (Jersáková et al. 2012). However, it is also important to establish whether the higher fitness of deceptive plants is due to the conditioning of pollinators on the signals of rewarding plants or to the higher abundance of pollinators near to these plants (Johnson and Schiestl 2016). In the former case, the fitness of the putative (partial) mimic should be enhanced by the presence of its putative model(s) because the pollinators are conditioned by experience with the rewarding model. In contrast, for the latter, both mimic and model pollination success depend on local pollinator abundance.

Anacamptis morio is a food-deceptive orchid with a wide distribution ranging from the Mediterranean basin to Northern Europe that potentially attracts a broad assemblage of pollinators (Nilsson 1984; Johnson et al. 2004; Cozzolino et al. 2005). Wild solitary bees and bumblebees, in addition to honeybees, are the most important pollinators of *A. morio*, but flies and butterflies have been seldom reported (Smithson 2002; Claessens and Kleynen 2011).

The pollination of *A. morio* seemingly contains elements of both the magnet effect and Batesian floral mimicry (Gumbert and Kunze 2001; Johnson et al. 2003) with pollinator-mediated selection potentially favouring the orchid phenotypes that resemble a co-occurring rewarding species of similar colour (Peter and Johnson 2008). Then it is possible that *A. morio* can meet some of the typical conditions for Batesian floral mimicry making it a useful model for studying the evolution of the initial steps from generalized food deception to Batesian floral mimicry. Indeed, *A. morio* often shares similar colour and shape with local

rewarding species, which can increase the likelihood of the rewarding species acting as a potential floral model. However, it is important to note that the similarity in floral syndromes between the orchid and the putative model can be mistaken for Batesian floral mimicry. Deceptive species often share floral traits with rewarding species, which can attract the same pollinator groups (Dafni 1984).

In the present study, we investigate whether and how *A. morio* benefits from the co-occurrence of rewarding plants. We also investigated whether certain floral traits of the orchid are associated with higher pollination success, due to their similarity to a rewarding species as expected when exploring floral mimicry. First, we investigated whether the pollination success of *A. morio* depends on the presence and density of co-occurring rewarding plants. We then distinguished between the contributions of the overall rewarding floral community and individual rewarding species, i.e., meadow attractiveness for pollinators (generalized food deception hypothesis) *versus* species effect (magnet or floral mimicry hypothesis). After identifying a putative rewarding model for floral mimicry, we conducted several tests to determine if the flower similarity of *A. morio* to the model positively or negatively influenced the orchid pollination success and whether this similarity resulted from adaptive resemblance (floral mimicry hypothesis). Finally, we tested if the presence of the putative model/magnet plant increases *A. morio* male reproductive success via increased pollination efficiency.

5.3 Materials and methods

5.3.1 Study system

We conducted field experiments in the Majella National Park (Abruzzo, Central Italy), during three following flowering seasons (2021-2023). Our experiments were conducted in spring on natural populations of *A. morio* from April to June (Table S1). The populations were located at varying distances, ranging from 5 to 20 km, which is assumed to be larger than bees' typical daily foraging flight distance. All populations were characterised by similar vegetation types and habitats (semi-natural grasslands). We only visually assessed the pollinator assemblage for each population and based on preliminary data from the ongoing Parco della Majella pollinator biomonitoring project, we expected them to have very similar pollinator assemblages. Throughout the three-years study, first, we conducted different experiments to determine whether *A. morio* benefits from the presence of co-flowering nectariferous species. Then, we tested the hypothesis that *A. morio* exploits one of these rewarding plants, i.e., *Polygala nicaeensis*, as a potential model or magnet species. It should be noted that in the populations located at highest elevations (Table S1), we can also refer to *Polygala major*, a taxon closely related to (and often synonymized with) *P. nicaeensis* and with the same floral architecture and coloration. The frequency of insect visits to deceptive flowers is extremely low, making accurate estimation difficult. This prevents us from planning experiments by directly observing pollinator visits and behaviour on orchid flowers in various populations during the same season.

5.3.2 Pollination success of *A. morio* in relation to the rewarding floral community

To determine the potential impact of the presence and abundance of co-flowering rewarding species on orchid pollination, during the spring 2021, we surveyed 19 populations of *A. morio* (Table S1). We defined three round plots of 10 m diameter in each population and labelled all *A. morio* individuals within these plots. We also noted the presence or absence of the most common rewarding (bee-pollinated) plants, namely *Anthyllis vulneraria*, *Lotus corniculatus*, *Polygala nicaeensis*, and *Rhinanthus alectorolophus* within the same plots and estimated their abundance by defining five numerical categories (0-50, 50-100,

100-500, 500-1000, >1000 flowers per plot). Then, for each co-flowering species, up to 30 individuals were labelled in each plot. In each population, we collected data on the pollination success for *A. morio*.

Populations	Coordinates	<i>Polygala nicaeensis</i>	<i>Rinanthus alectorolophus</i>	<i>Lotus corniculatus</i>	<i>Anthyllis vulneraria</i>	2021	2022	2023
Barrea	41.740477,13.99529	X	X	X		X		
Bussi sul Tirino	42.230569,13.81450				X	X	X	X
Oasi di San Francesco (Campo di Giove)	42.005231,14.04003	X		X	X	X		X
Le Piane (Campodi Giove)	41.99838,14.07039		X	X	X			X
Colle Romano (Cocullo)	42.04327,13.73859	X			X	X		
Valle Moste (Cocullo)	42.052079,13.75468	X	X	X	X	X		
Collepietro	42.190939,13.80123	X			X	X		
Fonte della Noce	41.975481,14.18553	X		X		X	X	X
Gamberale	41.909119,14.20306	X	X	X		X		
Gravare	41.96796,14.07571			X	X		X	X
Guado San Leonardo	42.07607,14.03108	X	X	X		X		X
Lettopalena	41.984032,14.19196	X	X	X		X	X	X
Magnattaro	41.840938,14.11433	X		X		X	X	X
Montenerodomo	42.005816,14.25917	X	X	X	X	X		
Navelli	42.244733,13.73936				X	X		
Pescocostanzo	41.883411,14.07689		X	X		X	X	X
Cotte (Palena)	41.983656,14.15846	X	X	X	X	X		X
San Cataldo (Palena)	41.967046,14.11932	X	X	X	X	X		
Pettorano sul Gizio	41.946473,13.96667		X	X				X
Pizzoferrato	41.91200,14.22004				X			X
Quarto Santa Chiara	41.906649,14.10796	X		X		X		X
Raiano	42.106110,13.80211			X			X	
Roccaraso	41.84047,14.11375	X	X	X	X	X		
Valle Messere	42.055821,14.05452	X	X	X	X	X	X	X

Table S1. Locations, presence of rewarding species and sampling years.

To determine the potential effect of the pollination success of co-flowering rewarding species on *A. morio* pollination, we collected data on fruit sets for the four other co-flowering rewarding species at the end of the flowering season. To do this, we estimated the number of fruits in labelled individuals and related it to the number of flowers. We determined the number of flowers by adding the number of fruits to the number of flowers (of the inflorescence) that did not produce fruits (which were recognizable as floral pedicels at the end of the flowering period). Pollination success was calculated for each rewarding plant as the ratio between total number of fruits and the total number of flowers. When more inflorescences per plant were present, we randomly selected one inflorescence and estimated the plant pollination success as described above. We quantified the meadow attractiveness to pollinators by summing the pollination success of each rewarding focal species.

5.3.3 Pollination success of *A. morio* in relation to its similarity with the putative model flower

P. nicaeensis was the only rewarding flower with a similar color to *A. morio*. To test the hypothesis that *A. morio* pollination success could depend on its specific resemblance to *P. nicaeensis* which produces purple flowers like those of *A. morio*, in the spring 2022, we chose four locations where both *A. morio* and *P. nicaeensis* coexisted, and four locations where only *A. morio* was present (Table S1). Within each location, 20 *A. morio* and 10 *P. nicaeensis* individuals were labelled. The number of flowers on the inflorescence was recorded for all *A. morio* individuals that were labelled. The abundance of *P. nicaeensis* in each locality was classified as above. We subsequently tested the similarity of floral traits between *A. morio* and *P. nicaeensis*. To do this, we conducted morphometric and colour analysis on the two lowest flowers from each *A. morio* and one randomly chosen flower from each *P. nicaeensis* labelled individuals.

Morphometric analysis was performed on one of the two *A. morio* collected flowers to evaluate whether morphological flower traits potentially involved in pollinator attraction (labellum width, spur length, left tepal width and length) were influenced by the presence of the putative model (i.e., *P. nicaeensis*). The flowers were carefully taken apart and the individual components were placed onto a plastic film sheet. To prevent any distortion in the three dimensions, a coverslip was placed on the top. A reference graph paper was also included in each sheet. Afterward, the sheets were scanned to create digital images (300 dpi).

Measurements were performed using ImageJ 153 (Rasband, National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA) as described in Ren et al. (2014).

The other collected flower was dissected into the floral parts of interest, such as the labellum for *A. morio* and the left-wing sepal for *P. nicaeensis* and placed on a black background cardboard. Colour reflectance measurement was performed by spectrometer AvaSpec-2048-USB2-UA-50 (Avantes, Apeldorn, Netherlands) with an integration time of 61 milliseconds. Three measurements were taken for each floral part and the obtained values were then averaged to determine a single representative value of reflectance for each element.

To investigate how pollinators perceive colours, we used the conventional bee vision model based on the photoreceptor sensitivities of *Apis mellifera* (Chittka 1992). To quantify the similarity of spectral reflectance, we measured the Euclidean distance between the coordinates of colour loci of individuals of *A. morio* and of *P. nicaeensis* at the population level. Furthermore, we determined the *A. morio* relative reflectance (as the difference between the maximum intensity of colour reflectance in the orchid and in *P. nicaeensis*) and the disparity in colour saturation (as the distance of the colour loci of *A. morio* and *P. nicaeensis* to the centre of the bee visual model).

Ultimately, at the end of the flowering seasons, we collected data on pollination success on the 20 *A. morio* plants on remaining flowers (after removing the two lowest ones for morphological and colour analysis).

5.3.4 Male and female reproductive success of A. morio in relation to P. nicaeensis presence

To determine whether the male and female reproductive success of *A. morio* were influenced by the co-occurrence of *P. nicaeensis*, during the spring of 2023, we gathered data from a total of 14 populations, which included nine populations where both *A. morio* and *P. nicaeensis* were present, and five populations where *A. morio* but not *P. nicaeensis* was present (Table S1). In order to estimate the male and female reproductive success, from 30 individuals of *A. morio* in each population, we counted and checked all flowers composing the inflorescence, and we collected the flowers where pollinia removal occurred. Once in the lab, using a stereomicroscope (Leica MZ6), we checked for the presence of pollen massulae on the

stigma of these flowers. The reproductive success of the *A. morio* male component was calculated as: (Fr/F_{tot}) where Fr is the number of flowers with one or both pollinia removed and F_{tot} is the total number of flowers analysed in the field. The reproductive success of the *A. morio* female component (FRS) was calculated as: Fp/F_{tot} , where Fp is the number of pollinated flowers (massulae on the stigma and removed pollinia). Pollination efficiency (PE) was then obtained by calculating the ratio between female and male reproductive success (Scopece et al. 2010). Our data was collected while the flowers were still open. Therefore, the values we obtained for PE may be underestimated compared to those obtained at the end of the flowering period. Additionally, we may have underestimated the values for FRS and PE that we exclusively obtained from flowers with pollinia removed. However, as these limitations apply to all the populations we sampled, they do not affect the reliability of our comparative study. At the end of the 2023 flowering season, we quantified the pollination success of *A. morio* in all 14 populations as done in 2021.

5.3.5 Statistical analyses

All the analyses were carried out by adopting a backward regression approach (Zuur and Ieno 2016). To assess the potential relationship between the pollination success of *A. morio*, the average number of flowers per plot and the pollination success of one or more rewarding species (floral mimicry hypothesis) or eventually the assemblage of rewarding species (generalized deception), data were analysed by using Generalized Linear Mixed Effects Models (GLMMs) assuming a binomial distribution of the response variable (i.e., *A. morio* pollination success, intended as the ratio between the fruit set and the number of flowers in each population). In each model, we treated the orchid population as a random factor. In the case of over-dispersion or under-dispersion of the residuals of each binomial model, we rerun the analyses accounting for beta-binomial or beta-distribution of the data, respectively.

We used the same multivariate regression approach to evaluate the potential effect of the grassland attractiveness on the pollination success of *A. morio* and that of the four rewarding focal species. Specifically, to evaluate the impact of the different rewarding focal species (and that of *A. morio*) in determining the grassland pollination success (intended as a sum of the pollination success of the four rewarding species and *A. morio*) we carried out a GLMM assuming a gaussian distribution of the response

variable. The population was included as a random factor in the regression model. The predictors (number of flowers of the different species, including those of *A. morio*) were evaluated for their correlation degree by using the Variance Inflation Factor (VIF) parameter (Zuur 2009) to avoid the risk of collinearity while setting up the multiple regression models. Eventual transformations of the covariates were carefully evaluated by comparing the models through the Akaike Information Criterion (AIC).

To determine whether the pollination success of *A. morio* was higher when the orchid matched the colour of *P. nicaeensis* (as expected in adaptive mimicry) we set a GLMM assuming a binomial distribution of the response variable (i.e. *A. morio* pollination success) as a function of the Euclidean distance between colour loci of *A. morio* and *P. nicaeensis* in the bee colour hexagon model. Orchid populations were included as a random component within the model. Moreover, the Euclidean distances were tested for their independence from the presence/absence of *P. nicaeensis* by using a GLMM accounting for a normal distribution of the response variable and including the orchid population as a random factor.

To test whether the pollination success of *A. morio* was higher when *A. morio* had a greater difference in colour reflectance with *P. nicaeensis*, we used a GLMM correlating the pollination success of the orchid (assumed to be binomially distributed and corrected to a beta-binomial or beta distribution depending on the overdispersion of the residual) with the difference in spectral reflectance between *A. morio* and *P. nicaeensis*. The analysis was performed considering all the orchid populations, and also by considering separately the populations where *P. nicaeensis* was present or absent, to test whether *P. nicaeensis* flowers conditioned the pollinator preference for the orchid colour. Since we set a unique regression model accounting for both the effect of the Euclidean distance and the difference in spectral reflectance, these covariates were evaluated for their degree of collinearity (as described above) before running the multiple regression model.

To test whether *A. morio* flower size correlates with the pollination success of *A. morio* and whether the flower size of *A. morio* varies in the presence and absence of *P. nicaeensis* we first set a Principal Component Analysis (PCA) to reduce the number of variables defining the dimension of *A. morio* flowers. The evaluation of the occurrence of *P. nicaeensis* on the *A. morio* floral traits was accessed by a

PERMANOVA analysis. Then, we tested the effect of the two first PCs and the presence of *P. nicaeensis* on the pollination success of *A. morio* by setting a GLMM with a binomial distribution of the response variable. The population was included as a random factor while the lack of collinearity between the predictors was assessed through the VIF parameter (see above).

Finally, to evaluate the effect of the presence of *P. nicaeensis* and of *A. morio* pollination success on *A. morio* pollination efficiency (PE) we run a GLMM with a Gamma distribution of the response variable (due to lack of normality) and with the population included as a random factor, after having verified the VIF parameters between predictors to be < 3 . To account for the over-dispersion of the residuals, GLMM was run with a beta-binomial distribution.

All the analyses were performed on R (version 4.3.1) using the following packages: *glmmTMB*, *vegan*, and *ggplot2*.

5.4 Results

5.4.1 Pollination success of *A. morio* in relation to the rewarding floral community

We found that the pollination success of *A. morio* was not significantly correlated to the average number of flowers per plot of co-occurring rewarding plants except for a negative relationship with the squared number of *L. corniculatus* flowers when this latter was present at highest density ($\chi^2 = 6.351$, $p = 0.012$, R^2 value of 2.3%) (Figure 1A). We found that the overall grassland pollination success was significantly linked to the flower number of all the four rewarding species (Figure S1).

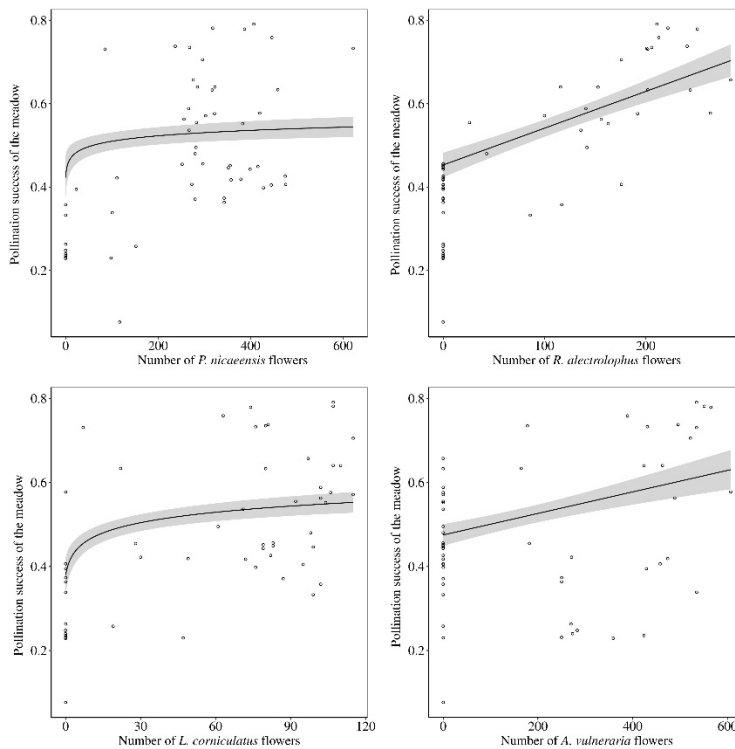


Figure S1. Dependency of the grassland pollination success on the significant predictors: (A) number of flowers of *P. nicaeensis*; (B) number of flowers of *R. alectrolophus*; (C) number of flowers of *L. corniculatus*; (D) number of flowers of *A. vulneraria*. The multiple regression model explains 89.9% of the variability of the data.

As expected, the number of flowers of *A. morio* did not influence the overall grassland pollination success ($\chi^2 = 0.695$, $p = 0.405$). Instead, the pollination success of *A. morio* was significantly correlated to that of both *P. nicaeensis* ($\chi^2 = 10.489$, $p = 0.001$) and *R. alectorolophus* ($\chi^2 = 6.072$, $p = 0.014$) (Figure 1B and 1C) with a percentage of variability explained by the two predictors equal to 3.1% and 2.1%, respectively. No significant relationship was detected between the pollination success of *A. morio* and that of *L. corniculatus* ($\chi^2 = 0.555$, $p = 0.456$) and *A. vulneraria* ($\chi^2 = 0.117$, $p = 0.737$). Furthermore, both the pollination success of *A. morio* ($\chi^2 = 0.308$, $p = 0.579$) and that of *P. nicaeensis* ($\chi^2 = 0.041$, $p = 0.839$) were independent from the overall pollination success of the grassland (intended as the sum of the pollination success of the rewarding species, excluded the ones analysed as dependent variable).

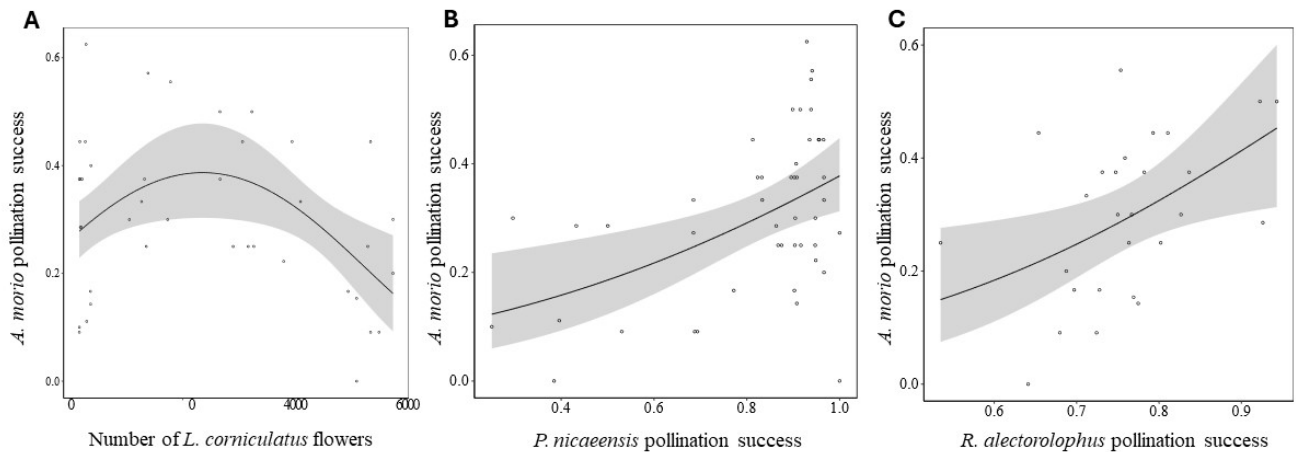


Figure 1. Dependency of *Anacamptis morio* pollination success on the significant predictor: (A) number of flowers of *Lotus corniculatus*; (B) pollination success of *Polygala nicaeensis*; (C) pollination success of *Rinanthus alectorolophus*.

5.4.2 Pollination success of *A. morio* in relation to its similarity with the putative model flower

Analysis of spectral reflectance using the hexagon bee vision model (Chittka 1992) showed that the average colour loci of *A. morio* and the putative model/magnet *P. nicaeensis* corresponded to the blue region. The mean distance of the colour loci measured on flower petals between *A. morio* and *P. nicaeensis* was 0.086 in the presence of *P. nicaeensis* and 0.094 in the absence of *P. nicaeensis* (in this case to the average of colour loci of *P. nicaeensis*). Colour loci for individual plants of *A. morio*, distributed in the coordinates range y : [0.093; 0.359] x : [-0.136; 0.197] overlap the visual space of *P. nicaeensis* individuals ranging across the positions y : [0.154; 0.360] x : [-0.100; 0.163] (Figure S2).

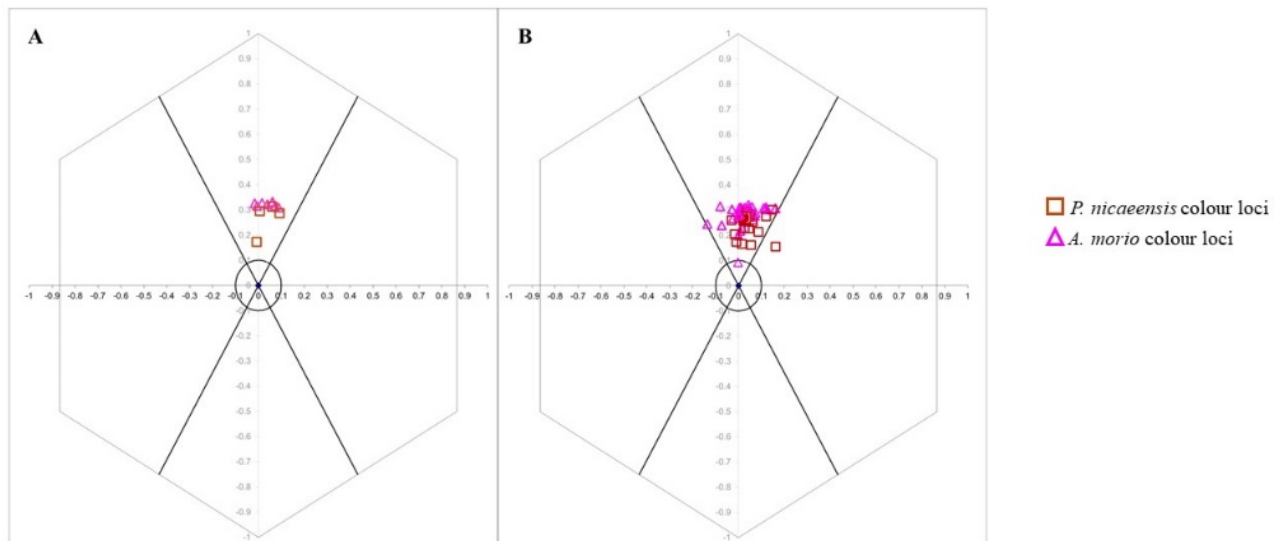


Figure S2. Colour patterns perceived by bees in flowers of *A. morio* and *P. nicaeensis*: (A) Mean values of colour loci per population measured on labellum and wing petals of *A. morio* and *P. nicaeensis*, respectively. (B) Distribution of colour loci from single individuals *A. morio* and *P. nicaeensis*. The calculations were made using the Hexagon colour model of bee vision (Chittka, 1992).

We did not find any evidence supporting the hypothesis of a higher pollination success of *A. morio* when having similar colour to *P. nicaeensis*, as expected in adaptive mimicry. In particular, the Euclidean distance between the colour loci of *A. morio* and *P. nicaeensis* in the bee hexagon was not correlated to the orchid pollination success ($\chi^2 = 0.032$, $p = 0.857$). Further, we did not find any significant effect on orchid pollination success as a function of the difference in colour saturation between colour loci of *A. morio* and *P. nicaeensis* ($\chi^2 = 0.043$, $p = 0.836$). Conversely, we found that the pollination success of *A. morio* was higher when the orchids had a stronger reflectance than *P. nicaeensis* ($\chi^2 = 3.953$, $p = 0.046$), but only when considering all orchid populations (Figure 2).

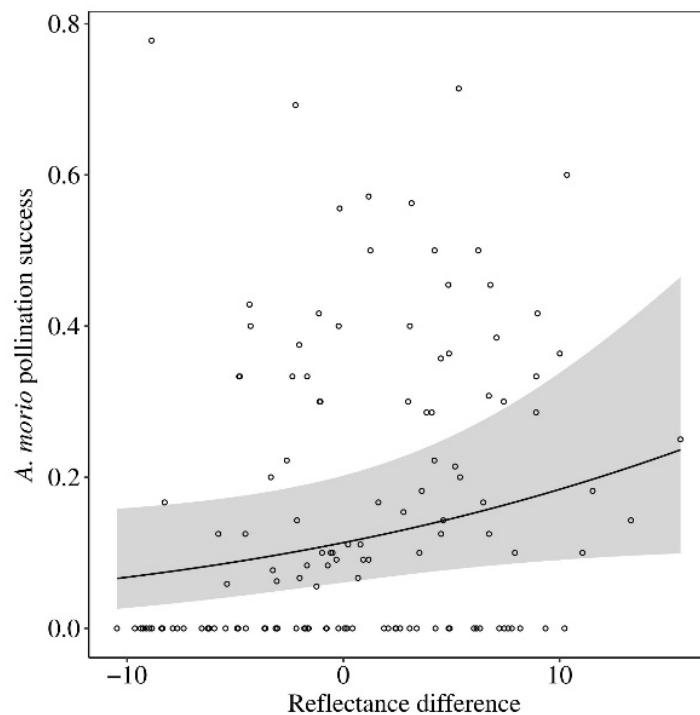


Figure 2. Dependency of *Anacamptis morio* pollination success on the difference of spectral reflectance between *A. morio* and *Polygala nicaeensis*.

In fact, this pattern was not significant even more when analysing only the populations with ($\chi^2 = 1.178$, $p = 0.178$) or without *P. nicaeensis* ($\chi^2 = 0.001$, $p = 0.97$) even if a trend was observed. The presence/absence

of *P. nicaeensis* does not significantly influence the Euclidean distance in colour loci between *A. morio* and *P. nicaeensis* ($\chi^2 = 0.032$, $p = 0.858$) nor the maximum reflectance of *A. morio* ($\chi^2 = 0.158$, $p = 0.691$). Similarly, there is no effect of the presence/absence of *P. nicaeensis* on the floral traits of *A. morio*, (pseudo- $F = 0.505$, $p = 0.689$) and neither of the two principal components (explaining two different gradients of flower dimension, as reported in Figure S3) displayed any significant relationship with *A. morio* pollination success ($\chi^2 = 0.133$, $p = 0.802$; $\chi^2 = 0.145$, $p = 0.779$, referred to PC1 and PC2, respectively).

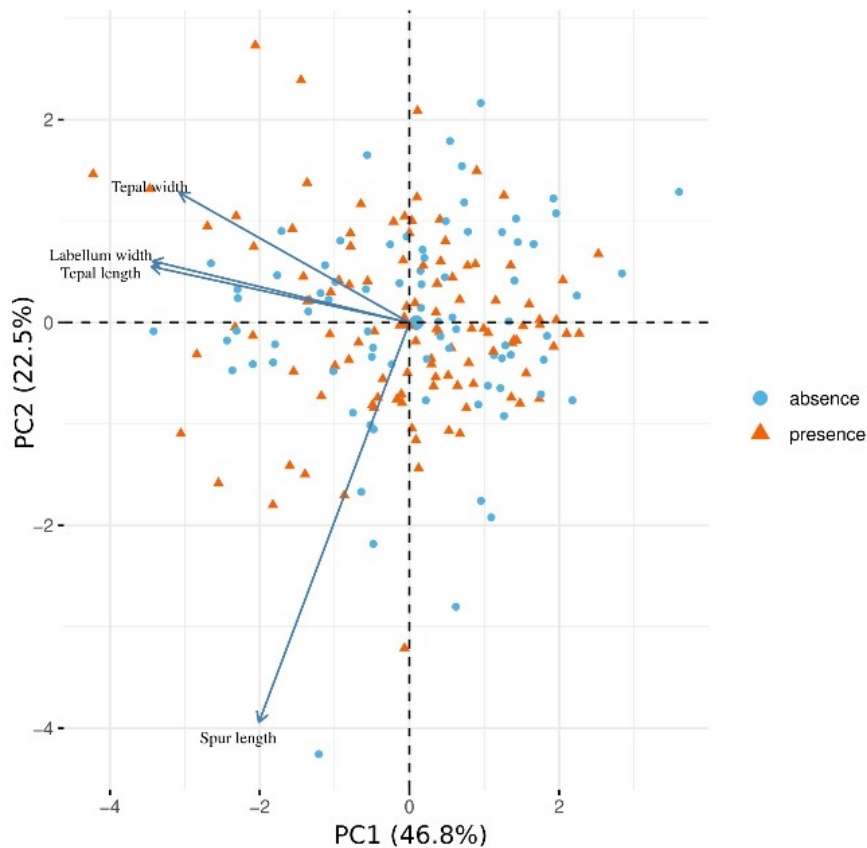


Figure S3. Principal component analysis scatterplot of the morphological flower traits of *A. morio*. The first two principal components are plotted. Black arrows indicate the direction which a morphological trait tends to in the multivariate space. *P. nicaeensis* presence/absence data were used as the environmental variable to interpret patterns extracted from all variation in the data.

5.4.3 Male and female reproductive success of *A. morio* in relation to *P. nicaeensis* presence

The analyses performed on the data collected in 2023 revealed that the pollination efficiency of *A. morio* was significantly correlated to the presence of *P. nicaeensis* ($\chi^2 = 6.127$, $p = 0.013$ Figure 3). However, the pollination success of *A. morio* was not related to the presence of *P. nicaeensis* ($\chi^2 = 1.502$, $p = 0.22$), and no dependency between the (male) pollination efficiency and the (female) pollination success of *A. morio* was detected ($\chi^2 = 1.875$, $p = 0.171$).

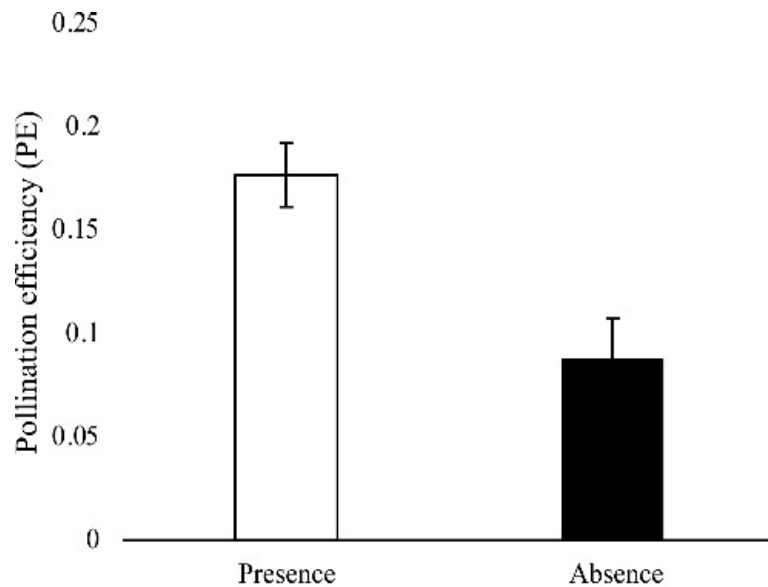


Figure 3. Dependency of the *Anacamptis morio* pollination efficiency (PE) on the presence/absence of *Polygala nicaeensis*.

5.5 Discussion

Generalized food deception and Batesian floral mimicry are likely at the edges of an evolutionary *continuum* whose intermediate steps are still to be fully understood (Qu et al. 2023). We found that the pollination success of *A. morio* covaries with those of the rewarding species *P. nicaeensis*, but without locally mimicking this potential rewarding model. We infer the presence of a very similarly coloured rewarding species as *P. nicaeensis* enhances the (male and female) reproductive success of the orchid by increasing the occurrence of available pollinators that constantly forage by following a colour preference for the rewarding plant (and for the deceptive orchid with the same colour). In their foraging behaviour, pollinators preferred orchids with stronger colour reflectance than the rewarding species.

Among the most common coexisting rewarding species we found both *R. alectorolophus* (yellow flowers) and *P. nicaeensis* (purple flowers) pollination success correlated with the pollination success of *A. morio* (purple flowers) (Figure 1). The pollination success of deceptive plants can increase due to conditioning on signals from similar rewarding plants or because of the abundance of pollinators in their vicinity. Since pollinator abundance generally increases the pollination success of any rewarding (and deceptive) plant in the same community, we verified that the orchid pollination success was independent of the meadow's attractiveness to pollinators (intended as the sum of the pollination success of the main rewarding species in the floral community) and thus, indirectly, by the abundance of (any) pollinators. We found that *P. nicaeensis* pollination success had a positive correlation with *A. morio* pollination success. *A. morio* is mainly visited by bees and bumblebees, which are the most common pollinators of *Polygala* species (Castro et al. 2008; De Kock et al. 2018). *A. morio* pollination success may increase with that of *P. nicaeensis* either because pollinators may prefer floral signals that are similar to those of rewarding plants (mimic effect) or simply because the abundance of these specific pollinators is higher near to the rewarding plant (magnet effect).

When a species imitates another species (Batesian mimicry), it is expected that the mimic plant will improve its fitness if the potential model is present. The fitness of the mimic plant is also expected to be

dependent on the relative density of the mimic plant and the rewarding model. This is because the pollinators are conditioned to recognize and prefer their rewarding models. To test this fundamental assumption about plant Batesian mimicry, we compared the performance of the putative mimic plant (the orchid) in sites with and without the putative model (*P. nicaeensis*). We found that *A. morio* pollination success was not directly correlated to the presence and the number of flowers of the putative model *P. nicaeensis* (and of the mimic, itself), thus deviating from the theoretical expectation of Batesian floral mimicry (Johnson and Schiestl 2016 and reference therein). Due to the frequent co-occurrence of *A. morio* and *P. nicaeensis*, only a few populations without *P. nicaeensis* were found and included in the study. However, in these populations, *A. morio* did not show a significantly lower fruit set than in sites where *P. nicaeensis* is present, nor did the orchid flower colour and size differ.

Batesian floral mimicry also predicts that mimetic flowers that more closely resemble the model have higher fitness than those that less closely resemble the model (Jersáková et al. 2012; Newman et al. 2012). Among flower traits, colour is the most widely exploited in Batesian floral mimicry, followed by flower shape and inflorescence architecture (Jersáková et al. 2016). In contrast, scent chemistry appears to be of lesser importance in food mimicry, at least in the orchid systems investigated so far (Galizia et al. 2005; Salzmänn et al. 2007; Peter and Johnson 2008; Jersáková et al. 2012). Although a deceptive orchid may benefit from a general colour similarity with a rewarding species, which could help attract pollinators (Gumbert and Kunze 2001; Johnson et al. 2003), this "facultative" benefit (Dafni and Ivri 1981) is not the same as the adaptive resemblance seen in Batesian floral mimicry. In this latter case, the fitness of a (partial) mimic should be enhanced when its colour closely matches that of its tentative model. Accordingly, we also expect pollinator-mediated selection for floral convergence between the orchid and the rewarding phenotype (Moeller 2004). In contrast, in our study, pollinator preference for orchid colour was mainly unidirectional (i.e., pollinators do not prefer orchids closest to the putative rewarding model but prefer orchids with the highest reflectance) (Figure 2). These findings contrast with what is predicted in a scenario of adaptive mimicry (i.e., orchids with similar colouration to the model have higher pollination). Instead, our findings are in line with a former study on *A. morio* where pollinators mediated strong selection for increased petal brightness and contrast, promoting the most common phenotype in the population (Sletvold

et al. 2016). Furthermore, orchids with lower reflectance than *P. nicaeensis* had lower pollination, i.e. those orchids with exaggerated colour signals to the rewarding plants have higher pollination success (Scaccabarozzi et al. 2023). Bumble bees innately use flower brightness and contrast as cues for visiting an inflorescence or for close-up orientation and positively select for these traits (Renoult et al. 2013). We argue that the presence/absence of differently coloured rewarding plants may influence the strength and direction of this selection contributing to the maintenance of colour variation typically observed among *A. morio* populations (Sletvold et al. 2016).

We also found that the Euclidean distance in colour space between the orchid and *P. nicaeensis* had no correlation with orchid pollination. Accordingly, we found no significant difference both in orchid colour saturation and Euclidean distance in colour loci between *A. morio* and *P. nicaeensis* in orchid populations with or without *P. nicaeensis*, in contrast to what is expected in a scenario of adaptive mimicry (Jersáková et al. 2009). Similar results were found when comparing the morphological flower traits between *A. morio* populations that occurred in association with *P. nicaeensis* and populations that did not. Altogether, these lines of evidence strongly support that model-induced selection is not at work for shaping the floral traits of this deceptive orchid (Bronstein 2009) and suggest a magnet rather than a mimic effect for *P. nicaeensis*, with the impact of potential magnet flowers on the reproductive success of *A. morio* depending on the scale of the study. If pollination of the mimic (at the population level) increases with that of the co-occurring rewarding plants with very similar flower colour, results also show that the optimal orchid phenotype has a stronger colour reflectance than the rewarding one, and there is selection against those orchid flowers with lower intensity of colour reflectance than the local magnet flower (Figure 2). Previous studies on the impact of the presence of rewarding plants have shown either a positive effect (Juillet et al. 2007) or a negative effect on deceptive orchid pollination (Henneresse et al. 2017). At a small scale, Duffy (2023) found that pollen deposition and fruit set in the deceptive orchid *Dactylorhiza sambucina* increases with increasing fine-scale distance from the rewarding plants. In our case, the presence of *P. nicaeensis* may positively affect the local abundance of its bee pollinators and indirectly be beneficial for the surrounding deceptive *A. morio* plants with very similar flower colours (Johnson et al. 2003). Even when bees are familiar with the locally rewarding flowers, they can still be fooled by these deceptive orchids due to both

their innate and learned behaviour (Juillet et al. 2007). This concern occurs since pollinators are conditioned by experience with the rewarding model and they might not always be able to differentiate between similar flowers of different species, especially in nature where doing so would require a lot of energy (Chittka et al. 2009). Bumblebees are more likely to shift to flowers that are similar in colour to those which they have recently been foraging on (Chittka et al. 1997; Gumbert 2000). For example, bumblebees that usually visit a rewarding species tend to move to another species with a very similar colour (Gumbert 2000; Santos et al. 2021). In the case of the red-yellow colour polymorphic deceptive orchid *D. sambucina*, if a bee obtained rewards from the red morph of *Mimulus guttatus*, it preferentially visited another red morph of the deceptive orchids, while those that obtained a reward from the yellow morph of *M. guttatus* preferentially visited another yellow orchid morph (Gigord et al. 2002).

We also noted that the positive effect of the rewarding species on the orchid is evident when pollinators are abundant, and the rewarding species shows high pollination success. Then, besides the presence of magnet species, the abundance of its specific pollinators is even more relevant. Indeed, we did not find that orchid pollination success was lower when the rewarding plant was absent.

Scopece et al. (2010) showed that pollination efficiency (PE) values in orchids depend on the pollination strategies, with the rewarding having the highest pollination efficiency, and the food-deceptive strategy showing significantly lower efficiency. Previous studies have mainly investigated female fitness, neglecting the possibility that the presence of model/magnet plants may also improve male fitness by more efficient delivery of pollen. Our research has shown that the presence of the magnet species increases the PE of the deceptive *A. morio*. When pollinators switch between different plant species within the foraging flight, there is an increased risk of improper pollen transfer and stigma clogging, which can lead to a loss of siring opportunities (Galen and Gregory 1989). This may result in low pollen transfer efficiency, as pollen is often not transported efficiently between flowers of the same species. The reduced pollinator visitation and pollen loss from incorrect pollen transfer, as pollinators learn to avoid deceptive flowers, is typical of deceptive orchids (Scopece et al. 2015; Capó et al. 2023).

Differences in pollinator foraging patterns within local populations can have an impact on the efficiency of pollen transfer and male siring success (Minnaar et al. 2019; Kern et al. 2023), particularly for deceptive flowers. Local abundance of a rewarding species with a very similar colour to that of the deceptive orchid can promote the persistence of pollinators foraging on purple flowers (including those of the deceptive orchid) and reduce the pollen loss typically associated with the absence of a reward. Bees are more likely to visit deceptive flowers when the visual stimuli are perceptually like rewarding flowers which they are familiar with (Gumbert 2000, Internicola and Harder 2012), and the presence and distance of the magnet plant may indirectly affect the orchid PE. Most of the studies on Batesian floral mimicry or ecological facilitation (including the present one) focused on female pollination success as the sole fitness component of the deceptive orchids, while possible mechanisms of selection through the male function have been left undetected (Rodríguez-Otero et al. 2023). However, the evolution of different deceptive strategies (from generalized to specialized mimicry) can be influenced by selection for more efficient pollination (Scopece et al. 2010), a male fitness component that should be more carefully considered in future studies.

As *A. morio* exploits pollinators of local rewarding species, this exploitation turns into higher (male and female) reproductive success when the local rewarding plants have a similar colour to the orchid. However, our results confirm that *A. morio* does not locally evolve any form of adaptive mimicry with a specific rewarding model, but more likely benefits from colour convergence with bee-pollinated rewarding plants that co-occur in its range because of the pollinators' broad generalization over flower signals.

5.6 Acknowledgements

We thank the Majella National Park for sampling permission, the Proloco of Palena for their continuous support and providing facilities, Dr Amelio Pezzetta for advices on finding the orchid populations, Dario Moccia and William Francesco Coppola for technical assistance in the fieldwork.

5.7 References

- 1) Bronstein JL. 2009. The evolution of facilitation and mutualism. *J Ecol.* 97(6):1160–1170.
doi:10.1111/j.1365-2745.2009.01566.x.
- 2) Capó M, Borràs J, Perelló-Suau S, Rita J, and Cursach J. 2023. Phenotype–fitness relationships and pollen-transfer efficiency of five orchid species with different pollination strategies. *Am J Bot.* 110(6). doi:10.1002/ajb2.16198.
- 3) Castro S, Silveira P, Navarro L. 2008. How flower biology and breeding system affect the reproductive success of the narrow endemic *Polygala vayredae* Costa (Polygalaceae). *Bot J Linn Soc.* 157(1):67–81. doi: 10.1111/j.1095-8339.2008.00784.x.
- 4) Chittka L. 1992. The colour hexagon: a chromaticity diagram based on photoreceptor excitations as a generalized representation of colour opponency. *J Comp Physiol a.* 170:533–543.
doi:10.1007/BF00199331.
- 5) Chittka L, Gumbert A, Kunze J. 1997. Foraging dynamics of bumble bees: correlates of movements within and between plant species. *Behav Ecol.* 8(3):239–249. doi:10.1093/beheco/8.3.239.
- 6) Chittka L, Raine NE. 2006. Recognition of flowers by pollinators. *Curr Opin Plant Biol.* 9(4): 428–435. doi:10.1016/j.pbi.2006.05.002.
- 7) Chittka L, Skorupski P, Raine NE. 2009. Speed–accuracy tradeoffs in animal decision making. *Trends Ecol Evol.* 24(7):400–407. doi:10.1016/j.tree.2009.02.010.
- 8) Claessens J, Kleynen J. 2011. *The Flower of the European Orchid. Form and Function.*

- 9) Coetzee A, Seymour CL, Spottiswoode CN. 2021. Facilitation and competition shape a geographical mosaic of flower colour polymorphisms. *Functional Ecology*. 35(9): 1914–1924.
doi.org/10.1111/1365-2435.13851.
- 10) Cozzolino S, Schiestl FP, Müller A, De Castro O, Nardella AM, Widmer A. 2005. Evidence for pollinator sharing in Mediterranean nectar-mimic orchids: absence of premating barriers? *Proc R Soc B*. 272(1569):1271–1278. doi:10.1098/rspb.2005.3069.
- 11) Cozzolino S, Widmer A. 2005. Orchid diversity: An evolutionary consequence of deception? *Trends Ecol Evol*. 20(9):487–494. doi:10.1016/j.tree.2005.06.004.
- 12) Dafni A, Ivri Y. 1981. Floral mimicry between *Orchis israelitica* Baumann and Dafni (Orchidaceae) and *Bellevalia flexuosa* Boiss. (Liliaceae). *Oecologia*. 49:229–232. doi:10.1007/BF00349193.
- 13) Dafni A. 1983. Pollination of *Orchis caspia*--a nectarless plant which deceives the pollinators of nectariferous species from other plant families. *J Ecol*. 71(2):467–474. doi:10.2307/2259728.
- 14) Dafni, A. 1984. Mimicry and deception in pollination. *Annu Rev Ecol Evol Syst*. 15(1):259–278.
doi:10.1146/annurev.es.15.110184.001355.
- 15) De Kock C, Minnaar C, Lunau K, Wester P, Verhoeven C, Schulze MJ, Randle MR, Robson C, Bolus RH, Anderson B. 2018. The functional role of the keel crest in *Polygala myrtifolia* (Polygalaceae) and its effects on pollinator visitation success. *S Afr J Bot*. 118:105–111. doi:10.1016/j.sajb.2018.06.011.
- 16) Dyer AG, Chittka L. 2004. Bumblebees (*Bombus terrestris*) sacrifice foraging speed to solve difficult colour discrimination tasks. *J Comp Physiol a*. 190(9):759–763. doi:10.1007/s00359-004-0547-y.

- 17) Duffy KJ. 2023. Influence of distance from conspecific and heterospecific co-flowering plants on pollination and fecundity in the nectarless orchid *Dactylorhiza sambucina*. *Plant Ecol Divers.* 16(3–4):99–104. doi:10.1080/17550874.2023.2270992.
- 18) Galizia CG, Kunze J, Gumbert A, Borg-Karlson AK, Sachse S, Markl C, Menzel R. 2005. Relationship of visual and olfactory signal parameters in a food-deceptive flower mimicry system. *Behav Ecol.* 16(1):159–168. doi:10.1093/beheco/arh147.
- 19) Galen C, Gregory T. 1989. Interspecific pollen transfer as a mechanism of competition: consequences of foreign pollen contamination for seed set in the alpine wildflower, *Polemonium viscosum*. *Oecologia.* 81:120–123. doi:10.1007/BF00377020.
- 20) Gigord LD, Macnair MR, Stritesky M, Smithson A. 2002. The potential for floral mimicry in rewardless orchids: an experimental study. *Proc R Soc Lond B Biol Sci.* 269(1498):1389–1395. doi:10.1098/rspb.2002.2018.
- 21) Gumbert A. 2000. Color choices by bumble bees (*Bombus terrestris*): innate preferences and generalization after learning. *Behav Ecol Sociobiol.* 48:36–43. doi:10.1007/s002650000213.
- 22) Gumbert A, Kunze J. 2001. Colour similarity to rewarding model plants affects pollination in a food deceptive orchid, *Orchis boryi*. *Bot J Linn Soc.* 72(3):419–433. doi:10.1111/j.1095-8312.2001.tb01328.x.
- 23) Henneresse T, Wesselingh RA, Tyteca D. 2017. Effects of floral display, conspecific density and rewarding species on fruit set in the deceptive orchid *Orchis militaris* (Orchidaceae). (Orchidaceae). *Plant Ecol Evo.* 150(3):279–292. doi:10.5091/plecevo.2017.1313.

- 24) Indsto JO, Weston PH, Clements MA, Dyer AG, Batley M, Whelan RJ. 2006. Pollination of *Diuris maculata* (Orchidaceae) by male *Trichocolletes venustus* bees. Aust J Bot. 54(7):669–679.
doi:10.1071/BT05146.
- 25) Internicola AI, Harder LD. 2012. Bumble-bee learning selects for both early and long flowering in food-deceptive plants. Proc R Soc B Biol Sci. 279(1733):1538–1543. doi:10.1098/rspb.2011.1849.
- 26) Jersáková J, Johnson SD, Jürgens A. 2009. Deceptive behaviour in plants II. Food deception by plants: from generalized systems to specialized floral mimicry. In: Baluška F ed. Plant–environment interactions, signaling and communication in plants, from sensory plant biology to active plant behavior. Berlin: Springer-Verlag; p. 223–246. doi:10.1007/978-3-540-89230-4_12.
- 27) Jersáková J, Jürgens A, Šmilauer P, Johnson SD. 2012. The evolution of floral mimicry: identifying traits that visually attract pollinators. Funct Ecol. 26(6):1381–1389. doi:10.1111/j.1365-2435.2012.02059.x.
- 28) Jersáková J, Spaethe J, Streinzer M, Neumayer J, Paulus H, Dötterl S, Johnson SD. 2016. Does *Traunsteinera globosa* (the globe orchid) dupe its pollinators through generalized food deception or mimicry? Bot J Linn Soc. 180(2):269–294. doi:10.1111/boj.12364.
- 29) Johnson SD, Peter CI, Nilsson LA, Ågren J. 2003. Pollination success in a deceptive orchid is enhanced by co-occurring rewarding magnet plants. Ecology. 84(11):2919–2927. doi:10.1890/02-0471.
- 30) Johnson SD, Peter CI, Ågren J. 2004. The effects of nectar addition on pollen removal and geitonogamy in the non-rewarding orchid *Anacamptis morio*. Proc R Soc Lond B Biol Sci. 271(1541):803–809. doi:10.1098/rspb.2003.2659.

- 31) Johnson S, Schiestl, F. 2016. Floral mimicry. Oxford: Oxford University Press.
- 32) Juillet N, Gonzalez MA, Page PA, Gigord LDB. 2007. Pollination of the European food-deceptive *Traunsteinera globosa* (Orchidaceae): the importance of nectar-producing neighbouring plants. *Plant Syst Evol.* 265(1):123–129. doi: 10.1007/s00606-006-0507-9.
- 33) Kern BR, Carley LN, Moeller DA. 2023. Direct tracking of pollen with quantum dots reveals surprising uniformity in dispersal distance across eleven populations of an annual plant. *Am J Bot.* 110(7):6201 doi:10.1002/ajb2.16201.
- 34) Minnaar C, Anderson B, De Jager ML, Karron JD. 2019. Plant–pollinator interactions along the pathway to paternity. *Ann Bot-London.* 123(2):225–245. doi:10.1093/aob/mcy167.
- 35) Moeller DA. 2004. Facilitative interactions among plants via shared pollinators. *Ecology.* 85(12):3289–3301. doi:10.1890/03-0810.
- 36) Newman E, Anderson B, Johnson SD. 2012. Flower colour adaptation in a mimetic orchid. *Proc R Soc B Biol Sci.* 279(1737):2309–2313. doi:10.1098/rspb.2011.2375.
- 37) Nilsson LA. 1984. Anthecology of *Orchis morio* at its outpost in the north. *Nova Acta Reg Soc Sci Upsal*, 5:167–179.
- 38) Ren MX, Cafasso D, Barone Lumaga MR, Cozzolino S. 2014. Low pollination success of hybrids between nectar-rewarding and food-deceptive orchids. *Plant Syst Evol.* 300:1985-1993. doi:10.1007/s00606-014-1023-y.
- 39) Renoult JP, Thomann M, Schaefer HM, Cheptou PO. 2013. Selection on quantitative colour variation in *Centaurea cyanus*: the role of the pollinator's visual system. *J Evol Biol.* 26(11):2415–2427. doi:10.1111/jeb.12234.

- 40) Rodríguez-Otero C, Hedrén M, Friberg M, Opedal ØH. 2023. Analysis of trait–performance–fitness relationships reveals pollinator-mediated selection on orchid pollination traits. *Am J Bot.* 110(6):16128 doi:10.1002/ajb2.16128.
- 41) Peter CI, Johnson SD. 2008. Mimics and magnets: The importance of color and ecological facilitation in floral deception. *Ecology.* 89(6):1583–1595. doi:10.1890/07-1098.1.
- 42) Qu H, Heifetz A, Seifan M. 2023. Batesian mimicry or general food deception? An evolutionary game between plants for pollinator services. *J Theor Biol.* 575:111609. doi:10.1016/j.jtbi.2023.111609.
- 43) Salzmann CC, Nardella AM, Cozzolino S, Schiestl FP. 2007. Variability in floral scent in rewarding and deceptive orchids: the signature of pollinator-imposed selection? *Ann Bot-London.* 100(4):757–765. doi:10.1093/aob/mcm161.
- 44) Santos KCBS, Souza CS, Arruda R, Arauj AC. 2021. Patch size changes the composition of flower visitors and influences pollen flow. *Plant Ecol Divers.* 14(5-6):255–266. doi:10.1080/17550874.2022.2037024.
- 45) Scaccabarozi D, Guzzetti L, Phillips RD, Milne L, Tommasi N, Cozzolino S, Dixon KW. 2020. Ecological factors driving pollination success in an orchid that mimics a range of Fabaceae. *Bot J Linn Soc.* 194(2):253–269. doi:10.1093/botlinnean/boaa039.
- 46) Scaccabarozi D, Lunau K, Guzzetti L, Cozzolino S, Dyer AG, Tommasi N, Biella P, Galimberti A, Labra M, Bruni I, et al 2023. Mimicking orchids lure bees from afar with exaggerated ultraviolet signals. *Ecol Evol.* 13(1). doi:10.1002/ece3.9759.
- 47) Schiestl FP, Schlüter PM. 2009. Floral isolation, specialized pollination, and pollinator behavior in orchids. *Annu Rev Entomol.* 54:425–446. doi:0.1146/annurev.ento.54.110807.090603.

- 48) Scopece G, Cozzolino S, Johnson SD, Schiestl FP. 2010. Pollination efficiency and the evolution of specialized deceptive pollination systems. *Am Nat.* 175(1):98–105. doi: 10.1086/648555.
- 49) Scopece G, Schiestl FP, Cozzolino S. 2015. Pollen transfer efficiency and its effect on inflorescence size in deceptive pollination strategies. *Plant Biol.* 17(2):545–550. doi:10.1111/plb.12224.
- 50) Shrestha M, Dyer AG, Dorin A, Ren ZX, Burd M. 2020. Rewardlessness in orchids: how frequent and how rewardless? *Plant Biol.* 22(4):555–561. doi: 10.1111/plb.13113.
- 51) Smithson A. 2002. The consequences of rewardlessness in orchids: Reward-supplementation experiments with *Anacamptis morio* (Orchidaceae). *Am J Bot.* 89(10):1579–1587.
doi:10.3732/ajb.89.10.1579.
- 52) Sletvold N, Trunschke J, Smit M, Verbeek J, Ågren J. 2016. Strong pollinator-mediated selection for increased flower brightness and contrast in a deceptive orchid. *Evolution.* 70(3): 716–724.
doi:10.1111/evo.12881.
- 53) Thompson JN. 1988. Coevolution and alternative hypotheses on insect/plant interactions. *Ecology.* 69(4):893–895. doi:10.2307/1941238.
- 54) Zuur AF, Ieno EN, Walker NJ, Saveliev AA, Smith GM. 2009. Mixed effects models and extensions in ecology with R. *J Stat Softw.* 574:574. doi:10.18637/jss.v032.b01.
- 55) Zuur AF, Ieno EN. 2016. A protocol for conducting and presenting results of regression-type analyses. *Methods Ecol Evol.* 7(6):636–645. doi:10.1111/2041-210X.12577.