



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI ED AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE AGRARIE E DEL TERRITORIO

PERCORSO DI STUDIO “PRODUZIONE E PROTEZIONE DELLE COLTURE”

FENOLOGIA E GERMINABILITÀ DI DUE SPECIE MEDITERRANEE UTILI
AGLI IMPOLLINATORI: *LOTUS HIRSUTUS* L. E *CALENDULA*
SUFFRUTICOSA VAHL SUBSP. *FULGIDA* (RAF.) GUADAGNO

PHENOLOGY AND GERMINABILITY OF TWO MEDITERRANEAN
SPECIES USEFUL FOR POLLINATORS: *LOTUS HIRSUTUS* L. AND
CALENDULA SUFFRUTICOSA VAHL SUBSP. *FULGIDA* (RAF.)
GUADAGNO

TESI SPERIMENTALE

Studente:

Cătălina Ghenu

Relatore:

Prof.ssa Simona Casavecchia

Correlatori:

Dott.ssa Lara Lucchetti

Prof. Simone Pesaresi

ANNO ACCADEMICO 2023-2024

SESSIONE LAUREA LUGLIO 2024

INDICE

1. INTRODUZIONE.....	3
1.1. La crisi degli impollinatori	3
1.1.1. Le cause.....	5
1.1.2. Gli effetti	9
1.1.3. I rimedi	14
1.1.3.1. L'Eco-schema 5 della PAC e le piante utili agli impollinatori	16
1.1.3.2. Attività e progetti a livello nazionale e locale	21
1.2. Obiettivi della tesi.....	24
2. MATERIALI E METODI.....	26
2.1. Area di studio	26
2.2. Le specie oggetto di studio.....	33
2.2.1. <i>Lotus hirsutus</i> L. (Syn.: <i>Dorycnium hirsutum</i> (L.) Ser.)	33
2.2.1.1. Descrizione botanica.....	33
2.2.1.2. Caratteristiche ecologiche.....	36
2.2.2. <i>Calendula suffruticosa</i> Vahl subsp. <i>fulgida</i> (Raf.) Guadagno	39
2.2.2.1. Descrizione botanica.....	39
2.2.2.2. Caratteristiche ecologiche.....	40
2.3. Indagine fenologica.....	45
2.3.1. Analisi fenologiche	45
2.3.2. Metodi di rilievo fenologico.....	46
2.4. Studio della germinabilità di <i>Lotus hirsutus</i> L.....	53
2.4.1. Raccolta dei semi.....	53
2.4.2. Pulizia dei semi	55
2.4.3. Test di germinabilità	58
2.4.3.1. Preparazione del substrato di germinazione	59
2.4.3.2. Piano sperimentale	60
2.4.3.3. Scelta dei parametri per i test di germinabilità.....	61
2.4.3.4. Analisi statistica	63
3. RISULTATI E DISCUSSIONI.....	64
3.1. Analisi dei dati fenologici e delle osservazioni nel corso delle fioriture	64
3.2. Caratterizzazione dei semi	73
3.3. Analisi dei test di germinabilità di <i>Lotus hirsutus</i> L.	77

4. CONCLUSIONE	85
BIBLIOGRAFIA.....	87
SITOGRAFIA	94
APPENDICE.....	96

1. INTRODUZIONE

La **biodiversità** o **diversità biologica** è la varietà delle specie viventi, animali e vegetali, che si trovano sul nostro pianeta (Wilson, 1988).

Un'ulteriore definizione attribuita alla **biodiversità** è quella fornita dal Millennium Ecosystem Assessment, secondo la quale la parola biodiversità è “un termine che si estende a descrivere la ricchezza della vita sulla Terra, spaziando dai minuscoli microorganismi fino alle piante e agli animali, e dai geni agli ecosistemi. Questa varietà di vita costituisce un elemento di vitale importanza per la salute e il corretto funzionamento degli ecosistemi, sui quali si basa la vita e il benessere umano” (MEA, 2005a).

Le risorse biologiche svolgono un ruolo fondamentale per la vita sulla Terra e la loro perdita può influenzare l'esistenza di singole specie, habitat e interi ecosistemi. L'attenzione dei leader mondiali si è concentrata su una strategia globale basata sullo “sviluppo sostenibile”, discussa a Rio de Janeiro nel 1992 durante la Conferenza delle Nazioni Unite su ambiente e sviluppo e sancita con la sottoscrizione della “Convenzione sulla Diversità Biologica” da parte dei Capi di Stato o loro delegati, partecipanti alla Conferenza.

Nel trattato internazionale “Convenzione sulla Diversità Biologica”, sono stati inseriti come principali obiettivi, giuridicamente vincolanti, la conservazione della biodiversità, l'uso sostenibile della biodiversità e la giusta ed equa ripartizione dei benefici derivanti dall'utilizzo delle risorse genetiche. L'obiettivo generale di questo trattato riguarda l'implementazione di una serie di azioni volte a contribuire a un futuro sostenibile. Il concetto di sostenibilità si riferisce al soddisfacimento delle nostre esigenze, garantendo al contempo un mondo sano e vitale per le future generazioni (ISPRA, sito web).

Un **ecosistema**, viene definito nella Convention on Biological Diversity come “un complesso dinamico formato dalle componenti biotiche (comunità di esseri viventi) e abiotiche che popolano un determinato ambiente”.

I **servizi ecosistemici** sono definiti come “i benefici che l'uomo può ottenere dagli ecosistemi” (TEEB, 2010), fondamentali per il benessere umano e il funzionamento degli ecosistemi stessi.

L'erosione della biodiversità a cui assistiamo oggi si manifesta attraverso l'alterazione e la frammentazione degli ecosistemi naturali e seminaturali e degli habitat, il degrado del paesaggio e la perdita delle specie spontanee, compromettendo anche la fornitura di diversi servizi ecosistemici, tra i quali l'impollinazione. Negli ultimi decenni, infatti, si è assistito alla forte riduzione di specie di insetti, incluse le api da miele e altri insetti impollinatori essenziali per gli ecosistemi e il mantenimento della biodiversità (ISPRA, 2020).

1.1. La crisi degli impollinatori

Gli impollinatori sono animali che visitano i fiori nella ricerca di nettare e polline, trasportando i granuli pollinici dall'antera di una pianta allo stigma di un'altra pianta o di un'altra fiore della stessa pianta (Pasqua, Abbate et al, 2011; Evert and Eichhorn, 2018). Questi animali responsabili dell'impollinazione sono rappresentati da insetti, principalmente Imenotteri quali bombi, api mellifere e solitarie e numerose specie appartenenti agli Ordini dei Lepidotteri

(farfalle), Ditteri (sirfidi), e Coleotteri, da invertebrati (acari e ragni) e vertebrati (uccelli, e mammiferi come i pipistrelli) (ISPRA, 2020).

La funzione svolta dagli impollinatori è cruciale per tutte le forme di vita. La loro importanza interessa infatti sia agli esseri umani, attraverso la fornitura del servizio di impollinazione per piante di interesse alimentare e produttivo, nonché per la produzione di vari prodotti dell'alveare (miele, polline, pappa reale, propoli, cera, veleno), che all'ambiente, contribuendo all'impollinazione di piante spontanee e al mantenimento della biodiversità.

I servizi di impollinazione rivestono un'importanza cruciale per le piante selvatiche, le quali dipendono direttamente dagli insetti per la loro riproduzione, come ampiamente riportato in letteratura (ad esempio: Potts et al., 2010; Bauer and Wing, 2010). Questa dipendenza è superiore all'80% per quanto riguarda l'impollinazione delle colture agrarie; gli insetti impollinatori, in particolare le api, svolgono un ruolo fondamentale per il 75% di tutte le colture utilizzate direttamente per l'alimentazione umana a livello globale (Aizen et al. (2019).

Il valore economico attribuito al servizio ecosistemico dell'impollinazione è di circa 153 miliardi di dollari all'anno a livello globale (Gallai et al., 2009), questo rappresenta il 9,5% del valore economico complessivo dell'output agricolo mondiale, considerando solo le colture direttamente impiegate per l'alimentazione umana.

Nel report sullo stato degli impollinatori, realizzato nel 2020 (ISPRA) si precisa che negli ultimi anni si è registrato un progressivo peggioramento della numerosità, della diversità e dello stato di salute degli impollinatori selvatici e domestici. Il declino è stato osservato nell'Unione Europea, evidenziato dalla perdita di specie e colonie di api in paesi come Italia, Francia, Belgio, Germania, Spagna, Paesi Bassi, nonché a livello globale, inclusi Stati Uniti, Russia e Brasile (Corte dei Conti Europea, 2020), tanto che oggi si parla di "Global Pollinator crisis" (Shivanna et al., 2020).

Secondo l'Unione Internazionale per la Conservazione della Natura (IUCN), quasi il 17% degli impollinatori vertebrati è minacciato d'estinzione globale, arrivando nelle aree insulari fino all'30%. A livello mondiale, oltre il 40% delle specie di impollinatori invertebrati è a rischio di estinzione, mettendo in pericolo l'equilibrio degli ecosistemi e il servizio fondamentale per la società umana che da essi deriva (IPBES, 2020).

Le cifre relative alle popolazioni delle specie di insetti impollinatori, minacciate o a rischio di estinzione, non sono attualmente disponibili. Tuttavia, le valutazioni a livello regionale e nazionale evidenziano livelli significativi di minaccia per api e farfalle. In Europa, si registra un grave declino in quasi la metà delle specie di insetti e un terzo di esse è in pericolo di estinzione. Inoltre, secondo l'Unione Internazionale per la Conservazione della Natura (IUCN) del 2015, il 9% delle specie di api e farfalle è a rischio di estinzione, mentre il 37% delle popolazioni di api sta subendo un drastico decremento. Il declino della popolazione delle farfalle è giunto al 31% (IPBES, 2016).

1.1.1. Le cause

I fattori che sono alla base del declino degli impollinatori, evidenziati nel rapporto 2016 dell'IPBES e in diverse pubblicazioni scientifiche (Kluser et al., 2007; Potts et al., 2010; ISPRA, 2020), sono i seguenti:

- cambiamento nell'uso del suolo;
- gestione agricola intensiva e uso di pesticidi;
- inquinamento ambientale;
- specie esotiche invasive;
- parassiti e patogeni;
- cambiamenti climatici.

Questi fattori possono agire sia separatamente che in combinazione, esercitando una forte pressione sugli impollinatori nella situazione in cui due o più fattori agiscono insieme.

Cambiamento nell'uso del suolo

Quando parliamo del cambiamento d'uso del suolo, pensiamo principalmente al degrado e alla conseguente perdita della sua biodiversità, ma anche alla frammentazione degli habitat degli impollinatori come riportato in alcuni studi condotti da Kluser et al. (2007) e Potts et al. (2010).

Potts et al., nella loro pubblicazione del 2010, hanno riportato i risultati di diverse analisi condotte sulla perdita dell'habitat degli impollinatori, evidenziando la diminuzione della disponibilità delle risorse nutritive e i disturbi sulla ricchezza delle specie e sull'abbondanza di api selvatiche.

Il degrado dell'habitat può comportare effetti negativi sulla nidificazione degli impollinatori, in particolare di quelli selvatici, può inoltre compromettere la ricerca del cibo, il riposo e anche l'accoppiamento (Kluser et al., 2007).

Gestione agricola intensiva e uso di pesticidi

L'ampia introduzione di varietà colturali ad alto rendimento e resistenti alle malattie, abbinata a pratiche come la meccanizzazione, l'irrigazione e l'intenso utilizzo di pesticidi e fertilizzanti sintetici, ha determinato un significativo aumento delle rese agricole. Tuttavia, questo processo di intensificazione ha comportato impatti ambientali negativi, quali il degrado del suolo, l'aumento delle emissioni di gas serra e la perdita di biodiversità (ISPRA, 2020).

Il diffuso ricorso a insetticidi, fungicidi ed erbicidi sintetici ha contribuito al declino delle popolazioni di pronubi e insetti impollinatori. L'esposizione a dosi sub-letali di pesticidi rende gli impollinatori più vulnerabili ad altri fattori, come le condizioni climatiche estreme, compromettendo la loro capacità di orientamento e memoria (ISPRA, 2020). Bellucci et al. in una ricerca nel 2019, hanno dimostrato danni alla catena trofica delle api causate dai pesticidi e dai metaboliti che da essi derivano (ad esempio, l'uso dei neonicotinoidi), mediante la diffusione e il trasporto veicolati attraverso secrezioni delle piante o degli afidi (melata) e consumata dagli insetti impollinatori.

Le normative dell'UE sull'uso dei pesticidi sono tra le più rigorose al mondo, includendo recenti divieti all'uso di pesticidi dannosi per le api. Attualmente, l'agricoltura sostenibile sta adottando pratiche mirate a ridurre l'uso di prodotti chimici sintetici, implementando tecniche come la lotta biologica e la rotazione delle colture per conservare la biodiversità e preservare la fertilità del suolo. Queste soluzioni mirano a garantire una maggiore sostenibilità ambientale nelle pratiche agricole (Commissione Europea, 2018).

Inquinamento ambientale

Diversi studi (Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019; Riaz et al., 2020, ecc.) hanno evidenziato la sensibilità degli impollinatori all'inquinamento atmosferico, luminoso e del suolo, inclusa l'esposizione a inquinanti come metalli pesanti e pesticidi, oltre all'inquinamento acustico nelle aree urbane. Gli effetti dell'inquinamento ambientale si manifestano nell'alterazione della capacità di navigazione, comunicazione e ricerca del cibo da parte degli impollinatori (Goulson, 2020), con conseguenze dirette sulla loro sopravvivenza e capacità riproduttiva e sull'ecosistema nel suo complesso.

Specie esotiche invasive

Un'ulteriore minaccia per gli impollinatori risiede nella propagazione delle specie alloctone, comunemente note come aliene (esotiche). All'interno degli ecosistemi in cui queste specie vengono introdotte, emergono significativi disturbi agli equilibri naturali preesistenti, quali competizione con gli organismi autoctoni per risorse limitate, alterazioni strutturali degli ecosistemi, ibridazione con specie autoctone, predazione su specie locali e la diffusione di nuove malattie. Gli impatti delle specie aliene si riflettono principalmente sulle produzioni agricole, forestali e nell'ambito della zootecnia in generale (ISPRA, 2020).

Gli impollinatori alieni possono provocare impatti negativi tramite l'inquinamento genetico. Ad esempio, alcune sottospecie di api mellifere allevate e diverse specie di bombi possono incrociarsi con le popolazioni autoctone, compromettendo la diversità genetica delle popolazioni native o persino portando all'estinzione delle sottospecie locali (Potts et al. 2010).

Parassiti e patogeni

In diversi studi (Kevan et al., 2003; ISPRA, 2020) sono riportati dati relativi alla diffusione di infezioni delle colonie di api da parte di diversi patogeni e le interazioni risultanti tra i patogeni (protozoi, virus, batteri e funghi) e le infestazioni dei parassiti (come l'acaro *Varroa destructor*, *Aethina tumida*, *Vespa velutina*).

Cambiamenti climatici

Nel maggio 2020, l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale ha messo in evidenza che i cambiamenti climatici rappresentino una delle principali pressioni sulle specie animali, comprese quelle impollinatrici. Nel rapporto dell'IPBES del 2016, si è evidenziato come la varietà delle specie, l'abbondanza delle loro popolazioni e le attività stagionali di impollinatori selvatici, quali bombi e farfalle, abbiano subito mutamenti in risposta ai

cambiamenti climatici osservati negli ultimi decenni, con gravi conseguenze sulle loro popolazioni e sulla distribuzione generale.

In diversi studi scientifici (Settele et al., 2016; Forrest et al., 2016; Karthik et al., 2021) sono stati esaminati gli effetti diretti e indiretti dei cambiamenti climatici (come l'esposizione a temperature più calde, aumento della siccità e incremento degli eventi meteorologici estremi, inclusi gli incendi) sulle comunità di specie e sulle interazioni tra piante e impollinatori. Tra gli effetti diretti individuati si riscontrano modificazioni nella fisiologia e nel comportamento degli impollinatori, cambiamenti nella morfologia e in altri tratti, variazioni nella fenologia degli insetti impollinatori, nonché alterazioni nell'abbondanza di tali insetti. Inoltre, i cambiamenti climatici possono causare la rottura delle interazioni ecologiche, manifestandosi sotto forma di discrepanze tra caratteristiche temporali e spaziali (Burkle et al., 2024).

Dicks et al. (2021) hanno riportato l'influenza di diversi fattori che hanno causato il declino degli impollinatori in 6 regioni (Africa, Asia Pacifico, Australia/ Nuovo Zelanda, Europa, America Latina e Nord America), con l'eccezione che, per ragioni biogeografiche e geopolitiche, le isole del Pacifico sono state raggruppate con l'Asia (Asia Pacifico) e non con l'Australia e la Nuova Zelanda, mentre Mesoamerica e i Caraibi sono stati raggruppati con il Sud America. Tali fattori sono elencati in **Tabella 1**, e fanno riferimento alle definizioni fornite dall'IPBES (2016). A tali fattori sono stati attribuiti dei punteggi utili a stabilire l'ordine di importanza che questi hanno nel provocare la crisi globale degli impollinatori (**Figura 1**).

Termine	Definizione dalla Valutazione dell'IPBES 2016
Gestione degli impollinatori	Si tratta della gestione o cura delle varie specie di api (come api mellifere, bombi, api senza pungiglione e api solitarie) per favorire la produzione di miele e di api o altri insetti per l'impollinazione. La gestione delle api coinvolge diverse specie, tra cui l'ape mellifera occidentale <i>Apis mellifera</i> e l'ape mellifera orientale <i>Apis cerana</i> , oltre a diverse specie di bombi come <i>Bombus terrestris</i> e <i>Bombus impatiens</i> , utilizzate per l'impollinazione delle colture. Questo processo è cruciale data la sua rilevanza globale nella mitigazione della perdita di impollinatori.
Parassiti e patogeni	Questa categoria comprende parassiti, patogeni e malattie che colpiscono gli animali impollinatori, sia quelli presenti naturalmente nelle popolazioni che quelli associati alla gestione umana delle api. Le malattie delle api, in particolare, possono avere impatti negativi sulle singole api, sulle colonie o sulle popolazioni, specialmente quando le api sono addomesticate e vivono in ambienti affollati.
Gestione del territorio	Questo termine si riferisce alle azioni, ai piani e agli interventi che le persone attuano su determinate tipologie di suolo, comprendendo attività come falciatura, coltivazione, pascolo, bruciatura e regimi di coltivazione che non prevedono l'uso di pesticidi, privilegiando invece l'utilizzo di fertilizzanti non chimici. I pesticidi sono trattati separatamente per via dell'elevato impatto che possono avere, supportato da numerose evidenze specifiche.
Copertura del suolo e configurazione	Questo concetto si riferisce alla presenza e alla disposizione di diversi tipi di habitat e di uso del suolo su una determinata area, considerando la loro configurazione spaziale a livello paesaggistico.
Specie aliene invasive	Questo termine si riferisce a specie, sottospecie o tassonomie inferiori che non sono native dell'area in cui si trovano, e che possono rappresentare una minaccia per la biodiversità nativa quando si insediano negli ecosistemi naturali o seminaturali, causando cambiamenti significativi e danneggiando la flora e la fauna locali.
OGM	Gli organismi geneticamente modificati (OGM) sono organismi che sono stati alterati in laboratorio mediante tecniche di bioingegneria, introducendo geni estranei al loro pool genico naturale. Questo può conferire loro caratteristiche specifiche, come la tolleranza agli erbicidi o la resistenza agli insetti, sebbene possano essere state introdotte anche altre modifiche, come la resistenza alla siccità o modifiche nutrizionali.
Cambiamento climatico	Questo termine si riferisce a variazioni prolungate nel clima di una determinata area, evidenziabili attraverso cambiamenti nella media e/o nella variabilità delle sue proprietà meteorologiche, e che persistono per periodi di tempo estesi, solitamente di almeno alcuni decenni. Questi cambiamenti possono avere conseguenze significative sull'ambiente e sulla vita delle specie che lo abitano.

Tabella 1: Fattori responsabili del declino degli impollinatori (Fonte: Dicks L. V. et al. (2021). *A global-scale expert assessment of drivers and risks associated with pollinator decline*)

Sulla base dei risultati della ricerca, viene dimostrato che, a livello globale, i driver più importanti del declino degli impollinatori sono la copertura e la configurazione del suolo e la gestione del territorio, seguiti dall'uso degli agrofarmaci, dal cambiamento climatico e dagli altri fattori; l'uso degli OGM sembrerebbe infine il fattore meno importante.

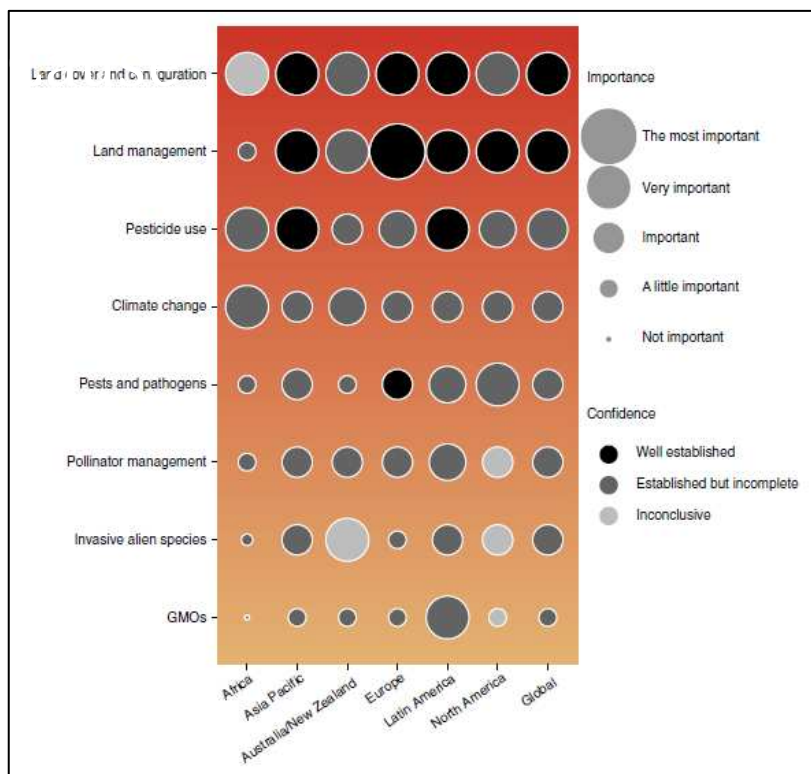


Figura 1: Classificazione delle cause responsabili del declino degli impollinatori (Fonte: Dicks L. V. et al. (2021). *A global-scale expert assessment of drivers and risks associated with pollinator decline*)

1.1.2. Gli effetti

Gli effetti dei fattori sopra descritti sulle popolazioni di impollinatori e, più in generale, sugli ecosistemi e sulla salute dell'uomo sono i seguenti:

1. Mortalità delle api da miele (ISPRA, 2020);
2. Perdita di specie (IUCN, 2018);
3. Effetti sulle attività umane;
4. Effetti sulla salute dell'uomo (Dicks et al., 2021; Smith et al., 2022; Uwingabire et Smith, 2024).

Per quanto riguarda le api da miele, varie fonti riportano ormai da decenni la perdita di numerose famiglie a livello mondiale. Un punto di riferimento per i dati sulla mortalità delle colonie di api domestiche sono i due rapporti del progetto europeo EPILOBEE, datati rispettivamente al 2014 e al 2016. Questi rapporti forniscono informazioni sui tassi di mortalità delle colonie di api durante gli inverni 2012-2013 e 2013-2014 nei paesi europei partecipanti al progetto. In Italia, i tassi di mortalità sono stati del 5,5% e del 4,8%, risultando inferiori alla media complessiva che è del 12,17% (ISPRA, 2020) (**Figure 2-3**).

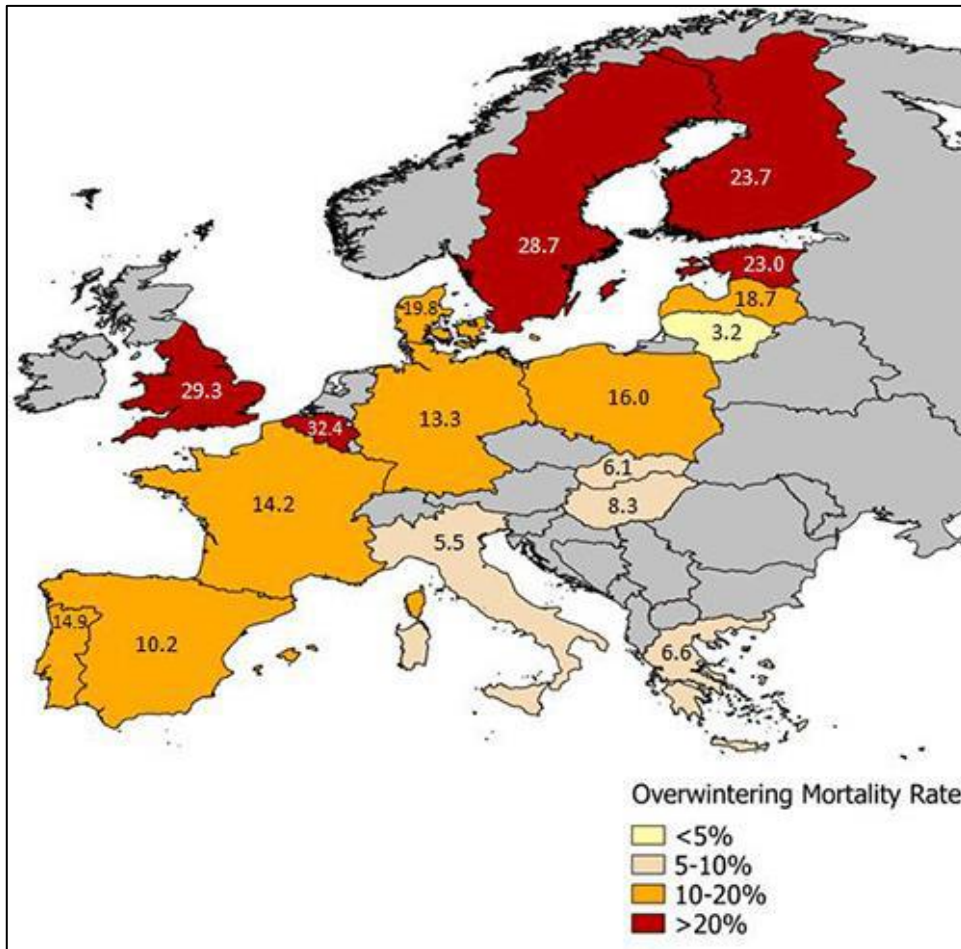


Figura 2: Tasso di mortalità invernale delle colonie di api negli Stati Membri della UE, 2012 – 2013. (Fonte: ISPRA, 2020)

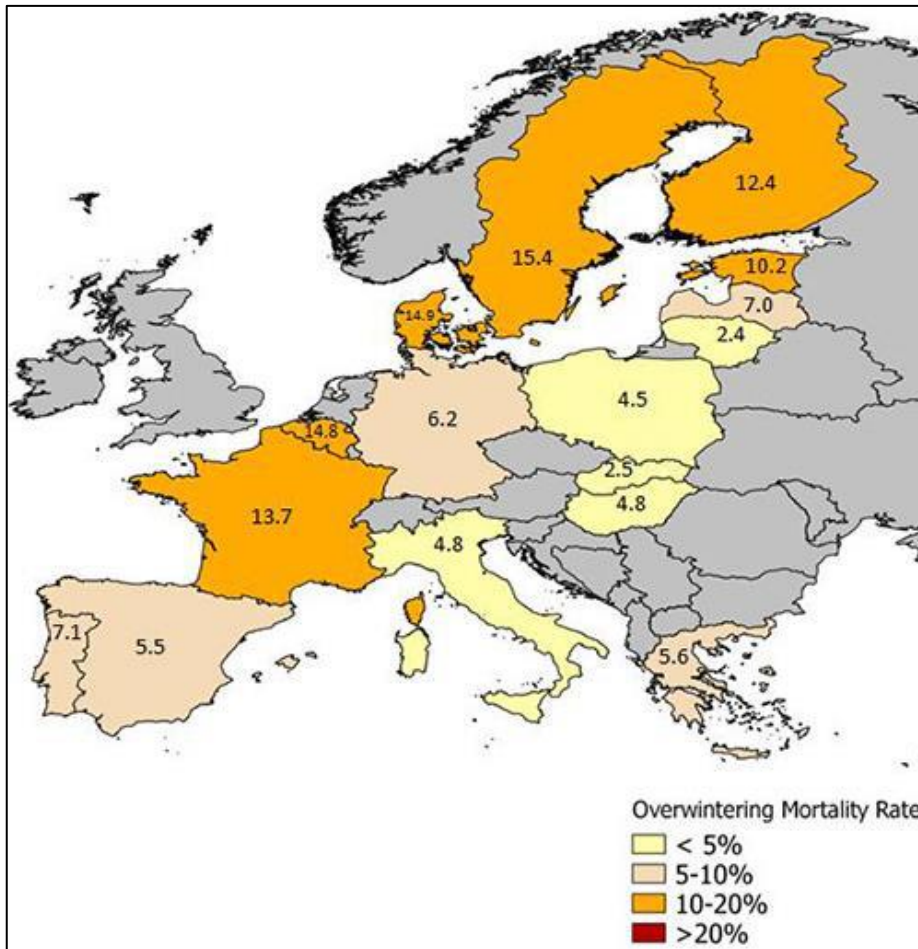


Figura 3: Tasso di mortalità invernale delle colonie di api negli Stati Membri della UE, 2013 – 2014 (EPILOBEE, 2016). (Fonte: ISPRA, 2020)

Nel 2018, il Comitato Italiano IUCN, rappresentante dell'Unione Mondiale per la Conservazione della Natura per conto del Ministero dell'Ambiente, ha compilato la Lista Rossa IUCN delle api italiane minacciate. Complessivamente, sono 151 le specie di api native in Italia per le quali esistono dati sufficienti e segni di declino, tutte incluse nella valutazione della Lista Rossa. In base al rapporto, di queste 151 specie valutate secondo i rigorosi criteri dell'IUCN, ben 34 presentano diversi livelli di minaccia come sintetizzato nella **Tabella 2**.

Categoria Red List IUCN	Numero di specie
In Pericolo Critico (Possibilmente Estinta) CR (PE)	5
In Pericolo Critico CR	2
In Pericolo EN	10
Vulnerabile VU	4
Quasi Minacciata NT	13
Totale	34

Tabella 2: Categorie di minaccia per le 34 specie di api minacciate (Fonte: Comitato Italiano IUCN, 2018)

In totale, si contano 21 specie a rischio di estinzione e altre 13 vicine a uno stato di minaccia, ma ciò che desta maggiore preoccupazione è la percentuale di sottospecie di cui non si ha ancora alcuna conoscenza, esponendole al rischio di estinzione prima ancora di comprendere la loro bio-ecologia (ISPRA, 2021).

In quanto riguarda gli effetti diretti sulle attività antropiche e sul benessere dell'uomo, Dicks et al. (2021) hanno evidenziato gli impatti negativi causati dal declino degli impollinatori come mostrato nella **Tabella 3**.

Impatto	Definizione	Esempio
Impatti sulla produzione alimentare		
Deficit di impollinazione	Riduzione della produzione alimentare o di altri prodotti a causa della mancanza di impollinatori, portando a una diminuzione della quantità o qualità del cibo.	Diminuzione della produzione di cibo, fibra, combustibile o semi a causa della mancanza di impollinatori, come api o farfalle.
Instabilità della resa	Variazione non prevedibile nella produzione delle colture causata dalla perdita di impollinatori o cambiamenti nella loro popolazione.	Le rese delle colture diventano inconsistenti o meno affidabili tra gli anni o le regioni a causa della diminuzione degli impollinatori.
Produzione di miele	Diminuzione nella quantità di miele o altri prodotti delle arnie a causa della mancanza di impollinatori.	Riduzione della quantità di miele o altri prodotti delle arnie dovuta alla diminuzione degli impollinatori come le api.
Resilienza del sistema alimentare	Riduzione della capacità a lungo termine dei sistemi alimentari di adattarsi e recuperare da perturbazioni, come i cambiamenti climatici.	Diminuzione della capacità dei sistemi alimentari di recuperare da eventi avversi o cambiamenti climatici nel lungo periodo.
Disponibilità di frutta selvatica	Diminuzione della quantità di frutta selvatica raccolta dalle comunità locali negli habitat naturali.	Meno frutta raccolta per il consumo umano dalle persone, come la raccolta di mirtilli da aree naturali o di frutti di rovo dalle siepi.
Impollinatori gestiti	Meno impollinatori disponibili per essere usati intenzionalmente nell'impollinazione delle colture.	Diminuzione degli impollinatori, come le api, che sono utilizzati appositamente per impollinare le colture agricole anziché per produrre miele.
Impatti sulla biodiversità bioculturale		
Diversità degli impollinatori selvatici	Perdita di varietà di specie di impollinatori selvatici che può influenzare le interazioni nella catena alimentare.	Riduzione della diversità di impollinatori selvatici, inclusi insetti e uccelli, che può avere effetti a catena sulla biodiversità e sull'ecosistema.
Diversità delle piante selvatiche	Riduzione della varietà di piante selvatiche a causa della mancanza di impollinazione, con possibili effetti sulla conservazione e sull'ecosistema.	Diminuzione della varietà di piante selvatiche dovuta alla mancanza di impollinatori, con conseguenze sulla biodiversità e la salute dell'ecosistema.

Tabella 3: Impatti diretti del declino degli impollinatori sul benessere umano (Fonte: Dicks L. V. et al. (2021). *A global-scale expert assessment of drivers and risks associated with pollinator decline*).

Un primo impatto si osserva nella riduzione della produzione alimentare dovuta alla diminuzione dei prodotti ottenuti dall'alveare e al deficit nella raccolta dei frutti selvatici da parte delle comunità locali. Gli altri impatti si manifestano attraverso una serie di conseguenze sui sistemi alimentari, i quali potrebbero mostrare una ridotta capacità di adattamento a lungo termine alle perturbazioni, come i cambiamenti climatici. Inoltre, si osserva una diminuzione degli impollinatori gestiti dall'uomo per l'impollinazione delle colture agricole, il che potrebbe portare a un'instabilità nella resa delle colture, rendendone imprevedibili i rendimenti nel corso degli anni.

Per quanto riguarda la perdita dei valori estetici, si considerano gli impollinatori come un valore o un simbolo per le comunità vegetali e una fonte d'ispirazione per arte, musica, letteratura, religione e tecnologia. Per quanto riguarda la perdita dei valori culturali, si includono diverse tradizioni legate agli impollinatori o ai loro prodotti.

Smith et al. (2022) hanno condotto uno studio per valutare gli impatti globali sulla salute umana derivanti dagli effetti che un servizio di impollinazione insufficiente può avere sulla dieta. Le loro analisi hanno rivelato che una percentuale compresa tra il 3% e il 5% della produzione di frutta, verdura e noci viene persa a causa di una impollinazione inadeguata, portando a un aumento stimato di 427.000 morti all'anno, con un intervallo di incertezza del 95% compreso tra 86.000 e 691.000. Questi impatti non sono uniformemente distribuiti, con perdite maggiori nella produzione alimentare nei paesi a basso reddito e impatti più significativi sul consumo alimentare e sulla mortalità nei paesi a reddito medio-alto con elevati tassi di malattie non trasmissibili. Inoltre, per tre paesi (Honduras, Nepal e Nigeria), gli autori hanno calcolato che la produzione agricola subisce una riduzione del 12% - 31% a causa della carenza di impollinatori, soprattutto per quanto riguarda la produzione di frutta e verdura. Questi risultati enfatizzano l'importanza di promuovere pratiche che favoriscano gli impollinatori al fine di proteggere la salute umana e garantire la sicurezza alimentare globale.

Anche altri studi (Uwingabire e Gallai, 2024) riportano dati relativi alla perdita di risorse nutritive nell'alimentazione umana a causa della diminuzione dei servizi ecosistemici forniti dagli insetti impollinatori. Ispirandosi alla teoria del commercio internazionale, essi utilizzano un modello bioeconomico per stimare l'impatto delle variazioni dei prezzi delle colture sul consumo di nutrienti, poiché l'offerta e la domanda delle colture variano in diversi scenari di declino degli impollinatori. I risultati mostrano che, se gli impollinatori si estinguessero su scala globale, il prezzo medio globale delle colture aumenterebbe di circa il 187% e il consumo mondiale di nutrienti derivanti dalle colture potrebbe diminuire in tutti gli scenari studiati, aggravando l'insicurezza alimentare nelle aree già vulnerabili alla carenza di cibo. Si sostiene che le conseguenze del declino degli impollinatori sul benessere umano non riguardino solo la quantità di produzione agricola nei paesi esportatori, ma anche la domanda globale di nutrienti provenienti dalle colture dipendenti dagli impollinatori, a causa della riduzione della loro disponibilità.

1.1.3. I rimedi

La comunicazione dell'UE "a favore degli impollinatori" del 2018 presenta obiettivi strategici e un set di azioni da intraprendere a livello dell'Unione e degli Stati membri per affrontare la diminuzione degli impollinatori nell'UE e contribuire agli sforzi globali in materia di conservazione. Questo documento delinea il quadro di un approccio integrato alla problematica e un utilizzo più efficace degli strumenti e delle politiche già esistenti. Tale iniziativa risponde agli appelli del Parlamento Europeo (2016) e del Consiglio (2017) a sostegno di iniziative finalizzate a preservare gli impollinatori e i loro habitat con l'obiettivo di fermare il loro declino. Pur enfatizzando il ruolo e l'importanza degli impollinatori selvatici, l'iniziativa affronta sfide comuni a tutti gli impollinatori. Di conseguenza, i benefici derivanti da essa si estenderanno anche agli impollinatori domestici, in particolare alle api da miele, integrando così il già esistente sostegno dell'UE all'apicoltura e alla salute delle api (Commissione Europea, 2018).

L'iniziativa della Commissione Europea del 2018 comporta degli obiettivi a lungo termine e delle azioni a breve termine, identificate mediante le tre priorità:

- i. migliorare le conoscenze sul declino degli impollinatori, le cause e le conseguenze;
- ii. affrontare le cause del declino degli impollinatori;
- iii. sensibilizzare, impegnare la società nel suo insieme e promuovere la collaborazione.

Alcune raccomandazioni vengono suggerite da parte del gruppo di esperti europei, che hanno effettuato la prima indagine sullo stato di salute degli api selvatiche europee, e riportate nella Lista Rossa delle Api Europee (Nieto et al., 2014).

Queste raccomandazioni si distinguono in:

- Politiche di protezione delle specie e degli habitat:
 1. Proteggere le specie di api selvatiche;
 2. Proteggere gli habitat di particolare valore per le api selvatiche;
 3. Sfruttare le opportunità offerte dai Programmi Agroambientali della Politica Agricola Comune – PAC;
 4. Migliorare la consapevolezza dei produttori agricoli.
- Azioni di sostegno alla produzione di nuove conoscenze scientifiche - conoscenze e reti (Comitato IUCN Italiano, 2018).

Nel rapporto dell'ISPRA (2021), sono riportate varie iniziative messe in atto da alcuni stati membri dell'UE, che hanno firmato la “Dichiarazione della coalizione dei volenterosi sugli impollinatori”, impegnandosi a sviluppare azioni a livello nazionale per la protezione degli impollinatori e dei loro habitat, nonché per sviluppare, agevolare ed implementare strategie a loro favore (Underwood et al., 2017). In **Tabella 4** vengono riportate le iniziative sostenute da alcuni paesi europei.

Stato	Ricerche finanziate
Austria	Sostegno statale all'apicoltura e alla ricerca; programmi agroambientali. Obiettivo nazionale sulla biodiversità di aumentare il numero di colonie di api entro il 2020.
Belgio	Progetti di ricerca finanziati a livello federale (Federal Bee Plan) su popolazioni di apoidei selvatici; progetti finanziati dall'UE.
Danimarca	Programma di sovvenzione del pacchetto Natura per la creazione di habitat.
Francia	Piano d'azione nazionale per api e impollinatori selvatici (2017) rivolto a tutti i tipi di impollinatori. Progetti di ricerca sull'impollinazione finanziati a livello nazionale.
Germania	Finanziamenti nazionali per progetti sugli impollinatori.
Irlanda	All-Ireland Pollinator Plan (2015) rivolto a tutti i tipi di impollinatori, comprese le api solitarie e sirfidi.
Paesi Bassi	NL Pollinator Strategy (2018)
Slovenia	Il programma nazionale di protezione ambientale includerà obiettivi per gli impollinatori. Finanziamento a livello nazionale.
Regno Unito	Programma di monitoraggio degli impollinatori finanziato dal governo.

Tabella 4: Progetti Nazionali a favore degli Apoidei nell'UE (Fonte: ISPRA 2021, riportati dall'Underwood et al., 2020, con aggiornamenti)

Di seguito verranno brevemente illustrate le iniziative più importanti e significative proposte a livello internazionale.

Iniziative a favore degli impollinatori incluse nella PAC

Nel Piano Strategico della PAC 2023-2027, le scelte focalizzano come principale obiettivo la conservazione ambientale, definendo in termini innovativi il Primo Pilastro, per affrontare le sfide climatiche, ambientali, di benessere animale e di inquinamento derivante dalle attività umane. L'accento sull'ambiente si concentra principalmente sullo Sviluppo Rurale, guidato dalla transizione verso la sostenibilità ambientale. Le risorse allocate sono destinate a una serie di iniziative climatico-ambientali, che includono pratiche agro-ecologiche diversificate come gli eco-schemi, gli interventi agro-climatico-ambientali, gli investimenti per la sostenibilità ambientale, la promozione della produzione biologica, interventi forestali, indennità per la conservazione della Natura 2000 e il rispetto della Direttiva sulle acque.

Gli eco-schemi, che ricevono il 25% delle risorse allocate agli Aiuti Diretti, incentivano gli agricoltori a prendere volontariamente impegni aggiuntivi oltre alla condizionalità, mirati alla promozione della sostenibilità ambientale e climatica, in linea con gli obiettivi specifici (OS) stabiliti dalla PAC:

- OS4 - contribuendo alla mitigazione del cambiamento climatico, all'adattamento e alla produzione di energia sostenibile;
- OS5 - favorendo lo sviluppo sostenibile e la gestione efficiente delle risorse naturali come acqua, suolo e aria;
- OS6 - contribuendo alla protezione della biodiversità, rafforzando i servizi ecosistemici e preservando gli habitat e il paesaggio;
- OS9 - migliorando il benessere animale e affrontando il tema dell'antibiotico-resistenza.

1.1.3.1. L'Eco-schema 5 della PAC e le piante utili agli impollinatori

Le piante che per l'impollinazione dipendono dagli insetti devono efficacemente promuovere i propri fiori per stimolare la visita degli insetti impollinatori. In questo contesto, si parla di attraenti primari quando i fiori svolgono anche una funzione nutritiva, mentre vengono definiti attraenti secondari quando la loro funzione è esclusivamente visiva, basata su forma, colore e simmetria della corolla o sull'emissione di sostanze volatili, come i profumi (Faegri e Van der Pijl 1979; Dafni et al., 2005).

L'interesse degli impollinatori verso le varietà botaniche si concentra sulla capacità di approvvigionamento di nettare e polline, essendo gli attraenti principali, ma la visita al fiore è altresì influenzata da fattori secondari come corolle vistose e colorate: l'insetto esplora il fiore "interessante", raccogliendo polline o nettare, e simultaneamente si carica di polline che può successivamente trasferire sulla parte femminile di un altro fiore durante la visita successiva. La forma di un fiore spesso guida l'insetto lungo percorsi che agevolano il processo di impollinazione (ISPRA, 2021).

Il nettare rappresenta la fonte zuccherina essenziale alla sopravvivenza di tutti gli impollinatori (api, ditteri, sirfidi, bombilidi, farfalle), utilizzata maggiormente dagli adulti che dalle larve. Il polline, invece, serve come nutrimento principale alle larve, e in una misura minore per gli adulti di api e coleotteri. Inoltre, la produzione del nettare è fondamentale per le api sociali, al fine di immagazzinare le scorte e mantenere l'alveare in vita nei periodi di scarsità o assenza di raccolto, come ad esempio durante la siccità estiva e durante l'inverno (ISPRA, 2021).

In particolare, per quanto riguarda le api da miele, una specifica bibliografia fa riferimento all'individuazione di specie botaniche di interesse apistico: si definisce come interesse apistico l'interesse, inteso in senso biologico-naturalistico, cioè "dalla parte dell'ape", più vicino al concetto di "appetibilità" o di "attività di bottinatura", piuttosto che in relazione alla potenziale produzione di miele (Simonetti et al., 1989).

L'Eco-schema 5 è principalmente finalizzato alla protezione della biodiversità (OS6). Tra le misure a sostegno della biodiversità e degli impollinatori è previsto l'inerbimento degli impianti arborei con specie di interesse per le api (specie definite "nettarifere" e "pollinifere") e la coltivazione di tali specie a rotazione con le colture annuali. Inoltre, vietare o limitare l'uso di diserbanti e prodotti fitosanitari contribuisce a contrastare il declino quantitativo e di diversità degli impollinatori, che possono essere danneggiati dalla tossicità di tali sostanze.

L'elenco delle specie di interesse per gli impollinatori viene integrato nel Decreto Ministeriale dal 23 dicembre 2022, N. 660087 – "Disposizioni nazionali di applicazione del regolamento (UE) 2021/2115 del Parlamento europeo e del Consiglio del 2 dicembre 2021 per quanto concerne i pagamenti diretti". La raccomandazione del DM, precedentemente intitolato, per ottimizzare la efficacia dell'eco-schema, consiste nell'elaborazione di un documento che giustifica la scelta delle piante di interesse apistico, centrandosi sulle caratteristiche agro-ecologiche e sugli aspetti funzionali utili al loro utilizzo.

Le principali specie di interesse apistico sono elencate nella **Tabella 5**:

Nome comune	Nome scientifico	Famiglia	Nettare (N) Polline (P)	Periodo di fioritura												Ciclo vitale	
				Gen	Feb	Mar	Apr	Mai	Giù	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic		
Altea	<i>Althea officinalis</i>	Malvaceae	N / P														Biennale
Anethum graveolens	<i>Anethum graveolens</i>	Apiaceae	N / P														annuale
Achillea	<i>Achillea millefolium</i>	Asteraceae	N / P														perenne
Ambretta comune	<i>Knautia arvensis</i>	Dipsacaceae	N / P														perenne
Asfodelo	<i>Asphodelus luteus</i>	Asphodelaceae	N														perenne
Basilico	<i>Ocimum basilicum</i>	Lamiaceae	N														annuale
Barba di becco orientale	<i>Tragopogon orientalis</i>	Asteraceae	P														biennale
Brugo	<i>Calluna vulgaris</i>	Ericaceae	N / P														perenne
Buglossa	<i>Anchusa azurea / Anchusa italica</i>	Boraginaceae	N														perenne
Bugola	<i>Ajuga reptans</i>	Lamiaceae	N														perenne
Calendula officinalis	<i>Calendula officinalis</i>	Asteraceae	N / P														annuale
Calendula	<i>Calendula arvensis</i>	Asteraceae	P														biennale
Camelina	<i>Camelina sativa</i>	Brassicaceae	N / P														annuale
Camomilla bastarda	<i>Anthemis arvensis</i>	Asteraceae	P														perenne
Camomilla dei tintori	<i>Cota tinctoria</i>	Asteraceae	P														perenne
Campanula agglomerata	<i>Campanula glomerata</i>	Campanulaceae	N														perenne
Campanula raponzolo	<i>Campanula rapunculoides</i>	Campanulaceae	N / P														biennale
Carota "Open Pollinated"	<i>Daucus carota "Open Pollinated"</i>	Apiaceae	N / P														biennale
Cardo	<i>Cynara cardunculus</i>	Asteraceae	N / P														biennale
Cardo da lanaiole	<i>Dipsacus fullonum</i>	Dipsacaceae	N														biennale
Carciofo	<i>Cynara cardunculus var. scolymus (Syn. Cynara scolymus)</i>	Asteraceae	N / P														biennale
Gittaione	<i>Agrostemma githago</i>	Caryophyllaceae	P														annuale
Grano saraceno	<i>Fagopyrum esculentum</i>	Polygonaceae	N / P														annuale
Lavanda officinale	<i>Lavandula angustifolia</i>	Lamiaceae	N														perenne
Lavanda selvatica	<i>Lavandula stoechas</i>	Lamiaceae	N														perenne
Lupinella	<i>Onobrychis vicifolia</i>	Fabaceae	N / P														perenne
Lupino	<i>Lupinus angustifolium</i>	Fabaceae	N / P														annuale
Malva	<i>Malva sylvestris</i>	Malvaceae	N														perenne
Malva alcea	<i>Malva alcea</i>	Malvaceae	P														biennale
Malva canapina	<i>Althea cannabina</i>	Malvaceae	P														biennale
Margherita diploide	<i>Leucanthemum vulgare</i>	Asteraceae	N														perenne
Medica lupulina	<i>Medicago lupulina</i>	Fabaceae	N / P														annuale
Meliloto bianco	<i>Melilotus albus/Trigonella alba</i>	Fabaceae	N / P														annuale
Meliloto comune	<i>Melilotus officinalis/Trigonella officinalis</i>	Fabaceae	N / P														biennale
Melissa	<i>Melissa officinalis</i>	Lamiaceae	N														perenne
Menta selvatica	<i>Mentha longifolia</i>	Lamiaceae	N														perenne
Mentastro verde	<i>Mentha spicata</i>	Lamiaceae	N														perenne
Mentuccia comune	<i>Calamintha nepeta (Syn. Satureja calamintha)</i>	Lamiaceae	N														perenne
Millefoglie	<i>Achillea millefolium (gruppo di specie)</i>	Asteraceae	N														perenne
Origano	<i>Origanum vulgare</i>	Lamiaceae	N														perenne
Papavero	<i>Papaver rhoeas</i>	Papaveraceae	P														annuale
Piombaggine europea	<i>Plumbago europaea</i>	Plumbaginaceae	N														perenne
Potentilla recta	<i>Potentilla recta</i>	Rosaceae	N / P														perenne
Timo a fascetti	<i>Thymus longicaulis</i>	Lamiaceae	N														perenne
Timo selvatico	<i>Thymus serpyllum</i>	Lamiaceae	N														perenne
Trifoglio incarnato	<i>Trifolium incarnatum</i>	Fabaceae	N / P														perenne
Trifoglio ladino/bianco	<i>Trifolium repens</i>	Fabaceae	N / P														perenne
Trifoglio resupinato/persico	<i>Trifolium resupinatum</i>	Fabaceae	N / P														perenne
Trifoglio rosso	<i>Trifolium pratense</i>	Fabaceae	N / P														perenne
Trifoglio sotterraneo	<i>Trifolium subterraneum</i>	Fabaceae	N / P														perenne
Veccia comune	<i>Vicia sativa</i>	Fabaceae	N / P														annuale
Veccia velutata	<i>Vicia villosa</i>	Fabaceae	N / P														annuale
Vedovina	<i>Scabiosa triandra</i>	Caprifoliaceae	N / P														perenne
Vedovina maggiore	<i>Cephalaria transsylvanica</i>	Dipsacaceae	N / P														annuale
Verbena	<i>Verbena officinalis</i>	Verbenaceae	N														perenne
Veronica comune	<i>Veronica persica</i>	Scrophulariaceae	P														annuale
Visnaga comune	<i>Ammi visnaga</i>	Apiaceae	N														annuale

Tabella 5: Caratteristiche botaniche delle specie vegetali ammesse nell'Eco-schema 5 (Fonte: Ministero dell'agricoltura, della sovranità alimentare e delle foreste - Direzione Generale Sviluppo Rurale, 2023)

Al di là delle specie elencate dell'Eco-schema 5, molte altre specie spontanee possono rappresentare fonte di polline e nettare per gli insetti impollinatori. L'elenco delle specie utili agli impollinatori varia molto a seconda dell'ambiente considerato, ad esempio, per quanto riguarda la flora mediterranea l'elenco delle specie mellifere di maggiore interesse viene riportato nella **Tabella 6**, che quindi fa esclusivo riferimento alle api da miele.

Famiglia	Specie	Corologia	Habitus	Ricompensa	Espressione sessuale	Importanza apistica
Aceraceae	<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	MM	al	3	e,d	*
Anacardiaceae	<i>Cotinus coggygria</i> Scop.	SM	ar	1,2	e	**
Anacardiaceae	<i>Pistacia lentiscus</i> L.	SM	ar	1	d	***
Anacardiaceae	<i>Schimus molle</i> L.	E	ar	2	d	**
Araliaceae	<i>Hedera helix</i> L.	SM, sM	ar	1,2	e	***
Buxaceae	<i>Buxus sempervirens</i> L.	SM	ar	1	e	**
Capparidaceae	<i>Capparis spinosa</i> L.	SM	ar	2	e	**
Caprifoliaceae	<i>Viburnum tinus</i> L.	SM	ar	1,2	e	***
Celastraceae	<i>Euonimus europaeus</i> L.	SM	ar	1,2	e	*
Cistaceae	<i>Cistus incanus</i> L.	SM	ar	1	e	***
Cistaceae	<i>Cistus monspeliensis</i> L.	SM	ar	1	e	***
Cistaceae	<i>Cistus salvifolius</i> L.	SM	ar	1	e	***
Cornaceae	<i>Cornus sanguinea</i> L.	sM	ar	1,2	e	***
Cupressaceae	<i>Cupressus sempervirens</i> L.	SM	al	1	m	**
Ebenaceae	<i>Diospiros kaki</i> L.	E	al	1,2	m	*
Ericaceae	<i>Arbutus unedo</i> L.	SM	ar	1,2	e	***
Ericaceae	<i>Erica arborea</i> L.	SM	ar	1,2	e	***
Ericaceae	<i>Erica manipuliflora</i> Salisb.	SM	ar	2	e	***
Ericaceae	<i>Erica multiflora</i> L.	SM	ar	1,2	e	***
Ericaceae	<i>Erica scoparia</i> L.	SM	ar	1,2	e	***
Ericaceae	<i>Erica umbellata</i> L.	SM (I)	ar	1,2	e	***
Fabaceae	<i>Acacia dealbata</i> Link	E	al	1,2	e	***
Fabaceae	<i>Albizia julibrissin</i> (Willd.) Durzso	E	al	2	e	*
Fabaceae	<i>Anthyllis barbajovis</i> L.	SM	ar	1,2	e	**
Fabaceae	<i>Anthyllis hermanniae</i> L.	SM	ar	1,2	e	**
Fabaceae	<i>Anthyllis montana</i> L.	MM	ar	1,2	e	**
Fabaceae	<i>Anthyllis vulneraria</i> L.	SM	ar	1,2	e	**
Fabaceae	<i>Calycotome spinosa</i> Link	SM	ar	1	e	**
Fabaceae	<i>Ceratonia siliqua</i> L.	SM	al	1,2	e,d	***
Fabaceae	<i>Cercis siliquastrum</i> L.	SM	al	1,2,3	e	***
Fabaceae	<i>Colutea arborescens</i> L.	SM	ar	1,2	e	**
Fabaceae	<i>Coronilla emeris</i> L.	SM	ar	1,2	e	**
Fabaceae	<i>Dorycnium hirsutum</i> Ser.	SM	ar	1,2	e	**
Fabaceae	<i>Genista hispanica</i> L.	SM(I)	ar	1,2	e	***
Fabaceae	<i>Gleditia triacanthos</i> L.	E	al	1,2	e,d	***
Fabaceae	<i>Retama monosperma</i> Boiss.	E	ar	2	e	**
Fabaceae	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	E	al	1,2	e	***
Fagaceae	<i>Castanea sativa</i> L.	MM	al	1,2,3	m	***
Fagaceae	<i>Quercus ilex</i> L.	SM	al	1,3	m	***
Fagaceae	<i>Quercus robur</i> L.	MM	al	1,3	m	***

Fagaceae	<i>Quercus suber</i> L.	SM	al	1,3	m	***
Hippocastanaceae	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	E	al	1,2	e	***
Lamiaceae	<i>Lavandula angustifolia</i> L.	SM	ar	1,2	e	**
Lamiaceae	<i>Lavandula stoechas</i> L.	SM	ar	1,2	e	***
Lamiaceae	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	SM	ar	1,2	e	***
Lamiaceae	<i>Salvia officinalis</i> L.	SM	ar	1,2	e	***
Lamiaceae	<i>Satureja hortensis</i> L.	SM	ar	1,2	e	***
Lamiaceae	<i>Satureja montana</i> L.	MM	ar	1,2	e	***
Lamiaceae	<i>Teucrium fruticans</i> L.	SM	ar	1,2	e	**
Lamiaceae	<i>Thymus capitatus</i> Hoffm. e Link.	SM	ar	1,2	e	***
Lamiaceae	<i>Thymus pulegioides</i> L.	SM	ar	1,2	e	***
Lamiaceae	<i>Thymus vulgaris</i> L.	SM	ar	1,2	e	***
Lauraceae	<i>Laurus nobilis</i> L.	SM	al	1,2	d	**
Liliaceae	<i>Asparagus acutifolius</i> L.	SM	ar	1,2	d	**
Lythraceae	<i>Lagerstroemia indica</i> L.	E	al	1,2	e	***
Lythraceae	<i>Lythrum salicaria</i> L.	SM	ar	1,2	e	**
Magnoliaceae	<i>Liriodendron tulipifera</i> L.	E	al	2	e	**
Magnoliaceae	<i>Magnolia grandiflora</i> L.	E	al	1,2	e	***
Malvaceae	<i>Abutilon theophrasti</i> Medicus	E	al	2	e	**
Malvaceae	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L.	E	al	1,2	e	**
Malvaceae	<i>Lavatera arborea</i> L.	SM	ar	1,2	e	**
Meliaceae	<i>Melia azedarach</i> L.	E	al	1,2	e	*
Myoporaceae	<i>Myoporum tenuifolium</i> Forster	E	al	1,2	e	***
Myrtaceae	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh	E	al	1,2	e	***
Myrtaceae	<i>Myrtus communis</i> L.	SM	ar	1,2	e	***
Oleaceae	<i>Fraxinus ornus</i> L.	SM	al	1,2	e	***
Oleaceae	<i>Ligustrum vulgare</i> L.	SM	ar	1,2	e	***
Oleaceae	<i>Olea europaea</i> L.	SM	al	1	e	*
Oleaceae	<i>Phillyrea latifolia</i> L.	SM	ar	1	e	***
Palmae	<i>Chamaerops humilis</i> L.	SM	al	1	m	**
Palmae	<i>Phoenix dactylifera</i> L.	E	al	1	m	***

Pinaceae	<i>Pinus brutia</i> Ten.	SM	al	1,3	m	*
Pinaceae	<i>Pinus halepensis</i> Miller	SM	al	1,3	m	*
Pinaceae	<i>Pinus pinaster</i> Aiton	SM	al	1,3	m	*
Pinaceae	<i>Pinus pinea</i> L.	SM	al	1,3	m	*
Punicaceae	<i>Punica granatum</i> L.	SM	al	1	e	*
Rhamnaceae	<i>Palurus spina-christi</i> Miller	SM	ar	1,2	e	**
Rhamnaceae	<i>Rhamnus alaternus</i> L.	SM	ar	1,2	d	***
Rosaceae	<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	SM	ar	1,2	e	***
Rosaceae	<i>Eriobotrya japonica</i> Lindley	E	al	1,2	e	***
Rosaceae	<i>Malus domestica</i> L.	C	al	1,2	e	***
Rosaceae	<i>Pirus communis</i> L.	C	al	1,2	e	**
Rosaceae	<i>Prunus armeniaca</i> L.	C	al	1,2	e	***
Rosaceae	<i>Prunus avium</i> L.	C	al	1,2	e	***
Rosaceae	<i>Prunus domestica</i> L.	C	al	1,2	e	***
Rosaceae	<i>Prunus dulcis</i> D. A. Webb	C	al	1,2	e	***
Rosaceae	<i>Prunus persica</i> Batsch	C	al	1,2	e	***
Rosaceae	<i>Rosa canina</i> L.	SM	ar	1,2	e	***
Rosaceae	<i>Rubus ulmifolius</i> Schott.	SM	ar	1,2	e	***
Rutaceae	<i>Citrus limon</i> Burn F.	C	al	1,2,3	e	***
Rutaceae	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbek	C	al	1,2,3	e	***
Salicaceae	<i>Populus nigra</i> L.	SM	al	1	m	*
Salicaceae	<i>Salix alba</i> L.	SM	al	1,2,3	d	***
Salicaceae	<i>Salix fragilis</i> L.	SM	al	1,2,3	d	***
Salicaceae	<i>Salix triandra</i> L.	SM	al	1,2,3	d	***
Santalaceae	<i>Osyris alba</i> L.	SM	ar	2	d	**
Simaroubaceae	<i>Ailanthus altissima</i> Swingle	E	al	1,2	e	**
Solanaceae	<i>Nicotiana glauca</i> Graham	E	al	1,2	e	***
Tamaricaceae	<i>Tamarix gallica</i> L.	SM	al	1,2	e	**
Thymelaceae	<i>Daphne gnidium</i> L.	SM	ar	1,2	e	*
Tiliaceae	<i>Tilia platyphyllos</i> Scop.	C	al	1,2	e	**
Ulmaceae	<i>Ulmus minor</i> Miller	SM	al	1	e	***
Vitaceae	<i>Vitis vinifera</i> L.	C	al	1	e	**

Corologia: MM=mediterraneo-montana; SM=steno-mediterranea; SM(I)=steno-mediterranea ma non presente in Italia; sM=sub-mediterranea; C=coltivata; E=esotica. **Habitus:** al=albero; ar=arbusto.
Ricompensa: 1=polline; 2=nettare; 3=melata.
Espressione sessuale: d=dioica; e=ermafrodita; m=monoica.
Importanza apistica: * = specie scarsamente bottinata; ** = specie discretamente bottinata; *** = specie abbondantemente bottinata.

Tabella 6: Tabella delle specie arbustive ed arboree autoctone, alloctone coltivate ed ornamentali che contribuiscono alla flora mellifera delle regioni del bacino mediterraneo (Fonte: ISPRA, 2021; tratto da Dafni e O'Toole, 1994; Aronne e Wilcock, 1994; Ricciardelli D'Albore, 1998; Ricciardelli D'Albore e Persano Oddo, 1981)

1.1.3.2. Attività e progetti a livello nazionale e locale

Al livello nazionale, molti progetti che riguardano la protezione degli impollinatori sono stati finanziati dalla UE. L'obiettivo principale di tutti i progetti è la salvaguardia degli impollinatori e dei loro habitat. Ciò viene realizzato attraverso lo sviluppo di diverse azioni, mantenendo una correlazione con la legislazione presente sulla tutela degli impollinatori a livello europeo.

Possiamo citare alcuni esempi di progetti europei o di interesse locale:

1. LIFE BEEadapt

LIFE BEEadapt è un progetto cofinanziato dalla Commissione Europea tramite il programma LIFE, nell'ambito del sottoprogramma orientato alle azioni per l'adattamento climatico, interessando l'adattamento degli impollinatori ai cambiamenti climatici, attraverso la realizzazione di infrastrutture verdi. Il progetto si è avviato il 1° settembre 2022 e avrà una durata di 48 mesi ed è coordinato dal Parco Nazionale dell'Apennino tosco-emiliano (Fonte: sito web, <https://www.lifebeeadapt.eu/>).

2. LIFE 4 Pollinators

Questo progetto vuole migliorare lo stato di conservazione degli impollinatori generando un circuito virtuoso che conduca ad un progressivo cambiamento di pratiche e comportamenti oggi non sostenibili, mediante la gestione degli spazi verdi urbani (aree private, parchi/ ville, giardini storici, verde di quartiere, verde stradale). Il progetto comprende lo sviluppo delle seguenti azioni:

- incrementare le informazioni e il livello di conoscenza sugli impollinatori selvatici autoctoni e sulle piante autoctone entomofile (cioè, impollinate da insetti);
- favorire un'agricoltura naturale senza l'utilizzo di pesticidi e pratiche benefiche per gli impollinatori negli ambienti rurali e urbani;
- sensibilizzare i cittadini e i portatori di interessi in settori chiave, sul declino degli impollinatori e sull'importanza del servizio di impollinazione da loro offerto per il mantenimento, il funzionamento e la buona salute di ecosistemi e agrosistemi.

Il progetto è coordinato dall'Alma Mater Studiorum - Università di Bologna e dal CREA (Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria – Centro di Ricerca Agricoltura Ambiente) assieme ad altre strutture di altri 3 paesi europei partner (Grecia, Spagna e Slovenia) (Fonte: sito web, <https://www.life4pollinators.eu/it>).

3. LIFE PollinACTION

Il progetto LIFE PollinACTION è coordinato dall'Università Ca' Foscari Venezia coinvolge nove partner, tra cui enti pubblici e privati.

Il progetto si struttura in varie azioni mirate alla creazione e/o miglioramento di habitat per gli insetti impollinatori, al monitoraggio dell'efficacia di tali interventi, nonché alla comunicazione e divulgazione dell'importanza di preservare gli impollinatori mediante la conservazione e/o il ripristino dei loro habitat. L'obiettivo primario è promuovere l'eterogeneità del paesaggio tramite la creazione di una rete di aree naturali e semi-naturali multifunzionali, al fine di sviluppare una vera Infrastruttura verde.

Il progetto è stato avviato nel settembre 2020 e si concluderà nel marzo 2025 (Fonte: sito web, <https://mizar.unive.it/lifepollinaction.eu/>).

4. LIFE PolliNETWork

Il progetto LIFE PolliNETWork mira a sensibilizzare e creare una rete sinergica tra cittadini, esperti, agricoltori, aziende private, ONG, gestori stradali, aree protette e autorità pubbliche rilevanti per migliorare la gestione degli impollinatori con risultati durevoli in quattro Stati membri - Italia, Spagna, Croazia e Romania (attraverso la creazione di almeno 50 aree per gli impollinatori nelle città e nelle aree naturali protette) (Fonte: sito web, https://www.lamaddalenapark.it/pagina21863_life-pollinetwork.html).

5. MoVITo

MoVITo (Monitoraggio e Valorizzazione degli Impollinatori nella Città Metropolitana di Torino) è un'iniziativa dell'Università di Torino finalizzata a sensibilizzare e coinvolgere la comunità nelle attività di monitoraggio e conservazione degli insetti impollinatori, con l'obiettivo di promuovere la collaborazione tra cittadini e ricercatori per la salvaguardia dell'ambiente. Inserito nel quadro delle attività di "Public Engagement", MoVITo mira a promuovere iniziative rivolte alla società con finalità educative, culturali e di sviluppo sociale.

I principali obiettivi del progetto includono il monitoraggio degli impollinatori, la creazione di siti di nidificazione per le api selvatiche e la realizzazione di aree di foraggiamento per gli insetti impollinatori.

MoVITo è stato ufficialmente inaugurato il 15 marzo 2024 (Fonte: sito web, https://www.movito.unito.it/gliobiettivi/?_gl=1*1109g9r*_up*MQ..*_ga*NTYyOTc1NTU0LjE3MTIxNDQyNjA.*_ga_QBR750JXF8*MTcxMjE0NDI1OS4xLjEuMTcxMjE0NTQ1OS4wLjAuMA..).

6. Altri progetti

L'Università Politecnica delle Marche è coinvolta in diversi progetti sulla tematica della salvaguardia degli impollinatori, tra quali ricordiamo **NextGen4Pollinators** e **Seeds&Bees**.

A. NextGen4Pollinators

NextGen4Pollinators è un progetto finanziato dalla Fondazione Cariverona che si concentra principalmente sull'educazione e la sensibilizzazione delle giovani generazioni e della cittadinanza riguardo alla biologia delle diverse specie di insetti impollinatori, nonché sulla diffusione di nidi e habitat adatti per loro, comprendendo le sfide che gli impollinatori selvatici affrontano e i loro legami con le piante.

Le azioni pianificate per raggiungere tali obiettivi includono:

- attività didattiche teoriche e pratiche per comprendere i cicli biologici e le interazioni tra gli insetti impollinatori e le piante a fiore, sia in aula che sul campo, con visite guidate all'Orto Botanico "Selva di Gallignano", nei Centri di Educazione Ambientale (CEA) partner e nel Parco Comunale del Cardeto di Ancona;
- attività di divulgazione e Citizen Science volte a sensibilizzare la popolazione sugli impollinatori, anche attraverso la distribuzione di nidi e piante autoctone nei giardini privati e pubblici;
- creazione di infrastrutture di supporto alle iniziative progettuali per favorire e monitorare gli impollinatori selvatici, tra cui un "Giardino degli impollinatori", una stazione didattica innovativa per l'osservazione di api e impollinatori (BeeSpy©) e vari habitat diffusi nel territorio.

Il progetto è coordinato dall'Orto Botanico Selva di Gallignano e dall'Università Politecnica delle Marche, con la partecipazione di partner come H.O.R.T. (Società Cooperativa), la Rete C.E.A. Parco del Conero (Centri di educazione ambientale), Istituti Scolastici della Rete "Green", l'U.I.L.D.M. Sezione di Ancona (Unione Italiana Lotta Alla Distrofia Muscolare) e il Comune di Ancona (Fonte: sito web, <https://www.ortobotanico.univpm.it/node/49>, https://www.fondazionecariverona.org/wp-content/uploads/2023/07/Bil_Fondazione_Cariverona_2022_web_v_1_1.pdf).

B. Seeds&Bees

Il progetto è finanziato dalla Fondazione Cariverona e ha preso avvio alla fine di dicembre del 2022. Si concluderà alla fine del 2025.

L'obiettivo principale del progetto Seeds&Bees è di incrementare e migliorare gli habitat per gli impollinatori, in particolar modo gli insetti Apoidei, e la biodiversità attraverso la selezione di semi di piante autoctone.

Il Parco Regionale del Conero ha assunto il ruolo di capofila, con il coordinamento scientifico affidato all'Università Politecnica delle Marche (Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari ed Ambientali, Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente e Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione) e all'Orto Botanico "Selva di Gallignano". Tra i partner percettori figurano l'Associazione Arci Propolis APS, l'Associazione Clorifilla e l'Istituto di Istruzione Superiore "Vanvitekku, Stracca, Angelini".

I principali obiettivi del progetto Seeds&Bees includono:

- implementare risorse spontanee per gli insetti impollinatori, anche attraverso la creazione di miscugli di specie autoctone di interesse per gli apoidei;
- migliorare gli habitat semi-naturali di alimentazione e rifugio degli insetti impollinatori, contribuendo alla conservazione della biodiversità vegetale e animale;
- avviare un'indagine sulla salute e la genetica di *Apis mellifera*, anche al fine di valutare la produzione locale di miele;
- sensibilizzare la comunità del Parco, gli operatori del settore agricolo e gli studenti sulla crisi degli impollinatori.

Le azioni strategiche per raggiungere tali obiettivi includono:

1. Selezione delle specie vegetali per la creazione di habitat idonei agli impollinatori e moltiplicazione dei semi, con monitoraggi entomologici.
2. Interventi di riqualificazione degli habitat semi-naturali degli impollinatori nel Parco del Conero, comprendenti ambienti di margine agricolo, praterie secondarie e boschi.
3. Monitoraggio di *Apis mellifera* e del miele negli alveari vicini agli ambienti arricchiti di specie spontanee apistiche.
4. Formazione e divulgazione, con iniziative di formazione per agricoltori e apicoltori, operatori del Parco del Conero e sensibilizzazione della popolazione locale, inclusi progetti didattici per gli studenti delle scuole partner.

La realizzazione del progetto contribuirà al patrimonio del territorio e della comunità attraverso la costruzione di siepi, margini erbosi e di prati nelle aree rurali marginali, il recupero e il miglioramento delle praterie secondarie, interventi volti a ridurre il rischio di incendi boschivi e la diffusione della conoscenza sull'importanza degli impollinatori selvatici per la sopravvivenza umana (Fonte: sito web, <http://giornale.parcodelconero.com/news/biodiversita/gli-impollinatori-nel-parco-del-conero-se-ne-parla-venerd-al-centro-visite/>).

1.2. Obiettivi della tesi

La presente tesi si inserisce nelle attività in corso per i progetti NextGen4Pollinators e Seeds&Bees e in particolare nella identificazione delle specie da utilizzare per la creazione di miscugli di semi per realizzare habitat adatti a favorire l'incremento di impollinatori selvatici apoidei e delle api da miele.

A tal fine, sono state scelte due specie di interesse apistico noto, tipiche delle aree naturali del Conero e del circondario di Ancona.

Le specie prescelte sono *Calendula suffruticosa* Vahl subsp. *fulgida* (Raf.) Guadagno e *Lotus hirsutus* L.

Considerando gli obiettivi del progetto, questa tesi ha innanzitutto indagato lo studio fenologico riproduttivo (periodo di fioritura e di disseminazione) delle due specie, identificate come due importanti specie spontanee utili agli impollinatori, in diverse aree del Parco del Cardeto (Ancona) e del Parco del Conero.

In secondo luogo, si è concentrata sui test di germinazione di *Lotus hirsutus* L., tenendo conto delle caratteristiche di dormienza, condotti presso la Banca del Germoplasma dell'Orto Botanico "Selva di Gallignano" al fine di ottenere il protocollo di germinazione per definire le condizioni di germinabilità dei semi della specie.

2. MATERIALI E METODI

2.1. Area di studio

La raccolta dei semi delle due specie spontanee utili agli impollinatori *Lotus hirsutus* L. e *Calendula suffruticosa* Vahl. subsp. *fulgida* (Raf.) Guadagno, oggetto della presente tesi, è avvenuta negli ambienti semi-naturali del Parco del Cardeto, ad Ancona, nella Regione Marche.

Il Parco del Cardeto occupa un'area di circa 35 ha tra il centro storico del capoluogo marchigiano e il Mare Adriatico e si estende sui territori dei Colli Cappuccini e Cardeto.

Dal punto di vista geolitologico, l'area è caratterizzata dalla successione marnosa dello Schlier, con presenza di marne e talora selce (Carta geologica regionale d'Italia, Ancona, 1: 10.000, 2001-2003; **Figure 4.1-4.3**).

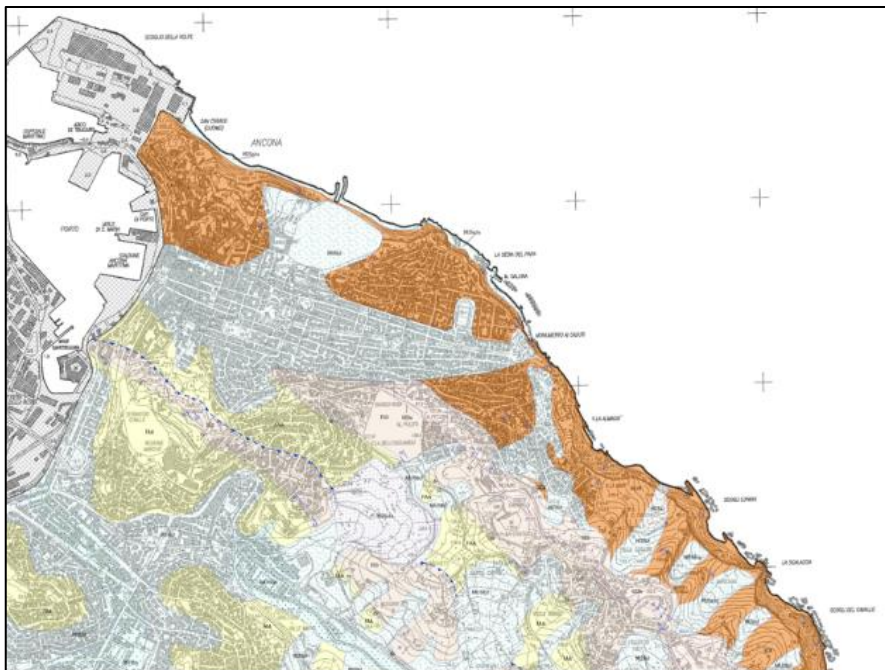


Figura 4.1: Stralcio della Carta geologica d'Italia per il territorio di Ancona (Fonte: Regione Marche, Rilevamenti eseguiti negli anni 2001-2003, [Regione Marche > Regione Utile > Ambiente > Cartografia e informazioni territoriali > Repertorio > Carta geologica regionale 1:10000](#))



Figura 4.2: Legenda relativa allo stralcio della Carta geologica d'Italia per il territorio di Ancona (Figura 3.1) (Fonte: Regione Marche, Rilevamenti eseguiti negli anni 2001-2003, [Regione Marche > Regione Utile > Ambiente > Cartografia e informazioni territoriali > Repertorio > Carta geologica regionale 1:10000](#))

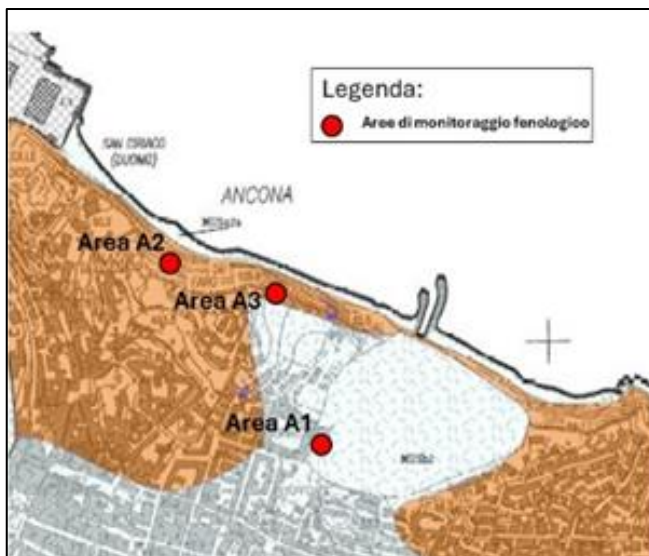


Figura 4.3: Localizzazione delle aree di monitoraggio fenologico nel Parco Cardeto

Per definire il clima delle zone in studio, sono stati esaminati i dati di precipitazione annuale e temperature medie forniti dal Centro di Ecologia e Climatologia dell'Osservatorio Geofisico Sperimentale S.C.A R.L. di Macerata. Questi dati coprono il periodo 1950-2000.

La stazione meteorologica di Ancona Torrette è stata scelta come punto di riferimento per le aree del Parco Cardeto. Nel periodo considerato, Ancona Torrette ha registrato una media annuale di precipitazioni di 738,7 mm, con un picco di 237,7 mm in autunno e un minimo di 150,2 mm in estate. Novembre si è rivelato il mese più piovoso (87,2 mm), mentre luglio è stato il più secco (45,9 mm), come illustrato nella **Tabella 7**.

Stazione/ mese	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
	64,3	56,2	69,0	54,5	49,2	52,4	45,9	55,2	71,7	77,4	87,2	77,1

Tabella 7: Precipitazione media mensile (mm) per la stazione di Ancona Torrette (Centro di Ecologia e Climatologia Osservatorio Geofisico Sperimentale S.C.A.R.L. di Macerata).

Per quanto riguarda le temperature, luglio e agosto hanno registrato le medie mensili più alte (23,8°C), mentre gennaio è risultato il più freddo (5,9°C), (**Tabella 8**).

Stazione/ mese	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
	6,0	7,3	10,0	13,6	17,7	22,1	24,1	24,6	21,2	16,8	11,7	7,9

Tabella 8: Temperatura media mensile (°C) per la stazione di Ancona Torrette (Centro di Ecologia e Climatologia Osservatorio Geofisico Sperimentale S.C.A R.L. di Macerata).

I dati climatici di Ancona Torrette sono stati utilizzati anche per la caratterizzazione fitoclimatica, con riferimento ai diagrammi termopluviometrico e del bilancio idrico, mostrate nella **Figura 5**.

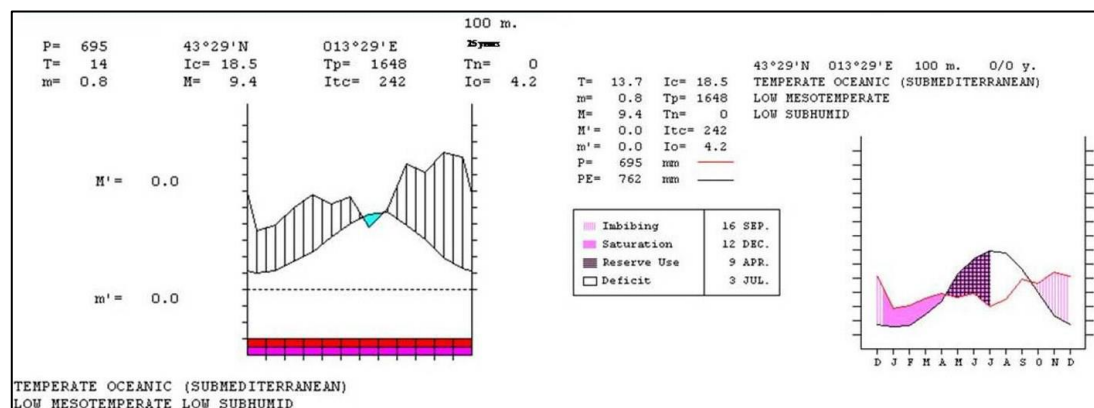


Figura 5: Diagramma termopluviometrico e diagramma del bilancio idrico della stazione di Ancona Torrette

Secondo la classificazione bioclimatica di Rivas-Martinez (2001), Ancona rientra nella regione a macrobioclima temperato oceanico variante submediterranea, con periodi di siccità che si estendono per 1-2 mesi. La zona presenta un termotipo mesotemperato inferiore e un

ombrotipo subumido inferiore, suggerendo che l'effetto mitigatore del mare Adriatico possa influenzare significativamente il clima di Ancona.

L'area è localizzata geograficamente a pochi chilometri dai confini settentrionali del Parco Regionale del Conero, che lambiscono le pendici del Colle Cardeto, comprendendo però la sola falesia a mare del Passetto. Questa rappresenta anche il limite settentrionale dell'area SIC IT 53200005 – Costa tra Ancona e Portonovo e dell'area floristica 031 del Monte Conero.

In particolare, all'interno del Parco del Cardeto sono state individuate le seguenti aree di osservazione e raccolta delle due specie oggetto di studio (**Figura 6**):

- Area 1: scarpata alla base del versante occidentale del Colle Cardeto. Specie in esame: *Lotus hirsutus* L. (**Figure 7-8**);
- Area 2: scarpata sul versante settentrionale del Colle Cappuccini. Specie in esame: *Lotus hirsutus* L. (**Figure 9-10**);
- Area 3: margine destro della strada che sale di fianco al Campo degli Ebrei verso il Bastione San Paolo. Specie in esame: *Calendula suffruticosa* Vahl subsp. *fulgida* (Raf.) Guadagno (**Figure 11-12**).

Per la selezione delle aree di raccolta e osservazione, è stata effettuata un'attenta perlustrazione che mi ha consentito di individuare le zone con densi popolamenti delle specie oggetto di studio; inoltre ho preso in considerazione alcuni fattori ecologici quali l'esposizione al sole durante il giorno, l'ombreggiamento, l'accessibilità per effettuare facilmente i rilievi fenologici e la raccolta di semi, nonché il fatto che le aree fossero state escluse dallo sfalcio. È importante precisare che il Dipartimento di D3A aveva già concordato con l'Ufficio Gestione del Verde del Comune di Ancona di evitare lo sfalcio in queste e altre aree durante il periodo riproduttivo, al fine di consentire l'osservazione degli insetti impollinatori e la raccolta dei semi per il progetto Seeds&Bees.

Per lo studio di *Lotus hirsutus* L., si è scelto di considerare due aree diverse sulla base della diversa inclinazione ed ombreggiamento delle stesse: gli individui in Area 1 sono localizzati su una parete con poca vegetazione, in ombra fino a metà mattino e poi al sole per il resto del giorno, mentre quelli in Area 2 fanno parte di un gruppo molto più denso, in ombra fino al primo pomeriggio. Per la *Calendula suffruticosa* Vahl subsp. *fulgida* (Raf.) Guadagno non è stato possibile prendere in considerazione aree di studio con caratteristiche diverse in quanto solo nell'Area 3 si presentava in un popolamento sufficientemente denso e rappresentativo.

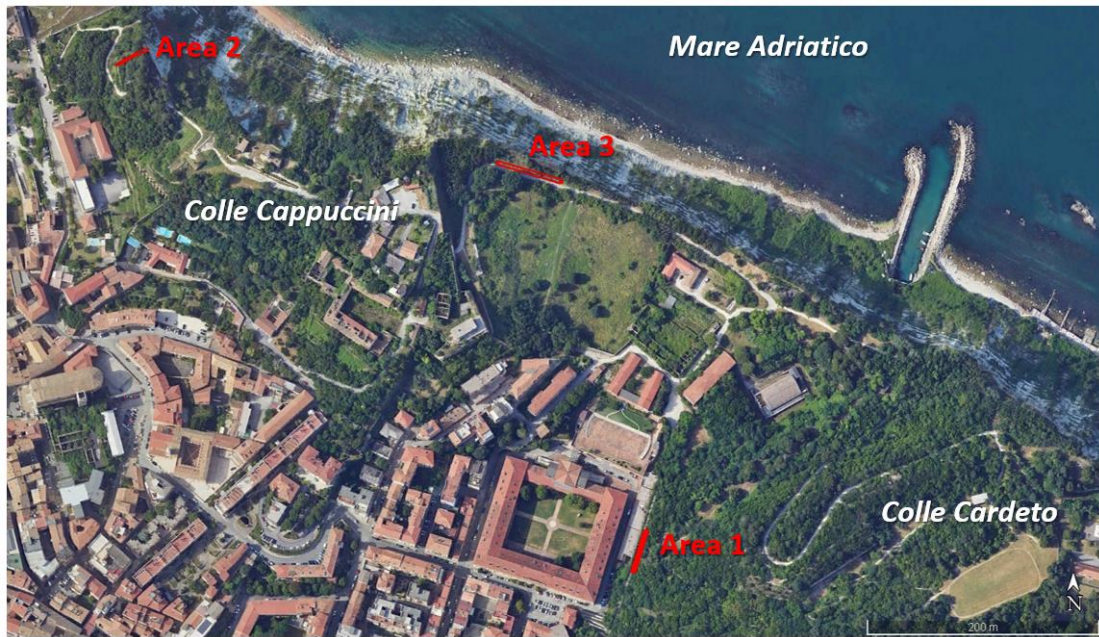


Figura 6: Visione d'insieme delle 3 aree di studio all'interno del Parco del Cardeto di Ancona



Figura 7: Localizzazione dell'Area 1 di studio, in cui è presente un denso popolamento di *Lotus hirsutus* L.



Figura 8: Dettaglio dell'Area 1 di studio (Foto: Lara Lucchetti)



Figura 9: Localizzazione dell'Area 2 di studio dove è presente un ricco popolamento di *Lotus hirsutus* L.



Figura 10: Dettaglio del popolamento di *Lotus hirsutus* L. nell'ambito dell'Area 2. (Foto: Catalina Ghenu)



Figura 11: Localizzazione dell'Area 3 di studio, relativa al popolamento di *Calendula suffruticosa* Vahl subsp. *fulgida* (Raf.) Guadagno.



Figura 12: Dettaglio del popolamento di *Calendula suffruticosa* Vahl subsp. *fulgida* (Raf.) Guadagno nell'ambito dell'Area 3. (Foto: Lara Lucchetti)

2.2. Le specie oggetto di studio

2.2.1. *Lotus hirsutus* L. (Syn.: *Dorycnium hirsutum* (L.) Ser.)

2.2.1.1. Descrizione botanica

Lotus hirsutus L., (**Figura 13**) noto con il sinonimo *Dorycnium hirsutum* (L.) Ser. (Pignatti, 2017-2019; Portale della Flora d'Italia, sito web) ha come nome comune Trifoglio irsuto (Pignatti, 1982), trifoglio canarino (Botanical Society of Britain and Ireland, 2015) o trifoglio canarino peloso (Natural Resources Conservation Service, 2016).



Figura 13: *Lotus hirsutus* L., individuato nel Parco Cardeto. (Foto: Catalina Ghenu)

Descrizione morfologica: si tratta di una pianta perenne, appartenente alla famiglia delle *Fabaceae*. È una pianta camefita suffruticosa, caratterizzata da fusti legnosi solo alla base e da piccole dimensioni. Il suo aspetto generale ha la forma di un grosso cespuglio emisferico, che arriva fino a 50-60 cm di altezza. Il **cespuglio** è formato da numerosi fusti ramificati prostrato-ascendenti. La parte erbacea è caratterizzata da una pelosità sericea lunga e densa, che ricopre i rami, le foglie e il calice dei fiori. Il **frutto** è un legume di (5,5)6-19(13) x 3,2-4,5(5) mm, ovoide o subcilindrico, liscio, glabro, di colore bruno-purpureo o porpora scuro che contiene 2-4 **semi** di 1,8-2,5 x 1,5-2 mm, ovoidi, di colore bruno verdastri, con macule più scure (Pignatti, 1982). In **Figura 14** vengono mostrati i frutti.



Figura 14: Frutti e semi di *Lotus hirsutus* L. A sinistra: frutti (legumi) in fase di maturazione; a destra: frutti, dei quali uno intero e uno aperto, e semi. (Foto: Catalina Ghenu)

Sistemica: secondo i risultati di uno studio condotto in Turchia da Kocabaş e İlçim (2020), *D. hirsutum* presenta due diverse varietà: *D. hirsutum* var. *hirsutum* e *D. hirsutum* var. *syriacum*. Delle due entità sono state fornite descrizioni dettagliate e una chiave dicotomica utile per la loro identificazione. Il taxon *D. hirsutum* var. *hirsutum* presenta un calice densamente pubescente e più lungo rispetto al frutto, mentre il *D. hirsutum* var. *syriacum* ha un indumento sparso e un calice delle stesse dimensioni del frutto, come si può osservare nella **Figura 15**. Abbiamo utilizzato tale chiave dicotomica per stabilire a quale varietà appartengano le popolazioni del Cardeto che risultano corrispondere alla varietà *hirsutum*.

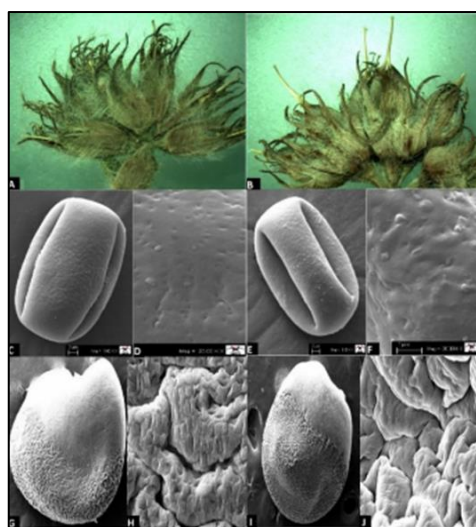


Figura 15: *Dorycnium hirsutum* var. *hirsutum*. A. Calice, C. Polline, D. Ornamentazione del polline, G. Seme, H. Ornamentazione del seme; *Dorycnium hirsutum* var. *syriacum*, B. Calice. E. Polline, F. Ornamentazione del polline, I. Seme, J. Ornamentazione del seme. (da Kocabaş et İlçim, 2020)

Fioritura: secondo quanto riportato da Ricciardelli d'Albore e Intoppa (2000), la fioritura delle specie incluse nel genere *Dorycnium*, tra cui *D. hirsutum* (L.) Ser. (Erba veglia) (oggi *Lotus hirsutus* L.) e *D. pentaphyllum* Scop. (oggi *Lotus dorycnium* L.) e *D. rectum* (L.) Ser. (oggi *Lotus rectus* L.), avviene alla fine della primavera. Lo studio della fenologia stagionale è utile per comprendere i meccanismi fisiologici e ambientali che regolano il momento della fioritura in queste specie vegetali e le loro implicazioni sulla biodiversità e sull'ecologia dei loro habitat.

2.2.1.2. Caratteristiche ecologiche

Per quanto riguarda l'areale di distribuzione di *Lotus hirsutus* L. questa specie è originaria del bacino Mediterraneo; il suo areale di distribuzione si estende dal Portogallo alla Turchia e verso sud fino all'Africa settentrionale. Essa è considerata sia euri-mediterranea, con estensioni verso nord e verso est, che steno-mediterranea in senso stretto (**Figura 16**).

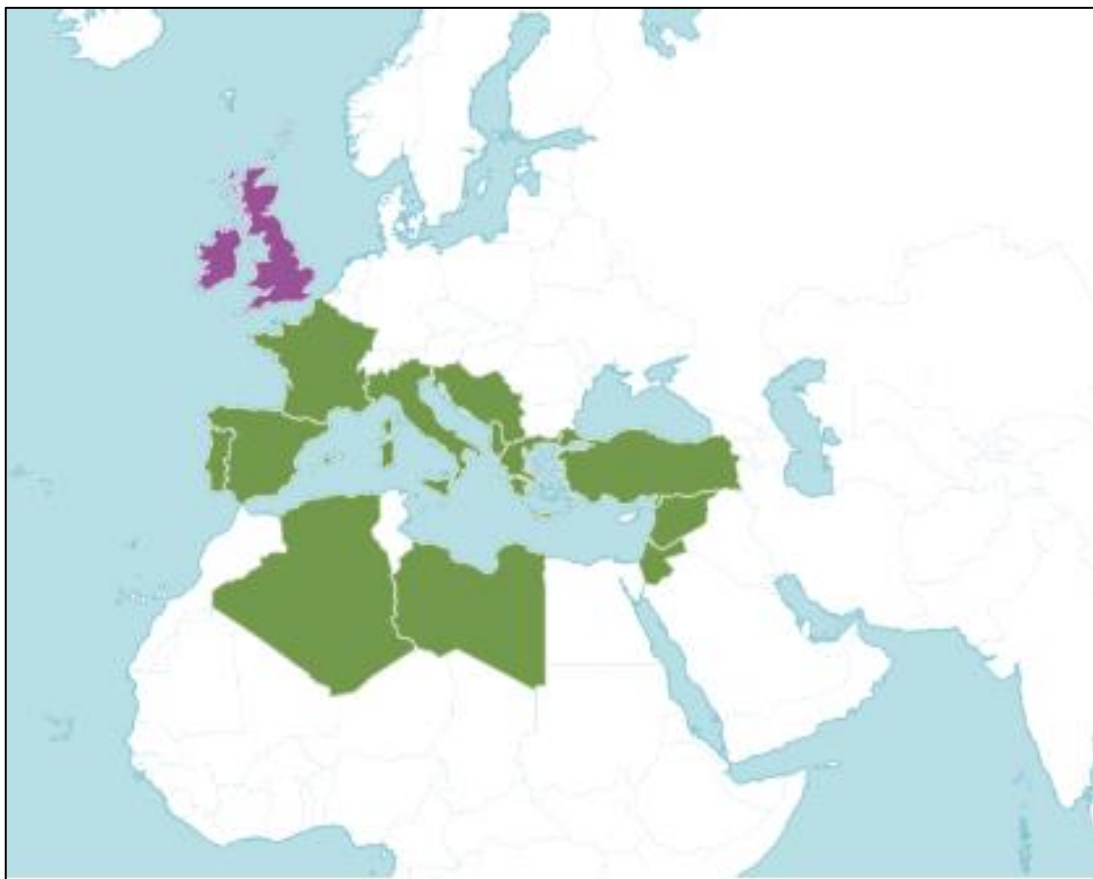


Figura 16: Areale di distribuzione mondiale di *Lotus hirsutus* L. (Fonte: Royal Botanical Gardens, KEW, sito web). **Verde**: nativa (Albania, Algeria, Isole Baleari, Corsica, Isole dell'Egeo Orientale, Francia, Grecia, Italia, Creta, Libano-Siria, Libia, Palestina, Portogallo, Sardegna, Sicilia, Spagna, Turchia, Turchia-in-Europa, Jugoslavia); **Viola**: Introdotta (Gran Bretagna, Irlanda)

In Italia (**Figura 17**), la specie è presente in tutte le regioni, ad eccezione della Valle d'Aosta, del Piemonte e del Friuli-Venezia Giulia, dove non è stata più ritrovata di recente, e Veneto, dove invece è stata segnalata per errore (Portale della Flora d'Italia).

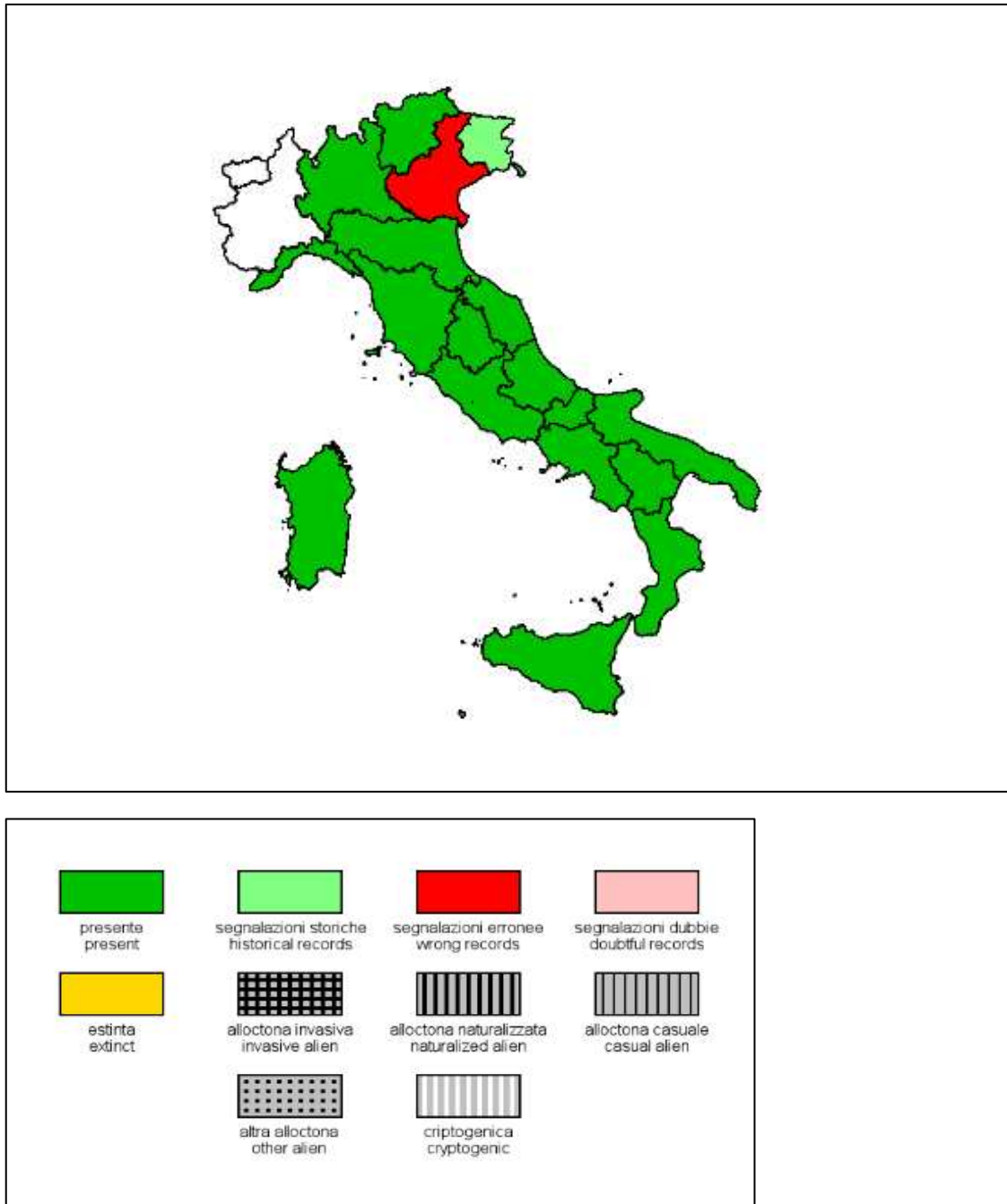


Figura 17: Areale di distribuzione italiano di *Lotus hirsutus* L. con relativa legenda. (da Portale della Flora d'Italia)

2.2.1.3. Utilizzi e proprietà curative

Utilizzi

Secondo alcuni studi effettuati in California, coordinati dal Brockwell e Neal-Smith, è stato dimostrato che *Dorycnium hirsutum* L. ha un potenziale interesse foraggero in quanto ha una buona produttività e resistenza al pascolamento intensivo (Wills e Douglas, 1984). e che può essere sfruttata per il controllo dell'erosione.

Dalla letteratura, emerge che a livello nazionale il genere *Dorycnium* possiede un'importanza apistica moderata ma limitata all'Appennino dove può dare origine a mieli monoflorali, caratterizzati da un colore chiaro e da un sottile aroma. La specie è bottinata anche per il polline (Ricciardelli d'Albore e Persano Oddo, 1981). Anche in altre fonti bibliografiche riguardanti in particolare la flora apistica siciliana (Tomaselli et al., 1999) viene confermato l'interesse apistico moderato.

Proprietà curative

Questa pianta possiede proprietà sedative e calmanti, nonché azioni antispasmodiche. I suoi fiori vengono comunemente impiegati nella preparazione di tisane, utili nel contrastare l'insonnia. Inoltre, possono essere utilizzati sotto forma di tinture per uso esterno o aggiunti all'acqua del bagno per sfruttarne le virtù astringenti e curative nelle infiammazioni cutanee (Acta Plantarum, sito web).

Coltivazione

Lotus hirsutus è una pianta molto resistente che può adattarsi a diverse condizioni climatiche (è infatti in grado di sopportare sia il caldo estivo che il freddo invernale) e tipi di terreno. Questa pianta contribuisce alla fertilizzazione del suolo perché è in grado di fissare l'azoto atmosferico nel terreno grazie alla presenza di batteri simbiotici nelle sue radici (Bell et al., 2008).

Nel 1989, Wills et al. hanno documentato l'introduzione in Nuova Zelanda, dal sud Europa, di *Dorycnium hirsutum* e *D. pentaphyllum*. Queste specie sono state utilizzate per il loro potenziale nel miglioramento dei pascoli aridi e nella conservazione delle risorse del suolo. I test svolti nella Nuova Zelanda meridionale hanno evidenziato che le due specie sono in grado di sopportare elevate concentrazioni di sale solubile e pH del suolo compresi tra 5,4 e 8,6. Questo indica la loro adattabilità a suoli ben drenati, debolmente acidi e alcalini, mentre non sono adatte ai suoli pesanti e umidi (Wills e Douglas, 1984).

In uno studio (Woodman et al., 1992) è stato osservato che *D. hirsutum* manifesta un'eccezionale tolleranza alla siccità e dimostra ottime capacità di sopravvivere in condizioni di aridità del suolo. I risultati sperimentali confermano inoltre che *D. hirsutum* rappresenta una leguminosa idonea per essere coltivata in zone soggette a siccità, soprattutto nell'esposizione soleggiata, nelle regioni della Nuova Zelanda.

Nel 2005 (Bell et al.) è stata documentata la potenziale utilità di *Dorycnium hirsutum* e *D. rectum* nei pascoli per il controllo della ricarica delle acque sotterranee nel sud dell'Australia. Tuttavia, la conoscenza sulla loro idoneità come foraggio per il bestiame e sulla loro risposta

al taglio è ancora limitata. Lo studio ha valutato l'effetto di diverse altezze di taglio sulla sopravvivenza delle piante, sulla produzione di materia secca e sulla qualità del foraggio. Le piante tagliate a livello del terreno non sono ricresciute completamente, suggerendo una sensibilità a defogliature severe. La ricrescita ha mostrato una maggiore proporzione di foglie in *D. hirsutum* rispetto a *D. rectum*, ma la materia secca edibile aveva valori nutrizionali inferiori rispetto a *Medicago sativa*.

In uno studio successivo, Bell et al. (2008) hanno esaminato il potenziale del genere *Dorycnium* come pianta foraggera per migliorare la sostenibilità agricola, concentrandosi su *Dorycnium hirsutum*, *D. rectum* e *D. pentaphyllum*. Nonostante il loro potenziale, queste specie non sono ancora sfruttate commercialmente e le loro caratteristiche agronomiche sono poco conosciute. Sebbene *D. hirsutum* sembri adattarsi bene a suoli acidi e a climi secchi, le sue limitate stabilità e digeribilità del foraggio rappresentano sfide significative. Tuttavia, potrebbero comunque essere utili come fonte di mangime durante periodi di siccità. Ulteriori ricerche sono necessarie per valutare il loro potenziale commerciale e per integrarle efficacemente nei sistemi agricoli misti.

2.2.2. *Calendula suffruticosa* Vahl subsp. *fulgida* (Raf.) Guadagno

2.2.2.1. Descrizione botanica

Calendula suffruticosa Vahl subsp. *fulgida* (Raf.) Guadagno (**Figura 18**) è nota anche con il sinonimo *Calendula fulgida* e ha come nome comune Fiorrancio fulgido (Pignatti, 2017-2019), Calendula di Gussone, Fiorrancio fulgido vero (Portale alle piante spontanee della selva di Gallignano, sito web).



Figura 18: *Calendula suffruticosa* Vahl subsp. *fulgida* (Raf.) Guadagno, individuata nel Parco Cardeto. (Foto: Catalina Ghenu)

Descrizione morfologica: si tratta di una pianta perenne appartenente alla famiglia delle *Asteraceae* (*Compositae*). Si presenta come una camefita suffruticosa, caratterizzata da dimensioni ridotte e fusti legnosi solo alla base. Le **foglie** basali sono oblanceolate-spatolate (dimensioni: 1-2 x 3-8 cm), con base ristretta e margine leggermente ondulato o occasionalmente con denti indistinti, mentre le foglie cauline sono più sottili e presentano una punta mucronata. I **fiori** sono ermafroditi e raccolti in infiorescenze a capolino (diametro: 3-5

cm), portati su peduncoli corti. Le corolle, di colore giallo scuro o aranciato, sono ligulate (dimensioni: 20-30 mm), con 5 stami e antere saldate, mentre lo stilo è singolo. I **frutti** (Figura 19) sono cipsele ricurve, con acheni interni anulari. I **semi**, a forma di mezzaluna e leggermente uncinati, hanno una lunghezza di 2-3 mm (Pignatti, 1982).



Figura 19: Frutti e semi di *Calendula suffruticosa* Vahl subsp. *fulgida* (Raf.) Guadagno. *A sinistra*: acheni pronti alla disseminazione; *a destra*: acheni raccolti e loro dimensioni. (Foto: Catalina Ghenu)

Fioritura: *Calendula suffruticosa* Vahl subsp. *fulgida* (Raf.) Guadagno presenta un periodo di fioritura che si estende da dicembre ad aprile (Pignatti, 1982).

2.2.2.2. Caratteristiche ecologiche

Per quanto riguarda l'areale di distribuzione di *Calendula suffruticosa* (Figura 20) questa è originaria del bacino Mediterraneo sud-occidentale; si estende dal Nord Africa (Marocco, Algeria, Tunisia e Libia) alle coste meridionali del Portogallo e della Spagna, l'Italia, Malta, spingendosi ad est sino alla Turchia occidentale.



Figura 20: Areale de distribuzione europeo di *Calendula suffruticosa* (Fonte: Royal Botanical Gardens, KEW, sito web). **Verde:** *nativa* (Algeria, Isole Canarie, Italia, Libia, Madeira, Marocco, Portogallo, Sardegna, Sicilia, Spagna, Tunisia, Turchia, Turchia in Europa); **Viola:** *Introdotta* (Azzorre).

L'areale di distribuzione mondiale di *Calendula suffruticosa* Vahl subsp. *fulgida* (Raf.) Guadagno è illustrato in **Figura 21**.

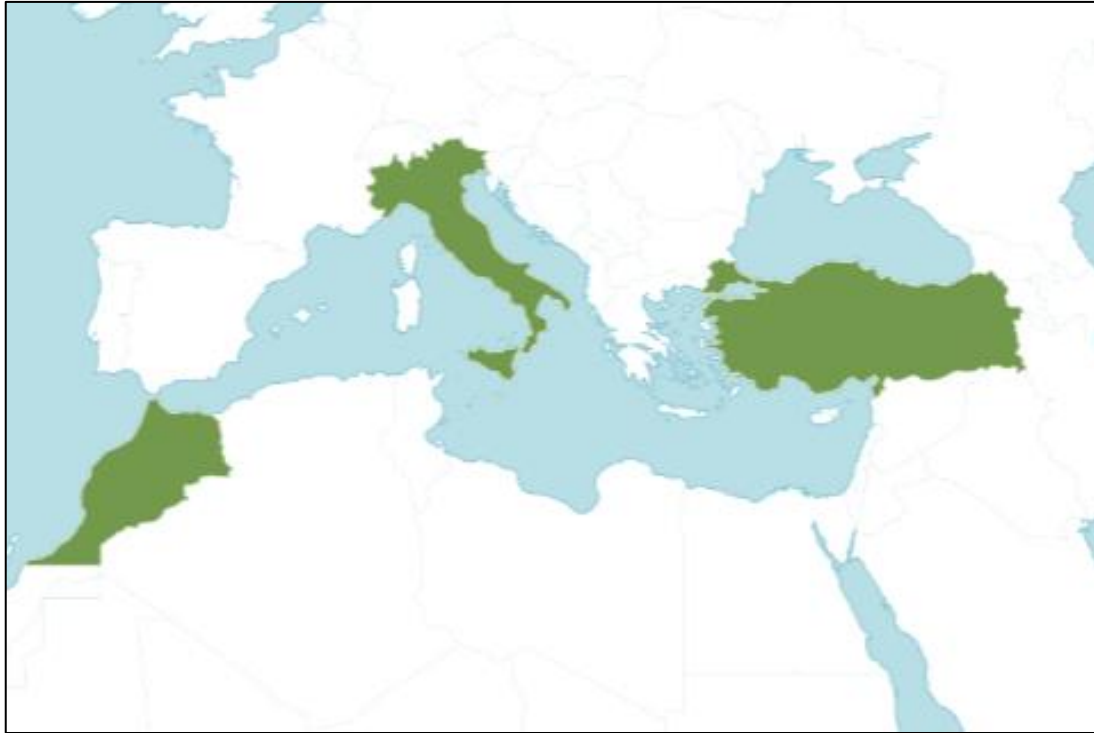


Figura 21: Areale de distribuzione mondiale di *Calendula suffruticosa* Vahl subsp. *fulgida* (Raf.) Guadagno (Fonte: Royal Botanical Gardens, KEW, sito web). **Verde:** *nativa* (Italia, Marocco, Sicilia, Turchia, Turchia in Europa).

In Italia, *Calendula suffruticosa* Vahl subsp. *fulgida* (Raf.) Guadagno è presente nelle regioni Basilicata, Calabria, Sicilia, Toscana e Marche, da 0 a 500 m di altitudine allo stato spontaneo (**Figura 22**). Cresce in ambienti piuttosto aridi, su rupi e pietraie e negli incolti sassosi e antropizzati del piano collinare.

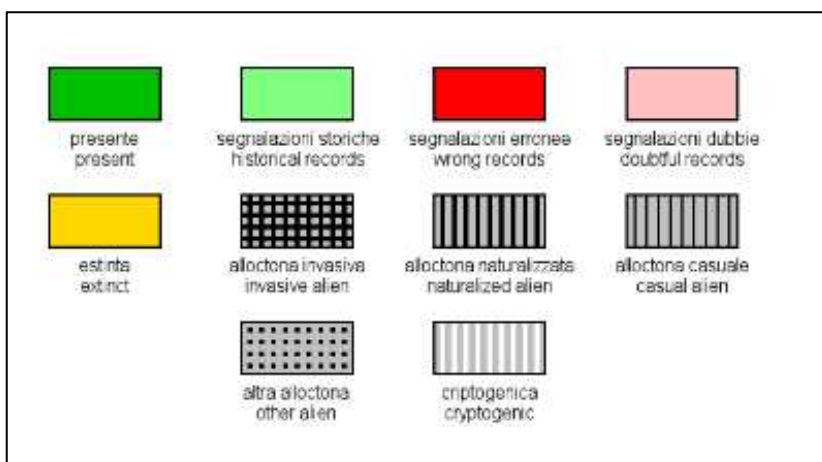


Figura 22: Areale di distribuzione italiano di *Calendula suffruticosa* Vahl subsp. *fulgida* (Raf.) Guadagno (da Portale della Flora d'Italia)

2.2.2.3. Utilizzi e proprietà curative

Utilizzi

Diverse ricerche confermano l'utilizzo delle varietà di *Calendula* come piante ornamentali, adoperate per abbellire giardini o come piante in vaso su terrazze; alcune varietà vengono coltivate su vasta scala per la produzione di fiori recisi. La *Calendula* è versatile e trova

applicazione sia nell'alimentazione umana che animale (Lim, 2014). È impiegato, ad esempio, come aromatizzante nel tè, nelle insalate, come sostituto dello zafferano e nell'aceto. Un esempio di utilizzo nell'alimentazione animale è dato dal *Calendula arvensis*, spesso utilizzata per nutrire bovini, soprattutto in ambienti ruderali (Gonçalves et al., 2018).

Il genere *Calendula* assume un ruolo rilevante per le api come fonte di polline, particolarmente significativo verso la fine dell'inverno, quando le colonie riprendono la loro attività. La sua importanza come fonte di polline è valutata come media, mentre non è considerata rilevante per quanto riguarda la produzione di nettare, come riportato da Ricciardelli e Persano Oddo (1981), e confermato da altri autori, tra cui Simonetti et al. (1989).

In un recente lavoro (Zita et al., 2018) è stato analizzato il ruolo dei profumi floreali nella formazione di ibridi e nella speciazione attraverso l'attrazione di impollinatori. *Calendula maritima*, *Calendula fulgida* e un ibrido sono stati studiati per la loro chimica del profumo floreale tramite headspace dinamico e analisi GC/MS. *Calendula maritima* e *C. fulgida* hanno profumi distinti, mentre l'ibrido mostra caratteristiche intermedie. Tutte e tre le specie sono dominanti nei monoterpeni, ma differiscono nei sesquiterpeni. La sovrapposizione dei profumi potrebbe favorire il trasferimento interspecifico del polline.

Proprietà curative

In ambito tradizionale, la *Calendula* ha impieghi terapeutici per trattare diversi tipi di neoplasie cutanee, lesioni dermatologiche caratterizzate da attività antibatterica e antifungina, ulcere, edemi e disturbi neurologici. In aggiunta, è nota per la sua azione depurativa del sangue ed è utilizzata in oltre 200 preparazioni cosmetiche, quali creme, lozioni e shampoo (Arora et al., 2013).

In base alle ricerche bibliografiche da me condotte, non risultano essere stati effettuati studi fitochimici o farmacologici sulla specie *Calendula suffruticosa* Vahl *fulgida* (Raf.) Guadagno. Tuttavia, considerando il valore economico delle specie del genere *Calendula* come piante medicinali e i loro usi nei settori cosmetico, farmaceutico e alimentare, e tenendo conto del limitato numero di studi fitochimici e farmacologici su tali specie in Algeria, gli autori Sofiane et al. (nel 2018) si sono concentrati sull'analisi della composizione chimica dell'estratto etanologico della pianta tramite GC/MS e sulla valutazione dell'attività antiossidante attraverso test in vitro, inclusi il test del DPPH, il test FRAP e il test di sbiancamento del β -carotene. Sono stati identificati sessantaquattro composti, di cui sei predominanti, tra cui acidi grassi e terpeni. L'estratto etanologico ha mostrato un'elevata attività antiossidante, con un IC₅₀ di 0,017 mg/ml nel test del DPPH e una significativa capacità di riduzione del ferro. Questi risultati mettono in luce la ricchezza fitochimica e l'importante attività antiossidante della *Calendula suffruticosa* subsp. *suffruticosa* Vahl nel nord-est dell'Algeria.

Nel 2024, Sofiane e Seridi nello studio etnobotanico condotto nella Numidia, hanno esplorato gli usi tradizionali delle piante medicinali, focalizzandosi sulla *Calendula suffruticosa* Vahl e sulla *Fumaria capreolata* L. in cinque città del nord-est dell'Algeria. Dai questionari somministrati a 100 intervistati, è emerso che il 62,0% della popolazione locale utilizza queste piante per diverse ragioni, con l'82,0% degli utilizzatori che preferisce le parti aeree, soprattutto i fiori della *Calendula*. Le comunità locali utilizzano la *Calendula* principalmente per le sue proprietà antinfiammatorie (37,0%) e antibatteriche (16,2%), mentre l'uso della *Fumaria* è limitato a causa della sua tossicità in dosi più elevate. La somministrazione dei

rimedi varia, con l'infusione come metodo più comune. Questo studio sottolinea l'importanza delle piante medicinali nella medicina tradizionale locale.

Coltivazione

Nell'ambito delle ricerche sulla coltivazione della specie *Calendula suffruticosa* Vahl subsp. *fulgida* (Raf.) Guadagno, si evidenzia l'assenza di dati disponibili. Inoltre, sono state condotte ricerche sull'importanza fitochimica e sull'attività antiossidante della varietà *Calendula suffruticosa* Vahl subsp. *suffruticosa*, suggerendo un possibile sviluppo futuro della sua coltivazione (Sofiane et al., 2018; Sofiane e Seridi, 2024). Tuttavia, diversi studi sono stati condotti sulla coltivazione di un'altra specie del genere *Calendula*, la *Calendula officinalis* in quanto specie di interesse erboristico.

La *Calendula officinalis* è la specie più diffusa e coltivata del genere, nota per le sue proprietà medicinali (Moghaddasi & Kashani, 2012). Questa pianta è coltivata per scopi medicinali in diverse nazioni, tra cui Germania, Repubblica Ceca, Austria, Svizzera, Ungheria, Australia e più recentemente anche in Egitto e Siria (Omidbeygi, 2005). Inoltre, la sua coltivazione interessa anche altri paesi come Slovacchia, Polonia, Romania ed Estonia.

2.3. Indagine fenologica

2.3.1. Analisi fenologiche

La fenologia, o fitofenologia, è la disciplina scientifica che si occupa di analizzare la variabilità dei cicli riproduttivi e vegetativi delle piante, concentrandosi soprattutto sulla relazione tra questi eventi e i diversi fattori abiotici e biotici che ne influenzano lo svolgimento (Lieth, 1974).

Secondo un'altra definizione, è una disciplina scientifica dedicata all'analisi dei fenomeni periodici nelle piante. Questi fenomeni si manifestano attraverso evidenti cambiamenti nell'aspetto delle piante nel corso del tempo. Pertanto, la fitofenologia si occupa di studiare i fenomeni legati allo "sviluppo" delle piante e alle variazioni periodiche dei loro organi, come rami, foglie e fiori (Puppi, 2008).

La fenologia può costituire l'obiettivo centrale di una ricerca, come nell'analisi delle fasi di sviluppo delle piante coltivate o nello studio del successo riproduttivo di specie spontanee rare o minacciate (Puppi, 1989).

Lo sviluppo della pianta viene monitorato dall'osservatore mediante la successione delle fasi di sviluppo, chiamate fasi fenologiche o fenofasi (Puppi, 2008), che possono essere rappresentate, ad esempio, dalla schiusura delle gemme, seguita dalle fasi di distensione fogliare, ingiallimento e caduta delle foglie, e infine dal processo di maturazione e fruttificazione.

Le fenofasi vengono registrate usualmente mediante delle chiavi fenologiche o scale fenologiche, che consistono in serie di stadi fenologici (o fenofasi) sinteticamente descritti che rappresentano nei tratti essenziali lo svolgersi di un evento fenologico (Puppi Branzi, 1983).

Ogni rilievo fenologico è quindi composto dai seguenti tipi di informazione (Puppi, 2008):

1. l'identità dell'individuo osservato (fenoide);
2. la fase fenologica dell'individuo osservato (fenofase);
3. il momento in cui è fatta l'osservazione (tempo);
4. il luogo di rilievo (stazione fenologica).

2.3.2. Metodi di rilievo fenologico

Per quanto ricorda l'indagine fenologica, i monitoraggi hanno riguardato la fase riproduttiva delle due specie spontanee selezionate per il nostro studio, *Lotus hirsutus* L. e *Calendula suffruticosa* Vahl subsp. *fulgida* (Raf.) Guadagno, descritte nel sottocapitolo 2.2, “**Le specie oggetto di studio**”.

I rilievi fenologici devono coinvolgere un numero adeguato di individui: per le piante legnose, il range consigliato è da 5 a 25 individui, mentre per le erbacee è consigliato osservare da 20 a 80 individui. Nel caso di cloni o cultivar, è sufficiente considerare poche ripetizioni, con un minimo di 3 (Puppi, 2008). Il numero di individui osservati durante i rilievi fenologici per le specie di studio è stato al massimo di 30 piante in ogni area.

La scala fenologica adottata comprende 12 fenofasi riproduttive, individuate nei Giardini Fenologici Italiani (Puppi, 2008) (**Figura 23**), suddividendo sia la fase antesica che quella di fruttificazione in 6 fenofasi ciascuna. La scelta di questa scala rappresenta un equilibrato compromesso tra l'uso di scale molto dettagliate, come la scala centesimale BBCH utilizzata per le specie coltivate, e la rilevazione più semplice di inizio/ fine fenomeno. In particolare, la suddivisione del periodo antesico in fasi, che va dalla presenza dei boccioli floreali alla fase di piena fioritura fino alla conclusione del fenomeno antesico, si dimostra funzionale per la raccolta di informazioni utili alla creazione dei calendari fenologici, dove si evidenzia il periodo di fioritura o di fruttificazione delle singole piante (Lucchetti, 2020).

GFI	Scala riproduttiva
R01	boccioli presenti ma poco sviluppati
R02	boccioli prossimi alla chiusura, rigonfi con petali visibili
R03	boccioli rigonfi e fiori aperti
R04	piena fioritura: boccioli, fiori aperti e fiori sfioriti
R05	inizio sfioritura: fiori aperti e fiori appassiti
R06	completa sfioritura: tutti i fiori appassiti
R07	allegagione: inizio ingrossamenti ovari
R08	inizio fruttificazione: ovari ingrossati e pochi frutti immaturi
R09	frutti evidenti ma in prevalenza immaturi (pochi frutti maturi)
R10	culmine della fruttificazione: la maggior parte dei frutti maturi
R11	frutti in parte caduti, degenerati o secchi
R12	presenza di soli frutti residui

Figura 23: Scala a 12 stadi riproduttivi dei Giardini Fenologici Italiani utilizzata come chiave fenologica (Fonte: Puppi, 2008)

Nella determinazione del periodo antesico, si considera la fenofase 2 (boccioli prossimi alla schiusura con petali visibili) (**Figura 24**) come l'inizio della fioritura e la fenofase 6 (tutti i fiori appassiti) (**Figura 25**) come la fine della fioritura. La fase della piena fioritura, che è rappresentata dalla fase fenologica 4 (**Figura 26**), costituisce il momento essenziale per gli impollinatori, perché in questo periodo le piante presentano le migliori potenzialità della produzione degli attraenti principali, il polline e il nettare. La disseminazione si identifica con la fase fenologica 11 (**Figura 27**) e ha come caratteristica la dispersione naturale, essendo influenzata da diversi agenti esterni (acqua, vento, animali, etc.). Questa fenofase è stata utilizzata come punto di riferimento per la raccolta dei frutti, necessari per effettuare le prove di germinazione in laboratorio.

Poiché in una stessa pianta possono trovarsi più fiori o capolini in fasi fenologiche diverse, in modo particolare nella *Calendula suffruticosa* Vahl subsp. *fulgida* (Raf.) Guadagno, si è spesso ricorso ad una determinazione del periodo fenologico complessivo della pianta (**Figura 28**).



Figura 24: Individuazione della fase fenologica riproduttiva “inizio fioritura” (R02) nelle piante di *Lotus hirsutus* L. (Foto: Catalina Ghenu)



Figura 25: Individuazione della fase fenologica riproduttiva “fine fioritura” (R06) nelle piante di *Lotus hirsutus* L. (Foto: Catalina Ghenu)



Figura 26: Individuazione della fase fenologica riproduttiva “piena fioritura” (R04) nelle piante di *Lotus hirsutus* L. (Foto: Catalina Ghenu)



Figura 27: Individuazione della fase fenologica riproduttiva “disseminazione” (R11) nelle piante di *Lotus hirsutus* L. (Foto: Catalina Ghenu)



Figura 28: Individuazione della fase fenologica “piena fioritura” (R04) di una pianta di *Calendula suffruticosa* Vahl subsp. *fulgida* (Raf.) Guadagno. *A sinistra*: capolino in boccio; *nell’immagine centrale*: capolini in piena fioritura; *a destra*: capolino sfiorito. (Foto: Lara Lucchetti)

Per quanto riguarda la frequenza dei rilievi fenologici, essi sono stati eseguiti ogni 7 giorni dalla metà di maggio fino alla metà di luglio nell’anno 2023. In caso di condizioni meteorologiche avverse che impedivano i rilievi, questi venivano effettuati nei giorni successivi, appena possibile.

Per la presente tesi, le aree di rilievo fenologico (“stazioni fenologiche”) (**Figure 29-31**) sono state individuate all’interno del Parco del Cardeto di Ancona, come è stato descritto nel sottocapitolo 2.1, “**Area di studio**”. In queste aree sono state monitorate le fasi riproduttive delle specie spontanee oggetto di studio, *Lotus hirsutus* L. e *Calendula suffruticosa* Vahl subsp. *fulgida* (Raf.) Guadagno.



Figura 29: Stazione fenologica corrispondente all'Area 1 per lo studio della fenologia riproduttiva di *Lotus hirsutus* L. (Foto: Lara Lucchetti)



Figura 30: Stazione fenologica corrispondente all'Area 2 per lo studio della fenologia riproduttiva di *Lotus hirsutus* L. (Foto: Catalina Ghenu)



Figura 31: Stazione fenologica corrispondente all'Area 3 per lo studio della fenologia riproduttiva di *Calendula suffruticosa* Vahl subsp. *fulgida* (Raf.) Guadagno. (Foto: Catalina Ghenu)

2.4. Studio della germinabilità di *Lotus hirsutus* L.

2.4.1. Raccolta dei semi

Prima di iniziare la raccolta dei semi, è fondamentale individuare il momento ottimale, considerando lo stadio di maturazione dei frutti e dei semi, nonché la loro posizione sulle piante. Le infiorescenze distribuite su varie parti della pianta possono mostrare una maturazione graduale dei semi.

L'individuazione del periodo ottimale di maturazione dei semi e dei frutti è stata fatta in base all'osservazione costante condotta con il monitoraggio fenologico. Le infiorescenze distribuite su varie parti della pianta possono mostrare una maturazione graduale dei semi. La maturazione graduale è influenzata dalle diverse condizioni di crescita riscontrate nelle aree di studio, come ad esempio le differenze di inclinazione e di ombreggiatura presenti nelle **Aree 1 e 2**.

La fase di raccolta è stata particolarmente delicata, poiché le piante delle aree selezionate (**Aree 1 e 2** per l'osservazione di *Lotus hirsutus* L. e **Area 3** per l'osservazione di *Calendula suffruticosa* Vahl subsp. *fulgida* (Raf.) Guadagno) hanno mostrato momenti di maturazione diversi. Altri fattori che hanno reso difficile individuare il momento ottimale per la raccolta includono le condizioni meteorologiche (pioggia e vento), le attività umane (come lo sfalcio

di un'area selezionata come zona di studio), oltre alle attività di insetti parassitari che rendevano i semi inutilizzabili, sfruttando i nutrienti presenti nei semi.

Per quanto riguarda i tempi di raccolta, questa attività è avvenuta in due giorni, il 6/07/2023 e il 10/07/2023 per *Lotus hirsutus* L., mentre la raccolta di *Calendula suffruticosa* Vahl subsp. *fulgida* (Raf.) Guadagno è stata effettuata tra la metà di giugno e la fine luglio (seguendo ulteriori altre raccolte, fino all'autunno) in quanto la specie ha una fioritura prolungata, di conseguenza, una fruttificazione scalare.

La modalità di raccolta, secondo le raccomandazioni dell'APAT (2006), deve seguire le seguenti accortezze:

- conservazione dei semi maturi e asciutti in sacchetti di carta o di cotone;
- conservazione dei semi interi, contenuti ancora nei frutti, in buste di carta;
- la quantità dei semi vitali che si raccoglie dovrebbe consentire la conservazione di un campione nella banca a lungo termine, sufficienti ad avviare un test di germinazione con una parte e destinare un'altra parte alla produzione dei lotti per la duplicazione delle collezioni;
- la raccolta non deve essere superiore al 20% dei semi disponibili della pianta in un giorno di raccolta, assicurando che il popolamento non sarà danneggiato dall'ulteriore raccolta.

La raccolta dei semi è stata effettuata manualmente, tramite l'asportazione dei capolini o delle sommità fiorite, scegliendo a caso le piante che presentavano i semi maturi ed evitando di raccogliere i semi che visibilmente presentavano danni (**Figura 32**).

I semi raccolti sono stati messi all'interno di buste di carta, sulle quali sono state specificate il nome della specie raccolta, la data e il luogo di raccolta; le buste sono state ben chiuse per evitare la perdita del suo contenuto e trasportate poi nel laboratorio per la pulizia. Il materiale è stato messo all'aria, per poter assicurare la post-maturazione.



Figura 32: Raccolta di *Lotus hirsutus* L. il 10/07/2023 nel Parco Cardeto, Area 2

2.4.2. Pulizia dei semi

La pulizia dei semi implica la rimozione di impurità residue come polvere, residui resinosi, semi vuoti o abortivi, nonché semi danneggiati da insetti o contaminati, rendendoli quindi non idonei alla conservazione. Questa fase di lavorazione può essere eseguita attraverso operazioni meccaniche, manuali o una combinazione di entrambe (APAT, 2006). La pulizia dei semi avviene dopo il completamento di un periodo di quarantena e, se necessario, di un periodo di post-maturazione.

Aspetti utili prima di iniziare la pulizia dei semi:

- la sicurezza sul lavoro;

- l'impiego di equipaggiamento idoneo per effettuare le attività (utilizzo dei diversi strumenti).

La prima operazione da effettuare per la pulizia dei semi è di tipo teorico, e consiste nell'organizzazione dell'attività per favorire l'efficienza del tempo e del metodo utilizzato, seguita dalla seconda operazione, di tipo pratico, ovvero la separazione del seme dai residui del frutto e del fiore. Per efficienza del metodo usato si intende la scelta del metodo da impiegare per la separazione del seme dai residui floreali, che può avvenire per peso (separatore pneumatico), per dimensione (uso dei setacci di diversa calibrazione), per peso specifico (separatore della gravità) o per colore (selezione visiva), ma anche attraverso l'individuazione di un nuovo metodo (dalla parte dell'operatore), che deve essere adatto alla specie selezionata. Si può operare anche con più metodi contemporaneamente, per migliorare la separazione del seme dai residui floreali che possono impedirne la germinazione.

Per ogni specie si deve individuare autonomamente il metodo di pulizia dei semi più appropriato.

Le operazioni di pulizia dei semi sono avvenute nel laboratorio ubicato al pian terreno della Banca della Germoplasma dell'Orto Botanico "Selva di Gallignano", Ancona, predisposto alla pulizia dei semi.

Gli strumenti che ho utilizzato per la pulizia dei semi sono i seguenti:

- Tavola: superficie di lavoro su cui ho effettuato le operazioni di pulizia dei semi.
- Pennelli: per rimuovere delicatamente polvere e piccole particelle dalla superficie dei semi.
- Setacci: per separare i semi dalle impurità più grandi come detriti vegetali o residui del frutto.
- Pinze: per manipolare i semi durante il processo di pulizia e rimuovere eventuali impurità visibili.
- Lente di ingrandimento: opzionale, ma utile per ispezionare da vicino i semi e individuare eventuali impurità rimanenti.
- Manipolo gommato: formato da un parallelepipedo di legno rivestito di gomma su un lato, utile per manipolare delicatamente i semi.
- Bisturi: per operazioni di taglio o precisione durante la pulizia dei semi.
- Pulitore elettrico per i semi raccolti Agriculex (Column Blower Seed Cleaner): per la pulizia efficiente dei semi.
- Contenitori per la conservazione: per conservare i semi puliti in modo sicuro fino al momento dell'uso.

Nel caso della pulizia dei semi di *Lotus hirsutus* L. ho utilizzato inizialmente il manipolo gommato per schiacciare i legumi che contengono i semi. In seguito, ho continuato utilizzando diversi setacci con maglie via via sempre più piccole per eliminare i residui del frutto, nonché altre parti della pianta come il fusto, l'infiorescenza e le foglie apicali. Le operazioni descritte non sono state sufficienti, pertanto ho dovuto ricorrere all'utilizzo del pulitore elettrico dei semi Agriculex, ottenendo una pulizia quasi perfetta e rapida dei semi, come mostrato nella **Figura 33**.

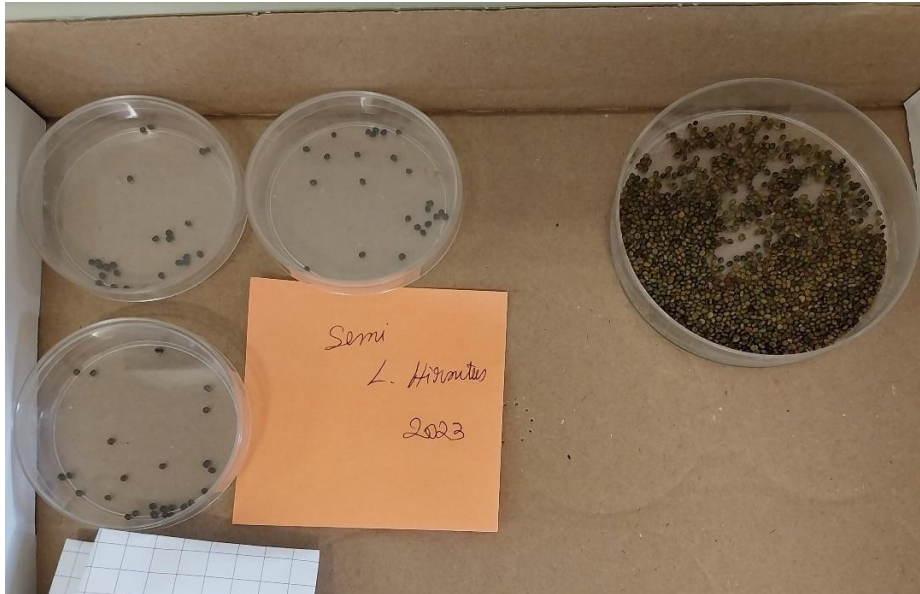


Figura 33: Pulizia finale dei semi di *Lotus hirsutus* L. (Foto: Catalina Ghenu)

Anche nel caso di *Calendula suffruticosa* Vahl subsp. *fulgida* (Raf.) Guadagno sono stati utilizzati i metodi della pulizia dei semi per peso e per dimensione, che possono essere osservati nella **Figura 34**.





Figura 34: Pulizia dei semi di *Calendula suffruticosa* Vahl subsp. *fulgida* (Raf.) Guadagno. *In alto*: setacci di vario calibro; *al centro*: separatore gravimetrico; *in basso*: dettaglio dei semi di *Calendula* pronti ad essere puliti col separatore gravimetrico. (Foto: Catalina Ghenu)

2.4.3. Test di germinabilità

Per definizione, la germinazione comprende quegli eventi che iniziano con l'assorbimento dell'acqua da parte del seme asciutto in stato quiescente e terminano con l'allungamento dell'asse embrionale. La germinazione è completa solo quando avviene la penetrazione delle strutture che circondano l'embrione da parte della radichetta. Il risultato ottenuto prende il nome di germinazione visibile (Bewley e Black, 1994).

La definizione che viene data dall' International Seed Testing Association (ISTA, 2004) al termine germinazione è la seguente: “*la germinazione di un seme nell'ambito di un test di laboratorio è l'emergenza e lo sviluppo di una plantula fino ad uno stadio in cui l'aspetto delle sue strutture essenziali indica la capacità o meno di svilupparsi ulteriormente in una pianta soddisfacente in condizioni di coltura favorevoli*”.

Le prove di germinazione di *Lotus hirsutus* L. sono state attuate nel periodo compreso tra il 24 luglio 2023 ed il 25 agosto 2023, a conclusione dei rilievi fenologici, presso la Banca della Germoplasma dell'Orto Botanico “Selva di Gallignano”, dell'Università Politecnica delle Marche.

Le attrezzature necessarie per la realizzazione delle prove di germinazione in laboratorio includono: contenitori o piastre di Petri, substrato, acqua distillata, germinatoio (o camera climatica), cappa (per la sterilizzazione), autoclave o sterilizzatore per la preparazione del substrato di germinazione, bilancia, bisturi, diverse pinze, microscopio, timer o cronometro.

2.4.3.1. Preparazione del substrato di germinazione

I test di germinazione sono stati condotti su piastre di Petri con un diametro di 60 mm e con un substrato contenente l'1% di agar. L'agar, un polisaccaride estratto dalle alghe marine, è utilizzato come agente solidificante nei terreni di coltura microbiologici. La preparazione del substrato richiede i seguenti materiali: agar in polvere, spatola da pesata, vaschetta da pesata, acqua distillata (o demineralizzata), bilancia, contenitori di vetro e autoclave.

Sono state utilizzate 5 bottiglie di vetro graduate da 250 ml, nelle quali sono stati versati 2,5 g di agar pesato e successivamente riempite con acqua distillata. Dopo aver mescolato l'agar con l'acqua aggiunta, le bottiglie sono state collocate nell'Autoclave per un'ora a una temperatura di 121 °C. Nel frattempo, per sterilizzare le piastre di vetro, l'operazione è stata eseguita in cappa sotto il flusso laminare con l'esposizione a raggi ultravioletti. La temperatura dell'Autoclave è stata poi ridotta da 121 °C a 80 °C per rimuovere le bottiglie, raffreddare il terreno e consentire di versare il liquido nelle piastre. Queste ultime sono state lasciate sotto cappa sterile per evitare contaminazioni fungine. Successivamente, le piastre sono state coperte e conservate in frigorifero fino al momento dell'utilizzo per le prove di germinazione. Il numero totale di piastre di Petri utilizzate è stato di 54, con ciascuna prova sperimentale caratterizzata da 18 piastre, come mostrato nella **Figura 35**.



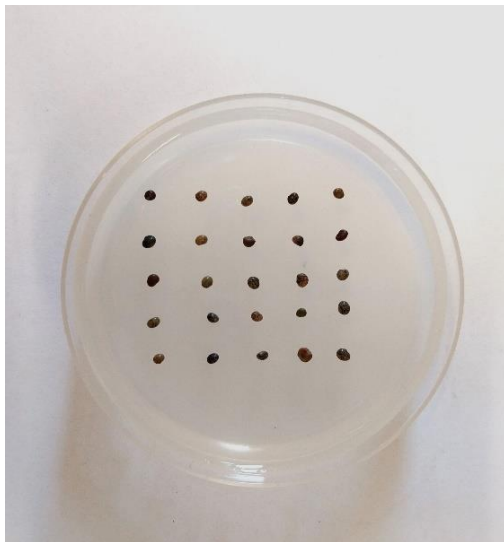
Figura 35: Piastre con substrato posti a solidificare sotto la cappa. (Foto: Catalina Ghenu)

2.4.3.2. Piano sperimentale

Il piano sperimentale è stato condotto utilizzando il lotto di semi raccolti nell'estate del 2023 e il lotto di semi dell'anno 2022 (già presenti nella Banca della Germoplasma) a diverse temperature: 15, 20 e 25/15 °C, al fine di evidenziare le differenze fenotipiche manifestate. I semi dell'anno 2022 sono stati conservati nel laboratorio all'interno delle scatole di carta presso l'Orto Botanico "Selva di Gallignano" e selezionati per valutare eventuali differenze rispetto ai semi dell'anno 2023 in termini di vitalità dell'embrione.

Per ogni prova sono stati effettuati tre trattamenti: semi non trattati (T1), semi sottoposti alla scarificazione meccanica (T2) e semi sottoposti alla scarificazione chimica (T3). Per ciascun trattamento sono state eseguite tre repliche, sia per l'anno 2022 che per l'anno 2023; ogni replica è stata individuata ponendo 25 semi per ogni piastra Petri. In totale sono stati seminati 1350 semi. Per le prime due prove, il fotoperiodo è stato impostato a 12 ore di luce e 12 ore di buio. Inoltre, per una prova ulteriore, si è utilizzata una temperatura alternata, con 25 °C durante le ore di luce e 15 °C durante le ore di buio.

In ciascuna piastra sono stati posti 25 semi, mentre sul coperchio sono riportati il nome della specie, il trattamento al quale i semi sono stati esposti, il numero della replica del trattamento e la data di semina. La temperatura specifica non è stata indicata poiché i test sono stati condotti utilizzando un germinatoio dedicato per ciascuna delle tre prove, impostando la temperatura richiesta. Nella **Figura 36** è possibile visualizzare la disposizione dei semi sulla piastra e i trattamenti selezionati per le prove scelte.



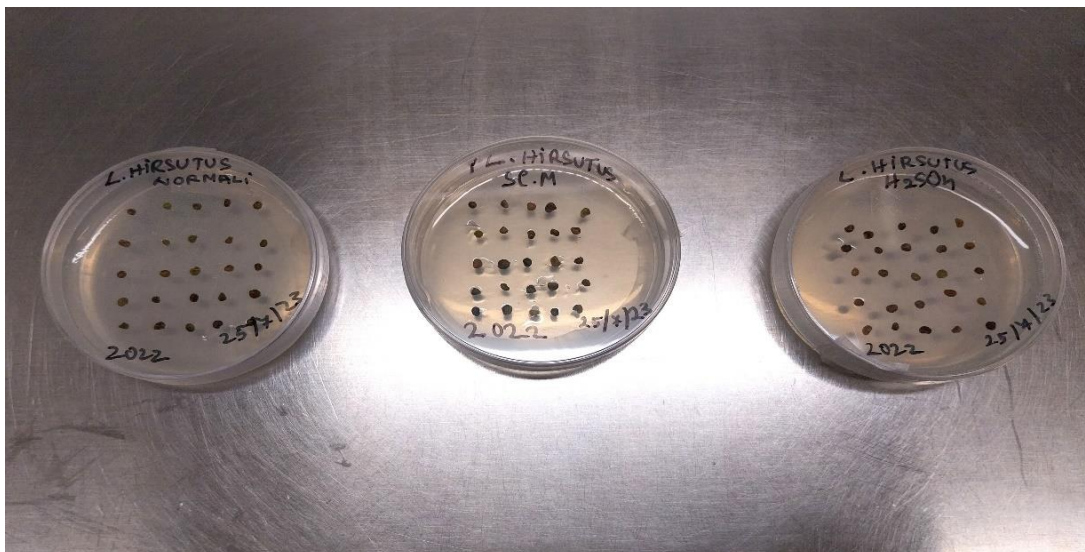


Figura 36: Rappresentazione della disposizione dei semi e dei trattamenti. *In alto a sinistra*: piastra con 25 semi; *in alto a destra*: piastra con coperchietto; *in basso*: i trattamenti effettuati per ogni prova senza specificare il numero identificativo della replica. (Foto: Catalina Ghenu)

Per monitorare la germinazione, i conteggi sono stati effettuati giornalmente, ad eccezione i giorni di sabato e di domenica (per avere un giorno esatto dell'inizio di germinazione), seguendo la scheda "Prova di Germinazione" come suggerito dalle linee guida di ISPRA (Bacchetta G., Fenu G. ed altri, 2014).

2.4.3.3. Scelta dei parametri per i test di germinabilità

La temperatura deve essere adeguata alle specifiche esigenze della specie, influenzando sia la velocità delle reazioni biochimiche sia la velocità di germinazione. La conduzione della germinazione a temperatura costante o con un regime alternato può produrre risultati diversificati, sia in termini del numero totale di semi germinati, sia per quanto riguarda la velocità del processo.

Le esigenze termiche variano in base alla specie e alla sua origine geografica: alcune specie possono richiedere temperature molto basse mentre altre temperature elevate. L'ampiezza dell'intervallo delle temperature ottimali può variare a seconda della specie e del grado di dormienza del seme (APAT, 2006).

I semi di alcune specie, anche se posti a germinare a temperature adeguate, non germinano a causa di fenomeni di dormienza.

La dormienza è stata definita dai molti autori e classificata in due tipi: dormienza di tipo endogeno e dormienza di tipo esogeno. La dormienza di tipo endogeno coinvolge solo l'embrione, rispetto alla dormienza di tipo esogeno che viene impedita solo da alcune strutture, come endocarpi legnosi, tegumenti seminali, endosperma (APAT, 2006).

Le temperature selezionate per i test di germinazione sono state scelte in base alla pubblicazione di Douglas e Foote (1994), in cui le temperature medie del suolo utilizzate

variavano da 8 a 24 °C. I test di germinazione sono stati condotti a temperature costanti di 15 °C e 20 °C, e a temperatura alternata tra 25/15 °C.

Per superare eventuali fenomeni di dormienza, due delle tre prove sono state preliminarmente sottoposte ai seguenti pretrattamenti:

- 1) scarificazione meccanica del tegumento con carta vetrata per 20 secondi;
- 2) scarificazione chimica con immersione in soluzione di H₂SO₄ al 10% in acqua distillata (per 5 minuti), (Davies, 2005) (**Figura 37-38**).

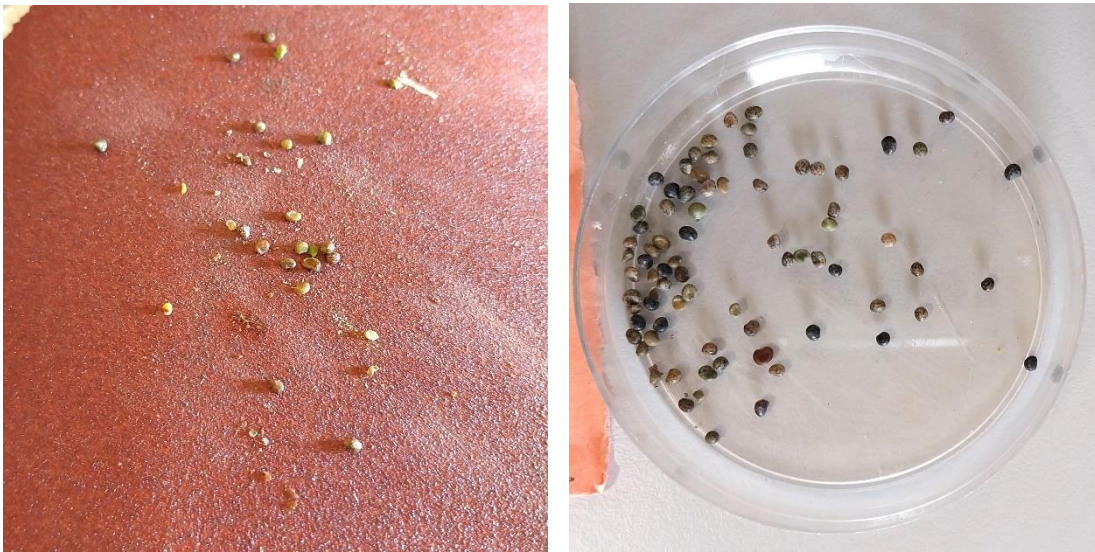


Figura 37: Scarificazione meccanica dei semi con carta vetrata. *A sinistra*: semi prima della scarificazione meccanica; *a destra*: semi dopo la scarificazione meccanica. (Foto: Catalina Ghenu)

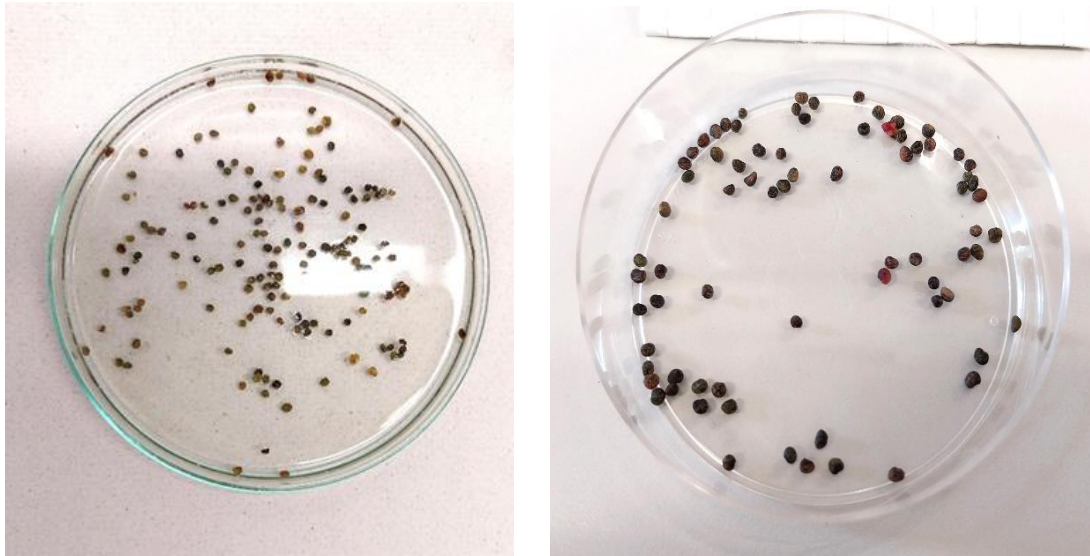


Figura 38: Scarificazione chimica dei semi con immersione nell'acido solforico (H_2SO_4). *A sinistra*: semi prima della scarificazione chimica; *a destra*: semi dopo la scarificazione chimica. (Foto: Catalina Ghenu)

2.4.3.4. Analisi statistica

Per esaminare le relazioni tra le germinazioni finali (variabile di risposta) e i fattori quali Temperatura (costanti a 15 °C, 20 °C e alternata a 25/15 °C), trattamenti (semi non trattati, scarificazione meccanica e chimica), e l'anno di raccolta dei semi (2022 e 2023), abbiamo adottato l'approccio della regressione lineare multipla. Poiché i dati percentuali della variabile di risposta non seguono una distribuzione normale (essendo dati percentuali con distribuzione binomiale), abbiamo optato per l'uso dei modelli lineari generalizzati (GLM). Il modello lineare è stato configurato per analizzare gli effetti sulla germinazione sia dei fattori principali (Temperatura, Trattamento, Anno) che delle loro interazioni.

3. RISULTATI E DISCUSSIONI

3.1. Analisi dei dati fenologici e delle osservazioni nel corso delle fioriture

Dall'elaborazione dei dati raccolti con i rilievi fenologici si possono derivare i cosiddetti calendari fenologici che riportano, ad esempio, l'intervallo di fioritura di una determinata specie per un anno in una determinata zona (Marletto, 1999).

Per agevolare il confronto tra i dati, i giorni di rilievo sono indicati come “doy” (day of year, per esprimere il giorno dell'anno), come illustrato nella **Tabella 9**, che riporta i giorni di rilievo effettuati.

Data	Doy
15.05.2023	135
22.05.2023	142
29.05.2023	149
08.06.2023	159
16.06.2023	167
22.06.2023	173
29.06.2023	180
06.07.2023	187
18.07.2023	199

Tabella 9: I giorni dei rilievi fenologici convertiti in “doy” (day of year) durante il monitoraggio delle due specie di studio

Vengono qui riportati i dati fenologici di inizio, fine e durata della fioritura e di inizio, fine e durata del periodo di fruttificazione, fino alla disseminazione, delle specie spontanee autoctone considerate, monitorate per ogni area da metà maggio e metà luglio dell'anno 2023.

I risultati sono stati illustrati tramite la realizzazione dei calendari fenologici della fioritura e della fruttificazione per *Lotus hirsutus* L. (**Tabella 10** e **Tabella 11**), mentre per *Calendula suffruticosa* Vahl subsp. *fulgida* (Raf.) Guadagno viene presentato l'andamento della fioritura.

***Lotus hirsutus* L.**

Data inizio fioritura	Durata	Data fine fioritura
135	45	180

Tabella 10: Calendario fenologico della fioritura di *Lotus hirsutus* L. Le date di inizio e fine fioritura sono espresse in “doy” (day of year).

Inizio fruttificazione	Durata	Disseminazione
187	12	199

Tabella 11: Calendario fenologico del periodo di fruttificazione di *Lotus hirsutus* L. Le date sono espresse in “doy” (day of year).

Per la realizzazione dei calendari fenologici di *Lotus hirsutus* L. abbiamo aggregato i dati delle due aree di rilievo (Area 1, Area 2), presentati nelle **Tabelle 12-13**. Per quanto riguarda il periodo di fioritura (**Figura 39**), questo ha avuto una durata di 45 giorni. La data di inizio fioritura è stata la stessa in entrambe le aree considerate, ovvero il 15/05/2023, con la sola differenza nel numero di individui presenti, che erano di più nell’Area 2, poiché questa presentava una popolazione più numerosa rispetto all’Area 1. Come data di fine della fioritura, abbiamo il 29 giugno 2023 (il 180° giorno dell’anno), quando gli ultimi individui sfioriti sono stati osservati nell’Area 1.

La durata della fruttificazione (**Figura 40**) è invece di 12 giorni. La fruttificazione ha avuto inizio nella prima settimana di luglio 2023. Dopo la maturazione dei frutti, si è proceduto alla raccolta dei semi, avvenuta nei due giorni 6/07/2023 e 10/07/2023, quando alcuni frutti non erano completamente maturi (trovandosi nella fase R09), per evitare la disseminazione e l’attacco degli insetti, come evidenziato nel sottocapitolo **2.4.1, “Raccolta dei semi”**.

Data	Area 1											
	Fase fenologica riproduttiva											
	R01	R02	R03	R04	R05	R06	R07	R08	R09	R010	R011	R012
15.05.2023	9	2	5									
22.05.2023	2	4	7	2								
29.05.2023	3	1	9	23								
08.06.2023			4	8	2							
16.06.2023			1	8	12							
22.06.2023				3	10	7						
29.06.2023					7	8	2					
06.07.2023								8	5			
18.07.2023									1	9		

Tabella 12: Rilievi fenologici nell’Area 1

Data	Area 2											
	Fase fenologica riproduttiva											
	R01	R02	R03	R04	R05	R06	R07	R08	R09	R010	R011	R012
15.05.2023	9	23	2									
22.05.2023	5	18	6	1								
29.05.2023			6	12								
08.06.2023			2	29								
16.06.2023			3	30								
22.06.2023				30	3							
29.06.2023				25	8							
06.07.2023									20	5		
18.07.2023									10	20		

Tabella 13: Rilievi fenologici nell’Area 2



Figura 39: Le fasi fenologiche della fioritura delle piante di *Lotus hirsutus* L. *In alto a sinistra*: le fasi fenologiche R01-R03; *in alto a destra*: piena fioritura (R04); *nella parte centrale*: inizio sfioritura (R05); *in basso*: completa sfioritura (R06). (Foto: Catalina Ghenu)



Figura 40: Le fasi fenologiche della fruttificazione delle piante di *Lotus hirsutus* L. *In alto*: inizio della fruttificazione (R08); *nella parte centrale*: *a sinistra* - pochi frutti maturi nella seconda foto (R09) ed *a destra* - culmine della fruttificazione (R10); *in basso*: Disseminazione dei semi già avvenuta in alcuni individui il 29/06/2023, *a sinistra* - R11 e *a destra* - R12. (Foto: Catalina Ghenu)

***Calendula suffruticosa* Vahl subsp. *fulgida* (Raf.) Guadagno**

Per questa entità, si può dire che il maggior numero di individui in piena fioritura è stato rilevato il 22 giugno 2023, il 173° giorno del calendario Doy, ma, complessivamente, la

fioritura si può considerare continua nel periodo considerato, ovvero da metà maggio alla seconda metà di luglio (Tabella 14).

La prima settimana di luglio (Figura 41-42) il 50% negli individui presentava nuovi boccioli e il 70% degli individui aveva i fiori aperti nell'ultimo giorno del rilievo fenologico (18 luglio). Come già specificato in precedenza, il monitoraggio fenologico della *Calendula* è stato esclusivamente rivolto alla fase di fioritura. Tuttavia, per quanto riguarda la fruttificazione, si è rilevato che vari capolini presentavano semi già all'inizio del periodo di monitoraggio (metà maggio) e che il culmine del periodo di maturazione, e quindi la relativa raccolta, è sopraggiunta all'incirca alla metà di giugno.

Data	Area 3											
	Fase fenologica riproduttiva											
	R01	R02	R03	R04	R05	R06	R07	R08	R09	R010	R011	R012
15.05.2023				2	0							
22.05.2023				4	6							
29.05.2023				6	8							
08.06.2023				18	4							
16.06.2023				15	7							
22.06.2023				23	7							
29.06.2023				20	2							
06.07.2023				25	3							
18.07.2023				10	15							

Tabella 14: Rilievi fenologici nell'Area 3

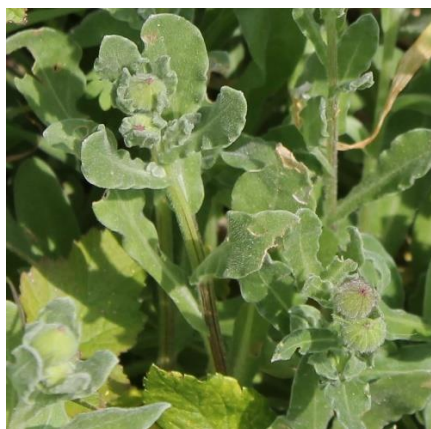




Figura 41: Le fasi fenologiche della fioritura delle piante di *Calendula suffruticosa* Vahl subsp. *fulgida* (Raf.) Guadagno. *In alto a sinistra*: la fase fenologica R1; *in alto a destra*: piena fioritura (R04); *in basso*: inizio sfioritura (R05). (Foto: Lara Lucchetti, ad eccezione della foto in basso a destra - Catalina Ghenu)





Figura 42: Le fasi fenologiche della fruttificazione delle piante di *Calendula suffruticosa* Vahl subsp. *fulgida* (Raf.) Guadagno. *In alto*: inizio della fruttificazione (R08); *nella parte centrale*: *a sinistra* - pochi frutti maturi (R09) ed *a destra* - culmine della fruttificazione (R10); *in basso*: inizio della disseminazione (R11) di un capolino di una pianta, rimanendo solo alcuni degli acheni più esterni. (Foto: Catalina Ghenu, ad eccezione delle foto in basso - Lara Lucchetti)

Osservazioni relative alla frequentazione degli insetti impollinatori

Durante l'esecuzione dei rilievi fenologici, oltre alla fase fenologica relativa a fioritura e fruttificazione, sono state annotate alcune osservazioni di tipo qualitativo sulle popolazioni di piante osservate e sugli impollinatori presenti. Sono state osservate, in particolare, api da miele e altri apoidei selvatici, lepidotteri e alcuni coleotteri che erano alla ricerca di polline e nettare, su entrambe le specie monitorate.

Nel caso di *Lotus hirsutus* L. (**Figura 43.1-43.3**), è stato osservato che nei mesi di maggio e giugno i fiori delle piante sono frequentemente visitati da diverse specie di insetti impollinatori apoidei, oltre che da api da miele, soprattutto quelli nell'Area 2, altrimenti non attratti dalle altre specie spontanee in fiore presenti nei paraggi. Purtroppo, non siamo a conoscenza delle specie o dei generi di impollinatori selvatici coinvolte. Verso la fine di giugno i fiori del *Lotus* erano visitati anche da formiche, probabilmente a causa della presenza di afidi. Nel corso della formazione dei frutticini, se ne notavano alcuni danneggiati da insetti.

Nel caso di *Calendula suffruticosa* Vahl *fulgida* (Raf.) Guadagno sono state viste varie api selvatiche e api da miele bottinare il polline dei capolini in piena fioritura (**Figura 44**).



Figura 43.1: Fiori delle piante di *Lotus hirsutus* L. visitati da diverse specie di insetti impollinatori nelle aree di studio nel Parco Cardeto (Foto: Lara Lucchetti)



Figura 43.2: Presenza degli insetti impollinatori dell'Ordine Hymenoptera sui fiori di *Lotus hirsutus* L. (Foto: Catalina Ghenu)

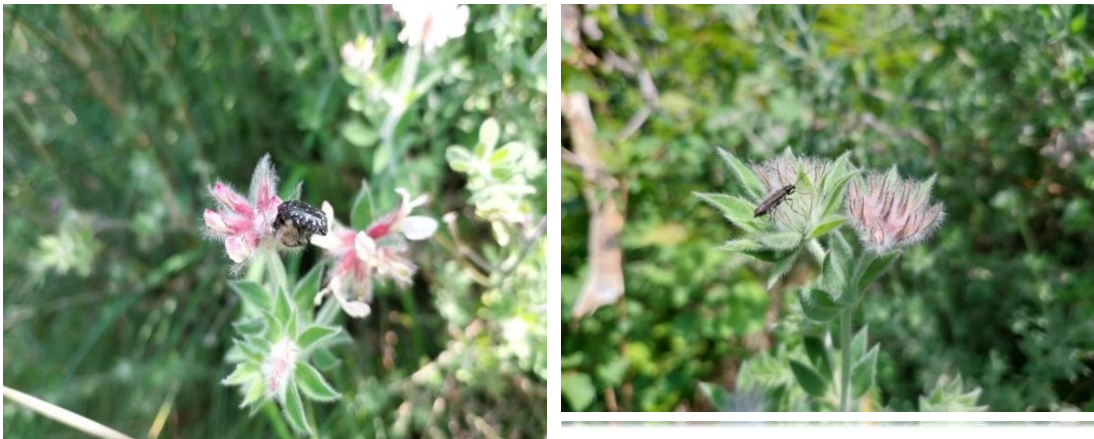


Figura 43.3: Presenza degli impollinatori dell'Ordine Coleoptera sui fiori di *Lotus hirsutus* L. (Foto: Catalina Ghenu)



Figura 44: Fiori delle piante di *Calendula suffruticosa* Vahl *fulgida* (Raf.) Guadagno visitati da diverse specie di insetti impollinatori nelle aree di studio del Parco Cardeto. (Foto: Lara Lucchetti)

3.2. Caratterizzazione dei semi

Lotus hirsutus L.

Nel loro studio, Kramina e Polvova (2022) si sono concentrati sulla morfologia e sull'ultrastruttura dei semi delle specie del genere *Lotus* appartenenti alle sezioni *Dorycnium* (*L. dorycnium* e *L. graecus*), *Bonjeanea* (*L. rectus*, *L. hirsutus* e *L. strictus*) e *Lotus* (*L. corniculatus*), impiegando sia le tecniche di microscopia ottica che quelle di microscopia elettronica a scansione.

Per quanto riguarda *Lotus hirsutus* L., è stato osservato che il lobo radicolare è distintamente visibile e che l'ilo è di forma ovata e reclinata, circondato da un arillo con bordo spesso. Il rafe, dal profilo deltoidale, si distingue per una colorazione più intensa rispetto al resto del rivestimento del seme. L'endosperma di questa specie risulta notevolmente spesso, mentre lo strato di epidermide appare piuttosto robusto. La superficie del seme presenta una scultura primaria foveolata poco evidente sul lato ilare e una marcata scultura secondaria rugosa sul lato laterale. I depositi cuticolari spessi nascondono la scultura primaria del rivestimento del seme e favoriscono l'adattamento al clima mediterraneo, caratterizzato da estati calde e secche (Kramina e Polvova, 2022) (Figura 45-46).

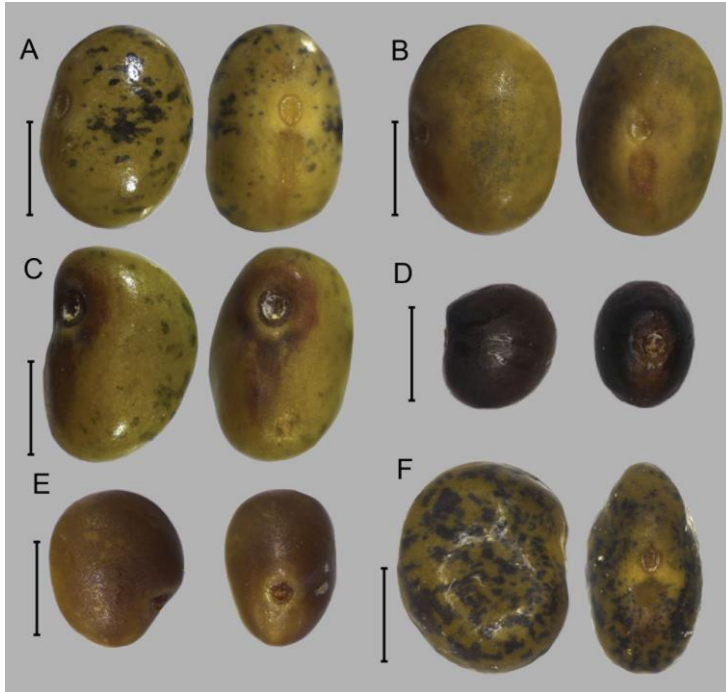


Figura 45: Morfologia dei semi delle specie del genere *Lotus*. Vista laterale e vista hilarica: A – *L. dorycnium* subsp. *herbaceus*; B – *L. graecus*; C – *L. hirsutus*; D – *L. rectus*; E – *L. corniculatus*; F – *L. strictus*. Bare di scala = 1 mm. (da Kramina e Polevova, 2022)

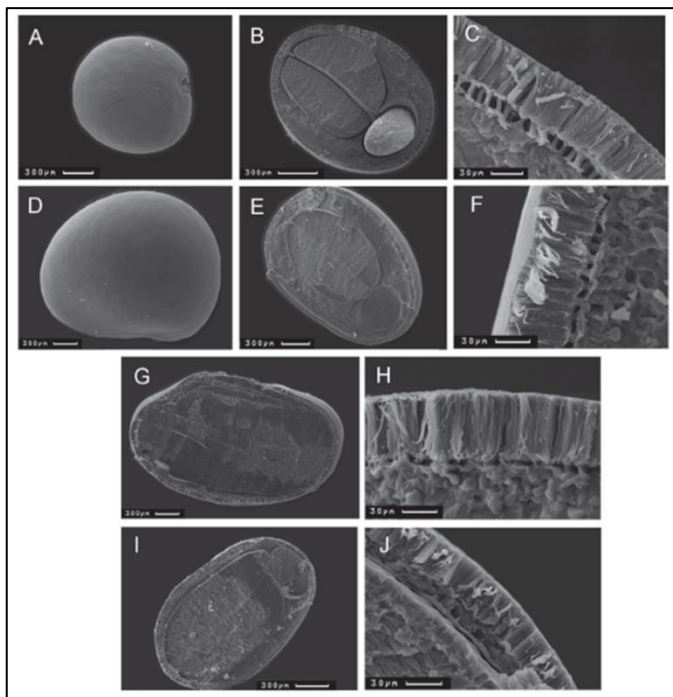


Figura 46: Vista laterale del seme (A, D), sezione longitudinale del seme (B, E, G, I), e sezione del rivestimento del seme (C, F, H, J) delle specie di *Lotus*: A–C – *L. rectus*; D–F – *L. hirsutus*; G–H – *L. strictus*; I–J – *L. corniculatus*. (da Kramina e Polevova, 2022)

In base a quanto riportato nel sito web della Millennium Seed Bank (Wakehurst Place, Royal Botanical Gardens Kew,) il peso di 1000 semi varia tra 3,2528 g e 5,2896 g in base alle strutture di copertura minori presenti.

Il peso medio di 1000 semi del lotto di semi da noi raccolto è risultato essere di 2,97 g, inferiore quindi a quello riportato nel sito della Millennium Seed Bank e nel SID.

***Calendula suffruticosa* Vahl subsp. *fulgida* (Raf) Guadagno**

Nel caso delle *Asteraceae*, frutti e semi costituiscono un'unica struttura nella quale è impossibile o molto difficile separare il pericarpo dal vero tegumento del seme, pertanto si parla di semi in senso generico riferendosi agli acheni.

All'interno di un capolino, gli acheni possono mostrare una varietà di caratteristiche, tra cui dimensioni, forma, massa, colore e la presenza o l'assenza di strutture di dispersione come ali, spine o denti. È stato osservato che le dimensioni del frutto sono direttamente proporzionali alle dimensioni dell'embrione e, di conseguenza, alla competitività della piantina che ne deriva (Heyn & Joel, 1983).

Gli acheni del genere *Calendula* presentano eteromorfismo, vale a dire che nello stesso capolino possono essere presenti acheni con forme diverse (**Figura 47**): (1) acheni rostrati, che vanno da dritti a fortemente incurvati, con o senza spine dorsali; (2) acheni bilaterali, dotati di due ampie ali laterali; (3) acheni trilaterali, con tre ali (due laterali e una ventrale); (4) acheni a forma di cimba, caratterizzati da due ali laterali concave, piegate verso la faccia ventrale, con o senza ala ventrale; (5) acheni sub-cimbiformi (semi-cimbiformi), che presentano due ampie ali laterali meno curve rispetto ai cimbiformi; (6) acheni vermiculato-alati, con due ali laterali incurvate, dorsalmente rugose o tubercolate; e (7) acheni vermiculato-esalati, privi di ali, dorsalmente rugosi o tubercolati; tutti gli acheni sono comunque privi di pappo. Inoltre, in alcune specie, diverse combinazioni di acheni potrebbero essere presenti mescolate all'interno della stessa popolazione (Gonçalves et al., 2018).

Nel 1983 Heyn e Joel hanno evidenziato che all'interno di un singolo capolino si possono trovare acheni dissimili, tutti privi di pappo.

Secondo Gonçalves et al. (2018), in *Calendula* l'eterocarpia è insolita poiché tutti gli acheni derivano dai fiori del raggio e un singolo capolino può produrre da 2 a 6 diverse forme di acheni, più comunemente 3-4 forme. Gli acheni occupano diverse posizioni all'interno della testa del capolino: vermiculati, cimbiformi e/o bi-trilaterali e rostrati che migrano verso posizioni interne, mediane o esterne durante la maturazione.

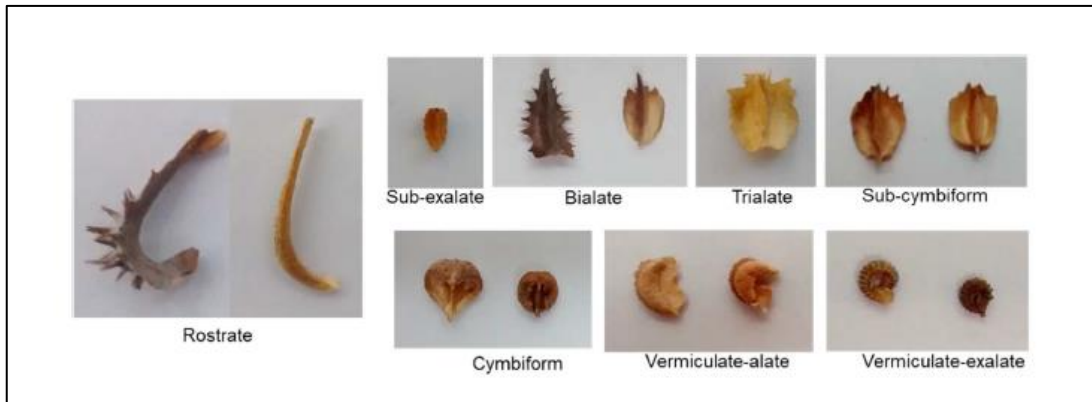


Figura 47: Diverse forme di acheni in *Calendula* L. (da Gonçalves et al., in stampa; Gonçalves et al., 2014)

In alcune sottospecie di *C. suffruticosa*, la morfologia degli acheni può variare stagionalmente, passando dalla primavera all'estate (**Figura 48**). Questi cambiamenti nella morfologia degli acheni nel corso della stagione sembrano essere influenzati da effetti epigenetici, probabilmente causati da variazioni di temperatura (Gonclaves et al., 2018).



Figura 48: Variabilità della morfologia dell'achenio di *Calendula*. A) *C. suffruticosa* subsp. *greuteri* - forma tipica (Silveira 2983, AVE); B) *C. suffruticosa* subsp. *greuteri* - forma meno frequente (Silveira & Gonçalves 3200, AVE); C) *C. tripterocarpa* (Silveira 2982, AVE); D) *C. arvensis* - forma tipica (Nora in Silveira 3054, AVE); E) *C. arvensis* - forma "macroptera" (Silveira 2985, AVE); F) *C. officinalis* (Silveira 3058, AVE).

Il peso medio di 1000 semi di *Calendula suffruticosa* Vahl subsp. *fulgida* (Raf) Guadagno è stato calcolato presso il laboratorio della Banca della Germoplasma dell'Orto Botanico "Selva di Gallignano" ed è di 10 gr.

3.3. Analisi dei test di germinabilità di *Lotus hirsutus* L.

Nella ricerca condotta da Davies nel 2005, sono stati eseguiti esperimenti di germinazione presso l'Istituto di Ricerca Agricola della Tasmania con semi di popolazioni selvatiche di *Dorycnium hirsutum* (L.) Ser. Si è investigato l'effetto del livello di maturità del baccello, della stagione di raccolta e dei trattamenti pre-germinazione. È emerso che il tegumento del seme di *D. hirsutum* influisce sul comportamento della germinazione; i trattamenti di scarificazione pre-germinazione migliorano la percentuale di germinazione (PG), riducono il tempo medio per completare la germinazione (MTG) e la percentuale di semi duri. Durante le prove di laboratorio effettuate dall'autore Davies, si è osservato che una scarificazione meccanica dei semi per 20 secondi ha determinato un aumentato ($P < 0,05$) della PG dal 86 al 96%, ridotto il MTG da 6,0 a 2,7 giorni e ridotto la percentuale di semi duri dal 13,6 al 1,9% rispetto ai semi non trattati. Le tecniche di scarificazione meccanica (che prevede il taglio o l'abrasione del

rivestimento esterno dei semi con carta vetrata) e chimica (l'immersione dei semi in acido solforico (H_2SO_4)) si sono dimostrate le più efficaci nel promuovere una germinazione rapida e uniforme, risultando facili da applicare e ripetibili. In generale, le differenze intrinseche nelle caratteristiche di germinazione dei lotti di semi sono state attribuite all'influenza dei fattori ambientali e alle caratteristiche naturali degli accessi selezionati con fioritura indeterminata.

Per avere un'idea più precisa sulla germinazione dei semi della nostra popolazione, è stata eseguita l'analisi della devianza del modello GLM (Figura 49-51) applicato alle germinazioni finali dei semi che ha prodotto i seguenti risultati:

- i fattori “temperatura” e “anno” non hanno evidenziato effetti significativi sulla variazione della germinazione dei semi;
- l'unico fattore che ha mostrato effetti evidenti e significativi è il “trattamento”.

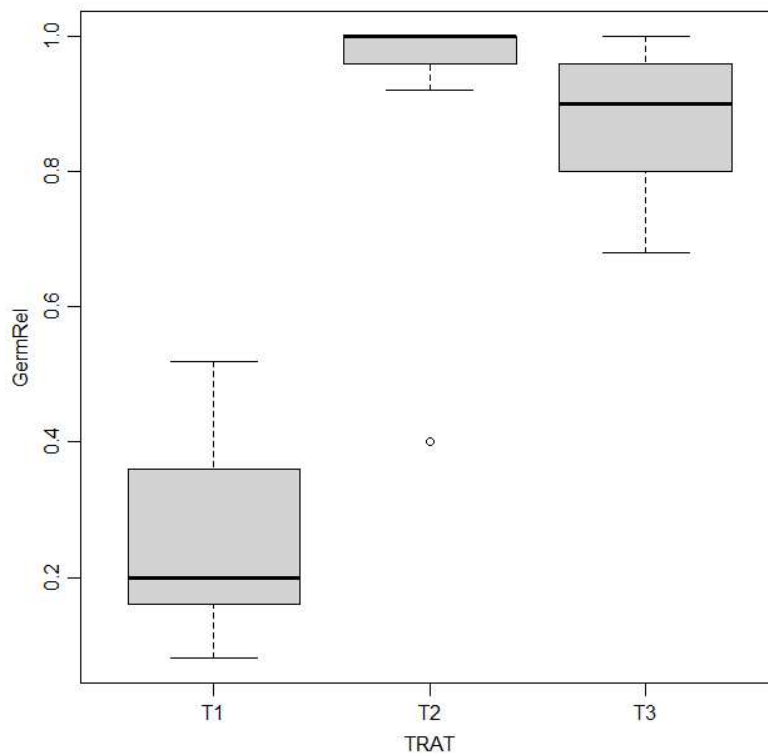


Figura 49: Confronto della germinazione dei semi di *Lotus hirsutus* L. rispetto ai tre diversi trattamenti a cui tali semi sono stati sottoposti. L'abbreviazione “TRAT” rappresenta il trattamento, “GermRel” indica la germinazione finale dei semi dopo 30 giorni e “T1, T2 e T3” indica i trattamenti condotti per le prove di laboratorio (T1= semi non trattati, T2= semi sottoposti alla scarificazione meccanica e T3= semi sottoposti alla scarificazione chimica).

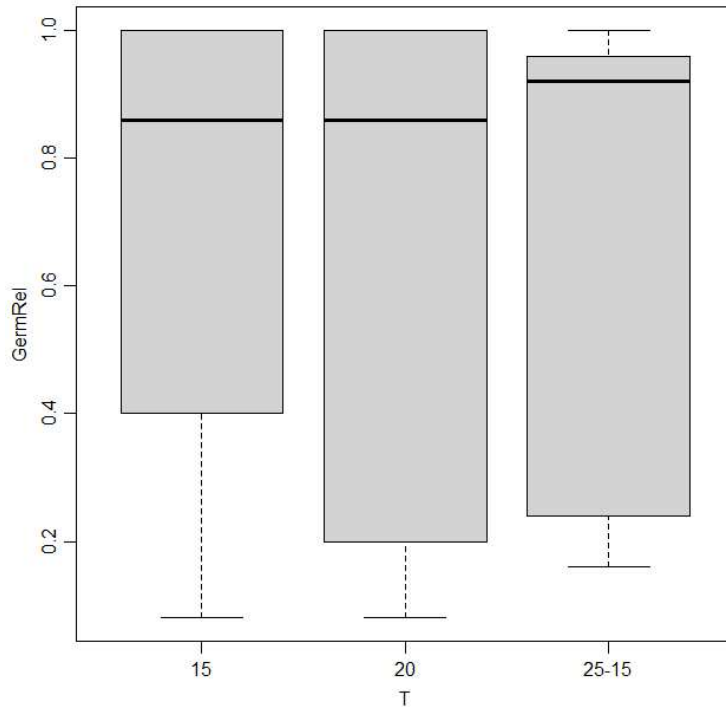


Figura 50: Confronto della germinazione tra tre temperature (15 °C, 20 °C – costante; 25-15 °C alternata). L’abbreviazione “T” rappresenta la temperatura, mentre “GermRel” indica la germinazione finale dei semi dopo 30 giorni.

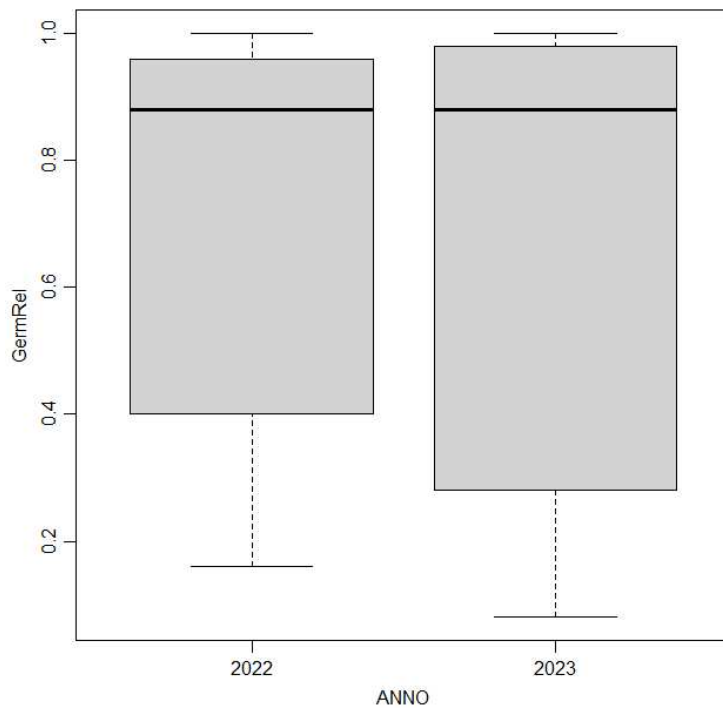


Figura 51: Confronto della germinazione dei semi dei due diversi lotti (2022, 2023). L’abbreviazione “GermRel” indica la germinazione finale dei semi dopo 30 giorni.

I semi non trattati hanno ottenuto in media una germinazione del 24,2%, mentre quelli trattati con scarificazione meccanica hanno raggiunto il 95%, e quelli con H₂SO₄ l'87,8%.

Di seguito vengono presentate alcune fotografie che mostrano le plantule dopo circa 1 settimana dalla germinazione, dopo due settimane e dopo 4 settimane dalla germinazione (Figure 52-55).

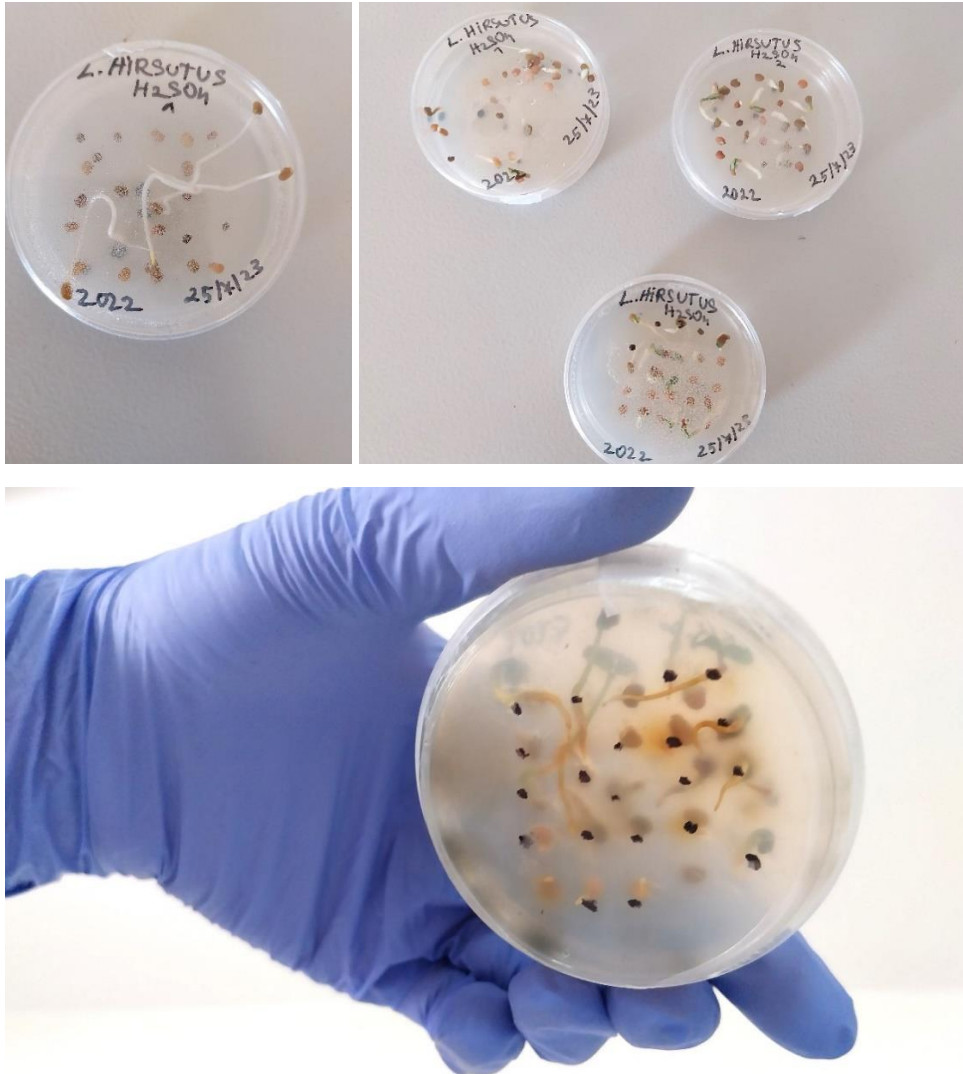


Figura 52: Germinazione dei semi di *Lotus hirsutus* L., fotografie scattate il 01/08/2023, a una settimana dalla prima germinazione. *In alto a sinistra*: germinazione dei semi sottoposti alla scarificazione chimica (immersione nel H₂SO₄) alla temperatura di 15 °C; *in alto a destra*: germinazione dei semi sottoposti alla scarificazione chimica (immersione nel H₂SO₄) alla temperatura di 20 °C; *in basso*: germinazione dei semi sottoposti alla scarificazione meccanica alla temperatura di 15 °C. (Foto: Catalina Ghenu)

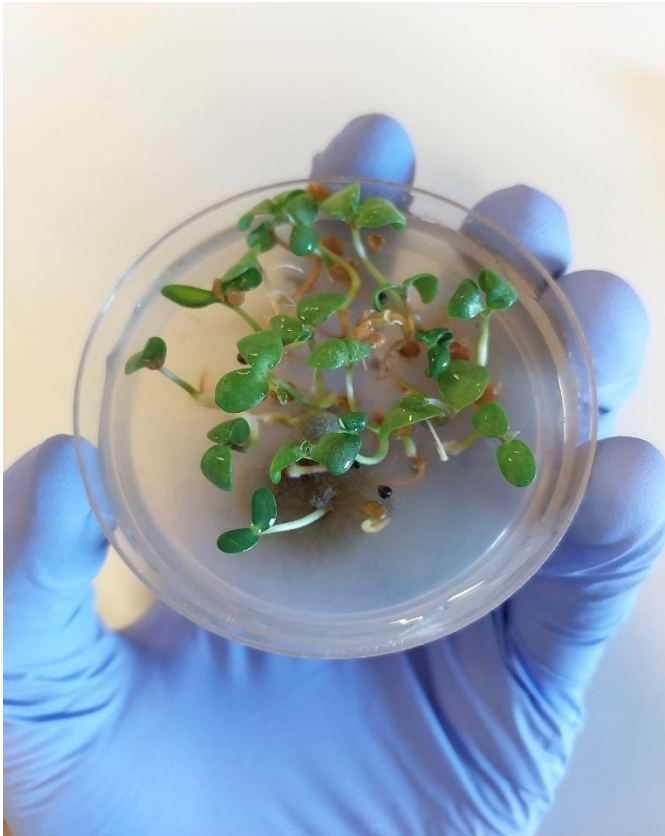


Figura 53: Germinazione dei semi scarificati meccanicamente alla temperatura di 20 °C. (Foto: Catalina Ghenu, scattata l'08/08/2023)



Figura 54: Germinazione dei semi non sottoposte ad alcun trattamento alla temperatura di 15 °C. (Foto: Catalina Ghenu, scattata in data 09/08/2023)

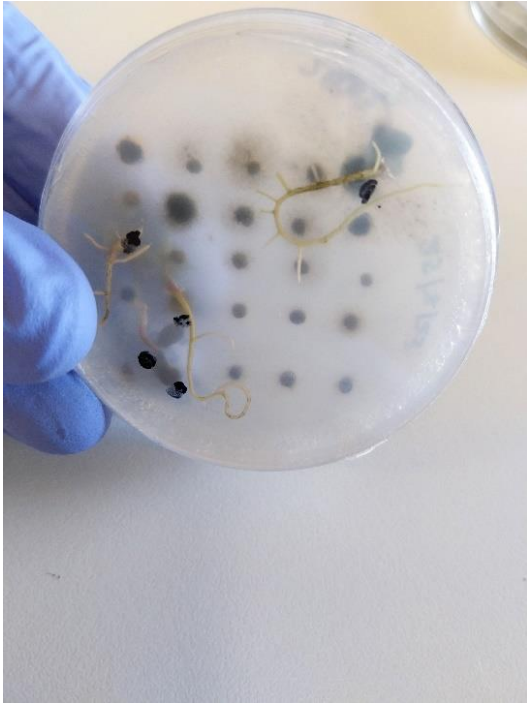




Figura 55: Germinazione alla temperatura di 20 °C. *In alto e nella parte centrale:* germinazione dei semi senza nessun trattamento; *in basso a sinistra:* germinazione dei semi sottoposti alla scarificazione chimica (immersione nel H₂SO₄); *in basso a destra:* germinazione dei semi scarificati meccanicamente. (Foto: Catalina Ghenu, scattata in data 22/08/2023)

I conteggi sono riportati nell'**Allegato 1**. I giorni in cui non sono stati effettuati i conteggi sono stati indicati con righe vuote nella tabella.

Germinabilità dei semi di Calendula suffruticosa Vahl subsp. fulgida (Raf.) Guadagno

Per quanto riguarda le caratteristiche dei semi e la germinabilità della specie *Calendula suffruticosa Vahl subsp. fulgida (Raf.) Guadagno*, non sono state effettuate prove di germinazione in quanto tali informazioni sono già disponibili in studi pregressi.

Dati disponibili presso il Seed Information Database riportano una germinabilità dei semi del 75% a 16°C (Seed Information Database, sito web).

Le metodologie di conservazione a lungo termine delle cipsele della specie *Calendula suffruticosa Vahl subsp. fulgida (Raf.) Guadagno* sono state indagate dal RBG Kew (Royal Botanical Gardens), Wakehurst Place. La collezione più antica risale a 22 anni fa, con una variazione media della germinazione passata dall' 81,6% al 54,5%. La durata media di conservazione è di 14 anni (Seed Information Database, sito web).

Per quanto riguarda la germinazione delle altre specie di *Calendula*, sono disponibili anche dati relativi alla *Calendula officinalis*, una specie perenne, e alla *Calendula arvensis*, una specie annuale.

La ricerca sull'effetto del trattamento preliminare dei semi sulla germinazione di *Calendula officinalis* è stata condotta in due studi distinti. Nel primo studio, Arjenaki et al. (2011) hanno valutato l'efficacia del trattamento con polietilenglicole (PEG) su vari parametri di germinazione. Hanno osservato un significativo miglioramento nella germinazione, lunghezza delle radici e del fusto, peso dei germogli e tasso di germinazione, suggerendo che il trattamento con PEG potrebbe essere utile per migliorare la germinazione dei semi di *Calendula*. Nel secondo studio, Karimi e Varyani (2016) hanno esaminato l'effetto di diverse tecniche di trattamento preliminare, come l'idropriming (immersione dei semi in acqua) e

l'osmoprimering (immersione dei semi in soluzioni osmoticamente attive, come saccarosio o polietilenglicole), e hanno riscontrato che il trattamento con acido giberellico ha portato ai migliori risultati di germinazione.

Altri studi hanno esplorato gli effetti dello stress salino e della temperatura, nonché l'uso di tecniche come l'irradiazione laser e l'idro-priming. Complessivamente, questi studi confermano l'importanza del trattamento preliminare dei semi nel migliorare la germinazione e lo sviluppo delle piante di *Calendula*; anche l'uso della luce LED rossa è stato identificato come benefico per la germinazione e lo sviluppo dei semi (Torbagha M. E., 2012; Eberle et al., 2014; Kouchebagh et al., 2015; Zeljković et al., 2022).

Calendula arvensis presenta un comportamento di conservazione ortodosso, con una capacità di mantenere la vitalità dei suoi semi anche a lungo termine. Studi condotti presso il RBG Kew, WP hanno dimostrato che i semi di questa specie mantengono una buona vitalità anche dopo 20 anni dalla raccolta. La variazione media nella germinazione durante questo periodo è stata registrata dal 91,3% all'88,4%, con un periodo medio di conservazione di 14 anni e 4 raccolte considerate (SID, sito web).

4. CONCLUSIONE

Lotus hirsutus L. e *Calendula suffruticosa* Vahl subsp. *fulgida* (Raf.) Guadagno sono due specie spontanee nell'areale Mediterraneo, di interesse per vari impollinatori spontanei.

La ricerca condotta ha permesso di conoscere i periodi di fioritura e fruttificazione per *Lotus hirsutus* L., utili per studiare il comportamento riproduttivo della specie, nonché la capacità germinativa dei suoi semi.

Nelle stazioni fenologiche individuate all'interno del Parco del Cardeto di Ancona si è visto che il periodo di fioritura di *Lotus hirsutus* ha una durata di 45 giorni, con inizio a metà maggio e termine a fine giugno. La raccolta dei frutti è avvenuta quindi a partire dalla prima settimana di luglio, all'incirca dal 6 al 18 luglio.

La raccolta dei frutti, che è avvenuta in modalità manuale, non ha riscontrato particolari difficoltà; tuttavia, è raccomandabile non aspettare che i frutti arrivino a completa maturità, altrimenti si può correre il rischio che con la disseminazione alcuni semi vadano persi. Oltre a questo, c'è anche da considerare il rischio legato alla predazione da parte di alcuni insetti.

La pulizia manuale dei semi di *Lotus hirsutus* richiede una certa attenzione nel momento della separazione dei semi dai frutti, ma non mostra particolari punti critici, in quanto per il resto si basa sull'utilizzo di setacci e del separatore gravimetrico.

Si è visto che per *Lotus hirsutus* L., l'unico fattore che incide significativamente sulla germinazione è il pretrattamento, in particolar modo la scarificazione meccanica, seguita da quella chimica. Di fatti, i semi non trattati hanno ottenuto in media una germinazione del 24,2%, mentre quelli trattati con scarificazione meccanica hanno raggiunto il 95%, e quelli con H₂SO₄ l'87,8%.

Nell'ottica quindi dell'utilizzo di *Lotus hirsutus* L. come specie da seminare in ambienti seminaturali ai fini del ripristino della biodiversità e dell'incremento delle risorse utili agli impollinatori, l'esigenza di ricorrere ad un pretrattamento chimico o meccanico dei semi può rappresentare un limite. Tuttavia, ulteriori approfondimenti potrebbero essere presi in considerazione per avere una visione d'insieme più ampia delle caratteristiche germinative della specie, come ad esempio l'esigenza di freddo (semina a temperature più basse) o, al contrario, di calore (semina a temperature più elevate) rispetto a quelle considerate nella presente tesi. Allo stesso modo, potrebbe essere utile effettuare prove di semina in pieno campo in stagioni diverse.

La tesi ha anche permesso di monitorare l'andamento fenologico riproduttivo di alcuni popolamenti di *Calendula suffruticosa* Vahl subsp. *fulgida* (Raf.) Guadagno, specie spontanea caratteristica dell'area del Conero e anch'essa di un certo interesse per gli impollinatori, soprattutto per la sua fioritura prolungata.

Per quanto riguarda la *Calendula suffruticosa* Vahl subsp. *fulgida* (Raf.) Guadagno, nell'area di studio considerata la raccolta dei semi potrebbe iniziare verso la metà del mese di giugno, poiché è stata osservata l'inizio della fruttificazione verso la metà di maggio. Questi tempi di raccolta ottimali sono cruciali per garantire la qualità e la vitalità dei semi raccolti, evitando perdite dovute a disseminazione o danni causati da insetti.

La raccolta manuale è molto semplice e avviene senza particolari difficoltà.

La pulizia dei semi di *Calendula* è un processo relativamente semplice che include una pulizia visiva per mezzo di setacci e del separatore gravimetrico per rimuovere detriti, residui di fiorie altro materiale vegetale non utile. Nel caso della semina di *Calendula suffruticosa* Vahl subsp. *fulgida* (Raf.) Guadagno si è visto dai dati di letteratura che la pianta ha una capacità germinativa medio-alta a basse temperature; pertanto, si potrebbe suggerire una semina autunnale o all'inizio della primavera. L'idropriming e l'osmopriming sono riportati in letteratura come mezzi efficaci nel migliorare la germinazione di specie dello stesso genere, sottolineando l'importanza di adottare approcci specifici per ciascuna specie al fine di ottimizzare il processo di germinazione e garantire il successo della coltivazione.

Le due specie studiate possono quindi rappresentare potenziali soluzioni per il restauro degli habitat degli impollinatori nel bacino mediterraneo, ad esempio attraverso la realizzazione di miscugli di semi autoctoni di interesse apistico. Queste azioni possono contribuire in modo tangibile alla salvaguardia degli impollinatori e alla promozione di ecosistemi sani e diversificati.

BIBLIOGRAFIA

- Aizen, M. A., Aguiar, S., Biesmeijer, J. C., et al. (2019). *Global agricultural productivity is threatened by increasing pollinator dependence without a parallel increase in crop diversification*. *Glob Change Biol.* 25: 3516–3527. <https://doi.org/10.1111/gcb.14736>.
- APAT. (2006). *Manuale per la raccolta, studio, conservazione e gestione ex situ del germoplasma*.
- Arjenaki, F. G., Dehaghi, M. and Jabbari, R. (2011). *Effects of Priming on Seed Germination of Marigold*.
- Arora, D., Rani, A., Sharma, A. (2013). *A review on phytochemistry and ethnopharmacological aspects of genus Calendula*. *Pharmacogn Rev* 7:179. doi: 10.4103/0973-7847.120520.
- Bacchetta G., Fenu G., Mattana E., Piotto B. (2014). *Procedure per il campionamento in situ e la conservazione ex situ del germoplasma*. Manuali e linee guida ISPRA 118/2014.
- Bartolucci et al. (2018a, b, c, 2019a, b, 2020a, b, 2021a, b, 2022a), Galasso et al. (2018a, b, c, 2019a, b, 2020a, b, 2021a, b, 2022a). *Checklist della flora autoctona*.
- Bauer, D. M., Wing, I. S. (2010). *Economic Consequences of Pollinator Declines: A Syntesis. Agricultural and Resource Economics Review*. 39(3):368-383. doi: 10.1017/S1068280500007371.
- Bell, L. W., Ryan, M. H., Ewing, M. E., Moore, G. A. and Lane, P. A. (2008). *Prospects for three Dorycnium species as forage plants in agricultural systems: a review of their agronomic characteristics*.
- Bellucci V., Piotto B., Silli V. (a cura di). (2021). *Piante e insetti impollinatori: un'alleanza per la biodiversità*. ISPRA, Serie Rapporti, 350/2021.
- Bewley, J. D., and Black, M. (1994). *Seeds: Physiology of Development and Germination*. (New York: Plenum Press).
- Bewley J. D. (2007). *Seed Germination and Dormancy*. American Society of Plant Physiologists, The Plant Cell, Vol. 9, 1055-1066, July 1997.
- Bojňanský V., Fargašová A. (2007). *Atlas of Seeds and Fruits of Central and East-European Flora: The Carpathian Mountains Region*.
- Brockwell, J. and Neal-Smith, C.A. (1966). Effective nodulation of hairy canary clover, *Dorycnium hirsutum* (L.) Ser. In DC. Australia, *CSIRO Division of Plant Industry, Field Station Record*, 5(1):9-15.
- Burkle, L. A., Jha, S. (2024). *Impacts of climate change on insect pollinators and consequences for their ecological function*. In: González-Tokman D. and Dáttilo W., a cura di *Effects of Climate Change on Insects: Physiological, Evolutionary, and Ecological Responses*.
- Commissione Europea. (2018). *Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. L'iniziativa dell'UE a favore degli impollinatori*. Bruxelles, 1.6.2018 COM (2018) 395 final.

- Commissione Europea. (2020). *Relazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio e al Comitato economico e sociale europeo. Lo stato della natura nell'Unione Europea. Relazione sullo stato e sulle tendenze delle specie e dei tipi di habitat protetti dalle direttive Uccelli e Habitat nel periodo 2013-2018*. Bruxelles, 15.10.2018 COM (2020) 635 final.
- Davies, S. R. (2005). *Evaluation of Dorycnium spp. as Alternative Forage Plants*.
- Dicks L.V. et al. (2021). *A global-scale expert assessment of drivers and risks associated with pollinator decline*.
- Direttiva 2009/147/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 30 novembre 2009, concernente la conservazione degli uccelli selvatici (GU L 20 del 26.1.2010, pag. 7).
- Direttiva 92/43/CEE del Consiglio, del 21 maggio 1992, relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche (GU L 206 del 22.7.1992, pag. 7).
- Douglas G. B., Foote A. G. (1994). *Establishment of perennial species useful for soil conservation and as forages*. New Zealand Journal of Agricultural Research, 37:1-9.
- Eberle, C. A., Forcella, F., Gesch, R., Peterson, D. and James Eklund. (2014). *Seed germination of calendula in response to temperature*.
- EFSA. (2009). *Bee Mortality and Bee Surveillance in Europe*. CFP/EFSA/AMU/2008/02.
- Ente Parco del Conero. (2008). Piano del Parco del Conero. Approvato con DACR Marche n. 154 del 02/02/2010 e n. 156 del 08/02/2010.
- ENSCONET. (2009). *ENSCONET Seed Collecting Manual for Wild Species*.
- Ercole S., Angelini P., Carnevali L., Casella L., Giacanelli V., Grignetti A., La Mesa G., Nardelli R., Serra L., Stoch F., Tunesi L., Genovesi P. (ed.). (2021). *Rapporti Direttive Natura (2013-2018). Sintesi dello stato di conservazione delle specie e degli habitat di interesse comunitario e delle azioni di contrasto alle specie esotiche di rilevanza unionale in Italia*. ISPRA, Serie Rapporti 349/2021.
- Evert, R. F. and Eichhorn, S. E. (2013). *La biologia delle piante di Raven*. Settima edizione italiana condotta sull'ottava edizione americana. Bologna.
- Faegri, K., Van Der Pijl, L. (1979). *The principles of pollination ecology*. Pergamon Press, Oxford.
- FAO. (2016). *Policy analysis paper: Mainstreaming of biodiversity and ecosystem services with a focus on pollination*.
- Forrest, J. R. K. (2016). *Insect Pollinators and Climate Change*. In: Jhonson S. N., Jones T. H., a cura di Global Climate Change and Terrestrial Invertebrates. Part II: Friends and Foes: Ecosystem Service Providers and Vectors of Disease, pp.69-91.
- Gallai, N., Salles, J., Settele, J. & Vaissiere, B. E. (2009). *Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline*. Ecological Economics, 68(3): 810–821.

- Gonçalves, A. C., Castro, S., Paiva, J., Santos, C., & Silveira, P. (2018). *Taxonomic revision of the genus Calendula (Asteraceae) in the Iberian Peninsula and the Balearic Islands*. *Phytotaxa*, 352(1), 1-91.
- Goulson, D. (2020). *Pesticides, Corporate Irresponsibility, and the Fate of Our Planet*. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.03.004>.
- Heyn, C.C. & Joel, A. (1983). *Reproductive relationships between annual species of Calendula*. *Plant Systematics and Evolution* 143:311–329. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00986612>.
- IPBES. (2016). *The Assessment Report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on Pollinators, Pollination and Food Production*.
- IPBES. (2017). Schmeller, Dirk S., Niemelä, J., Bridgewater, P. *The Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services September 2017*, Volume 26, Issue 10, pp 2271–2275. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10531-017-1361-5>.
- IPBES. (2019). *Global assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*, Brondízio, E. S., Settele, J., Díaz, S., Ngo, H. T. (eds). IPBES secretariat, Bonn, Germany, ISBN: 978-3-947851-20-1.
- ISPRA. (2020). *Il declino delle api e degli impollinatori. Le risposte alle domande più frequenti*. Quaderni Natura e Biodiversità n.12/2020. ISBN 978-88-448-1000-9, 43 p.
- IUCN. (2015). *International Union for Conservation of Nature- European Red List of Bees*. Disponibile al sito http://ec.europa.eu/environment/nature/conservation/species/redlist/downloads/European_bees.pdf.
- Karimi, M. and Varyani, M. (2016). *Role of priming technique in germination parameters of calendula (Calendula officinalis L.) seeds*.
- Karthik, S., Sai Reddy, M. S. (2021). *Climate change and its potential impacts on insect-plant interactions*. In: Harris S. (a cura di). *The Nature, Causes, Effects and Mitigation of Climate Change on the Environment.*, pp.393-404.
- Kevan P. G. & Blandina F. Viana. (2003). *The global decline of pollination services, Biodiversity*. 4:4, 3-8. <http://dx.doi.org/10.1080/14888386.2003.9712703>.
- Kluser, S., Peduzzi, P. (2007). “*Global Pollinator Decline: A Literature Review*”, UNEP/GRID-Europe. © UNEP 2007.
- Kocabaş, Y. Z., & İlçim, A. (2020). *Systematic Contributions to Taxa Dorycnium hirsutum (Fabaceae) in Turkey*. *Commagene Journal of Biology*, 4(1), 32-35. <https://doi.org/10.31594/commagene.711207>.
- Kouchebagh, S. B., Rasouli, P., Babaiy, A. H. and Khanlou, A. R. (2015). *Seed germination of pot marigold (Calendula officinalis L.) as affected by physical priming techniques*.
- Lieth, H. (Ed). (1974). *Phenology and seasonality modeling*. *Ecological Studies* n.8, Springer, N.Y., 444 pp.
- Lim, T. K. (2014). *Edible medicinal and non-medicinal plants (Volume 7, Flowers)*. Springer. City. doi: 10.1007/978-94-007-1764-0.

- Lucchetti, L., Taffetani, F. (2012). *Ecologia, raccolta, germinabilità, conservazione e semina di specie erbacee spontanee ad interesse alimentare degli agroecosistemi delle Marche*.
- Lucchetti, L., Taffetani, F., Muraro, J. (2020). *Vegetazione, fenologia e funzionalità delle comunità semi-naturali degli agroecosistemi nelle Marche, Italia centrale*.
- Klein, A. M., Vaissière, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C., Tscharntke, T. (2007). *Importance of pollinators in changing landscapes for world crops*. Proceedings of the Royal Society B 274: 303-313.
- Król, B. (2013). *Effect of plant density on the yield and quality of flower heads of pot marigold*.
- Mainardi, F., Biondi, E., Taffetani, F. (2010). *Studio sulla germinazione e della reintroduzione di Cladium mariscus (L.) Pohl, nella stazione del Lago Profondo di Portonovo di Ancona*.
- Marletto, V. (1999). *Fenologia vegetale*. In Botarelli, L., Brunetti, A., Pasquini, A., Zinoni, F. (a cura di). *Aspetti generali delle osservazioni agrofologiche*. Collana di Agrofologia, MiPAF, P.F. Phenagri, Fenologia per l'Agricoltura. Vol. 1, pp 110.
- Malossini, A. (1993). *Procedure per il rilevamento fenologico nei Giardini Italiani*. Gruppo di Lavoro nazionale per i Giardini fenologici, Assessorato Agricoltura, R.E.R., 65 pp.
- MEA. (2005a). *Ecosystems and human well-being: Biodiversity synthesis*. Millennium Ecosystem Assessment. Washington, DC, World Resources Institute.
- Moghaddasi, M. S. & Kashani, H. H. (2012). *Pot marigold (Calendula officinalis) medicinal usage and cultivation*. Scientific Research and essays, 7(14), 1468-1472.
- Nieto, A., Roberts, S. P. M., Kemp, J., Rasmont, P., Kuhlmann, M., Garcia Criado, M., Biesmeijer, J. C., Bogusch, P., Dathe, H. H., De la Rua, P., De Meulemeester, T., Dehon, M., Dewulf, A., Ortiz-Sanchez, F. J., Lhomme, P., Pauly, A., Potts, S. G., Praz, C., Quaranta, M., Radchenko, V. G., Scheuchl, E., Smit, J., Straka, J., Terzo, M., Tomozii, B., Window, J. and Michez, D. (2014). *European red list of bees*. Luxembourg Publication Office of the European Union.
- Omidbeygi, R (2005). *Iran aromatic and medicinal plant J.*, 21: 4.
- Orfeo A., Biondi E., Casavecchia S. (2011). *Studio fisio-ecologico della germinazione di due specie endemiche del Gargano Centaurea diomedea Gasparr. e Campanula Garganica Ten.*
- Parlamento Europeo. (2019). *Il declino di api e altri impollinatori: le cause – Infografica*. Attualità Parlamento Europeo. <https://www.europarl.europa.eu/news/it/headlines/society/20191129STO67758/il-declino-di-api-e-altri-impollinatori-le-cause-infografica>.
- Pasqua, G., Abbate, G. and Forni, C. (2011). *Botanica generale e diversità vegetale*. Seconda edizione. Piccin Nuova Libreria S.p. A., Padova.
- Pignatti, S. (1982). *Flora d'Italia*. 1 voll. Edagricole. Bologna.
- Pignatti, S. (1982). *Flora d'Italia*. 3 voll. Edagricole. Bologna.
- Pignatti, S., Guarino R., La Rosa M. (2017-2019). *Flora d'Italia*, 2a edizione. Edagricole di New Business Media. Bologna.

Potts, S. G., Biesmeijer J. C., Kremen C., Neumann P., Schweiger O., Kunin W. E. (2010). *Global pollinator declines: trends, impacts and drivers*. Trends in Ecology & Evolution. Vol. 25. Number 6, pp. 345-354.

Puppi Branzi, G. (1983). *CRITERI PER IL RILEVAMENTO FENOLOGICO: ANGIOSPERME*. In Malossini A. (a cura di). Procedure per il rilevamento fenologico nei giardini italiani. Gruppo di lavoro nazionale per i Giardini fenologici.

Puppi, G. (2008). *Monitoraggio e gestione della diversità vegetale negli ambienti agrari intensivi e semi-intensivi*. In Genghini M. (a cura di). Monitoraggio della biodiversità selvatica negli agro-ecosistemi intensivi e semi-intensivi. Metodologie e casi di studio per la verifica della qualità degli ambienti agrari e l'efficacia delle politiche ambientali e agricole. Ist. Naz. Fauna Selv. (ora I.S.P.R.A.), Min. Pol. Agr. Alim. e For., St.e.r.n.a. Ed. Grafiche 3B, Toscanella di Dozza (BO), pp. 256.

Quaranta, M., Cornalba, M., Biella, P., Comba, M., Battistoni, A., Rondinini, C., Teofili, C. (compilatori). (2018). *Lista Rossa IUCN delle api italiane minacciate*.

Raal, A., Orav, A., Nesterovitsch, J., Maidla, K. (2016). *Analysis of Carotenoids, Flavonoids and Essential Oil of Calendula officinalis Cultivars Growing in Estonia*. Natural Product Communications. 2016;11(8). doi:[10.1177/1934578X1601100831](https://doi.org/10.1177/1934578X1601100831).

Raven P. H., Evert R. F., and Eichhorn S. E. (1992). *Biology of Plants 5th Edition*. Worth Publishers, New York.

Ramos-Jiliberto, R., Moisset de Espanés, P., Vázquez, D. P. (2020). *Pollinator declines and the stability of plant–pollinator networks*. Ecosphere 11(4): e03069. [10.1002/ecs2.3069](https://doi.org/10.1002/ecs2.3069).

Riaz, J., Razzaq, H., Amjad, T., Anjum, A., Afzal, T., Fiza Fatima, Nayab, F. and Malik, M. F. (2020). *Pollution and pollinators: A review*. Pure and Applied Biology. Vol. 9, Issue 3, pp2049-2058. <http://dx.doi.org/10.19045/bspab.2020.90219>.

Ricciardelli d'Albore, G., Persano Oddo, L. (1981). *Flora apistica italiana*. Istituto sperimentale per la zoologia agraria, a cura della Federazione Apicoltori Italiani.

Ricciardelli d'Albore, G. e Intoppa, F. (2000). *Fiori e Api. La flora visitata dalle api e dagli altri apoidei in Europa*. Edagricole.

Ricciotti, A., Casavecchia, S., Pesaresi, S. (2017). *Effetto della temperatura sulla risposta germinativa di 4 varietà di canapa (Cannabis sativa L.)*.

Risoluzione del Parlamento europeo del 2 febbraio 2016 sulla revisione intermedia della strategia dell'UE sulla biodiversità (2015/2137(INI)) (OJ C, C/35, 31.01.2018, p.2, CELEX: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52016P0034>).

Risoluzione del Parlamento europeo del 15 novembre 2017 su un piano d'azione per la natura, i cittadini e l'economia (2017/2819(RSP)).

Salamon, I. (2006). *Cultivation differences between Pot Marigold (Calendula officinalis L.) varieties*.

Sanchez-Bayo, F. & Wyckhuys, K. A. G. (2019). *Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers*. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>.

Settele, J., Bishop, J. and Potts, S. G. (2016). *Climate change impacts on pollination*. Nature Plants 2, 16092. <https://doi.org/10.1038/nplants.2016.92>.

- Shivanna, K. R., Tandon, R., Koul, M. (2020). “*Global Pollinator Crisis*” and Its Impact on Crop Productivity and Sustenance of Plant Diversity. *Reproductive Ecology of Flowering Plants: Patterns and Processes*. Springer, Singapore.
- Simonetti, G., Frilli F., Barbattini, R., Iob, M. (1989). *Flora d’interesse apistico*. Appendice ad Apicoltura-Rivista scientifica di Apidologia, numero 5.
- Smith et al. (2022). *Pollinator deficits, food consumption, and consequences for human health: a modeling study*. *Environmental Health Perspectives* 130(12).
- Sofiane, I, S., Ratiba, S., Cortes Martinez, D. M., Cabedo, N. (2018). *Phytochemical Composition and Evaluation of the Antioxidant Activity of the Ethanolic Extract of Calendula suffruticosa subsp. suffruticosa Vahl*.
- Sofiane, I., & Seridi, R. (2024). *Ethnomedicine exploration of medicinal plants: Fumaria capreolata L. and Calendula suffruticosa Vahl in Numidia (north-eastern Algeria)*. *Biodiversity: Research and Conservation*, 70, 19–32. <https://doi.org/10.14746/biorc.2023.70.3>.
- TEEB. (2010). *The economics of ecosystems and biodiversity (TEEB) ecological and economic foundations*. Geneva, TEEB (available at www.teebweb.org).
- Tomaselli, V., Ferrauto, G., Longhitano, N., Zizza, A. (1999). *La flora apistica dei Monti Iblei (Sicilia sud-orientale)*.
- Tommasi A., Buffa G., Pasquini S. (2014). *La biologia della riproduzione: Test di germinazione su semi di Populus nigra*.
- Torbaghan, M. E. (2012). *Effect of salt stress on germination and some growth parameters of marigold*.
- Underwood, E., Darwin, G., Gerritsen, E. (2017). *Pollinator Initiatives in EU Member States: Success Factors and Gaps*. Report under contract for provision of technical support related to Target 2 of the EU Biodiversity Strategy to 2020. https://ec.europa.eu/environment/nature/conservation/species/pollinators/documents/ieep_2017_pollinator_initiatives_in_eu_member_states.pdf.
- Uwingabire, Z., Gallai, N. (2024). *Impacts of degraded pollination ecosystem services on global food security and nutrition, Ecological Economics*. Volume 217, 108068. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2023.108068>.
- Vaida, S., Muntean, S. L., Duda, M. M. (2011). *Results regarding the growing marigold (Calendula officinalis L.) in climatic conditions from Jucu, Cluj*.
- Wills, B. J. and Douglas, G. B. (1984). *Canary Clovers*. Streamland 32, National Water and Soil Conservation Authority Publication. 4.
- Wills, B. J., Begg, J. S. C. and Sheppard J. S. S. (1989). *Dorycnium and other Mediterranean species - their use for forage and soil conservation in semi-arid environments in New Zealand*.
- Woodman, R. F., Keoghan, J. M., and Allan, B. E. (1992). *Pasture species for drought-prone lower slopes in the South Island high country*. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, 54:115-120.
- Wilson, E. O. (1988). *Biodiversity*. National Academies Press, ISBN: 0309037395, 9780309037396.

Zeljковиć, S., Kozomara1, I., Davidović Gidas, J., Davitkovska, M. and Bogevska, Z. (2022). *Seed germination of Calendula officinalis L. under influence of different light conditions.*

Zito, P., Tavella, F., Sajeve, M., Carimi, F. and Dötter, S. (2018). *Inflorescence scents of Calendula maritima, Calendula suffruticosa subsp. fulgida, and their hybrid.*

SITOGRAFIA

[Plants Database - Garden.org](#)

[Lotus hirsutus - Wikipedia](#)

[Dryades Project \(units.it\)](#)

[Hirsutus di loto L. | Piante del mondo online | Scienza di Kew](#)

[Salute degli insetti impollinatori | EFSA \(europa.eu\)](#)

[Relazione speciale: Impollinatori \(europa.eu\)](#)

[Impollinatori | Animali in via di estinzione e specie a rischio | WWF Italia](#)

[Convenzione sulla Biodiversità \(Convention on Biological Diversity\) — Italiano \(isprambiente.gov.it\)](#)

[Il declino di api e altri impollinatori: le cause - Infografica | Attualità | Parlamento europeo \(europa.eu\)](#)

https://dryades.units.it/gallignano/index.php?procedure=taxon_page&id=5829&num=7606

https://it.wikipedia.org/wiki/Calendula_suffruticosa

<https://www.reteribes.it/interna.asp?idPag=70>

<https://web.archive.org/web/20160304072254/http://www.dipbot.unict.it/orto-botanico/scheda.aspx?i=1116>

<https://www.florae.it/?id=2781>

<https://www.biodiversitylibrary.org/item/40239#page/700/mode/1up>

https://maltawildplants.com/ASTR/Calendula_suffruticosa_subsp_fulgida.php

https://euromed.luomus.fi/euromed_map.php?taxon=280728&size=medium

https://luirig.altervista.org/schedeit/ae/calendula_suffruticosa.htm

<https://www.atlantides.it/lotus-hirsutus.html>

<https://www.fondazionevilupposostenibile.org/la-tutela-degli-impollinatori-indispensabile-per-la-biodiversita-e-la-produzione-agro-alimentare/>

<https://mizar.unive.it/lifepollination.eu/>

https://www.lamaddalenapark.it/pagina21863_life-pollinetwork.html

<https://www.movito.unito.it/>

<https://www.pcto.univpm.it/progetto.php?id=6>

<https://www.parcodelconero.org/piani/piani-e-regolamenti/#fndtn-panel807>

[q.P Quaderno 02](#)

Tavola q.P 02 Classificazione di ambienti territoriali

<http://www.regione.marche.it/Regione-Utile/Paesaggio-Territorio-Urbanistica/Cartografia/Repertorio/Cartageologicaregionale10000>
<https://www.esrl.noaa.gov/gmd/grad/neubrew/Calendar.jsp?view=DOY&year=2023&col=4>
<https://www.lifebeeadapt.eu/>
<https://mizar.unive.it/lifepollination.eu/>
https://www.lamaddalenapark.it/pagina21863_life-pollinetwork.html
https://www.movito.unito.it/gliobiettivi/?_gl=1*1109g9r*_up*MQ..*_ga*NTYyOTc1NTU0LjE3MTIxNDQyNjA.*_ga_QBR750JXF8*MTcxMjE0NDI1OS4xLjEuMTcxMjE0NTQ1OS4wLjAuMA..
<https://www.ortobotanico.univpm.it/node/49>
<http://giornale.parcodeiconero.com/news/biodiversita/gli-impollinatori-nel-parco-del-conero-se-ne-parla-venerd-al-centro-visite/>
https://www.fondazioneclariverona.org/wpcontent/uploads/2023/07/Bil_Fondazione_Cari_verona_2022_web_v_1_1.pdf
<https://www.atlantides.it/lotus-hirsutus.html>
https://maltawildplants.com/ASTR/Calendula_suffruticosa_subsp_fulgida.php
<https://luirig.altervista.org/flora/taxa/index1.php?scientific-name=dorycnium+hirsutum>
<https://web.archive.org/web/20160304072254/http://www.dipbot.unict.it/orto-botanico/scheda.aspx?i=1116>
<https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:187927-1>
<https://ser.sid.org/species/68f762e6-62be-4973-8305-1bb802f7925f>
[Regione Marche > Regione Utile > Ambiente > Cartografia e informazioni territoriali > Repertorio > Carta geologica regionale 1:10000](#)
<https://www.lavalledelmetauro.it/contenuti/funghi-flora-fauna/scheda/11203.html>
<http://www.geofisico.it/statistiche.htm>

APPENDICE

Allegato 1

I conteggi delle prove di germinazione per le diverse temperature sono riportati nelle **Tabelle 15.1-15.3** (**Tabella 15.1** Conteggi della prova di germinazione con la temperatura costante a 15 °C, **Tabella 15.2** Conteggi della prova di germinazione con la temperatura costante a 20 °C, **Tabella 15.3** Conteggi della prova di germinazione con la temperatura alternata 25/15 °C).

Temperatura 15° C		Andamento germinazione																	
		Anno 2022									Anno 2023								
		T1 non trattato			T2 scarificato meccanicamente			T3 H2SD4			T1 non trattato			T2 scarificato meccanicamente			T3 H2SD4		
r1	r2	r3	r1	r2	r3	r1	r2	r3	r1	r2	r3	r1	r2	r3	r1	r2	r3		
25.07.2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
26.07.2023	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
27.07.2023	0	0	0	0	2	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
28.07.2023	0	0	0	1	8	6	5	3	4	1	0	0	0	2	2	0	2	1	
29.07.2023																			
30.07.2023																			
31.07.2023	0	0	0	1	13	12	10	5	8	6	0	0	1	2	4	2	1	0	
01.08.2023	0	0	0	1	15	14	14	5	8	10	0	1	1	3	4	2	3	1	
02.08.2023	3	2	2	3	15	15	15	5	8	10	0	1	1	7	10	3	7	4	
03.08.2023	5	4	3	3	17	17	19	7	12	15	3	1	1	10	12	3	11	8	
04.08.2023																			
05.08.2023																			
06.08.2023																			
07.08.2023	8	4	3	3	21	21	21	14	21	21	5	2	2	12	14	18	15	13	
08.08.2023	8	4	3	3	21	21	21	14	21	21	5	2	2	20	16	18	15	13	
09.08.2023	8	4	3	3	21	24	21	14	22	21	5	2	2	21	20	18	15	14	
10.08.2023	8	4	4	4	21	24	21	14	22	22	5	2	2	21	20	19	15	19	
11.08.2023	8	4	4	4	21	24	21	16	23	22	5	2	2	21	20	19	15	19	
12.08.2023																			
13.08.2023																			
14.08.2023	10	5	6	6	21	25	22	16	23	23	5	2	4	21	20	20	15	19	
15.08.2023																			
16.08.2023	10	12	10	10	25	25	25	16	23	23	5	2	4	24	25	25	23	19	
17.08.2023	10	12	10	10	25	25	25	17	23	23	5	2	4	24	25	25	23	19	
18.08.2023	10	12	10	10	25	25	25	17	24	23	5	2	4	24	25	25	23	19	
19.08.2023																			
20.08.2023																			
21.08.2023	10	12	10	10	25	25	25	17	24	23	5	2	4	24	25	25	23	19	
22.08.2023	10	12	10	10	25	25	25	17	24	23	5	2	4	24	25	25	23	19	
23.08.2023	10	12	10	10	25	25	25	17	24	23	5	2	5	24	25	25	23	19	
24.08.2023	10	12	10	10	25	25	25	17	24	23	5	2	5	24	25	25	23	19	
25.08.2023	10	12	10	10	25	25	25	17	24	23	5	2	5	24	25	25	23	19	

Temperatura 20°C		Andamento germinazione																	
		Anno 2022									Anno 2023								
		T1 non trattato			T2 scarificato meccanicamente			T3 H2SO4			T1 non trattato			T2 scarificato meccanicamente			T3 H2SO4		
Data	r1	r2	r3	r1	r2	r3	r1	r2	r3	r1	r2	r3	r1	r2	r3	r1	r2	r3	
24.07.2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25.07.2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26.07.2023	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	2	0
27.07.2023	0	1	0	14	0	4	4	9	5	1	0	0	6	4	20	2	5	2	2
28.07.2023	0	1	0	14	4	13	9	15	11	1	0	0	7	14	20	6	6	6	6
29.07.2023																			
30.07.2023																			
31.07.2023	3	1	0	18	9	18	14	16	16	2	0	1	13	20	21	9	13	13	13
01.08.2023	3	1	2	20	9	20	19	18	20	5	1	1	22	21	22	9	15	15	15
02.08.2023	3	2	3	22	9	23	20	18	21	5	2	2	23	22	23	12	17	17	20
03.08.2023	3	2	3	22	9	24	20	18	21	5	2	2	23	23	24	13	18	18	20
04.08.2023																			
05.08.2023																			
06.08.2023																			
07.08.2023	3	4	5	22	9	24	20	20	21	6	2	3	23	23	24	16	19	20	20
08.08.2023	3	4	5	23	9	24	21	21	21	6	2	3	23	23	24	17	19	20	20
09.08.2023	3	4	5	23	9	24	21	21	21	6	2	3	25	23	25	17	19	20	20
10.08.2023	3	4	5	24	9	24	21	21	22	6	2	3	25	23	25	18	19	20	20
11.08.2023	4	4	5	24	9	24	22	21	22	6	2	3	25	23	25	19	19	21	21
12.08.2023																			
13.08.2023																			
14.08.2023	4	4	5	24	9	24	22	21	24	6	2	3	25	25	25	19	24	24	22
15.08.2023																			
16.08.2023	4	4	5	25	9	24	22	21	24	9	2	3	25	25	25	20	24	24	22
17.08.2023	4	4	5	25	9	24	22	21	24	9	2	3	25	25	25	20	24	24	22
18.08.2023	4	5	5	25	10	24	22	21	25	10	2	3	25	25	25	20	24	24	22
19.08.2023																			
20.08.2023																			
21.08.2023	4	5	5	25	10	24	22	21	25	13	2	3	25	25	25	20	24	24	22
22.08.2023	4	5	5	25	10	24	22	21	25	13	2	3	25	25	25	20	24	24	22
23.08.2023	4	5	5	25	10	24	22	21	25	13	2	3	25	25	25	20	24	24	22
24.08.2023	4	5	5	25	10	24	22	21	25	13	2	3	25	25	25	20	24	24	22

Temperatura 25-15 C		Andamento germinazione																							
		Anno 2022												Anno 2023											
		T1 non trattato				T2 scarificato meccanicamente				T3H2SD4				T1 non trattato				T2 scarificato meccanicamente				T3H2SD4			
Data	r1	r2	r3	r1	r2	r3	r1	r2	r3	r1	r2	r3	r1	r2	r3	r1	r2	r3	r1	r2	r3	r1	r2	r3	
25.07.2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
26.07.2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
27.07.2023	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
28.07.2023	0	0	0	0	1	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	
29.07.2023																									
30.07.2023																									
31.07.2023	0	0	0	0	14	13	15	10	11	13	11	13	11	1	1	0	7	4	4	13	6	13	5		
01.08.2023	1	0	0	0	16	17	18	10	13	14	1	1	1	1	1	0	10	5	16	9	15	15	5		
02.08.2023	1	0	1	1	18	18	19	11	16	16	3	1	1	1	1	1	12	9	18	10	17	6	6		
03.08.2023	1	2	1	1	18	18	20	16	16	16	3	1	2	1	2	14	11	19	11	17	17	7	7		
04.08.2023																									
05.08.2023																									
06.08.2023																									
07.08.2023	5	5	3	3	20	18	21	18	18	18	5	3	3	3	16	17	22	13	22	13	17	8	8		
08.08.2023	5	5	3	3	22	21	22	18	18	19	6	4	4	3	16	17	24	15	24	15	18	9	9		
09.08.2023	5	5	3	3	22	21	22	18	18	19	6	4	4	3	17	17	24	15	24	15	18	9	9		
10.08.2023	5	5	3	3	22	21	22	18	18	20	6	4	4	3	18	19	24	15	24	15	18	9	9		
11.08.2023	5	5	3	3	23	22	23	19	19	21	8	4	4	4	18	19	24	15	24	15	18	11	11		
12.08.2023																									
13.08.2023																									
14.08.2023	5	5	4	4	24	23	24	21	22	22	8	4	4	4	24	22	24	22	24	22	18	19	19		
15.08.2023																									
16.08.2023	5	5	4	4	24	23	24	21	24	24	8	4	4	4	25	24	24	22	24	22	23	19	19		
17.08.2023	5	5	4	4	24	23	24	21	24	24	8	4	4	4	25	24	24	22	24	22	23	19	19		
18.08.2023	5	5	5	5	24	23	24	21	24	24	9	4	4	4	25	24	24	22	24	22	23	19	19		
19.08.2023																									
20.08.2023																									
21.08.2023	5	5	6	6	24	23	24	21	24	24	9	4	4	4	25	24	24	22	24	22	23	19	19		
22.08.2023	5	5	6	6	24	23	24	21	24	24	9	4	4	4	25	24	24	22	24	22	23	19	19		
23.08.2023	5	5	6	6	24	23	24	21	24	24	9	4	4	4	25	24	24	22	24	22	23	19	19		
24.08.2023	5	5	6	6	24	23	24	21	24	24	9	4	4	4	25	24	24	22	24	22	23	20	20		
25.08.2023	5	5	6	6	24	23	24	21	24	24	9	4	4	4	25	24	24	22	24	22	23	20	20		