



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente



Piante e insetti impollinatori: un'alleanza per la biodiversità



350/2021

RAPPORTI



Piante e insetti impollinatori: un'alleanza per la biodiversità

INFORMAZIONI LEGALI

L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), insieme alle 21 Agenzie Regionali (ARPA) e Provinciali (APPA) per la protezione dell'ambiente, a partire dal 14 gennaio 2017 fa parte del Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), istituito con la Legge 28 giugno 2016, n.132.

Le persone che agiscono per conto dell'Istituto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo rapporto.

ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Via Vitaliano Brancati, 48 – 00144 Roma

www.isprambiente.gov.it

ISPRA, Rapporti 350/2021

ISBN 978-88-448-1066-5

Citazione consigliata:

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

Elaborazione grafica:

Grafica di copertina: Elena Porrazzo

ISPRA – Area Comunicazione

Illustrazione di copertina: Beti Piotto

Coordinamento pubblicazione on line:

Daria Mazzella

ISPRA – Area Comunicazione

Settembre 2021

Autori

Silvia Assolari (SemeNostrum, Udine), punto 2.7 del Capitolo 2

Valter Bellucci (ISPRA, Dipartimento per il monitoraggio e la tutela dell'ambiente e per la conservazione della biodiversità), Capitolo 1, Allegato 2

Stefano Benvenuti (Università di Pisa, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali), punti 2.1, 2.2, 2.3, 2.6 del Capitolo 2, Allegato 1

Pietro Massimiliano Bianco. (ISPRA, Dipartimento per il monitoraggio e la tutela dell'ambiente e per la conservazione della biodiversità), Capitolo 3, Allegato 1, Allegato 2

Francesca Bretzel (Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerca sugli Ecosistemi Terrestri, sede di Pisa), punto 2.6 del Capitolo 2, Allegato 1

Daniele Calabrese (Università di Siena, Dipartimento di Scienze della Vita), punti 2.4 e 2.5 del Capitolo 2

Lorenzo Ciccarese (ISPRA, Dipartimento per il monitoraggio e la tutela dell'ambiente e per la conservazione della biodiversità), Capitolo 1

Aristide Colonna (Associazione Italiana Apiterapia), Capitolo 5

Guido Cortese (Comunità degli impollinatori Metropolitan, Slow Food), Capitolo 4

Emanuele Giordano (Università di Siena, Dipartimento di Scienze della Vita), punti 2.4 e 2.5 del Capitolo 2

Massimo Guarnieri (Università di Siena, Dipartimento di Scienze della Vita), punti 2.4 e 2.5 del Capitolo 2

Massimo Nepi (Università di Siena, Dipartimento di Scienze della Vita), punti 2.4 e 2.5 del Capitolo 2

Ettore Pacini (Università di Siena, Dipartimento di Scienze della Vita), punti 2.4 e 2.5 del Capitolo 2

Beti Piotto (Associazione Italiana Apiterapia), punti 2.6 e 2.8 del Capitolo 2, Allegato 1

Daniela Romano (Università di Catania, Dipartimento di Agricoltura, Alimentazione e Ambiente dell'Università di Catania), punto 2.6 del Capitolo 2, Allegato 1

Valerio Silli (ISPRA, Dipartimento per il monitoraggio e la tutela dell'ambiente e per la conservazione della biodiversità), Capitolo 1

INDICE

PREMESSA	8
INTRODUZIONE	9
1. IL SERVIZIO ECO SISTEMICO DELL'IMPOLLINAZIONE	10
Prefazione	10
1.1 Non solo api ma anche bombi, sirfidi, osmie e altri apoidei selvatici.....	10
1.2 Il modus operandi degli impollinatori.....	11
1.3 Il bacino del Mediterraneo e la sua ricchezza di specie vegetali ed impollinatori	12
1.4 Principali effetti dei cambiamenti climatici sul servizio di impollinazione	14
1.5 Contaminazione ambientale e minacce per gli apoidei.....	16
1.6 Ruolo dell'agricoltura biologica ed ecosostenibile per la tutela degli ecosistemi e la sicurezza alimentare del pianeta	18
BIBLIOGRAFIA	20
2. FLORA ENTOMOGAMA SPONTANEA, ARBOREA, ARBUSTIVA ED ERBACEA CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLE REGIONI MEDITERRANEE.....	25
2.1 La simbiosi mutualistica tra piante ed insetti	25
2.1.1 <i>Evoluzione dell'entomogamia</i>	25
2.1.2 <i>Ruolo ecologico dei wildflowers negli ecosistemi</i>	25
2.1.3 <i>Efficienza della biodiversità della fauna impollinatrice</i>	27
2.2 La biologia florale e riproduttiva delle piante erbacee entomogame	29
2.2.1 <i>Sessualità nei wildflowers</i>	29
2.2.2 <i>Dicogamia in specie entomogame</i>	30
2.2.3 <i>Foto-periodismo</i>	31
2.2.4 <i>Termo-periodismo</i>	32
2.2.5 <i>Apomissia</i>	33
2.2.6 <i>Riproduzione vegetativa da tessuti delle infiorescenze</i>	33
2.2.7 <i>Wildflowers geofite</i>	33
2.3 Strategie di attrattività dei fiori nei confronti degli insetti	34
2.3.1 <i>Colori</i>	34
2.3.2 <i>Forme</i>	35
2.3.3 <i>Polline</i>	36
2.3.4 <i>Nettare</i>	37
2.3.5 <i>Profumi</i>	37
2.3.6 <i>Calore</i>	38
2.3.7 <i>Risposta al ronzio</i>	38
2.4 Attrattori primari e secondari delle piante entomogame con speciale riferimento ad api ed altri apoidei.....	38
2.4.1 <i>Gli attrattori primari e secondari</i>	38
2.4.2 <i>Il polline</i>	39
2.4.3 <i>Il nettare</i>	39
2.4.3.1 <i>Gli effetti del cambiamento climatico sulla produzione di nettare e sull'interazione pianta-insetto</i>	40
2.4.4 <i>La melata</i>	41
2.5 Specie mellifere arboree ed arbustive spontanee di ambienti mediterranei	42
2.5.1 <i>Tipi di attrattori primari per le api negli alberi ed arbusti dell'ambiente mediterraneo</i>	42
2.6 Il ruolo delle fitocenosi erbacee nella conservazione dell'entomofauna	45
2.6.1 <i>Il ruolo dei fiori spontanei nel paesaggio rurale: biodiversità come terapia del benessere</i>	46
2.6.2 <i>Flora entomogama: strategie di dormienza, ecologia di germinazione, ed accumulo di soil seed banks</i>	49
2.6.2.1 <i>Peculiarità della flora entomogama</i>	49
2.6.2.2 <i>Strategie di dormienza dei semi, ecofisiologia della germinazione, formazione di soil seed banks</i>	52
2.6.3 <i>Specie erbacee spontanee per la naturalizzazione di ambienti antropici</i>	60
2.7 Produzione di seme di specie erbacee spontanee autoctone	64
2.7.1 <i>Raccolta del seme in ambienti naturali</i>	64
2.7.2 <i>Individuazione delle aree di raccolta</i>	64

2.7.3	Riconoscimento del momento della maturazione	64
2.7.4	Riconoscimento del seme.....	64
2.7.5	Metodi di raccolta	64
2.7.6	Campionamento della popolazione	65
2.7.7	Pulizia del seme raccolto a mano.....	65
2.7.8	Semina di seme raccolto a mano in ambienti naturali	65
2.7.10	Concimazioni.....	66
2.7.11	Raccolta del seme da apposite coltivazioni di specie	67
2.7.12	Essiccazione	67
2.7.13	Pulizia.....	68
2.7.14	Conservazione	69
2.7.15	Il materiale di propagazione: differenze tra specie selvatiche e varietà selezionate	69
2.7.15.1	Provenienza della semente	70
2.7.15.2	Utilizzo del seme.....	70
2.8	Salvaguardia e diffusione di specie spontanee, conservazione del loro germoplasma	72
2.8.1	Conservare il germoplasma in situ ed ex situ.....	72
2.8.2	Banche del germoplasma e reti di banche.....	73
2.8.2.1	La conservazione del germoplasma di piante non coltivate	74
	BIBLIOGRAFIA	76
3.	GESTIONE DEGLI ECOSISTEMI E CONSERVAZIONE DEGLI HABITAT SEMI-NATURALI PER FAVORIRE IL SODALIZIO PIANTA-INSETTI	85
3.1	Strategie per la diffusione di specie floristiche e di nicchie per gli apoidei nel miglioramento della qualità ambientale	85
3.2	Specie floristiche legnose spontanee e coltivate di interesse apistico e decoro urbano	88
3.3	Impollinatori, gestione ecologica degli ambienti antropici e naturali e salvaguardia della biodiversità.....	95
	BIBLIOGRAFIA	100
	SITOGRAFIA.....	103
4.	CORRIDOI ECOLOGICI URBANI. UN MODELLO DI PROGETTAZIONE SOSTENIBILE PER INCREMENTARE LA CONNESSIONE TRA PIANTE E INSETTI IMPOLLINATORI.....	104
4.1	Città sostenibili	104
4.1.1	Quali obiettivi.....	104
4.1.2	Cambiare paradigma	105
4.1.3	A chi spetta il compito di rigenerare	105
4.1.4	Gli impollinatori.....	106
4.1.5	La perdita di impollinatori	107
4.1.6	Gli impollinatori e le città	107
4.2	Un modello possibile: Corridoi Ecologici Urbani	109
4.2.1	Prendere coscienza dell'esistente.....	109
4.2.2	Bio-monitoraggio con le api.....	109
4.2.3	Creare biodiversità funzionale	110
4.2.4	Il verde pubblico.....	111
4.2.5	Azioni per la tutela degli impollinatori	112
4.2.6	Il prototipo Corridoi Ecologici Urbani	112
4.2.7	Un caso: Torino	114
	BIBLIOGRAFIA	118
5.	PRODOTTI DELL'ALVEARE E BENESSERE PSICO-FISICO	121
5.1	Curarsi con le api ovvero apiterapia.....	121
5.1.1	I prodotti dell'alveare usati in apiterapia: l'importanza della loro qualità.....	121
5.1.2	Apinutrition	121
5.1.2.1	Miele.....	121
5.1.2.2	Propoli.....	123
5.1.2.3	Polline	124
5.1.2.4	Cera.....	124
5.1.2.5	Pane d'api	125
5.1.3	Apipuntura.....	125

5.1.4 Apicosmesi.....	128
5.1.5 Respirare l'aria dell'alveare: gli apiari del benessere	129
5.2 Apipetdidattica.....	130
BIBLIOGRAFIA	131
SITOGRAFIA.....	132
ALLEGATO 1 – SCHEDE DESCRITTIVE DI ALCUNE SPECIE MEDITERRANEE FREQUENTEMENTE VISITATE DA INSETTI	133
ALLEGATO 2 – MIELI MONOFLORALI E MILLEFIORI: CARATTERISTICHE, PECULIARITÀ E DIVERSITÀ	151
BIBLIOGRAFIA	159

PREMESSA

Oltre il 75% delle principali colture agrarie e circa il 90% delle piante selvatiche da fiore si servono degli animali impollinatori per trasferire il polline da un fiore all'altro e garantire la riproduzione delle specie. L'impollinazione animale, consentendo a tantissime piante di riprodursi, è la base fondamentale dell'ecologia delle specie e del funzionamento degli ecosistemi, della conservazione degli habitat e della fornitura di una vasta gamma di importanti e vitali servizi e benefici per l'uomo, inclusa la produzione di alimenti, fibre, legname e altri prodotti tangibili. Il servizio di impollinazione offerto dai pronubi contribuisce a incrementare la resistenza e la resilienza degli ecosistemi ai disturbi di varia natura, consentendo l'adattamento dei sistemi agro-alimentari ai cambiamenti globali in corso e quindi, in sintesi, l'impollinazione, soprattutto quella entomofila, è alla base della biodiversità, della nostra esistenza e delle nostre economie.

Il valore economico del servizio di impollinazione animale è stimato in circa 153 miliardi di dollari a livello mondiale, dei quali circa 26 nella sola Europa e circa 3 in Italia. La produzione agricola mondiale direttamente associata all'impollinazione rappresenta un valore economico stimato tra 235 e 577 miliardi di dollari.

Tra tutti gli impollinatori, gli Apoidei sono i più numerosi, con almeno 20 mila diverse specie presenti in tutto il mondo e comprendono gli apoidei selvatici e le api da miele, *Apis mellifera*, conosciuta nel mondo come ape italiana. Il valore di questa specie, originaria dell'Europa, dell'Africa settentrionale e dell'Asia orientale, che da millenni ha con l'uomo un rapporto di mutuo vantaggio, è legato oltre che alla fornitura del servizio d'impollinazione, anche dalla produzione di miele e di altri prodotti dell'alveare, tutti importanti per il benessere psico-fisico umano.

Il rapporto tra uomo e *Apis mellifera* risale, come dimostrano i numerosi reperti iconografici, all'Antico Regno di Egitto (circa 2.400 a.C.), ma probabilmente anche a tempi precedenti. Le api e le attività a loro legate sono state integrate nelle culture e nelle tradizioni locali, supportando le attività umane e sono state fonte d'ispirazione per le arti, le religioni e le tradizioni dei popoli.

Nell'Unione Europea sono presenti più di 600 mila apicoltori, che gestiscono 17 milioni di alveari, per una produzione totale annua di circa 250 mila tonnellate di miele l'anno.

I servizi e i benefici vitali forniti dalle api e dagli altri impollinatori sono ora in pericolo e la stessa esistenza degli impollinatori è ormai fortemente minacciata. L'abbondanza delle popolazioni e lo stato di salute delle api e di tante altre specie sono sottoposti a minacce e pressioni di varia natura. In Europa, secondo l'International Union for Conservation of Nature, il 9% delle specie di api e farfalle è a rischio di estinzione.

Di fronte alle evidenze inequivocabili fornite dalla scienza rispetto alla drastica riduzione delle popolazioni e alle minacce a cui sono sottoposti gli impollinatori a causa delle attività antropiche, i decisori politici sono chiamati ad intensificare gli sforzi per arrestare e invertire il declino delle popolazioni di impollinatori, in particolare di quelle delle specie selvatiche in un quadro di tutela della biodiversità. Questo rapporto, che fa seguito ad altre pubblicazioni tecnico-scientifiche e divulgative redatte da ISPRA sul tema del declino degli impollinatori e della loro biodiversità, intende essere un ulteriore contributo per i processi decisionali.

Alla realizzazione di questo rapporto hanno contribuito numerosi esperti di importanti istituzioni, enti di ricerca, università e associazioni, che svolgono attività di informazione.

Il mio auspicio è che questa pubblicazione possa contribuire a diffondere la conoscenza e aumentare la consapevolezza tra i cittadini e i portatori di interesse su insetti impollinatori e sul delicato rapporto che essi hanno con l'ambiente e le risorse trofiche. Infine, confido che il risultato di questo lavoro corale possa consolidare la cooperazione tra le istituzioni scientifiche già coinvolte e stimolare nuove collaborazioni oltre che diffondere la conoscenza degli impollinatori e delle più efficaci misure per la loro conservazione.

Alessandro Bratti
Direttore Generale ISPRA

INTRODUZIONE

L'impollinazione delle piante da fiore da parte degli animali rappresenta un servizio ecosistemico di grande valore per l'umanità, sia dal punto di vista economico sia per il beneficio nei confronti delle piante spontanee e coltivate. Tuttavia, solo negli ultimi anni è stata apprezzata la necessità di una conservazione attiva delle interazioni dovute all'impollinazione. I sistemi di impollinazione sono sempre più minacciati dagli impatti diretti ed indiretti causati dall'uomo, tra cui la frammentazione dell'habitat, i cambiamenti nell'uso del suolo, le moderne pratiche agricole, l'uso di agrochimici come pesticidi e biocidi e le invasioni di piante e animali non autoctoni.

Il declino degli impollinatori è associato a una serie di pressioni ambientali che spesso agiscono in sinergia tra loro, quali distruzione, degrado e frammentazione degli habitat, inquinamento da agenti fisici e chimici, cambiamenti climatici e diffusione di specie aliene invasive, parassiti e patogeni. La gravità della situazione è testimoniata da una serie innumerevole di studi e ricerche, incluso un recente rapporto ad hoc dell'IPBES (*Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*), la massima autorità scientifica mondiale in tema di biodiversità, e da una serie di misure a tutela degli impollinatori assunte nel contesto delle politiche, nazionali e comunitarie, nei settori dell'agricoltura, dell'ambiente, della salute, della ricerca e dell'innovazione (IPBES, 2017; IPBES, 2019).

In questo manuale saranno presentati alcuni concetti, dati e ricerche sul tema degli impollinatori e della loro co-evoluzione con le specie vegetali; del loro delicato e complesso rapporto con piante e soprattutto con i fiori. L'obiettivo è approfondire e conoscere questo affascinante mondo, coinvolgendo anche i cittadini e portatori di interesse, al fine di raggiungere una maggiore conoscenza e consapevolezza ambientale, trasferendo parte delle informazioni acquisite dalla comunità scientifica e delle relative iniziative in atto.

Il nostro obiettivo in questo documento è cercare di far emergere, oltre i fattori che minacciano l'esistenza delle api, cosa è noto sul rapporto delle stesse con le piante, cosa rimane sconosciuto e come potremmo andare avanti verso un mondo in cui la diversità delle api sia gestita e conservata in modo sostenibile per le generazioni future.

Lorenzo Ciccarese

Responsabile dell'Area per la conservazione e la gestione della flora, della vegetazione e delle foreste, degli habitat e degli ecosistemi dei suoli e per l'uso sostenibile delle risorse agro-forestali di ISPRA

1. IL SERVIZIO ECO SISTEMICO DELL'IMPOLLINAZIONE

Prefazione

Si definiscono pronubi quegli insetti che trasportano il polline da un fiore all'altro consentendo l'impollinazione e la conseguente formazione del frutto e dei semi. Sono molti gli insetti in grado di svolgere questo compito, tra cui i più rilevanti sono sicuramente gli Apoidei.

Gli Apoidei sono una superfamiglia di Imenotteri che comprende tutte le api, inclusa l'*Apis mellifera* o ape da miele. Gli Apoidei selvatici, circa mille solo in Italia, appartengono a diverse famiglie, tra cui Megachilidi, Alittidi, Andrenidi e Apidi, e comprendono anche insetti piuttosto familiari, quali le grandi *Xylocopa*, di colore nero con ali violacee, o i bombi, più grossi e pelosi delle comuni api con diverse specie aventi fasce colorate su torace e addome. La maggioranza degli apoidei sono solitari ma diverse specie hanno attuato, con vari gradi, relazioni di socialità tra i diversi individui.

Tutti gli Apoidei hanno il corpo ricoperto di peli e apposite strutture adatte alla raccolta del polline di cui si nutrono, insieme al nettare che raccolgono dai fiori che visitano. È interessante notare come, in questo modo, gli Apoidei facilitano la fecondazione incrociata delle piante contribuendo anche alla produzione delle piante coltivate; i bombi, ad esempio, sono ottimi impollinatori di piante orticole quale ad esempio il pomodoro.

Le api mellifere (*Apis mellifera*), che sono esse stesse impollinatrici non native nella maggior parte dei continenti e che possono, competendo, danneggiare le api autoctone e altri impollinatori, sono tuttavia di fondamentale importanza per la riproduzione delle colture per la loro elevata efficienza.

Gli insetti impollinatori sono necessari non solo per consentire la fecondazione e la formazione di semi e frutti ma anche per incrementare la produttività e migliorare la qualità dei frutti di numerose colture di rilevante importanza economica, accrescendo così le rese.

1.1 Non solo api ma anche bombi, sirfidi, osmie e altri apoidei selvatici

L'ape mellifera, che è allevata da millenni dall'uomo per i suoi prodotti apistici, primo fra tutti il miele, è in grado di provvedere alle necessità di impollinazione di numerose colture; sono tuttavia i pronubi selvatici quali bombi, api solitarie e sirfidi a risultare, nel complesso, gli impollinatori più efficienti in Europa. Nel Regno Unito, ad esempio, le api mellifere riescono ad impollinare solo un terzo delle colture agricole che ne hanno necessità, mentre sono gli impollinatori selvatici a compiere il grosso del lavoro. In Europa gli insetti impollinatori contribuiscono alla produzione agricola di almeno 150 colture (84% delle coltivazioni presenti nel continente). Le api selvatiche spesso compensano la scomparsa delle api mellifere; la sola Europa ne ospita oltre 2.500 specie. Affidarsi ad una sola specie di pronubi, come l'ape mellifera, è una strategia rischiosa, soprattutto oggi che numerosi disturbi, patologie e fattori di pressione di vario tipo minacciano le api. Le api selvatiche rappresentano infatti una sorta di "polizza assicurativa compensativa", riducendo la variabilità dei raccolti nel lungo termine, perché riescono ad impollinare le colture agricole nel caso in cui le api mellifere non siano sufficientemente abbondanti o l'affitto delle arnie risulti troppo costoso. Le api selvatiche riescono ad impollinare alcune colture più efficacemente rispetto alle api mellifere, ad esempio le osmie (*Osmia* spp.) per il melo ed i bombi (*Bombus* spp.) per le colture come fagiolo e altre orticole. I bombi sono noti per riuscire ad effettuare una "vibro-impollinazione", scuotendo il fiore e facendo fuoriuscire il polline, su colture quali pomodoro, peperone e mirtillo, che non possono essere impollinate dall'ape mellifera o altri apoidei di piccole dimensioni. La vibro-impollinazione viene effettuata da alcune specie di api solitarie (ad esempio *Bombus terrestris* e *Xylocopa frontalis*) che sono in grado di afferrare il fiore e muovere rapidamente i muscoli del volo, facendo vibrare il fiore e le antere attraverso un vigoroso scuotimento. L'impollinazione che coinvolge le vibrazioni è chiamata impollinazione del ronzio (*buzz pollination*, Buchmann e Hurley, 1978).

Circa il 9% dei fiori presenti nel mondo (corrispondenti a circa 20.000 specie di piante) viene impollinato principalmente applicando l'impollinazione del ronzio, o impollinazione vibrante (De Luca e Vallejo-Marín, 2013). Da ricordare che osmie e bombi riescono a bottinare sulle colture agricole anche in presenza di condizioni climatiche avverse, quali basse temperature, vento forte e elevata umidità, quando le api mellifere, ad esempio, non possono volare. Le aziende agricole che creano condizioni tali da favorire i pronubi selvatici, tutelando i loro habitat e lasciando lembi di naturalità, possono così ridurre i costi di produzione dovuti all'affitto di arnie di api mellifere, incrementando qualità e quantità dei frutti prodotti.

Si stima che il valore dei servizi offerti degli insetti impollinatori, nel loro complesso in Europa, si aggiri intorno ai 22 miliardi di euro l'anno per le sole colture agricole. Il preoccupante e rapido calo del numero di api mellifere, che si sta verificando in tutte le famiglie di insetti comprese quelle degli impollinatori, in Asia, Europa e negli Stati Uniti e dimostra l'importanza di mantenere sistemi di impollinazione sani

e funzionali e la necessità di tutelare fortemente le api autoctone e gli altri animali impollinatori. La "crisi dell'impollinazione", che è evidente nel declino delle api mellifere, delle api solitarie e più in generale nel deterioramento delle reti e delle interazioni pianta-impollinatore, può essere migliorata non solo da una maggiore e numerosa diversità di impollinatori delle colture e delle piante spontanee, ma anche da cambiamenti positivi nell'uso dell'habitat, attraverso pratiche agricole sostenibili, reintroduzioni e/o rimozioni di alcune specie e altre misure di salvaguardia ambientali. Inoltre, gli ecologi dovrebbero incrementare gli sforzi per studiare gli aspetti ecofisiologici delle interazioni pianta-impollinatore al fine di far emergere elementi scientifici per giungere alla gestione ottimale per la conservazione di queste interazioni, non solo negli ecosistemi naturali ma anche in quelli agricoli (ISPRA, 2021). È possibile, ad esempio, ridurre o in alcuni casi azzerare l'utilizzo dei prodotti fitosanitari sulle colture, grazie alle pratiche sostenibili legate alla difesa integrata e all'agricoltura biologica, che valuta prima di ogni intervento la i livelli di organismi considerati nocivi e le possibili conseguenze sull'ambiente, riducendo in questo modo i rischi per l'ambiente stesso e per la biodiversità, derivanti dall'utilizzo di questi prodotti.

Le soluzioni possibili per diminuire l'impatto dei pesticidi e biocidi consistono nel limitarne o escludere l'uso di questi principi attivi di sintesi, e adottare tecnologie e metodiche di distribuzione che ne riducano la dispersione nell'ambiente circostante (tecniche antideriva, irroratrici a tunnel con recupero, ecc.). Occorre inoltre prediligere i prodotti meno tossici limitando l'uso dei pesticidi e biocidi a superfici dove è strettamente necessario e conveniente effettuare il trattamento (riduzione probabilità statistica dei contatti attraverso l'adozione dei principi di *Integrated Pest Management*) (Furlan *et al.* 2016; ISPRA, 10/2015; ISPRA, 2020). Altre soluzioni prevedono il controllo biologico di patogeni e parassiti, pratiche agronomiche specifiche a ridotto impatto e di gestione del territorio attraverso la scelta di varietà/ibridi resistenti, tecniche e trattamenti per favorire lo stato di salute delle piante come fertilizzanti e biostimolanti, un irrigazione di precisione, scelte appropriate sull'epoca di semina e utilizzo di ibridi precoci, ed infine, l'avvicendamento colturale e la consociazione sinergica di diverse piante per il controllo delle avversità.

1.2 Il modus operandi degli impollinatori

Gli organismi che trasportano il polline sono chiamati "pronubi", letteralmente che "favoriscono le nozze" ovvero il trasporto e l'incontro del gamete maschile alla cellula uovo, permettendo così la riproduzione della specie.

Gli apoidei, giocano un ruolo spesso fondamentale per favorire l'impollinazione e sono sicuramente tra gli insetti pronubi più importanti.

Tale abilità è favorita grazie ad alcune loro specifiche strutture:

- la fitta lanugine/peluria che ricopre tutto il corpo, che favorisce l'adesione dei granelli di polline;
- il notevole numero di fiori bottinati quotidianamente, in quanto gli apoidei sono infaticabili volatori;
- il costante legame ad una o più specie dall'inizio alla fine della loro fioritura;
- la possibilità tra le specie sociali di comunicare agli altri individui il luogo e la quantità di una fonte nettarifera o pollinifera.

La moderna agricoltura con le gestioni agricole intensive spesso ricorre a un uso notevole di prodotti fitosanitari e fertilizzanti, causando impatti rilevanti sul suolo e al contempo causando la scomparsa di molte specie viventi, sia animali che vegetali, dalle aree urbane e periurbane.

Molte piante spontanee sono eliminate dagli erbicidi, mentre altre non possono riprodursi a causa della scomparsa degli insetti impollinatori spesso a seguito dell'uso improprio e massivo di sostanze insetticide. In queste condizioni l'attività delle api gestite (api mellifere e bombi) riveste un rilievo fondamentale per molte colture.

In alcune piante l'impollinazione è il presupposto basilare per la fecondazione, in quanto le componenti femminili e maschili non sono riuniti in un singolo fiore, ma sono talvolta separati addirittura su piante diverse (vedi specie come canapa, luppolo, actinidia, papaya, pistacchi, spinacio, asparago e palma da datteri che sono specie dioiche). In altre l'impollinazione è comunque indispensabile perché molte specie richiedono una fecondazione incrociata, cioè tra individui diversi della stessa specie, in quanto mostrano diversi gradi di auto sterilità. La fecondazione incrociata è quindi un meccanismo che in grado di incrementare la diversità genetica.

Nelle piante coltivate una corretta impollinazione significa maggior valore commerciale e quindi frutti e semi più grandi, dolci e regolari, prodotti in maggiore quantità. Molti campi coltivati sono però diventati ambienti inospitali per gli insetti pronubi selvatici e l'unica maniera per assicurare una buona impollinazione è affidare il compito alle api gestite dall'uomo (api mellifere e bombi). Diversi apicoltori si sono specializzati per fornire un servizio di impollinazione, portando un certo numero di famiglie di api, nei frutteti o nei campi per l'intero periodo della fioritura. Così facendo si riesce a garantire il

trasporto del polline e, quindi, l'impollinazione, con una buona produzione di frutti. Molti agricoltori hanno infatti compreso l'importanza dell'impollinazione e degli insetti impollinatori con il loro essenziale ruolo.

Molti agricoltori, tuttavia, ritengono ancora, sbagliando, che l'ape danneggi i frutti e "rubi" il nettare; mentre è noto e dimostrato come l'apparato boccale dell'ape sia fatto per succhiare nettare e modellare la cera, non per mordere e recidere, come quello presenti invece nelle vespe. Inoltre, il nettare, e anche una piccola parte del polline viene prodotto dalla pianta "volutamente" come ricompensa per il servizio di trasporto del polline svolto dagli insetti. Ciò, come sappiamo, è infatti il risultato di un lungo e complesso processo di coevoluzione tra pianta e insetto. Sappiamo anche che è proprio l'agricoltore, quando effettua trattamenti fitosanitari in tempo di fioritura non rispettando gli insetti impollinatori, intossicandoli in modo più o meno grave, a provocare la diminuzione delle produzioni agricole.

È comunque noto l'aumento della quantità di prodotti ottenuti in presenza di insetti impollinatori, per quanto riguarda le specie da seme e l'incremento della qualità del prodotto per le specie ortofrutticole.

Di seguito sono elencate alcune delle più diffuse colture che dipendono parzialmente o interamente dagli insetti, per l'impollinazione e il raccolto.

- Piante da frutto: melo, arancio, pero, pesco, limone, fragola, lampone, susino, albicocco, ciliegio, mango e ribes, mandorlo, pesco, kaki, castagno, lampone, fragola, mirtillo, mora, noce e castagno.
- Piante orticole: pomodoro, carota, patata, cipolla, peperone, fava, fagiolo, zucchini, zucca, cetriolo, cavolo, rapa, cipolla, aglio, melone, cocomero, melanzana.
- Piante foraggere da seme: erba medica, trifoglio, veccia, fava, lupinella, sulla, meliloto, colza, ravizzone, girasole, grano saraceno, lino.
- Piante aromatiche e officinali: basilico, salvia, rosmarino, timo, coriandolo, cumino, aneto, camomilla, lavanda ed enotera.

Le relazioni pianta-impollinatore rappresentano un servizio ecosistemico essenziale, di valore difficilmente calcolabile (Kearns *et al.*, 1998). Molte specie di angiosperme sono impollinate da insetti; questi mutualismi sono minacciati da vari fattori che causano come conseguenza un rapido declino delle comunità di impollinatori, e sono stati registrate di tutto il mondo (Kearns *et al.*, 1998; Shepherd *et al.*, 2003).

È quindi diventato stringente per i ricercatori studiare il fenomeno dell'impollinazione e l'ecologia degli impollinatori, insieme alla natura e al funzionamento delle "reti" di impollinazione (Kearns *et al.*, 1998; Memmott 1999; Bennett *et al.*, 2018).

1.3 Il bacino del Mediterraneo e la sua ricchezza di specie vegetali ed impollinatori

Le regioni del mondo a clima mediterraneo (Europa meridionale, California, Cile centrale, Sud Africa e Australia meridionale) sono caratterizzate da inverni miti e piovosi ed estati calde e secche; in proporzione alle loro piccole aree, mostrano una notevole ricchezza di specie, soprattutto in piante e insetti (Quezel, 1985; Proctor *et al.*, 1996). Queste regioni, punti focali dell'evoluzione delle specie vegetali (Proctor *et al.*, 1996), mostrando alti livelli di endemismo nelle piante, e sono ora considerati dai gruppi di conservazione internazionali, come cinque dei venticinque hotspot di biodiversità globali (Cowling *et al.*, 1996; Rundel *et al.*, 1998; Medail *et al.*, 1999). Uno di questi punti focali, il Bacino Mediterraneo nell'Europa meridionale, contiene ben il 7,8% della diversità vegetale mondiale, pur rappresentando solo l'1,6% dell'area del pianeta (Blondel e Aronson, 1999). La proporzione degli insetti terrestri nell'area del bacino Mediterraneo, rispetto al totale nel mondo, è ancora sconosciuta (Quezel, 1985; Blondel e Aronson, 1999), ma è considerato un centro di speciazione di grande rilievo per gli apoidei (Michener, 2000; O'Toole e Raw, 1991; Proctor *et al.*, 1996; Potts *et al.*, 2005). Il bacino del Mediterraneo sostiene alcuni delle più ricche comunità di piante e impollinatori con circa 25.000 specie di piante da fiore, e circa 3.000 - 4.000 specie di api (Blondel e Aronson, 1999; O'Toole e Raw, 1991; Dafni e O'Toole, 1994). Sono state proposte diverse teorie per spiegare la base della biodiversità degli habitat mediterranei, sia da una prospettiva generale (Cowling *et al.*, 1996), sia attraverso una visione più specifica sullo stretto rapporto tra piante e loro insetti impollinatori (Huston 1994; Potts *et al.*, 2003). Per le comunità di insetti, alcuni fattori determinanti della loro abbondanza o del loro declino possono comprendere: la quantità e la qualità delle risorse trofiche, la frammentazione degli habitat, l'effetto di nemici naturali, nonché la composizione della diversità vegetale e la disponibilità dei siti di nidificazione (Potts *et al.*, 2010).

Per le comunità vegetali, la concorrenza tra siccità estiva e scarsi nutrienti del suolo, uniti alla regolarità di disturbo dovuto al fuoco o al pascolo, costituiscono la base di un modello generale per comprendere la diversità vegetale relativa (Huston, 1994). L'impollinazione particolarmente diversificata rilevata nei

sistemi del bacino del Mediterraneo si è realizzata sullo sfondo di un paesaggio eterogeneo, con una lunga storia di disturbi tra moderati e intensi (Rundel *et al.*, 1998; Rundel, 2004) e pressioni dovute a peculiari condizioni climatiche (Petanidou e Vokou, 1990; Petanidou e Smets, 1996). Negli ultimi decenni c'è stato un forte aumento del numero di studi per la stima del valore degli habitat mediterranei per la biodiversità degli impollinatori e per le relazioni pianta impollinatore (Dafni e O'Toole, 1994; Potts *et al.*, 2003; Herrera, 1988; Petanidou e Smets, 1996; Petanidou e Potts, 2005).

Sebbene la maggior parte degli studi sull'ecologia dell'impollinazione nel Mediterraneo si riferisca a casi specifici, ci sono state anche valutazioni più ampie sulle reti di interazioni piante-impollinatori a livello di comunità (Herrera, 2000; Herrera, 1988; Petanidou e Vokou, 1990; Petanidou e Potts, 2005; Potts *et al.*, 2003).

Petanidou e Lamborn 2009, hanno evidenziato le peculiarità degli habitat mediterranei che li rendono sistemi interessanti per studiare e approfondire i temi della diversità, fondata sulla base della ricompensa e attrattività nelle relazioni tra le piante a fiore e gli impollinatori, con variazione temporale di tratti floreali e di impollinazione.

Queste interazioni risultano ancora più vulnerabili al cambiamento rispetto all'esistenza delle specie stesse (Tylianakis *et al.*, 2008; Sabatino *et al.*, 2010) e la loro perdita può portare al tracollo funzionale dell'ecosistema stesso (Montesinos-Navarro *et al.*, 2014). Per capire quanto siano resilienti e resistenti queste interazioni al cambiamento e in condizioni climatiche alterate, è essenziale provare a stimare la forza di queste interazioni a livello di comunità, anche se ciò può risultare difficile. Per i biologi dell'impollinazione, comprendere la qualità delle interazioni tra gli impollinatori e le piante, implica la misurazione del numero delle visite ai fiori che avvengono e della quantità di polline trasportato, valutando le ricompense che ricevono gli insetti (Hicks *et al.*, 2016) per i servizi di impollinazione delle piante (Garibaldi *et al.*, 2013) nel contesto dell'ecologia della comunità.

La stima economica del valore dei servizi recati dagli impollinatori alle piante, implica l'analisi del comportamento su scale diverse, dalla frequenza di visita alla capacità di raccogliere e di depositare polline vitale su stimmi conspecifici (quantità di polline esportato e depositato). A causa dell'elevata varianza nella frequenza delle visite, è stato suggerito che il numero di visite che un fiore riceve da un determinato impollinatore fornisce una misura più informativa che esatta delle sue prestazioni (Vázquez *et al.*, 2005). In effetti, Vázquez *et al.* (2012), hanno scoperto, in quattro specie di arbusti mediterranei, che la frequenza di interazione degli insetti con i fiori costituisce spesso un buon indicatore anche dell'efficacia e della "forza" misurata attraverso la crescita del tubo pollinico. Tuttavia, per molte specie vegetali c'è anche un'elevata variabilità nel potenziale successo dell'impollinazione dovuta alla quantità e alla qualità del polline depositato (Arceo-Gómez *et al.*, 2015).

Gli insetti impollinatori sono attratti e si nutrono di polline (esclusi molti lepidotteri), oltre che di nettare, svolgendo al contempo attività di vettori di materiale genetico. Evidenze sperimentali indicano che l'aumento di energia contenuta nel polline è favorita da un punto di vista evolutivo, considerando gli insetti impollinatori come veri e propri agenti di selezione dell'evoluzione.

In questo contesto il polline fornisce non solo energia ma soprattutto amminoacidi necessari per coprire i fabbisogni per lo sviluppo degli impollinatori (Petanidou *et al.*, 1990).

Gli apoidei e i sirfidi rappresentano gli impollinatori più importanti negli ecosistemi Mediterranei (Ropars *et al.*, 2020); è stato studiato e supposto infatti che soprattutto queste famiglie, sono fondamentali impollinatori per un determinato numero di specie vegetali, agendo come vettori selettivi per i granuli ricchi di lipidi. Si ipotizza quindi che pollini con elevato contenuto di energia aumentino l'attrattività sugli insetti vettori che li preferiscono per soddisfare le loro necessità trofiche, assicurando in questo modo che i meccanismi di raccolta del polline ne favoriscano anche il trasferimento sugli altri fiori, con il risultato finale di un incremento dell'impollinazione.

Con analisi delle correlazioni è stato verificato che la diversità di specie degli impollinatori aumenta con l'aumentare del contenuto calorico del polline, implicando che i taxa di piante che investono più energia nel polline hanno una maggiore diversità di specie d'impollinatori. Questa correlazione è significativa solo quando sono prese in considerazione anche le piante impollinate dal vento (anemofile), suggerendo che le maggiori variazioni nel contenuto calorico del polline sono legate al passaggio dell'impollinazione anemofila a quella entomofila, operata dai pronubi. In accordo con questa ipotesi, le piante non visitate per la raccolta del polline dovrebbero avere un contenuto calorico pollinico minore. Questo è stato verificato in diversi casi ad esempio in *Arisarum vulgare*, in diverse specie del genere *Fritillaria* e in tutte le specie del genere *Ophrys* studiate, con solo due impollinatori uno generalista e uno specialista (Zaharof *et al.*, 1986).

Il polline gioca il ruolo più rilevante tra le ricompense che ricevono gli impollinatori dalle piante, in particolare negli ecosistemi Mediterranei. In uno studio condotto nel sud della Spagna solo il 35% delle 122 specie di piante esaminate sono considerate nettarifere (Herrera *et al.*, 1985). Gli autori ipotizzano che la ridotta piovosità media e l'elevata variabilità delle precipitazioni registrata negli anni, possano

agire riducendo i *taxa* di piante che producono nettare come sola ricompensa per gli impollinatori. Le specie di piante che si affidano alla produzione copiosa e costante di polline avrebbero quindi una maggiore produzione di semi rispetto alle piante nettariifere e quindi un migliore successo riproduttivo. I risultati di alcuni studi (Herrera *et al.*, 1985; Petanidou *et al.*, 1990) sembrerebbero confermare come nei tipici ecosistemi mediterranei i lepidotteri hanno un ruolo limitato nell'impollinazione che è invece principalmente svolta da apoidei e sirfidi. In questi ecosistemi la selezione riveste un enorme significato evolutivo perché favorisce l'aumentata attrazione degli impollinatori verso il polline (Petanidou *et al.*, 1990).

1.4 Principali effetti dei cambiamenti climatici sul servizio di impollinazione

I cambiamenti climatici rappresentano uno dei maggiori fattori di pressioni sulle specie animali, inclusi gli impollinatori. Diversità di specie, abbondanza delle popolazioni di ogni singola specie e attività stagionali di alcune specie di impollinatori selvatici (quali ad esempio bombi e farfalle) sono mutati in risposta ai cambiamenti climatici osservati negli ultimi decenni, con forti ripercussioni sulla distribuzione complessiva degli stessi impollinatori (IPBES 2016) e dei benefici che essi offrono alle persone, tra cui i prodotti dell'agricoltura. Uno studio di Duchenne *et al.* (2020), che ha preso in considerazione 2027 specie di insetti europei, ha rilevato che per effetto dei cambiamenti climatici e in particolare dell'alterazione di alcuni parametri climatici, come la temperatura media stagionale, le temperature massime e minime o l'umidità relativa, la maggior parte degli insetti impollinatori ha alterato la propria fenologia (ossia la sequenza delle fasi di vita di un organismo animale o vegetale in rapporto ai fattori climatici) e di conseguenza la distribuzione stagionale dei servizi di impollinazione: in particolare, lo studio ha segnalato l'anticipazione del periodo di attività degli impollinatori in risposta ai cambiamenti climatici, . Ciò a causa del cambiamento della sovrapposizione spaziale e temporale tra impollinatori e fioritura, rendendo più difficile e complessa la loro interazione e diminuendo la disponibilità di risorse trofiche per gli insetti.

Per verificare sperimentalmente l'ipotesi che le specie di api differiscano nella loro risposta all'aumento della temperatura invernale, in uno studio (Fründ *et al.*, 2013) si sono studiati e conservati i bozzoli di nove specie di api a temperature diverse durante l'inverno (1,5-9,5 °C). Le risposte delle diverse specie di api incluse nello studio differivano significativamente in termini di alcune variabili, quali peso all'emergenza e data di emergenza, perdita di peso). Le specie di api che generalmente svernano da adulti hanno mostrato una diminuzione del peso e un'emergenza precoce con l'aumento della temperatura, mentre le specie di api che svernano nelle fasi pre-immaginali hanno mostrato diminuzioni minori o addirittura effetti positivi sullo sviluppo. Ciò significa che l'aumento della temperatura nella stagione invernale legata al cambiamento climatico influenzerà le specie di api in modo differente: alcune aumenteranno il dispendio energetico, altre risulteranno meno sensibili, presumibilmente a causa della diversa fisiologia. Ciò dimostra la complessità delle interazioni piante-insetti-ambiente e come le fenologie delle specie possono rispondere in modo diverso al riscaldamento invernale, influenzando queste interazioni. Le risposte sono dipendenti dai periodi di volo: le api attive in primavera possono mostrare maggiori variazioni fenologiche. Nel complesso, quindi, un'ampia diversità delle api selvatiche garantisce una migliore risposta e quindi un migliore adattamento ai cambiamenti climatici (Fründ *et al.*, 2013).

Occorre considerare che gli impatti dei cambiamenti climatici sugli impollinatori e sui servizi ecosistemi che generano potrebbero non manifestarsi in modo evidente per alcuni decenni, a causa della latenza e dei meccanismi di compensazione dovuti alla complessità dei sistemi ecologici. Attualmente, non si è quindi ancora in grado di fare previsioni certe sugli effetti di questi impatti a lungo termine sugli impollinatori e sugli ecosistemi, né sulle modalità più efficaci e appropriate da seguire per migliorare l'adattamento al mutamento climatico. In generale, i processi con i quali i sistemi biologici complessi e i corrispondenti servizi ecosistemici (inclusa l'impollinazione) risponderanno ai cambiamenti climatici è fortemente condizionato dallo specifico contesto ambientale, un aspetto che rende le previsioni difficili e poco precise. Uno degli scenari più accreditati proposti nell'ultimo rapporto di valutazione dell'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) prevede un aumento della temperatura di 3,2°C. Con questo scenario, circa il 50% del numero di insetti potrebbe estinguersi entro il 2100. Altri fattori in grado di generare impatti sulla salute e quindi la longevità degli insetti riguarderanno le variazioni della distribuzione geografica di patogeni e parassiti e l'aumento della loro virulenza nei confronti degli stessi insetti, come conseguenza delle alterazioni del clima. Infine, l'aumento della concentrazione di CO₂ in atmosfera potrebbe portare alla riduzione progressiva del contenuto di proteine del polline con conseguenti problemi trofici e cambiamenti nella biologia degli impollinatori (Ziska *et al.*, 2016).

In Europa all'inizio delle stagioni primaverili di questi ultimi decenni sono stati documentati disallineamenti temporali tra fenologia delle piante e degli impollinatori, mentre finora non sono state osservate discrepanze spaziali. Le conseguenze sulla popolazione di impollinatori causate da questi disallineamenti sono ancora poco note, sebbene l'attuale conoscenza suggerisca che i sistemi di impollinazione delle piante potrebbero essere in parte resilienti alle perturbazioni, come quelle causate dai cambiamenti climatici, non è possibile giungere a conclusioni certe sull'effetto di queste pressioni sull'impollinazione.

Un altro studio condotto nelle coltivazioni di *Malus domestica* ha confermato come il cambiamento climatico abbia il potenziale di alterare la sincronia fenologica tra mutualisti come le piante e i loro impollinatori. Alti livelli di biodiversità, specifica e intra-specifica, sia delle specie animali sia di quelle vegetali potrebbero mitigare gli effetti negativi dei cambiamenti fenologici specie-specifici indotti dal clima e sostenere l'adattamento al cambiamento, mantenendo la sincronia, ad esempio, tra fioritura delle specie vegetali e relativi pronubi, a livello di comunità. In uno studio Bartomeus, et al. (2013) analizza come la biodiversità possa migliorare e stabilizzare la sincronia fenologica tra i meli e i suoi impollinatori nativi, combinando 46 anni di dati sulla fenologia della fioritura dei meli con le registrazioni storiche delle api impollinatrici nello stesso periodo. Considerando i principali impollinatori di questa specie nel loro insieme, è emersa un'ampia sincronia tra le attività delle api e il picco di fioritura, dovuta alla complementarità tra i periodi di attività delle specie di api e una tendenza stabile nel tempo determinata dalle risposte differenziate al riscaldamento climatico tra le specie di api. Nello studio, il modello di simulazione prodotto conferma quindi che elevati indici di biodiversità possono garantire la sincronia fenologica pianta-impollinatore e quindi una migliore e più efficiente funzione di impollinazione.

L'approfondimento di questi scenari richiede prove di resilienza e plasticità naturale delle api, nei loro periodi di emergenza e sviluppo annuali. Un altro interessante studio (Cane, 2021) riporta osservazioni dirette condotte nell'arco di 12-24 anni, nella variazione annuale nelle prime attività di nidificazione o foraggiamento da parte di popolazioni di quattro api nidificanti a terra: *Andrena fulva* (Andrenidae), *Halictus rubicundus* (Halictidae), *Habropoda laboriosa* e *Eucera* (*Peponapis*) *pruinosa* (Apidae). Le date della prima attività annuale delle api variavano da 25 a 45 giorni. I risultati hanno indicato che le date di emergenza erano riconducibili a segnali termici ambientali, come l'accumulo di gradi giorno, la temperatura del suolo alla profondità di nidificazione e l'aumento di temperatura dell'aria in primavera. I ricercatori si trovano quindi ad affrontare una sfida impegnativa per comprendere come il cambiamento del clima possa in futuro influenzare le interazioni pianta-impollinatore e rivelare quale sia l'importanza relativa del riscaldamento globale rispetto ad altre pressioni e modificazioni degli habitat naturali indotti dall'uomo. Diversi studi fanno ipotizzare che la ricerca futura sarà diretta verso il monitoraggio di eventuali disallineamenti temporali o spaziali causati dal clima, tra piante e impollinatori per successivamente stimarne le reali conseguenze sulla riproduzione delle piante sia spontanee che coltivate (Rasmont et al., 2015; Kjølhl et al., 2011). Il contributo relativo degli effetti diretti e indiretti causati dai cambiamenti climatici sulla dinamica delle popolazioni di specie, attraverso gli effetti sull'impollinazione, deve necessariamente essere approfondito e compreso in maggiore dettaglio. Questo potrebbe permettere di capire meglio come le caratteristiche morfologiche e funzionali delle comunità di piante e impollinatori possano mutare in base a disallineamenti provocati dal clima.

L'evidenza comprovata in tutti i continenti indica che molti ecosistemi sono influenzati sia dal clima regionale sia dai cambiamenti globali del clima, in particolare dagli aumenti di temperatura (IPCC, 2007). Un numero crescente di studi suggerisce che il cambiamento climatico potrebbe essere uno dei maggiori fattori di disturbo antropogenico imposto oggi agli ecosistemi (Walther et al., 2002; Parmesan, 2006). Gli studi hanno dimostrato infatti che sia la distribuzione sia la fenologia di molte piante e animali sono mutati nelle direzioni previste dai cambiamenti climatici, soprattutto dal riscaldamento globale (Parmesan, 2006), i quali si manifestano attraverso un anticipo globale degli eventi primaverili di 2,3 giorni per decennio e uno spostamento della zonazione delle specie di 6,1 km per decennio verso i poli (Parmesan e Yohe, 2003). Per i gruppi di organismi coinvolti nel processo di impollinazione, questo è evidente attraverso i recenti cambiamenti nella fenologia della fioritura, ad esempio inizio della fioritura (Sparks et al., 2000; Fitter e Fitter, 2002; Miller-Rushing et al., 2006) e le date della prima apparizione di farfalle e di insetti impollinatori (Roy e Sparks 2000; Gordo e Sanz 2005, 2006). Se e quanto il riscaldamento climatico influirà sul funzionamento dell'ecosistema, dipenderà da come le interazioni tra le specie saranno influenzate reciprocamente. Diversi studi hanno mostrato alterazioni nelle relazioni trofiche e nei flussi di energia nelle interazioni preda-predatore e pianta-erbivoro, come conseguenza dell'aumento delle temperature (Stenseth e Mysterud, 2002; Visser e Both, 2005; Durant et al., 2007). Una grande diversità di piante e animali (principalmente insetti, ma anche uccelli, rettili e mammiferi) dipendono reciprocamente l'un l'altro per l'impollinazione e il cibo e le loro interazioni possono influenzare e favorire la persistenza delle popolazioni (Hegland et al, 2008).

Nonostante il crescente apprezzamento dell'importanza del servizio ecosistemico di impollinazione (Allen-Wardell et al., 1998; Ricketts et al., 2004; Klein et al., 2007), numerose ricerche indicano che potremmo essere nel mezzo di una crisi globale proprio per quanto attiene questo servizio (Steffan-Dewenter et al., 2005; Biesmeijer et al., 2006; Ghazoul 2005). Alcuni studi hanno indicato i possibili effetti che il riscaldamento globale potrebbe avere sulle interazioni mutualistiche tra piante e impollinatori (Walther et al., 2002; Visser e Both 2005), ma queste ipotesi sono tuttavia ancora limitate a causa della scarsità di dati disponibili; inoltre l'attuale interesse per le interazioni con l'impollinazione non ha ancora portato a sviluppare la ricerca empirica su come il riscaldamento climatico possa influenzare questo servizio ecosistemico (Kremen et al., 2007; Memmott et al., 2007). Sono state proposte diverse ipotesi su possibili interruzioni o alterazioni dei rapporti pianta-impollinatore, dovute ai cambiamenti del clima, da parte di diversi autori (Harrington et al., 1999; Visser e Both, 2005; Parmesan, 2006).

Saranno comunque necessari ulteriori studi per migliorare le conoscenze sull'ecologia di base dell'impollinazione delle colture, sotto le pressioni generate dal cambiamento climatico, che dovranno necessariamente tenere conto delle alterazioni della fenologia delle piante, dell'abbondanza e distribuzione delle specie vegetali e degli impollinatori come risposta e comprendere come questi cambiamenti possano influenzare le interazioni tra questi fattori.

1.5 Contaminazione ambientale e minacce per gli apoidei

Nonostante i numerosi studi condotti, attualmente manca un quadro completo conoscitivo, ma le evidenze scientifiche mostrano un netto calo degli impollinatori nell'ultimo decennio, dovuto principalmente alle pressioni generate dalle attività umane. Api e farfalle sono le specie per le quali sono disponibili maggiori informazioni e dati, che evidenziano come all'incirca una specie di api e farfalle su dieci sia minacciata di estinzione in Europa (*European Red List*). Un delle maggiori minacce per gli apoidei sono le specie esotiche invasive, come numerosi parassiti e malattie attribuibili a diversi agenti eziologici, maggiormente diffusi e divenuti più patogenici a causa dei cambiamenti del clima in corso.

Il declino degli impollinatori non ha una causa univoca, ma le minacce includono anche i cambiamenti nell'uso del suolo per l'agricoltura o l'urbanizzazione che si traducono nella perdita e nel degrado degli habitat naturali. Inoltre, l'agricoltura intensiva conduce a paesaggi semplificati e alla scomparsa di flora diversificata che riduce la qualità delle risorse trofiche e la disponibilità di siti per la nidificazione.

I pesticidi e gli altri inquinanti presenti possono influenzare gli impollinatori direttamente (insetticidi e fungicidi) e indirettamente (erbicidi), motivo per cui in molti stati nel mondo ed anche a livello di Unione Europea (vedi Parlamento Europeo) è stata ribadita la necessità di ridurre l'uso di queste sostanze.

Numerosi studi scientifici hanno evidenziato l'esistenza di complesse interazioni tra l'esposizione delle api ai pesticidi in modalità acuta e cronica, e il grado di compromissione dell'immunità e dello stato di salute delle colonie. Rilevanti possono essere gli effetti sinergici e cumulativi, in relazione soprattutto al grado di tossicità dei pesticidi rispetto alla vitalità delle api; da considerare sia gli effetti letali sia quelli subletali, quali ad esempio disorientamento e perdita di funzionalità della ligula che si traducono in incapacità di far ritorno all'alveare e di alimentarsi per l'insetto.

Il polline raccolto dai pronubi e le analisi degli stessi impollinatori consentono di avere indicazioni sullo stato ambientale e sulla contaminazione chimica presente nell'ambiente (Girotti *et al.*, 2013). In alcuni casi, accurate analisi di laboratorio hanno riscontrato sugli insetti e sul polline tracce di sostanze attive contenute in diversi formulati commerciali di pesticidi utilizzati nelle aree agricole ed in quelle urbane e periurbane, nelle quali gli insetti effettuavano i voli e bottinavano (Porrini *et al.*, 2003; Rişcu e Bura, 2013; Klein *et al.*, 2007; Mullin *et al.*, 2010). I pesticidi possono avere un impatto negativo sugli insetti impollinatori sia per esposizione ed effetti tossici diretti, come alterazione delle funzioni vitali, sia indiretti attraverso l'alterazione dell'habitat della catena trofica (ISPRA Rapporto n. 216/2015).

Per descrivere e studiare il fenomeno della moria delle api, in Italia sono state elaborate linee guida nazionali per standardizzare i protocolli di campionamento, di analisi e valutazione dei campioni di api, rinvenute in occasione di episodi di morie segnalate dagli apicoltori. Con l'ausilio di tali procedure operative e al fine di suggerire indicazioni appropriate ai decisori politici e agli apicoltori sui rimedi da adottare, in alcune regioni del nostro paese è stato condotto un progetto di monitoraggio i cui risultati sono stati pubblicati sulla rivista *Diversity* agli inizi del 2020, da un gruppo di ricerca dell'Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie (Martinello *et al.*, 2019). Il monitoraggio ha documentato la presenza di residui di 150 pesticidi diversi, nei 696 campioni totali di api morte analizzati. In circa il 50% delle analisi è stata inoltre rinvenuta la presenza di uno o più pesticidi per campione, con una media di 2 e un massimo di 7 principi attivi, alcuni dei quali vietati in Europa o non autorizzati all'uso in Italia. Come categoria di pesticidi i più presenti sono gli insetticidi, principalmente del gruppo dei piretroidi (il 49%, è rappresentato dal principio attivo tau-fluvalinate, spesso impiegato dagli apicoltori come

acaricida nella lotta alla Varroa), degli organo-fosfati (clorpirifos, il 18%) e dei neonicotinoidi (imidacloprid, 7%). Considerando le matrici sottoposte ad analisi, nei campioni di api sono stati trovati 63 differenti principi attivi, con concentrazioni che vanno da 0,1 a 134.665 nanogrammi/individuo. Nelle altre matrici apistiche, quali cera d'api, propoli, miele e matrici vegetali, sono stati rinvenuti 51 diversi principi attivi, in concentrazioni variabili da 0,01 a 359,50 mg/kg.

Anche se le attuali conoscenze scientifiche suggeriscono che non esista un solo fattore di declino, è indubbio che l'intervento umano sia la causa primaria. Una pietra miliare a tale riguardo è rappresentata dal rapporto 2016 dell'*Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services* (IPBES) che indica i seguenti fattori alla base del declino degli impollinatori: cambiamento nell'uso del suolo, gestione agricola intensiva e uso di pesticidi, inquinamento ambientale, specie esotiche invasive, patogeni e cambiamenti climatici. Questi fattori spesso agiscono in combinazione e comportano effetti sinergici che esercitano una forte pressione sugli impollinatori.

Nel caso degli impollinatori allevati, ai fattori prima citati si aggiunge il cambiamento culturale e commerciale delle pratiche di apicoltura. L'apicoltura di massa e il trasporto su larga scala di colonie di api allevate, hanno contribuito a un maggiore rischio di trasmissione di parassiti e patogeni, sia tra gli impollinatori allevati, che tra quelli selvatici favorendo, inoltre, un aumento della presenza di agenti patogeni più pericolosi, l'invasione di specie aliene e l'estinzione di specie autoctone di pregio.

L'introduzione e l'espansione su grande scala di varietà colturali di cereali e altre specie agrarie ad alto rendimento e resistenti alle malattie, associata alla meccanizzazione, all'irrigazione e all'uso di pesticidi e dei fertilizzanti di sintesi, hanno contribuito ad aumentare in pochi anni e in misura significativa le rese per ettaro delle colture agrarie. È altrettanto evidente, tuttavia, che questo processo d'intensificazione dell'agricoltura ha comportato ripercussioni negative sull'ambiente, quali la compattazione e il degrado dei suoli, l'aumento delle emissioni di gas serra alla base dei cambiamenti climatici, la perdita di nutrienti dal suolo e l'eutrofizzazione, con l'inquinamento delle acque superficiali e profonde, nonché la perdita di biodiversità. L'intensificazione dell'agricoltura e in particolare il diffuso utilizzo di insetticidi, fungicidi ed erbicidi sintetici, sono indicati tra i principali fattori del declino dei pronubi in generale e degli insetti in particolare (Goulson *et al.*, 2015, Le Féon *et al.*, 2010; Maini *et al.*, 2010; Ollerton *et al.*, 2015; Ollerton 2017).

L'esposizione anche a dosi sub-letali dei pesticidi rende gli impollinatori più vulnerabili ad altri fattori di pressione come, ad esempio, le condizioni climatiche estreme che ne inibiscono l'apprendimento, la memoria a breve e a lungo termine, la capacità di orientamento nell'ambiente circostante, impedendone il ritorno nell'alveare dopo la raccolta del nettare e del polline. Il disorientamento delle bottinatrici è una condizione molto grave per la vita di famiglia negli insetti sociali, come le api da miele e i bombi, poiché un individuo che non riesce a ritrovare la via di ritorno al proprio alveare o nido non sopravvive a lungo. con possibili conseguenze sulla "forza" e sopravvivenza della stessa famiglia. Questo può portare alla mancata impollinazione delle specie botaniche coltivate (importanti per l'alimentazione umana), di quelle spontanee (strategiche per il mantenimento della biodiversità), lo spopolamento del nido e di conseguenza anche la perdita di produzione di miele e altri prodotti apistici, per l'apicoltore.

Da evidenziare che l'Unione Europea ha un sistema di normative tra i più stringenti al mondo per quanto riguarda l'autorizzazione e l'immissione sul mercato dei pesticidi. La Commissione europea, insieme all'Autorità europea per la sicurezza alimentare (EFSA), ha incrementato le informazioni necessarie per la presentazione dei dossier dei pesticidi da esaminare, anche in merito all'impatto sugli impollinatori e sulle api. Recentemente, infatti, l'Unione Europea ha vietato l'uso all'aperto di tre pesticidi appartenenti al gruppo chimico conosciuto come neonicotinoidi, che le ricerche hanno dimostrato essere estremamente pericolosi sia per le api da miele, sia per le api selvatiche.

L'agricoltura più sostenibile, in coerenza con i recenti principi del Green Deal dichiarati dalla Commissione Europea (COM 640, 11 dicembre 2019), si sta orientando in misura crescente verso forme di agricoltura che non impieghino prodotti chimici di sintesi, caratterizzati da metodi di lotta integrata orientati alla riduzione nell'impiego di pesticidi e che beneficino dei principi l'agricoltura di precisione. In alternativa all'uso dei prodotti chimici esistono, infatti, numerose altre tecniche e mezzi colturali, come la rotazione delle colture, la lotta biologica per la salvaguardia della entomofauna selvatica, l'istituzione delle aree di rifugio per gli organismi utili, l'uso di fertilizzanti organici, ecc. La finalità è conservare la biodiversità e la fertilità naturale del suolo, presupposti indispensabili per la nutrizione delle piante, la riduzione dell'inquinamento dell'ambiente, la salvaguardia della biodiversità e per la produzione e di alimenti sani in grado di garantire la sicurezza alimentare del pianeta.

La messa a bando di un elevato numero di molecole chimiche, la cui applicazione è, in molti casi, non solo inutile ma anche negativa per i rischi sull'ambiente e la salute umana e la maggiore diffusione di pratiche sostenibili e dei principi dell'agricoltura biologica, costituiscono soluzioni efficaci a garantire una maggiore sostenibilità ambientale delle pratiche agricole e di conseguenza la salvaguardia dell'integrità ambientale *sensu lato*.

1.6 Ruolo dell'agricoltura biologica ed ecosostenibile per la tutela degli ecosistemi e la sicurezza alimentare del pianeta

La conservazione e il ripristino degli habitat naturali, il recupero di pratiche agricole tradizionali in via di abbandono poiché meno redditizie, insieme ad una drastica riduzione dei prodotti fitosanitari e alla "riprogettazione" agricola, è probabilmente il modo più efficace per combattere le diminuzioni o scomparse degli insetti impollinatori, in particolare nelle aree ad agricoltura intensiva.

La consociazione di essenze vegetali con diversi periodi di fioritura nonché la conservazione dei filari, delle siepi, delle fasce inerbite, delle pozze d'acqua e dei prati impiantati ai margini delle colture agrarie, sono soltanto alcune delle misure in grado di preservare ed incrementare la ricchezza ambientale e l'abbondanza di impollinatori selvatici. Allo stesso modo, tecniche agronomiche come l'utilizzo di cultivar locali resistenti ai patogeni, l'incremento della varietà di colture agrarie, la rotazione e l'avvicendamento delle colture con trifoglio o altre leguminose, possono incrementare la fertilità del suolo, l'abbondanza e la diversità degli apoidei, migliorando la resa delle colture e la redditività delle aziende agricole.

Queste pratiche non solo favoriscono gli impollinatori, ma preservano i nemici naturali dei patogeni e parassiti che attaccano le piante coltivate, consentendo di contenere le perdite nelle stesse coltivazioni agricole.

Tuttavia, affinché queste misure siano efficaci, è fondamentale che gli attuali modelli di utilizzo dei pesticidi, principalmente insetticidi e fungicidi, siano ridotti al minimo per consentire il recupero delle popolazioni di insetti utili e dei relativi servizi di "controllo biologico" dei patogeni e dei parassiti.

In molti dei sistemi agricoli presenti al mondo, il controllo biologico di parassiti e patogeni, costituisce uno strumento sottoutilizzato ma economicamente efficace e a basso impatto ambientale, nelle colture agricole e al contempo in grado di preservare la biodiversità sia all'interno che al di fuori delle aziende agricole.

Gli habitat possono essere preservati e migliorati usando una varietà di approcci. Oltre che dalle fonti alimentari floreali gli impollinatori selvatici dipendono anche da altre risorse. La maggior parte degli Imenotteri, ad esempio, richiede siti specifici di nidificazione, mentre i Ditteri e i Lepidotteri hanno bisogno di habitat dove ospitare le larve, spesso tipici di ciascuna specie.

Soltanto pochi studi hanno preso in considerazione l'importanza dei fattori climatici e della disponibilità di risorse trofiche in relazione al mantenimento della nicchia ecologica e quindi alla tutela degli insetti impollinatori. Di conseguenza, ad oggi, la maggior parte delle iniziative per migliorare l'habitat degli impollinatori si è concentrata sull'aggiunta di risorse floreali (aumento dell'abbondanza e della diversità delle risorse floreali, cioè nettare e polline), in particolare per le colture degli agroecosistemi, in funzione delle quali gli impollinatori svolgono un ruolo economico importante.

Alcune indagini, tuttavia, hanno evidenziato l'importanza della conservazione del servizio di impollinazione anche nelle aree urbane e periurbane, come servizio fondamentale per il mantenimento della biodiversità negli spazi verdi urbani a beneficio del benessere umano e della fauna selvatica.

I regimi agroambientali (*Agro-Environmental Schemes* - AES) sono incentivi finanziari offerti dall'Unione Europea ai gestori del territorio per compensare una perdita di rendimento quando riservino parte della loro terra per la conservazione della flora e fauna spontanea e degli habitat, come prescritto anche dalle recenti Strategie Europee per la Biodiversità per il 2030 e *Farm to Fork*.

I regimi agroambientali ecosostenibili sono ampiamente utilizzati per sostenere la biodiversità di più specie animali e vegetali nei paesaggi agricoli, ma rimangono controversi per l'alto costo e il successo variabile. Sono da considerare uno strumento importante a sostegno della naturalità degli ambienti agricoli in quanto un effettivo aumento dei fiori e delle altre risorse naturali consente un aumento dell'abbondanza e della diversità degli impollinatori sia a livello locale che di area più estesa. Uno studio recente ha infatti evidenziato un miglioramento riproduttivo nei bombi con aumentata densità dei siti di nidificazione (Goulson, 2015) associati a regimi agroambientali con ricche fioriture.

Tuttavia, non sempre i regimi agroambientali hanno la capacità di migliorare la riproduzione e la diversità di gruppi di apoidei solitari (*taxa* non domestici) e sembra che essi siano più vantaggiosi ed efficaci per gli impollinatori generalisti come bombi e api da miele.

A livello locale il successo di tali regimi è influenzato dalla loro gestione, con benefici per gli impollinatori selvatici sostenuti con aree di rifugio costituite da prati naturali non sfalciati o con regimi di taglio che prolungano la stagione di fioritura in patch diversi di fiori seminati (Pywell *et al.*, 2011). Su scala spaziale più ampia la loro efficacia è modulata dal contesto paesaggistico: una metanalisi su scala europea ha suggerito che i regimi agroambientali sono in grado di assicurare vantaggi agli

impollinatori in contesti caratterizzati da pratiche agricole non intensive, tali da garantire maggiore "naturalità", paesaggi più complessi e aree con habitat integri (Scheper *et al.*, 2013).

Nonostante l'efficacia nell'aumentare la diversità e la capacità riproduttiva degli impollinatori, non è stato dimostrato che i regimi agroambientali siano in grado di incrementare le popolazioni di impollinatori in modo permanente nel tempo. Affinché la risposta delle popolazioni sia indipendente dalle caratteristiche comportamentali proprie degli impollinatori, tali regimi devono essere monitorati per un minimo di due anni. In un esperimento condotto in quattro paesi europei, Scheper *et al.* (2015) hanno confrontato l'efficacia delle strisce, fasce o aree di fiori selvatici per aumentare l'abbondanza e la ricchezza in specie degli apoidei.

Sebbene l'intensificazione agricola sia una delle cause alla base del declino degli impollinatori in tutto il mondo (Vanbergen *et al.*, 2013), le colture a fioritura di massa come la colza (*Brassica napus*), la fava di campo (*Vicia faba*), il girasole (*Helianthus annuus*), gli agrumi (*Citrus spp*), possono costituire risorse trofiche importanti, anche se "l'impulso di risorse" per gli impollinatori da parte degli agroecosistemi è di breve durata, a meno che queste diverse colture non vengano piantate e coltivate in successione nella stessa area. È stato dimostrato che la colza migliora la numerosità delle colonie di bombi e incrementa anche l'abbondanza (Scheper *et al.*, 2013) e la ricchezza di specie di diversi apoidei e di altri insetti impollinatori che nidificano in cavità del legno o nel suolo (Diekotter *et al.*, 2014). La Politica Agricola Comune (PAC) è uno strumento finanziario fondamentale per l'Unione Europea, con un impatto notevole sul piano economico, ambientale e sociale ed effetti diretti sulla sostenibilità ambientale delle produzioni agricole e zootecniche, sulla sicurezza alimentare, nella tutela del paesaggio e per la conservazione della biodiversità.



Figura 1.1 - I nove obiettivi fissati dalla PAC post 2020 (COM 2018 392 final, articolo 6)

A livello europeo sono in corso i negoziati sulla futura PAC (periodo 2021-2027, denominata PAC post 2020), sulla base delle proposte di regolamentazione della Commissione Europea del 1° giugno 2018 (COM 2018 392 final, COM 2018 393 final e COM 2018 394 final). Parallelamente, nel nostro Paese e negli altri Stati membri dell'Unione Europea, sono in fase di discussione i piani di azione i cui strumenti e misure dovranno rispondere ai 9 obiettivi specifici fissati a livello comunitario per la PAC post 2020 (Figura 1.1).

Gli impollinatori, in generale, necessitano di una PAC in grado di assicurare un ambiente sano (sotto il profilo di suolo, aria, acqua, vegetazione e paesaggio) tale da rispettare la loro ecologia e garantire l'approvvigionamento di risorse trofiche salubri e diversificate per gli impollinatori. Al fine di favorire queste condizioni ambientali, di diretto e indubbio interesse appaiono gli obiettivi specifici della futura PAC:

- a) mitigazione dei cambiamenti climatici nonché lo sviluppo sostenibile e la gestione efficiente delle risorse naturali, quali acqua, suolo e aria;
- b) conservazione della biodiversità, rafforzamento dei servizi ecosistemici e della salvaguardia degli habitat e del paesaggio, nei quali rientrano la tutela delle specie della fauna benefica, comprese le specie impollinatrici;
- c) miglioramento della risposta dell'agricoltura in materia di alimentazione e salute del consumatore, tra cui limitazioni nell'uso degli antibiotici e l'uso sostenibile dei pesticidi.

Le misure per la tutela degli habitat, già previste per le aree protette e i Siti Natura 2000, sono in linea con le raccomandazioni dell'Iniziativa Europea per gli Impollinatori a cui ISPRA sta partecipando e la loro attuazione può essere finanziata anche con i fondi comunitari della Politica Agricola Comune (FEAGA e FEASR). Esse prevedono di non utilizzare i pesticidi che presentino fattori di rischio per le api e per gli altri impollinatori, di mantenere fasce inerbite di almeno 5 metri intorno ai coltivi e, nel caso di colture arboree, di mantenere l'inerbimento anche tra i filari (interfilare), di piantare specie erbacee e arbustive autoctone appetite dagli impollinatori, fra cui il timo, il cardo, la ginestra, il trifoglio. Con finanziamento del Ministero dell'Ambiente (MATTM) e in collaborazione con ARPA Piemonte, Università di Torino e Università di Roma Tor Vergata nel periodo 2015-2019, ISPRA ha condotto un progetto di monitoraggio per sperimentare l'efficacia delle misure del Piano d'Azione Nazionale sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari (PAN) nella tutela della biodiversità (ISPRA 2020). I campionamenti del numero di api, apoidei selvatici e bombidi sono stati effettuati in risaie e vigneti del Piemonte e in nocioleti nel Lazio.

I risultati preliminari sembrano indicare come le misure adottate siano state efficaci, facendo emergere una maggiore presenza di impollinatori nella prima tipologia di coltivazioni. Inoltre, nei coltivi con impiego di pesticidi, la maggiore presenza di impollinatori è stata riscontrata in quelli con una maggiore naturalità, garantita dal mantenimento di fasce inerbite o di elementi naturali intorno alle superfici coltivate, oppure caratterizzati dall'inserimento di piante di interesse apistico come colture secondarie dell'azienda agricola.

BIBLIOGRAFIA

- Allen-Wardell, G., Bernhardt, P., Bitner, R., Burquez, A., Buchmann, S., Cane, J. *et al.* (1998). The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields. *Conserv. Biol.*, 12, 8–17.
- Arceo-Gómez, G., Ashman, T. L. (2014). Patterns of pollen quantity and quality limitation of prezygotic reproduction in *Mimulus guttatus* vary with co-flowering community context. *Oikos* 123, 1261–1269.
- Bartomeus I, Park MG, Gibbs J, Danforth BN, Lakso AN, Winfree R. (2013). Biodiversity ensures plant-pollinator phenological synchrony against climate change. *Ecol Lett.* 2013 Nov;16(11):1331-8. doi: 10.1111/ele.12170. Epub 2013 Aug 22. PMID: 23968538.
- Bennett J. , Thompson A., Goia I. , Feldmann R. , Ștefan, V. , Ana, B. , Rakosy D., Beloiu, M. , Inge-B., Biro , Simon, Bluemel, Filip, Maria-Milena, Madaj, Anna-Maria, Passonneau, Sarah, Paula, Kalish, Scherer, Gwydion, M., Knight. (2018). A review of European studies on pollination networks and pollen limitation, and a case study designed to fill in a gap. *AoB PLANTS*. 10.1093/aobpla/ply068.
- Biesmeijer J.C., Roberts, S.P.M., Reemer, M., Ohlemuller, R., Edwards, M., Peeters, T. *et al.* (2006). Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science*, 313, 351–354.
- Blondel J, Aronson J. 1999. *Biology and wildlife of the Mediterranean region*. Oxford and New York: Oxford University Press.
- Buchmann SL e Hurley, JP, (1978). Biophysical model for buzz pollination in Angiospermes. *J. Theor. Biol.* 72, 639–657.
- Cane, J. (2021). "Global Warming, Advancing Bloom and Evidence for Pollinator Plasticity from Long-Term Bee Emergence Monitoring" *Insects* 12, no. 5: 457. <https://doi.org/10.3390/insects12050457>.
- Cowling RM, Rundel PW, Lamont BB, Arroyo MK, Richards MB. 1996. Plant diversity in Mediterranean-climate regions. *TREE* 11:362 – 6.
- De Luca PA e Vallejo-Marín, M. (2013). What's the “buzz” about ? The ecology and evolutionary significance of buzz-pollination. *Curr. Opin. Plant Biol.* 16 , 429–435.
- Diekötter T., Peter, F., Jauker, B., Wolters, V., & Jauker, F. (2014). Mass-flowering crops increase richness of cavity-nesting bees and wasps in modern agro-ecosystems. *GCB Bioenergy*, 6, 219–226.
- Duchenne F. *et al.*, 2020. In prep. Combined effects of global change on temporal responses of Belgium bees. (http://www.atlashymenoptera.net/biblio/Drossart_et_al._Belgian_Red_List_of_Bees%20-%202019.pdf)
- Durant J.M., Hjermand, D.Ø., Ottersen, G. e Stenseth, N.C. (2007). Climate and the match or mismatch between predator requirements and resource availability. *Clin. Res.*, 33, 271–283.

- Fitter A.H. e Fitter, R.S.R. (2002). Rapid changes in flowering time in British plants. *Science*, 296, 1689–1691.
- Fründ J, Zieger SL, Tscharntke T. (2013). Response diversity of wild bees to overwintering temperatures. *Oecologia*. 2013 Dec;173(4):1639-48. doi: 10.1007/s00442-013-2729-1. Epub 2013 Jul 18. PMID: 23864252.
- Furlan L., Vasileiadis V, Chiarini F, Huiting H, Leskovšek R, Razinger J, Imre H, Sartori E, Urek G, Verschwele A, Benvegnù I, Sattin M. (2016). Risk assessment of soil-pest damage to grain maize in Europe within the framework of Integrated Pest Management. *Crop Protection*. 97. 10.1016/j.cropro.2016.11.029.
- Garibaldi L. A. *et al.* Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. (2013) *Science* 339, 1608–1611
- Ghazoul J. (2005). Buzziness as usual? Questioning the global pollination crisis. *Trends Ecol. Evol.*, 20, 367–373.
- Gordo O. e Sanz, J.J. (2005). Phenology and climate change: a long-term study in a Mediterranean locality. *Oecologia*, 146, 484–495.
- Goulson D., Nicholls E., Botías C., Rotheray E. L. (2015). Combined stress from parasites, pesticides and lack of flowers drives bee declines. *Science* 347: 6229.
- Harrington R., Woiwod, I. e Sparks, T. (1999). Climate change and trophic interactions. *Trends Ecol. Evol.*, 14, 146–150.
- Hegland S., Nielsen A., Lázaro A., Bjerknes, A.-L. , Totland, O. (2008). How does climate warming affect plant-pollinator interactions? *Ecol Lett. Ecology letters*. 12. 184-95.
- Herrera J. 1985. Nectar secretion patterns in southern Spanish Mediterranean scrublands. *Isr. J. Bot.* 51: 47-58.
- Herrera C. M. 1987. Components of pollinator “quality”: comparative analysis of a diverse insect assemblage. *Oikos* 50: 79–90.
- Herrera C. M. 1988. Variation in mutualisms: the spatio-temporal mosaic of an insect pollinator assemblage. *Biological Journal of the Linnean Society* 35: 95–125.
- Herrera C. M. 1989. Pollinator abundance, morphology, and flower visitation rate: analysis of the “quantity” component in a plant–pollinator system. *Oecologia* 80: 241–248.
- Herrera C. M. 2000. Flower-to-seedling consequences of different pollination regimes in an insect-pollinated shrub. *Ecology* 81: 15–29
- Hicks D. M. *et al.* Food for pollinators: quantifying the nectar and pollen resources of urban flower
 IPBES (2016). Summary for policymakers of the assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. S.G. Potts, V. L. Imperatriz-Fonseca, H. T. Ngo, J. C. Biesmeijer, T. D. Breeze, L. V. Dicks, L. A. Garibaldi, R. Hill, J. Settele, A. J. Vanbergen, M. A. Aizen, S. A. Cunningham, C. Eardley, B. M. Freitas, N. Gallai, P. G. Kevan, A. Kovács-Hostyánszki, P. K. Kwapong, J. Li, X. Li, D. J. Martins, G. Nates-Parra, J. S. Pettis, R. Rader, and B. F. Viana (eds.). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. 36 pages. Disponibile al sito: https://www.ipbes.net/system/tdf/spm_deliverable_3a_pollination_20170222.pdf?file=1&type=node&id=15248
- 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->
- IPBES (2019). Coalition of the Willing on Pollination Grows - Again! <https://ipbes.net/news/coalition-willing-pollination-grows-again>
- IPCC (2007). Intergovernmental Panel on Climate Change, Fourth Assessment Report, Climate Change 2007: Syntheses Report. UNEP, Geneve.
- ISPRA Valutazione del rischio potenziale dei prodotti fitosanitari nelle aree natura 2000. Rapporto n. 216/2015
- ISPRA (2015). Quaderni – Impatto sugli ecosistemi e sugli esseri viventi delle sostanze sintetiche utilizzate nella profilassi antizanzara. Ambiente e Società 10/2015 https://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/quaderni/ambiente-societa/Quad_AS_10_15_ProfilassiAntiZanzare.pdf
- ISPRA (2020). Serie Rapporti, N. 330/2020. D’Antoni S., Bonelli S., Gori M., Macchio S., Maggi C., Nazzini L., Onorati F., Rivella E., Vercelli M., 2020. La sperimentazione dell’efficacia delle Misure del Piano d’Azione Nazionale per l’uso sostenibile dei prodotti fitosanitari (PAN) per la tutela della biodiversità. https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/rapporto-330-2020_web_-1.pdf

-
- ISPRA, (2021). Quaderni Natura e Biodiversità, 16/202, IISBN 978-88-448-1050-4. Bianco P.M., Bellucci V., Sannino R., Silli V. Gli apoidei e l'agricoltura sostenibile. https://www.isprambiente.gov.it/files2021/pubblicazioni/quaderni/apoideimonitoraggio_grigliato_fin_8-giugno-2021.pdf
- Kearns CA, Inouye DW, Waser NM. 1998. Endangered mutualisms: the conservation of plant – pollinator interactions. *Ann Rev Ecol Syst* 29:83 – 112.
- Kjøhl M., Nielsen A. and Stenseth N. C. (2011). Potential effects of climate change on crop pollination. Food and agriculture organization of the united nations, Rome 2011. http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Biodiversity-pollination/Climate_Pollination_17_web_2_.pdf
- Klein A.M., Vaissiere, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C. *et al.* (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc. R. Soc. B-Biol. Sci.*, 274, 303–313.
- Kremen C., Williams, N.M., Aizen, M.A., Gemmill-Herren, B., LeBuhn, G., Minckley, R. *et al.* (2007). Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecol. Lett.*, 10, 299–314.
- Le Féon V., Schermann-Legionnet A., Delettre Y., Aviron S., Billeter R., Bugter R., Burel F. (2010). Intensification of agriculture, landscape composition and wild bee communities: a large-scale study in four European countries. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 137, 143-150.
- Maini S., Medrzycki P., Porrini C. (2010). The puzzle of honey bee losses: a brief review. *Bulletin of Insectology*, 63 (1), 153-160.
- Martinello M., Manzinello C., Borin Larisa A., Avram E., Dainese N., Giuliato I., Gallina A., and Mutinelli F. (2019). A Survey from 2015 to 2019 to Investigate the Occurrence of Pesticide Residues in Dead Honeybees and Other Matrices Related to Honeybee Mortality Incidents in Italy. *Diversity* 2020, 12(1), 15; <https://doi.org/10.3390/d12010015>
- Medail F. and P. Quézel. “Biodiversity Hotspots in the Mediterranean Basin: Setting Global Conservation Priorities” (1999). *Conservation Biology* 13: 1510-1513. (1999). The structure of a plant-pollinator food web. *Ecol. Lett.*, 2, 276–280.
- Memmott J. 1999. The structure of a plant – pollinator food web. *Ecol Lett* 2:276 – 80.
- Memmott J., Craze, P.G., Waser, N.M. e Price, M.V. (2007). Global warming and the disruption of plant-pollinator interactions. *Ecol. Lett.*, 10, 710–717.
- Michener, C. D., 2000. *The Bees of The World*. John Hopkins Univ. Press, Baltimore and London.
- Montesinos-Navarro A., Segarra-Moragues J., Valiente-Banuet A. , Verdú, M. (2015). Evidence for phylogenetic correlation of plant-AMF assemblages?. *Annals of botany*. 115. 171-177. [10.1093/aob/mcu228](https://doi.org/10.1093/aob/mcu228).
- Mullin C.A., Frazier M., Frazier J.L., Ashcraft S., Simonds R. (2010). High Levels of Miticides and Agrochemicals in North American Apiaries: Implications for Honey Bee Health. *PLOS ONE* 5(3): e9754.
- Ollerton J., Rech, A. R., Waser, N. M. e Price, M. V. Using the literature to test pollination syndromes - some methodological cautions. (2015). *J. Pollinat. Ecol.* 16, 119–125
- Ollerton J. (2017). Pollinator diversity: distribution, ecological function, and conservation. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*. 48, pp. 353-376
- O’Toole, C. & Raw, A. (1991) *Bees of the World*. Sterling Publishing, New York.
- Parmesan C. (2006). Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 37, 637–669.
- Parmesan C. e Yohe, G. (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 421, 37– 42.
- Petanidou Theodora e Vokou, Despoina. (1990). Pollination and Pollen Energetics in Mediterranean Ecosystems. *American Journal of Botany - AMER J BOT.* 77. [10.2307/2444569](https://doi.org/10.2307/2444569).
- Petanidou T. e Smets, E. (1996). Does temperature stress induce nectar secretion in Mediterranean plants? *New Phytol.*, 133, 513–518.
- Petanidou T., Lamborn, E. (2005). A land for flowers and bees: Studying pollination ecology in Mediterranean communities. *Plant Biosystems*. 139. 279-294.
- Petanidou T., Kallimanis, A.S., Tzanopoulos, J., Sgardelis, S.P. e Pantis, J.D. (2008). Long-term observation of a pollination network: fluctuation in species and interactions, relative invariance of network structure and implications for estimates of specialization. *Ecol. Lett.*, 11, 564–575.
- Petanidou T., Lamborn, E. (2005). A land for flowers and bees: Studying pollination ecology in Mediterranean communities. *Plant Biosystems*. 139. 279-294.
- Porrini C., Sabatini A., Girotti S., Ghini S., Medrzycki P., Grillenzoni F., Bortolotti, Celli G. 2003. Honey bees and bee products as monitors of the environmental contamination *APIACTA* 38, 63-
-

-
70. Proc. R. Soc. B 283: 20160414. <https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rspb.2016.0414>
- Potts SG, Dafni A, Ne'eman G. (2001). Pollination of a core flowering shrub species in Mediterranean phrygana: variation in pollinator abundance, diversity and effectiveness in response to fire. *Oikos* 92:71 – 80.
- Potts SG, Vulliamy B, Dafni A, Ne'eman G, Willmer PG. (2003). Linking bees and flowers: how do floral communities structure pollinator communities? *Ecology* 84:2628 – 42.
- Potts, Simon & Vulliamy, Betsy & Roberts, Stuart & O'Toole, Chris & Dafni, Amots & Ne'eman, Gidi & Willmer, Pat. (2005). Role of nesting resources in organising diverse bee communities in a Mediterranean landscape. *Ecological Entomology*. 30. 78 - 85.
- Potts S, Ne'eman, G., Jürgens, A., Newstrom-Loyd, L., G. e Dafni, A. (2010). A framework for comparing pollinator performance: effectiveness and efficiency. *Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.* 85, 435–51
- Proctor M, Yeo P, Lack A. (1996). *The natural history of pollination*. London: Harper Collins.
- Quezel P. 1985. Definition of the Mediterranean region and origin of its flora. In: Gomez-Campo C, editor. *Plant conservation in theMediterranean area*. Dordrecht: Dr. W. Junk. pp. 9 – 24.
- Pywell R.F., Meek W.R., Hulmes L. *et al.* 2011. Management to enhance pollen and nectar resources for bumblebees and butterflies within intensively farmed landscapes. *J Insect Conserv* 15, 853–864. <https://doi.org/10.1007/s10841-011-9383-x>
- Rasmont P., Franzén M., Lecocq T., Harpke A., Roberts S.P.M., Biesmeijer J.C., Castro L., Cederberg B., Dvorák L., Fitzpatrick Ú., Gonseth Y., Haubruge E., Mahé G., Manino A., Michez D., Neumayer J., Ødegaard F., Paukkunen J., Pawlikowski T., Potts S.G., Reemer M., J. Settele, J. Straka, Schweiger O. (2015), *Climatic Risk and Distribution Atlas of European Bumblebees*. *Biorisk* 10 (Special Issue), pp. 246.
- Ricketts T.H., Daily, G.C., Ehrlich, P.R., Michener, C.D. (2004). Economic value of tropical forest to coffee production. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*, 101, 12579–12582.
- Riscu A., Bura M. (2013). The impact of pesticides on honeybees and hence on humans. *Animal Science and Biotechnologies*, 46 (2), 272.
- Ropars L., Affre L., Aubert M., Catherine Fernandez, Floriane Flacher, David Genoud, Frédéric Guiter, Coline Jaworski, Xavier Lair, Clémentine Mutillod, Gabriel Nève, Lucie Schurr, Benoît Geslin, (2020). Pollinator Specific Richness and Their Interactions With Local Plant Species: 10 Years of Sampling in Mediterranean Habitats, *Environmental Entomology*, Volume 49, Issue 4, August 2020, Pages 947–955, <https://doi.org/10.1093/ee/nvaa061>
- Roy D.B., Sparks, T.H. (2000). Phenology of British butterflies and climate change. *Glob. Change Biol.*, 6, 407–416.
- Scheper J., Holzschuh A., Kuussaari M., Potts S.G., Rundlöf M., Smith H.G., e Kleijn D. 2013. Environmental factors driving the effectiveness of European agrienvironmental measures in mitigating pollinator loss – a meta-analysis. *EcologyLetters*, 16, 912–920.
- Rundel PW. 2004. Mediterranean climate ecosystems: defining their extent and community dominance. In: Arianoutsou M, Papanastasis V, editors. *Ecology, conservation and management of mediterranean climate ecosystems – Proceedings 10th MEDECOS Conference*, Rhodos. Rotterdam: Millpress.
- Rundel PW, Montenegro G, Jaksic FM, editors. 1998. *Landscape disturbance and biodiversity in Mediterranean-type ecosystems*. Berlin and New York: Springer
- Sabatino M., Maceira, N. Aizen A. 2010 Direct effects of habitat area on interaction diversity in pollination webs. *Ecological Applications*, 20(6), pp. 1491–1497
- Scheper J., Holzschuh, A., Kuussaari, M., Potts, S.G., Rundlöf, M., Smith, H.G., Kleijn, D. 2013. Environmental factors driving the effectiveness of European agri662 environmental measures in mitigating pollinator loss: a meta-analysis. *Ecol. Lett.* 16, 912-920.
- Scheper J., Bommarco, R., Holzschuh, A., Potts, S., Riedinger, V., Roberts, S, Rundlöf, M Smith, H, Steffan-Dewenter, I. Wickens, J. Wickens, V. Kleijn, D. (2015). Local and landscape-level floral resources explain effects of wildflower strips on wild bees across four European countries. *Journal of Applied Ecology*. 52. 1165-1175.
- Shepherd M, Buchmann SL, Vaughan M, Black SH. 2003. *Pollinator conservation handbook*. Portland, Oregon: The Xerces society.
- Sparks T.H., Jeffree, E.P. e Jeffree, C.E. (2000). An examination of the relationship between flowering times and temperature at the national scale using long-term phenological records from the UK. *Int. J. Biometeorol.*, 44, 82–87.
- Steffan-Dewenter, I., Potts, S.G. e Packer, L. (2005). Pollinator diversity and crop pollination services are at risk. *Trends Ecol. Evol.*, 20, 651–652.
-

-
- Stenseth N.C. e Mysterud, A. (2002). Climate, changing phenology, and other life history and traits: nonlinearity and matchmismatch to the environment. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*, 99, 13379–13381.
- Tylianakis J. M., Didham, R. K., Bascompte, J. e Wardle, D. A. (2008). Global change and species interactions in terrestrial ecosystems. *Ecol. Lett.* 11, 1351–1363.
- Vanberger A J 2013. Threats to an ecosystem service: Pressures on pollinators. *Frontiers in Ecology and the Environmental*. Volume11, Issue5 June 2013, Pages 251-259
- Vázquez D. P., Morris, W. F. e Jordano, P. (2005). Interaction frequency as a surrogate for the total effect of animal mutualists on plants. *Ecol. Lett.* 8, 1088–1094.
- Vázquez D. P., Lomáscolo, S. B., Maldonado, M. B., Chacof, N. P. e Dorado, J. (2012). The strength of plant-pollinator interactions. *Ecology* 93, 719–725.
- Visser M.E. e Both, C. (2005). Shifts in phenology due to global climate change: the need for a yardstick. *Proc. R. Soc. B-Biol. Sci.*, 272, 2561–2569.
- Walther G.R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T.J.C. *et al.* (2002). Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 416, 389–395.
- Zaharof E. (1986). Variation and taxonomy of *Fritillaria graeca* (Liliaceae). *Pl.Syst. Evol.* 154: 41-61.
- Ziska L., Pettis, J., Edwards, J., Hancock, J., Tomecek, M., Clark A., Dukes J., Loladze, I., Polley, H. (2016). Rising atmospheric CO₂ is reducing the protein concentration of a floral pollen source essential for North American bees. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 283.

2. FLORA ENTOMOGAMA SPONTANEA, ARBOREA, ARBUSTIVA ED ERBACEA CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLE REGIONI MEDITERRANEE

2.1 La simbiosi mutualistica tra piante ed insetti

2.1.1 Evoluzione dell'entomogamia

Come è ben noto l'evoluzione degli organismi animali e vegetali ha come obiettivo la sopravvivenza mediante complesse strategie di adattamento alle varie condizioni ambientali. Oltre alla selezione naturale del "più adatto", nota a tutti come "darwinismo", esiste però un'altra strategia: la simbiosi mutualistica. In questo caso invece di competere per la propria affermazione nelle varie "nicchie ecologiche", il modello evolutivo prevede, al contrario, la strategia dell'alleanza. Una parte della flora esistente ha scelto questa strategia ed il termine "flora entomogama" deriva proprio dal fatto che le piante si sono co-evolute unitamente alla fauna impollinatrice. Questa ultima, fatta eccezione per alcuni uccelli (Johnson e Nicolson, 2007) come i colibrì od alcuni rettili (Traveset e Sáez, 1997) e mammiferi (Carthew e Goldingay, 1997), sono nella



Figura 2.1 - La simbiosi mutualistica insetto-fiore è un esempio di coevoluzione (Foto Benvenuti).

grande maggioranza dei casi costituita da insetti che hanno costituito il principale vettore di polline durante i lenti processi evolutivi delle angiosperme (Pellmyr, 1992). Le specie co-evolute tra loro hanno entrambe un vantaggio: mentre gli insetti usufruiscono di un importante fonte di polline e nettare (Figura 2.1), rispettivamente ricchi soprattutto di sostanze proteiche ed energetiche, le piante acquisiscono il vantaggio di favorire quel flusso genico che è alla base dei propri processi di adattamento alle varie situazioni ambientali.



Figura 2.2 - Infiorescenza di una graminacea anemofila (*Alopecurus myosuroides*) con stami che fuoriescono per affidare al vento il trasporto del polline (Foto Benvenuti).

Non tutte le piante hanno scelto questa strada in quanto molte hanno invece un flusso genico mediato dal vento (Culley *et al.*, 2002) che si affianca, in alcune specie, anche ad una tendenza ad autofecondarsi (Wyatt, 1988). In questi casi si parla rispettivamente di anemogamia ed autogamia. D'altra parte l'assenza di vettori biotici può essere un rischio dal momento che avversità climatiche, biologiche o antropiche potrebbero impedire la presenza e/o l'attività della fauna impollinatrice con conseguenti carenze di fecondazione del gineceo fiorale, che implicano una carenza o assenza di *seed set* con la conseguente mancanza di sviluppo degli ovuli fecondati in semi (Agren, 1996).

Gran parte delle infestanti, sia dell'agroecosistema che di altri ecosistemi antropizzati, sono particolarmente ricche di specie anemogame (Figura 2.2) ed autogame dal momento che esse possono riprodursi anche in ambienti in cui la complessità biologica in generale, e quella degli impollinatori in particolare, risulta particolarmente compromessa.

2.1.2 Ruolo ecologico dei wildflowers negli ecosistemi

È per la stretta relazione tra regno animale e vegetale nella biologia di impollinazione che l'abbondanza di *wildflowers*, tipicamente entomogame, è un valido indicatore della salute di ecosistemi naturali (Jeanneret *et al.*, 2003) o antropizzati (Rollin *et al.*, 2016). In pratica fiori assumono il ruolo ecologico, indicatore di una biodiversità non esclusivamente vegetale a anche di una fauna ad essa interconnessa da rapporti di simbiosi mutualistica. A tal proposito viene in mente l'affascinante teoria GAIA che vede la biosfera vivente come un unico organismo la cui "omeostasi", intesa come capacità autoregolazione

negli equilibri chimici e biologici, è generata da una estremamente complessa moltitudine di specie animali e vegetali che sono interconnesse non solamente tra loro ma anche con quella geosfera. In altre parole l'abbondanza di specie entomogame nei vari ecosistemi sono una sorta di "Gaia testimonianza" di un pianeta che vive anche grazie alla strategia dell'alleanza. A tal proposito è opportuno citare l'"illuminante" e sempre più accettata teoria della "simbiogenesi" coniata dalla biologa statunitense Lynn Margulis (2010) che ha ipotizzato, e talvolta anche scientificamente dimostrato, che l'evoluzione si verifica anche mediante scambio genico orizzontale da parte di organismi precedentemente collegati da una relazione simbiotica.

Tuttavia non esiste una separazione netta tra flora entomogama e no dal momento che molte specie hanno la possibilità di autofecondarsi in una percentuale molto variabile in funzione della specie considerata. Alcune specie sono invece obbligatoriamente entomogame in quanto il proprio polline non è in grado di fecondare i fiori della medesima pianta impedendo così la possibilità di autofecondarsi.

È questo il caso del papavero (Figura 2.3) che, in mancanza di visite da parte di impollinatori, solitamente costituiti da api domestiche, api solitarie e bombi, non è in grado di sviluppare semi. Molte altre specie entomogame, pur essendo impollinate da insetti, sviluppano semi anche derivanti da autofecondazione. L'incapacità di produrre semi, in assenza di fecondazione incrociata, rende queste



Figura 2.4 - Infiorescenza di *Lythrum salicaria* specie vulnerabile dalla sua assoluta necessità di impollinatori ma in grado di persistere anche per la sua attitudine alla perennanza mediante organi vegetativi. (Foto Benvenuti).

specie decisamente vulnerabili, pur se la loro sopravvivenza è resa possibile anche da altre strategie, quale ad esempio la spiccata dormienza e longevità dei semi, come tipicamente accade nel caso del Papavero. Altri casi di auto-incompatibilità possono rendere meno vulnerabile una determinata specie, grazie a meccanismi di perennanza forniti da organi di propagazione vegetativa. È questo il caso di *Lythrum salicaria* la cui necessità di impollinazione, soprattutto operata da api e bombi, (Figura 2.4) viene attutita da una ricolonizzazione annuale dell'habitat mediante il germogliamento di organi vegetativi. In altre parole, nel caso di mancanza o carenza di impollinazione e quindi di *seed-set*, la specie è resa meno vulnerabile da una propagazione non gamica mediante la presenza di organi vegetativi.

Molte asteracee, pur essendo molto visitate da una vasta gamma di impollinatori, sono in grado di mantenere una percentuale variabile di semi derivanti sia da atto gamico mediato da insetti che da autofecondazione (Anderson, 2007). Tuttavia, se da una parte tale capacità consente la formazione di seme anche in condizioni di assenza di impollinatori, dall'altra la progenie autofecondata va progressivamente incontro a quell'"*inbreeding depression*" che tende a ridurre il grado di vigoria delle piante. In pratica l'equilibrio tra autofecondazione e impollinazione tra individui diversi appare la strategia migliore per ottimizzare la dinamica di sopravvivenza delle varie specie.

Non è infatti un caso che molte delle specie tipicamente entomogame siano diventate rare in ambienti altamente disturbati, come sono gli agroecosistemi gestiti con sistemi culturali convenzionali. Ad esempio, specie entomogame come *Legousia speculum veneris*, *Consolida regalis* e *Scandix pecten-veneris* (Fründ, *et al.*, 2013) sono divenute rare proprio per la scarsa biodiversità di impollinatori, la cui presenza è pressoché indispensabile per la loro fecondazione. La riduzione della loro presenza non è esclusivamente dovuta alla carenza di impollinatori, ma anche ad altri fattori antropici; si tratta di un tipico esempio di specie sottoposte a rarefazione che ha stimolato progetti di re-inserimento all'interno di agroecosistemi floristicamente degradati (Epperlein, *et al.*, 2014).



Figura 2.3 - Stami di *Papaver rhoeas* in grado di produrre una grande quantità di polline però non in grado di essere fertile sugli stigmi della stessa pianta (Foto Benvenuti).

specie decisamente vulnerabili, pur se la loro sopravvivenza è resa possibile anche da altre strategie, quale ad esempio la spiccata dormienza e longevità dei semi, come tipicamente accade nel caso del Papavero.

Altri casi di auto-incompatibilità possono rendere meno vulnerabile una determinata specie, grazie a meccanismi di perennanza forniti da organi di propagazione vegetativa. È questo il caso di *Lythrum salicaria* la cui necessità di impollinazione, soprattutto operata da api e bombi, (Figura 2.4) viene attutita da una ricolonizzazione annuale dell'habitat mediante il germogliamento di organi vegetativi. In altre parole, nel caso di mancanza o carenza di impollinazione e quindi di *seed-set*, la specie è resa meno vulnerabile da una propagazione non gamica mediante la presenza di organi vegetativi.

Molte asteracee, pur essendo molto visitate da una vasta gamma di impollinatori, sono in grado di mantenere una percentuale variabile di semi derivanti sia da atto gamico

2.1.3 Efficienza della biodiversità della fauna impollinatrice



Figura 2.5 - Fiore attinomorfo di *Verbascum sinuatum* definibile “generalista” in quanto visitabile da una vasta gamma di insetti impollinatori (Foto Benvenuti).

C'è inoltre un altro aspetto da considerare: l'interazione simbiotica di una determinata specie entomogama è effettuabile da tutti o solo una parte di insetti? Esistono due categorie di interazioni fiore-impollinatore: quelle “generaliste” e quelle “specialiste” (Ashworth *et al.*, 2004). Le prime hanno il vantaggio di essere effettuabili da una vasta gamma di impollinatori ma hanno anche un “effetto boomerang”, dovuto al fatto che gli insetti veicoleranno il polline anche in fiori di specie diverse laddove non è possibile alcun flusso genico.

Per evitare questa dispersione del polline in collocazioni prive di utilità biologica, e cioè fiori di altre specie prive di qualsiasi chance di ibridabilità, alcune specie hanno evoluto una certa specificità. I *wildflowers* del primo caso sono definiti “generalisti” (Figura 2.5) mentre i secondi “specialisti”.

Viene da chiedersi: attraverso quali meccanismi alcune specie sono divenute “selettive” nella loro interazione simbiotica fiore-insetto? Ci sono sicuramente diverse cause che hanno portato a questa “simpatia” tra alcune specie vegetali ed animali sia di tipo chimico, fisiologico che morfologico (Sakai, 2002). Questo ultimo aspetto è sicuramente un valido “indicatore” della tendenza del fiore di una determinata specie ad essere generalista o specialista. Solitamente i fiori attinomorfi (fiori od infiorescenze a più piani di simmetria) sono generalisti mentre i fiori zigomorfi (hanno un solo piano di simmetria) sono più frequentemente specialisti.

Ciò si verifica in quanto la conformazione zigomorfa (Figura 2.6) si co-evolve con la morfologia di una determinata categoria di impollinatori che possono essere rappresentati da api domestiche, api solitarie, bombi, ditteri sirfidi, ditteri bombilidi, lepidotteri e talvolta coleotteri o persino formiche. In pratica la corolla del fiore di una determinata specie è “performante” rispetto alla forma di un determinato insetto (Kiestler *et al.*, 1984) e tende in alcune specie a chiudersi ostacolando così l'ingresso di insetti meno, o affatto, desiderati (Figura 2.7). Addirittura gli stami sono posizionati in modo da collocare il polline proprio laddove l'insetto ha una maggiore tomentosità evoluta proprio per il trasporto del polline.



Figura 2.6 - Fiore zigomorfo di *Salvia verbenaca* con pistilli che fuoriescono dalla corolla per poter entrare in contatto con la tomentosità di un apoideo proprio laddove viene veicolato il polline (Foto Benvenuti).



Figura 2.7 - Fiore zigomorfo di *Linaria vulgaris* la cui conformazione “seleziona” l'ingresso di impollinatori mediante la forma e la chiusura della corolla (Foto Benvenuti)

I motivi della strategia di selettività dei vari *wildflowers* nei confronti della intera biodiversità degli impollinatori è duplice. Prima di tutto gli apoidei, soprattutto le api, sono caratterizzati da “costanza” nelle visite dei vari fiori (Waser, 1986). Con questo termine si indica la scelta continuativa di una determinata specie per le visite dei rispettivi fiori. Probabilmente gli impollinatori hanno in questo modo vantaggi di semplificazione nell'individuazione dei nettari e sicuramente i *wildflowers* hanno il massimo dell'efficienza nella dispersione del polline essendo depositato sui fiori della medesima specie. In pratica si verifica, in questo modo, il massimo di efficienza di flusso genico intra-specifico. Inoltre questa categoria di impollinatori è caratterizzata da una spiccata tomentosità su gran parte del corpo mostrando una evidente co-evoluzione nel convergente

interesse di cattura e trasferimento del polline. In questo ambito i bombi hanno una attività di bottinamento decisamente elevata ed inoltre hanno scarse esigenze termiche riuscendo a bottinare anche durante tiepide giornate invernali. Inoltre la loro mole consente un più energico “scuotimento” degli stami consentendo una maggiore fuoriuscita di polline dalle antere (Figura 2.8).

Un ulteriore aspetto evolutivo del mutualismo “selettivo” tra *wildflowers* ed impollinatori è costituito dalla similitudine della lunghezza e sezione trasversale del calice ed apparato boccale degli impollinatori. Infatti, l’apparato boccale degli apoidei è adatto ad aspirare il nettare (più o meno fluido in funzione della concentrazione di zuccheri) ed è riassumibile in due tipologie: lingua corta e lingua lunga (Harder, 1983). Ovviamente, i primi sono idonei a suggere il nettare di corolle non troppo allungate, mentre i secondi sono specializzati per i *wildflowers* caratterizzati da corolle sottili ed allungate, come spesso hanno fiori di molte specie appartenenti alle famiglie botaniche delle fabacee, lamiacee e scrofulariacee. Le specie a lingua corta sono ritenute appartenenti alle famiglie più primitive (colletidi, andrenidi, stenotritidi, halictidi, melittidi) mentre quelle a lingua lunga (megachilidi, apidi) si ritiene si siano evolute successivamente.



Figura 2.8 - Infiorescenza di *Taraxacum officinale* visitata da un Bombo che ha favorito la fuoriuscita di polline per l’intenso scuotimento generato dalla mole dell’impollinatore (Foto Benvenuti).



Figura 2.9 - Fiore di *Dianthus cartusianorum* tipicamente impollinato da lepidotteri (Foto Benvenuti).

Ci sono poi *wildflowers* che hanno una impollinazione operata prevalentemente, o persino esclusivamente, da parte di lepidotteri (Figura 2.9). Il cosiddetto garofanino selvatico (*Dianthus cartusianorum*) è un esempio di specie specializzata per avere rapporti mutualistici con le farfalle che assumono quindi il ruolo ecologico di costituire il principale vettore nel trasporto di polline (Bloch, 2006). In questi casi la forma della corolla dei fiori è particolarmente conformata per essere penetrata dalla lunga spirotromba tipicamente evoluta per ottimizzare la suzione del nettare (Borrell e Krenn, 2006).



Figura 2.10 - Fiori di *Silene vulgaris* tipicamente impollinate da farfalle notturne (Foto Benvenuti).



Figura 2.11 - Fiore di *Ornithogalum umbellatum* visitato da un coleottero che funge più da predatore di polline che da impollinatore (Foto Benvenuti).

Un ancora più stretto rapporto di simbiosi mutualistica è dato da alcune specie, spesso appartenenti alla famiglia botanica delle cariofillacee, tra *wildflowers* e farfalle notturne. Le specie più rappresentative di queste specie appartengono al genere botanico *Silene* (Figura 2.10), come ad esempio *Silene alba* e

Silene vulgaris (Young, 2002). In alcune specie l'impollinazione notturna è opzionale in quanto sono attivi anche alcune specie di lepidotteri diurni, mentre in altri casi il ruolo ecologico delle farfalle notturne è esclusivo.

Ci sono, inoltre, casi di interazione fiori-insetti che oscillano tra il ruolo di impollinatore a predatore di polline (Wäckers *et al.*, 2007). In pratica l'attività di tali insetti è prevalentemente negativa per una determinata specie vegetale in quanto la maggior parte del polline viene direttamente utilizzato come cibo (Figura 2.11). Tuttavia, anche questi organismi predatori possono rappresentare un occasionale vettore di trasferimento del polline. In ogni caso alcune specie hanno persino evoluto del polline tossico (Adler, 2000) per limitare il suo utilizzo come fonte di cibo da parte dei visitatori meno efficienti nella veicolazione del polline.

Al fine di evitare o minimizzare questa perdita di polline alcune specie hanno evoluto odori in grado di fungere da repellenti (Dobson e Bergström, 2000).

In sintesi si assiste ad un'affascinante e romantica interazione co-evolutiva tra fiori ed insetti impollinatori ad una meno affascinante ma necessaria evoluzione per difendere la propria specie. In entrambi i casi la complessità di strategie di affermazione e sopravvivenza, tipica di ecosistemi ricchi di *wildflowers*, sono un esempio di biodiversità e di sorprendente similitudine tra le strategie vegetali, animali ed antropiche.

2.2 La biologia florale e riproduttiva delle piante erbacee entomogame

2.2.1 Sessualità nei *wildflowers*

Nella letteratura internazionale sono disponibili una vasta gamma di modalità del cosiddetto “*mating system*” ed è assolutamente affascinante scoprire come le angiosperme si siano evolute in una vasta gamma di strategie (Barrett, 2002). Nella maggior parte dei casi le specie sono ermafrodite ed avendo entrambi i sessi sulla stessa pianta possono dar luogo ad una progenie autofecondata o allogama in quanto derivante da impollinazione di altri individui più o meno limitrofi. In questi casi il flusso genico, inteso come grado di scambio del patrimonio genetico all'interno della popolazione, deriva dall'attitudine ad autofecondarsi oppure dalla tendenza ad essere fecondata da polline proveniente da altri individui. Mentre nel primo caso si ha il vantaggio di non dipendere dalla presenza di altri individui, nel caso in cui l'impollinazione sia entomogama si ha il vantaggio di mantenere un consistente flusso genico, utile ad evolvere gli individui più adatti a sopravvivere nelle mutevoli condizioni ecologiche (Vogler e Kalisz, 2001). In alcuni casi la disposizione spaziale di stami e pistilli tende a favorire l'allogamia piuttosto che l'autofecondazione (Figura 2.12), dal momento che è meno probabile che il polline fuoriuscito dalle antere possa veicolare verso i pistilli disposti superiormente.



Figura 2.12 - Sezione longitudinale di un fiore di Zafferano selvatico (*Crocus vernus*), specie ermafrodita, in cui sono ben visibili i pistilli (centrali ed allungati) e gli stami (lateralmente ed accorciati) (Foto Benvenuti).



Figura 2.13 - Sezione trasversale di un individuo maschile di *Silene latifolia*, in cui sono visibili solo le antere che fuoriescono dalla corolla (Foto Benvenuti).

portano fiori di uno o l'altro sesso posti in modo separato sulla stessa pianta (dette quindi monoiche

dicline). Ciò riduce il grado di autofecondazione in quanto la separazione spaziale dei due sessi limita la probabilità di contatto del polline sugli stigmi. Un esempio di flora spontanea con questo meccanismo è dato dalle varie specie del genere botanico *Xanthium*, asteracee che portano infiorescenze maschili apicali e femminili situate più in basso lungo gli assi delle ramificazioni.

Una ulteriore separazione dei sessi è fornita da alcune specie definite dioiche in quanto ogni pianta porta esclusivamente l'uno o l'altro dei due sessi. In pratica si hanno piante maschili e femminili all'interno di una popolazione. Un esempio è fornito da alcune euforbiacee come *Mercurialis annua* oltre che da alcune cariofillacee (Figura 2.13) come ad esempio *Silene latifolia* (Grant *et al.*, 1994).

Oltre a questo caso "rigido" di appartenenza ad un determinato sesso, questa categoria di piante dioiche annovera anche casi in cui questa distinzione di piante maschili e femminili è flessibile in quanto oltre ad individui unisessuati ve ne sono altri, appartenenti alla medesima specie, con piante monoiche in cui sono presenti entrambi i sessi.

In questo ambito vi è una ulteriore distinzione: specie con popolazioni in cui prevalgono gli individui maschili, che vengono dette "androdioiche", e specie in cui prevalgono individui femminili, che in questo caso vengono definite "gimnodioiche" (Figura 2.14). Un esempio del primo caso è dato da *Rumex acetosa*, polygonacea in cui prevalgono individui maschili mentre nel secondo caso possiamo citare *Silene dioica* in cui, al contrario, prevalgono individui femminili.



Figura 2.14 - *Silene dioica* specie definita "gimnodioica" in quanto prevalgono individui femminili all'interno della popolazione (Foto Benvenuti).



Figura 2.15 - Fiore di *Campanula medium* come esempio di proterandria in wildflowers (Foto Benvenuti).

dioiche hanno una dinamica di fioritura che è naturalmente desincronizzata dallo sviluppo dei fiori in piante diverse appartenenti all'uno od all'altro sesso. Le casistiche nella biologia florale sono le seguenti: proterandria con sviluppo



Figura 2.17 - Infiorescenza di *Anthemis cotula* in cui è visibile un anello centrale nei fiori fertili "del disco" che tende a desincronizzare la dinamica di fioritura (dall'esterno verso l'interno) (Foto Benvenuti).

2.2.2 Dicogamia in specie entomogame

Uno dei meccanismi utilizzati da alcune specie per stimolare il flusso genico è costituito dalla de-sincronizzazione della dinamica di maturazione delle strutture maschili e femminili in modo da favorire l'incrocio tra individui diversi appartenenti alla stessa specie. Questo fenomeno, noto già da molti anni (Mayberry, 1940), tende ad evitare l'autofecondazione favorendo così l'incrocio tra individui diversi (xenogamia) che si trovano in stadi fenologici differenziati di pochi giorni tra loro. Ovviamente, quando si

parla di dicogamia ci si riferisce alle specie monoiche dal momento che quelle



Figura 2.16 - Fiore di *Verbascum thapsus* come esempio di proteroginia in wildflowers (Foto Benvenuti).

anticipato degli organi maschili, proteroginia con sviluppo anticipato degli organi femminili ed adicogamia in cui si ha una contemporanea maturazione di entrambi gli organi sessuali. Ovviamente questo ultimo caso è il più frequente. Tuttavia vi sono diverse specie che hanno messo in atto la strategia di flusso genico favorita da dicogamia, sia in termini di proterandria che di proteroginia.

Il genere botanico *Campanula* è ricco di specie proterandre (Blionis e Vokou, 2001). Spesso questa strategia è messa in atto da specie autoincompatibili che esigono quindi xenogamia (Routley *et al.*, 2003). Un esempio molto diffuso nei nostri ambienti Mediterranei è dato da *Campanula medium* (Figura

2.15), specie tipica di aree di transizione tra zone forestali e luoghi erbosi.

Al contrario il genere botanico *Verbascum* è ricco di specie proterogine (Donnelly *et al.*, 1998). Ad esempio il *Verbascum thapsus* (Figura 2.16), caratterizzato dal tipico habitus “monumentale”, è una specie proterogina anche se possiede individui adicogamici che al contrario maturano contemporaneamente organi maschili e femminili. D'altra parte la diversificazione delle modalità di impollinazione può divenire importante per minimizzare la vulnerabilità di un rigido sistema di flusso genico. Questa duplice strategia si chiama dicogamia facoltativa (Mallick, 2001) consentendo di diversificare le modalità di flusso genico ed il conseguente grado di consanguineità della progenie.

Ad esempio molte specie di *wildflowers* appartenenti alla famiglia botanica delle asteracee, pur essendo in grado di mettere in atto autogamia, tendono a desincronizzare la propria dinamica di fioritura per favorire anche la dicogamia. Queste specie, come ben noto, sono contraddistinte da tipiche infiorescenze a capolino, in cui si verifica una proterandria semi-sincronizzata (Çetinbaş e Ünal, 2014). Infatti la dinamica di fioritura è proterandra per ogni singolo fiore fertile (detto del disco) che tuttavia avviene in modo de-sincronizzato secondo una dinamica circolare che parte dall'esterno procedendo verso l'interno. Ne consegue che ogni singolo fiore, essendo proterandro, non può essere fecondato da un fiore appartenente allo stesso “anello” in fase di fioritura (Figura 2.17) ma piuttosto dal polline proveniente da individui limitrofi (Kalisz *et al.*, 2006).

In pratica i capolini delle asteracee hanno una dinamica di fioritura con un affascinante sviluppo a “spirale” (Elomaa *et al.*, 2018) che caratterizza il grado di flusso genico tra i vari individui.

2.2.3 Fotoperiodismo

Ogni specie tende a sincronizzare le varie fasi fenologiche, soprattutto in termini di fioritura, con i periodi più adatti per assecondare le rispettive esigenze ecologiche delle varie specie. In altre parole la scelta dell'epoca di fioritura, indicata dalla lunghezza del giorno, non è certo una coincidenza ma un importante indicatore delle condizioni climatiche più o meno favorevoli (Imaizumi e Kay, 2006). Affidarsi alla lunghezza del giorno è stato uno dei meccanismi evolutivi più importanti nell'evoluzione delle varie angiosperme. L'induzione a fiore in seguito alla durata delle ore di luce è definita



Figura 2.18 - Fiori di *Narcissus tazetta*, specie microterma con calendari di fioritura precocissimi (già in gennaio) allorché risulta appena percettibile l'allungamento della durata del giorno (Foto Benvenuti).

neurodiurne possono appartenere all'una o l'altra delle sopraccitate categorie.

Andiamo quindi a fare alcuni esempi pratici di queste categorie di risposta fotoperiodica.

Un chiaro esempio di specie lungidiurna è dato dal *Narcissus tazetta* (Figura 2.18), specie le cui precocissime fioriture avvengono già in pieno inverno (gennaio-febbraio), allorché le basse temperature vengono affiancate da un allungamento della durata del giorno.

Nella vasta moltitudine di *wildflowers* utilizzabili come altri esempi di specie longidiurne appare opportuno citare la *Lunaria annua* (Figura 2.19), specie contraddistinta da una tipica fioritura di piena primavera (aprile-maggio). Ovviamente per brevità non citiamo altre specie che tuttavia sono, come già riportato, pressoché tutte le specie a germinazione autunnale, invernale o durante le prime fasi della primavera.

fotoperiodismo, fenomeno mediato dal fitocromo, pigmento cromo-proteico (Song *et al.*, 2015), attivato dalla luce e disattivato dall'oscurità.

Vengono distinte tre diverse categorie di risposta fotoperiodica: specie longidiurne, brevidiurne e neutrodiurne. Mentre nel primo caso l'induzione a fiore viene mediata dall'allungamento del giorno, quindi nei periodi di invernali e primaverili, le brevidiurne sono invece stimolate dal raccorciamento del periodo di luce allorché, dopo il 21 di giugno, le giornate tendono progressivamente ad accorciarsi durante i periodi estivi o autunnali. Le specie appartenenti alla terza categoria sopraccitata non hanno spiccate esigenze fotoperiodiche e tendono a fiorire in modo indipendente dalla lunghezza del giorno. Va sottolineato che mentre le specie longidiurne sono solitamente microterme quelle brevidiurne sono, al contrario, macroterme. Le



Figura 2.19 - Fiori di *Lunaria annua*, specie microterma con calendari di fioritura primaverili tipico esempio di specie longidiurna (Foto Benvenuti).

Come esempio di specie brevidiurne, indicate nella letteratura internazionale come piante “short-day” possiamo citare *Oenothera biennis* (Figura 2.20) dal momento che questo genere botanico ha tipicamente questa esigenza fotoperiodica (Steiner e Stubbe, 1984).



Figura 2.20- Fiore di *Oenothera biennis*, specie microterma con calendari di fioritura primaverili tipico esempio di specie brevidiurna. (Foto Benvenuti).



Figura 2.21 - Fiore di *Helianthus tuberosus* specie caratterizzata da tipica fioritura di fine estate (Foto Benvenuti).

Un ulteriore esempio di una specie brevidiurna è fornito da *Helianthus tuberosus* (Figura 2.21), un'asteracea caratterizzata da una tipica fioritura di fine estate.

Analogamente hanno simili esigenze fotoperiodiche specie a fioritura estiva, come diverse specie appartenenti al genere botanico *Origanum* (Davidenco *et al.*, 2017) e *Hibiscus* (Warne e Erwin, 2001), oltre a molte altre specie macroterme. Ci sono poi altre specie che hanno scarse o assenti esigenze fotoperiodiche e possono fiorire nei vari periodi dell'anno in funzione dell'andamento termico ed idrico più o meno favorevole per la crescita delle piante, come avviene ad esempio in alcune brassicacee come *Sinapis arvensis*.

2.2.4 Termo-periodismo

È un fenomeno che consente di poter percepire i periodi dell'anno ottimali per dar luogo alla fioritura. L'induzione a fiore è ottimale allorché la pianta è sottoposta a determinate condizioni di temperatura. Solitamente le specie sensibili al termo-periodismo (Mohr e Shopfer, 1995) sono le specie microterme in quanto l'innalzamento della temperatura, in seguito a periodi di freddo, “avverte” così la pianta del superamento del periodo invernale. La necessità di freddo da parte delle piante viene definita “vernalizzazione” (Salisbury, 1987). In pratica il freddo, che segue una germinazione autunnale o di primavera precoce, stimola la successiva induzione alla fioritura. È opportuno sottolineare che tale esigenza non si verifica a livello di seme ma di pianta che solitamente trascorre i periodi di freddo allo stadio fenologico definito a “rosetta”. Si parla spesso di “esigenze di freddo” o persino di “fabbisogno in freddo” per le varie specie che risultano più o meno esigenti per questo fattore ecologico. In pratica, sotto il profilo di esigenze di termo-periodismo, le semine autunnali sono ovviamente quelle più idonee, rispetto alle primaverili, a soddisfare tali esigenze.



Figura 2.22 - Fiore di *Viola tricolor*, specie microterma la cui fioritura è favorita da periodi invernali di bassa temperatura (Foto Benvenuti).

Wildflowers che sono stimolate da periodi freddi sono in realtà la maggior parte delle specie microterme anche se ciò accade in modo diversificato in funzione della specie considerata. Tra le specie annuali microterme, possiamo utilizzare, ad esempio, *Viola tricolor* (Figura 2.22), *Papaver rhoeas* e *Nigella damascena*. Va sottolineato che anche le specie a ciclo perenne, in particolar modo le bulbose, hanno una spiccata esigenza termo-periodica. Ne sono esempio alcune specie appartenenti ai generi botanici *Scilla*, *Ornithogalum*, *Narcissus*, *Cyclamen*, *Lilium* e *Crocus* (Halevy, 2003). In questi casi l'epoca di semina (in riferimento alle “annuali”) o di impianto (in riferimento alle “bulbose”) diviene indispensabile per poter dar luogo sia ad una regolare crescita che fioritura.

2.2.5 Apomissia



Figura 2.23 - Infiorescenza di *Taraxacum officinale* specie in grado di formare semi apomittici da fiori non fecondati ed identici alla pianta madre (Foto Benvenuti).

L'apomissia è una modalità di riproduzione per seme che però non deriva da atto gamico (Richards, 2003). È una sorta di alternativa alla normale formazione del seme che si sviluppa mediante la fecondazione degli ovuli da parte del polline. In contesti ecologici particolari, spesso di stress, dovuti a condizioni termiche o idriche avverse, si può assistere alla formazione dell'embrione senza l'unione dei gameti. In pratica si sviluppa un seme senza che avvenga una normale fecondazione. In questo caso si formano progenie geneticamente identiche alla pianta madre.

Oltre alla ben nota stella alpina (*Leontopodium alpinum*), possiamo citare numerose *wildflowers* che hanno una facoltativa possibilità, mediata dalle condizioni ambientali, di formare fiori apomittici. Tra queste possiamo citare il comunissimo *Taraxacum officinale* (Figura 2.23), diffuso in moltissimi luoghi erbosi di molti ecosistemi prativi di

montagne, colline e pianure.

Un ulteriore esempio di specie apomittica è quello dell'iperico (*Hypericum perforatum*), diffuso in molti luoghi erbosi assai spesso caratterizzati da periodi siccitosi.

2.2.6 Riproduzione vegetativa da tessuti delle infiorescenze

Una ulteriore e sorprendente biologia della riproduzione è data da alcune liliacee in grado di avere infiorescenze di duplice tipologia di propagazione: gamica ed agamica. Nel primo caso si sviluppano dei normali fiori ermafroditi che vengono fecondati per autogamia o allogamia operata da insetti impollinatori. Nel secondo caso alcuni fiori sono invece in grado di sviluppare dei bulbilli ipogei, inseriti sulla medesima infiorescenza portante fiori "normali". In questi casi si assiste alla formazione di progenie derivanti da atto gamico unitamente a bulbilli identici alla pianta madre. Uno degli esempi di taxa più ricchi di specie con questa modalità riproduttiva è rappresentato dal genere botanico *Allium*. Ad esempio, l'*Allium roseum* (Figura 2.24) è uno degli esempi di *wildflowers*, molto diffusa in ambiente Mediterraneo, in cui sono ben visibili i fiori ermafroditi spesso affiancati da bulbilli situati sulla medesima infiorescenza.



Figura 2.24 - Infiorescenza di *Allium roseum* in cui sono visibili alla base alcuni bulbilli in grado di dar luogo a propagazione agamica (Foto Benvenuti).

2.2.7 Wildflowers geofite

Una importante categoria di *wildflowers* è quella costituita da specie a ciclo perenne e comunemente denominata col termine di "bulbose". Esse vengono quindi propagate tipicamente mediante i rispettivi organi vegetativi ipogei. In realtà alcune di esse non sono provviste di un vero e proprio bulbo ma di altre strutture di propagazione vegetativa come nel caso di tuberi o rizomi. È per questo motivo che abbiamo utilizzato nel titolo del paragrafo il termine "geofite" in quanto con tale termine si indicano tutte le specie in grado di propagarsi mediante organi ipogei.

Una delle più appariscenti ed apprezzate *wildflower* a ciclo perenne è sicuramente il *Lilium bulbiferum* (Figura 2.25), specie caratterizzata da sgargianti corolle dalla fioritura tardo-primaverile. In questo ambito non possiamo tralasciare il ben noto *Gladiolus italicus* (Figura 2.26), specie di ampia, anche se ormai rarefatta, diffusione nei vari ambienti Mediterranei.

Come esempio di geofita propagata mediante organi ipogei definiti "tuberi" possiamo utilizzare molte *wildflowers* appartenenti alla famiglia botanica delle ranunculacee. Molte di queste sono largamente coltivate; è il caso, ad esempio di *Anemone hortensis* (Figura 2.27), le cui vistose fioriture colorano molti luoghi erbosi durante i primi mesi del periodo primaverile (marzo-aprile).



Figura 2.25 - Infiorescenza di *Lilium bulbiferum* wildflower dai fiori molto appariscenti tipicamente propagata vegetativamente mediante i suoi bulbi (Foto Benvenuti).



Figura 2.26 - *Gladiolus italicum* wildflower bulbosa di indubbio impatto estetico (Foto Benvenuti).



Figura 2.27 - Infiorescenza di *Anemone hortensis* wildflower che si propaga non solamente per seme ma anche mediante organi ipogei definiti botanicamente "tuberi". (F. Benvenuti).

2.3 Strategie di attrattività dei fiori nei confronti degli insetti

Una delle prime forme di "pubblicità" operata dalla natura è probabilmente quella evoluta dai fiori per attrarre l'attenzione degli insetti impollinatori. Come la moderna pubblicità che opera attraverso immagini, musica, parole ad effetto mediatico etc., al fine di proporre un potenziale bene di consumo, anche le specie entomogame hanno messo a punto delle strategie basate sull'attrattività. La reale ricompensa dell'opera di movimentazione del nettare è costituita dal polline e dal nettare che costituiscono la vera e propria dieta di molti insetti. Tuttavia, al fine di incrementare l'individuazione dei fiori da parte della fauna entomogama, i *wildflowers* hanno sviluppato strategie basate su forma e colori della corolla, su profumi nonché su risposte ai suoni emessi dagli insetti durante il volo.

2.3.1 Colori

Come è ben noto la natura è identificata dal colore verde dal momento che i pigmenti clorofilliani, alla base della fotosintesi, hanno questa colorazione e sono diffusi in gran parte dei tessuti delle piante. Al contrario i fiori hanno colorazioni estremamente diversificate che tendono a "spiccare" sulla vegetazione al fine di facilitare la loro individuazione da parte degli impollinatori. Da un punto di vista fitochimico la colorazione del fiore è generata da 3 categorie di pigmenti: I carotenoidi (conferiscono colori rossi e gialli), gli antociani (viola e blu) ed i flavonidi (bianco e giallo).



Figura 2.28 - Fiore di *Diploxys tenuifolia*; il colore giallo è molto diffuso a causa della sua facile visibilità da parte degli impollinatori (Foto Benvenuti).



Figura 2.29 - Fiore di *Tuberaria guttata* con evidenti macchie scure alla base dei petali al fine di riflettere luce ultravioletta facilitando il riconoscimento da parte degli impollinatori (Foto Benvenuti).

La gamma di colori dei *wildflowers* non è però uniforme in quanto ci sono dei colori più diffusi ed altri meno utilizzati dalle varie specie. Ciò dipende dal fatto che gli insetti hanno un sistema visivo che, seppur in funzione dalla categoria di insetto considerato (api, ditteri, lepidotteri etc.), ha una ottimale "visione" in determinate bande dello spettro di luce (Chittka e Raine, 2006).

L'occhio umano e quello dell'entomofauna non hanno la stessa percezione delle varie lunghezze d'onda dello spettro di luce. Il nostro sistema visivo percepisce lunghezze d'onda comprese tra i 400 e i 760 nanometri mentre, ad esempio, le api percepiscono quelle tra i 300 ed i 630 nanometri. Mentre l'uomo non è in grado di vedere i raggi ultravioletti, le api hanno una scarsa percezione del colore rosso. Quindi



Figura 2.30 - Infiorescenza di *Tragopogon porrifolius* caratterizzata da simmetria raggiata (Foto Benvenuti).

api ed altri impollinatori distinguono bene solo i colori nella gamma dal blu all'ultravioletto. Ciò era stato osservato dallo scienziato inglese John Lubbock, allievo di Charles Darwin che, studiando i fiori di *Lobelia*, osservò che le api preferivano nettamente quelli caratterizzati da una maggiore riflessione di raggi ultravioletti in quanto più visibili. Non è un caso che la natura abbia scelto per i fiori soprattutto i colori bianco e giallo (Figura 2.28) mentre una minore quantità di specie hanno evoluto colori blu e viola. Ancora minori sono le specie a fiore rosso, categoria alla quale appartiene il ben noto papavero.

In alcuni casi vi sono specie che hanno una sorta di "macchia" scura alla base dei petali (Figura 2.29) in grado di riflettere bene i raggi ultravioletti e, conseguentemente, di incrementare il livello di pubblicità nei confronti degli impollinatori.

2.3.2 Forme

La straordinaria complessità delle forme che dei fiori deriva da un duplice obiettivo: selezionare i potenziali impollinatori (più o meno efficienti) e facilitare la ricognizione di ogni determinata specie. Le modalità di diversificazione avviene in base all'evoluzione dei petali che formano la corolla che possono restare separati tra loro, e in questo caso la corolla viene detta "dialipetala", oppure saldati tra loro, ed in questo caso viene detta "gamopetala". Vi è un ulteriore parametro di distinzione dei fiori basata sulla simmetria della propria forma geometrica. Se vi sono più piani di simmetria la corolla è detta attinomorfa (Figura 2.30) mentre se si ha un unico piano di simmetria è detta zigomorfa (Figura 2.31).

Solitamente i fiori attinomorfi sono destinati ad una vasta gamma di impollinatori in quanto ben fruibili da parte dell'entomofauna (detta "generalista") mentre, al contrario, i fiori zigomorfi sono spesso destinati ad una più ristretta biodiversità di impollinatori che vengono definiti "specializzati". In questo ultimo caso, infatti, la corolla assume una conformazione spesso "selettiva" nei confronti della morfologia degli impollinatori sia in termini di forma, dimensioni e conformazione dell'apparato boccale.



Figura 2.31 - Infiorescenza di *Stachys recta* caratterizzata da fiori zigomorfi con un solo piano di simmetria (Foto Benvenuti).



Figura 2.32 - Corolla gamopetala (petali saldati) di *Cerintho maior* (Foto Benvenuti).



Figura 2.33 - Fiore papilionato di *Spartium juncum* tipico della famiglia botanica delle fabacee (Foto Benvenuti).



Figura 2.34 - Corolla bilabiata di *Ajuga reptans*, tipico esempio di fiore appartenente alla famiglia botanica delle lamiacee (Foto Benvenuti).

Tuttavia anche nei fiori attinomorfi, ma con corolla gamopetala (petali saldati tra loro), il fiore stesso assume una conformazione cilindrica che può assumere il ruolo di selezionare gli impollinatori dotati di apparato boccale idoneo per il prelievo di polline e nettare. Tale conformazione è ben visibile nei fiori di *Cerintho maior* (Figura 2.32) con evidente selettività di ingresso per gli impollinatori.

Vi sono poi casi di corolla definita “papilionata”, cioè a farfalla nel caso della famiglia botanica delle fabacee (Figura 2.33). In questo caso si distingue un petalo superiore detto “vessillo” e due petali laterali dette “ali”; infine, due petali inferiori sono saldati a doccia che prende il nome di “carena”. Vi è inoltre una ulteriore tipologia di fiore che caratterizza un’altra famiglia botanica: le Labiatae (detta anche Lamiacee). In questo caso si distingue un labbro superiore, formato da due petali saldati, ed un labbro inferiore formato da tre petali. Quello centrale è molto ampio mentre i due laterali sono più piccoli. Sia in questo che nel precedente caso è ben visibile la simmetria di tipo bilaterale (Figura 2.34).



Figura 2.35 - Fiore di *Ophrys* in cui la forma del labello tende a mimare un apoideo in modo da favorire la movimentazione del proprio polline (Foto Benvenuti).

Vi è infine una curiosa evoluzione della forma della corolla: quella di ingannare gli insetti impollinatori. Nel caso di alcune orchidee appartenenti al genere botanico *Orphrys* (Figura 2.35) tale corolla ha evoluto una forma e tomentosità tale da mimare

la femmina di un apoideo al fine di attrarla senza alcuna ricompensa (non ha nettare) effettuando una impollinazione mediante una “pseudo-copula” (accoppiamento fasullo tra ape maschio e fiore con le sembianze di una femmina). La forma e il colore di queste orchidee mimano quelli dell’addome delle femmine di alcuni imenotteri, in modo tale che i maschi siano attirati sul fiore come una sorta di “sirene di Ulisse”.

2.3.3 Polline

Insieme al nettare, che verrà illustrato nel successivo paragrafo, il polline è una delle due vere ricompense per il trasferimento, almeno di una parte di esso, sui fiori degli altri individui appartenenti alla stessa specie. È chiaro quindi che solo una parte del polline prodotto (Figura 2.36) è destinato ad impollinare altri fiori dal momento che costituisce una importante fonte di cibo per l’entomofauna. La sua appetibilità è variabile sia in funzione della sua composizione fitochimica che per le dimensioni. Il polline contiene circa il 10-40% di proteine, l’1-13% di lipidi, il 13-55% di carboidrati, lo 0,3-20% di fibra e pectine, il 2-6% di sostanze minerali ed il 2-5% di altre sostanze, tra cui alcune importanti vitamine come β -Carotene, tiamina, riboflavina, niacina, acido pantotenico, acido ascorbico, biotina, acido folico e tocoferoli (Campos *et al.*, 2008).



Figura 2.36 - *Malva sylvestris* in cui è visibile il polline fuoriuscito dagli stami (Foto Benvenuti).

Le dimensioni del polline delle specie entomogame sono tipicamente più grandi di quelle delle specie anemogame dal momento che, in questo ultimo caso, non



Figura 2.37 - Sifide su capolino di una asteracea (Foto Benvenuti).

ha obiettivi di attrattività alimentare ma deve poter essere aerodisperso grazie alla propria leggerezza. Al microscopio è spesso osservabile una micro-scultura con uncini o altre appendici in modo da favorire l’adesione al corpo degli impollinatori. Va sottolineato inoltre che questi ultimi sono soprattutto costituiti da apoidei e ditteri (soprattutto i sirfidi, Figura 2.37) mentre i lepidotteri, con apparato boccale a “spirotromba”, non sono in grado di assumere il polline ma esclusivamente nettare.

Una ulteriore caratteristica del polline è quella di essere attratto da forze elettrostatiche che hanno un ruolo cruciale nell’impollinazione. Tali forze vengono accumulate sia sul corpo degli impollinatori che sui fiori e sono in grado di esercitare un campo elettro-magnetico che facilita il trasferimento del polline sia dal fiore verso l’impollinatore che

viceversa. L’atterraggio di un impollinatore su un fiore provoca una temporanea alterazione del potenziale elettrostatico (Nicholls e Hempel de Ibarra, 2017). Conseguentemente tale carica diviene una sorta di informazione per i successivi “visitatori” del fiore, i quali si rendono conto che quel fiore, essendo stato appena visitato, ha minori risorse di polline e nettare e focalizzano così l’attenzione su altri fiori limitrofi.

2.3.4 Nettare

Questa sostanza è la “ricompensa” che la flora entomogama fornisce agli impollinatori per il trasferimento del polline nell’intera popolazione di una determinata specie. Conseguentemente ha un importante ruolo nell’attrazione degli insetti pronubi (Pyke, 2016). È una soluzione acquosa ricca di zuccheri che viene prodotta in apposite ghiandole dette “nettari”. È costituito da acqua, zuccheri e amminoacidi che costituiscono il prevalente o unico cibo per gli impollinatori. Nel caso di fiori molto visitati da apoidei prevale il contenuto di zucchero, dal momento che tali insetti possono utilizzare anche il polline come fonte proteica. Al contrario *wildflowers* molto visitate da lepidotteri (Figura 2.38) hanno gli aminoacidi come prevalente costituente dal momento che l’apparato boccale di questi insetti consente loro un esclusivo alimento di tipo fluido costituito appunto dal nettare.



Figura 2.38 - *Lepidottero su fiore di Cirsium vulgare a testimonianza della produzione di nettare in quanto unico alimento assumibile mediante il proprio apparato boccale (Foto Benvenuti).*

Tuttavia, la pianta produce un nettare tossico per alcuni insetti con il ruolo ecologico di dissuadere il consumo di nettare da parte di insetti poco o affatto utili nel trasferimento del polline (Adler, 2000). In altre parole, alcune tipologie di nettare tendono ad evitare il consumo da parte di cosiddetti “ladri di nettare”; questi ultimi sono gli insetti che, non essendo provvisti di alcuna tomentosità e/o adesività, hanno scarso o mancante ruolo di trasferimento del polline. Ci sono poi specie che hanno nettari “extraflorali” ma in questo caso hanno un ruolo ecologico diverso, anche in questo caso mutualistico, ma finalizzato ad attrarre insetti, soprattutto formiche e/o coccinelle, in modo che esse possano fungere da predatori di eventuali insetti nocivi (Bentley, 1977). Il nettare funge quindi da richiamo per insetti che possono poi acquisire il ruolo di “bodyguard”.

2.3.5 Profumi

Oltre alla sgargiante cromaticità delle corolle, anche i profumi dei fiori svolgono un importante ruolo attrattivo (Pichersky e Gershenzon, 2002). La strategia di emettere sostanze altamente volatili, in modo da essere percepite a distanza, è stato infatti oggetto di co-evoluzione tra *wildflowers* ed insetti pronubi (Dötterl e Vereecken, 2010). Viene da chiedersi: ma allora abbiamo anche noi qualcosa in comune con gli impollinatori sotto un profilo di percezione del gusto? È sorprendente che ciò rende i fiori attrattivi anche per l’uomo sono proprio il gioco di colori ed i profumi (Leonard e Masek, 2014) anche se essi si sono evoluti per ruoli ecologici diversi dal procurare piacere a noi. Il profumo deriva da una grande complessità di sostanze chimiche (Knudsen *et al.*, 2006). Tali fitochimici appartengono a diverse classi di composti, come ad esempio gli alifatici, i benzenoidi, i fenil-propanoidi ed i terpeni (mono- e sesquiterpeni). I singoli composti più comuni nel profumo dei fiori sono costituiti da alcuni monoterpeni come limonene, (E)- β -ocimene, mircene, linalolo, α - e β -pinene. Molto diffusi sono inoltre e i cosiddetti “benzenoidi” come benzaldeide, metil 2-idrossibenzoato (metil salicilato) oltre l’alcool benzilico e il 2-fenil etanolo. Molto diffuso è anche il sesquiterpene cariofillene presente in circa la metà delle varie famiglie botaniche. Un chiaro esempio di strategia di attrattività basata sul profumo è data da molte specie del genere botanico *Narcissus*, il cui nome deriva proprio dalla leggenda mitologica di Narciso che rimase folgorato dalla propria bellezza analogamente all’effetto “inebriante” dell’intenso profumo di questi fiori.



Figura 2.39 - *Fiore di Arisarum vulgare come esempio di flora entomogama co-evoluta per attrarre ditteri impollinatori (Foto Benvenuti)*

In realtà non tutti i fiori sono profumati intendendo con questo termine la sensazione positiva o negativa esercitata per l’uomo. Alcune specie, infatti, attraggono alcuni ditteri impollinatori attraverso odori che per l’uomo sono definibili “nauseanti”.

Infatti, molti ditteri cercano questi materiali maleodoranti per ovideporre in quei tessuti ed assicurare nutrimento alla propria progenie dopo la schiusa delle uova. Su alcune specie del genere botanico *Arum* le femmine dei ditteri che ovidepongono su materiale putrescente sono attratti da odori analoghi. Alcune piante hanno quindi saputo intercettare questa “preferenza” degli insetti disperdendo sostanze organiche volatili che ne imitano la percezione olfattiva. Un esempio della flora Mediterranea è fornito da varie

specie del genere botanico *Arum* ed *Arisarum* (Figura 2.39) tra cui possiamo ricordare il comunissimo *Arisarum vulgare* (Kaiser, 2006).

2.3.6 Calore

Oltre ai profumi e colori i fiori utilizzano anche un altro metodo per attirare gli insetti: il calore. Alcune ricerche hanno evidenziato che il calore dei fiori può aumentare di alcuni gradi centigradi.

I fiori di alcune piante producono abbastanza calore per aumentare le loro temperature fino a 35°C sopra la temperatura dell'aria. Ciò è generato dalla trasformazione in calore della luce solare oppure mediante la produzione di calore stessi mediante un processo chiamato "termogenesi". In questo ultimo caso è ancora sconosciuto il meccanismo fisiologico che induce la produzione di calore al diminuire della temperatura dell'aria (Van der Kooi, 2016). Le piante termogeniche si ritrovano solo nelle più antiche famiglie di angiosperme e si sono evolute in associazione con gli impollinatori costituiti soprattutto da coleotteri. In altre parole, oltre alle ricompense nutrizionali, alcune piante premiano anche gli impollinatori definiti "ecto-termici" con il calore. È stato infatti rilevato, ad esempio, che i bombi scelgono i fiori più caldi soprattutto quando, nelle prime fasi primaverili, la temperatura costituisce un fattore limitante per l'attività dei pronubi (Harrap *et al.*, 2017).

2.3.7 Risposta al ronzio

Se un'ape o un pipistrello si avvicinano, le piante addolciscono il nettare di conseguenza. E forse comunicano con gli animali attraverso suoni non udibili all'uomo: due studi fanno luce sul tema, controverso e affascinante, della comunicazione vegetale. È stato rilevato che alcuni fiori di una specie di primula (*Camissoniopsis cheiranthifolia*) reagivano al classico ronzio prodotto dalle api in volo producendo rapidamente un nettare più dolce del 20%. Ciò è generato da ultrasuoni impercettibili dall'uomo ed attivi nei confronti del fiore già a distanze intorno ai 10 cm. I fiori sono risultati in grado di captare le onde sonore, generando a loro volta delle vibrazioni in risposta al battito delle ali degli impollinatori. Recenti studi hanno inoltre rilevato che i fiori sono in grado di "riconoscere" il tipo di ronzio e conseguentemente essere più o meno "generosi" nella liberazione del polline dalle antere in funzione del tipo di impollinatore più o meno efficiente nel trasporto del polline (Knight, 2019). È probabile che molte altre specie entomogame molto visitate dai bombi possano (Figura 2.40) utilizzare il ronzio come "indicatore" della presenza di impollinatori caratterizzati da elevata efficienza nel trasferimento del polline.



Figura 2.40 - Infiorescenza di *Prunella vulgaris* visitata da un bombo: il ronzio è probabilmente una vibrazione in grado di favorire la fuoriuscita del polline dalle antere (Foto Benvenuti).

È probabile che molte altre specie entomogame molto visitate dai bombi possano (Figura 2.40) utilizzare il ronzio come "indicatore" della presenza di impollinatori caratterizzati da elevata efficienza nel trasferimento del polline.

2.4 Attraenti primari e secondari delle piante entomogame con speciale riferimento ad api ed altri apoidei

2.4.1 Gli attraenti primari e secondari

Le specie entomofile devono letteralmente pubblicizzare i loro fiori per indurre la visita degli insetti impollinatori. Per queste specie si parla, dunque, di attraenti primari quando i fiori fungono anche da nutrimento e di attraenti secondari quando, invece, svolgono una funzione di attrazione solo visiva, attraverso forma, colore e simmetria della loro corolla o con l'emissione di sostanze volatili, profumi (Faegri e Van der Pijl 1979; Dafni *et al.* 2005).

I principali attraenti primari sono il polline ed il nettare, ma la visita al fiore è indotta anche da attraenti secondari quali corolle cospicue e colorate: l'insetto visita il fiore "interessante" raccogliendone il polline o il nettare e contemporaneamente si carica di polline che nella successiva visita può depositare sulla parte femminile del fiore. La forma di un fiore spesso induce l'ape a compiere dei percorsi che facilitano l'impollinazione.

2.4.2 Il polline



Figura 2.41 - *Apis mellifera* in attività su un fiore di *Cistus incanus*, da notare il polline arancione raccolto nel terzo paio di zampe (Foto Nepi).

soprattutto, le ghiandole ipofaringee (Grout, 1981). Queste ultime sono responsabili della secrezione della pappa reale, ossia l'alimento delle larve nei primi tre giorni di vita e dell'ape regina per tutto il periodo di sviluppo larvale (Grout, 1981).

Il polline per le api è un alimento completo perché contiene: proteine solubili e insolubili, lipidi e carboidrati (amido, glucosio, fruttosio, saccarosio e zuccheri più complessi). Le api, in genere, raccolgono polline privo di amido e ricco di zuccheri più semplici, perché possono assimilarlo più facilmente e velocemente (Franchi *et al.*, 1996; Mugnaini, 2000). Nei periodi in cui solo poche specie fioriscono e l'alveare è a corto di polline, le api raccolgono anche pollini con amido (Mugnaini, 2000). Il polline ha anche un basso contenuto di acqua, è quindi un "cibo" concentrato e rappresenta la principale fonte di composti azotati, sebbene anche il suo contenuto di carboidrati sia determinante nell'influenzare le scelte delle api.

Il polline di tutte le specie entomofile è ricoperto da una sostanza di natura lipidica detta *pollenkitt*, alla quale sono attribuite svariate funzioni: è responsabile del colore e dell'odore del polline, essendo viscoso contribuisce alla formazione delle pallottole che le api trasportano nelle cestelle delle zampe posteriori, favorisce l'adesione allo stigma e fa aderire i granuli all'antera finché questi non vengono attivamente raccolti dall'impollinatore (Pacini e Hesse, 2005).

2.4.3 Il nettare

Il nettare, la principale fonte di carboidrati delle api, è prodotto da tessuti vegetali specializzati detti nettari. Il termine nettario non si riferisce ad una struttura anatomica ben definita: esistono infatti vari tipi di nettari con origine, posizione all'interno del fiore e struttura anatomica assai diverse. Il termine indica, pertanto, una struttura che assume un rilevante significato ecologico essendo il luogo dove vengono prodotte le sostanze coinvolte nelle interazioni con gli animali (Pacini *et al.*, 1995).

I nettari possono essere localizzati nel fiore (nettari fiorali) o nella parte vegetativa della pianta (nettari extrafiorali). Nel primo caso il nettare svolge la funzione di ricompensa per gli impollinatori e viene bottinato dalle api; nel secondo caso è generalmente legato a funzioni di difesa indiretta della pianta nei confronti di insetti erbivori. In quest'ultimo caso, infatti, il nettare viene bottinato da formiche che scacciano i fitofagi mediando la difesa della pianta (Nepi *et al.*, 2018). Solo raramente il nettare extrafiorale può essere raccolto dalle api ed indirettamente coinvolto nell'impollinazione.

Il nettare si differenzia dalle altre secrezioni in quanto contiene prevalentemente sostanze che derivano dalla fotosintesi: in alcuni casi è stato osservato che la produzione di nettare richiede più di un terzo dell'attività fotosintetica giornaliera (Pyke, 1991). La quantità e la qualità del nettare secreto e la durata della secrezione sono estremamente variabili sia nell'ambito di una stessa specie sia tra piante

Il polline si sviluppa dentro le antere che al momento opportuno si aprono permettendo la sua dispersione. Una volta che è stato trasportato sulla parte femminile del fiore (il pistillo) il polline produce il tubetto pollinico in cui vengono veicolati i gameti maschili per poter attuare la fecondazione degli ovuli contenuti nell'ovario. Le dimensioni dei granuli di polline oscillano tra 15 e 200 micrometri; le api raccolgono più frequentemente quelli nel range tra 40 e 90 micrometri. Di solito la raccolta del polline è affidata ad api specializzate (api bottinatrici, Figura 2.41), anche se talvolta è possibile osservare api che raccolgono contemporaneamente polline e nettare (Figura 2.42). Il polline raccolto dalle api viene impiegato per nutrire le larve e le giovani api; oltre a rendere possibile il completamento del loro sviluppo corporeo, è determinante per lo sviluppo e la funzionalità di organi quali il corpo adiposo, le ovaie e,



Figura 2.42 - *Apis mellifera* in attività su un'infiorescenza di *Hedera helix*. Notare che l'ape sta raccogliendo nettare come si evince dalla proboscite estesa in contatto con il nettario, ma precedentemente ha raccolto anche polline come indicano le evidenti corbicole nel terzo paio di zampe (Foto Nepi).

appartenenti a specie diverse. Tali variazioni dipendono da fattori morfologici e fisiologici della pianta, dalle caratteristiche dell'*habitat*, nonché dal tipo di animale impollinatore. I principali componenti del nettare sono zuccheri (glucosio, fruttosio, saccarosio), ma possono essere presenti in quantità assai minore anche proteine, lipidi, amminoacidi e vari metaboliti secondari (Baker e Baker, 1983; Nepi *et al.*, 2018). Le proteine presenti nel nettare hanno spesso funzione enzimatica (Baker e Baker, 1983). Sostanze antiossidanti sono state ritrovate, soprattutto, nei nettari che contengono lipidi; sembra che servano principalmente a prevenirne l'irrancidimento. Sempre più numerosi sono gli studi che dimostrano come il nettare abbia un ruolo biologico che va oltre quello di semplice secrezione elaborata per gli impollinatori ma che sia un mezzo con cui la pianta "manipola" il comportamento degli impollinatori e massimizza l'efficienza dell'impollinazione (Nepi *et al.*, 2018).

Il nettare, una volta secreto, può essere ulteriormente trasformato dalla pianta ed eventualmente riassorbito, nel caso in cui non sia completamente utilizzato dagli impollinatori. La concentrazione e la composizione degli zuccheri presenti nel nettare, sebbene siano influenzate da parametri ambientali, possono variare sotto l'attivo controllo del nettario stesso (Nepi *et al.*, 1996).

Il nettare raccolto dall'ape (Figura 2.43) viene consumato in piccola parte dall'insetto stesso durante il volo; il rimanente viene accumulato nella 'borsa mielaria', una dilatazione sacciforme dell'esofago. Una volta trasportato nell'alveare, costituisce la principale materia grezza che sarà trasformata in miele. La trasformazione consiste nella diminuzione del contenuto d'acqua (nel miele mediamente intorno al 17%) ed in un arricchimento in zuccheri semplici (glucosio e fruttosio), grazie all'idrolisi di zuccheri più complessi ad opera di enzimi contenuti nella saliva delle api.



Figura 2.43 - Ape operaia che raccoglie nettare da fiori di ciliegio, come si evidenzia dalla testa affondata tra le antere per raggiungere il nettario (Foto Nepi).

2.4.3.1 Gli effetti del cambiamento climatico sulla produzione di nettare e sull'interazione pianta-insetto

La temperatura media globale del nostro pianeta si sta innalzando a seguito dell'effetto serra causato a sua volta dall'aumentata immissione in atmosfera di specifici gas (principalmente CO₂) connessa con le svariate attività umane (traffico, industria, agricoltura, riscaldamento). Tale andamento è particolarmente spiccato nelle zone temperate come ad esempio nel bacino Mediterraneo che si sta riscaldando più velocemente rispetto alla media globale. Secondo i dati più recenti le temperature medie annuali in questa regione sono già aumentate di 1,4°C dall'era preindustriale, 0,4°C in più rispetto alla media globale del nostro pianeta (Cramer *et al.*, 2018; Lionello e Scarascia, 2018). Inoltre, le precipitazioni estive sono a rischio di riduzione dal 10 al 30% in alcune regioni (soprattutto quelle dell'area mediterranea meridionale), aumentando così gli stress idrici sugli organismi viventi che popolano tale zone (Cramer *et al.*, 2018; Lionello e Scarascia, 2018). Questo scenario ha un notevole impatto sulla interazione piante-impollinatori ed in particolare sulla produzione di nettare florale da parte delle piante che ne può risentire sia in modo indiretto che diretto.

Tra gli effetti indiretti ci sono quelli che alterano la normale fenologia delle piante. L'aumento delle temperature medie nell'autunno-inverno ha effetti eclatanti nell'induzione di fioriture tardive in molte specie arboree tra le quali il ciliegio, il mandorlo, l'albicocco. La pianta, in un momento in cui normalmente si prepara al riposo invernale, investe un surplus di energia per la produzione di fiori che non porteranno alla produzione di frutti e semi. Ne risulta che nella primavera successiva la pianta avrà a disposizione una quantità di riserve minori per la canonica fioritura primaverile - che, ricordiamo, in tali piante avviene prima dell'emissione delle foglie e quindi sfrutta riserve pre-immagazzinate - e questo molto probabilmente si riflette in un minor numero di fiori e/o in una ridotta produzione di nettare. D'altra parte anche l'aumento delle temperature primaverili-estive può avere un effetto sulla fioritura di specie tipicamente mediterranee determinando una contrazione del periodo di fioritura e della antesi florale (Halpern *et al.*, 2010; Park e Schwartz, 2015; Cao *et al.*, 2016; Kehrberger e Holzschuh, 2019) nonché una riduzione nel numero di fiori prodotti per pianta ed un aumento del numero di fiori privi di nettare o con antere abortite (Takkis *et al.*, 2018; Borghi *et al.*, 2019). È da considerare tuttavia che tali effetti sono specie-specifici e che a livello di comunità gli effetti negativi in alcune specie di piante possono essere compensati dalla presenza di altre specie che sono insensibili a tali cambiamenti o addirittura mostrano effetti positivi (Scaven e Rafferty, 2013).

Ancora tra gli effetti indiretti è da considerare che le alte temperature estive influiscono sul processo di fotosintesi e di conseguenza sulla disponibilità di sostanze ed energia per i vari processi metabolici della pianta tra cui la produzione di nettare. Le specie legnose dell'ambiente mediterraneo hanno in genere un range di temperatura ottimale per la fotosintesi tra i 25-30°C e la fotosintesi inizia progressivamente a diminuire quando la temperatura delle foglie sale a 35-40°C. Secondo gli scenari del cambiamento climatico in atto le temperature ottimali saranno superate più frequentemente di quanto avvenuto fino ad ora (Takkis *et al.*, 2018).

Tutti questi effetti hanno come ricaduta una riduzione della disponibilità di risorse alimentari per gli insetti impollinatori sia in termini di nettare che di polline. È abbastanza ovvio che tali effetti si acquiscono se all'aumento della temperatura si accoppia anche una riduzione della disponibilità idrica come previsto dai modelli climatici attuali (Cramer *et al.*, 2018; Lionello e Scarascia, 2018).

Ci sono poi effetti diretti sulla quantità di nettare prodotto dai fiori e sulla sua qualità in termini di composizione chimica. Il nettare, come riportato precedentemente, è una secrezione acquosa di varie sostanze e pertanto per la sua produzione è necessaria una certa disponibilità di acqua; quando questa non è ottimale la produzione di nettare diminuisce. È importante considerare che, una volta prodotto, il nettare - in funzione delle caratteristiche morfologiche dei fiori - va spesso incontro a perdita di acqua per evaporazione con conseguente aumento della concentrazione dei soluti (principalmente zuccheri) e quindi della sua viscosità. Un incremento della temperatura può avere un effetto importante su tale fenomeno in quanto, sebbene di per sé determini una diminuzione della viscosità, in combinazione con la perdita di acqua ed il conseguente aumento della concentrazione del nettare può causare un aumento complessivo della viscosità. Quest'ultimo è un parametro chiave per la comprensione delle dinamiche nettare-impollinatore, in quanto influenza direttamente il guadagno energetico netto dell'impollinatore, essendo un fattore determinante sul dispendio di energia richiesto per la suzione della secrezione (Nicolson, 2007): più il nettare è viscoso più difficile e dispendiosa sarà la sua suzione da parte dell'insetto, oltre un certo limite - in funzione anche delle caratteristiche morfo anatomiche dell'apparato buccale e delle modalità di suzione del nettare (Wonjung *et al.*, 2011) - l'insetto non può suggerire il nettare. Per quanto riguarda gli effetti diretti sulla qualità del nettare, ovvero sulla sua composizione chimica, anche in questo caso una eccessiva concentrazione dovuta all'aumentata perdita di acqua per evaporazione potrebbe avere conseguenze negative nell'interazione con gli impollinatori. Nel nettare, infatti, sono stati ritrovati dei metaboliti secondari il cui effetto sulle api varia in funzione della loro concentrazione. La caffeina si ritrova nel nettare delle piante del genere *Citrus* a concentrazioni intorno a 0.1 mM e determina un miglioramento delle capacità di memoria dell'insetto che può localizzare così più facilmente la risorsa nutritiva (Wright *et al.*, 2013). Tuttavia, a concentrazioni più elevate (1mM) la caffeina ha un effetto deterrente diminuendo il consumo del nettare per unità di tempo da parte delle api, ovvero determinando un maggior lavoro per raccogliere la stessa quantità di nutrimento.

2.4.4 La melata

La melata è l'altra materia prima che può essere usata dalle api per produrre il miele. Non è elaborata direttamente dalla pianta, ma è costituita dalle escrezioni zuccherine di insetti appartenenti all'ordine dei Rincoti. Questi insetti, in genere, attaccano la pagina inferiore delle foglie; hanno un apparato buccale che può perforare i tessuti vegetali e raggiungere la linfa elaborata, ricca di saccarosio e, in minor misura, di aminoacidi (Faegri e Van der Pijl, 1979).

La composizione della melata varia a seconda delle caratteristiche anatomiche e fisiologiche dell'insetto che la produce; comunque, la parte preponderante è costituita da zuccheri semplici quali glucosio, fruttosio, saccarosio. Vi si ritrovano anche sostanze azotate, per lo più enzimi salivari e intestinali dell'insetto. La produzione di melata, essendo legata all'elaborazione della linfa, è strettamente influenzata dai fattori climatici e dalla consistenza della popolazione degli insetti.

La melata viene emessa sotto forma di goccioline successivamente raccolte dalle api e da altri insetti. Incolore appena emessa a contatto con l'aria diviene bruna. In genere, i vari tipi di melata vengono denominati in base alla pianta d'origine. Le melate più appetite dalle api sono quelle di abete bianco (*Abies alba*), che è un'importante risorsa apistica dell'Appennino tosco-emiliano, e di salice (*Salix* spp.). Le querce producono melata (in Spagna e nell'Italia meridionale) che tende a cristallizzare velocemente ed è più difficilmente utilizzabile dalle api. Nell'Italia meridionale (Calabria, Sicilia) ed in Tunisia riveste una certa importanza la melata di agrumi (*Citrus* spp.). L'abbondante melata nel castagno viene scarsamente raccolta dalle api, che preferiscono le altre ricompense offerte dalla stessa pianta (polline, nettare). Più rare ed occasionali sono le melate di acero, pioppo, fico e albero di Giuda.

2.5 Specie mellifere arboree ed arbustive spontanee di ambienti mediterranei

Le regioni mediterranee, dal punto di vista climatico, sono caratterizzate da un'estate arida e con alte temperature mentre consistenti piogge si hanno durante l'autunno e la primavera. Le varie fasi della riproduzione degli arbusti e alberi mediterranei si sono adattate alle condizioni climatiche particolarmente critiche. In questo modo i principali processi riproduttivi (fioritura, impollinazione, fecondazione, disseminazione, germinazione) avvengono in maniera da evitare la stagione di massimo stress. Le fasi riproduttive non si susseguono sempre: in alcune piante, infatti, si ha un temporaneo arresto dello sviluppo della struttura riproduttiva che riprende solo quando tornano le condizioni ottimali. Il ciclo riproduttivo di *Arbutus unedo* (corbezzolo) è emblematico da questo punto di vista. Le gemme fiorali si sviluppano a maggio, il fiore completa il suo sviluppo, si ha impollinazione e fecondazione tra ottobre e dicembre, i frutti crescono in primavera. D'estate il loro sviluppo si arresta e maturano nell'autunno dell'anno seguente insieme alla comparsa dei nuovi fiori (Chiarucci *et al.*, 1993). Il ciclo riproduttivo delle piante arboree mediterranee può durare da un periodo di poche settimane – pochissimi mesi (Cistaceae, Ericaceae, Fagaceae, Rosaceae) a periodi anche superiori all'anno (*Pinus*, *Quercus*), cioè nelle specie dove si ha l'arresto dello sviluppo di una delle strutture riproduttive. La maggior parte delle specie fiorisce tra aprile e giugno con un ciclo riproduttivo breve (Pacini e Franchi, 1984; Quezel, 1985); solo poche specie fioriscono in autunno. Il caso della famiglia delle Ericaceae è emblematico, con *Erica arborea* che fiorisce in primavera mentre *Erica multiflora* e *Arbutus unedo* fioriscono in autunno.

La flora mediterranea, nel suo insieme, è dominata da specie che vengono impollinate da insetti, per lo più api selvatiche appartenenti ai generi *Andrena*, *Lasioglossum*, *Halictus*, *Anthophora*, *Eucera*, *Hoplitis*, *Megachile* e *Chalicodoma* (Dafni e O'Toole, 1994; Ungricht *et al.*, 2008). Queste sono in competizione con *Apis mellifera* laddove l'apicoltura è praticata intensivamente. La competizione si manifesta durante la raccolta delle ricompense messe a disposizione dalle piante (polline, nettare e melata). In questo capitolo si presterà particolare attenzione alle ricompense raccolte dalle api domestiche (*Apis mellifera*) e alla frequenza relativa con cui si ritrovano tra gli alberi e gli arbusti dell'ambiente mediterraneo (le specie sono elencate in Tabella 2.1). Sono state prese in considerazione le specie autoctone tipicamente mediterranee e le specie ornamentali o coltivate che sono ormai considerate parte integrante della vegetazione mediterranea. Si riporteranno le principali caratteristiche delle ricompense che le piante elaborano, direttamente o indirettamente, e che le api poi raccolgono. Vista l'attualità delle conseguenze dovute ai cambiamenti climatici vengono anche considerati gli effetti che i futuri scenari climatici per l'area mediterranea possono determinare soprattutto per quanto riguarda la produzione di nettare e l'interazione con gli insetti.

2.5.1 Tipi di attrattori primari per le api negli alberi ed arbusti dell'ambiente mediterraneo

Nel clima mediterraneo le piante che, visitate dalle api, offrono come ricompensa polline e nettare sono per la maggior parte ermafrodite. Ogni ape bottinatrice tende a raccogliere solo un tipo di prodotto; la pianta che offre polline e nettare, rispetto a quella che offre un solo tipo di ricompensa, ha, quindi, un'elevata probabilità di essere visitata da più api. Petanidou e Vokou (1990) hanno evidenziato che, negli ecosistemi mediterranei, le piante entomofile producono un polline a maggior contenuto energetico rispetto alle specie anemofile. Le piante entomofile che offrono polline e nettare come ricompensa utilizzano quindi una maggiore quantità di energia; tale investimento garantisce, comunque, un maggiore successo riproduttivo in questo particolare ambiente.

Gli arbusti sono più numerosi (62%) tra le piante visitate sia per il polline sia per il nettare mentre gli alberi dominano (60%) tra quelle visitate solamente per il polline. Tra le piante visitate per polline e nettare, prevalgono nettamente quelle ermafrodite (90%). Fra quelle visitate solo per il polline, le ermafrodite rappresentano il 69% e le monoiche circa il 25%. Nella flora apistica mediterranea le piante più frequenti sono, quindi, gli arbusti ermafroditi. Essi offrono entrambe le ricompense e rappresentano il 34% delle piante elencate nella tabella.

Le piante riportate in tabella hanno differente valore apistico. Risulta chiaro che le specie legnose con maggiore importanza apistica appartengono, almeno nell'ambiente mediterraneo, alle famiglie Ericaceae, Labiatae, Leguminosae e Rosaceae. Queste famiglie, ampiamente rappresentate, mostrano una corolla cospicua e colorata, una produzione di nettare più o meno abbondante, nonché specifici segnali che ne predispongono l'impollinazione da parte degli insetti. Anche le Cistaceae, sebbene limitatamente al genere *Cistus*, rappresentano un'importante fonte di polline. Le famiglie delle Fagaceae e, in particolare, il genere *Quercus*, costituiscono un'importante risorsa di polline e,

specialmente in alcuni ambienti come l'Italia centro-meridionale e la Spagna, possono favorire la produzione di melata (Ricciardelli, 1998).

Alcune specie ritenute comunemente ad impollinazione anemofila (ad esempio *Pistacia lentiscus*, *Phyllirea latifolia*, *Cupressus sempervirens*) e varie specie appartenenti al genere *Quercus*, *Pinus*, *Salix* sono, invece, spesso visitate dagli insetti per il polline (Petanidou e Vokou, 1990; Aronne e Wilcock, 1994) in periodi in cui altre risorse alimentari più appropriate per le api scarseggiano. In genere, si tratta di specie che fioriscono precocemente in primavera. All'inizio della primavera, infatti, le uova deposte dall'ape regina iniziano a schiudersi e le larve che ne emergono necessitano di polline fresco (Crane, 1980). Questa necessità può indurre le api a rivolgersi a piante tipicamente anemofile, dotate di fiori ridotti e poco attrattivi, ma abbondanti di polline.

Tabella 2.1 - Tabella riassuntiva delle specie arbustive ed arboree autoctone, alloctone coltivate ed ornamentali che contribuiscono alla flora mellifera delle regioni del bacino mediterraneo (tratto da Dafni e O'Toole, 1994; Aronne e Wilcock, 1994; Ricciardelli D'Albore, 1998; Ricciardelli D'Albore e Persano Oddo, 1981).

Famiglia	Specie	Corologia	Habitus	Ricompensa	Espressione sessuale	Importanza apistica
Aceraceae	<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	MM	al	3	e,d	*
Anacardiaceae	<i>Cotinus coggygia</i> Scop.	SM	ar	1,2	e	**
Anacardiaceae	<i>Pistacia lentiscus</i> L.	SM	ar	1	d	***
Anacardiaceae	<i>Schinus 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 barbaiovis</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 emerus</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> Hffm. 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>Lytrum 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>Paliurus 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 platiphyllos</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.

2.6 Il ruolo delle fitocenosi erbacee nella conservazione dell'entomofauna

I sistemi vegetali erbacei naturali e semi-naturali sono ambienti estremamente ricchi di biodiversità, diffusi in molti Paesi di diversi continenti. Dal 1992, anno di stesura della Convenzione sulla Biodiversità di Rio de Janeiro, la biodiversità è stata riconosciuta a livello mondiale come un patrimonio da arricchire e salvaguardare; la sua continua erosione, a causa della distruzione degli ambienti naturali, ha spinto la ricerca a sviluppare sistemi per la creazione ed il recupero degli habitat naturali. Gran parte delle praterie (*grassland*), composte da piante erbacee spontanee e controllate da processi naturali, si trovano in zone geografiche dove le condizioni ambientali non creano i presupposti per lo sviluppo di specie arbustive ed arboree. I *grassland* mediterranei sono secondi a livello mondiale, in termini di



Figura 2.44 – Campi agricoli non diserbati mostrano la presenza di specie entomogame (Foto Benvenuti).

biodiversità, dopo quelli tropicali (Faber-Langendoen e Josse, 2010; Guarino *et al.*, 2020). La biodiversità ha subito negli ultimi decenni una drastica riduzione anche negli agro-ecosistemi; tra le cause c'è la rarefazione delle specie spontanee entomogame, che per secoli hanno rappresentato una strategia efficace di sopravvivenza per molti insetti impollinatori; le colture agrarie hanno subito danni con la diminuzione di impollinatori perché si è ridotta la fecondazione dei fiori.

È noto il fatto che le api domestiche sono sempre più scarse, così come accade per le api solitarie e ancor di più per i lepidotteri che, in passato, erano componenti integranti del paesaggio rurale. La causa della rarefazione degli insetti impollinatori viene imputata, oltre agli inquinanti e all'abuso di agrofarmaci, alla minore diffusione di specie foraggiere entomogame e anche alla gestione agronomica del territorio, che lascia sempre meno spazio ad ambienti definiti come "buffer" (fasce tampone) situati ai margini delle colture. In tali aree, un tempo diffuse e lasciate pressoché indisturbate, si verificavano le condizioni idonee per la vita e la sopravvivenza di molti insetti utili.

La semina di specie entomogame ai margini delle colture di pieno campo (*wildflower strips*) costituisce quindi un sistema efficace, non solo per creare un habitat adatto a favorire la presenza di insetti utili alla lotta biologica ai fitoparassiti (Haaland *et al.*, 2011), ma anche per contrastare la presenza di piante infestanti (Moonen and Marshall, 2001; Benvenuti e Bretzel, 2017) e di incrementare la biodiversità negli agroecosistemi; non a caso tale soluzione rientra, da tempo, tra le misure agro-ambientali previste dalla Politica Agricola Comune (PAC), per promuovere la pratica dell'attività agricola nel rispetto dell'ambiente e della sua biodiversità (Figura 2.44).



Figura 2.45 – I prati polifiti destinati alla produzione di fieno sono ricchi di specie diverse, molte delle quali sono entomogame (Foto Bretzel).

Il modello dei prati pascolo naturali e semi-naturali, ricchi di biodiversità (Figura 2.45), è stato preso come riferimento (*habitat template*) per gli ambienti urbani e antropizzati, al fine di attuare una strategia di conservazione e raggiungere idonei obiettivi di sostenibilità. Prendendo spunto dalle comunità vegetali erbacee che, oltre a rivestire un'importanza biologica, offrono uno spettacolo di rara bellezza, è stata quindi elaborata la tecnica di ricreare prati fioriti in aree fruite dall'uomo, tenendo conto, per la loro gestione, delle dinamiche naturali e di quelle dei pascoli (Bretzel *et al.*, 2016). L'impiego di prati fioriti in ambito urbano rappresenta un habitat per impollinatori e consente inoltre di avvicinare i cittadini all'osservazione ed al godimento della natura, che, secondo Gilbert e Anderson (1998), rappresentano lo scopo principale di riportare la natura in città.

Luoghi elettivi per interventi che mirano all'incremento della diversità biologica, soprattutto con l'impiego di specie spontanee entomogame, sono diventati, a livello di macroscale, i *brownfield*, zone marginali semi abbandonate, mentre a microscale sono gli spazi verdi urbani, gli stessi giardini privati dove si assiste alla tendenza sempre più diffusa di optare per schemi naturali o, più semplicemente, di utilizzare piante autoctone. Sono numerose le specie erbacee entomogame che crescono spontaneamente in città; tali specie hanno le potenzialità di abbellire l'ambiente e di ospitare l'entomofauna urbana (Khun, 2019) (Figura 2.46).



Figura 2.46 – A volte in città basta lasciar fare alla natura e l'esplosione di forme e colori è davvero notevole (Foto Carrai).

2.6.1 Il ruolo dei fiori spontanei nel paesaggio rurale: biodiversità come terapia del benessere

La lentissima evoluzione dell'uomo è avvenuta in una natura estremamente complessa la cui biodiversità accompagnava la sua quotidianità. L'uomo era a diretto contatto con la natura ed era evidente la consapevolezza di far parte dell'ecosistema. L'antropocene è una storia decisamente recente e la sua comparsa è caratterizzata da un progressivo distacco dalla natura e dalla sua percezione. In pratica l'uomo, abituato a quotidiane esperienze con la natura e la sua biodiversità, si è trovato a vivere in un ambiente cementificato in cui ogni legame con gli ecosistemi è stato decisamente appiattito. È infatti sempre più scientificamente dimostrata l'esistenza di una relazione diretta tra biodiversità urbana e benessere dei cittadini (Shanahan *et al.*, 2015) e persino una sua relazione inversa tra con la criminalità (Gómez-Baggethun *et al.*, 2013). In pratica gli ecosistemi urbani definibili "convenzionali" in quanto carenti di verde (Figura 2.47) sono interpretabili per l'uomo come una sorta di "estinzione delle esperienze" (Soga e Gaston, 2016).

Viene da chiedersi: quale esperienza della natura è di particolare percezione e quindi di particolare impatto sensoriale dei cittadini? I paesaggi fioriti sono di forte stimolo sensoriale non solamente per la



Figura 2.47 - Ambiente cementificato tipico dell'antropocene: esperienze con la natura come nuova patologia dell'uomo moderno? (Foto Benvenuti).

complessità dei colori e delle forme delle corolle ma anche per il relativo dinamismo nelle dinamiche di fioritura, nella percezione olfattiva dei profumi emessi nonché nella gradevole dinamicità del volo degli impollinatori. Basti pensare all'emotività che può fornire, soprattutto ai bambini, il volo delle farfalle che si posano qua e là sui fiori di un determinato ecosistema. In questo ambito, senza nulla togliere alla flora ornamentale dall'impatto estetico decisamente gradevole, i *wildflowers* tendono ad assecondare quella inconscia esigenza di natura selvaggia ed imprevedibile (Figura 2.48). Non è un caso che è stato coniato il termine di "Urban wildscaping" (Gobster, 2012), derivante dall'evidenza che anche una biodiversità non addomesticata ed in grado di "rinnovarsi" autonomamente crea il fascino dell'imprevedibilità.

Alcune specie hanno poi un habitus definibile “monumentale” come nel caso del Verbasco le cui numerose specie, analogamente erette, tendono a disegnare i paesaggi di molti ambienti, da quelli montani a collinari e di pianura. La geometria delle forme dei paesaggi fioriti, lo “skyline” dei retrostanti ecosistemi, unitamente al loro dinamismo nei vari periodi dell’anno sono una vera e propria medicina immateriale ma di indubbia efficacia. In questo ambito è sempre più crescente la testimonianza scientifica di quanto la presenza della natura (Greenleaf *et al.*, 2014), il relativo contatto (Song, 2016), la sua percezione e le sue esperienze siano in grado di esercitare un forte stimolo di benessere e salute mentale (Matsumura, 2016). Riscoprire gli ecosistemi, i suoi fiori, la sua biodiversità impollinatrice ad essa interconnessa può generare quell’empatia con la natura (Mets, 2017) in grado di fornire esperienze, emozioni e gioia nella scoperta dei suoi affascinanti dinamismi. In pratica le esperienze con la natura sono il fattore mancante di benessere sostenibile (Reese e Meyers, 2012) e, conseguentemente sono sempre più frequenti neologismi come “eco-wellness” (Rees, 2016). Oltre alle crescenti dimostrazioni scientifiche viene naturale intuire che la visione e percezione degli ecosistemi forestali e dei paesaggi fioriti diano un efficace conforto derivante dalla percezione di una natura che vive accanto a noi. In questo ambito non appare azzardato considerare che uno dei “servizi ecosistemici” forniti dalla biodiversità e dal suo paesaggio sia costituito dalla bellezza e dal fascino che la natura “selvaggia” esercita nell’animo dell’osservatore (Figura 2.49). È proprio questo “feed-back” con la natura che induce al rispetto degli ecosistemi ed alla tutela della loro biodiversità.



Figura 2.48 - Fioriture in ambiente naturale come evento di indubbio fascino proprio per la sua attitudine ad auto-rinnovarsi senza alcun intervento dell’uomo (Foto Benvenuti).



Figura 2.49 - Fioriture del *Verbascum thapsus* caratterizzate da habitus “monumentale” che esercitano un grande fascino nel paesaggio (Foto Benvenuti).

nelle nuove aree, sempre più a nord, messe a coltura. Ne sono un chiaro esempio *Agrostemma* (*Agrostemma githago*) e Fiordaliso (*Centaurea cyanus*) che sono pressoché scomparse dagli agroecosistemi convenzionali e sono sopravvissute esclusivamente nelle “oasi” agro-ecologiche di ambienti marginali come, ad esempio, le aree agricole di Castelluccio di Norcia (Figura 2.50). Se abbiamo l’opportunità di percepire i paesaggi generati da queste splendide dinamiche di colori durante i periodi tardo-primaverili ed estivi non possiamo non avvertire di quanto i *wildflowers* siano in grado di esercitare nell’uomo in termini di emozionalità. Non è un caso che proprio questi paesaggi siano stati scelti per la copertina di un testo che da solo esprime ciò che si percepisce nel pieno del loro splendore: “Il giardino di Dio: armonia francescana della natura” (Menghini, 2010).

Non è certamente un caso che l’immagine di fiori e/o paesaggi fioriti siano utilizzati nel cosiddetto “neuromarketing” come strategia di convincimento per l’acquisto di determinati beni di consumo. Tali immagini sono infatti rapidamente associate ad uno stato di benessere che si ripercuote in una predisposizione ad accettare inconsciamente il bene proposto in funzione dello stato d’animo creato. È stato dimostrato, infatti, che i fiori hanno una spiccata attività emozionale (Haviland-Jones *et al.*, 2005) e generano uno stato d’animo di affidabilità in quanto legato alla bellezza ed alla naturalità.

Talvolta i paesaggi fioriti non sono opera esclusiva della natura ma possono essere creati in complicità con l’uomo. Sono questi i casi di paesaggi rurali del passato ricchi di *wildflowers*, definite “archoefite” che l’uomo divenuto agricoltore ha inconsciamente disseminato



Figura 2.50 - Prati fioriti a Castelluccio di Norcia (PG) emozione di calendari di espressione della natura di forte emozionalità (Foto Benvenuti).

(Figura 2.51) e di molte altre aree litoranee della nostra Penisola per capire quanto i fiori selvatici assumano il ruolo cruciale nei paesaggi che divengono al contempo sinonimi di bellezza e di naturofilia, intendendo con questo termine un'innata attrazione per la natura (Wilson, 2017). D'altra parte la crescita di individui lontani dalla natura, come tipicamente avviene negli ambienti cementificati e non pianificati insieme al verde, possono generare "biofobia". È per questo motivo che il grado di apprezzamento dei paesaggi dipende dalla consapevolezza delle "regole ecologiche" che lo hanno generato e, conseguentemente, assume una cruciale importanza una "didattica ecologica" già in età scolare (Kahn, 1997).

D'altra parte, l'impatto estetico dei vari paesaggi è decisamente indispensabile ad un turismo definibile "sostenibile", in quanto generato spontaneamente dalla natura (Buckley, 2002). Ciò è stato osservato e studiato in varie parti del mondo sia in ecosistemi naturali che antropizzati (Lindemann-Matthies *et al.*, 2010). L'idea di creare delle miniature dei paesaggi fioriti sui tetti urbani è una delle tante strategie possibili per ricreare nella nostra quotidianità quelle piccole ma preziose esperienze con la natura (Benvenuti, 2014). Sotto questo profilo l'idea di creare dei "calendari di fioritura" che si avvicendano accanto a noi può assumere un importante ruolo per la percezione delle stagioni proprio come avveniva quando l'uomo era immerso nella natura durante le sue lente fasi evolutive (Finlayson, 2005). Oltre a questa affascinante ed innovativa idea dei tetti fioriti, vi sono anche pianificazioni di *wildflowers* disposti in verticale (Benvenuti e Pardossi, 2016) secondo neologismi definiti "parete vivente" o "giardino verticale". Ovviamente, a tali novità si affiancano le sempre più sperimentate tipologie di fitocenosi di *wildflowers* che sono pianificate in molte aree urbane (Bretzel *et al.*, 2016). In questo ambito, la consapevolezza del reale grado di apprezzamento da parte della popolazione (Jiang e Yuan, 2017), unitamente alle strategie in grado di rendere sostenibili tali realizzazioni (Benvenuti e Bretzel, 2017) sono aspetti di crescente interesse in quanto in grado di minimizzare le inevitabili "criticità" di tali realizzazioni.

Tuttavia, va sottolineato che il massimo grado di percezione della natura vivente è dato proprio dai paesaggi fioriti nella loro collocazione naturale (Figura 2.51). La sensazione che l'osservatore avverte di fronte agli scenari generati da paesaggi fioriti è quella di avvertire una sorta di "simbiosi" con la natura con una conseguente sensazione di una natura che evolve autonomamente verso la bellezza e l'armonia con gli ecosistemi a cui l'uomo percepisce di appartenere. In altre parole, i fiori che si rigenerano autonomamente senza l'intervento dell'uomo sono una sorta di "specchio" di una biosfera vivente non come organismo a se stante ma interconnesso con una biodiversità in equilibrio tra le varie specie sia del Regno vegetale che animale. È in altre parole una sorta di "manifestazione paesaggistica" di una "GAIA" omeostasi tra tutti gli organismi viventi e l'intera geosfera (Lovelock, 2003). Alcune specie di

È sorprendente che siano proprio queste "infestanti" delle antiche colture (soprattutto farro, altri cereali e lenticchie) che hanno un forte ruolo nel creare paesaggi rurali in grado di suscitare forte attrattività turistica. I *wildflowers*, sia di agroecosistemi che di ecosistemi naturali, acquisiscono un importante ruolo, spesso trascurato, di generare attrattività nelle varie aree turistiche ed agrituristiche. In alcune parti del mondo tale ruolo è ben riconosciuto e tutelato (Dawkins *et al.*, 2011). Un esempio di fioriture naturali nel nostro ambiente Mediterraneo, che diventano una sorta di "cartolina" o di "biglietto da visita" per zone a forte attrazione, è dato dagli ambienti rocciosi e/o sabbiosi delle aree costiere. Basta pensare agli scenari delle coste della Sardegna



Figura 2.51 - Paesaggio fiorito primaverile di un ambiente litoraneo della Sardegna (Foto Benvenuti).

wildflower riescono a sopravvivere persino in ambienti degradati da disturbi antropici. Alcuni fiori fanno talvolta da paradossale “abbellimento” di aree trascurate ed offese dall’uomo in quanto aree di accumulo dei propri rifiuti. Tali scenari suscitano nell’uomo la consapevolezza di una scarsa sensibilità alla “poesia” dei fiori ed alla loro naturale tendenza a rimediare, almeno in parte, paesaggi “cacotopi” (di impatto estetico negativo) generati dall’uomo. Ne sono un esempio alcuni fiori di Pancrazio (*Pancreatum maritimum*) che sbocciano intorno a detriti portati dal mare ed accumulati in prossimità dell’ecosistema dunale (Figura 2.52). In questo ambito va sottolineato che i paesaggi fioriti sono dei veri e propri “elicitori” di un’arte che diviene espressione del territorio (Whitaker, 2011). Basta pensare all’impressionismo ben rappresentato da Claude Monet dove i paesaggi fioriti sono spesso al centro della sua ispirazione artistica. Un semplice campo di papaveri ha generato creatività pittorica non solamente nel sopraccitato Monet ma anche in Van Gogh, a testimonianza dell’emozionalità generata da semplici ma imponenti fioriture spontanee.



Figura 2.52 - *Pancreatum maritimum* che sembra rimediare al degrado antropico del paesaggio litoraneo mediante la bellezza delle sue fioriture (Foto Benvenuti).



Figura 2.53 - Paesaggio fiorito di un agroecosistema durante i periodi del cosiddetto “maggese” (Foto Benvenuti).

Paesaggi fioriti di aree agricole destinate a “maggese” (Figura 2.53) sono un chiaro esempio di come una episodica ed imprevedibile manifestazione della natura può acquisire una sorta di “eternità” dopo una sua elaborazione e rappresentazione artistica. Creatività che appare anche nella poesia e ben rappresentata dalle parole di Dante Alighieri: “*Tre cose ci sono rimaste del paradiso: le stelle, i fiori e i bambini*” (“Paradiso”, Canto V, vv. 74-75). Che cosa rappresentano quindi i paesaggi fioriti per il nostro benessere psicologico? Un’opportunità per tornare in armonia con la natura, con gli ecosistemi, con il mondo biologico che ci circonda mediante una sorta di eco-terapia non solamente basata sulla conoscenza delle sue leggi ma anche dall’accettazione dei periodi di attesa, della imprevedibilità e tempistica di quegli eventi biologici che sono dettati dalla natura.

2.6.2 Flora entomogama: strategie di dormienza, ecologia di germinazione, ed accumulo di soil seed banks

2.6.2.1 Peculiarità della flora entomogama

Il fatto che solamente una parte della flora esistente abbia un impatto estetico positivo non è un caso ma deriva dai ruoli ecologici che essa svolge. La flora entomogama è quella legata all’impollinazione operata da insetti, dotata generalmente da fiori appariscenti o da profumi accattivanti.

Dimensione, conformazione e colore dei fiori sono strategie biologiche, in permanente evoluzione, che puntano a evidenziare la presenza dei nettari e/o di granuli di polline per attrarre così gli agenti dell’impollinazione. Tali tattiche sono fondamentali per ampliare la base genetica delle specie ed evolvere verso i comportamenti più idonei per ottimizzare la competitività. Così la bellezza dei fiori, spesso in sinergia con il loro profumo, ha la funzione di attrarre l’entomofauna impollinatrice, facilitandone il compito di localizzazione dei fiori stessi: è il risultato della convergenza evolutiva tra flora e fauna che permette di agevolare reciprocamente la sopravvivenza.

Una delle più importanti peculiarità biologiche dei fiori delle piante spontanee (chiamate spesso col termine inglese *wildflowers*) è quella di essersi evoluti verso una strategia di impollinazione di tipo mutualistico che ottimizza sia le necessità della pianta sia quelle dell’insetto. Il fatto che i vettori del

trasferimento del polline siano nella maggior parte dei casi gli insetti ha comportato l'esaltazione dell'attrattività dei fiori in termini di cromaticità, di forme accattivanti delle corolle, di profumi emessi. Grazie alla vistosità e gradevolezza olfattiva, i fiori riescono ad assicurarsi la visita degli impollinatori e quindi la possibilità di sviluppare semi vitali e di aumentare la variabilità genetica in seguito a una fecondazione incrociata.

Questo mutualismo, più o meno rigido a seconda della presenza o assenza di auto-compatibilità della pianta con il proprio polline, può comportare una minore partecipazione delle *wildflowers* in fitocenosi di ambienti eccessivamente disturbati, come avviene in alcune aree cittadine; in cui è ostacolata la vita di insetti pronubi (Benvenuti *et al.*, 2007). Viceversa, le cosiddette malerbe debbono la loro invasività e persistenza nello spazio e nel tempo alla mancanza di specializzazione (Sutherland, 2004). Per il proprio successo, infatti, la flora infestante di ambienti agricoli sembra aver spesso percorso generalmente la via della de-specializzazione (Johnson e Steiner, 2000; Huang, 2006).

Per quanto detto le specie entomofile, caratterizzate generalmente da fiori attrattivi, sono più frequenti



Figura 2.54 - *Cistus creticus* e *Mirtus communis*, due specie che offrono polline come ricompensa (Foto Benvenuti)

in ecosistemi naturali che negli agroecosistemi intensivi, dove, al contrario, prevalgono le specie anemofile e/o autogame. In queste ultime l'auto-compatibilità con il proprio polline le esenta della necessità di un "socio" impollinatore, condizione spesso correlata con il ciclo di vita annuale di queste specie. Le specie perenni, invece, che hanno comunque la possibilità di mantenere vitale il genotipo della pianta madre attraverso la propagazione vegetativa, affidano alla progenie allogama la possibilità di evolvere il proprio genotipo in base al dinamismo climatico (Aarssen, 2000); in altre parole, la ricombinazione genetica può servire ad evolvere una progenie più adatta ad eventuali cambiamenti ambientali.

L'auto-incompatibilità del polline è una delle numerose strategie messe in atto da determinate specie per evitare l'autofecondazione; con questo comportamento, inoltre, si esclude anche la possibilità di fecondazione tra fiori diversi di una stessa pianta (Di Pasquale e Jacobi, 1998). L'impollinazione tra i fiori di una stessa pianta (geitonogamia), inutile in termini di flusso genico, è operata da meccanismi quali la separazione spaziale e/o temporale (proterandria e proteroginia) di polline e stigma (De Jong, 1993; De Jong, 2000).

In alcuni casi le specie spontanee da fiore mostrano un interessante equilibrio tra autogamia ed entomogamia che consente la fruizione dei vantaggi dell'una o dell'altra tipologia di biologia gamica a seconda delle necessità imposte da fattori esterni e interni. Ciò è presente in *Cynoglossum officinale* L., *Echium vulgare* L. (De Jong, 2000) e in alcune specie di *Delphinium* (Ishii e Harder, 2006).

Tuttavia, anche le specie prevalentemente entomofile manifestano un diverso grado di specializzazione a secondo dei possibili impollinatori (Aigner, 2001). La simmetria florale gioca, infatti, un ruolo importante nel sistema pianta-impollinatore (Giurfa *et al.*, 1999). I fiori zigomorfi, ovvero quelli la cui corolla è costituita da elementi disposti specularmente su un solo piano di simmetria, come ad esempio quelli di *Consolida regalis* Gray, *Echium vulgare* L., *Lamium amplexicaule* L., *Stachys arvensis* (L.) L., sono visitati prevalentemente da apoidei a proboscide lunga (Melittidi, Megachilidi, Antoforidi e Apidi) grazie alla disposizione dei nettari all'interno del calice (Nilson, 1998). Da evidenziare la capacità di alcuni fiori zigomorfi di specie erbacee di riorientarsi per incoraggiare la frequentazione degli impollinatori, qualora i loro steli siano danneggiati (Sugden, 2020).

Al contrario, i fiori attinomorfi, ovvero quelli con corolla simmetrica rispetto a un punto centrale, sono meno specializzati e sono visitati da una vasta gamma di impollinatori. È questo il caso di molte asteracee (ad esempio *Cyanus segetum* Hill., *Chrysanthemum myconis* L. e *Anthemis cotula* L.), tipicamente visitate da una vasta gamma di impollinatori come gli apoidei a proboscide corta (Colletidi, Andrenidi e Halictidi) e i ditteri.

I fiori tipicamente impollinati da lepidotteri sono, invece, un altro esempio di specializzazione mutualistica; è questa una possibilità che si verifica frequentemente in molte cariofillacee e, in particolare, nel genere *Silene* (Young, 2002). Un caso di elevata specializzazione mutualistica è quello di *Silene noctiflora* L.: la pianta fiorisce durante la notte ed è impollinata esclusivamente da farfalle notturne (Davis e Delph, 2005).

Il declino nella formazione di semi maturi, in presenza di una scarsa frequenza di visite dei pronubi, è stato accertato in alcune specie, come ad esempio il garofanino selvatico, la cui impollinazione dipende da lepidotteri (Bloch *et al.*, 2006).

La specializzazione flora-fauna non dipende esclusivamente dalla conformazione e dalla dinamica di apertura del fiore, ma anche dalla composizione del nettare in termini percentuali di zuccheri e aminoacidi nonché dalla quantità di secrezione, che è possibile rilevare in campo con diverse tecniche (Corbet, 2003). Le farfalle, ad esempio, sono maggiormente attratte dai fiori più ricchi di aminoacidi, in quanto la loro dieta, unicamente basata su nettare, deve assicurare una sufficiente sintesi proteica. Al contrario, le api domestiche e quelle solitarie sono attratte dal contenuto zuccherino in quanto, cibandosi anche di polline, non hanno bisogno di un ulteriore apporto di proteine (Gardener e Gillman, 2002).

La presenza di forze elettrostatiche nel polline, più delle caratteristiche fisiche, quali forme e dimensioni (Harder, 1998), si rivelano di notevole importanza perché possono assicurare l'adesione all'impollinatore, anche se quest'ultimo non dovesse presentare peli fitti e abbondanti sul suo corpo (Armbruster, 2001).

Unitamente alla forma, anche il colore del fiore è importante per poter consentire un facile riconoscimento da parte dell'entomofauna. Gli insetti, come è noto, sono in grado di percepire la riflessione della luce a lunghezze d'onda (circa 300-400 nm) invisibili all'occhio umano (Menzel e Shmida, 1993). Alcune colorazioni del fiore appaiono spesso correlate a determinate categorie di impollinatori (Petanidou e Lamborn, 2005); i bombi, ad esempio, sembrano prediligere il colore violetto (Nakano e Washitani, 2003).

Il colore, anche nei casi di fiori scarsamente vistosi, assume molta importanza nel favorire il riconoscimento delle singole specie da parte degli insetti. Ciò assume rilevante interesse in quanto evita confusione nel trasferimento del polline, che deve avvenire il più possibile all'interno della stessa specie (Fenster *et al.*, 2004). A tal fine il sistema di "percezione visiva" posseduto dagli insetti (Goulson, 2000) può essere facilitato da caratteristiche macchie nere o linee alla base del petalo che funzionano come guida (Johnson e Dafni, 1998); tali macchie sono osservabili, ad esempio, in *Papaver rhoeas* L. subsp. *rhoeas*. Un ulteriore, e spesso decisivo, meccanismo di individuazione e riconoscimento dei fiori è costituito dall'emissione di profumi volatili a base di terpenoidi e benzenoidi da parte dei vegetali (Van Schie *et al.*, 2006).

Le interazioni pianta-insetti sono talvolta sorprendenti. *Oenothera drummondii* Hook è una piccola pianta originaria del Texas (Figura 2.55), con fiori gialli campanulati e nettariiferi; la specie, grazie alle sue capacità di adattamento ed all'abbondanza e fertilità dei suoi semi, si è diffusa sulle principali dune costiere del mondo comportandosi talvolta da pianta invasiva. Una ricerca recente (Veits *et al.*, 2019) ha provato, con mezzi tecnologici avanzati, che i fiori di *Oenothera drummondii* Hook sono in grado di percepire il ronzio delle api che fa vibrare le loro corolle. Captato questo segnale, il fiore inizia rapidamente la produzione di nettare e, di conseguenza, la dolce ricompensa attira le api che visitano i fiori e operano al meglio l'impollinazione. È stato osservato che fiori di *Oenothera* vibrano sia come risposta al suono registrato da un'ape in volo sia quando sono sottoposti a segnali acustici artificiali ma caratterizzati dalle stesse frequenze. In questo contesto di stimolo e risposta risulta ottimale la gestione energetica della pianta perché la secrezione del nettare avviene in risposta a suoni con determinate lunghezze d'onda ovvero quelle degli impollinatori.



Figura 2.55 - *Oenothera drummondii* (Foto Geographer, CC BY-SA 3.0 Wikicommons)

Nonostante le numerose strategie adottate, si può assistere talvolta alla mancata impollinazione dei fiori che determina a volte la presenza di semi non vitali o l'assenza dei semi stessi. Le cause di ciò possono essere diverse e riconducibili a fattori negativi come siccità, abbassamenti termici e/o patologie, intervenuti durante la fioritura e/o durante la fase di maturazione. Talvolta la raccolta dei semi operata precocemente, quando la morfo-fisiologia del seme non si è ancora completata, può impedire la germinazione. Nel caso dei *wildflowers* la causa più frequente di non vitalità dei semi è dovuta alla mancata fecondazione a sua volta derivata da scarse visite dell'entomofauna. Le insufficienti frequentazioni degli insetti possono essere causate da eventi, sia naturali (eccessive e prolungate piogge, vento ecc.) che antropici (inquinamento dell'agro-ecosistema per l'uso di fitofarmaci), o dalle caratteristiche intrinseche dell'ecosistema urbano (sostanze tossiche aerodisperse). Alcune specie, come ad esempio il papavero (*Papaver rhoeas* L. subsp. *rhoeas*), sono autoincompatibili e quindi, per lo sviluppo del seme, è assolutamente necessaria l'impollinazione ad opera degli insetti. Se la fioritura avviene in ambienti diversi da quelli tipici, può accadere che siano scarse o assenti le visite degli

impollinatori con pregiudizio della formazione di semi vitali. L'ecosistema urbano, in particolare, tende ad ostacolare la vita e le attività dell'entomofauna impollinatrice soprattutto a causa degli agenti inquinanti.

Esistono, però, eccezioni a questa regola, dato che alcune specie entomofile sono in grado di sviluppare semi vitali anche in mancanza di impollinazione. Il tarassaco (*Taraxacum officinale* F.H. Wigg. aggr.) è una specie che, seppure tendenzialmente entomofila, è in grado di maturare semi vitali anche in assenza di riproduzione sessuale (Tas e Van Dijk, 1999); non a caso è diffusa in ambiente urbano. Questo fenomeno, detto apomissia, consente la formazione di embrioni senza fecondazione e dà origine ad organismi geneticamente identici alla pianta madre. Il caso del tarassaco è una delle poche eccezioni alla regola che vuole la presenza di *wildflowers* legata alla complessità e biodiversità della cenosi circostante.

La progressiva scomparsa di specie spontanee accattivanti, come *Cyanus segetum* Hill. o *Agrostemma githago* L., dai vari agro-ecosistemi cerealicoli non dipende esclusivamente dall'uso degli erbicidi ma probabilmente anche dall'impiego di insetticidi, geosterilizzanti o altri fitofarmaci che possono avere causato la quasi completa eliminazione di impollinatori. Appare palese, quindi, che il declino della biodiversità delle specie erbacee, rilevato ormai a livello mondiale da alcuni decenni (Weber e Gut, 2005), è più elevato nei *wildflowers*, in quanto la produttività numerica e la vitalità dei semi formati appaiono strettamente dipendenti dall'integrità e dalla complessità dell'ecosistema circostante. Negli agroecosistemi sono ormai rari o, comunque, in declino numerosi *wildflowers* come *Agrostemma githago* L., *Cyanus segetum* Hill., *Papaver argemone* L. subsp. *argemone*, *Ranunculus arvensis* L. (Chancellor, 1977), *Glebionis segetum* (L.) Fourr., *Legousia hybrida* (L.) Delarbre, *Silene latifolia* Poir. subsp. *alba* (Mill.) Greuter & Burdet, *Viola arvensis* Murray (Chancellor, 1983), *Consolida regalis* Gray, *Silene noctiflora* L. (Baessler e Klotz, 2006), *Myosotis arvensis* (L.) Hill subsp. *arvensis*, *Viola tricolor* L. (Andreasen *et al.*, 1996), *Legousia speculum-veneris* (L.) Chaix, *Anchusa arvensis* (L.) Bieb. (Albrecht e Mattheis, 1998), *Nigella arvensis* L., *Ornithogalum umbellatum* L. (Dutoit *et al.*, 2003), *Anthemis arvensis* L. e *Silene conica* L. (Sutcliffe e Kay, 2001). Purtroppo è frequente osservare nelle liste di specie in declino molte entomogame legate indissolubilmente alle visite da parte dei vettori del polline per la loro sopravvivenza. È stato dimostrato, infatti, che la frequenza di visite è in stretta relazione con la quantità dei semi vitali prodotti (Motten, 1986).

In considerazione di quanto esposto si può affermare che l'ambiente più idoneo per la produzione del seme di *wildflowers* è quello nel quale la presenza dei diversi impollinatori non è stata ancora erosa. Le aree marginali di ambienti montani, tipicamente caratterizzati da diversificazione dell'uso del territorio e le aree definibili "buffer", cioè zone di rispetto utili per la sopravvivenza della microfauna, sono ambienti che appaiono particolarmente vocati per impostare un'attività sementiera mirata alla propagazione di specie spontanee da fiore.

Va ancora ricordato che il rapporto pianta-insetto è un susseguirsi di interazioni che, per poter essere efficace ai soggetti interagenti, deve disporre di determinati spazi temporali di sincronia. I cambiamenti climatici e numerosi altri fattori hanno portato a mutamenti della fenologia delle specie, compresi i momenti di sincronia tra le parti, con conseguenze a cascata sulle comunità e sugli ecosistemi (Kharouba, 2020).

2.6.2.2 Strategie di dormienza dei semi, ecofisiologia della germinazione, formazione di soil seed banks

In caso in cui si debba ricostituire cenosi con presenza di piante che richiamano gli insetti è importante conoscere le strategie di dormienza dei semi delle specie scelte e l'ecofisiologia della germinazione. Si consideri che la maggior parte della *wildflowers* utilizzabili per i prati fioriti urbani sono a ciclo annuale e pertanto l'ecologia di germinazione del seme assume un ruolo cruciale. Purtroppo molti semi sono anche di piccole dimensioni e ciò rende vulnerabile una loro regolare emergenza in realizzazioni in cui i terreni spesso non sono ottimali. Inoltre, la loro frequente dormienza può ostacolare la sincronia della germinazione. Proprio per questo, per evitare fallimenti, è opportuno disporre di semente di cui sono stati verificati ed affrontati i rispettivi meccanismi di dormienza. E ancora, è fondamentale conoscere la loro capacità di perpetuarsi nel terreno attraverso la formazione di banche dei semi del suolo (spesso citate con la denominazione inglese *soil seed banks*) tramite lo stoccaggio naturale di semi, spesso dormienti, all'interno del suolo.

La **dormienza** è uno stato fisiologico, dovuto a cause fisiche e/o fisiologiche intrinseche, che impedisce la germinazione anche in condizioni ambientali favorevoli. È una caratteristica controllata geneticamente e fisiologicamente che interagisce in vario modo con i fattori ambientali. Per convenzione si dice che un seme è dormiente quando posto a germinare in condizioni ottimali di umidità, luce e

temperatura, non germina entro 4 settimane. Se, invece, la maggior parte (80%) dei semi vitali del campione germina entro 4 settimane, si ritiene che quel seme non è dormiente.

Una delle peculiarità frequenti nelle specie spontanee è quella di avere una germinazione non sincronizzata a causa della dormienza dei semi, che può variare notevolmente da seme a seme dello stesso lotto. La disidratazione dei semi, raggiunta alla fine della maturazione, unita alla dormienza crea un formidabile disegno di sopravvivenza che attribuisce a questi organi di propagazione un'elevata resistenza nei confronti degli agenti atmosferici, pur conservando la capacità germinativa, e moltiplica la possibilità di far avvenire la germinazione nel periodo migliore dal punto di vista climatico. Queste caratteristiche sono molto meno evidenti nelle piante coltivate perché la selezione ha tendenzialmente operato a favore dei caratteri utili alla coltivazione, uno tra tutti la simultaneità della germinazione. La maggior parte delle specie coltivate quindi non mostra livelli apprezzabili di dormienza.

In realtà quasi tutte le specie coltivate in climi temperato-freddi hanno, o hanno avuto, parenti selvatici. Sono proprio le specie ancestrali delle colture agrarie (generalmente dette *crop wild relatives*), talvolta estinte, che spesso producono semi dormienti. Il carattere dormienza è stato poi gradualmente perso da quando l'uomo ha iniziato il processo di "domesticazione" in funzione di un miglioramento che non si è più co-evoluto con l'ambiente, essendo invece sottoposto alla gestione antropica in risposta alle necessità della coltivazione. L'uomo stesso ha realizzato, infatti, una continua selezione verso progenie sempre meno dormienti in modo da disporre di una semente caratterizzata da una germinazione veloce e simultanea, ovvero da una maggiore attitudine all'impiego agronomico. La selezione operata dall'uomo ha privilegiato i caratteri utili ad una società che si andava organizzando intorno all'agricoltura; le espressioni genetiche derivate sono, però, spesso contrapposte a ciò che risulta più vantaggioso in natura.

La dormienza è un carattere molto variabile da specie a specie, nell'ambito di un determinato lotto di seme e, nell'ambito di una stessa specie, in base all'anno di raccolta. Le condizioni ambientali, che possono mutare di anno in anno, unitamente alla marcata variabilità del carattere dormienza fanno sì che in natura la germinazione non avvenga simultaneamente ma sia diluita nel tempo, nel corso di una stagione, ma anche lungo diversi anni (Baskin e Baskin, 2004a). Vi sono specie che vedono germinare solo una parte dei semi durante la primavera successiva alla disseminazione, con un picco pronunciato durante la seconda primavera ed un ultimo gruppo che emerge durante la terza primavera. Questo è parte di una straordinaria strategia biologica di sopravvivenza che minimizza i rischi di una germinazione concentrata nel tempo e assicura la colonizzazione graduale dell'ambiente.

La possibilità di aumentare la presenza di specie spontanee da fiore per mantenere una crescente popolazione di impollinatori e per costituire prati di aspetto il più naturale possibile dipende molto dalla conoscenza della loro germinazione e dei metodi per interrompere i meccanismi di dormienza. È bene ricordare che, per quanto la costituzione di prati fioriti di piante spontanee gradite all'entomofauna abbia forti connotati di naturalità, le procedure per ottenerlo sono artificiali.

Gli studi per ottimizzare la germinazione di *wildflowers* costituiscono un'attività relativamente nuova in quanto molte delle specie impiegate non avevano destato alcun interesse fino a poco tempo fa. Fanno eccezione le ricerche effettuate su specie note per usi medicinali come, ad esempio, la malva (*Malva sylvestris* L. subsp. *sylvestris*), l'iperico (*Hypericum perforatum* L.), il tarassaco (*Taraxacum officinale* F.H. Wigg. aggr.) e poche altre. Accade frequentemente, come già accennato, che, proprio per la presenza di dormienze, i semi di specie spontanee appena raccolti non siano in grado di dar luogo ad una pronta germinazione, indipendentemente dal fatto che le condizioni di incubazione siano ideali. A volte è sufficiente conservare per alcuni mesi i semi in ambiente fresco (non più di 20°C) e asciutto per ottenere la maturità degli embrioni e facilitare così la germinazione; questo processo si chiama post-maturazione e si rivela efficace se applicato per due-tre mesi ai semi di *Agrostemma githago* L. (de Klerk, 1987). Ma non sempre è così semplice: spesso, infatti, occorre sottoporre i semi a trattamenti più o meno lunghi per superare la/le dormienza/e oppure scegliere un'epoca di semina che consenta di attraversare le condizioni ambientali in modo tale da rimuovere naturalmente gli ostacoli alla germinazione. D'altra parte, non è facile disporre di semi di *wildflowers* di buona qualità perché le ditte sementiere non prestano ancora la sufficiente attenzione a questo tipo di sementi. Tra le caratteristiche di qualità del seme è fondamentale quella di un'elevata percentuale di germinazione (si usa spesso il sinonimo germinabilità).

Tipi di dormienza. Vi sono molti tipi di dormienza in relazione alle cause che le provocano; l'individuazione della/e causa/e è alla base del metodo impiegato per rimuoverla/e. Due grandi gruppi sono costituiti dalle dormienze di tipo endogeno e da quelle di tipo esogeno. Dormienze endogene sono quelle che vedono coinvolto l'embrione mentre esogene sono le dormienze in cui sono coinvolte solo alcune strutture (endocarpo legnoso, tegumenti seminali, endosperma ecc.), che ostacolano la germinazione ma non agiscono direttamente sull'embrione. In tabella 2.2 si sintetizzano le dormienze più frequenti nelle specie erbacee ed i pretrattamenti per rimuoverle.

Tabella 2.2 - Principali tipi di dormienza (modificato da Bacchetta et al., 2006)

TIPI DI DORMIENZA		CAUSE	CONDIZIONI CHE LA INTERROMPONO	ESEMPI
DORMIENZE ESOGENE	Fisica	impermeabilità dei tegumenti seminali all'acqua	scarificazione	<i>Astragalus maritimus</i> , <i>Astragalus verrucosus</i> , <i>Trifolium</i> spp., <i>Lathyrus</i> spp
	Chimica	non frequente, presenza di fattori inibitori talvolta all'esterno del frutto	rimozione del pericarpo, in alcuni casi con dilavamento	<i>Ferula loscosii</i>
	Meccanica	resistenza meccanica dei tegumenti seminali o di parti del frutto alla crescita dell'embrione	rimozione del tegumento	<i>Euphorbia graminifolia</i>
DORMIENZE ENDOGENE	Morfologica	incompleto sviluppo dell'embrione; compare generalmente combinata ad altri fattori	esposizione a condizioni caldo-umide (estivazione) o freddo-umide (vernalizzazione)	
	Fisiologica (leggera, intermedia o profonda)	molto frequente; meccanismi fisiologici di inibizione dell'embrione e della germinazione	esposizione a condizioni freddo-umide (vernalizzazione)	<i>Linaria arcusangeli</i> , <i>Papaver rhoeas</i> , <i>Agrostemma gitago</i>
COMBINAZIONI DI DORMIENZE ENDOGENE MORFO-FISIOLOGICHE (incompleto sviluppo dell'embrione combinato a meccanismi fisiologici di inibizione della germinazione)			trattamenti termici con alternanza di temperature caldo-fredde, generalmente lunghi, oppure lunga estivazione seguita da lunga vernalizzazione; l'alternanza può variare marcatamente con la specie	molto frequente nelle <i>Rosaceae</i> e nelle <i>Ranunculaceae</i>

Riassumendo possono essere individuati i seguenti tipi di dormienza: **fisiologica, fisica, morfologica, meccanica, chimica, combinazioni morfo-fisiologiche, combinazioni fisico-fisiologiche.**

Lo studio dei semi di 5.250 specie vegetali non coltivate dei principali ecosistemi del mondo indica che il 70% delle specie presenta semi dormienti al momento della disseminazione naturale (Baskin e Baskin, 2004b). In termini generali la dormienza fisiologica, che caratterizza le piante che vegetano in climi temperati e freddi, è la più abitualmente riscontrata, seguita da quella fisica, frequente in specie presenti in deserti caldi e freddi e in ambienti di tipo mediterraneo (ad es. Fabacee). Tra le dormienze meno frequenti ci sono quelle morfo-fisiologiche che riguardano, però, numerose specie importanti per i nostri ecosistemi. La dormienza chimica è rara mentre quella morfologica (embrioni con sviluppo incompleto al momento della disseminazione) si manifesta sempre associata ad altre dormienze (es. dormienza morfo-fisiologica, frequente nelle Rosacee e nelle Ranunculacee). Poiché la germinazione è uno stadio molto delicato e vulnerabile nel ciclo dei vegetali, l'individuazione delle cause della dormienza e dei metodi per rimuoverla appare una necessità prioritaria (Benvenuti *et al.*, 2004), in particolare per le specie spontanee della flora entomogama che, se confrontate alle piante di interesse alimentare e industriale, destano minore interesse nella ricerca scientifica.

Le dormienze più frequenti nella flora erbacea spontanea sono riconducibili alle seguenti tipologie: fisiologica (leggera, intermedia, profonda) e fisica. Non sono rare le combinazioni di dormienze morfo-fisiologiche mentre sono infrequenti le dormienze chimiche e le combinazioni fisico-fisiologiche.

Dormienza fisiologica leggera o intermedia. È dovuta a meccanismi fisiologici di inibizione dell'embrione e della germinazione. Gran parte dei semi di *wildflowers* hanno dormienza di tipo fisiologico (Figura 2.56) come, ad esempio, molte Genzianacee, Campanulacee, Cariofillacee, Scrofulariacee, Amarillidacee, Dipsacacee, Boraginacee, Papaveracee, Asteracee. Le dormienze fisiologiche vengono generalmente rimosse da un'esposizione, in condizioni naturali o controllate, ad ambienti umidi e freddi (tra +2°C e +6°C) per un periodo variabile (generalmente 1-4 settimane); questo processo è detto stratificazione fredda, vernalizzazione o *chilling* (i tre termini sono sinonimi). Come già detto, in alcuni casi (*Agrostemma gitago* L.) un periodo di post-maturazione in condizioni fresche e asciutte può essere ugualmente efficace. Per specie con dormienza fisiologica, e per le specie erbacee spontanee in generale, è indicata la semina autunnale (o di fine inverno) che consente la rimozione della dormienza in condizioni naturali. Non va dimenticato che ciò comporta talvolta l'esposizione dei semi

ai rischi determinati dalla stagione fredda (allagamento e/o gelo negli strati superficiali del terreno, concorrenza da parte di malerbe, depredazioni da parte di roditori o avifauna ecc.). Per evitare tali pericoli si può effettuare l'esposizione a condizioni freddo-umide (ovvero la cosiddetta stratificazione fredda) in ambiente controllato di temperatura, luce e umidità; questa procedura rimuove la dormienza fisiologica e consente di impiegare seme già vernalizzato (e quindi non più dormiente) per la semina primaverile.

Nella pratica la stratificazione fredda consiste nella disposizione a strati dei semi in un substrato soffice e umido, costituito generalmente da torba, agriperlite, sabbia o vermiculite utilizzate singolarmente oppure mescolate tra di loro in varie proporzioni. La stratificazione in condizioni controllate a basse temperature si conduce normalmente in ambienti termoregolati (celle refrigerate o attrezzature simili).

La vernalizzazione può essere talvolta efficace anche nella rimozione di dormienze fisiche (impermeabilità dei tegumenti), perché agisce sull'integrità dei tegumenti nel corso di un processo che è, in realtà, una forma di invecchiamento di alcuni tessuti. Per il controllo di alcuni funghi presenti nei tessuti esterni dei semi, che trovano nella stratificazione condizioni favorevoli di sviluppo, si può ricorrere all'immersione delle sementi in una soluzione di ipoclorito di sodio al 2% di cloro attivo per 10 minuti prima l'inizio del trattamento; dopo l'immersione in soluzione di ipoclorito di sodio i semi debbono essere risciacquati.

Poiché è di gran lunga più diffusa la stratificazione fredda, quando si impiega il termine "stratificazione", senza specificare se "calda" o "fredda", si intende la stratificazione fredda (o vernalizzazione). L'azione benefica del freddo umido sul processo germinativo si esprime attraverso alcuni effetti fondamentali: rimozione dei diversi tipi di dormienza; aumento della velocità e uniformità della germinazione e della germinabilità totale; allargamento della gamma di temperatura entro la quale è possibile la germinazione; diminuzione del fabbisogno di luce per le specie la cui germinazione è favorita da questo fattore; minimizzazione delle differenze qualitative delle sementi imputabili alle diverse tecniche di raccolta, di lavorazione e di conservazione.

Per questioni pratiche, organizzative ed economiche, nel caso di costituzione di prati con specie vegetali entomogame, non si fanno generalmente pretrattamenti in condizioni controllate (stratificazione fredda o altro), ma di solito si procede con la semina autunnale che permette una vernalizzazione naturale.

Dormienza fisiologica profonda. È presente in *Daucus carota* L., *Primula veris* L., *Iris pseudacorus* L., *Reseda lutea* L. subsp. *lutea*, *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. e può essere superata in seguito ad un lungo periodo di condizioni freddo-umide, come avviene in natura durante l'inverno. La semina in questi casi è consigliata durante l'autunno oppure, più raramente, in primavera con seme già vernalizzato in condizioni controllate e pronto alla germinazione.

Dormienza fisica. È dovuta all'impermeabilità dei tegumenti che impediscono l'assorbimento dell'acqua. Frequente nelle Fabacee (ad esempio nei generi *Trifolium*, *Lathyrus* e *Astragalus*) e nelle Malvacee (*Malva sylvestris* L. subsp. *sylvestris*, *Lavatera trimestris* L.), può essere rimossa tramite la scarificazione, ovvero l'abrasione dei tegumenti seminali che, non più integri, consentono l'ingresso d'acqua nel seme (Figura 2.57). Quando il quantitativo di semi è ridotto, la scarificazione si pratica tramite sfregamento con carta vetrata; per volumi consistenti si adottano scarificatori meccanici. L'aggressione dei tegumenti si può praticare anche attraverso l'immersione dei semi in acqua molto calda (60°C - 80°C); la temperatura e la durata del trattamento variano con la specie, in relazione allo

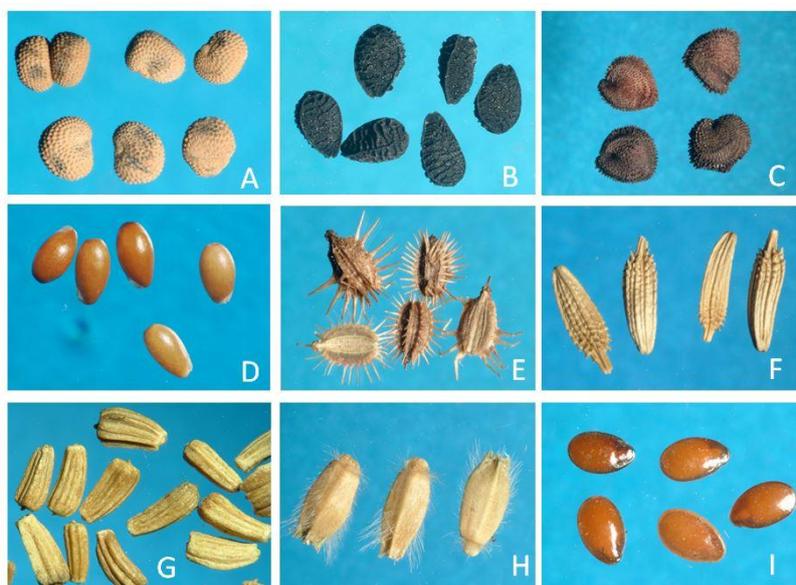


Figura 2.56 - Wildflowers caratterizzate da dormienza fisiologica rimuovibile mediante periodi di refrigerazione: A) *Silene alba*, B) *Nigella damascena*, C) *Lyncis flos-cuculi*, D) *Viola tricolor*, E) *Daucus carota*, F) *Taraxacum officinale*, G) *Glebionis segetum*, H) *Knautia arvensis*, I) *Campanula medium*. I semi di wildflowers hanno tipicamente piccole dimensioni molto spesso inferiori ad 1mm di diametro (Foto Benvenuti).

spessore e alla durezza dei tegumenti seminali. Alternativa, non sempre consigliabile per motivi di sicurezza, è una breve immersione in acido solforico; anche qui la durata deve essere stabilita in base alla specie. Va ricordato che la durezza dei tegumenti dei semi è un carattere variabilissimo e perciò la scarificazione, condotta con acqua calda o tramite acido, comporta una sorta di selezione genetica. Infatti, a volte risulta letale per i semi che, nell'ambito del lotto, presentano i tegumenti più sottili o, al contrario, può essere completamente inefficace per semi con tegumenti estremamente duri, che comunque non saranno in grado di germinare dopo il trattamento.

La dormienza fisica è presente in 15 famiglie di angiosperme, tra cui Anacardiacee, Bixacee, Cannacee, Cistacee, Convolvulacee, Cucurbitacee, Dipterocarpacee, Fabacee, Geraniacee, Malvacee, Nelumbonacee, Ranunculacee; anche se non tutti i membri di queste famiglie hanno tegumenti impermeabili. Gran parte delle Fabacee, famiglia molto presente nella flora italiana, produce semi con tegumenti impermeabili che impongono una dormienza fisica. Inoltre, in alcune Fabacee annuali invernali (piante che germinano in autunno o in inverno, che attraversano la stagione fredda allo stato di semenzale e fioriscono a fine inverno o inizio primavera) si verificano nei semi "freschi" (appena dispersi) non solo l'impermeabilità dei tegumenti (dormienza fisica) ma anche una leggera dormienza fisiologica che scompare dopo alcuni mesi (almeno 3) di conservazione in ambiente secco a temperatura ambiente (Van Assche e Vandeloos, 2010). Semi di Fabacee annuali invernali, come *Lathyrus aphaca* L. subsp. *aphaca*, *Medicago arabica* (L.) Huds., *Trifolium dubium* Sibth., *Vicia hirsuta* (L.) Gray e *Vicia sativa* L., conservati dopo la raccolta in condizioni asciutte e a temperatura ambiente per 3 mesi e scarificati prima della semina, hanno manifestato un aumento della velocità di germinazione in un range di temperature variabile da 5°C a 23°C rispetto a semi appena raccolti e non trattati. Queste dormienze combinate (dormienza fisico-fisiologica) nelle Fabacee annuali supportano la tesi di un meccanismo di "sicurezza" doppio che evita la germinazione durante l'estate: la dormienza fisica rimanda la germinazione, ma anche quando i tegumenti fossero aggrediti e consentissero l'imbibizione, la leggera dormienza fisiologica riesce comunque ad evitare una rischiosa germinazione prematura. Le Fabacee annuali invernali, caratterizzate da semi con tegumenti impermeabili, mostrano spesso adattamenti ecologici tipici di specie annuali invernali con semi dotati di tegumenti permeabili, cioè meccanismi che conducono alla nascita delle plantule durante i periodi più freschi e umidi dell'anno. Questa combinazione di dormienze potrebbe perciò essersi evoluta in climi di tipo mediterraneo e persistere anche in specie originate in ambienti mediterranei e successivamente migrate verso climi temperati o temperato-freddi (Van Assche e Vandeloos, 2010).

Merita un commento il comportamento di molte specie mediterranee annuali non Fabacee con tegumenti seminali permeabili, come *Adonis annua* L., *Nigella damascena* L., *Cnicus benedictus* L. e *Turgenia latifolia* (L.) Hoffm. Sono presenti in terreni impiegati per la produzione di cereali e germinano solitamente d'autunno dopo estati secche. I semi possono essere indotti in dormienza da basse temperature (Saatkamp *et al.*, 2011), ma le temperature elevate dell'estate consentono la germinazione autunnale. Tuttavia, poiché la dormienza è un carattere molto variabile, la germinazione può avvenire anche subito dopo la disseminazione naturale (Baskin e Baskin, 2001), come accade spesso in *Adonis annua* L.

Combinazioni di dormienze morfo-fisiologiche. Ci sono alcune famiglie botaniche, come le Ranunculacee, le Apiacee, le Araliacee, le Aquifoliacee, le Caprifoliacee, le Rosacee ecc., in cui si riscontra con una certa frequenza la presenza di embrioni morfologicamente piccoli (sono anche chiamati sottosviluppati o immaturi) al momento della dispersione naturale. Per poter germinare, embrioni così caratterizzati debbono crescere e raggiungere una dimensione che varia con la specie. La dormienza morfologica, legata quindi alla dimensione dell'embrione, si accompagna quasi sempre ad una dormienza fisiologica. Lo sviluppo dell'embrione e la rimozione della dormienza spesso avvengono contemporaneamente in condizioni freddo-umide, ma la regola non è generale e vi sono casi più complessi.



Figura 2.57 - Specie caratterizzate da semi con dormienza fisica rimuovibile mediante scarificazione: A) *Lavatera trimestris*, B) *Malva sylvestris*, C) *Convolvulus arvensis*, D) *Muscari comosum* (Foto Benvenuti).

Tra le specie erbacee spontanee, sono numerose le Ranunculacee che mostrano dormienze di tipo morfo-fisiologico (ad es. *Anemone hortensis* L. subsp. *hortensis*, *Ranunculus* spp., *Adonis aestivalis* L., *Consolida regalis* Gray). In *Delphinium fissum* subsp. *sordidum* (Cuatrec.) Amich, Rico & Sánchez, ad esempio, l'embrione, che misura in media 0,56 mm alla disseminazione, raggiunge la dimensione che consente la germinazione (2,10 mm) dopo un periodo di 3 mesi di stratificazione fredda (5°C) al buio, condizione che, contemporaneamente, consente la rimozione di inibitori fisiologici. I semi di questa specie, conservati in condizioni fresche e asciutte per almeno 8 mesi e poi sottoposti a condizioni freddo-umide, mostrano una germinabilità ancora più accentuata in quanto la previa conservazione in ambiente asciutto contribuisce alla rimozione della/e dormienza/e e accorcia la durata della vernalizzazione (Herranz *et al.*, 2010). Altro esponente delle Ranunculacee con embrioni sottosviluppati, *Aconitum napellus* subsp. *lusitanicum* Rouy, germina bene (80%) se sottoposto prima a stratificazione fredda (5°C) per 4 mesi e poi a cicli termici di 20°C/7°C con fotoperiodo di 12 ore (Herranz *et al.*, 2010). Questo trattamento rispecchia quanto avviene in condizioni naturali: durante l'inverno i semi sono sottoposti a freddo umido, che fa sviluppare gli embrioni, per cui la germinazione avviene alla fine di questa stagione oppure all'inizio della primavera proprio quando le escursioni termiche sono marcate. La germinazione in primavera consente uno sviluppo adeguato delle piantine prima della chiusura delle chiome degli alberi presenti nell'habitat tipico di questa specie (formazioni ripariali di Salicacee) e concede un lungo periodo vegetativo prima dell'inverno successivo. Come per *Delphinium fissum* Waldst. & Kit. subsp. *sordidum*, la conservazione dei semi di *Aconitum napellus* L. in condizioni fresche e asciutte per alcuni mesi (almeno 4) migliora l'efficacia di una successiva vernalizzazione. Come già accennato, in numerosi casi di dormienza morfo-fisiologica non basta la sola stratificazione fredda per provocare la germinazione. È necessario, invece, dapprima un periodo caldo-umido intorno ai 20°C (detto stratificazione calda, estivazione o *warming*), che favorisce lo sviluppo degli embrioni, seguito da vernalizzazione, che rimuove la dormienza fisiologica. È da segnalare che tra le diverse specie di un determinato genere si osservano talvolta differenze marcate. Tra alcune Apiacee del genere *Sanicula* vi sono forti differenze nelle esigenze termiche per la germinazione: mentre in *S. europaea* L. il freddo invernale stimola lo sviluppo dell'embrione e rimuove contemporaneamente la dormienza fisiologica, consentendo la germinazione in primavera (Vandelook e Van Assche, 2008), nelle specie americane, *S. canadensis* L. e *S. trifoliata* Bickn., è necessario un periodo caldo-umido (12 settimane) seguito da vernalizzazione (12 settimane) per arrivare alla germinazione (Hawkins *et al.*, 2010). Il trattamento indicato non sempre è in grado di far germinare tutti i semi del lotto perché, come detto più volte, la variabilità dell'entità della dormienza fa sì che alcuni di essi non riescano comunque a soddisfare le proprie esigenze: spesso sono questi i semi che in natura andranno a costituire la banca dei semi del suolo (detta anche *soil seed bank*) e, nell'ambito di una complessa strategia di sopravvivenza, germineranno in anni successivi. La banca dei semi del suolo è la permanenza naturale di semi, spesso dormienti, all'interno del suolo della maggior parte degli ecosistemi. La stratificazione calda eseguita in condizioni controllate ha le stesse modalità descritte per la stratificazione fredda (v. Dormienza fisiologica leggera o intermedia); varia solamente la temperatura, che deve oscillare tra 15 e 20°C.

Dormienza chimica. È presente in quelle specie, in particolare alcune Asteracee e Apiacee (varie specie di *Ferula*), che hanno inibitori della germinazione non ormonali sulla superficie esterna dei semi o dei frutti. Queste sostanze, generalmente appartenenti alla categoria chimica dei polifenoli, sono eliminabili attraverso il lavaggio dei semi o dei frutti con acqua oppure tramite immersioni del seme in soluzioni contenenti agenti ossidanti (ipoclorito di sodio). Oltre al fatto che si tratta di un tipo infrequente di dormienza, a volte è difficile determinarla con certezza (Baskin e Baskin, 2001).

Dormienza meccanica. È provocata dalla resistenza meccanica dei tegumenti seminali o di parti del frutto alla crescita dell'embrione (Figura 2.58). La germinazione è possibile in seguito all'eliminazione o marcescenza di almeno una parte dei tessuti che circondano il seme, ciò che avviene dopo la disseminazione in tempi che variano in relazione alla natura dell'ambiente in cui si viene a trovare il frutto o il seme. È un meccanismo che si riscontra in alcune Brassicacee (*Raphanus raphanistrum* L.,



Figura 2.58 - Specie caratterizzate da frutti indeiscenti che offrono resistenza alla germinazione: A) *Tordylium apulum*, B) *Bunias erucago*, C) *Cynoglossum officinale*, D) *Myagrum perfoliatum* (Foto Benvenuti).

Bunias erucago L., *Myagrum perfoliatum* L., *Rapistrum rugosum* (L.) Arcang.) e Apiacee (*Tordylium apulum* L., *Eryngium maritimum* L.).

Dormienze ed esigenze per la germinazione in relazione all'habitat. Molti studi riferiscono che specie affini e/o strettamente imparentate possono mostrare esigenze diversificate per la rimozione della dormienza e per la germinazione e che tale comportamento è una risposta alle condizioni del microhabitat in cui una determinata specie vegeta (ad esempio: preferenza per ambienti ombrosi invece che predilezione per aree aperte e soleggiate). Ciò è stato evidenziato per una trentina di specie di *Carex*, per alcune specie del genere *Papaver* e *Rumex*, per almeno 4 specie di *Lamium* e altrettante specie di Cariofillacee (Schütz e Rave, 1999; Karlsson e Milberg, 2008; Vandeloos *et al.*, 2008).

Due specie di *Anemone* (Ranunculacee), *A. ranunculoides* L. e *A. nemorosa* L., entrambe presenti in Italia nello stesso habitat di boschi temperato-freddi, si differenziano per richieste di temperature diverse per completare la germinazione. *A. ranunculoides* ha bisogno di un lungo periodo (90-150 giorni) caldo (20°C ≈ estate) per raggiungere il completamento dello sviluppo dell'embrione, seguito da un passaggio a 15°C costanti (≈ autunno) per provocare l'emergenza delle radichette e, infine, un abbassamento ulteriore della temperatura fino a 4°C costanti (≈ inverno) per l'emergenza degli epicotili (Mondoni *et al.*, 2009). *A. nemorosa*, invece, ha esigenze inferiori di caldo estivo (30 giorni a 20°C) ed è capace di germinare in condizioni di marcate alternanze giornaliere di temperatura. Questi meccanismi spiegherebbero la prevalente presenza di *A. ranunculoides* in formazioni forestali a copertura chiusa, con temperature relativamente costanti del terreno sotto la lettiera, mentre *A. nemorosa* è in grado di colonizzare anche siti aperti, soleggiate e soggetti ad alternanze termiche quotidiane.

Dormienze secondarie e soil seed banks (banche di semi del suolo). Le tipologie di dormienza prima descritte sono tutte presenti nei semi al momento della disseminazione e, in natura, sono rimosse dall'esposizione a condizioni ambientali per periodi variabili in relazione alla specie. In modo artificiale e controllato, si eliminano applicando trattamenti che rispecchiano le circostanze naturali. Sono chiamate **dormienze primarie** (Vleeshouwers e Bouwmeester, 2001) e sono quelle con cui, fondamentalmente, ha a che fare chi intende propagare in vivaio piante entomogame spontanee o costituire un prato fiorito con queste specie. In alcuni casi, però, i semi non più dormienti (perché hanno già rimosso gli ostacoli alla germinazione in modo naturale o in ambienti controllati) possono essere indotti a riprendere le condizioni di dormienza se posti in situazioni non adeguate alla germinazione della specie. Avviene, ad esempio, quando i semi non dormienti di specie la cui germinazione è favorita da forte alternanze termiche giornaliere si insediano, invece, in un terreno con temperatura pressoché costante ed elevata (20°C ed oltre) per un periodo prolungato, ovvero quando la semina avviene d'estate. Questa dormienza indotta è detta **dormienza secondaria** e può comparire più frequentemente in specie caratterizzate da dormienze primarie accentuate.

La dormienza secondaria è un processo fisiologico a difesa da situazioni ecologicamente poco favorevoli tramite una sorta di "freno" biologico, un "ritorno al punto iniziale" per cui, per essere di nuovo rimossa, ha bisogno delle stesse condizioni necessarie all'eliminazione della dormienza primaria. Molti semi che costituiscono le banche dei semi del suolo non germinano perché ad ogni stagione sono indotti ad entrare in dormienza secondaria, facendo parte così di una successione di cicli annuali di dormienza/non-dormienza che consente a molti di loro di permanere nel terreno per molto tempo ma senza germinare. Si crea in questo modo una riserva naturale di semi vitali (Baskin e Baskin, 1985). È una strategia fisiologica molto diffusa tra i semi delle specie infestanti.

La durata della permanenza nella banca dei semi del suolo va messa in relazione sia con le caratteristiche della dormienza e della conservabilità dei semi (tutte peculiarità intrinseche della specie), sia con la prevalenza di fattori esterni che ostacolano o favoriscono la germinazione. Tra gli ultimi vi sono gli incendi, che beneficiano le Fabacee aggredendo l'integrità dei tegumenti, o le lavorazioni del terreno, che consentono l'esposizione alla luce dei semi che la richiedono per germinare. In assenza di disturbi, alcune specie non riescono a permanere più di un anno nella banca dei semi del suolo [*Avena fatua* L., *Alopecurus myosuroides* Huds., *Galium aparine* L., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip., *Cyanus segetum* Hill], mentre altre vi si insediano per periodi lunghi e costituiscono vere e proprie riserve nel terreno e nel tempo [*Chenopodium album* L., *Papaver rhoeas* L. subsp. *rhoeas*, *Viola arvensis* Murray, *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. subsp. *bursa-pastoris*].

Germinazione. Così come vi sono condizioni particolari per eliminare la/e dormienza/e, anche la germinazione, soprattutto nelle piante non addomesticate, ha requisiti precisi che variano con la specie. Anche nel caso in cui i semi abbiano superato la dormienza, la germinazione può comunque non avvenire, dal momento che molte specie necessitano di particolari esigenze ecologiche per innescare i processi germinativi. Appare opportuno, infatti, fare una distinzione tra dormienza e quiescenza dei semi (Bewley, 1997). Per la dormienza vi è abbondante documentazione in questo capitolo; la quiescenza si riferisce, invece, al caso in cui il seme non germina semplicemente per la mancanza dei fattori

indispensabili per la germinazione. I principali fattori esterni sono acqua, temperatura, ossigeno e luce. La mancanza di uno o più di questi fattori può impedire l'avviamento dei processi germinativi.

Temperatura. Per quanto riguarda le esigenze termiche, i *wildflowers* sono raggruppabili in specie macroterme e microterme. Le prime hanno un ciclo biologico primaverile-estivo mentre le seconde uno autunno-primaverile. Ciò appare importante sia per la conoscenza dei relativi periodi di fioritura sia per l'individuazione dell'epoca di semina più adeguata: autunnale per le specie microterme e primaverile per quelle macroterme.

Luce. Tra i *wildflowers* vi è un buon numero di specie con semi fotosensibili (Andolfi *et al.*, 2000): la luce condiziona fortemente la loro germinazione perché agisce su di un fotorecettore di natura proteica, localizzato a livello di tegumenti, capace di percepire la quantità e la qualità della luce incidente. La funzione del fotorecettore è importante dal punto di vista biologico perché "informa" il seme sull'ambiente in cui si trova, ovvero se alcune delle condizioni siano favorevoli per la germinazione e lo sviluppo delle plantule. Nei casi di elevato ombreggiamento da parte di una sovrastante vegetazione la disattivazione del fotorecettore tende, infatti, a rimandare la germinazione a periodi nei quali le condizioni risulteranno idonee (ad es. scomparsa della vegetazione sovrastante). La sensibilità alla luce può essere in taluni casi perduta da semi conservati a secco per periodi di tempo variabili così come può scomparire in semi privati dei tegumenti (Côme, 1970). Quest'ultimo fatto dimostrerebbe che i tegumenti svolgono un ruolo determinante nella fotosensibilità. La fotosensibilità nei *wildflowers* è riscontrabile soprattutto nelle specie con semi molto piccoli; per questi semi la luce è il segnale di prossimità alla superficie del terreno e quindi della possibilità di germinare con successo; i semi piccoli che si trovano in profondità del suolo, al buio, non hanno, infatti, riserve sufficienti per superare strati di terreno di un certo spessore. Per contro, in *Pancratium maritimum* L., specie dunale che trova le migliori condizioni per germinare nella profondità del terreno grazie alla maggiore disponibilità di acqua, la luce agisce inibendo la germinazione perché informa direttamente sull'aridità presente in superficie. L'influenza della luce sulla germinazione può assumere anche un valore ecologico e di sopravvivenza nell'ambito di una determinata specie, favorendo solo lo sviluppo dei semi che si trovano in prossimità della superficie rispetto a quelli che si trovano più in profondità privi di luce; questi sono destinati a costituire banche dei semi del suolo.

I semi cosiddetti longidiurni germinano solo quando la durata del giorno è superiore a un certo numero di ore, fatto che costituisce una soglia critica; all'opposto vi sono i semi brevidiurni. I semi grandi sono generalmente meno condizionati dalla luce rispetto ai semi piccoli (Milberg *et al.* 2000).

Fotoperiodo. Se confrontate a quelle delle specie coltivate, le esigenze fotoperiodiche sono molto marcate nelle specie spontanee perché attraverso la durata del periodo di luce la pianta può percepire le stagioni e così attivare gli stadi fenologici più adeguati alle condizioni ambientali (Davis, 2002). Anche in questo caso la percezione fotoperiodica è mediata da fotorecettori. Molte specie impiegate in impianti di fiori spontanei mostrano una induzione a fiore nei periodi primaverili [specie longidiurne come *Anemone hortensis* L. subsp. *hortensis*, *Narcissus tazetta* L., *Hypericum perforatum* L., *Legousia speculum-veneris* (L.) Chaix, *Orlaya grandiflora* (L.) Hoffm. ecc.], mentre solo in una parte l'induzione alla fioritura avviene nei successivi periodi, quando la durata del giorno tende a contrarsi (specie brevi diurne come *Linaria vulgaris* Mill. subsp. *vulgaris*, *Eupatorium cannabinum* L., *Senecio aquaticus* Hill ecc.). Eccezionalmente alcune specie mostrano una buona plasticità fotoperiodica e danno luogo a fioriture indipendentemente dalla durata del giorno (come nel caso di *Consolida regalis* Gray e *Dianthus carthusianorum* L.). Queste esigenze sono da tenere in considerazione non solo per l'individuazione dei periodi ottimali per la semina (solitamente le longidiurne sono a germinazione autunnale) ma anche per tentare di ipotizzare fitocenosi con calendari di fioritura complementari tra loro in modo da prolungare il più possibile la dinamica di esteticità delle specie spontanee utilizzate. È evidente che le sottili strategie di adattamento descritte, indispensabili per la sopravvivenza in natura, possono invece pesare negativamente sulla riuscita di un impianto di *wildflowers* che si basi su miscugli di semi di varie specie seminati generalmente in un'unica data (talvolta ripetuta); le piantine che si ottengono eserciteranno in seguito forti azioni competitive per riuscire ad affermarsi.

In conclusione, la conoscenza delle modalità con cui avviene la germinazione dei semi dei *wildflowers* è di cruciale importanza per consentire un loro vasto impiego in grado di aumentare la presenza di insetti e di migliorare il profilo esteticopaesaggistico di un dato territorio. D'altra parte, la mancanza di un settore sementiero che copra adeguatamente questa particolare finalità è uno dei fattori più limitanti per il raggiungimento di obiettivi. La crescente domanda di seme autoctono dell'ambiente mediterraneo oggi è assolutamente insoddisfatta dal momento che, allo stato attuale, tali iniziative sono talvolta intraprese mediante l'uso di germoplasma proveniente da ambienti lontani.

2.6.3 Specie erbacee spontanee per la naturalizzazione di ambienti antropici

La conversione di habitat naturali in paesaggi agricoli o industriali e, infine, in paesaggi degradati è uno dei maggiori impatti negativi dell'attività dell'uomo sull'ambiente. Numerosi di questi ambienti degradati sono stati oggetto di ripristino ambientale, soprattutto nel Nord di Europa, a partire dagli anni '70 del secolo scorso, tanto da sviluppare un filone di ricerca destinato alla *restauration ecology* (ripristino degli ecosistemi), che comprende qualsiasi attività intenzionale che avvii o acceleri il recupero di un ecosistema rispetto alla sua sanità, integrità e sostenibilità.

Secondo Gilbert e Anderson (1998), questo è un processo difficile e anche soggetto a fallimenti in ambiente naturale, ma il suo valore cambia quando ci si trova in ambiente antropizzato. Ricostituire habitat in zone antropizzate non solo non interferisce con i processi naturali, ma implica un importante risultato in quanto rappresenta l'inversione di una tendenza di sfruttamento dell'ambiente che è in atto da lunghissimo tempo. Beard e Green nel 1994 hanno portato all'attenzione del pubblico i molti aspetti positivi dell'utilizzo di vegetazione come fattore di mitigazione e di recupero di aree degradate, distinguendo fra effetti estetici, funzionali e ricreazionali. Tra gli effetti funzionali più importanti si ricorda il controllo dell'erosione del suolo, la ricarica della falda idrica, la degradazione di contaminanti organici, il mantenimento delle caratteristiche biologiche del suolo, la regolazione della temperatura e soprattutto il mantenimento della biodiversità insita negli organismi associati.

La creazione di habitat, oltre a migliorare la biodiversità animale e vegetale, e quindi a dare una maggior stabilità ai sistemi biologici, può assicurare dei vantaggi di interesse scientifico (salvaguardia di specie rare e/o in via di estinzione), economico (creazione di paesaggi con minimo budget iniziale e spese di mantenimento quasi nulle) e sociale (creazione di spazi verdi in aree spesso depresse). Da tempo le politiche sulla gestione di aree degradate nei paesi europei sono convergenti e le linee guida sono orientate al ripristino del loro uso e del loro valore economico. L'utilizzo di miscugli di specie spontanee fiorite dà la possibilità di unire la tutela ambientale al recupero e alla rinaturalizzazione di aree degradate, quali terreni agricoli abbandonati, cave dismesse, scarpate stradali, realizzando al contempo un indubbio risparmio in termini di manutenzione e anche di consumi idrici rispetto ai classici tappeti erbosi con graminacee.

Un aspetto preliminare è l'identificazione del livello di nutrienti nel suolo; infatti, livelli elevati di elementi, e in particolare di azoto, in genere ostacolano l'insediamento di comunità erbacee ricche in specie. La scarsa fertilità del suolo, tipica di numerosi ambienti antropizzati, può creare le condizioni ottimali per uno sviluppo di vegetazione erbacea ricca di specie diverse, senza dar luogo a fenomeni di competizione e senza necessità di irrigazione e fertilizzazione (Bretzel *et al.*, 2016).

Il restauro ecologico si rivolge anche al recupero di ambienti agricoli abbandonati, ovvero i prati polifiti semi-naturali, che derivano dalla attività agricola tradizionale di allevamento estensivo di erbivori (Figura 2.59). In tutta Europa questi prati misti, luoghi di grandissima diversità biologica, sono andati scomparendo a causa dell'abbandono dell'attività di pastorizia in favore dell'allevamento intensivo e sono inoltre minacciati dagli apporti di azoto meteorico; col tempo tale elemento, pur se presente in piccole quantità nelle piogge, tende ad accumularsi, provocando così la diminuzione del numero di specie che costituiscono il prato. La tecnica di restauro prevede l'utilizzo del *fiorume*, fieno maturo con i semi, che viene prelevato da aree contermini o con caratteristiche simili (Scotton *et al.*, 2012).



Figura 2.59 - I prati polifiti destinati alla produzione di fieno sono ricchi di specie entomogame (Foto Carrai).

L'impianto dei *wildflowers* può ricostituire, culturalmente, la soluzione di continuità tra paesaggio antropizzato e paesaggio naturale. Le piante erbacee, inoltre, presentano un insediamento molto rapido e sono quindi in grado di coprire il suolo in un lasso di tempo breve senza richiesta di irrigazione se seminate nella stagione autunnale. Ciò comporta, di conseguenza, una diminuzione dei costi di gestione e un risparmio di risorse per il raggiungimento di una manutenzione sostenibile.

Le superfici incolte, o nelle quali l'intervento antropico è minimo, funzionano frequentemente da elementi di raccordo con il paesaggio circostante: accade così che elementi di flora e fauna propri di un ambiente naturale vengano a trovarsi spazialmente vicini a specie più strettamente sinantropiche. Nella sola città di Roma si è accertato che le specie di insetti sono sicuramente più di 5.000 (Vigna Taglianti e Zapparoli, 2006) e questo è fortemente legato alla ricchezza di biotopi che sono inclusi nel tessuto

urbano; anche in un ambiente dove l'azione dell'uomo è preponderante è possibile favorire una certa "rinaturalizzazione" attraverso la creazione o la conservazione di aree che presentano caratteristiche simili a quelle degli ambienti naturali (Gilbert, 1989).

Secondo Savard *et al.* (2000), le questioni connesse con la biodiversità dell'ecosistema urbano possono essere suddivise in tre principali filoni relativi a: 1) impatto della città sugli ecosistemi contigui; 2) strategie da intraprendere per massimizzare la biodiversità all'interno dell'ecosistema urbano; 3) controllo di specie dannose o non desiderabili presenti all'interno della città, quali ad esempio le specie allergeniche (Negrini e Arobba, 1992; Piarulli *et al.*, 1994) e quelle ruderali (Pignatti *et al.*, 1995).

Creare impianti di *wildflowers* in contesti urbanizzati va nella direzione di un arricchimento della componente biotica, animale e vegetale, dell'ambiente urbano. La presenza di aree con caratteristiche di naturalità costituisce, infatti, un collegamento tra città e territorio circostante, favorendo la formazione di corridoi ecologici. La facilità di insediamento, favorita dal fatto che si tratta di specie erbacee, rende particolarmente agevole l'incremento della diversità vegetale, mentre l'attrattiva delle strutture fiorali comporta di fatto un automatico arricchimento della biodiversità, almeno di quella rappresentata dagli insetti pronubi.

Le aree con piante spontanee funzionano anche come "aree rifugio" per specie utili, così come già dimostrato per la componente entomologica degli agroecosistemi (Maini, 1995; Celli *et al.*, 1996); l'impiego di tali piante può consentire, altresì, il recupero di aree incolte o di difficile gestione, migliorandone la fruibilità da parte dei cittadini. L'arricchimento della biocenosi ad opera delle specie di insetti richiamate dai *wildflowers* può, infine, essere sfruttato a scopi didattici (Figura 2.60), coinvolgendo le scuole, ed educativi in generale verso i fruitori del verde, al fine di illustrare loro il ruolo esercitato nell'ecosistema urbano dalle diverse entità tassonomiche presenti (Benvenuti *et al.*, 2007).



Figura 2.60 - La natura in città rappresenta uno stimolo educativo per giovani e adulti, qui in un giardino scolastico (Foto Bretzel).

L'utilizzazione di specie autoctone, dopo la valutazione delle loro potenzialità ornamentali e la verifica del loro adattamento alle condizioni climatiche dell'areale di origine, può rappresentare una moderna e funzionale chiave di lettura e creare nuove opportunità per le sistemazioni a verde in ambito urbano.

La valorizzazione di specie autoctone può garantire un'importante azione di conservazione (Burgio e Maini, 2007) e tutela dei vari paesaggi rurali; la possibilità di utilizzare tali specie anche all'interno di aree marginali e/o urbane può contribuire, inoltre, a far ridurre i costi di gestione e manutenzione, grazie alla spiccata adattabilità di queste specie alle condizioni climatico-ambientali del Mediterraneo.

In Italia, negli ultimi anni, è cresciuto l'interesse per la flora erbacea spontanea utilizzata come ornamentale, anche per la possibilità di risparmio dei costi di manutenzione; anche la sperimentazione in materia ha iniziato a dare un sostegno adeguato alla messa in atto delle tecniche colturali (Bretzel e Romano, 2013).

Le specie adatte per creare i prati fioriti devono essere contrassegnate da particolari tratti funzionali (Tabella 2.3).

Tabella 2.3 - Caratteri funzionali delle specie definite wildflowers

Forma biologica	Terofite, emicriptofite, geofite
Habitus di crescita	Forme a rosetta, assurgente, ramificato
Ciclo biologico	Annuale, biennale, perenne
Origine	Autoctona e alloctona (solo in determinati ambienti), in ogni caso non invasiva
Habitat	Ambienti erbosi, asciutti, semi-aridi, disturbati, incolti
Posizione nella catena alimentare	Base alimentare insetti impollinatori e uccelli granivori
Tratti funzionali	Ciclo fotosintetico C3 o C4, leguminose, <i>forbs</i> ¹
CRS Strategy²	Specie tolleranti lo stress e il disturbo
Morfologia	Tratti vessillari, altezza tra 10 e 100 cm
Modalità di impollinazione	Entomofila
Epoca di fioritura	Non è considerata la fioritura della singola specie quanto quella della fitocenosi, più ampia possibile
Germinazione	Prive di fenomeni intensi di dormienza, che in ogni caso viene interrotta da agenti naturali alla semina
Esigenze nutrizionali	Specie non nitrofile e in genere a basse esigenze nutritive
Fitosociologia	<i>Festuco-Brometalia</i> ; sub classe <i>Stellarienea medie</i> ; alleanze: <i>Arrhenatherion</i> e <i>Brachypodio-Centaureion nemoralis</i> ; <i>Thero-Brachypodietea</i>
Habitat	Praterie mesofile magre a bassa altitudine; Formazioni erbose secche semi naturali (annue)

¹ Con il termine *forb* ci si riferisce a una pianta erbacea non graminoidale (es. carici e giunchi ecc.).

² Il riferimento è alla teoria formulata da Grime (2006), detta anche *CSR triangle theory*; secondo questa teoria in un contesto di competizione biologica le piante si organizzano secondo tre strategie: *competition* (competizione), *stress tolerance* (tolleranza allo stress) e *ruderality* o *disturb tolerance* (specie ruderale o in grado di tollerare il disturbo). In particolare, le specie utilizzate come *wildflowers* si inseriscono fra le specie in grado di tollerare condizioni di stress o di disturbo.

Diversi comuni in Italia, Milano, Firenze e Torino, particolarmente attenti alle novità in materia di verde urbano, hanno realizzato delle aiuole a prato fiorito di grande effetto e successo, coniato il termine “metodi sostitutivi alle fioriture convenzionali” per definire i prati fioriti (Figura 2.61).

Anche nella realizzazione di tetti verdi di tipo estensivo si possono impiegare specie spontanee, capaci di tollerare condizioni di stress e disturbo, al fine di creare nuovi habitat per fauna e flora, su spazi spesso non utilizzati (Catalano *et al.*, 2016); il substrato utilizzato rappresenta spesso la chiave di volta per riuscire a insediare stabilmente le piante e creare fitocenosi ricche (Vannucchi *et al.*, 2017).

I temi cruciali su cui si sono concentrati gli studi per la naturalizzazione dei prati fioriti riguardano: la determinazione della densità ottimale di semina (Burton *et al.*, 2006), la stagione più adatta alla semina e il tipo di suolo (Hitchmough *et al.*, 2004; Dunnet e Hitchmough, 2008), la gestione e la riduzione di infestanti e graminacee (Hitchmough *et al.*, 2005; Hitchmough *et al.*, 2008) e l’attrattività per entomofauna (Pywell *et al.*, 2004) e antropofauna (Norton *et al.* 2019; Mody *et al.*, 2020).

Un altro tema molto interessante riguarda la possibilità di ridurre gli interventi di taglio per aumentare la biodiversità vegetale; i prati urbani, infatti, sono spesso ricchi di specie spontanee entomogame, che potrebbero fiorire, riducendo gli interventi di sfalcio e in tal modo arricchirebbero l’habitat (Sehr *et al.*, 2020). Anche i prati di graminacee possono essere diversificati, sfruttando la complementarità fenologica, con specie che si sviluppano e fioriscono in periodi in cui la graminacea è rallentata nel suo sviluppo (Figura 2.62) (Bretzel *et al.*, 2020).

L’interesse per i prati fioriti comprende un aspetto importante legato a ciò che queste piante rappresentano nella cultura locale dal punto di vista etnobotanico, essendo spesso utilizzate nella medicina tradizionale e nell’alimentazione ed



Figura 2.61 - Milano: nel modernissimo quartiere del bosco verticale è stato realizzato un prato fiorito di molti ettari (Foto Bretzel).



Figura 2.62 - Prove di arricchimento di prati di graminacee macroterme con bulbose e specie di fioritura primaverile (Foto Bretzel).

essendo legate a tradizioni e credenze popolari. Questi rimandi culturali favoriscono l'adozione del prato fiorito come strumento di formazione scolastica (Bretzel *et al.*, 2020); la presenza di tale impianto nel giardino della scuola, diventa un "laboratorio all'aria aperta", dove gli alunni possono partecipare a tutte le fasi dell'impianto, dalla preparazione del terreno alla semina; seguire le diverse fasi fenologiche dall'emergenza delle plantule alla fioritura; osservare apoidei e farfalle attratti dai fiori e studiare le dinamiche ecologiche e la rete trofica.

2.7 Produzione di seme di specie erbacee spontanee autoctone

La produzione di seme si riferisce sia a numerose specie entomogame sia a graminacee.

2.7.1 Raccolta del seme in ambienti naturali

Il primo passo è quello di procurarsi del seme da ambienti naturali, magari protetti, sempre nel rispetto delle leggi sulla protezione della flora e con metodiche non impattanti. È importante ricordare che il seme prodotto dalla vegetazione naturale serve a formare e mantenere la *seedbank* (ormai si usa il termine inglese per indicare la banca di semi del suolo), quindi un eccessivo e continuo prelievo di seme da una determinata area può impoverire la *seedbank*, mettendo a rischio la sopravvivenza della vegetazione naturale nel tempo.

2.7.2 Individuazione delle aree di raccolta

Le aree di raccolta possono essere le più varie; questo dipende dalla specie che si vuole raccogliere, da quanto questa è diffusa sul territorio e in quali ambienti si trova.

È importante anche considerare che alcune specie selvatiche sono già utilizzate dall'uomo sotto forma di varietà, ad esempio il *Leucanthemum vulgare* (Vaill.) Lam. è impiegata come fiore da giardino. In questi casi bisogna essere particolarmente attenti e accertarsi che nell'area di raccolta vi sia effettivamente presente vegetazione spontanea, onde evitare di raccogliere varietà commerciali che possono essere presenti perché seminate nell'area o in zone limitrofe anche diversi anni prima.

2.7.3 Riconoscimento del momento della maturazione

Per raccogliere il seme si deve sapere in quale periodo avviene la maturazione, come si presenta la specie al momento della maturazione e quali sono le caratteristiche per capire se il seme è maturo. Questi tratti esteriori variano da specie a specie.

Conoscere queste caratteristiche è spesso frutto dell'esperienza. Poiché il criterio principale per riconoscere le piante sono i fiori e la gran parte delle descrizioni è incentrata su questa parte del vegetale, ne consegue una minor informazione riguardo ai frutti, alle infruttescenze e al seme.

Un criterio semplice per capire se è il momento giusto per raccogliere il seme, regola che vale per la maggior parte delle specie, è quello di verificare se è iniziata la disseminazione naturale. Il colore del seme, invece, può ingannare perché ci sono semi che restano verdi fino alla dispersione.

2.7.4 Riconoscimento del seme

Dobbiamo considerare che in un medesimo ambiente possono vegetare assieme specie simili che possono anche avere semi con aspetto simile, quindi c'è sempre il rischio di raccogliere un insieme di più specie. Si consideri inoltre che al momento della maturazione del seme di numerose specie molti caratteri distintivi non sono più riconoscibili. In caso di dubbio si può verificare l'uniformità dei semi raccolti osservandoli attentamente con l'aiuto di un microscopio, vista anche la loro dimensione generalmente medio-piccola. Un metodo utile è confrontare il seme raccolto con seme di cui la specie sia certa ma non sempre si dispone di materiale di paragone. Per ovviare a questo si segnala il sito *Digital Seed Atlas of the Netherlands* (<http://www.plantatlas.eu>) dove è possibile trovare immagini di semi di specie della flora selvatica. Questa fonte può aiutare quando è necessaria una risposta immediata, ma dato che esistono semi di specie diverse molto simili tra loro il metodo più certo è quello di seminare e poi fare il riconoscimento sulla pianta. Quindi ogni volta che si utilizza del seme raccolto da ambienti naturali bisogna controllare che le piante nate da questo seme siano effettivamente della specie che si voleva cogliere.

2.7.5 Metodi di raccolta

Se si vuole raccogliere dal naturale una singola specie l'unico modo è farlo a mano, altri metodi di raccolta più meccanizzati come lo sfalcio, la trebbiatura dei prati o la raccolta con spazzole prelevano dai prati un miscuglio di semi, di norma definito "fiorume", che poi verrà utilizzato tal quale come miscuglio dato che non è poi possibile separare i semi delle singole specie dall'insieme (se non a mano, uno per uno).

La raccolta manuale di seme di specie singole presenti in ambienti naturali, nella maggior parte dei casi, permette di raccogliere quantità medio piccole. Questo avviene perché dovendo cercare la specie all'interno di un prato in cui sono presenti molte altre specie e considerando che, in generale, a

maturazione la specie è molto meno evidente che durante la fioritura, la raccolta dal naturale richiede molto tempo. Ricordiamoci anche che la disseminazione nelle specie selvatiche avviene appena il seme è maturo per cui il tempo a disposizione per raccogliarlo è limitato. Un'eccezione è rappresentata da specie con maturazione molto scalare, come ad es. *Hypochaeris radicata* L., che fiorisce e produce semi da maggio a settembre.

La descrizione di questi aspetti della raccolta indicano che non ogni anno è possibile cogliere il seme di una determinata specie. Una fase piovosa prolungata durante il periodo di maturazione del seme, evento non infrequente, può vanificare la raccolta.



Figura 2.63 - Germinazione in contenitori di semi di *Daucus carota* L. (Foto SemeNostrum).

raccolta e quindi l'operatore tenderà a notare le aree con maggiore concentrazione tralasciando gli individui più isolati. Può accadere che all'interno dell'area di raccolta ci siano pochi individui della specie ricercata, che l'area di raccolta sia di piccole dimensioni, oppure che avvenga lo sfalcio del prato durante il periodo di maturazione del seme. Per affrontare queste problematiche una soluzione è quella di campionare una determinata area di interesse per più anni consecutivi. Nel caso di aree piccole o quando comunque è ridotta la presenza di individui è necessario cercare altre aree di raccolta, anche per compensare eventuali problemi genetici dovuti all'esiguità della popolazione oggetto del campionamento.

2.7.7 Pulizia del seme raccolto a mano

Nella raccolta a mano più che seme spesso raccogliamo frutti, infruttescenze o tutto l'asse florale, quindi il materiale raccolto deve essere pulito per facilitare le operazioni successive.

Il primo passo è quello di mettere a seccare il materiale raccolto al fine di massimizzare il rilascio del seme. A questo punto si possono eliminare frutti e infruttescenze e separare il seme da eventuali impurità. Inoltre, c'è la possibilità di raccogliere accidentalmente seme che non è della specie *target* e quindi in fase di pulizia si controlla la presenza di semi non desiderati.

2.7.8 Semina di seme raccolto a mano in ambienti naturali

Considerate le difficoltà poste dalla raccolta del seme, compresi i quantitativi di norma limitati, la semina non viene fatta direttamente in pieno campo ma in contenitori al fine di massimizzare la resa in piantine ottenute. Inoltre, per specie che il vivaista non conosce ancora in profondità, questa procedura permette di seguire in dettaglio tutte le fasi di sviluppo della pianta e quindi imparare a riconoscere anche la plantula. Si consideri che la pianta senza fiore può differire anche notevolmente dalla pianta fiorita.

Quali sono le condizioni per massimizzare la germinazione? Ogni specie è a sé, con specifici comportamenti ed esigenze, per alcune specie esistono molti studi per altre si trovano solo poche informazioni. Un riferimento importante è sicuramente il *Seed Information Database di Kew Gardens* (<http://data.kew.org/sid/sidsearch.html>) oppure il Manuale ISPRA Specie erbacee spontanee mediterranee per la riqualificazione di ambienti antropici (www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/manuali-e-linee-guida/specie-erbacee-spontanee-mediterranee-per-la-riqualificazione-di-ambienti-antropici.-stato-dell2019arte-criticita-e-possibilita-di-impiego).

Nella pratica di SemeNostrum, soprattutto se non si hanno indicazioni specifiche, è bene iniziare con il metodo più semplice ovvero effettuare una normale semina in contenitori su torba in tunnel aperto senza controllo delle temperature in quanto le specie selvatiche sono abituate agli sbalzi termici. Se il seme non germina si cerca di capire se ha necessità di modifiche nelle condizioni di semina oppure se richiede trattamenti atti a rompere la dormienza (scarificazione, vernalizzazione ecc.). Spesso è solo questione di pazienza: ci sono specie che sono lente a germinare (diverse specie del genere *Allium* non nascono prima di un mese), mentre ci sono specie in cui il seme può germinare anche dopo più di un anno dalla semina.

2.7.9 Gestire la coltivazione delle piante in purezza

Ottenute le plantule allevate in contenitori, la fase successiva è di trapiantarle in pieno campo per farle sviluppare.

Si può applicare un approccio puramente agronomico che prevede di intervenire con irrigazioni, concimazioni, trattamenti fitosanitari ecc. o, al suo opposto, usare un metodo ecologico senza interventi considerando che le specie selvatiche sono in grado di svilupparsi senza l'aiuto dell'uomo. Entrambi i modi sono sbagliati, perché non tengono in considerazione la situazione particolare che si viene a creare quando si coltiva una specie selvatica.

Se da un lato le specie selvatiche sono in grado di sopravvivere da sole è anche vero che in coltivazione non si hanno esattamente le condizioni ambientali presenti in Natura e quindi si possono creare delle criticità sulle quali bisogna intervenire.

La prima criticità è sicuramente il contenimento delle infestanti, che non solo possono ridurre o impedire lo sviluppo delle specie selvatiche coltivate, ma possono, all'atto della raccolta del seme, inquinare il seme target aggiungendo i loro semi a quanto ottenuto. L'utilizzo di telo pacciamante è un buon modo per contenere le infestazioni senza dover ricorrere a trattamenti chimici. Ci possono essere anche problemi fitosanitari per alcune specie, una delle cose più dannose e più difficili da trattare è il caso di larve di insetti che si nutrono del seme in fase di formazione e che possono azzerare la produzione. In questo caso è necessario trovare, dopo le opportune prove, il trattamento adatto.

Non dobbiamo neanche dimenticare che il motivo per cui alleviamo le specie selvatiche è quello di poterle riprodurre ma, contemporaneamente, di mantenerne inalterate le loro caratteristiche naturali. Quindi nella coltivazione si deve cercare di mantenere una situazione quanto più simile a quella naturale. L'approccio migliore è quello di rispettare il naturale sviluppo di queste piante e la loro produttività e di intervenire solo quando necessario. Per fare un esempio è bene irrigare solo in caso di forte siccità con irrigazione di soccorso; se si eccede si possono ottenere delle piante più grandi, e questo potrebbe sembrare un risultato positivo, così facendo spesso si mette ancora più in crisi la pianta perché è indotta a sviluppare troppo la parte vegetativa mentre perde in parte le proprie strategie per resistere alle difficoltà ambientali.

Con le pratiche agronomiche possiamo compensare alcuni fattori ambientali ma non tutti, la specie però risponde all'insieme delle condizioni ambientali e non al singolo fattore. Esempio: se in una calda estate si irriga abbondantemente per compensare la siccità la pianta potrebbe essere comunque soggetta a stress a causa della temperatura e quindi rallenterà o bloccherà la crescita. Risultato di tutto ciò è lo spreco di acqua ottenuto senza alcun miglioramento della produzione.

2.7.10 Concimazioni

La concimazione è la prima tecnica agronomica che ci viene in mente per migliorare lo sviluppo di una pianta ma è la prima cosa che non va fatta. Di norma risulta eccessiva per le specie selvatiche che spesso rispondono molto negativamente a questo apporto di nutrienti, con perdite spesso totali sia della produzione del seme sia delle piante stesse. NON CONCIMARE è una regola generale fondamentale molto più importante di quanto si creda perché di solito il terreno ha già le quantità sufficienti di nutrienti per lo sviluppo delle specie selvatiche.



Figura 2.64 - Coltivazione su telo pacciamante di *Dianthus barbatus* L. (Foto SemeNostrum).

Un caso particolare sono le specie annuali, quali ad esempio papavero e fiordaliso, che per loro natura mostrano di avere necessità di concimazione, altrimenti il loro sviluppo si riduce in modo evidente nel tempo. Anche se in questo caso vi è necessità di concimare, vanno utilizzate dosi ridotte: la metà o meno rispetto a quelle normalmente utilizzate in agricoltura o nel giardinaggio.

2.7.11 Raccolta del seme da apposite coltivazioni di specie

Il metodo più efficace per raccogliere deve essere valutato specie per specie in rapporto a fattori come la forma e dimensioni della pianta, la scalarità di maturazione del seme (sia tra individui, sia nel singolo individuo), la dimensione e la forma del seme. In generale la raccolta di seme di specie selvatiche non si adatta molto bene alla raccolta meccanizzata. Il principale motivo è che tendenzialmente le specie selvatiche mostrano sempre un certo grado di difformità tra individui e di scalarità di maturazione del seme. Inoltre, la scalarità della maturazione può variare molto di anno in anno in rapporto all'andamento stagionale, non è quindi una caratteristica costante. Forme di meccanizzazione come lo sfalcio o l'uso di trebbie applicate a una coltivazione non completamente matura possono comportare perdite di produttività che vanno dal 50% al 90%. Dall'altro lato, se si aspetta che tutte le piante siano secche, le perdite possono essere ancora più consistenti in ragione dell'avvenuta disseminazione naturale. Lavorare su piante non completamente secche pone difficoltà, soprattutto per la trebbia, che non opera bene in presenza di materiale verde e che nei casi peggiori porta all'arresto della trebbia stessa perché il materiale verde, troppo ricco di acqua, inceppa il sistema. La raccolta meccanizzata in generale è anche meno efficiente di quella manuale in termini di quantità di seme raccolto per unità di superficie. Come regola generale ad una facile coltivazione di una specie selvatica corrisponde una buona resa generale, anche quando la raccolta meccanizzata comporta perdite, perché queste si possono compensare aumentando la superficie di coltivazione. Se al contrario la coltivazione di una specie selvatica richiede molto impegno, che è spesso la situazione più frequente per questo gruppo di piante, la raccolta manuale può dare migliori risultati.

Ci sono poi casi in cui è inevitabile dover raccogliere manualmente a causa delle caratteristiche della specie in questione, prime fra tutte la forte scalarità di produzione del seme. Un altro esempio è quello di specie di piccole dimensioni che non si riescono a raccogliere meccanicamente perché sono troppo basse affinché le barre falcianti riescano a tagliarle efficacemente. Il taglio meccanizzato, inoltre, in molte specie trasferisce alla pianta la vibrazione delle lame che provoca la dispersione del seme portando a grosse perdite. Tale situazione si verifica soprattutto nel caso di specie con semi piccoli.

La raccolta manuale rispetto a quella meccanizzata ha il vantaggio che può essere scaglionata in rapporto alla scalarità di maturazione della pianta, e questo permette di raccogliere il seme sempre maturo, non si rischia cioè di avere all'interno del lotto di seme raccolto una parte più o meno importante di seme immaturo, che può avere minore germinabilità o non essere in grado di germinare. La raccolta manuale consente una maggiore qualità del seme ma nei casi di maggiore scalarità implica la necessità di una raccolta quotidiana.

La raccolta manuale può avvenire con metodi diversi: dalla raccolta direttamente a mano del seme, frutto per frutto, tramite il taglio del frutto o dell'infruttescenza, o anche per scuotimento della pianta per far cadere il seme in un apposito contenitore posto alla base della pianta.

2.7.12 Essicazione

Il seme o le infruttescenze raccolte, necessitano di essicazione al fine di evitare fermentazioni e muffe. L'essicazione di base avviene ponendo il materiale raccolto in un ambiente coperto ma ben ventilato. Per facilitare e velocizzare il processo di essicazione si sparge il materiale, in modo da non creare strati troppo spessi e compatti dove l'aria non riesce a circolare. È importante mescolare il materiale soprattutto durante i primi giorni, questo permette di evitare che si formino zone umide. La frequenza del rimescolamento dipende da come si presenta il materiale raccolto. Se la raccolta è costituita dagli assi fiorali interi, si ha un materiale in cui passa facilmente aria per la presenza dei gambi della pianta.



Figura 2.65 - La dimensione ed il peso dei semi può variare molto: a sinistra semi di *Centaurium erythraea*, a destra di *Lathyrus latifolius* (Foto SemeNostrum).

Al contrario, se il materiale è solo seme e paglie, questo facilmente si compatta e quindi va rimescolato almeno una volta al giorno. La situazione ideale per l'essiccazione è quella di porre il materiale all'ombra, per evitare di sottoporlo a temperature elevate, ma nel caso di materiale fine, che tende a compattarsi, si rischia che si formino muffe e fermentazioni prima che il materiale riesca ad asciugarsi; in questi casi anche l'essiccazione al sole può essere utile.



Figura 2.66 - Miscuglio di semi di specie perenni e annuali pronto ad essere impiegato (Foto SemeNostrum).

Nel caso non sia possibile allargare adeguatamente il materiale, si può forzare il passaggio dell'aria attraverso la massa da essiccare con dei ventilatori. Si sconsiglia

l'utilizzo di aria calda, perché il calore dell'aria e l'umidità presente nel materiale potrebbero generare un effetto di "cottura al vapore".

Una volta che il materiale si è essiccato, ci può essere la necessità di immagazzinarlo per poi pulirlo in un secondo momento. In questa fase è bene monitorare il materiale al fine di verificare che non ci sia ancora umidità residua nel qual caso bisogna immediatamente rimettere ad essiccare il materiale.

2.7.13 Pulizia

La pulizia del seme si può separare in due fasi principali. La prima fase è quella di una pulizia grossolana finalizzata ad ottenere la riduzione del volume (attraverso l'eliminazione di gambi, infruttescenze, foglie, paglie di grosse dimensioni) e la diminuzione della presenza di polveri che possono rendere l'ambiente di lavoro meno salubre.

La seconda fase affronta la vera e propria pulizia del seme che punta ad eliminare tutte le paglie ed eventuali semi contaminanti. Si procede generalmente con la setacciatura e l'utilizzo di una corrente d'aria che separa gli oggetti più leggeri, di solito paglie, dagli oggetti più pesanti, di solito semi. Con questa operazione si ottiene, inoltre, l'eliminazione delle polveri.

Queste azioni si svolgono manualmente quando il campione è piccolo e la pulizia manuale aumenta quindi la resa oppure quando si studiano le caratteristiche di un determinato seme e si deve individuare il tipo di setaccio che funziona meglio.

Nel campo di produzione del seme di specie selvatiche le macchine in commercio per la pulizia dei semi hanno di norma alcuni problemi per cui spesso le aziende devono "autocostruirsi" le macchine adatte o modificare quando possibile quelle esistenti in commercio. Di solito in commercio si trovano macchine agricole costruite per operare con semi in media molto più grandi di quelli delle specie selvatiche, sono macchine inoltre che raccolgono quantitativi molto più grandi e che quindi tendono ad essere sovradimensionate per operare con le specie selvatiche. Le attrezzature da laboratorio, che in generale sono più adatte alla dimensione del seme di specie selvatiche, sono invece sottodimensionate rispetto ai volumi che deve processare una ditta sementiera. Un'altra cosa importante da valutare in una macchina è la possibilità e la facilità di pulirla in ogni sua parte. I semi delle specie selvatiche si incastrano e si infilano nelle più piccole fessure per cui, se non è possibile pulire completamente la macchina, si rischia di inquinare il seme che si sta pulendo con quello del campione precedente.

Tra le difficoltà che si incontrano nella pulizia del seme c'è il fatto che spesso non vi è uniformità nella forma e dimensione nell'ambito di una singola specie. Ad esempio, in *Buphtalmum salicifolium* L., il cui fiore è una margherita, i semi prodotti dai fiori periferici (dai cosiddetti "petali della margherita") hanno forma e dimensione diversa da quelli prodotti dalla parte centrale dell'infiorescenza. In realtà non ci sono solo due forme ma un gradiente di forme. Ne deriva che è come pulire una ventina di tipi diversi di semi contemporaneamente.

Un altro importante problema è quello che riguarda i semi muniti di reste, pappi, uncini, peli, che hanno la tendenza ad attaccarsi a qualunque cosa rendendo difficile separare il seme da tutto il resto. Nei casi peggiori come ad esempio in *Chrysopogon gryllus* (L.) Trin., una graminacea dotata di una resta ginocchiata, i semi si incastrano tra loro formando delle masse compatte che impediscono l'utilizzo dei normali metodi di pulizia. In questi casi si potrebbe pensare che eliminare dal seme queste strutture potrebbe risolvere il problema. In realtà non lo è, sia perché tali strutture possono essere intimamente unite al seme e la loro rimozione potrebbe comportare danni, sia perché queste appendici possono essere coinvolte nella germinazione attraverso movimenti igroscopici, proprio come il caso delle reste in alcune graminacee che usano interrare il seme in questo modo.

2.7.14 Conservazione

Nel caso della produzione di seme per la vendita, non si applicano di norma metodiche come la conservazione a basse temperature, semplicemente perché è sufficiente una conservazione sul breve o medio periodo (3-5 anni). Quindi è possibile conservare il seme anche a temperatura ambiente, in un locale fresco, asciutto e schermato dalla luce diretta del sole, in modo che i campioni di seme non vengano scaldati, rilasciando così ancora acqua e generando umidità che creerebbe muffe e marciumi. Per maggiore sicurezza si può anche utilizzare un deumidificatore in modo da mantenere il tasso di umidità costante. Durante la conservazione è bene controllare anche lo sviluppo di insetti; tipico è il problema che possono creare le tarme alimentari, le cui uova sono in grado di restare all'interno del seme pulito e quindi generare delle infestazioni che si possono manifestare anche diversi mesi dopo che il seme è stato immagazzinato. Per monitorare questo fenomeno si sistemano nell'ambiente adibito a stoccaggio trappole che si trovano in commercio. Se c'è presenza di questi insetti, bisogna cercare immediatamente il campione infestato, allontanarlo dal magazzino, verificare il grado di infestazione del campione e, in rapporto a questo, ripulirlo, per eliminare i semi danneggiati e gli insetti o nei casi peggiori eliminarlo.

2.7.15 Il materiale di propagazione: differenze tra specie selvatiche e varietà selezionate

La maggior parte delle sementi attualmente in commercio appartiene a varietà selezionate ovvero sottoposte ad un miglioramento che sfrutta la variabilità genetica presente in natura all'interno di ogni specie per orientare le caratteristiche delle piante nella direzione gradita dall'uomo. L'uomo, per ottenere piante produttive o fiori evidenti partendo dalle specie selvatiche, ha selezionato gli individui che avevano le caratteristiche volute. Una volta individuati questi caratteri, il miglioramento cerca di generare una discendenza stabile con individui uniformi. Descritta in modo semplice questa è una varietà selezionata.

Un aspetto da considerare è che le caratteristiche selezionate dall'uomo, servono all'uomo ma non sempre alla Natura. Quando selezioniamo un carattere genetico, quindi, possiamo modificare la funzionalità che questo ha sia per la specie sia a livello ecologico.

La varietà selezionata ha inevitabilmente una variabilità genetica minore rispetto alla specie selvatica non sottoposta ad alcuna selezione da parte dell'uomo. Non va però dimenticato che la variabilità genetica di una popolazione è quella che garantisce alla specie la capacità di adattarsi all'ambiente e ai continui cambiamenti che in esso avvengono, compresa la comparsa di malattie. Produttività e adattabilità sono caratteri spesso contrapposti: l'uomo seleziona le piante perché producano di più, crescano più velocemente, siano rifiorenti, e cioè per una serie di attitudini che comportano un maggiore consumo di risorse, fatto che in coltivazione viene compensato da cure colturali come irrigazioni e concimazioni. Piante con un tale corredo genetico sono generalmente incapaci di sopravvivere senza l'intervento dell'uomo.

Un altro esempio di impatto negativo del miglioramento nei confronti dell'ambiente è il "fiore doppio". Stami e carpelli si possono trasformare in petali generando fiori parzialmente o totalmente sterili. È evidente che se una pianta non è in grado di riprodursi non potrà perdurare nel tempo senza l'intervento dell'uomo. Dal punto di vista ecologico molte caratteristiche delle piante sono importanti per gli animali, in particolare per gli insetti. La forma e il colore del fiore sono il risultato di una coevoluzione tra piante e insetti impollinatori, e sono finalizzati ad attirare l'insetto perché possa operare l'impollinazione e quindi la fecondazione. Questo complesso meccanismo, che nel suo massimo grado di specializzazione può essere specie-specifico tra insetto e pianta, può venire più o meno gravemente danneggiato dalle modifiche apportate dall'uomo. Inoltre, gli insetti impollinatori si nutrono sia di nettare che di polline, per cui un "fiore doppio" senza polline non ha la stessa capacità di nutrire gli insetti rispetto a un fiore normale.

Per tutti questi motivi c'è quindi una enorme differenza tra specie selvatica e varietà selezionata. Solo le specie selvatiche hanno tutte le caratteristiche necessarie a garantire che la vegetazione che si intende costituire possa perdurare nel tempo autonomamente ed abbia il massimo impatto positivo sulla biodiversità animale.

2.7.15.1 Provenienza della semente

In natura le caratteristiche delle piante si evolvono per adattarsi alle condizioni ambientali in cui vivono. Un criterio di scelta sensato circa la provenienza del seme è quello di scegliere seme di piante che vivono in condizioni ambientali quanto più simili a quelle in cui si vuole intervenire. Oltre a ciò, è bene rispettare la naturale distribuzione delle specie sul territorio e la fascia altitudinale in cui la pianta di norma si ritrova in Natura, perché questi due aspetti sono di solito correlati al *range* climatico all'interno del quale la specie in questione è in grado di vivere. Accanto a questi criteri spesso vengono indicati altri, in particolare la distanza geografica, al punto che si arriva a chiedere materiale autoctono di una specifica regione italiana. All'apparenza sembra



Figura 2.67 - Fioritura di specie annuali (*Anthemis arvensis* L., *Centaurea cyanus* L., *Papaver rhoeas* L.) (Foto *SemeNostrum*).

corretto, ma nella realtà i confini amministrativi non hanno alcun effetto sull'ecologia di una specie. Inoltre è importante considerare anche la situazione in cui ci si trova ad agire. Se si è all'interno di un parco naturale e si deve ripristinare un'area è più che sensato raccogliere il seme dalle aree limitrofe, soprattutto se è presente il tipo di vegetazione che si vuole ricreare. Se ad esempio l'area in cui si deve operare è in mezzo alla Pianura Padana, dove la vegetazione naturale di riferimento è scomparsa da tempo e con essa anche la popolazione locale, è inevitabile dover ricorrere a popolazioni di altre aree, anche lontane.

Altra cosa che spesso si dimentica è che in natura le cose sono molto meno immobili di quanto siamo portati a pensare. I semi per le piante sono anche un mezzo di dispersione, tanto che questi organi utilizzano vari metodi per raggiungere questo obiettivo. Alcuni semi sono leggeri e con forme adatte ad essere trasportate dal vento, altri sono ricoperti di uncini atti ad attaccarsi al pelo e alle piume degli animali, altri ancora sono contenuti in succosi frutti per farsi mangiare, alcuni semi galleggiano per cui possono essere trasportati dall'acqua, quindi nulla vieta che il seme possa allontanarsi dalla pianta madre anche di molto. Questo ci fa capire come la situazione sia complessa e variegata e non esita una risposta semplice e di ampia validità per affrontare il problema.

2.7.15.2 Utilizzo del seme

La maggior parte dei miscugli per costituire un "prato fiorito" che troviamo in commercio spesso differenziano i miscugli in base a criteri quali l'altezza delle piante per cui abbiamo i miscugli per prati fioriti bassi o alti. Ci sono miscugli che privilegiano le colorazioni dei fiori, quindi miscugli colorati, oppure monocromatici. Ultimamente sono molto di moda i miscugli pensati per gli animali: oltre a quelli più frequenti destinati alle api, alle farfalle ed alle coccinelle, ci sono quelli per le tartarughe, per gli uccelli o per le lumache.

Questo modo di approcciarsi al miscuglio denota un errore di fondo molto grave, ci preoccupiamo solo della finalità del miscuglio, che diventa anche l'unico criterio di scelta delle specie, dimenticando completamente l'aspetto botanico. In questo modo non è infrequente trovare miscugli nella cui composizione ci sono errori evidenti: si mescolano specie alpine con specie di zone umide o con specie di prati aridi, specie da ombra con specie da pieno sole, che non potranno mai convivere in armonia. Se ciò non bastasse si fanno miscugli di soli fiori senza le graminacee, una famiglia senza la quale non è possibile creare un prato.



Figura 2.68 - Prato costituito con sementi di specie spontanee prodotte da SemeNostrum, si possono vedere le fioriture di *Dianthus sanguineus* Vis., *Galium verum* L., *Scabiosa triandra* L. (Foto SemeNostrum).

Ancor peggiore in termini ecologici è il ragionamento da cui nascono i miscugli per le api piuttosto che per le farfalle, perché quello che ne deriva è che, ad esempio, l'apicoltore desidererà un miscuglio per prato fatto di sole specie utilizzate dalle api, quindi ovviamente senza graminacee, visto che sono ad impollinazione anemofila e non frequentate da questi insetti.

L'uomo crede che basti seminare una specie, bagnarla e concimarla a dovere perché questa si sviluppi. In coltivazione la cosa anche funziona, ma quando si fa un miscuglio con diverse specie entrano in gioco molto di più gli aspetti ecologici. La composizione in specie di un qualunque tipo di vegetazione in natura non è casuale, ma è la risultante di aspetti ecologici come l'adattamento alle condizioni ambientali, i rapporti di competizione, mutualismo, simbiosi tra le specie, e non solo tra piante, ma anche tra piante e batteri, funghi del terreno, insetti ecc. Dimentichiamo che quando seminiamo un prato, non mettiamo lì una serie di specie a nostra scelta e questo è sufficiente a far funzionare l'insieme; seminare un prato significa ricostruire un ecosistema e questo può avvenire soltanto se la scelta delle specie del nostro miscuglio tiene in considerazione gli aspetti ecologici. Dimentichiamo anche che la biodiversità vegetale è alla base della biodiversità animale, che i prati sono gli ambienti che stanno più scomparendo e che sono importanti per gli insetti, in particolare gli impollinatori, per cui insieme ai prati spariscono anche loro. Oltre a difendere i prati naturali, dovremmo aumentare la biodiversità dei prati che seminiamo, perché attualmente la situazione da questo punto di vista non è delle migliori. La maggior parte dei miscugli in commercio utilizzati in agricoltura è di norma formata da 2 famiglie vegetali, graminacee e leguminose, e di norma restano entro la decina di specie mentre un prato naturale può arrivare ad avere 30 famiglie vegetali e 100 specie. In termini di biodiversità c'è un



Figura 2.69 – Podaliri, bombi e sirfidi sono attratti dai fiori di *Centaurea scabiosa* L. in coltivazione su telo pacciamante (Foto SemeNostrum).

abisso tra i prati naturali e molti prati costituiti. Se guardiamo ai miscugli ornamentali troviamo una maggiore “biodiversità” ma purtroppo spesso si fa ricorso a specie alloctone, che sono un pericolo potenziale ampiamente sottovalutato. Quando una specie di un altro continente viene portata qui dal punto di vista ecologico si crea una situazione anomala, qui quella specie non ha malattie, parassiti, non ci sono animali che se ne nutrono, cioè può ritrovarsi senza tutti quei limiti al suo sviluppo che normalmente in Natura sono presenti per qualunque essere vivente. Questo comporta che la specie alloctona abbia un grande ed innaturale vantaggio competitivo rispetto a tutte le specie della flora locale. Nei casi peggiori queste specie iniziano a diffondersi nell’ambiente, a sostituirsi a quelle della flora locale, degradando così gli ambienti naturali e condizionando in questo modo la nostra biodiversità. L’uomo già in tempi antichi ha spostato specie vegetali da un territorio ad un altro, basti pensare alle specie coltivate per la produzione di alimenti; ciò che, però, è preoccupante è che oggi la continua introduzione di nuove specie sta avvenendo a ritmi e livelli molto più elevati che in passato. Il risultato di tutto questo è che interventi con miscugli non corretti dal punto di vista ecologico potrebbero addirittura peggiorare la situazione. Il vero danno, più difficile da percepire, è la riduzione della biodiversità generale di un’area che l’uso delle specie alloctone può comportare e che inevitabilmente andrà ad impattare negativamente sulle api o sugli insetti che si intendeva aiutare seminando specie mellifere non autoctone.

2.8 Salvaguardia e diffusione di specie spontanee, conservazione del loro germoplasma

2.8.1 Conservare il germoplasma *in situ* ed *ex situ*

Germoplasma è qualsiasi materiale in grado di trasmettere i caratteri ereditari. In termini tecnici il germoplasma è la base fisica dell’eredità, il complesso ereditario trasmesso da una generazione all’altra. È la somma totale dei geni e dei fattori citoplasmici che governano l’ereditabilità; correntemente si intende per tale l’informazione genetica presente nell’effettivo di una specie, nel suo insieme o di particolari ecotipi, razze, cloni o varietà (Piotto *et al.*, 2010).

I vegetali trasmettono i caratteri ereditari molto spesso attraverso i semi, capaci di generare una nuova pianta, ma anche attraverso il polline, i tessuti, le parti di una pianta, il DNA. Il tipo di materiale da preservare, tenuto conto delle relative specifiche vulnerabilità, determina diverse modalità di conservazione.

La conservazione delle risorse genetiche contenute nel germoplasma può essere operata *in situ*, *ex situ* o simultaneamente in modo complementare come raccomandato dalla Convenzione sulla diversità



Figura 2.70 - Laboratorio semi della Banca del germoplasma del Trentino, Museo delle Scienze di Trento MUSE (Foto C. Bonomi, MUSE)

biologica (CBD, <http://www.isprambiente.gov.it/it/temi/biodiversita/convenzioni-e-accordi-multilaterali/convenzione-sulla-biodiversita-convention-on-biological-diversity>).

Conservare *in situ* significa conservare la risorsa vegetale nel habitat naturale della specie. La CBD invita ogni nazione a provvedere a stabilire un sistema di aree protette nelle quali siano adottate misure speciali per conservare la diversità biologica, in Europa è stato attuato con la Rete Natura 2000. In Italia 3.163.591 ha del territorio sono aree protette terrestri (http://www.isprambiente.gov.it/files2018/pubblicazioni/rapporti/R_301_18_Cert_amb_Parchi.pdf) che, tuttavia, non sono sufficienti da sole a garantire la conservazione e la naturale evoluzione delle specie che ospitano perché la pressione antropica esercitata su queste zone di protezione è intensa e genera effetti negativi.

La conservazione *ex situ* indica la conservazione delle risorse genetiche fuori dal loro ambiente naturale, modalità a cui spesso si è giunti a causa della crescente distruzione, degradazione e frammentazione degli habitat nonché della pressione dovuta ai cambiamenti climatici, all'inquinamento, al diffondersi di specie aliene invasive. La conservazione *ex situ* delle risorse genetiche vegetali implica l'esistenza di strutture specifiche con ambienti controllati destinati a questo scopo che si chiamano banche del germoplasma (*genebanks* nella terminologia inglese).

2.8.2 Banche del germoplasma e reti di banche

Le banche del germoplasma sono strutture in cui si conservano le diverse tipologie di risorse genetiche: geni, semi, spore, pollini, tessuti vitali o parti di vegetali (bulbi, bulbilli, rizomi, rizotuberi, tuberi, talee, ecc) seguendo, nella maggior parte dei casi, procedure e protocolli internazionali. Il materiale



Figura 2.71 – Ambienti per la conservazione di semi della Banca del germoplasma del Trentino, Museo delle Scienze di Trento MUSE (Foto C. Bonomi, MUSE).

prevalentemente conservato è ciò che dà il nome specifico alla banca: se sono semi, il caso più frequente, si usa la denominazione banca del seme, se si conserva polline si parla di banca del polline ecc. Se la struttura è polifunzionale perché conserva diverse forme di germoplasma la si chiama banca del germoplasma.

Le prime banche del germoplasma per la conservazione *ex situ* sono state destinate a specie di interesse alimentare che da sempre costituiscono un interesse prioritario.

Merita di essere brevemente descritto il caso della conservazione del germoplasma della patata, specie basilare nell'alimentazione mondiale, che si opera seguendo contemporaneamente diverse strategie. La coltivazione della patata non parte da seme ma da tuberi. Le risorse genetiche dei cloni della specie si conservano *ex situ* attraverso collezioni clonali, colture in vitro di tessuti oppure via crioconservazione mentre i parenti selvatici delle varietà coltivate si conservano sia come collezioni di semi *ex situ* sia preservando *in situ* le aree dove essi vegetano spontaneamente (<https://cipotato.org/genebankcip>).

Data l'importanza mondiale di alcune colture, ci sono banche del germoplasma totalmente dedicate a una sola specie. È il caso delle migliaia di lotti di seme di riso conservati a bassa temperatura (tra +2°C e -20°C) e contenuta umidità (tra 6 e 7%) nella banca del seme dell'*International Rice Research Institute* a Los Baños, Filippine.

Vi sono anche strutture dedicate specificatamente a gruppi di vegetali come ad esempio l'*International Center for Tropical Agriculture* che in Colombia conserva i semi di soli foraggi tropicali oppure i Centri Nazionali per lo Studio e la Conservazione della Biodiversità Forestale di Peri (VR) e di Pieve Santo Stefano (AR), gestiti dall'Arma dei Carabinieri, che raccolgono, lavorano e conservano semi forestali del territorio italiano.

Altre banche conservano prevalentemente semi di numerose specie coltivate in tutto il mondo come lo *Svalbard Global Seed Vault*, Norvegia, una struttura al servizio del mondo intero che custodisce germoplasma delle 21 colture alimentari più importanti con le loro varietà.

Nel 1969 in Italia è nata la Banca del Germoplasma di Bari (oggi Istituto di Bioscienze e Biorisorse del Consiglio Nazionale delle Ricerche) che sin dalla sua fondazione ha dato un grande contributo all'opera di salvaguardia della biodiversità con specifico riferimento al germoplasma delle piante agrarie di maggiore interesse nell'areale mediterraneo: cereali, leguminose da granella, leguminose foraggiere e diverse piante da orto. Inoltre, si conservano in questa banca ecotipi locali di specie agrarie, ecotipi in via d'estinzione e parenti selvatici delle specie agrarie stesse.

2.8.2.1. La conservazione del germoplasma di piante non coltivate

Nel *Millenium Seed Bank* (MSB) di Wakehurst, inaugurato nel 2000 e facente parte dei *Royal Botanic Gardens* di Kew, si conservano semi di tutte le specie spontanee, ovvero non coltivate, della Gran Bretagna ma si custodisce, inoltre, materiale proveniente da 95 paesi del mondo (la *MSB Partnership*). La più vasta collezione di piante erbacee spontanee, le ricerche all'avanguardia nel campo della conservazione e la alta tecnologia applicata nell'ambito delle strutture del MSB hanno attirato l'attenzione di molti atenei italiani che interagiscono attivamente con questa banca e partecipano inoltre a reti di banche come *ENSCONET*, *European Native Seed Conservation Network*, coordinata dai *Royal Botanic Gardens* di Kew. In questa rete di banche di germoplasma di specie spontanee la presenza italiana è sostanziale. In Tabella 2.4 si elencano i membri ed i membri associati della *European Native Seed Conservation Network* (*ENSCONET*).

Tabella 2.4 - Membri della *European Native Seed Conservation Network* (*ENSCONET*).

Membri dell'ENSCONET	
<ul style="list-style-type: none"> • Royal Botanic Gardens, Kew (UK) • National and Kapodistrian University, Athens (Greece) • Institute of Botany, Slovak Academy of Sciences, Bratislava (Slovakia) • Budapest Zoo & Botanical Garden (Hungary) • Mediterranean Agronomic Institute Chania (Crete) • IMGEMA - Jardín Botánico de Córdoba (Spain) • Trinity College Dublin (Ireland) • Jardín Botánico Viera y Clavijo Gran Canaria (Spain) • Agricultural Research Institute (Cyprus) • Universidad Politécnica de Madrid (Spain) • National Botanic Garden (Belgium) • Museum National d'Histoire Naturelle Paris (France) • Università di Pavia/Centro Flora Autoctona della Lombardia (Italy) 	<ul style="list-style-type: none"> • Università di Pisa, Orto Botanico (Italy) • Jardí Botànic de Soller (Spain) • Museo Tridentino di Scienze Naturali Trento (Italy) • Jardí Botànic, Universitat de València (Spain) • Department of Biogeography & Botanic Garden, University of Vienna (Austria) • Botanical Garden Polish Academy of Sciences Warsaw (Poland) • Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem (Germany) • Helsingin yliopisto, Helsinki (Finland) • Jardim Botânico - Fundação da Universidade de Lisboa (Lisbon) • Botanical Garden, Natural History Museum, University of Oslo (Norway) • Institute of Botany - Bulgarian Academy of Sciences (Bulgaria)
Membri associati dell'ENSCONET	
<ul style="list-style-type: none"> • University of Natural Resources and Applied Life Sciences Vienna (Austria) • Musée National d'Histoire Naturelle (Luxembourg) • Conservatoire et Jardin botaniques Genève (Switzerland) 	<ul style="list-style-type: none"> • Frederick University (Cyprus) • RIBES- Rete Italiana Banche del Germoplasma per le Pianti Spontanee Minacciate (Italy) • Forest Gene Bank Kostrzyca (Poland) • Jardín Botánico Atlántico • Jardín Botánico Atlántico (Gijón, Asturias)

Di recente costituzione è un'altra rete di conservazione di germoplasma *in situ* ed *ex situ*: GENMEDA, *Network of Mediterranean Plant Conservation Centres*. GENMEDA si focalizza sulla conservazione della flora mediterranea. I suoi membri, che rappresentano 12 paesi del Mediterraneo, sono quindi istituzioni che hanno in comune una stessa regione floristica (Tabella 2.5).

Tabella 2.5 - Membri del Network of Mediterranean Plant Conservation Centres (GENMEDA)

Membri fondatori del GENMEDA	
<ul style="list-style-type: none"> • Centre for Forestry Research and Experimentation, Spain • National and Kapodistrian University of Athens, Greece • Jardí Botànic de Barcelona, Spain • Conservatoire Botanique National Méditerranéen de Porquerolles, France • Center of Conservation of Wild Flora of the Region of Murcia, Spain • University of Catania - Department of Biological, Geological and Environmental Sciences, Italy 	<ul style="list-style-type: none"> • Fundació Jardí Botànic de Sòller, Spain • CIHEAM Mediterranean Agronomic Institute of Chania, Greece • University of Cagliari - Hortus Botanicus Karalitanus, Italy • Botanic Garden of the University of Valencia, Spain • Argotti Herbarium of the University of Malta, Malta • Institut Scientifique de Rabat, Morocco • Mansoura University, Faculty of Science, Egypt
Membri associati a GENMEDA	
<ul style="list-style-type: none"> • Hamma Botanical Garden, Algiers • Institute of Mediterranean & Forest Ecosystems-Hellenic Agricultural Organization "DEMETER", Greece 	<ul style="list-style-type: none"> • RIBES- Rete Italiana Banche del Germoplasma per le Pianti Spontanee Minacciate (Italy) • Natural History Museum Rijeka, Croatia

La necessità di affiancare agli strumenti della conservazione *in situ* ulteriori mezzi di conservazione *ex situ* per garantire la sopravvivenza della flora spontanea a rischio di estinzione in Italia, ha portato nel 2005 alcuni gruppi impegnati nel settore della conservazione *ex situ* di piante spontanee a costituire la Rete italiana delle banche del germoplasma per la conservazione *ex situ* della flora spontanea, RIBES. L'obiettivo finale della Rete è il miglioramento della qualità e della sicurezza delle riserve di germoplasma di specie vegetali spontanee in Italia. Le banche che costituiscono la RIBES sono elencate in Tabella 2.6.

Tabella 2.6 - Banche che costituiscono la Rete italiana delle banche del germoplasma per la conservazione *ex situ* della flora spontanea (RIBES).

Banche del germoplasma che costituiscono la Rete RIBES	
<ul style="list-style-type: none"> • Banca del Germoplasma della Valle d'Aosta • Banca del Germoplasma delle Alpi sud occidentali • Lombardy Seed Bank • Trentino Seed Bank • Laboratorio per la conservazione della diversità vegetale ligure, GB Hanbury • Banca del Germoplasma di Padova • Banca del Germoplasma di Pisa 	<ul style="list-style-type: none"> • Banche del Germoplasma livornesi • Banca del Germoplasma di Perugia • Banca del Germoplasma delle Marche • Banca del Germoplasma della Tuscia • Banca del Germoplasma di Roma • Banca del Germoplasma della Majella • Banca del Germoplasma della Sardegna • Banca del Germoplasma di Palermo • Banca del Germoplasma di Catania

La Rete RIBES ha collaborato al progetto MATTM-ISPRA "Conoscenza delle specie vegetali selvatiche progenitrici di piante coltivate elencate nel Trattato FAO e presenti in Italia". Inoltre, tramite una convenzione ISPRA- RIBES conclusasi nell'estate 2011 avente oggetto la valutazione della collezione *ex situ* in banche del germoplasma di specie della flora spontanea italiana minacciate, è stata creata una banca dati che fornisce informazioni su:

- l'elenco specie italiane spontanee minacciate inserite in collezioni *ex situ* in Italia;
- il numero e l'entità (peso e numero di semi) delle accessioni per ognuna delle specie considerate e l'ubicazione delle stesse nelle diverse banche del germoplasma italiane;
- le condizioni di conservazione delle accessioni (temperatura, umidità);
- la qualità delle accessioni conservate (facoltà germinativa);

- la disponibilità, per le varie specie nelle varie banche del germoplasma, di protocolli di germinazione e di coltivazione.

I risultati sono consultabili dai seguenti link:

- Relazione Convenzione ISPRA-RIBES - Appendice I - Elenco alfabetico dei taxa minacciati inseriti in collezioni ex situ nelle banche semi italiane http://www.isprambiente.gov.it/files/biodiversita/elenco_taxa_appI.pdf;
- Relazione Convenzione ISPRA-RIBES - Appendice II - Elenco dei taxa minacciati conservati in ciascuna banca http://www.isprambiente.gov.it/files/biodiversita/Bancheetaxa_appII.pdf.

2.8.3 Procedure per la raccolta, la conservazione e la gestione del germoplasma ex situ

Per gli aspetti tecnici riguardanti la raccolta e la conservazione del germoplasma si rimanda all'abbondante letteratura disponibile *on line*, in particolare nel sito ISPRA:

- PROPAGAZIONE PER SEME DI ALBERI E ARBUSTI DELLA FLORA MEDITERRANEA, 2001
<http://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00003500/3510-propagazione-per-seme.pdf>
- MANUALE PER LA RACCOLTA, STUDIO, CONSERVAZIONE E GESTIONE EX SITU DEL GERMOPLASMA, 2006
<http://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00003400/3470-manuali-2006-37.pdf>
- MANUAL FOR THE COLLECTION, STUDY, EX SITU PROCESSING AND CONSERVATION OF GERMOPLASM, 2006
http://www.genmeda.net/uploads/attachments/42/1-EN-Manual_collection_etc_2006.pdf
- CONSERVACION EX SITU DE PLANTAS SILVESTRES, 2008
<https://www.asturias.es/portal/site/medioambiente/menuitem.d9985524fce59a8edc4ccd10a6108a0c/?vgnextoid=44686675a5ffd210VgnVCM10000097030a0aRCRD&vgnnextchannel=6d1cd772921b9110VgnVCM1000006a01a8c0RCRD&i18n.http.lang=es>
- LA CONSERVAZIONE EX SITU DELLA BIODIVERSITÀ DELLE SPECIE VEGETALI SPONTANEE E COLTIVATE IN ITALIA, 2010
http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/manuali-lineeguida/4305_MLG_54_2010.pdf
- PROCEDURE PER IL CAMPIONAMENTO IN SITU E LA CONSERVAZIONE EX SITU DEL GERMOPLASMA, 2014
http://www.isprambiente.gov.it/public_files/MLG_118_14.pdf

BIBLIOGRAFIA

- Aarssen, L.W., 2000. *Why are most selfing annuals? A new hypothesis for the fitness benefit of selfing*. Oikos, 89, 606-612.
- Adler, L.S., 2000. *The ecological significance of toxic nectar*. Oikos, 91 (3), 409-420.
- Agren, J., 1996. *Population size, pollinator limitation, and seed set in the self-incompatible herb Lythrum salicaria*. Ecology, 77 (6), 1779-1790.
- Aigner, P.A., 2001. *Optimality modelling and fitness trade-offs: when should plants become pollinator specialist?* Oikos, 95, 177-184.
- Albrecht, H., Mattheis, A., 1998. *The effect of organic and integrated farming on rare arable weeds on the Forschungsverbund Agrarökosysteme München (FAM) research station in southern Bavaria*. Biological Conservation, 86: 347-356.
- Anderson, N.O., 2007. *Chrysanthemum*. In: *Flower breeding and genetics* Springer, Dordrecht, pp. 389-437.
- Andolfi, L., Benvenuti, S., Macchia, M., 2000. *Fotobiologia della germinazione dei semi: aspetti fisiologici ed applicativi*. Sementi Elette, 5, 35-40.
- Andreasen, C., Stryhn, H., Streibig, J.C., 1996. *Decline of the flora in Danish arable fields*. Journal of Applied Ecology, 619-626.

-
- Armbruster, W.S., 2001. *Evolution of floral form: electrostatic forces, pollination, and adaptive compromise*. New Phytologist, 152, 181-183.
- Aronne, G., Wilcock, C.C., 1994. *Reproductive characteristics and breeding system of shrubs of the Mediterranean region*. Functional Ecology, 8, 69-76.
- Ashworth, L., Aguilar, R., Galetto, L., Aizen, M.A., 2004. *Why do pollination generalist and specialist plant species show similar reproductive susceptibility to habitat fragmentation?*. Journal of Ecology, 92 (4), 717-719.
- Bacchetta, G., Fenu, G., Mattana, E., Piotta, B., Virevaire, M., 2006. *Manuale per la raccolta, studio, conservazione e gestione ex situ del germoplasma*. APAT Manuali 37/2006, 243 pp.
- Baessler, C., Klotz, S. 2006. *Effects of changes in agricultural land-use on landscape structure and arable weed vegetation over the last 50 years*. Agriculture, Ecosystems & Environment, 115, 43-50.
- Baker, H.G., Baker, I., 1983. *A brief historical review of the chemistry of floral nectar*. In: Bentley B., Elias T. (Eds.). *The biology of nectaries*. Columbia University Press, New York. pp.126-152.
- Barrett, S.C., 2002. *Evolution of sex: the evolution of plant sexual diversity*. Nature Reviews Genetics, 3(4), 274.
- Baskin, C.C., Baskin, J.M., 1985. *The annual dormancy cycle in buried weed seeds: a continuum*. BioScience, 35 (8), 492-498.
- Baskin, C.C., Baskin, J.M., 2001. *Seeds. Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. Academic Press, San Diego, pp. 666.
- Baskin, J.M., Baskin, C.C., 2004a. *Germinating seeds of wildflowers, an ecological perspective*. HortTechnology, 14 (4), 467-473.
- Baskin, J.M., Baskin, C.C., 2004b. *A classification system for seed dormancy*. Seed Science Research, 14, 1-16.
- Beard, J.B., Green, R.L., 1994. *The role of turfgrasses in environmental protection and their benefits to humans*. Journal of Environmental Quality, 23(3), 452-460.
- Bentley, B.L., 1977. *Extrafloral nectaries and protection by pugnacious bodyguards*. Annual Review of Ecology and Systematics, 8(1), 407-427.
- Benvenuti, S., 2014. *Wildflower green roofs for urban landscaping, ecological sustainability and biodiversity*. Landscape and Urban Planning, 124, 151-161.
- Benvenuti, S., Bretzel, F., 2017. *Agro-biodiversity restoration using wildflowers: What is the appropriate weed management for their long-term sustainability?*. Ecological Engineering, 102, 519-526.
- Benvenuti, S., Loddo, D., Basteri, G., Russo, A., 2007. *Insect-pollinated weeds as indicator of the agroecosystem biodiversity*. Agricoltura Mediterranea, 137(3/4), 132-137.
- Benvenuti, S., Malandrini, V., Pardossi, A., 2016. *Germination ecology of wild living walls for sustainable vertical garden in urban environment*. Scientia Horticulturae, 203, 185-191.
- Benvenuti, S., Mori L., Ceccarini, L., Macchia, M., 2004. *Aspetti agro-ecologici della propagazione per seme di alcune specie officinali coltivate in ambiente mediterraneo*. Sementi Elette, 50, 43-53.
- Bewley, J.D., 1997. *Seed germination and dormancy*. Plant Cell, 9, 1055-1066.
- Blionis, G.J., Vokou, D., 2001. *Pollination ecology of Campanula species on Mt Olympos, Greece*. Ecography, 24 (3), 287-297.
- Bloch, D., Werdenberg, N., Erhardt, A. (2006). *Pollination crisis in the butterfly-pollinated wild carnation Dianthus carthusianorum?*. New Phytologist, 169 (4), 699-706.
- Borghi, M., Perez de Souza, L., Yoshida, T., Fernie, A.R., 2019. *Flowers and climate change: a metabolic perspective*. New Phytologist, 224(4), 1425-1441.
- Borrell, B.J., Krenn, H.W., 2006. *Nectar feeding in long-proboscid insects*. In: Herrel, A., Speck, T., Rowe, N. P. (Eds.). *Ecology and biomechanics: a mechanical approach to the ecology of animals and plants*. CRC Press, pp. 85-212.
- Bretzel, F., Gaetani, M., Vannucchi, F., Caudai, C., Grossi, N., Magni, S., ... e Volterrani, M., 2020. *A multifunctional alternative lawn where warm-season grass and cold-season flowers coexist*. Landscape and Ecological Engineering, 16(4), 307-317.
- Bretzel, F., Romano, D. (Eds.) (2013). *Specie erbacee spontanee mediterranee per la riqualificazione di ambienti antropici*. ISPRA, Manuali e linee guida, 86/2013, 173 pp.
- Bretzel, F., Vannucchi, F., Romano, D., Malorgio, F., Benvenuti, S., Pezzarossa, B., 2016. *Wildflowers: From conserving biodiversity to urban greening-A review*. Urban Forestry & Urban Greening, 20, 428-436.
- Buckley, R., 2002. *Tourism and biodiversity in north and south*. Tourism Recreation Research, 27(1), 43-51.
- Burgio, G., Maini, S., 2007. *Cos'è la biodiversità? Concetti e tesi a confronto*. ARPA, 4, 8-9.
-

- Burton, C.M., Burton, P.J., Hebda, R., Turner, N.J., 2006. *Determining the optimal sowing density for a mixture of native plants used to revegetate degraded ecosystems*. *Restoration Ecology*, 14(3), 379-390.
- Campos, M.G., Bogdanov, S., de Almeida-Muradian, L.B., Szczesna, T., Mancebo, Y., Frigerio, C., Ferreira, F., 2008. *Pollen composition and standardisation of analytical methods*. *Journal of Apicultural Research*, 47(2), 154-161.
- Cao, Y., Xiao, Y., Huang, H., Xu, J., Hu, W., Wang, N. 2016. *Simulated warming shifts the flowering phenology and sexual reproduction of Cardamine hirsuta under different planting densities*. *Scientific Reports*, 6, 27835.
- Carthew, S.M., Goldingay, R.L., 1997. *Non-flying mammals as pollinators*. *Trends in Ecology & Evolution*, 12(3), 104-108.
- Catalano, C., Marcenò, C., Laudicina, V.A., Guarino, R., 2016. *Thirty years unmanaged green roofs: Ecological research and design implications*. *Landscape and Urban Planning*, 149, 11-19.
- Celli, G., Maini, S., Corazza, L., Campanini, L., 1996. *Siepi e spazi naturali: colonizzazione, dinamica delle popolazioni di fitofagi e insetti utili e interazioni con le aree coltivate*. C.E.R.A.S. Annali 1995, Supplemento a Innovazione e sperimentazione, Iniziative editoriali s.a.s. Castel S. Pietro Terme, (Bo), 5(6), 327-337.
- Çetinbaş, A., Ünal, M., 2014. *An overview of dichogamy in angiosperms*. *Research in Plant Biology*, 4(5), 9-27.
- Chancellor, R.J., 1977. *A preliminary survey of arable weeds in Britain*. *Weed Research*, 17, 283-289.
- Chancellor, R.J., 1983. *Decline of arable weeds during 20 years in soil under grass on the periodicity of seedling emergence after cultivation*. *Journal of Applied Ecology*, 23, 631-637.
- Chiarucci, A., Pacini, E., Loppi, S., 1993. *Influence of temperature and rainfall on fruit and seed production of Arbutus unedo*. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 111, 71-82.
- Chittka, L., Raine, N.E., 2006. *Recognition of flowers by pollinators*. *Current Opinion in Plant Biology*, 9(4), 428-435.
- Côme, D., 1970. *Les obstacles a la germination*. Masson & Cie, Paris.
- Corbet, A.A., 2003. *Nectar sugar content: estimating standing crop and secretion in the field*. *Apidologie*, 34, 1-10.
- Cramer, W., Guiot, J., Fader, M., Garrabou, J., Gattuso, J.P., Iglesias, A., Lange, M.A., Lionello, P., Llasat, M.C., Paz, S., Peñuelas, J., Snoussi, M., Toreti, A., Tsimplis, M.N., Xoplaki, E. 2018. *Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean*. *Nature Climate Change*, 8, 972-980.
- Crane, E., 1980. *A book of honey*. Oxford University Press.
- Culley, T.M., Weller, S.G., Sakai, A.K., 2002. *The evolution of wind pollination in angiosperms*. *Trends in Ecology & Evolution*, 17 (8), 361-369.
- Dafni, A., Kevan P.G., Husband B.C., 2005. *Practical Pollination Biology*. Enviroquest, Cambridge (Canada).
- Dafni, A., O'Toole, C., 1994. *Pollination syndromes in the Mediterranean: generalizations and peculiarities*. In: Arianoutsou, M., Groves, R.H. (Eds.) *Plant-animal interactions in Mediterranean-type ecosystems*. Kluwer, Dordrecht. pp.125-135.
- Davidenco, V., Argüello, J.A., Piccardi, M.B., Vega, C.R.C., 2017. *Day length modulates precocity and productivity through its effect on developmental rate in Origanum vulgare ssp.* *Scientia Horticulturae*, 218, 164-170.
- Davis, S.J., 2002. *Photoperiodism: the coincidental perception of the season*. *Current Biology*, 12, 841-843.
- Davis, S.L., Delph, L.F., 2005. *Prior selfing and gynomonocy in Silene noctiflora l. (Caryophyllaceae): opportunities for enhanced outcrossing and reproductive assurance*. *International Journal of Plant Sciences*, 166, 475-480.
- Dawkins, M., Gaunt, E., Pforr, C., 2011. *Nature and Scope of Wellness Tourism in Western Australia: The Case of the Margaret River Region*. In CAUTHE 2011: National Conference: Tourism: Creating a Brilliant Blend (pp. 130). University of South Australia. School of Management.
- De Jong, T.J., 1993. *Geitonogamy: the neglected side of selfing*. *Trends in Ecology & Evolution*, 8, 321-325.
- De Jong, T.J., 2000. *From pollen dynamics to adaptative dynamics*. *Plant Species Biology*, 15, 31-41.
- De Klerk, G.J., 1987. *Release of dormancy during after-ripening of Agrostemma githago seeds*. *Physiologia Plantarum*, 71(3), 335-340.
- Di Pasquale, C., Jacobi, C.M., 1998. *Dynamics of pollination: a model of insect-mediated pollen transfer in self-incompatible plants*. *Ecological Modelling*, 109, 25-34.

-
- Dobson, H.E., Bergström, G., 2000. *The ecology and evolution of pollen odors*. Plant Systematics and Evolution, 22(1-4), 63-87.
- Donnelly, S.E., Lortie, C.J., Aarssen, L.W., 1998. *Pollination in Verbascum thapsus (Scrophulariaceae): the advantage of being tall*. American Journal of Botany, 85(11), 1618-1625.
- Dötterl, S., Vereecken, N.J., 2010. *The chemical ecology and evolution of bee-flower interactions: a review and perspectives*. Canadian Journal of Zoology, 88 (7), 668-697.
- Dunnett, N., Hitchmough, J. (Eds.), 2008. *The dynamic landscape: design, ecology and management of naturalistic urban planting*. Taylor & Francis.
- Dutoit, T., Buisson, E., Roche, P., Alard, D., 2003. *Land use history and botanical changes in the calcareous hillsides of Upper-Normandy (North-Western France): new implications for their conservation management*. Biological Conservation, 115, 1-19.
- Elomaa, P., Zhao, Y., Zhang, T., 2018. *Flower heads in Asteraceae-recruitment of conserved developmental regulators to control the flower-like inflorescence architecture*. Horticulture Research, 5 (1), 36.
- Epperlein, L.R., Prestele, J.W., Albrecht, H., Kollmann, J., 2014. *Reintroduction of a rare arable weed: competition effects on weed fitness and crop yield*. Agriculture, Ecosystems & Environment, 188, 57-62.
- Faber-Langendoen, D. and Josse, C., 2010. *World Grasslands and Biodiversity Patterns*. Natureserve, Arlington, VA + Appendices. 24 pp.
- Faegri, K., Van Der Pijl, L., 1979. *The principles of pollination ecology*. Pergamon Press, Oxford.
- Fenster, C.B., Armbruster, W.S., Wilson, P., Dudash, M.R., Thomson, J.D., 2004. *Pollination syndromes and floral specialization*. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 35, 375-403.
- Finlayson, C., 2005. *Biogeography and evolution of the genus Homo*. Trends in Ecology & Evolution, 20 (8), 457-463.
- Franchi, G.G., Bellani, L., Nepi, M., Pacini E., 1996. *Types of carbohydrate reserves in pollen: localization, systematic distribution and ecophysiological significance*. Flora, 191, 1-17.
- Fründ, J., Dormann, C.F., Holzschuh, A., Tscharntke, T., 2013. *Bee diversity effects on pollination depend on functional complementarity and niche shifts*. Ecology, 94 (9), 2042-2054.
- Gardener, M.C., Gillman, P.M., 2002. *The taste of nectar – a neglected area of pollination ecology*. Oikos, 98, 552-557.
- Gilbert, L.O., 1989. *The ecology of urban habitats*. Chapman and Hall, London.
- Gilbert, O.L., Anderson, P., 1998. *Habitat creation and repair*. Oxford University Press on Demand.
- Giurfa, M., Dafni, A., Neal, P.R., 1999. *Floral symmetry and its role in plant-pollinator systems*. International Journal of Plant Sciences, 160(6 Suppl.), 541-550.
- Gobster, P.H., 2012. *Appreciating urban wildscapes: Towards a natural history of unnatural places*. In: Jorgensen, A., Keenan, R., (Eds.) Urban Wildscapes, Routledge Editors, pp. 33-48.
- Gómez-Baggethun, E., Gren, Å., Barton, D. N., Langemeyer, J., McPhearson, T., O'Farrell, P. Kremer, P., 2013. *Urban ecosystem services*. In: Elmqvist, T., Fragkias, M., Goodness, J., Güneralp, B., Marcotullio, P. J., McDonald, R. I., ... e Wilkinson, C. (Eds.) Urbanization, biodiversity and ecosystem services: Challenges and opportunities Springer, Dordrecht, pp. 175-251.
- Goulson, D., 2000. *Are insects flower constant because they use search images to find flowers?* Oikos, 88, 547-552.
- Grant, S., Hunkirchen, B., Saedler, H., 1994. *Developmental differences between male and female flowers in the dioecious plant Silene latifolia*. The Plant Journal, 6(4), 471-480.
- Greenleaf, A.T., Bryant, R.M., Pollock, J.B., 2014. *Nature-based counseling: Integrating the healing benefits of nature into practice*. International Journal for the Advancement of Counselling, 36(2), 162-174.
- Grime, J.P., 2006. *Trait convergence and trait divergence in herbaceous plant communities: mechanisms and consequences*. Journal of Vegetation Science, 17(2), 255-260.
- Grout, R.A., 1981. *L'ape e l'arnia*. Edagricole, Bologna.
- Guarino, R., Vrahnakis, M., Rojo, M.P.R., Giuga, L., Pasta, S., 2020. *Grasslands and shrublands of the Mediterranean Region*. Encyclopedia of the World's Biomes, 638-655.
- Haaland, C., Naisbit, R.E., Bersier, L.F., 2011. *Sown wildflower strips for insect conservation: a review*. Insect Conservation and Diversity, 4(1), 60-80.
- Halevy, A.H., 2003. *The use of native Israeli flora for introduction of new ornamental crops*. Acta Horticulturae, 598, 55-58.
- Halpern, S.L., Adler, L.S., Wink, M., 2010. *Leaf herbivory and drought stress affect floral attractive and defensive traits in Nicotiana quadrivalvis*. Oecologia 163, 961-971.
- Harder, L.D., 1983. *Functional differences of the proboscides of short-and long-tongued bees (Hymenoptera, Apoidea)*. Canadian Journal of Zoology, 61(7), 1580-1586.
-

-
- Harder, L.D., 1998. *Pollen-size comparison among animal-pollinated angiosperms with different pollination characteristics*. *Biological Journal of the Linnean Society*, 64, 513-525.
- Harrap, M.J., Rands, S.A., de Ibarra, N.H., Whitney, H.M., 2017. *The diversity of floral temperature patterns, and their use by pollinators*. *Elife*, 6, e31262.
- Haviland-Jones, J., Rosario, H.H., Wilson, P., McGuire, T.R., 2005. *An environmental approach to positive emotion: Flowers*. *Evolutionary Psychology*, (1), 147470490500300109.
- Hawkins, T., Baskin C.C., Baskin J.M., 2010. *Morphophysiological dormancy in seeds of three eastern North American Sanicula species (Apiaceae subf. Saniculoideae): evolutionary implications for dormancy break*. *Plant Species Biology*, 25, 103-113.
- Herranz, J.M., Copete, M.A., Ferrandis, P., Copete, E., 2010. *Intermediate complex morphophysiological dormancy in the endemic Iberian Aconitum napellus subsp. castellanum (Ranunculaceae)*. *Seed Science Research*, 20, 109-121.
- Hitchmough, J., De La Fleur, M., Findlay, C., 2004. *Establishing North American prairie vegetation in urban parks in northern England: Part 1. Effect of sowing season, sowing rate and soil type*. *Landscape and Urban Planning*, 66(2), 75-90.
- Huang, S.Q., 2006. *Debates enrich our understanding of pollination biology*. In: Waser, N.W., Ollerton, J. (Eds.), *Plant-pollinator interactions: from specialization to generalization*. Chicago, U.S.A.
- Imaizumi, T., Kay, S.A., 2006. *Photoperiodic control of flowering: not only by coincidence*. *Trends in plant science*, 11 (11), 550-558.
- Ishii, H.S., Harder L.D., 2006. *The size of individual Delphinium flowers and the opportunity for geitonogamous pollination*. *Functional Ecology*, 20(6), 1115-1123.
- Jeanneret, P., Schüpbach, B., Pfiffner, L., Herzog, F., Walther, T., 2003. *The Swiss agri-environmental programme and its effects on selected biodiversity indicators*. *Journal for Nature Conservation*, 11 (3), 213-220.
- Jiang, Y., Yuan, T., 2017. *Public perceptions and preferences for wildflower meadows in Beijing, China*. *Urban Forestry & Urban Greening*, 27, 324-331.
- Johnson, S.D., Dafni, A., 1998. *Response of bee-flies to the shape and pattern of model flowers: implications for floral evolution in a Mediterranean herb*. *Functional Ecology*, 12, 289-297.
- Johnson, S.D., Nicolson, S.W., 2007. *Evolutionary associations between nectar properties and specificity in bird pollination systems*. *Biology Letters*, 4 (1), 49-52.
- Johnson, S.D., Steiner, K.E., 2000. *Generalization versus specialization in plant pollination systems*. *Trends in Ecology & Evolution*, 15, 140-143.
- Kahn Jr, P.H., 1997. *Developmental psychology and the biophilia hypothesis: Children's affiliation with nature*. *Developmental Review*, 17(1), 1-61.
- Kaiser, R., 2006. *Flowers and fungi use scents to mimic each other*. *Science*, 311(5762), 806-807.
- Kalisz, S., Ree, R.H., Sargent, R.D., 2006. *Linking floral symmetry genes to breeding system evolution*. *Trends in Plant Science*, 11 (12), 568-573.
- Karlsson, L.M., Milberg, P., 2008. *Variation within species and inter-species comparison of seed dormancy and germination of four annual Lamium species*. *Flora*, 203(5), 409-420.
- Kehrberger, S., Holzschuh, A., 2019. *Warmer temperatures advance flowering in a spring plant more strongly than emergence of two solitary spring bee species*. *Plos one*, 14(6), e0218824.
- Kharouba, H., 2020. *Predicting trophic mismatch under climate change*. *Nature Research Ecology & Evolution Community* 05/05/2020 https://natureecoevocommunity.nature.com/users/366913-heather-kharouba/posts/62136-predicting-trophic-mismatch-under-climate-change?utm_source=newsletter_mailer&utm_medium=email&utm_campaign=newsletter
- Kiester, A. R., Lande, R., Schemske, D.W., 1984. *Models of coevolution and speciation in plants and their pollinators*. *The American Naturalist*, 124 (2), 220-243.
- Knight, K., 2019. *How buzzing helps bees to pollinate plants*. *Journal of Experimental Biology*, 222(4), jeb201236.
- Knudsen, J.T., Eriksson, R., Gershenzon, J., Ståhl, B., 2006. *Diversity and distribution of floral scent*. *The botanical review*, 72(1), 1.
- Kühn, N., 2018. *Interagire con la natura urbana. Come la vegetazione spontanea migliora gli spazi verdi postmoderni/Interacting with urban nature. How spontaneous vegetation enhances postmodern greenspaces*. A cura di Franco Panzini, Fondazione Benetton Studi Ricerche-Antiga Edizioni, Treviso pp. 130-158.
- Leonard, A.S., Masek, P., 2014. *Multisensory integration of colors and scents: insights from bees and flowers*. *Journal of Comparative Physiology A*, 200(6), 463-474.
- Lindemann-Matthies, P., Briegel, R., Schüpbach, B., Junge, X., 2010. *Aesthetic preference for a Swiss alpine landscape: The impact of different agricultural land-use with different biodiversity*. *Landscape and Urban Planning*, 98(2), 99-109.
-

-
- Lionello, P., Scarascia, L., 2018. *The relation between climate change in the Mediterranean region and global warming*. Regional Environmental Change, 18,1481-1493.
- Lovelock, J., 2003. *Gaia: the living Earth*. Nature, 426(6968), 769.
- Maini, S., 1995. *Rimboschimenti e siepi nelle aree agricole: positiva influenza sull'entomofauna utile*. Informatore Fitopatologico, 45(4), 13-17.
- Mallick, S.A., 2001. *Facultative dichogamy and reproductive assurance in partially protandrous plants*. Oikos, 95(3), 533-536.
- Margulis, L., 2010. *Symbiogenesis. A new principle of evolution rediscovery of Boris Mikhaylovich Kozo-Polyansky (1890–1957)*. Paleontological Journal, 44(12), 1525-1539.
- Matsumura, J.L., 2016. *Ecotherapy as a tool for mental wellness*. The Vermont Connection, 37(1), 12.
- Mayberry, M.W., 1940. *Some examples of proterogyny and proterandry of our native flora*. Transactions of the Kansas Academy of Science (1903-), 43, 133-141.
- Menghini, A., 2010. *Il giardino di Dio: armonia francescana della natura*. Edizioni Aboca.
- Menzel, R., Shmida, A., 1993. *The ecology of flower colours and the natural colour vision of insect pollinators: The Israeli flora as a case study*. Biological Reviews, 68, 81-120.
- Metz, A.L., 2017. *Back to nature: the relationship between nature relatedness on empathy and narcissism in the millennial generation*. Vistas Online, 11, 1-14.
- Milberg, P., Andersson, L., Thompson, K., 2000. *Large-seeded spices are less dependent on light for germination than small-seeded ones*. Seed Science Research, 10, 99-104.
- Mody, K., Lerch, D., Müller, A. K., Simons, N.K., Blüthgen, N., Harnisch, M., 2020. *Flower power in the city: Replacing roadside shrubs by wildflower meadows increases insect numbers and reduces maintenance costs*. Plos one, 15(6), e0234327.
- Mohr, H., Schopfer, P., 1995. *Flower Formation and Photo-and Thermoperiodism*. In: Plant Physiology Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 423-436.
- Mondoni, A., Probert, R., Rossi, G., Hay, F., 2009. *Habitat-related germination behaviour and emergence phenology in the woodland geophyte Anemone ranunculoides L. (Ranunculaceae) from northern Italy*. Seed Science Research, 19, 137-144.
- Moonen, A. C., Marshall, E.J.P., 2001. *The influence of sown margin strips, management and boundary structure on herbaceous field margin vegetation in two neighbouring farms in southern England*. Agriculture, ecosystems & environment, 86(2), 187-202.
- Motten, A.F., 1986. *Pollination ecology of the spring wildflower community of a temperate deciduous forest*. Ecological Monographs, 56, 21-42.
- Mugnaini, S., 2000. *Le ragioni delle preferenze alimentari delle api: un'esperienza biennale*. Dipartimento di Scienze Ambientali, Università Degli Studi Di Siena, Tesi di Laurea.
- Nakano, C., Washitani, I., 2003. *Variability and specialization of plant-pollinator systems in a northern maritime grassland*. Ecological Research, 18, 221-246.
- Negrini, A.C., Arobba, D., 1992. *Allergenic pollens and pollinosis in Italy: recent advances*. Allergy, 47, 371-379.
- Nepi, M., Ciampolini, F., Pacini, E., 1996. *Development and ultrastructure of Cucurbita pepo nectaries of male flowers*. Annals of Botany, 78, 95-104.
- Nepi, M., Grasso, D., Mancuso, S. 2018. *Nectar in plant-insect mutualistic relationships: from food reward to partner manipulation*. Frontiers in Plant Sciences, 9, 1063.
- Nicholls, E., Hempel de Ibarra, N., 2017. *Assessment of pollen rewards by foraging bees*. Functional Ecology, 31(1), 76-87.
- Nicolson, S.W., 2007. *Nectar consumers*. In: Nicolson, S.W., Nepi, M., Pacini, E. (Eds.) Nectaries and Nectar. Springer, Dordrecht, pp. 289-342.
- Nilson, L.A., 1998. *Deep flowers for long tongues*. Trends in Ecology & Evolution, 13, 259-260.
- Norton, B.A., Bending, G.D., Clark, R., Corstanje, R., Dunnett, N., Evans, K.L., ... Hilton, S., 2019. *Urban meadows as an alternative to short mown grassland: effects of composition and height on biodiversity*. Ecological Applications, 29(6), e01946.
- Pacini, E., Franchi, G.G., 1984. *Reproduction in Mediterranean plants*. Webbia, 38, 93-103.
- Pacini, E., Hesse, M., 2005. *Pollenkitt – its composition, forms and functions*. Flora, 200, 399-415.
- Pacini, E., Nepi, M., Ciampolini, F. 1995. *Il nettare e l'impollinazione*. Le Scienze, 321, 64-70.
- Park, I.W., Schwartz, M.D., 2015. *Long-term herbarium records reveal temperature-dependent changes in flowering phenology in the southeastern USA*. International Journal of Biometeorology, 59, 347-355.
- Pellmyr, O., 1992. *Evolution of insect pollination and angiosperm diversification*. Trends in Ecology & Evolution, 7(2), 46-49.
- Petanidou, T., Lamborn, E., 2005. *A land for flowers and bees: studying pollination ecology in Mediterranean communities*. Plant Biosystems, 139, 279-294.
-

-
- Piarulli, C., Hruska, K., Caputa, A., 1994. *Il ruolo della vegetazione urbana nelle manifestazioni allergiche nella popolazione umana*. Giornale Botanico Italiano, 128(1), 361.
- Pichersky, E., Gershenzon, J., 2002. *The formation and function of plant volatiles: perfumes for pollinator attraction and defense*. Current Opinion in Plant Biology, 5(3), 237-243.
- Pignatti, E., Pignatti, S., Lucchese, F., 1995. *The plant cover of archaeological sites in central Italy*. In: Sukopp, H., Hubers, A. (Eds.), Urban Ecology of the Basis of Urban Planning. Academic, Amsterdam, pp. 43-48.
- Piotto, B., Giacanelli, V., Ercole, S. (a cura di), 2010. *La conservazione ex situ della biodiversità delle specie vegetali spontanee e coltivate in Italia. Stato dell'arte, criticità e azioni da compiere*. Manuali e linee guida ISPRA 54/2010.
- Pyke, G.H., 1991. *What does it cost a plant to produce floral nectar?* Nature 350, 58-59.
- Pyke, G.H., 2016. *Floral nectar: pollinator attraction or manipulation?* Trends in ecology & evolution, 31 (5), 339-341.
- Pywell, R.F., Warman, E.A., Sparks, T.H., Greatorex-Davies, J.N., Walker, K.J., Meek, W.R., ... Firbank, L. G., 2004. *Assessing habitat quality for butterflies on intensively managed arable farmland*. Biological conservation, 118(3), 313-325.
- Quézel, P., 1985. *Definition of the Mediterranean region and the origin of the flora*. In: Gomez-Campo, C. (Ed.) Plant conservation in the Mediterranean area. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, pp.9-24.
- Reese, R.F., 2016. *EcoWellness & guiding principles for the ethical integration of nature into counseling*. International Journal for the Advancement of Counselling, 38(4), 345-357.
- Reese, R.F., Myers, J.E., 2012. *EcoWellness: The missing factor in holistic wellness models*. Journal of Counseling & Development, 90(4), 400-406.
- Ricciardelli D'Albore, G., 1998. *Mediterranean melissopalynology*. Università Degli Studi Di Perugia, Perugia.
- Ricciardelli D'Albore, G., Persano Oddo, L., 1981. *Flora apistica italiana*. Istituto Sperimentale per la Zoologia Agraria. Federazione Italiana Apicoltori. Roma-
- Richards, A.J., 2003. *Apomixis in flowering plants: an overview*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences, 358(1434), 1085-1093.
- Rollin, O., Benelli, G., Benvenuti, S., Decourtye, A., Wratten, S. D., Canale, A., Desneux, N., 2016. *Weed-insect pollinator networks as bio-indicators of ecological sustainability in agriculture. A review*. Agronomy for Sustainable Development, 36(1), 8.
- Routley, M.B., Bertin, R.I., Husband, B.C., 2004. *Correlated evolution of dichogamy and self-incompatibility: a phylogenetic perspective*. International Journal of Plant Sciences, 165(6), 983-993.
- Saatkamp, A., Affre, L., Dutoit, T., Poschlod, P., 2011. *Germination traits explain soil seed persistence across species: the case of Mediterranean annual plants in cereal fields*. Annals of Botany, 107(3), 415-426.
- Sakai, S., 2002. *A review of brood-site pollination mutualism: plants providing breeding sites for their pollinators*. Journal of Plant Research, 115(3), 0161-0168.
- Salisbury, F.B., 1987. *Vernalization, Photoperiodism and Dormancy*. Flowering Newsletter, 16-22.
- Savard, J.P.L., Clergeau, P., Mennechez, G., 2000. *Biodiversity concepts and urban ecosystems*. Landscape and Urban Planning, 48(3-4), 131-142.
- Scaven, V.L., Rafferty, N.E., 2013. *Physiological effects of climate warming on flowering plants and insect pollinators and potential consequences for their interactions*. Current Zoology, 59, 418-426.
- Schütz, W., Rave, G., 1999. *The effect of cold stratification and light on the seed germination of temperate sedges (Carex) from various habitats and implications for regenerative strategies*. Plant Ecology, 144, 215-230.
- Scotton, M., Kirmer, A., Krautzer, B., 2012. *Manuale pratico per la raccolta di seme e il restauro ecologico delle praterie ricche di specie*. CLEUP, Cooperativa Libreria Editrice Università di Padova.
- Sehrt, M., Bossdorf, O., Freitag, M., Bucharova, A., 2020. *Less is more! Rapid increase in plant species richness after reduced mowing in urban grasslands*. Basic and Applied Ecology, 42, 47-53.
- Shanahan, D.F., Lin, B.B., Bush, R., Gaston, K.J., Dean, J.H., Barber, E., Fuller, R.A., 2015. *Toward improved public health outcomes from urban nature*. American journal of public health, 105(3), 470-477.
- Soga, M., Gaston, K.J., 2016. *Extinction of experience: the loss of human-nature interactions*. Frontiers in Ecology and the Environment, 14(2), 94-101.
-

-
- Song, C., Ikei, H., Miyazaki, Y., 2016. *Physiological effects of nature therapy: A review of the research in Japan*. International journal of environmental research and public health, 13(8), 781.
- Song, Y.H., Shim, J.S., Kinmonth-Schultz, H.A., Imaizumi, T., 2015. *Photoperiodic flowering: time measurement mechanisms in leaves*. Annual review of plant biology, 66, 441-464.
- Steiner, E., Stubbe, W., 1984. *A contribution to the population biology of Oenothera grandiflora L'Her.* American Journal of Botany, 71(9), 1293-1301.
- Sugden, A.M., 2020. *Floral recovery from accidents*. Science, 368(6491), 617-618.
- Sutcliffe, O.L., Kay, Q.O.N., 2001. *Changes in the arable flora of central southern England since the 1960s*. Biological Conservation, 93, 1-8.
- Sutherland, S., 2004. *What makes a weed: life story traits of native and exotic plants in the USA*. Oecologia 141, 24-39.
- Takkis, K., Tschulin, T., Petanidou, T., 2018. *Differential effects of climate warming on the nectar secretion of early-and late-flowering Mediterranean plants*. Frontiers in Plant Science, 9, 874.
- Tas, I.C.Q., Van Dijk, P.J., 1999. *Crosses between sexual and apomictic dandelions (Taraxacum). I. The inheritance of apomixis*. Heredity, 83, 715-721.
- Traveset, A., Sáez, E., 1997. *Pollination of Euphorbia dendroides by lizards and insects: spatio-temporal variation in patterns of flower visitation*. Oecologia, 111(2), 241-248.
- Ulrich, R.S., 1993. *Biophilia, biophobia, and natural landscapes*. The biophilia hypothesis, 7, 73-137.
- Ungricht, S., Mueller, A., Dorn, S., 2008. *A taxonomic catalogue of the Palaearctic bees of the tribe Osmiini (Hymenoptera: Apoidea: Megachilidae)*. Zootaxa, 1865(1), 1-253.
- Van Assche, J.A., Vandeloos, F., 2010. *Combinational dormancy in winter annual Fabaceae*. Seed Science Research, 20, 237-242.
- Van der Kooij, C.J., 2016. *Plant biology: flower orientation, temperature regulation and pollinator attraction*. Current Biology, 26(21), R1143-R1145.
- Van Schie, C.C.N., Haring, M.A., Schuurink, R.C., 2006. *Regulation of terpenoid and benzenoid production in flowers*. Current Opinion in Plant Biology, 9, 203-206.
- Vandeloos, F., Van Assche, J.A., 2008. *Deep complex morphophysiological dormancy in Sanicula europaea (Apiaceae) fits a recurring pattern of dormancy types in genera with an Arcto-Tertiary distribution*. Botany, 86, 1370-1377.
- Vandeloos, F., Van de Moer D., Van Assche, J.A., 2008. *Environmental signals for seed germination reflect habitat adaptations in four temperate Caryophyllaceae*. Functional Ecology, 22, 470-478.
- Vannucchi, F., Pini, R., Scatena, M., Benelli, G., Canale, A., Bretzel, F., 2018. *Deinking sludge in the substrate reduces the fertility and enhances the plant species richness of extensive green roofs*. Ecological Engineering, 116, 87-96.
- Veits, M., Khait, I., Obolski, U., Zinger, E., Boonman, A., Goldshtein, A., Saban, K., Seltzer, R., Bendor, U., Estlein, P., Kabat, A., Peretz, D., Ratzersdorfer, I., Krylov, S., Chamovitz, D., Sapir, Y., Yovel, Y., Hadany, L., 2019. *Flowers respond to pollinator sound within minutes by increasing nectar sugar concentration*. Ecology letters 22, 1483-1492.
- Vigna Taglianti, A., Zapparoli, M., 2006. *Insetti di Roma-biodiversità in un ecosistema urbano*. Museo di Zoologia.
- Vleeshouwers, L.M., Bouwmeester, H.J., 2001. *A simulation model for seasonal changes in dormancy and germination of weed seeds*. Seed Science Research, 11, 77-92.
- Vogler, D.W., Kalisz, S., 2001. *Sex among the flowers: the distribution of plant mating systems*. Evolution, 55(1), 202-204.
- Wäckers, F.L., Romeis, J., Van Rijn, P., 2007. *Nectar and pollen feeding by insect herbivores and implications for multitrophic interactions*. Annual Review of Entomology, 52, 301-323.
- Warner, R.M., Erwin, J.E., 2001. *Variation in floral induction requirements of Hibiscus sp.* Journal of the American Society for Horticultural Science, 126(3), 262-268.
- Waser, N.M., 1986. *Flower constancy: definition, cause, and measurement*. American Naturalist, 593-603.
- Weber, E., Gut, D., 2005. *A survey of weeds that are increasingly spreading in Europe*. Agronomy for Sustainable Development, 25, 109-121.
- Whitaker, P., 2011. *The nature and landscape of art therapy*. In: Moon, C. H. (Ed.), Materials & Media in art therapy: Critical understandings of diverse artistic vocabularies, Routledge, pp. 151-168.
- Wilson, E.O., 2017. *Biophilia and the conservation ethic*. In: Penn, D.J., Mysterud, I.E., (Eds.), Evolutionary perspectives on environmental problems. Transaction Publishers, pp. 263-272.
- Wonjung, K., Gilet, T., Bush, J.W.M., 2011. *Optimal concentrations in nectar feeding*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 108, 16618-21.
-

-
- Wright, G.A., Baker, D.D., Palmer, M.J., Stabler, D., Mustard, J.A., Power, E.F., Borland, A.M., Stevenson, P.C., 2013. *Caffeine in floral nectar enhances a pollinator's memory of reward*. *Science*, 339, 1202-1204.
- Wyatt, R., 1988. Phylogenetic aspects of the evolution of self-pollination. In: Gottlieb, L. (Ed.), *Plant evolutionary biology* Springer, Dordrecht, pp. 109-131.
- Young, H.J., 2002. *Diurnal and nocturnal pollination of Silene alba (Caryophyllaceae)*. *American Journal of Botany*, 89 (3), 433-440.

3. GESTIONE DEGLI ECOSISTEMI E CONSERVAZIONE DEGLI HABITAT SEMI-NATURALI PER FAVORIRE IL SODALIZIO PIANTA-INSETTI

3.1 Strategie per la diffusione di specie floristiche e di nicchie per gli apoidei nel miglioramento della qualità ambientale

La Convenzione sulla Diversità Biologica ha messo in risalto l'importanza degli impollinatori e dei servizi ecosistemici che essi forniscono per conseguire diversi obiettivi di sviluppo sostenibile tra quelli stabiliti dalle Nazioni Unite (CBD13, CBD14). Gli impollinatori e l'impollinazione sono stati riconosciuti come essenziali per i sistemi agricoli e ambientali e meritevoli di strategie adeguate per la loro protezione.

Anche se l'urbanizzazione è una causa importante di perdita di habitat a livello globale, la maggior parte delle minacce agli impollinatori si verifica in territori non urbani. In particolare i paesaggi agricoli intensivi sono inadatti allo sviluppo delle colonie di apoidei a causa delle risorse di foraggiamento limitato (Saville *et al.*, 1997; Svensson *et al.*, 2000) e al massiccio uso di fitofarmaci. Rispetto a paesaggi diversificati nei paesaggi agricoli a gestione intensiva la diversità degli impollinatori selvatici è significativamente ridotta (O'Toole, 1993), come il loro contributo all'impollinazione delle colture (Potts *et al.*, 2010). Perdita di risorse foraggere derivante da frammentazione degli habitat e intensificazione agricola sono responsabili del calo di bombi e altri apoidei selvatici segnalato in Europa e Nord America (Darvill *et al.*, 2006; Decourtye *et al.*, 2010; Goulson *et al.*, 2008; Grixti *et al.*, 2009). Nella programmazione degli interventi di ripristino, mitigazione e gestione sono da tenere ben presenti le minacce per gli impollinatori. I monitoraggi testimoniano che la progressiva diminuzione delle specie pronube nelle aree fortemente antropizzate (Rasmont *et al.*, 2005; Biesmeijer *et al.*, 2006; Bommarco *et al.*, 2012) è dovuta alle attività umane: sottrazione di suolo, uso di agrofarmaci, cambiamenti negli indirizzi culturali, urbanizzazione, inquinamento, eccessivo sfruttamento dei pascoli, cambiamenti climatici e diffusione di parassiti e malattie veicolate dall'introduzione di specie aliene invasive (Rossi *et al.*, 2015). Per mantenere la loro biodiversità è necessario non solo avere un ambiente sano, ma favorire ovunque sia possibile consorzi naturali e difenderne la qualità ecologica.

A livello sia di COP che di Unione Europea si sta dando particolare importanza al riconoscimento delle pratiche amiche degli impollinatori anche tramite sistemi di certificazione: favorire colture a fioritura di massa a beneficio degli impollinatori, diversificare i sistemi agricoli e le risultanti risorse alimentari e habitat degli impollinatori attraverso approcci come rotazioni delle colture, intercropping, orti domestici, agroforestry, agricoltura biologica e agroecologia, Preservare o ripristinare gli habitat per gli impollinatori nei terreni agricoli, aree urbane e sviluppare adeguati corridoi naturali.

È stata rilevata la necessità di incentivi per gli agricoltori e gli allevatori per incoraggiare l'adozione di pratiche compatibili con gli impollinatori (ad esempio misure di sequestro del carbonio per aumentare l'habitat degli impollinatori; gestione di aree non coltivate per foraggi impollinatori) e rimuovere o ridurre gli incentivi dannosi (ad es. sussidi per pesticidi; incentivi all'uso di pesticidi come requisiti di credito delle banche).

Sono stati sviluppati vari piani d'azione nazionali o regionali (Tabella 3.1) per la conservazione degli impollinatori selvatici. Varie iniziative a livello di UE promuovono azioni congiunte, condivisione delle conoscenze e sensibilizzazione sugli impollinatori. I rappresentanti di dieci Stati membri dell'UE hanno firmato la "Dichiarazione della coalizione dei volenterosi sugli impollinatori", impegnandosi a sviluppare azioni nazionali per proteggerli insieme ai loro habitat e per sviluppare, facilitare e attuare strategie a favore degli impollinatori (Underwood *et al.*, 2017), coerenti con la valutazione IPBES (UN Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity, <https://ipbes.net/>).

Tabella 3.1 - Progetti Nazionali a favore degli Apoidei nell'Unione Europea (Underwood et al., 2020, con aggiornamenti)

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 nazionale 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.

Va ricordato che accanto a specie che si nutrono di una gran varietà di nettari e sono adattabili ad ambienti anche fortemente alterati, purchè con sufficiente disponibilità trofica, come la stessa *Apis mellifera*, ve ne sono altre ad attitudine maggiormente ristretta (oligolettiche) che necessitano di taxa floristici specifici per la loro sopravvivenza (Tabella 3.2). Per alcune specie di apoidei oligolettiche, come ad esempio quelle legate alle fabaceae, la disponibilità di aree coltivate, prima della diffusione dell'agricoltura intensiva, ha rappresentato probabilmente un'opportunità per l'espansione del proprio areale. Ma sono molte le specie impattate dall'agricoltura intensiva e dalla banalizzazione degli habitat con perdita delle specie vegetali necessarie per il foraggiamento (Pekkarinen, 1998) e la nidificazione.

Tabella 3.2 - Apoidei oligolettici impollinatori delle più importanti famiglie botaniche italiane

Famiglia	Taxa
Apiaceae	<i>Andrena nitidiuscula</i> , <i>Andrena rosae</i>
Araliaceae	<i>Colletes succinctus</i>
Asteraceae	<i>Andrena fulvago</i> , <i>Andrena humilis</i> , <i>Colletes daviesanus</i> , <i>Colletes dimidiatus</i> , <i>Colletes fodiens</i> , <i>Colletes similis</i> , <i>Dasypoda pyriformis</i>
Brassicaceae	<i>Andrena agilissima</i> , <i>Andrena distinguenda</i> , <i>Andrena (Biareolina) lagopus</i> , <i>Andrena niveata</i> , <i>Andrena tscheki</i> , <i>Osmia brevicornis</i>
Boraginaceae	<i>Andrena symphyti</i> (soprattutto su <i>Symphytum</i>), <i>Hoplitis adunca</i> , <i>Hoplitis anthocopoides</i> , <i>Hoplitis mitis</i>
Campanulaceae	<i>Andrena curvungula</i> , <i>Lasioglossum costulatum</i> , <i>Melitta hemorroidalis</i> , <i>Osmia mitis</i>
Cistaceae	<i>Dasypoda cingulata</i>
Cucurbitaceae	<i>Andrena florea</i> (soprattutto su <i>Bryonia dioica</i>)
Dipsacaceae	<i>Andrena marginata</i> , <i>Andrena hattorfiana</i> , <i>Dasypoda argentata</i> , <i>Dasypoda aurata</i> , <i>Dasypoda braccata</i> , <i>Dasypoda (Megadasypoda) spinigera</i> , <i>Dasypoda spinigera</i>
Epilobiaceae	<i>Megachile nigriventris</i> , <i>Megachile rotundata</i>
Ericaceae	<i>Andrena fuscipes</i> , <i>Andrena hattorfiana</i> , <i>Colletes succinctus</i>
Fabaceae	<i>Andrena intermedia</i> , <i>Andrena lathyri</i> , <i>Eucera interrupta</i> , <i>Eucera longicornis</i> , <i>Megachile ericetorum</i> , <i>Megachile rotundata</i> , <i>Melitta dimidiata</i> (soprattutto su <i>Onobrychis</i>) <i>Melitta leporina</i> , <i>Nomia melanderi</i>
Lamiaceae	<i>Anthophora furcata</i>
Liliaceae	<i>Hylaeus punctulatus</i>
Lythraceae	<i>Melitta nigricans</i> , <i>Tetralonia salicariae</i>
Malvaceae	<i>Dasypoda cingulata</i>
Orobanchaceae	<i>Melitta tricincta</i>

Polygonaceae	<i>Andrena barbareae</i>
Ranunculaceae	<i>Bombus gerstaeckeri</i>
Resedaceae	<i>Hylaeus signatus</i>
Salicaceae	<i>Colletes cunicularius</i>
Scrophulariaceae	<i>Andrena viridescens</i>

In generale l'abbondanza di fioritura di un'unica tipologia agricola, anche se visitata dalle api domestiche, può favorire lo sviluppo di colonie di apoidei selvatici solo se il paesaggio include habitat seminaturali che forniscano foraggio sufficiente durante i periodi in cui il raccolto non è in fiore (Herrmann *et al.*, 2007, Knight *et al.*, 2009, Westphal *et al.*, 2009) e, a seconda della biologia delle specie, anche habitat favorevoli alla nidificazione (Carreck e Williams, 2002; Kremen *et al.*, 2004; Heard *et al.*, 2007). Anche sistemi agricoli complessi con molte tipologie produttive di piante pollinifere o nettariifere e bordure semi-naturali con diversificazione fenologica stagionale possono facilitare lo sviluppo di apoidei e altri impollinatori selvatici (Rao e Stephen, 2010).

A questo riguardo va rilevata la significativa attenzione data dalle politiche europee a interventi come la diversificazione delle colture, il mantenimento di prati permanenti, il mantenimento o la neoformazione di aree di interesse ecologico. Fra gli interventi si annoverano pagamenti diretti agli agricoltori che costituiscono delle fasce tampone per gli impollinatori e lasciano a riposo i terreni, pratica che favorisce piante ricche di nettare e polline e misure agroambientali nell'ambito dei programmi di sviluppo rurale. È stato per altro rilevato che è stato ampiamente dimostrato che l'aumento di flora spontanea sostiene la presenza d'insetti utili piuttosto che dei fitofagi (Blaauw e Isaacs, 2014).

I programmi nell'ambito della politica agricola comune forniscono finanziamenti agli agricoltori svolgere per l'agricoltura con uso di pesticidi ridotto o assente o per preservare o creare aree ricche di fiori o habitat che forniscano risorse alimentari per impollinatori selvatici. Altri importanti incentivi sostengono gli agricoltori nell'attuare sistemi di agricoltura sostenibile nelle zone Natura 2000 e ad investire nell'agricoltura biologica (Commissione Europea, 2018). Tuttavia, la decisione COP13 e la Risoluzione del Parlamento europeo sul piano d'azione per natura, persone ed economia, approvato il 15 novembre 2017 (Parlamento europeo, 2017), sottolinea che è necessaria un'azione più forte.

È, tuttavia, relativamente facile, rispettando elementari norme di ecologia vegetale, la valorizzazione anche di ambienti strutturalmente poveri di risorse quali quelli artificiali, attraverso la creazione e il mantenimento di habitat significativi dal punto di vista floristico, in grado di supportare insetti benefici per le attività agricole (Long *et al.*, 1998; Kells, Holland e Goulson, 2001; Sheffield *et al.*, 2008).

Adeguati programmi di restauro ambientale possono offrire il massimo supporto per gli apoidei in paesaggi semplificati quali quelli a matrice agricola intensiva o urbana, con l'aggiunta del valore paesaggistico rappresentato dalle fioriture (Scheper *et al.*, 2013). Inserire un'elevata varietà erbe e fiori selvatici indigeni nelle pratiche di gestione del territorio permette la sopravvivenza di habitat sostenibili per gli impollinatori, migliora i servizi ecosistemici, favorisce la sopravvivenza di specie.

Nonostante l'elevata abbondanza di api, una completa comunità di visitatori dei fiori è più efficiente nei servizi di impollinazione di singole specie generaliste (Klein *et al.*, 2003; Greenleaf e Kremen, 2006).

In area urbana molto proficua risulta l'inclusione di specie indigene di interesse floristico nella programmazione di corridoi ecologici, aiuole, parchi, alberature e altri spazi verdi. Nella composizione floristica degli spazi verdi va tenuto presente che le specie appartenenti ad alcune famiglie (*Colletidae*, *Andrenidae*, *Halictidae*, *Melittidae*) possiedono una ligula corta che consente di bottinare solo fiori con una corolla poco profonda (ad es. *Apiaceae* e *Asteraceae*). Altre (*Megachilidae*, *Apidae*) hanno una ligula più adatta a corolle più profonde (ad es. *Ericaceae*). Solo alcune specie di grandi dimensioni come i *Bombus* sono in grado di forzare le aperture di molte Scrophulariaceae o di azionare i meccanismi a bilanciere del fiore delle Lamiaceae. Alcune specie per la loro efficienza nell'impollinazione sono di particolare interesse agrario come le Osmie per varie specie di *Prunus* e i Megachilidi per l'erba medica (*Medicago sativa*).

Anche la gestione forestale può causare la rarefazione degli apoidei se non è sostenibile e rispettosa di importanti nicchie ecologiche. Le cavità di vecchi tronchi marcescenti possono ad esempio ospitare numerose specie come ad es. *Heriades truncorum* (Figura 3.1), *Hylaeus communis*, *Megachile rotundata*, *Osmia caerulea* (Figura 3.2), *Osmia leaiana*, *Osmia bicornis*, *Stelis nasuta*, *Xylocopa violacea* per cui il mantenimento di tronchi morti in piedi appare importante per la loro sopravvivenza.



Figura 3.1 - *Heriades truncorum* in foraggiamento su *Carlina* (Foto Wikimedia Commons)



Figura 3.2 - *Osmia caerulescens* (Foto Wikimedia Commons)

Come importante strumento per l'identificazione delle emergenze rappresentate dalle specie a rischio di estinzione è stata recentemente pubblicata la Lista Rossa Italiana degli Apoidei (Quaranta *et al.*, 2018) che pone in evidenza la necessità di maggiori studi per valutare i livelli di rischio e le caratteristiche ecologiche delle pressioni specifiche.

3.2 Specie floristiche legnose spontanee e coltivate di interesse apistico e decoro urbano

La conoscenza degli impollinatori urbani e delle loro caratteristiche favorisce indirizzi e programmazioni atti a garantire la gestione sostenibile delle aree verdi, degli orti e delle aree agricole cittadine, ma anche un aumento di biodiversità nei parchi e giardini privati.

In Europa la maggior parte della popolazione umana vive in città, in ambiti di deserto ecologico urbano, ma con scarso apporto di pesticidi usati a livello locale per la lotta agli insetti molesti. Le aree urbane, in particolare se includono parchi e zone agricole a conduzione tradizionale, presentano una maggiore disponibilità di nicchie rispetto alle grandi estensioni ad agricoltura intensiva (Bellucci *et al.*, 2016; ISPRA, 2017).

L'integrazione tra politiche a favore degli impollinatori e il miglioramento dello stato ecologico urbano rappresentano una sinergia pienamente in linea con le attuali strategie europee per la qualità urbana (Decisione n. 1411/2001/CE; Comunicazione della Commissione 11 febbraio 2004).

Molte specie di pregio floristico e ornamentale sono ampiamente utilizzabili in area urbana rappresentando di per se importanti oasi per la nidificazione e l'alimentazione degli apoidei e, più in generale, degli insetti impollinatori. Organizzare il verde ornamentale in funzione delle fioriture permette di avere seguendone la fenologia, oltre a costanti emergenze estetiche, anche fonti di alimentazione a disposizione dell'entomofauna, ma anche di piccoli mammiferi, rettili e uccelli. Per avere la massima qualità delle risorse trofiche e la massima diversità specifica è opportuna un'equidistribuzione delle specie vegetali di nuovo impianto e lasciare per quanto possibile aree naturaliformi che consentono inoltre di risparmiare sulla gestione.

Le alberature stradali e dei parchi rappresentano un'importante tratto fisionomico del verde urbano. Alcune di esse hanno rilevante interesse sia dal punto di vista pollinifero, che nettariofero, rappresentando in vari periodi dell'anno importanti fonti trofiche. Tra le specie arboree sono di interesse apistico, oltre che a specie indigene come *Acacia dealbata*, *Robinia pseudoacacia* e *Ailanthus altissima*, che nelle aree interstiziali e marginali delle aree urbane si moltiplicano facilmente fino a formare consorzi similitanei importanti anche per molti altri organismi viventi. Si tratta di specie e genericamente considerate invasive, ma in realtà, proprio per la loro diffusione spontanea in aree degradate molto importanti per il mantenimento delle colonie di apoidei in aree urbane.

La scelta degli alberi deve seguire logiche ecologiche, pedologiche e ornamentali, distinguendo i vari ambiti di impianto in relazione alla profondità del suolo, all'ampiezza della parcella, alla distanza da edifici, linee di comunicazione e altri ambiti infrastrutturali. Per favorire gli apoidei le logiche di impianto dovrebbero mirare a consorzi misti con alternanza di specie anche in relazione alla loro fenologia e il rispetto della flora spontanea di interesse apistico (Tabella 3.3).

Tabella 3.3 - Funzionalità di specie arboree ornamentali e autoctone per l'alimentazione degli apoidei, habitat e zona climatica di riferimento (interesse *** molto alto, ** medio, * scarso)

Specie	Fenologia	Nettare	Polline	Altri prodotti Melata	Principali taxa visitatori	Habitat e zona climatica di riferimento in Italia
Abete bianco (<i>Abies alba</i>)	Apr-Giu		*	Melata Tra le migliori esistenti in Europa		Foreste montane di conifere e miste subalpine, orotemperate e oromediterranee..
Acacia di Costantinopoli (<i>Albizia julibrissin</i>)	Giu-Ago	*	**			Specie asiatica temperata largamente diffusa come ornamentale.
Aceri (<i>Acer</i> sp. pl.)	Apr-Mag	**	**	Melata, propoli	<i>Andrena, Bombus, Osmia</i>	Foreste temperate
Agrumi (<i>Citrus</i> sp. pl.)	Apr-Mag	***	***		<i>Bombus Xylocopa violaceae</i>	Gli agrumi sono largamente utilizzati come specie ornamentali in ambito urbano.
Ailanto (<i>Ailanthus altissima</i>)	Giu-Lug	***	**			Alloctona di origine asiatica invasiva nei climi temperati in ambiti sinantropici.
Albero dei tulipani (<i>Liriodendron tulipifera</i>)	Giu-Lug	***				Neofita casuale originaria dell'America settentrionale, diffusa per scopi ornamentali.
Albro di Giuda (<i>Cercis siliquastrum</i>)	Mar-Apr	**	**	Melata, propoli	<i>Bombus</i>	Foreste supra-mediterranee e temperate.
Alloro (<i>Laurus nobilis</i>)	Apr-Mag	*	***			Boschi e macchie termo-mediterranee
Betulla (<i>Betula pendula</i>)				Melata, propoli		Foreste temperate montane e subalpine.
Carrubo (<i>Ceratonia siliqua</i>)	Ago-Dic, Gen	**	**			Boschi e macchia termo-mediterranea.
Castagno (<i>Castanea sativa</i>)	Mag	***	***	Melata, propoli	<i>Bombus</i>	Foreste temperate e supra-mediterranee collinari e montane su substrati acidi. Espanso al di fuori del suo areale.
Catalpa (<i>Catalpa bignonioides</i>)	Mag-Giu	*	*		<i>Xylocopa</i>	Neofita casuale originaria dall'America settentrionale localmente naturalizzata.
Ciliegio (<i>Prunus avium</i>)	Apr-Mag	**	**		<i>Andrena, Bombus, Osmia, Xylocopa violacea</i>	Foreste e cespuglieti temperati. Diffuso dalle pratiche agricole e forestali.
Cipresso (<i>Cupressus sempervirens</i>)	Feb-Mag		**		Apidae	Originario del Mediterraneo orientale, largamente utilizzato come ornamento ma solo localmente naturalizzato.
Eucalipti (<i>Eucalyptus</i> sp. pl.)	Gen-Giu, Nov-Dic	***	***	Melata, propoli	<i>Bombus</i>	Originari dell'Australia sono tra le più importanti essenze per i miei uniflorali in ambito mediterraneo.
Faggio (<i>Fagus sylvatica</i>)	Mag		*	Melata, propoli	Apidae	Foreste supra- e oro temperate e oro-mediterranee con piccoli residui anche in condizioni

						submediterranee collinari.
Frassino maggiore (<i>Fraxinus excelsior</i>)	Mar-Apr		***	Melata	Apidae	Foreste temperate
Ippocastano (<i>Aesculus hippocastaneus</i>)	Apr-Mag	*	*	propoli	<i>Andrena, Bombus, Lasioglossum</i>	Neofita casuale di origine illirica coltivata da tempo come pianta ornamentale.
Lauroceraso (<i>Prunus laurocerasus</i>)		***	***		<i>Xylocopa violacea</i>	Originario dell'Asia Minore ed Europa orientale, largamente usato come ornamentale
Melo selvatico (<i>Malus sylvestris</i>)	Apr-Mag	**	**		<i>Bombus</i>	Foreste e cespuglieti temperati. Diffuso anche come portainnesti per <i>Malus domestica</i> .
Mimosa (<i>Acacia dealbata</i>)	Feb-Mar	***	*		<i>Bombus</i>	Specie Australiana naturalizzata e talora con carattere invasivo in Lazio, Liguria e Toscana.
Noce (<i>Juglans regia</i>)	Apr-Mag		**		<i>Xylocopa violacea</i>	Originaria dell'Asia occidentale è stata largamente diffusa in ambito agricolo in tutta la fascia temperata.
Ontani (<i>Alnus glutinosa, Alnus cordata</i>)	Feb-Apr	*		Melata, propoli	Apidae	Foreste umide e ripariali. Utilizzabili nel recupero dei corridoi ecologici fluviali (<i>Alnus glutinosa</i>) e dei versanti (<i>Alnus cordata</i>).
Orniello (<i>Fraxinus ornus</i>)	Apr-Giu		***	Melata	Apidae	Foreste temperate e submediterranee.
Palma nana (<i>Chamaerops humilis</i>)	Mag-Giu		**		Apidae	Macchia termo-mediterranea.
Pero mandorlino (<i>Pyrus spinosa</i>)	Apr-Mag	**	**	Melata	<i>Andrena, Bombus, Osmia cornuta, Xylocopa violacea</i>	Boschi e cespuglieti mediterranei e temperati.
Pero selvatico (<i>Pyrus communis</i>)	Apr-Mag	**	**		<i>Andrena, Bombus, Osmia cornuta, Bombus, Xylocopa</i>	Foreste e cespuglieti temperati.
Pioppi bianchi (<i>Populus alba, P. canescens</i>)	Feb-Mar		***		Apidae	Boschi ripariali e golenali temperati e mediterranei. Uso nel recupero dei corridoi ecologici fluviali e nella fitodepurazione. Sulle gemme le api raccolgono molta propoli.
Pioppo nero (<i>Populus nigra</i>)	Mar-Apr		***	Melata	Apidae	Boschi ripariali e golenali temperati e mediterranei. Uso nel recupero dei corridoi ecologici fluviali e nella fitodepurazione. Sulle gemme dei Pioppi le api raccolgono molta propoli.
Pioppo tremolo (<i>Populus tremula</i>)	Feb- Apr		***		Apidae	Boschi ripariali e golenali temperati. Uso nel recupero dei corridoi ecologici fluviali e nella fitodepurazione. Sulle gemme dei Pioppi le api

						raccogliono molta propoli.
Robinia (<i>Robinia pseudoacacia</i>)	Mag-Giu	***	*		<i>Bombus</i> , <i>Xylocopa</i>	Originaria del nord America si riproduce facilmente in tutti gli ambienti antropizzati assumendo talora carattere invasivo.
Salice bianco (<i>Salix alba</i>)	Mar-Apr	***	***	Melata molto apprezzata sui mercati europei, ma poco diffusa in Italia	<i>Andrena</i> , <i>Colletes</i> , <i>Osmia</i> , <i>Lasioglossum</i>	Foreste e cespuglieti ripariali. Uso nel recupero dei corridoi ecologici fluviali e nella fitodepurazione.
Tiglio americano (<i>Tilia americana</i>)	Giu-Lug	***	**	Melata	<i>Andrena</i> , <i>Bombus</i> , <i>Halictus</i> , <i>Lasioglossum</i>	Originaria del nord America largamente usata come specie ornamentale.
Tiglio nostrano (<i>Tilia platyphyllos</i>)	Mag-Giu	***	**	Melata	<i>Andrena</i> , <i>Bombus</i> , <i>Halictus</i> , <i>Lasioglossum</i>	Foreste temperate.
Tiglio selvatico (<i>Tilia cordata</i>)	Giu-Lug	***	**	Melata	<i>Andrena</i> , <i>Bombus</i> , <i>Halictus</i> , <i>Lasioglossum</i>	Foreste temperate.

L'arricchimento di specie arbustive della flora urbana e nelle aree ad agricoltura intensiva, insieme alla possibilità di costituire appropriati corridoi ecologici, incrementa notevolmente la disponibilità di nicchie. Come per gli alberi anche in questo caso una buona distribuzione delle specie nella programmazione di opere di recupero e mitigazione può ampliare la disponibilità di risorse trofiche per gli apoidei e altri impollinatori nel corso delle stagioni.

Tabella 3.4 - Funzionalità di specie arbustive e lianose ornamentali e spontanee nelle aree urbane per l'alimentazione degli apoidei (Interesse per gli apoidei *** molto alto, ** medio, * scarso).

Specie	Fenologia	Nettare	Polline	Generi visitatori	Habitat e ambiti climatici di riferimento
Corbezzolo (<i>Arbutus unedo</i>)	Ott-Dic, Gen	***		<i>Anthophora</i> , <i>Bombus</i> , <i>Colletes</i> <i>succinctus</i>	Boschi e macchie mediterranee
Crespino dell'Etna (<i>Berberis aetnensis</i>)	Mag-Giu	*	*	<i>Andrena</i> , <i>Xylocopa</i>	Boschi e macchie supra e oromediterranee
Crespino (<i>Berberis vulgaris</i>)	Apr-Giu	*	*	<i>Andrena</i> , <i>Xylocopa</i>	Boschi e macchie supramediterranee e temperate
Bosso (<i>Buxus sempervirens</i>)	Mar-Apr	*	*	<i>Bombus</i> , <i>Osmia</i>	Specie originaria di ambiti subatlantici e submediterranei su substrati calcarei.
Brugo (<i>Calluna vulgaris</i>)	Ago-Nov	*	**	<i>Bombus</i> , <i>Colletes</i>	Brughiere atlantiche, subatlantiche e submediterranee.
Cisti (<i>Cistus</i> sp.pl.)	Apr-Mag		***	<i>Dasygoda</i>	Garighe e macchie mediterranee.
Corniolo (<i>Cornus mas</i>)	Feb-Apr	*	***	<i>Andrena</i>	Boschi e cespuglieti temperati.
Sanguinella (<i>Cornus sanguinea</i>)	Apr-Giu	*	***	<i>Andrena</i>	Boschi e cespuglieti temperati.
Cotognastro (<i>Cotoneaster</i> sp.pl.)	Apr-Mag	*	*	<i>Xylocopa violacea</i>	Macchia mediterranea e cespuglieti submediterranei.
Biancospino (<i>Crataegus monogyna</i>)	Apr-Giu	**	**	<i>Andrena</i> , <i>Lasioglossum</i> , <i>Osmia</i>	Boschi e cespuglieti temperati.
Citiso a foglie sessili (<i>Cytisophyllum sessilifolius</i>)	Apr-Giu	*	***	<i>Anthophora</i> , <i>Bombus</i>	Boschi e cespuglieti mediterranei e submediterranei.
Ginestra dei carbonai (<i>Cytisus scoparius</i>)	Mag-Giu	*	***	<i>Anthophora</i> , <i>Bombus</i>	Boschi e cespuglieti subatlantici.
Citiso trifloro (<i>Cytisus villosus</i>)	Feb-Apr	*	***	<i>Anthophora</i> , <i>Bombus</i>	Boschi e cespuglieti mediterranei e submediterranei.

Erica arborea (<i>Erica arborea</i>)	Mar-Mag	***	***	<i>Bombus, Colletes succinctus, Lasioglossum</i>	Boschi e cespuglieti mediterranei.
Berretta del prete (<i>Euonymus europaeus</i>)	Apr-Lug	*	*	<i>Lasioglossum</i>	Boschi e cespuglieti temperati.
Fusaggine maggiore (<i>Euonymus latifolius</i>)	Mag-Giu	*	*	<i>Lasioglossum</i>	Boschi e cespuglieti temperati e supramediterranei.
Fusaggine rugosa (<i>Euonymus verrucosus</i>)	Apr-Giu	*	*	<i>Lasioglossum</i>	Boschi e cespuglieti subcontinentali e submediterranei.
Ginestra (<i>Genista</i> sp.pl.)	Mag-Giu	**	**	<i>Andrena similis, Ceratina, Xylocopa violacea</i>	Cespuglieti e praterie mediterranee e temperate.
Edera (<i>Hedera helix</i>)	Set-Ott	***	***	<i>Colletes succinctus</i>	Boschi e cespuglieti mediterranei e temperati. Diffusa per scopi ornamentali.
Ibisco (<i>Hibiscus syriacus</i>)	Giu-Ago	*	*	<i>Halictus</i>	Importata per scopo ornamentale dall'Asia occidentale.
Melo fiorentino (<i>Malus florentina</i>)	Mag	**	**	<i>Andrena, Osmia</i>	Boschi e cespuglieti mediterranei e temperati.
Prugnolo (<i>Prunus spinosa</i>)	Feb-Apr	**	**	<i>Andrena, Bombus, Osmia</i>	Boschi e cespuglieti mediterranei e temperati.
Agazzino (<i>Pyracantha coccinea</i>)	Apr-Mag	**	**	<i>Xylocopa violacea</i>	Boschi e cespuglieti mediterranei e submediterranei
Alaterno (<i>Rhamnus alaternus</i>)	Feb-Apr	*	***	<i>Halictus, Lasioglossum, Xylocopa violaceae</i>	Boschi e cespuglieti mediterranei.
Spino cervino (<i>Rhamnus cathartica</i>)	Apr-Giu	*	***	<i>Halictus, Lasioglossum</i>	Boschi e cespuglieti temperati.
Rosa canina (<i>Rosa canina</i>)	Mag-Lug	*	**	<i>Andrena, Bombus, Osmia, Xylocopa violaceae</i>	Boschi e cespuglieti temperati.
Rosa sempreverde (<i>Rosa sempervirens</i>)	Mag-Giu	*	**	<i>Andrena, Bombus, Osmia, Xylocopa violaceae</i>	Boschi e cespuglieti mediterranei.
Rovi (<i>Rubus</i> sp.pl.)	Mag-Lug	**	**	<i>Andrena, Ceratina, Hylaeus, Lasioglossum</i>	Boschi e cespuglieti mediterranei e temperati.
Lillà (<i>Syringa vulgaris</i>)	Apr-Giu	*	*	<i>Anthophoridae, Bombus</i>	Esotica ornamentale.
Tamarici (<i>Tamarix</i> sp.pl.)	Apr-Mag	**	*	<i>Ceylaliectus variegatus, Halictus seladonius, Nomioides minutissimus, Pseudapis diversipes</i>	Cespuglieti ripariali e costieri su substrati subsalmastri.
Lantana (<i>Viburnum lantana</i>)	Apr-Giu	***	*	<i>Halictus, Lasioglossum</i>	Boschi e cespuglieti mediterranei e temperati.
Viburno opalo (<i>Viburnum opalus</i>)	Mag-Giu	***	*	<i>Lasioglossum</i>	Boschi e cespuglieti temperati.
Viburno tino (<i>Viburnum tinus</i>)	Gen-Giu, Ott-Dic	***	*	<i>Andrena, Lasioglossum</i>	Boschi e cespuglieti mediterranei.
<i>Wisteria sinensis</i>	Apr-Giu	***	**	<i>Xylocopa violaceae</i>	Esotica ornamentale.

Importanti ambiti per incrementare la biodiversità in area urbana sono gli orti urbani se gestiti in modo biologico e sostenibile. Dalla presenza ed efficienza degli impollinatori dipendono le stesse rese di molti prodotti. Ad esempio avendo periodo di volo tra fine febbraio-marzo le Osmie si prestano per impollinare colture a fioritura primaverile precoce come albicocco e susino. Sono usate anche per l'impollinazione del pero, poco gradito alle api, e di colture foraggere e orticole in serra, fragola e piccoli frutti. Tutte colture o condizioni in cui l'ape non si adatta facilmente o non porta una resa ottimale.



Foto 3.3 - *Osmia cornuta* su *Rosacea* (Foto BWARS - Bees Wasps and Ants Recording Society)



Figura 3.4 - *Megachile rotundata* su *erba medica* (Foto Peggy Greb in Wikipedia)

Esistono diverse colture per le quali l'Ape da miele risulta essere uno scarso impollinatore rispetto alle altre specie di Apoidei. Gli apoidei solitari ed i bombi (genere *Bombus*) si sono mostrati visitatori ed impollinatori molto efficienti e in taluni casi superiori all'ape (Heinrich, 1979; Vicidomini, 1998, 2004; Maccagni e Felicioli, 2005)

Alcuni esempi sono rappresentati dai Megachilidi come le *Osmia* (Figura 3.3), che impollinano numerose tipologie di colture arboree frutticole (Maeta, 1978) e *Megachile rotundata* (Figura 3.4), che impollina efficacemente l'Erba medica.

Le specie del genere *Osmia* si sono rivelate particolarmente vantaggiose per l'impollinazione degli alberi da frutto, in particolare Rosacee, perché molte specie trascorrono più tempo a impollinare queste colture rispetto a piante da fiore non bersaglio, se paragonate ad *A. mellifera*. Il range di foraggiamento corto (Batra, 1989) combinato con elevata costanza nella scelta fioreale (Matsumoto *et al.*, 2009) tende a mantenere le loro attività di impollinazione di *Osmia* entro i confini del frutteto. Inoltre sono api docili e raramente pungono (Batra, 1998), rendendole facili da gestire per i coltivatori.

Gli Apidi sociali del genere *Bombus*, soprattutto *Bombus terrestris*, impollinano numerose varietà e cultivar di Pomodoro in serra. *Heriades truncorum*, noto per visitare solo le Compositae, può concorrere all'impollinazione del Girasole in pieno campo (Ricciardelli D'Albore *et al.*, 1997). Molte altre specie concorrono con le loro frequenti visite all'impollinazione dei principali ortaggi e alberi da frutta (Tabella 3.5).

Tabella 3.5 - Qualità per l'alimentazione degli apoidei di specie coltivate (Interesse per gli apoidei *** molto alto, ** medio, * scarso)

Specie di interesse alimentare	Fenologia	Nettare	Polline	Taxa selvatici con visite frequenti
Aglione (<i>Allium sativum</i>)	Giu-Lug	*	**	<i>Andrena</i> , <i>Halictus</i> , <i>Hylaeus punctulatus</i> , <i>Xylocopa violacea</i>
Albicocco (<i>Prunus armeniaca</i>)	Mar-Mag	***	***	<i>Osmia bicornis</i> , <i>Osmia cornuta</i> , <i>Xylocopa violacea</i>
Arancio (<i>Citrus x aurantium</i>)	Ott-Apr	***	***	<i>Xylocopa violacea</i>
Asparago (<i>Asparagus officinalis</i>)	Mag-Giu	***	***	<i>Andrena agilissima</i> , <i>Andrena chrysopus</i> , <i>Andrena nycthemera</i> , <i>Osmia</i>
Carciofo (<i>Cynara cardunculus</i>)	Giu-Ago	*	*	<i>Bombus</i> , <i>Halictus quadricinctus</i> , <i>Halictus scabiosae</i> , <i>Xylocopa violacea</i>
Carota (<i>Daucus carota</i>)	Apr-Ott	***	***	<i>Andrena</i> , <i>Bombus</i> , <i>Halictus maculatus</i> , <i>Prosopis punctata</i>
Cavolo (<i>Brassica oleracea</i>)	Mar-Apr	***	***	<i>Andrena agilissima</i> , <i>Andrena distinguenda</i> , <i>Andrena flavipes</i> , <i>Andrena tscheki</i> , <i>Halictus maculatus</i> , <i>Xylocopa violacea</i>
Cicoria (<i>Cichorium intybus</i>)	Lug-Set	**	*	<i>Andrena minutula</i> , <i>Halictus scabiosae</i> , <i>Xylocopa violacea</i>
Cipolla (<i>Allium cepa</i>)	Giu-Ago	*	**	<i>Andrena</i> , <i>Nomia</i> , <i>Hylaeus punctulatus</i>
Cocomero (<i>Cucumis sativus</i>)	Giu-Lug	**	**	<i>Bombus</i> , <i>Megachilidae</i>
Colza (<i>Brassica napus</i>)	Mar-Ott	***	***	<i>Andrena aeneiventris</i> , <i>Andrena agilissima</i> , <i>Andrena distinguenda</i> , <i>Andrena flavipes</i> , <i>Andrena</i>

				<i>schmiedeknechti</i> , <i>Andrena ventricosa</i> <i>Andrena tscheki</i> , <i>Xylocopa violacea</i>
Erba medica (<i>Medicago sativa</i>)	Apr-Ott	***		<i>Megachile</i> , <i>Nomia</i>
Fava (<i>Vicia faba</i>)	Mar-Giu	***	***	<i>Andrena lathyri</i> , <i>Bombus</i> , <i>Lasioglossum</i> , <i>Osmia</i> , <i>Melitta</i> , <i>Xylocopa violacea</i>
Finocchio (<i>Foeniculum vulgare</i>)	Giu-Ott	**	*	<i>Andrena rosae</i> , <i>Andrena aeneiventris</i> , <i>Andrena</i> <i>ventricosa</i> , <i>Halictus maculatus</i> , <i>Halictus subauratus</i> , <i>Xylocopa violacea</i>
Fragola (<i>Fragaria vesca</i>)	Apr-Giu	*	*	<i>Andrena</i>
Girasole (<i>Helianthus annuus</i>)	Lug-Ott	***	***	<i>Andrena aeneiventris</i> , <i>Bombus</i> , <i>Halictus quadricinctus</i> , <i>Halictus scabiosae</i> , <i>Heriades truncorum</i>
Grano saraceno (<i>Fagopyrum esculentum</i>)	Lug-Ott	*	*	<i>Andrena aeneiventris</i> , <i>Andrena ventricosa</i> , <i>Prosopis</i> <i>punctata</i>
Kiwi (<i>Actinidia deliciosa</i>)	Mag-Giu			<i>Hylaeus</i> , <i>Xylocopa violacea</i>
Lampone (<i>Rubus idaeus</i>)	Mag-Lug	***	***	<i>Andrena</i> , <i>Bombus</i>
Limone (<i>Citrus limon</i>)	Mar-Giu, Set-Ott	***	***	<i>Osmia</i> , <i>Ceratina</i> , <i>Xylocopa</i>
Mandarino (<i>Citrus nobilis</i>)	Feb-Giu	***	***	<i>Osmia</i> , <i>Ceratina</i> , <i>Xylocopa</i>
Mandorlo (<i>Prunus dulcis</i>)	Feb-Mar	***	***	<i>Bombus</i> , <i>Osmia bicornis</i> , <i>Osmia cornuta</i>
Melanzana (<i>Solanum melongena</i>)		*	*	<i>Xylocopa violacea</i>
Melo (<i>Malus domestica</i>)	Apr-Mag	***	***	<i>Osmia bicornis</i> , <i>Xylocopa violacea</i>
Melone (<i>Cucumis melo</i>)	Giu-Ago	**	**	<i>Bombus</i> , <i>Ceratina</i> , <i>Lasioglossum malachurum</i>
Mirtillo americano (<i>Vaccinium corymbosum</i>)	Mag-Lug	***	*	<i>Bombus</i>
Pesco (<i>Prunus persica</i>)	Apr-Mag	***	***	<i>Bombus</i> , <i>Osmia bicornis</i> , <i>Osmia cornuta</i> , <i>Xylocopa</i> <i>violacea</i>
Pisello (<i>Pisum sativum</i>)	Apr-Giu	*	*	<i>Eucera</i> , <i>Xylocopa violacea</i>
Pomodoro (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	Lug-Ott	*	*	<i>Bombus terrestris</i>
Porro (<i>Allium porrum</i>)	Apr-Giu	**	*	<i>Andrena minutula</i> , <i>Andrena ovatula</i> , <i>Halictus maculatus</i>
Prugno o susino (<i>Prunus domestica</i>)	Mar-Apr	***	***	<i>Xylocopa violacea</i>
Rapa (<i>Brassica rapa</i>)	Mar-Ott	***	***	<i>Andrena aeneiventris</i> , <i>Andrena flavipes</i> , <i>Andrena</i> <i>schmiedeknechti</i> , <i>Andrena ventricosa</i>
Ruchetta (<i>Eruca vesicaria</i>)	Feb-Giu	*	*	<i>Anthophoridae</i>
Senape bianca (<i>Sinapis alba</i>)	Feb-Apr	*	*	<i>Andrena aeneiventris</i> , <i>Andrena flavipes</i> , <i>Andrena</i> <i>schmiedeknechti</i> , <i>Andrena ventricosa</i> , <i>Halictus</i> <i>maculatus</i>
Zucchini o zucchini (<i>Cucurbita pepo</i> L.)	Mag-Set	**		<i>Xylocopa</i> , <i>Ceratina tarsata</i>

3.3 Impollinatori, gestione ecologica degli ambienti antropici e naturali e salvaguardia della biodiversità

Gli impollinatori rappresentano in modo emblematico i numerosi fenomeni di retroazione presenti nel mondo naturale: dipendono dalla presenza di adeguati habitat e specie per la riproduzione, nidificazione e alimentazione e nello stesso favoriscono la diversità genetica delle specie e la diversità specifica degli ecosistemi, anche antropici, giacché le popolazioni di molte specie vegetali non possono sopravvivere in assenza di impollinatori.

Le condizioni migliori per la sopravvivenza della biodiversità è la varietà di ambienti e la loro naturalità. Il mantenimento e, ove necessario, il miglioramento di questi fattori strategici dovrebbe guidare le politiche di gestione del territorio a tutti i livelli.

Sia in ambito urbano che extraurbano per la sopravvivenza di specie e comunità di apoidei selvatici è necessaria la presenza di habitat per la nidificazione, oltre che per il foraggiamento. È quindi opportuna una particolare attenzione all'esistenza di habitat adeguati e, nel caso di specie che abitano nelle aeree urbane, opportuna sensibilizzazione della popolazione per un'adeguata convivenza.

Per quanto riguarda la nidificazione gli Apoidei selvatici possono essere suddivisi in tre categorie in funzione della localizzazione del loro nido (O'Toole e Raw, 2004): specie terricole che nidificano nel suolo, specie xilicole che proteggono la loro discendenza nel legno (morto o lavorato) e gradiscono la presenza di vegetazione senescente e vetusta, specie a nido libero costruito dalla femmina su supporti diversi e cleptoparassiti. Le femmine possono essere terricole (*Halictus mutabilis*) o xilicole, possono scavare una galleria o utilizzare cavità preesistenti e adattarle.

Le api nidificanti rappresentano la maggior parte delle specie di api, dominano negli habitat aperti (O'Toole e Raw, 2004; Michener, 2007) e scavano gallerie sotterranee terminate da camere o celle, che forniscono una massa di polline e nettare (Cane, 1991). Tutte le specie di *Andrenidae* e *Melittidae* sono nidificanti a terra, come la maggior parte delle specie di *Halictidae* e *Colletidae* (Michener, 2007). Per avere una buona possibilità di insediamento delle colonie di Apoidei che nidificano nel terreno (*Colletes*, *Andrena*, *Halictidae*) si deve porre particolare attenzione alla qualità suolo, che non deve essere compattato da eccessivo calpestio o disturbato da tecniche di gestione dannose.

Molti Apoidei che nidificano in cavità dei generi *Osmia*, *Xylocope* e *Megachile* hanno bisogno di materiali vegetali. Le femmine del genere *Hoplitis* nidificano in cavità preesistenti o in gallerie scavate nel terreno, tappezzando i nidi con materiali vari, soprattutto foglie o polpa vegetale, petali di fiori, legnetti e sassolini. *Osmia bicolor* può utilizzare gusci di chioccioline. Megachilidae e Apidae nidificano in fori preesistenti o scavano le proprie cavità in substrati solidi come steli di piante, fango o legno tenero (Roubik, 1989; Michener, 2007). Vaire specie appartenenti al genere *Osmia* spp., usano fango per separare le cellule e chiudere il nido e necessitano di aree umide nelle vicinanze, mentre *Heriades truncorum* usa resine e quindi ha bisogno della vicinanza di specie che siano in grado di produrne in quantità sufficiente (Amiet *et al.*, 2004; Michener, 2007).

Tra gli habitat di interesse apistico che maggiormente hanno risentito degli interventi antropici in tutto il territorio vi sono le zone umide a cui sono legati oltre a numerose specie di uccelli anche varie specie di apoidei selvatici. Le canne sono utilizzate per la nidificazione (generi *Osmia* e *Xylocopa*), mentre Pioppi e Salici forniscono grandi quantità di polline e le grandi specie ripariali delle famiglie Lythraceae e Epilobiaceae anche nettare. Questi ambienti, se ben gestiti, possono diventare efficienti corridoi ecologici in ambienti molto antropizzati come le zone agricole, industriali e urbane. La tutela e l'incremento di questi ambienti sono inoltre fondamentali nella costituzione di efficienti corridoi ecologici.

Nelle aree di rispetto lungo i corsi d'acqua si possono piantare essenze nettariifere indigene gradite alle api oltre a lasciar crescere le piante spontanee della zona come *Salix* e *Populus*, particolarmente interessanti per la dotazione di polline. L'efficienza di queste aree buffer deve tenere conto che alcuni apoidei volano fino a 500 m, mentre altri si spingono ad oltre 1.5 km.

Un certo numero di Apoidei possono nidificare nei muri che, negli agglomerati urbani rappresentano un'importante alternativa per la nidificazione [ad es. *Anthidium manicatum*, *Lasioglossum nitidulum*, *Megachile parietina* (Figura 3.5), *Osmia caerulescens*, *Osmia bicornis*, *Osmia leaiana* (Figura 3.6), *Stelis nasuta*]. L'*Osmia cornuta* e l'*Osmia rufa* in primavera costruiscono le loro celle di terra anche nei condotti di scorrimento dell'acqua, nei telai delle finestre o in profilati di plastica. Le api cleptoparassitarie depongono le loro uova nei nidi di altre api in modo che queste uova possano schiudersi e rubare il cibo e il nido (Wcislo, 1987).

Per ovviare alla mancanza di habitat (Fortel *et al.*, 2016) e anche con finalità educativo—didattiche si stanno diffondendo in tutta Europa i beeHotel, strutture nei parchi urbani cittadini in grado di accogliere

varie specie di apoidei (Figura 3.7) e che assolvono anche importanti funzioni didattiche. In Italia i primi sono stati il Bee hotel di Mantova¹ e Roma².

L'istituzione di neoeosistemi di opportuna composizione in grado di autoperpetuarsi, composti da specie indigene di interesse apistico coerenti con le caratteristiche pedologiche e climatiche, è largamente utilizzato in Europa negli interventi di mitigazione e ripristino ambientale. In particolare in quest'ultimo caso si tratta di formazioni che dovrebbero essere sottoposte in generale ad adeguati monitoraggi, compresi quelli degli Apoidei, per verificare l'efficacia degli interventi realizzati per ricreare condizioni di habitat prossime a quelle preesistenti.

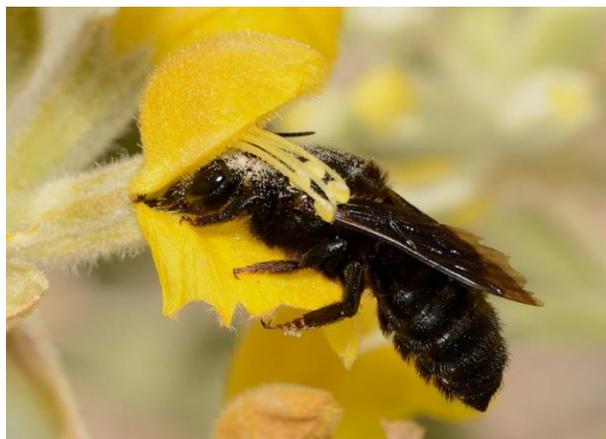


Figura 3.5 – Femmina di *Megachile parietina* su *Phlomis* (Foto Wikipedia Commons).



Figura 3.6 - *Osmia leaiana* (Foto Wikipedia Commons).

Con il termine neoeosistemi si possono includere anche le alberature stradali lungo le vie di comunicazione lasciate almeno parzialmente alla libera crescita, a livello gestionale rispettando le piante riprodotte spontaneamente delle specie target. Un'aumento del numero di file e la libera crescita della vegetazione negli interspazi sono spesso sufficienti a creare efficaci corridoi ecologici, oltre che a mitigare gli impatti delle infrastrutture.

I servizi eco-sistemici degli impollinatori, soprattutto api e farfalle, sono necessari per la biodiversità e il mantenimento qualitativo di habitat naturali, ma anche di parchi e giardini pubblici e privati oltre ad essere necessari per il buon andamento produttivo degli orti urbani. Se perdiamo gli impollinatori dalle città, non ci limitiamo a perdere un servizio di impollinazione, ma anche i benefici della biodiversità urbana.

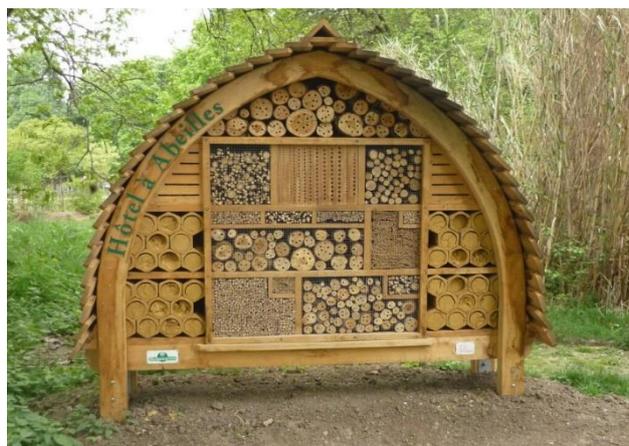


Figura 3.7 - Esempio di BeeHotel che per fini didattici può ospitare diverse specie di apoidei (Foto M. Dunworth, <https://www.flickr.com/>)

Vi è da porre particolare rilievo al fatto che le specie indigene (vedi Tabelle 3.3 e 3.4) sono favorevoli anche come fenologia alle colonie di apoidei e che molte di esse sono in grado di riprodursi spontaneamente nelle aree urbane (La Greca, 2012). L'habitat elettivo delle specie di interesse ornamentale e floristico è il riferimento cardine, insieme a un'analisi dell'ambito ambientale considerato, per la buona riuscita di qualsiasi loro uso negli interventi di riqualificazione ambientale. In regioni come l'Europa dove i sistemi agricoli intensivi non supportano l'alto livelli di diversità di impollinatori, il mantenimento o la creazione di praterie o altri habitat semi-naturali nelle vicinanze delle aziende agricole (nel raggio di 3 km) sono generalmente essenziali per la sopravvivenza delle colonie di apoidei selvatici.

¹ Nasce a Mantova il Bee Hotel, il primo albergo per le api in Italia. <https://www.lifegate.it/persone/news/bee-hotel-mantova>

² A Roma i primi BeeHotel, alberghi per api solitarie. http://www.ansa.it/canale_ambiente/notizie/animali/2018/05/15/roma-i-primi-beehotel-alberghi-per-api-solitarie_b9ec0949-7f93-48f8-aa58-7892ac2d163a.html

Come importante elemento di retroazione, soprattutto negli ambiti prativi, è la sopravvivenza di numerose orchidee che in tutti gli ambiti, naturali e antropici, sono di fatto indicatori di qualità ambientale e necessitano spesso di specifici impollinatori con ben precise caratteristiche fenologiche. La loro ecologia le rende le una famiglia le cui popolazioni, in assenza di attività ecocompatibili, sono a rischio per l'alterazione chimico-fisica dei suoli e scomparsa dei funghi simbiotici, rarefazione e scomparsa degli insetti pronubi, a causa di pratiche agricole intensive, frammentazione e degradazione degli habitat.

Particolarmente a rischio il genere *Ophrys* in quanto dipendente dall'impollinazione spesso di singole specie di apoidei per la maggiormente nidificanti al suolo. L'orchidea attrae l'insetto impollinatore simulando nella forma e nel colore la femmina della stessa specie ed emettendo sostanze odorifere di elevata affinità con i feromoni femminili propri della specie. La tutela di questi impollinatori è fondamentale per la sopravvivenza di queste Orchideaceae e per la qualità ecologica degli habitat in cui esse vivono ed entrambi dipendono dal mantenimento di habitat di riferimento anche nelle aree urbane. Lo sviluppo, a partire dalla germinazione del seme è lento e possono trascorrere fino a 15 anni, prima che sbocci il primo fiore e si diffondano i primi semi. Una stazione che ospiti una ventina di *Ophrys* può aver richiesto decine di anni per la sua costituzione. I fungicidi e i pesticidi decimano i funghi micorrizici e gli insetti impollinatori impedendo la fecondazione e la germinazione. Anche il compattamento dei suoli contribuisce, come per tutte le geofite, alla loro rarefazione. Le alterazioni dei suoli, in particolare dello strato umico, causando la distruzione dei miceli fungini, portano rapidamente al declino e alla scomparsa di intere popolazioni (Slankis, 1974). La cattiva gestione del suolo, inoltre, determina l'impossibilità per le stesse *Andrena* di nidificare. Un'altra grave minaccia è la raccolta indiscriminata per ricerca, coltivazione e commercializzazione.

La presenza di *Ophrys* può a livello territoriale contribuire alla valutazione della qualità ecologica degli habitat dell'efficacia di metodi di gestione ecocompatibili (Best *et al.*, 1984, Ingeborg, 2010) anche nei confronti degli impollinatori. Le popolazioni di determinate *Ophrys* indicano la presenza dell'impollinatore a sua volta indicatore di qualità ecologica dell'area oggetto di studio e dell'efficienza di interventi di riqualificazione ambientale o di gestione (Tabella 3.6).

Tabella 3.6 - Habitat e impollinatori delle principali taxa di *Ophrys* italiane

Taxon	Impollinatore	Habitat
<i>Ophrys annae</i> Devillers-Tersch. & Devillers	Megachilidae: <i>Osmia rufa</i> , <i>Osmia bicornis</i>	Garighe e macchie mediterranee
<i>Ophrys apifera</i> Hudson	Anthophoridae: <i>Eucera longicornis</i> , <i>Eucera pulveracea</i> , <i>Eucera lucasi</i>	Prati aridi temperati e mediterranei.
<i>Ophrys appennina</i> Romolini & Soca	Anthophoridae: <i>Eucera chlypeata</i>	Gineprei montani, praterie mediterranee e submediterranee.
<i>Ophrys apulica</i> (O. Danesch & E. Danesch) O. Danesch & E. Danesch	Anthophoridae: <i>Eucera rufa</i>	Boschi, macchie e garighe mediterranee.
<i>Ophrys argentaria</i> Devillers-Tersch. & Devillers	Andrenidae: <i>Andrena fulvata</i>	Garighe e macchie mediterranee.
<i>Ophrys bertolonii</i> Moretti subsp. <i>benacensis</i> (Reisigl) P. Delforge	Megachilidae: <i>Chalicodoma parietina</i> , <i>Megachile parietina</i> , <i>Megachile pyrenaica</i>	Praterie temperate e supramediterranee su calcare.
<i>Ophrys bertolonii</i> Moretti subsp. <i>bertolonii</i>	Apidae: <i>Chalicodoma parietina</i> , <i>Chalicodoma pyrenaica</i> ; Megachilidae: <i>Megachile parietina</i> , <i>Megachile pyrenaica</i>	Boschi, macchie e praterie mediterranee e submediterranei.
<i>Ophrys bertolonii</i> Moretti subsp. <i>bertoloniiiformis</i> (O. Danesh & E. Danesh) H.Sund	Megachilidae: <i>Megachile benoisti</i>	Prati e garighe mediterranei.
<i>Ophrys bertolonii</i> Moretti subsp. <i>explanata</i> (Lojac.) Soca (Lista Rossa Italiana: VU)	Megachilidae: <i>Megachile sicula</i>	Prati e garighe mediterranei.
<i>Ophrys bertolonii</i> Moretti subsp. <i>saratoi</i> (E.G. Camus) Soca	Megachilidae: <i>Megachile albonotata</i>	Prati e cespuglieti temperati.
<i>Ophrys biancae</i> (Tod.) Macch. Soca (Lista Rossa Italiana: EN)	Anthophoridae: <i>Eucera euroa</i>	Prati e garighe mediterranei.
<i>Ophrys bilunulata</i> Risso	Andrenidae: <i>Andrena flavipes</i> , <i>Andrena bimaculata</i> , <i>Andrena wilkella</i> , <i>Hyperandrena florentinae</i> (impollinatore primario), <i>Melandrena thoracica</i> (impollinatori casuali)	Ambienti dunali

<i>Ophrys biscutella</i> O. Danesch & E. Danesch	Apidae: <i>Anthophora retusa</i>	Steppe, pascoli e garighe mediterranei.
<i>Ophrys bombyliflora</i> Linl	Anthophoridae: <i>Eucera algira</i> , <i>Eucera oraniensis</i> , <i>Eucera collaris</i> , <i>Eucera grisea</i> , <i>Eucera longicornis</i> , <i>Eucera nigrescens continentis</i> , <i>Eucera nigrilabis</i> , <i>Eucera notata</i> , <i>Eucera spatulata</i> , <i>Eucera tuberculata</i> , <i>Eucera vidua</i>	Steppe, pascoli, garighe e boscaglie mediterranee e submediterranee.
<i>Ophrys brutia</i> P. Delforge	Anthophoridae: <i>Eucera nigrilabris</i>	Boscaglie mediterranee e submediterranee.
<i>Ophrys calocaerina</i> Devillers-Tersch. & Devillers	Andrenidae: <i>Andrena labialis</i> , <i>Andrena trimmerana</i>	Steppe, pascoli e garighe mediterranei.
<i>Ophrys candica</i> (E. Nelson ex Soó) H. Baumann & Künkele	Apidae; Anthophoridae: <i>Eucera ehippia</i> , <i>Eucera furfurea</i> , <i>Eucera hispana</i> ; Megachilidae: <i>Osmia bicornis</i>	Garighe e boscaglie mediterranee
<i>Ophrys chestermanii</i> (J.J. Wood) Gözl & H.R. Reinhard	Apidae: <i>Bombus vestalis</i> , <i>Psithyrus vestalis</i>	Steppe, pascoli, garighe e boscaglie mediterranee.
<i>Ophrys conradiae</i> Melki & Deschatres	Megachilidae: <i>Anthidium punctatum</i>	Pascoli e garighe mediterranei.
<i>Ophrys corsica</i> Soleirol ex G. Foelsche & W. Foelsche	Andrenidae: <i>Andrena hesperia</i> , <i>Andrena humilis prunella</i> , <i>Andrena panurgimorpha</i> , <i>Andrena humilis</i> , <i>Andrena orientata</i>	Boschi, cespuglieti e praterie supramediterranee.
<i>Ophrys crabronifera</i> Mauri	Apidae: <i>Anthophora plumipes</i>	Pascoli e garighe mediterranei.
<i>Ophrys exaltata</i> Ten. <i>morisii</i> (Martelli) Del Prete	Apidae: <i>Anthophora sicheli</i> ; Andrenidae: <i>Andrena thoracica</i>	Ambienti dunali e pinete costiere.
<i>Ophrys exaltata</i> Ten. subsp. <i>arachnitiformis</i>	Andrenidae: <i>Andrena nigroaenea</i> , <i>Andrena senecionis</i> , <i>Andrena trimmerana</i> ; Colletidae: <i>Colletes cunicularius</i> ; Apidae: <i>Anthophora sichelii</i> ; Megachilidae: <i>Osmia</i> sp.	Querceti mediterranei e submediterranei.
<i>Ophrys exaltata</i> Ten. subsp. <i>archipelagi</i> (Gözl & H.R. Reinhard) Del Prete	Colletidi: <i>Colletes cunicularius</i>	Steppe, pascoli e garighe e boscaglie mediterranee.
<i>Ophrys exaltata</i> Ten. subsp. <i>exaltata</i>	Andrenidae: <i>Andrena florentina</i> ; <i>Colletes cunicularius</i> subsp. <i>infuscatus</i>	Steppe, pascoli, garighe e boscaglie mediterranee e submediterranee.
<i>Ophrys exaltata</i> Ten. subsp. <i>montis-leonis</i> (O. Danesch & E. Danesch) Soca 2002	Colletidae: <i>Colletes cunicularius</i>	Praterie mediterranee.
<i>Ophrys exaltata</i> Ten. subsp. <i>splendida</i> (Gözl & H.R. Reinhard) Soca	Andrenidae: <i>Andrena squalida</i>	Praterie mediterranee.
<i>Ophrys forestieri</i> (Rchb.f.) Lojac.	Andrenidae: <i>Andrena bicolor</i> , <i>Andrena nigroaenea</i> ; Colletidae: <i>Colletes cunicularius</i>	Pinete, garighe e praterie mediterranee.
<i>Ophrys funerea</i> Viv.	Andrenidae: <i>Andrena flavipes</i> , <i>Andrena fabrella</i> , <i>Andrena wilkella</i> , <i>Andrena ovatula</i>	Steppe, pascoli, garighe e boscaglie mediterranee e submediterranei.
<i>Ophrys gackiae</i> P. Delforge	Andrenidae: <i>Andrena fiorentina</i> , <i>Andrena thoracica</i>	Steppe, pascoli e garighe mediterranee.
<i>Ophrys gracilis</i> (Büel O. Danesch & E. Danesch) Paulus	Anthophoridae: <i>Eucera clypeata</i>	Macchie, garighe e praterie mediterranee.
<i>Ophrys holosericea</i> (Burnm. f.) Greuter subsp. <i>holosericea</i>	Apidae: <i>Xylocopa violacea</i> , <i>Hoplitis rufohirta</i> ; Anthophoridae: <i>Eucera longicornis</i> , <i>Eucera tuberculata</i> ; Formicidae: (Myrmicinae) cf. <i>Leptothorax</i> sp.	Steppe, pascoli, garighe e boscaglie mediterranee e submediterranei.
<i>Ophrys incubacea</i> Bianca	Apidae: <i>Melecta albifrons albovaria</i> ; Andrenidae: <i>Andrena morio</i> , <i>Andrena nigroaenea</i> , <i>Andrena pilipes</i> (= <i>Andrena carbonaria</i>)	Steppe, pascoli, garighe e cespuglieti mediterranei e submediterranei
<i>Ophrys insectifera</i> L.	Sphecidae: <i>Argogorytes mystaceus</i> , <i>Argogorytes fargeii</i> , <i>Argogorytes combinata</i>	Steppe, pascoli, garighe, cespuglieti e boschi mediterranei e temperati.
<i>Ophrys iricolor</i> Desf. subsp. <i>eleonora</i> (Devillers-Tersch. & Devillers) Paulus & Gack ex Kreutz	Andrenidae: <i>Andrena labialis</i> , <i>Andrena morio</i>	Praterie mediterranee.

<i>Ophrys lacaitae</i> Lojac. (Lista Rossa Italiana: VU)	Anthophoridae: <i>Eucera eucnemidea</i> ; Andrenidae: <i>Andrena ocreata</i>	Steppe, pascoli, garighe, cespuglieti e boschi mediterranei.
<i>Ophrys laurensis</i> Geniez & Melki	Andrenidae: <i>Andrena schulzi</i>	Pinete mediterranee.
<i>Ophrys litigiosa</i> E. G. Camus	Andrenidae: <i>Andrena combinata</i> , <i>Andrena lathyri</i> , <i>Andrena nigroaenea</i> ; Megachilidae: <i>Osmia bicolor</i> ; Colletidae: <i>Colletes cunicularius</i>	Praterie temperate.
<i>Ophrys lucana</i> P. Delforge, Devillers-Tersch. & Devillers	Andrenidae: <i>Andrena flavipes</i> , <i>Andrena labialis</i>	Pascoli e cespuglieti temperati.
<i>Ophrys lunulata</i> Parl.	Megachilidae: <i>Osmia kholi</i>	Steppe, pascoli, garighe, cespuglieti e boschi mediterranei.
<i>Ophrys lutea</i> Cav.	Andrenidae: <i>Andrena flavipes</i> , <i>Andrena bicolor</i> , <i>Andrena cinerea</i> , <i>Andrena clypella</i> , <i>Andrena humilis</i> , <i>Andrena maculipes</i> , <i>Andrena nigroaenea</i> , <i>Andrena nigroolivacea</i> , <i>Andrena ovatula</i> , <i>Andrena panurgimorpha</i> , <i>Andrena senecionis</i> , <i>Andrena trimmerana</i>	Steppe, pascoli e garighe, mediterranei.
<i>Ophrys marmorata</i> G. Foelsche & W. Foelsche	Andrenidae: <i>Andrena wilkella</i> , <i>Andrena flavipes</i>	Macchie e garighe mediterranee basofile.
<i>Ophrys massiliensis</i> Viglione & Véla	Andrenidae: <i>Andrena bicolor</i> , <i>Andrena nigroaenea</i>	Praterie mediterranee.
<i>Ophrys minipassionis</i> Romolini & Soca	Andrenidae: <i>Andrena lathyri</i> , <i>Andrena nigroaenea</i> ; Megachilidae: <i>Osmia bicolor</i>	Praterie mediterranee.
<i>Ophrys normanii</i> J.J. Wood	Apidae: <i>Psithyrus vestalis</i> (= <i>Bombus vestalis</i>)	Radure dei boschi e rupi mediterranei.
<i>Ophrys ortuabis</i> M.P. Grasso & Manca	Andrenidae: <i>Andrena hypopolia</i>	Garighe e macchie mediterranee basofile.
<i>Ophrys oxyrhynchos</i> Tod. subsp. <i>celiensis</i> (O. Danesch & E. Danesch) Del Prete	Anthophoridae: <i>Eucera graeca</i>	Garighe e macchie mediterranee.
<i>Ophrys oxyrhynchos</i> Tod. subsp. <i>oxyrhynchos</i>	Anthophoridae: <i>Eucera graeca</i>	Steppe, garighe e macchie mediterranee
<i>Ophrys pallida</i> Raf. (Lista Rossa Italiana: LR)	Andrenidae: <i>Andrena orbitalis</i>	Steppe, pascoli, garighe e cespuglieti mediterranei e submediterranei
<i>Ophrys panattensis</i> Scrugli, Cogoni & Pessei	Megachilidae: <i>Osmia bicornis</i> , <i>Osmia rufa</i>	Boschi garighe e cespuglieti mediterranei.
<i>Ophrys panormitana</i> (Tod.) Soó (Lista Rossa Italiana: LR)	Andrenidae: <i>Andrena thoracica</i> , <i>Andrena florentina</i> , <i>Andrena trimmerana</i>	Steppe, pascoli, garighe e cespuglieti mediterranei.
<i>Ophrys parvimaculata</i> (O. Danesch & E. Danesch) Paulus & Gack	Anthophoridae: <i>Eucera nigrescens</i>	Boschi e garighe mediterranei.
<i>Ophrys passionis</i> Sennen ex Devillers-Tersch. & Devillers subsp. <i>majellensis</i> (Helga Daiss & Herm. Daiss)	Andrenidae: <i>Andrena toracica</i>	Pascoli e cespuglieti supramediterranei.
<i>Ophrys passionis</i> Sennen ex Devillers-Tersch. & Devillers subsp. <i>passionis</i>	Andrenidae: <i>Andrena pilipes</i> (= <i>Andrena carbonaria</i>), <i>Andrena morio</i>	Steppe e praterie mediterranee.
<i>Ophrys promontorii</i> O. Danesch & E. Danesch	Megachilidae: <i>Osmia mustelina</i>	Garighe e praterie mediterranee.
<i>Ophrys scolopax</i> Cav. subsp. <i>scolopax</i>	Apidae: <i>Eucera barbiventris</i>	Steppe, pascoli, garighe e boschi mediterranei.
<i>Ophrys scolopax</i> Cav. subsp. <i>apiformis</i> (Desf.) Maire & Weiller	Anthophoridae: <i>Eucera barbiventris</i>	Steppe, pascoli, garighe e boschi mediterranei.
<i>Ophrys sicula</i> Tineo	Andrenidae: <i>Andrena hesperia</i> , <i>Andrena bicolor</i> , <i>Andrena vulpecula</i>	Steppe, pascoli, garighe e boschi mediterranei e submediterranei.
<i>Ophrys sipontensis</i> (Gumpr.) O. Danesch & E. Danesch	Apidae: <i>Xylocopa iris</i>	Steppe, pascoli e garighe mediterranei e submediterranei.
<i>Ophrys speculum</i> Link	Scoliidae: <i>Dasyscolia ciliata</i>	Boschi, pinete e macchie mediterranee.
<i>Ophrys sphegodes</i> Miller subsp. <i>sphegodes</i> Mill.	Andrenidae: <i>Andrena nigroaenea</i>	Garighe e praterie mediterranei.
<i>Ophrys tardans</i> O. Danesch & E. Danesch	Anthophoridae: <i>Eucera taurica</i>	Garighe e macchie mediterranee.

<i>Ophrys tarentina</i> . Gözl & H.R. Reinhard (Lista Rossa Italiana: CR)	Megachilidae: <i>Osmia tricornis</i>	Garighe e praterie mediterranee.
<i>Ophrys tarquinia</i> P. Delforge	Andrenidae: <i>Andrena tibialis</i>	Pinete, cespuglieti e praterie temperate.
<i>Ophrys tenthredinifera</i> Willd. subsp. <i>aprilia</i> (Devillers & Devillers-Tersch.) Kreutz	Anthophoridae: <i>Eucera nigrilabris</i>	Garighe e praterie mediterranee.
<i>Ophrys tenthredinifera</i> Willd. subsp. <i>grandiflora</i> (Ten.) Kreutz	Anthophoridae: <i>Eucera algira</i>	Praterie temperate e submediterranee.
<i>Ophrys tenthredinifera</i> Willd. subsp. <i>neglecta</i> (Parl.) E.G. Camus (Lista Rossa Italiana: CR)	Anthophoridae: <i>Eucera clypeata</i> , <i>Eucera oraniensis</i>	Garighe e praterie mediterranee.
<i>Ophrys tetraloniae</i> W.P. Teschner	Anthophoridae: <i>Eucera</i>	Cespuglieti, garighe e praterie mediterranee e submediterranee.



Figura 3.8 - *Andrena nigroaenea* su *Ophrys sphegodes* (Foto Keith DP Wilson, in <https://www.flickr.com/>).



Figura 3.9 - Maschio di *Osmia tricornis* su *Ophrys tarentina* (Foto: Adrien Chateignier, in <https://www.flickr.com/>).

BIBLIOGRAFIA

- Amiet, F., Müller, A., Neumeyer, R., 1999. *Apidae 2: Colletes, Dufourea, Hylaeus, Nomia, Nomioides, Rhophitoides, Rophites, Sphecodes, Systropha*
- Batra, S.W.T., 1998. *Hornfaced bees for apple pollination*. American Bee Journal, 138, 361-365.
- Bellucci, V., Bianco, P.M., Strollo, A., Marchetti, M., Marino, D., Marucci, A., Munafò, M., Palmieri, M., Sallustio, L., Soraci, M., 2016. *Distribuzione potenziale degli impollinatori nelle aree agricole secondo il modello InVest*. L'apicoltore Italiano, n. 7, 9-12.
- Best, E.P.H., Haeck, J. (eds.), 1984. *Ecological Indicators for the Assessment of the Quality of Air, Water, Soil and Ecosystems: Symposium Papers "Environmental Monitoring & Assessment"*, 31 Jan 1984.
- Biesmeijer, J.C., Roberts, S., Reemer, M., Ohlemüller, R., Edwards, M., Peeters, T., Schaffers, A.P., Potts, S., Kleukers, R., Thomas, C., Settele, J., Kunin, W., 2006. *Parallel Declines in Pollinators and Insect-Pollinated Plants in Britain and the Netherlands*. Science (New York, N.Y.). 313, 351-4. 10.1126/science.1127863.
- Blaauw, B.R., Isaacs, R., 2014. *Flower plantings increase wild bee abundance and the pollination services provided to a pollination-dependent crop*. Journal of Applied Ecology doi: 10.1111/1365-2664.12257.
- Bommarco, R., Lundin, O., Smith, H.G., Rundlöf, M., 2012. *Drastic historic shifts in bumble-bee community composition in Sweden*. Proc. R. Soc. B., 279, 309-315.
- Breitkopf, H. *Dynamic speciation processes in the mediterranean orchid genus Ophrys L. (Orchidaceae)*. Tesi di Dottorato in Biologia Avanzata, XXIV ciclo (Indirizzo Sistematica Molecolare) Università degli Studi di Napoli Federico II Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali Dipartimento di Biologia Strutturale e Funzionale

-
- Carreck, N.L., Williams, I.H., 2002. *Food for insect pollinators on farmland: insect visits to flowers of annual seed mixtures*. Journal of Insect Conservation, 6, 13–23.
- Commissione Europea, 2018. *L'iniziativa dell'UE a favore degli impollinatori*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0395&from=EN>
- Comunicazione della Commissione dell'11 febbraio 2004. *Verso una strategia tematica sull'ambiente urbano*. COM(2004) 60 def., Gazzetta ufficiale C 98 del 23.04. 2004 . [http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/committees/rett/20040316/com_com\(2004\)0060it.pdf](http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/committees/rett/20040316/com_com(2004)0060it.pdf)
- CBD13, 2017. *Decision adopted by the Conference of the Parties to the Convention on Biological diversity. XIII/15. Implications of the IPBES assessment on pollinators, pollination and food production for the work of the Convention*. <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-13/cop-13-dec-15-en.pdf>
- CBD14, 2018. *Decision Adopted by the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity 14/6. Conservation and sustainable use of pollinators*. Conference of the Parties to the Convention on Biological diversity, Sharm El-Sheikh, Egypt, 17-29 November 2018.
- Darvill, B., Ellis J. S., Lye G.C., Goulson D., 2006. *Population structure and inbreeding in a rare and declining bumblebee Bombus muscorum (Apidae)*. Mol. Ecol. 15, 601-611.
- Decisione n. 1411/2001/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 27 giugno 2001, *concernente un quadro comunitario di cooperazione per lo sviluppo sostenibile dell'ambiente urbano*. Gazzetta ufficiale L 191 del 13.07.2001. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:32001D1411>
- Coalition of the Willing on Pollinators, 2018. *Declaration on the Coalition of the Willing on Pollinators*. <https://promotepollinators.org/wp-content/uploads/sites/117/2018/10/180321-Declaration-on-the-Coalition-of-the-Willing-on-Pollinators.pdf>
- Decourtye, A., Mader, E., Desneux, N., 2010. *Landscape enhancement of floral resources for honey bees in agro-ecosystems*. Apidologie, 41, 264–277.
- Fliszkiewicz, M., Langowska, A., Tryjanowski, P., 2013. *Effect of manipulated sex ratio on insemination of the red mason bee Osmia bicornis L. under net cage conditions*. Journal of Apicultural Science, 57(2), 73-79. doi:10.2478/jas-2013-0018.
- Fortel, L., Henry, M., Guilbaud, L., Mouret, H., Vaissière, B.E., 2016. *Use of human-made nesting structures by wild bees in an urban environment*. Journal of Insect Conservation, 20(2), 239–253.
- Garibaldi, L.A., Carvalheiro, L.G., Vaissière, B.E., Gemmill-Herren, B., Hipólito, J., Freitas, B.M., Ngo, H.T., Azzu, N., Sáez, A., Åström, J., An, J., Blochtein, B., Buchori, D., Chamorro García, F.J., Oliveira da Silva, F., Devkota, K., de Fátima Ribeiro, M., Freitas, L., Gaglianone, M.C., Goss, M., Irshad, M., Kasina, M., Pacheco Filho, A.J.S., Piedade Kiill, L.H., Kwapong, P., Nates Parra, G., Pires, C., Pires, V., Rawal, R.S., Rizali, A., Saraiva, A.M., Veldtman, R., Viana, B.F., Witter, S., Zhang, H., 2016. *Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms*. Science, 351(6271), 388-391
- Goulson, D., Lye, G.C., Darvill, B., 2008. *Decline and conservation of bumble bees*. Annual Review of Entomology, 53, 191-208.
- Greenleaf, S.S., Kremen, C., 2006. *Wild bees enhance honey bees' pollination of hybrid sunflower*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 103, 13890–13895.
- Grixti, J.C., Wong, L.T., Cameron, S.A., Favret, C., 2009. *Decline of bumble bees (Bombus) in the North American Midwest*. Biological Conservation, 142, 75-84.
- Heard, M.S., Carvell, C., Carreck, N.L., Rothery, P., Osborne, J.L., Bourke, A.F.G., 2007. *Landscape context not patch size determines bumble-bee density on flower mixtures sown for agri-environment schemes*. Biology Letters, 3, 638–641
- Herrmann, F., Westphal, C., Moritz, R.F.A., Steffan-Dewenter, I., 2007. *Genetic diversity and mass resources promote colony size and forager densities of a social bee (Bombus pascuorum) in agricultural landscapes*. Mol. Ecol., 16, 1167-1178.
- Ingeborg, F., 2010. *Development of Agri-environmental indicators in Austria*. OECD Workshop on Agri-Environmental Indicators, Leysin, Switzerland, 23-26 March 2010.
- ISPRA, 2017. *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*. Edizione 2017. ISPRA, Rapporti, 266/2017.
- Kells, A., Holland, J., Goulson, D., 2001. *The value of uncropped field margins for foraging bumblebees*. Journal of Insect Conservation, 5, 283–291.
- Klein, A.-M., Steffan-Dewenter, I., Tscharntke, T., 2003. *Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees*. Proceedings of The Royal Society London B, 270: 955–961.
-

- Knight, M.E., Martin, A.P., Bishop, S., Osborne, J.L., Hale, R.J., Sanderson, R.A., Goulson, D., 2005. *An interspecific comparison of foraging range and nest density of four bumblebee (Bombus) species*. *Molecular Ecology*, 14, 1811-1820.
- Kremen, C., Williams, N.M., Bugg, R.L., Fay, J.P., Thorp, R.W., 2004. *The area requirements of an ecosystem service: crop pollination by native bee communities in California*. *Ecology Letters*, 7, 1109–1119.
- La Greca, P. *Diversità ed ecologia degli Imenotteri Apoidei in ambienti frammentati pedemontani dell'Etna a differente pressione antropica*. Dottorato di Ricerca in “Scienze Entomologiche e difesa degli agroecosistemi” XXIII ciclo, Anno Accademico 2007 – 2010, Università degli Studi di Catania.
- Long, R.F., Corbett, A., Lamb, C., Reberg-Horton, C., Chandler, J., Stimmann, M., 1998. *Beneficial insects move from flowering plants to nearby crops*. *California Agriculture*, 52, 23–26.
- Maeta, Y., 1978. *Comparative studies on the biology of the genus Osmia of Japan, with special reference to their managements for pollinations of crops (Megachilidae)*. *Bulletin-of-the-Tohoku-National-Agricultural-Experiment-Station (Japan)*, 57, 1-242.
- Matsumoto, S., Abe A., Maejima T., 2009. *Foraging behavior of Osmia cornifrons in an apple orchard*. *Scientia Horticulturae*, 121, 73-79.
- Michener, C.D., 2007. *The bees of the world, 2nd edn*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London Cane 1991.
- Michez, D., Patiny, S., Rasmont, P., Timmermann, K., Vereecken, N.J., 2008. *Phylogeny and host-plant evolution in Melittidae s.l. (Hymenoptera: Apoidea)*. *Apidologie*, 39(1), 146-162. DOI: <https://doi.org/10.1051/apido:2007048>
- Murao, R., Tadauchi, O., Miyanaga, R., 2017. *The bee family Halictidae (Hymenoptera, Apoidea) from Central Asia collected by the Kyushu and Shimane Universities Expeditions*. *Biodiversity Data Journal* 5: e15050. <https://doi.org/10.3897/BDJ.5.e15050>
- NL Pollinator Strategy, 2018. *Bed & Breakfast for Bees*. <https://www.government.nl/documents/reports/2018/02/02/nl-pollinator-strategy-bed--breakfast-for-bees>
- O'Toole, C., 1993. *Diversity of native bees and agroecosystems*. *Hymenoptera and Biodiversity* (eds J. LaSalle & I.D. Gauld), pp. 169–196. CAB Int., Wallingford, UK.
- Paulus, H.F., 2018. *Pollinators as Isolation Mechanisms: Field Observations and Field Experiments regarding specificity of pollinator attraction in the genus Ophrys (Orchidaceae und Insecta, Hymenoptera, Apoidea)*. *Entomologia Generalis* 37(3/4), 261-316.
- Pekkarinen, A., 1998. *Oligolectic bee species in Northern Europe (Apoidea)*. *Entomol. Fennica*, 8:205-214.
- Quaranta, M., Cornalba, M., Biella, P., Comba, M., Battistoni, A., Rondinini, C., Teofili, C. (compilatori). 2018. *Lista Rossa IUCN delle api italiane minacciate*. http://www.iucn.it/pdf/Comitato_IUCN_Lista_Rossa_delle_Api_italiane_minacciate.pdf
- Rao, S., Stephen, W.P., 2010. *Abundance and diversity of native bumble bees associated with agricultural crops: The Willamette Valley Experience*. *Psyche*. 2010 doi: 10.1155/2010/354072.
- Rasmont, P., Pauly, A., Terzo, M., Patiny, S., Michez, D., Iserbyt, S., Barbier, Y., Haubruge, E., 2005. *The Survey of Wild Bees (Hymenoptera, Apoidea) in Belgium and France*. Food and Agriculture Organisation, Rome. [https://www.researchgate.net/publication/233843799_The_Survey_of_Wild_Bees_Hymenoptera_a_Apoidea_in_Belgium_and_France](https://www.researchgate.net/publication/233843799_The_Survey_of_Wild_Bees_Hymenoptera_Apoidea_in_Belgium_and_France)
- Rezkova, K., Žáková, M., Žáková, Z., Straka, J., 2011. *Analysis of nesting behavior based on daily observation of Andrena vaga (Andrenidae)*. *Journal of Insect Behavior*, 25, 24–47. doi: 10.1007/s10905-011-9274-8
- Ricciardelli D'albore, G., Tonini D'Ambrosio, M., 1979. *Sul comportamento di Bombus lucorum L., Bombus lapidarius L., Xylocopa violacea L. e Apis mellifera ligustica Spin. in un particolare consorzio floristico*. *Redia*, 62: 359-378.
- Ricciardelli D'albore, G., 1985. *Flora visitata da alcuni insetti e relativo ruolo nell'impollinazione delle colture agrarie*. *Entomologica*, 20: 39-65.
- Ricciardelli D'albore, G., Intoppa, F., 2000. *Fiori e api in Europa*. Edagricole, 253pp.
- Ricciardelli D'albore, G., Persano, O., 1978. *Flora Apistica Italiana*. Istituto Sperimentale per La Zoologia Agraria Firenze.
- Ricciardelli D'albore, G., Piatti C., 2002. *Gli Apoidei pronubi di specie spontanee officinali, commestibili e protette nell'Italia centrale*. *Entomologica*, 36: 45-60

-
- Parlamento europeo, 2017. *Risoluzione del Parlamento europeo del 15 novembre 2017 su un piano d'azione per la natura, i cittadini e l'economia*.
http://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-8-2017-0441_IT.html
- Roubik, D.W., 1989. *Ecology and natural history of tropical bees*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Saville, N.M., Dramstad, W.E., Fry, G.L.A., Corbet, S.A., 1997. *Bumblebee movement in a fragmented agricultural landscape*. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 61: 145-154.
- Scheper, J., Holzschuh A., Kuussaari M., Potts S.G., Rundlof M., Smith H.G., Kleijn D., 2013. *Environmental factors driving the effectiveness of European agri-environmental measures in mitigating pollinator loss – a meta-analysis*. *Ecology Letters*, 16, 912–920.
- Sheffield, C.S., Westby S.M., Smith R.F., Kevan P.G., 2008. *Potential of bigleaf lupine for building and sustaining *Osmia lignaria* populations for pollination of apple*. *The Canadian Entomologist*, 140, 589–599
- Svensson, B., Lagerlöf, J., Svensson B.G., 2000. *Habitat preferences of nest-seeking bumble bees (Hymenoptera: Apidae) in an agricultural landscape*. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 77:247-255.
- 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
- Vicidomini, S., 1998. *Biologia di *Xylocopa (Xylocopa) violacea* (Linnè, 1758) (Hymenoptera: Apidae): foraggiamento su *Wisteria sinensis* (Papilionaceae)*. - *Boll. Mus. Civ. Sto. Nat. Verona*, 22, 199-209.
- Vicidomini, S., 2004. *Biologia di *Xylocopa (Xylocopa) violacea* (Linnè, 1758) (Hymenoptera: Apidae): foraggiamento su *Vicia faba* L. (Papilionaceae)*. - *Giorn. Ital. Entomol., Cremona*, 11(52): 91-98.
- Vicidomini, S., 2006. *Biologia di *Xylocopa Violacea* (Linnè, 1758) (Hymenoptera: Apidae): Repertorio Floristico Europeo*. *Atti Mus. Civ. Stor. Nat. Trieste*, 53, 71-86
- Wcislo, W.T., 1987. *The roles of seasonality, host synchrony, and behaviour in the evolutions and distributions of nest parasites in Hymenoptera (Insecta) with special reference to bees (Apoidea)*. *Biol Rev*, 62:515–542. doi:10.1111/j.1469-185X.1987.tb01640.x
- Westphal, C., Steffan-Dewenter, I., Tschardtke, T., 2009. *Mass flowering oilseed rape improves early colony growth but not sexual reproduction of bumblebees*. *J. Appl. Ecol.*, 46: 187Ð193.
- Zandigiacomo, P., Fortunato, L., Barbattini, R., Frilli, F., Pagliano G., Quaranta M., 2013. *Andrene del Friuli Venezia Giulia*. *Gortania*, 34, 101-136.

SITOGRAFIA

- All-Ireland Pollinator Plan <https://pollinators.ie/>
- BWARS (Bees, Wasps & Ants Recording Society). <https://www.bwars.com/>
- Federal Ministry Sustainability and Tourism Republic of Austria. *Beekeeping in Austria*
<http://icyb.cz/austria/>
- Registro degli insetti impollinatori delle orchidee spontanee italiane.
<http://www.giros.it/forum/viewtopic.php?f=7&t=1485>

4. CORRIDOI ECOLOGICI URBANI. UN MODELLO DI PROGETTAZIONE SOSTENIBILE PER INCREMENTARE LA CONNESSIONE TRA PIANTE E INSETTI IMPOLLINATORI

I Corridoi Ecologici Urbani hanno l'obiettivo di promuovere una biodiversità urbana attraverso un modello di rigenerazione sociale e ambientale. Questo prototipo, inteso come valorizzazione delle risorse urbane e periurbane attuali e future con percorsi di ecoturismo ciclo-pedonale, rientra in un modello di economia che trae la sua forza dal patrimonio urbano ma allo stesso tempo dallo scambio dinamico della rete civica che si è costruita coinvolgendo la società civile in progetti, azioni, esperienze, cultura e memoria. Se un aspetto di questo prototipo è fornire strumenti di miglioramento ambientale, energetico, culturale e turistico, a sua volta rappresenta un modello di circolarità poiché il lavoro di ciascun elemento della rete concorre alla propria funzione documentale ma allo stesso tempo diventa educazione alla sostenibilità e alla difesa dell'ambiente, sia per la propria funzione che per quella degli altri elementi della stessa rete. In questa direzione si giustifica il 'costo ambientale' del mantenimento, salvaguardia, miglioramento di quanto l'ambiente urbano e periurbano già necessitano per garantire la vita e il transito di uccelli e insetti impollinatori, e conseguentemente di tutta la catena biologica di cui fanno parte.

Sebbene gli strumenti e le informazioni che l'Unione Europea ha messo a disposizione per tutelare la biodiversità e il capitale naturale valgano per la campagna quanto per la città, la forza ed il successo di un modello di rigenerazione 'verde' della città dipendono dalla coerenza delle specie vegetali e animali rispetto al contesto ambientale della città stessa e della fascia climatica. Questo modello deve privilegiare rapporti mutualistici, cooperativi e interdipendenti che stimolino uno sviluppo del capitale naturale urbano e in secondo luogo le specie più minacciate, tra le autoctone ammissibili al progetto.

4.1 Città sostenibili

4.1.1 Quali obiettivi

Il tema dello sviluppo urbano sostenibile apre a numerosi scenari. Lo sviluppo sostenibile ha mosso i primi passi con il Rapporto Brundtland pubblicato nel 1987 dalla Commissione mondiale sull'ambiente e lo sviluppo. Qui si definisce un nuovo modello di sviluppo "sostenibile", evidenziando strategie di sviluppo del capitale sociale ed economico che presuppongono l'obiettivo di una 'crescita' che non contempla ancora la conservazione e il rafforzamento del capitale naturale.

In questo rapporto si può osservare la proposta di un "processo di cambiamento tale per cui lo sfruttamento delle risorse, la direzione degli investimenti, l'orientamento dello sviluppo tecnologico e i cambiamenti istituzionali siano resi coerenti con i bisogni futuri oltre che con gli attuali, dunque cercando di soddisfare i bisogni dell'attuale generazione senza compromettere la capacità di quelle future di rispondere alle loro" (Brundtland Commission, 1987).

Con l'adozione dell'Agenda 2030, nel settembre 2015 si è formalmente completata l'integrazione dell'agenda ambientale con quella dello sviluppo. L'Agenda 2030 per uno sviluppo sostenibile è composta da "17 Obiettivi di sviluppo sostenibile" (*Sustainable development goals* - SDGs) e i relativi 169 target definiti dalle Nazioni Unite. La loro caratteristica essenziale è di essere interconnessi, indivisibili e universali. Ogni Stato membro deve predisporre adeguate strategie, anche coinvolgendo la società civile, per permettere il pieno raggiungimento di tutti gli obiettivi e che ne debba beneficiare tutta la popolazione. Il principio di indivisibilità rappresenta un elemento interessante rispetto al passato, poiché stabilisce come obbligatorio il raggiungimento di ogni obiettivo senza tralasciare gli altri; questo indirizzo impone l'adozione di un approccio sistemico che sia attento alle ripercussioni delle politiche economiche sociali e ambientali degli stati membri.

Un altro strumento di sviluppo sostenibile è il Programma di Cooperazione Territoriale Europea (URBACT). Partito inizialmente negli anni '90 per fornire strumenti di sviluppo di aree degradate delle città europee, è oramai giunto al termine della sua terza edizione. Durante le tre edizioni ha modificato la propria natura estendendo il suo campo di applicazione a tutte le città europee ma anche a centri amministrativi di ampie dimensioni oltre che Università, Centri di ricerca e Associazioni ricalcando invece il tema della rigenerazione sociale e urbana con approcci sostenibili ed integrati, tenendo conto delle priorità fissate dall'Agenda di Lisbona e da quella di Göteborg (e successivamente dalla strategia EU 2020).

La prospettiva di una forte crescita demografica entro il 2050, maggiormente concentrata nelle aree metropolitane, ci impone di riconsiderare il rapporto tra cittadini e ambiente attraverso la riduzione dell'impatto energetico dei centri abitati, la restituzione di maggiore senso estetico in funzione degli spazi comuni con un maggiore protagonismo del 'verde' e con una mobilità che giustifichi percorsi più

brevi per accedere a servizi pubblici e privati più capillari, immaginando infine nuovi modelli di economia e produzione agricola urbana e periurbana. Per immaginare una 'città sostenibile' che soddisfi questi principi bisogna tentare, se possibile, di sganciarsi dalla logica con cui essa risponde alla sua funzione storica, ossia dalla somma di quelle azioni stratificate che davano risposta alle necessità di progettazione e pianificazione urbana attuate dalle società e amministrazioni che si sono succedute.

D'altronde se si registra una recessione della popolazione nelle città italiane affiancato alla media abitativa periurbana di 40 persone/Km² (EUROSTAT), occorre prestare un'attenzione maggiore alla 'cinta' urbana, che non può più essere definita semplicemente come 'non urbana' o 'non rurale' ma *rururbana*. Questa definizione, del tutto allineata con le esigenze di sviluppo sostenibile dell'Agenda 2030, attribuisce alla periferia una maggiore importanza. È oggetto di flusso di persone e servizi ecosistemici che variano dal pendolarismo, attività di svago, turismo di prossimità, attività di mercati di prossimità, depurazione dell'aria, aree attrezzate e ricettive, attività agricole. Ma sono anche luogo di produzione, di aree abbandonate, di tessuti urbani obsoleti per effetto di una recessione demografica. Questo elenco di funzioni e criticità impone una pianificazione e gestione del verde che risponda ai problemi dei cambiamenti climatici, del consumo di suolo, di restituzione di spazi liberi rururbani e altrettanti spazi ricreativi.

La sostenibilità impone lo sfruttamento delle risorse esistenti senza comprometterne la disponibilità per le generazioni future. Le api ci forniscono uno strumento qualitativo e quantitativo per misurare il benessere urbano e periurbano. Un approccio olistico, legato agli impollinatori, può tuttavia aprirci alla valutazione dell'impatto delle nostre azioni sul pianeta, ma soprattutto un'opportunità per nuove città sostenibili. Vediamo come e perché.

4.1.2 Cambiare paradigma

Tra i modelli distintivi di città sostenibili che stanno emergendo nel dibattito locale e internazionale possiamo riscontrare analogie con il concetto di 'superorganismo alveare'. Possiamo chiamarlo 'ecosistema urbano'. L'alveare infatti è uno *smart grid*³ da centinaia di migliaia di anni, il cui esoscheletro fatto di cera è l'impianto ideale per lo scambio delle informazioni tra individui, della regolazione delle condizioni climatiche dell'alveare, della distribuzione della popolazione apistica e delle risorse. Analogamente alle api, si può immaginare un ecosistema urbano di cittadini che possano agevolmente scambiarsi informazioni, richieste e risorse riducendo diseguaglianze e rischi di 'patologie sociali' o ancora scambiarsi l'energia elettrica e termica sufficiente a scaldarsi e cucinare, provvedendo a erogare un'eccedenza, in cui sia possibile rigenerare gli scarti in nuovi materiali di consumo, in cui ogni persona non soltanto 'abiti' ma diventi un elemento attivo del sistema.

Le parole che più rappresentano questo cambio di paradigma sono 'connessione' e 'biodiversità'. Per imparare a connetterci dobbiamo adottare un metalinguaggio, un 'protocollo' che sia adatto alla comunicazione. Lo fanno le api che usano diversi strumenti a partire dalle cariche elettromagnetiche delle antenne, dal sistema endocrino, dalla famosa 'danza' per segnalare una fonte di cibo. Lo fanno i vegetali che attraverso la rizosfera scambiano informazioni di stress e disponibilità di fonti d'acqua. La connessione è la rete, l'internet della città di domani, che può veicolare un avviso immediato su ciò che succede in una strada, in una scuola, in un'azienda dando e restituendo un disagio o una soluzione attraverso una comunicazione bidirezionale, un'azione da impartire o un feedback, ovvero un correttivo in una logica di adattività perpetua.

La biodiversità è la varietà degli organismi viventi, che comprende anche gli esseri umani. La città è la cornice ideale per conoscerla, i cittadini stessi e la loro diversità sono la chiave per divulgarla senza trascurare il compito di difenderla.

4.1.3 A chi spetta il compito di rigenerare

La rigenerazione ambientale è un 'lavoro' che spetta a tutti gli abitanti dell'ecosistema urbano e rururbano, siano alberi, uccelli, impollinatori, micromammiferi, rettili, anfibi e uomini. Una buona progettazione urbanistica non deve dividere questi elementi ma valorizzarli e proteggerli. Ciascuna condivide lo stesso spazio. Il Programma "Uomo e Biosfera" (MAB – *Man and Biosphere*) è un esempio dell'uso e la condivisione razionale e sostenibile delle risorse della biosfera.

³ Smart Grid è una rete intelligente. I primi campi di applicazione di questo binomio sono il settore energetico e dell'high-tech. La prerogativa delle smart grid è la capacità di rispondere in maniera rapida, efficace e mirata alle necessità energetiche degli utenti. Per esempio un privato che produce energia elettrica e con l'eccedenza alimenta immediatamente ogni utenza vicina.

La rigenerazione ambientale necessita di condizioni che l'uomo, più di ogni altro essere vivente, deve favorire. Anche gli uccelli, gli impollinatori e gli insetti possono agire condizionando a loro volta questo processo.

Questo passaggio è fondamentale. Una città che realizza infrastrutture ecologiche facilita la vita biologica di questi animali e non ne riduce il potenziale. Quanto può dare un albero, un uccello, un uomo se non sussistono le condizioni ideali per esprimersi? Gli uomini godono della presenza di un paesaggio urbano più naturale, a sua volta reso più vivibile dagli effetti compensativi che piante *in primis* e loro abitanti possono produrre. Lo stesso ragionamento si ripete per la fauna. Possiamo immaginare una città con aree naturali periurbane, anche dei fiumi, entrando via via nel suo cuore con parchi, orti urbani, apiari urbani, viali alberati e giardini. Se è più facile per api e uccelli decidere la loro dimora ed esaurire la loro funzione nell'ambiente, l'uomo può fare altrettanto. Egli gioca più felicemente un ruolo attivo se il contesto urbano offre una maggiore disponibilità e armonia tra questi elementi. Tra le attività coerenti con questa visione, le città italiane offrono una 'costellazione' di esperienze tra cui fare educazione, seminare e proteggere fiori e piante mellifere, trasmettere informazioni ed esperienze di chi a sua volta già svolge questo ruolo, difendere, pulire e curare il patrimonio esistente, supportare il settore pubblico e privato nella progettazione e conduzione di azioni positive verso l'ambiente, attuare progetti di inclusione sociale per soggetti svantaggiati, ex-detentuti, vittime di violenza o di tratta⁴.

4.1.4 Gli impollinatori

Gli impollinatori sono responsabili per la riproduzione di specie vegetali entomogame. Tra i principali corrieri di polline si possono distinguere insetti pronubi, formiche, sirfidi, farfalle, bombi, vespe, zanzare, coleotteri, colibrì, gli uccelli della famiglia dei Nettarinidi, il gecko diurno di Mauritius (*Phelsuma ornata*), i lemuri (considerati impollinatori notturni, sono specie di primati endemici del Madagascar), numerose specie di pipistrello, numerose specie di roditori.

Sebbene non sia tassonomicamente corretto definirli apoidei, le recenti classificazioni accettate dalla comunità scientifica adottano la superfamiglia 'apoidei apiformi' (Michener 2000) che include le 20.000 specie di insetti pronubi riconosciuti sul pianeta di cui circa 2051 in Europa (Rasmont *et al.*, 2017) e più di 1000 in Italia. Il catalogo delle specie di imenotteri apoidei d'Italia tiene conto di tre distinte classificazioni (Pagliano 1995, Quaranta 2011, Comba 2015) che contengono sovrapposizioni di specie, e porterebbero ad un'ipotesi di almeno 1100 specie⁵. Una check list sugli imenotteri apoidei è stata condotta nella provincia di Catania (Greca *et al.*, 2011), la cui ricerca attesta a 1139⁶ le specie individuate nei parchi urbani all'interno della città di Catania (Parco Gioeni e Parco degli Ulivi), un'area a naturalità elevata della fascia metropolitana etnea (Riserva Naturale Integrale e SIC Complesso Immacolatelle-Micio Conti, San Gregorio di Catania) e un agroecosistema (agrumeto) a conduzione biologica (loc. Acicatena).

Gli 'apoidei apiformi' svolgono insieme agli altri impollinatori un ruolo fondamentale per il pianeta e per il comparto produttivo agricolo. Tuttavia le Politiche Agricole Comunitarie 2014-2020 non adottavano requisiti specifici a tutela degli impollinatori. Per questa ragione il 20 maggio 2020 la Commissione Europea ha varato un piano di strategia dell'UE sulla biodiversità per il 2030⁷. Questo percorso evidenzia la necessità di un quadro legislativo a favore degli insetti impollinatori, poiché un audit svolto nel 2020 ha fatto emergere che la causa della perdita degli impollinatori è dovuta soprattutto all'agricoltura intensiva e all'uso dei pesticidi, certamente aumentati nel frattempo grazie alla 'flessibilità' nel loro impiego.

La vera minaccia che corriamo tutti è perdere gli impollinatori, di cui la nostra ape da miele è una specie soltanto se comparata alle altre migliaia elencate in precedenza. Ecco perché, secondo Jereb, decano della prima sezione della Corte dei Conti della Comunità Europea, "la diminuzione della popolazione di questi insetti può avere una seria ricaduta sull'approvvigionamento alimentare e sulla qualità e varietà del cibo che mangiamo ...", affermando che "...manca una *governance* e meccanismi di monitoraggio delle minacce individuate"⁸. L'audit della Comunità Europea ha permesso di rivelare una insufficienza di conoscenza e tutela degli impollinatori. Questo perché l'attuale programma di valutazione del rischio di perdita di impollinazione tiene conto essenzialmente delle sole api da miele e si basa su orientamenti del 2002 che non tengono in considerazione tutte le disposizioni successive. Per tali disposizioni, seppur

4 Definizione di 'costellazione apicoltura urbana'

5 http://www.academia.edu/36068819/UNA_TERRIBILE_BELLEZZA_E_NATA_Relazione_al_VI_convegno_nazionale_di_apicoltura_urbana

6 <http://www.apiselvatiche.it/index.php/temi/catalogo-delle-specie-di-imenotteri-apoidei-d-italia/strum-ceck>

7 https://www.researchgate.net/publication/317176239_Diversita_ed_ecologia_degli_Imenotteri_Apoidei_in_ambienti_frammentati_pedemontani_dell'Etna_a_differente_pressione_antropica

8 https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/actions-being-taken-eu/eu-biodiversity-strategy-2030_it

9 <https://www.eunews.it/2020/07/13/corte-dei-conti-ue-protezione-impollinatori-insufficiente/132411>

aggiornate nel 2013 dallo studio dell'Autorità Europea per la Sicurezza Alimentare (EFSA)⁹, il compito di tutelare le api veniva assolto per così dire dalle prescrizioni sull'uso dei prodotti fitosanitari in uso agricolo, con il limite fissato al 7% di spopolamento delle colonie apicole esposte a fitosanitari. Per queste ragioni a gennaio 2021 è stata pubblicata in forma definitiva una proposta per un monitoraggio europeo degli impollinatori¹⁰.

4.1.5 La perdita di impollinatori

Le minacce agli insetti impollinatori individuate dalla Comunità Europea sono, in sintesi, dovute alle attività umane che modificano il loro habitat, in particolare l'uso eccessivo di pesticidi, il consumo di suolo, la modificazione di indirizzi culturali, l'urbanizzazione, l'inquinamento, l'eccessivo sfruttamento dei pascoli, l'abbandono delle aree rurali con la conseguente riforestazione naturale, la diffusione di parassiti e malattie veicolate dall'introduzione di nuove specie aliene invasive e il cambiamento climatico che non solo alterano gli equilibri degli habitat stessi ma imprimono un cambiamento nella cultura e nella pratica agricola spingendo ad un aumento di intensità e frequenza dei trattamenti effettuati sulle coltivazioni. Da evidenziare il fatto che il cambiamento climatico è attribuibile dipende per circa il 31% dall'agricoltura intensiva stessa¹¹.

Queste considerazioni generali vengono esaminate nel Quaderno ISPRA sul declino delle api e degli impollinatori (2020)¹² testimoniando quanto già documentato nel quinquennio precedente sul progressivo spopolamento di api in Italia. Tra i tanti casi di morte di api qui documentate, ricordiamo quella avvenuta ad agosto 2020 a cavallo tra le provincie di Brescia e Cremona. Indagini ed esami di laboratorio svolti da parte dell'Istituto Zooprofilattico della Lombardia e dell'Emilia Romagna hanno riportato "la presenza in quantitativi significativi nelle api morte ... dei principi attivi di un fitosanitario specifico utilizzato sul mais". A questi riscontri si aggiunge l'esperienza pluridecennale del Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari dell'Università Alma Mater di Bologna (referente C. Porrini), che evidenzia come il ruolo primario dei pesticidi provochi "effetti letali, subletali, cronici e sinergici verso le api, comprovati da una valanga notevole di pubblicazioni scientifiche con indici di IF (Impact Factor) a livello planetario"¹³. Una pubblicazione tra tutte, interessante per lo studio dei danni alla biota delle api, evidenzia gli effetti del formulato glifosate non solo ai danni dei microrganismi benefici alle api ma di numerose altre specie presenti nella rizosfera e nei sistemi acquatici (Motta, 2018).

Nel 2018 il Comitato Italiano IUCN, Unione Mondiale per la Conservazione della Natura, per conto del Ministero dell'Ambiente, ha redatto la Lista Rossa IUCN delle api italiane minacciate. In totale sono 151 le specie di api native in Italia per le quali esistono dati sufficienti e indizi di declino, specie incluse nella valutazione della Lista Rossa. Dal rapporto emerge che su 151 specie valutate in base ai rigorosi criteri dell'IUCN sono 34 quelle soggette a diversi livelli di minaccia. 5 sono considerate potenzialmente estinte, 2 in pericolo critico, 10 in pericolo, 4 vulnerabili. Dunque, sono 21 le specie a rischio di estinzione e altre 13 prossime ad uno stato di minaccia ma il dato veramente preoccupante riguarda la percentuale di quelle sottospecie di cui non si sa ancora nulla col rischio di perderle ancor prima di capire la loro bio-ecologia.

Gli apoidei apiformi non sono gli unici soggetti ad una indiscriminata eliminazione. Bisogna allargare il perimetro delle specie minacciate come anche a uccelli e anfibi che hanno sofferto molto la sparizione di aree umide, la frammentazione del loro habitat a causa della cementificazione delle aree urbane e la perdita stessa di insetti (e insetti impollinatori) quale alimento. In questo caso appare evidente che la perdita di impollinatori interrompe una catena alimentare che condiziona pesantemente altre specie viventi e tutta la rete ecologica collegata a questi ambienti.

4.1.6 Gli impollinatori e le città

In certa misura, gli spazi urbani e periurbani possono favorire lo sviluppo dei pronubi perché presentano un grado di antropizzazione tale da non turbarne a pieno l'equilibrio naturale. Ad esempio, la presenza di prati, giardini e aree incolte forniscono scorte alimentari e luoghi consono per la nidificazione. Tali elementi naturali sono spesso presenti all'interno del tessuto urbano e industriale, di zone commerciali e di reti di comunicazione che, anche se discontinue, permettono agli insetti di spostarsi da un luogo frammentato all'altro per la ricerca di luoghi di nidificazione e alimentazione graditi (Grosso, 2020).

9 <https://www.efsa.europa.eu/it/press/news/130704>

10 <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC122225>

11 <https://www.slowfood.com/wp-content/uploads/2020/12/ITA-PAPER-climatechange.pdf>

12 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. https://www.isprambiente.gov.it/files2020/publicazioni/quaderni/declino-impollinatori_quaderno-ispra_20maggio2.pdf

13 <http://www.apilombardia.it/index.php/notizie/547-comunicato-stampa-citta-rurale-odv-e-slow-food-cremonese>

Negli ambienti urbani sono comunque presenti frammenti di habitat favorevoli che formano le cosiddette "isole di calore" che contribuiscono alla conservazione delle comunità di insetti (Persson *et al.*, 2020).

Le città possono influenzare negativamente l'interazione tra piante e impollinatori e questo perché rappresentano una concentrazione di condizioni sfavorevoli a partire dall'occupazione di suolo e perdita di habitat (1), il riscaldamento globale (2), l'introduzione di specie aliene (3), l'esposizione ad agenti inquinanti prodotti nel contesto urbano (4). Queste condizioni vengono indicate generalmente nella terminologia inglese come *urban drivers*. (Harrison e Winfree, 2015).

Questi 4 *urban drivers* sono schematizzati nella figura sottostante: nella colonna di sinistra le quattro condizioni evidenziate (*urban drivers*). A destra, le frecce indicano processi endogeni dal mutualismo pianta-impollinatore, che evidenziano un ciclo continuo positivo tra i benefici derivanti dalle interazioni individuali e dalla struttura 'comunitaria' di piante e impollinatori. i) Gli *urban drivers* agiscono come filtro nei confronti delle specie di piante e impollinatori su segmenti del loro ciclo biologico non correlati al mutualismo dell'impollinazione, come ad esempio la scelta di suolo e habitat di nidificazione; (ii) gli *urban drivers* influenzano simultaneamente le condizioni per l'interazione tra piante e animali esistenti, la quale comprende la sovrapposizione spaziale e temporale degli stessi e l'attrazione tra potenziali partner; (iii) una volta che si è verificata un'interazione, gli *urban drivers* possono influenzare i vantaggi generati da piante e insetti impollinatori.

L'insieme delle specie che in un determinato tempo e spazio popolano un territorio è il risultato di una

serie di componenti di ordine storico, geografico, climatico ed ecologico. Il legame con il tipo di micro-habitat che ospita gli insetti pronubi selvatici è, per certi aspetti, esclusivo. Gli insetti prediligono zone di minor impatto dalle pratiche agricole e luoghi non depauperati adatti alla nidificazione e ricchi di specie botaniche da bottinare. Gli insetti pronubi possono essere proficuamente impiegati non solo per valutare il grado di complessità ambientale (diversità di piante e struttura del biotopo), ma altresì per caratterizzare ogni area attraverso un profilo entomofaunistico (Quaranta *et al.*, 2002). Conoscere il nostro patrimonio di pronubi è, quindi, estremamente importante ai fini

dell'impollinazione delle colture agrarie e della conservazione di gran parte del mondo vegetale, ma soprattutto perché con l'assenza o la presenza oppure la rarefazione di questi organismi, è possibile stabilire il grado di compromissione ambientale di una certa area (Porrini *et al.*, 1998).

Un'indagine svolta in Germania dall'ecologo Benjamin Daniels e colleghi dell'Università di Aquisgrana dimostra che un certo assortimento di piante può trasformare gli spazi urbani in un ricco habitat per le api e altri insetti registrando incrementi significativi nelle visite di insetti impollinatori rispetto alle aree rurali circostanti anche in ragione della cessazione dell'uso di fitosanitari come erbicidi e insetticidi e della semina di miscele di piante autoctone sottoposte a solo due falciature l'anno (Daniels, 2020).

Che le api possono vivere in città è stato ampiamente dimostrato, ma le città possono svolgere un ruolo non solo neutrale ma attivo nei confronti degli insetti impollinatori e questo risultato è maggiormente percepibile se la campagna circostante è dominata da monoculture e coltivazioni intensive (Theodorou *et al.*, 2020).

La recente campagna promossa dall'ONG britannica Plantlife¹⁴ per la tutela della biodiversità vegetale si è concentrata proprio sulla creazione di reti di 'corridoi ecologici' costruendo dei cigli stradali fioriti. La progettazione urbanistica deve tener conto del potenziale dei corridoi ecologici perché assumono non solo un ruolo centrale per la conservazione di biodiversità ma concorrono al passaggio dalla Smart City alla Bio-City. Significa "costruzione di presupposti di collaborazione con l'intelligenza biologica, data



Figura 4.1 - Impatto positivo o negativo di urban drivers nelle interazioni pianta-insetto (da Harrison e Winfree, 2015).

¹⁴ <https://www.plantlife.org.uk>

proprio dall'azione diretta di organismi viventi che diventano co-agenti all'interno del processo progettuale Assumere la natura come collaboratrice che entra nel vivo dei processi architettonici, presuppone che questi diventino il risultato di una co-evoluzione e co-individuazione insieme ad essa delle forme e delle materie impiegate. Inoltre, a differenza dell'approccio biomimetico, in questo caso la natura non ha una posizione di supremazia etica, piuttosto viene instaurato un rapporto paritario e di *entlancement*¹⁵" (Marinelli, 2020).

4.2 Un modello possibile: Corridoi Ecologici Urbani

4.2.1 Prendere coscienza dell'esistente

Guardando la città con questa prospettiva, possiamo assimilarla ad un insieme di nodi e linee. I nodi sono rappresentati da spazi graditi oppure occupati stabilmente da uccelli e insetti impollinatori. Parchi, giardini, orti urbani, apiari urbani, aree verdi pubbliche e private (di istituti scolastici, ville e condomini), file di tetti verdi inerbiti con fioriture spontanee o adibiti a coltivazione di erbe aromatiche, e ancora *stalli*¹⁶ di legno decorativi e multifunzionali al posto dei dissuasori di cemento ai lati dei passi carrai, in cui ricaricare una bicicletta elettrica e sfamare api e farfalle con arbusti e fioriture che coprano tutte le 4 stagioni. Ogni linea è il corridoio che unisce, o potrebbe unire, i nodi. Le lanche dei fiumi, i viali alberati ne sono un esempio.

Il primo passo per visualizzare la città con questa 'impronta biologica' è eseguire uno screening dei nodi e delle linee, ossia rivedere il patrimonio verde urbano in funzione della sua capacità di favorire l'avifauna e l'entomofauna. Questo passo permette di visualizzare aree scoperte o meno attrattive ed evidenzia linee di collegamento tra la città stessa e le aree circostanti.

Avere una 'cartina geografica' come questa può infine facilitare decisori, tecnici e progettisti o supportare processi di riqualificazione dalle associazioni o cittadini di settori di città che non godono di adeguata quantità e qualità di verde urbano.

4.2.2 Bio-monitoraggio con le api

In questa fase che consiste in una ricerca della 'diversità vegetale del territorio' non possono mancare i contributi scientifici. Le api e i prodotti che immagazzinano nell'alveare a fronte di più di 10milioni di microprelievi giornalieri (Louveaux, 1986; Porrini *et al.*,2002) e di raccolte di mezzo litro di acqua al giorno (Pinzauti e Felicioli, 1998), sono considerate bioindicatori ovvero "rappresentazioni sintetiche di realtà complesse", in quanto consentono di descrivere fenomeni derivanti da interazioni sinergiche tra più fattori e in alcuni casi di rilevare la presenza di sostanze illegalmente immesse nell'ambiente. Inoltre, possono registrare cambiamenti derivanti dall'alterazione di un solo fattore oppure di complessi mutamenti ecologici successi anche in tempi passati (Celli e Porrini, 1991). Le api, considerate 'matrici ambientali', possono integrare le informazioni reperibili nelle facoltà di Agraria delle Università o nelle banche dati disponibili presso il Settore Verde Pubblico con informazioni non censite e derivanti dalla gestione del patrimonio verde privato. Attraverso le api sin dagli anni '80 è stato possibile effettuare ricerche sull'inquinamento urbano ma le api sono anche uno strumento di mappatura delle specie botaniche disponibili (Marletto e Ferrazzi, 1985). La tesi di laurea in Sistemi Informativi Geografici dal titolo "GIS e bioindicatori: metodologia di analisi sulla base di dati melissopalinoologici nell'attività di pianificazione urbana a Torino" (Cirio, 2014) restituisce un'informazione puntuale sulle specie vegetali nettariifere torinesi superando per precisione e quantità di elementi le informazioni disponibili presso il Settore Verde Pubblico. I dati hanno anche permesso di sovrapporre informazioni di densità di

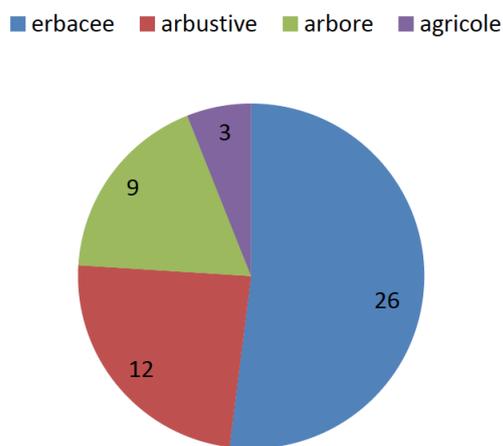


Figura 4.2 - Torino, nuovi generi di specie vegetali nettariifere identificati dallo studio della melissopalinoologia (Cirio, 2014).

¹⁵ Legame di natura fondamentale esistente fra particelle costituenti un sistema quantistico (dall'inglese *to entangle* «impigliare, intricare»).

Recentemente usato anche in altri ambiti, può significare stabilire una connessione, un legame indissolubile di forze tra soggetti paritari.

¹⁶ I dissuasori di sosta (panettoni o parigine) utilizzati per impedire la sosta davanti a portoni o carrai, possono essere sostituiti da manufatti multifunzionali ovvero da installazioni che rispondano al medesimo scopo ma con altre funzioni concomitanti.

popolazione per fasce d'età rispetto al posizionamento di scuole dell'infanzia e primarie o alla sensibilità rispetto ad aree maggiormente esposte all'inquinamento urbano. Uno dei dati desunti dalla tesi citata è il seguente.

Nel caso specifico della tesi, "è emerso che l'analisi melissopalinoologica ha individuato un maggior numero di famiglie e generi botanici presenti nell'area di studio. Infatti, le analisi melissopalinoologiche hanno individuato 70 generi floristici appartenenti a 43 famiglie botaniche. Oltre a questi 70 generi, le analisi polliniche hanno riconosciuto altri pollini appartenenti a 19 famiglie. Di queste, 11 erano già state menzionate poiché riferite anche ad alcuni dei generi botanici individuati nei campioni, mentre 8 sono risultate di nuova identificazione. In totale, quindi, le analisi effettuate sul miele hanno individuato la presenza nelle aree sottoposte a studio di ben 51 famiglie botaniche. Il Catasto del Verde torinese, invece, per le sette aree-studio considerate in questo lavoro conferma la presenza di 37 generi di piante, che appartengono rispettivamente a 21 famiglie botaniche".

La conclusione dello *screening* consente di avere una visione complessiva della città, ma trattandosi di una nuova cartina geografia non si può concludere questa fase senza domandarsi se debba includere solo sorgenti nettariifere. È possibile elevare a 'nodo' un soggetto che non offre spazi naturali o alberi o sorgenti nettariifere?

4.2.3 Creare biodiversità funzionale

Le aree metropolitane sono uno scrigno di esperienze con tante associazioni culturali, di promozione sociale, di volontariato che integrano e talvolta compensano le necessità di sostenere le categorie più svantaggiate, di far crescere cultura arte e sport. A queste va sommata la funzione educativa delle scuole. Analogamente a quanto può accadere in altre realtà europee, le nostre periferie si possono osservare con la lente della pessima qualità dell'aria o per un crescente incremento di aree degradate. Fenomeni spesso conseguenti a momenti di espansione demografica poi seguiti da altrettante contrazioni o per la compresenza di aree industriali, a loro volta fiorenti e poi depresse per effetto di una mancata strategia di sostegno economico che ne ha determinato la chiusura o la delocalizzazione. Raramente questi settori di interesse agricolo, industriale e residenziale periurbano vengono mostrati per quel che realmente sono. Un estuario di aree rurali o naturali spesso interrotti da centri abitati di prima o seconda cintura che si incuneano nell'ambiente urbano. Le larghezze di questi estuari di piccoli habitat o verde anche non curato e dipendono dalla densità abitativa delle aree metropolitane che li presidiano e raramente si estinguono.

A questa presenza resiliente si aggiunge la capacità umana di riconversione di aree tornate libere, per effetto di una depressione, come accennato poc'anzi, o di cronico abbandono. Un esempio è il lago "ex SNIA" alimentato dalle acque sorgive dell'antico fosso della Marranella, nel V Municipio di Roma.

Ciascuno di questi luoghi, lo abbiamo visto in questi mesi di emergenza a causa della pandemia da Covid-19, può essere velocemente rioccupato da uccelli ed animali, i quali hanno dato prova della loro voglia di esplorare spazi urbani apparentemente liberi per effetto del blocco totale della circolazione durante la primavera del 2020.

Tuttavia, possiamo aggiungere *nuova biodiversità funzionale* attraverso azioni mirate al miglioramento o al supporto di quella esistente. Gli Istituti scolastici così come gli attori non statali e gli Enti del Terzo Settore¹⁷, sono incubatori di educazione ambientale o di sperimentazione, al chiuso come all'aperto. È qui che si coltivano nuove "isole verdi". Non sono reali come le precedenti: si trovano nella testa di bambine e bambini e hanno un peso decisivo per la difesa e il raggiungimento della biodiversità.

Le decisioni che ricadono sul verde pubblico così come le strategie di mobilità, di consumo energetico e di mitigazione dell'effetto serra possono essere influenzate da molti elementi, non solo dai cittadini più giovani. Le ultime Conferenze ONU sul cambiamento climatico fissano dei target che mettono finalmente in risalto la funzione del verde urbano come protagonista -e non più come arredo- nella progettazione urbanistica della città. Il cambio di passo, imposto da questi obiettivi, trasferisce a sua volta agli abitanti (e non solo ai decisori) informazioni e criteri che portano a vedere la città come un insieme o sistema dinamico di elementi, dei quali il verde è finalmente parte attiva.

La biodiversità è funzionale perché ogni strategia verde e azione cittadina devono concorrere al miglioramento della biodiversità di ogni destinatario della rigenerazione, riconoscendone le prerogative e necessita di una attenta valutazione caso per caso. Ogni azione non può essere omologabile.

¹⁷ Gli enti del terzo settore sono una particolare categoria di enti introdotti nell'ordinamento giuridico italiano dal decreto legislativo n. 117 del 2017, costituiti per il perseguimento, senza scopo di lucro, di finalità civiche, solidaristiche e di utilità sociale mediante lo svolgimento di una o più attività di interesse generale in forma di azione volontaria o di erogazione gratuita di denaro, beni o servizi, o di mutualità o di produzione o scambio di beni o servizi.

In questa logica l'essere non più elemento passivo di arredo o di compensazione (es. cedere spazio verde in funzione di altrettante aree di nuova costruzione) ma attivo di produzione di zona umida, comfort termico, transito o asilo per animali e insetti, educazione come luogo di conoscenza o di attività sportive o turismo, permette di ricollocare il verde urbano in nuovi ambiti strategici di interesse per la progettazione del centro abitato.

La costruzione di nuove aree e corridoi verdi così come la sensibilizzazione pubblica sulla loro importanza è in entrambi i casi produzione di nuova biodiversità.

4.2.4 Il verde pubblico

Il percorso di rigenerazione ambientale necessita di elevare il livello di progettazione urbanistica spostando l'interesse dal parco urbano e giardino, quali elementi classici di architettura urbana, verso paesaggi con alti valori naturali e culturali, paesaggi comuni, aree abbandonate, strutture ed infrastrutture, considerando tematiche legate ai cambiamenti climatici, transizione energetica, mobilità sostenibile, accessibilità, forestazione urbana, progettazione idrologica, gestione ecologica degli spazi aperti. Non si tratta soltanto di *landscape management*.

La città di Rotterdam sta affrontando il problema dell'intensità dei fenomeni piovosi ed alluvioni attraverso la realizzazione di foreste urbane sfruttando la loro capacità di assorbire acqua. Il vero problema non è la pioggia ma l'elevato grado di impermeabilizzazione urbana. Emerge sempre più spesso che la priorità di risolvere ricorrenti stati di emergenza può rimandare o persino sospendere l'indirizzo politico di una amministrazione nell'attuazione di una transizione ecologica. Tra gli esempi più recenti non vanno evidenziate solo le catastrofi ambientali conseguenti a forti fenomeni piovosi ma anche la decisione di rispondere tardivamente agli obiettivi di assorbimento di CO² piantando alcune migliaia di alberi coetanei. La loro semplice gestione presuppone un espiano di massa alla conclusione del loro ciclo biologico. Una soluzione come questa è opposta alla creazione di biodiversità poiché il cono d'ombra di un insieme di alberi è sempre maggiore in presenza di alberi disetanei. La morte naturale e lo schianto degli stessi sono ulteriore fonte di trasformazione e di biodiversità. Lo stesso bosco sarebbe maggiormente attrattivo per uccelli e impollinatori diventando nel tempo presupposto per una 'catena di biodiversità' allorché ogni elemento vitale diventa, durante le stagioni, funzionale alla vita degli altri.

Sarebbe auspicabile la creazione di una sorta di "Commissione Verde Regionale" con il coordinamento tra regioni attraverso il Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) che superi la gestione intracomunale, che sappia aggregare le competenze disponibili sul territorio con i comuni limitrofi, senza perdere la connessione con le numerose direttive, strumenti ed esempi già disponibili nella Comunità Europea.

Tra i progetti Europei in cui emerge la creazione di reti di competenze volte alla riqualificazione di spazi urbani e rururbani per la valorizzazione della biodiversità bisogna citare il progetto BeePathNet, finanziato nell'ambito del programma URBACT III. Il progetto si intende concluso nel primo semestre 2021 e tratta di creare una rete europea di cinque città amiche delle api, che possano riconoscere il valore del ruolo degli impollinatori nel rispetto della biodiversità e come strumento utile all'agricoltura e al benessere delle persone e che consenta alle città di implementare piani d'azione strategici e sostenibili per l'apicoltura urbana¹⁸. Le città del progetto sono: Comune di Lubiana (Slovenia) quale coordinatore del BeePathNet, Comune di Amarante (Portogallo), Comune di Budapest - XII Distretto, Comune di Bydgoszcz (Polonia), Comune di Cesena (Italia), Comune di Nea Propontida (Grecia).

All'interno della PAC, la condizionalità rafforzata prevede adempimenti obbligatori attraverso le Buone condizioni agricole e ambientali (GAEC) e i Requisiti di gestione obbligatori (SMR). Fra questi ci sono misure favorevoli agli impollinatori, per esempio GAEC 1 Prati permanenti, GAEC 4 Strisce tampone, GAEC 6 Lavorazione ridotta del terreno, GAEC 7 Evitare suolo nudo, GAEC 8 Rotazione delle colture (superiore a 4 anni, idealmente 7), GAEC 9 Aree non produttive, SMR 1 e 2 Ridurre inquinamento delle acque da fosfati, pesticidi, biocidi.

È il caso di segnalare la proposta, per la futura PAC, dell'Eco-schema "Impollinatori", ideato dalla ONG BeeLife¹⁹ Coordinamento apistico europeo, basato su un insieme di pratiche agricole a salvaguardia degli impollinatori: gli agricoltori dell'EU che vi aderiscono, in cambio del loro sforzo per il conseguimento di elevate prestazioni ambientali e climatiche a salvaguardia degli impollinatori, ricevono un incentivo. L'Eco-schema "Impollinatori", assolutamente in linea con le indicazioni della Commissione europea (gennaio 2021), prevede misure obbligatorie e facoltative per colture annuali e colture perenni. Come è nella finalità degli eco-schemi, anche l'Eco-schema "Impollinatori" è

¹⁸ Comune di Cesena <http://www.comune.cesena.fc.it/progettieuropei/beepath>

¹⁹ <https://www.bee-life.eu/publications>

facilmente adattabile a livello nazionale e/o regionale. Inoltre, le misure previste possono essere facilmente integrate in una progettazione urbanistica. Nell'Eco-schema "Impollinatori" è richiesto un impegno da parte dell'agricoltore a coltivare specie che possano fornire risorse nutritive di qualità (nettare e polline), diversificate e continue; integrare infrastrutture ecologiche, tra le colture, indispensabili per mantenere un minimo di biodiversità nelle zone rurali; praticare la rotazione delle colture per evitare periodi prolungati di suolo nudo e favorire l'arricchimento del terreno di sostanza organica; impartire formazione sugli impollinatori e insetti ausiliari per accrescere consapevolezza e responsabilità verso l'ecosistema; praticare la lotta integrata, già obbligatoria, ma in questo caso indispensabile per non trasformare zone coltivate e fiorite in trappole mortali per insetti. Ridurre l'uso dei pesticidi, evitare trattamenti preventivi ed evitare l'uso di pesticidi persistenti sono le azioni chiave dell'Eco-schema "Impollinatori".

Un particolare raccomandazione rivolta alle pubbliche amministrazioni vuole sottolineare la necessità di vincolare le specie arboree consentite in un piano regolatore generale comunale (PRGC) in edilizia pubblica e privata per scoraggiare la piantumazione di specie atipiche rispetto alla fascia climatica del sito. A supporto di questa raccomandazione merita l'attenzione il progetto Gaia, uno strumento stabile di Partnership Pubblico-Privata del Comune di Bologna per la forestazione urbana della città.²⁰

4.2.5 Azioni per la tutela degli impollinatori

Negli ultimi decenni i cambiamenti climatici, la riduzione degli habitat, la modificazione del paesaggio e l'intensificazione delle pratiche agricole hanno provocato un generale declino delle api selvatiche sia come numero di specie sia come abbondanza di individui (Manino e Porporato, 2013). Per questo motivo l'attenzione dell'Unione Europea deve spostarsi dalle poche specie di api allevate dall'uomo a tutti gli insetti impollinatori.

Per far fronte al notevole declino degli impollinatori registrato in Europa, nel 2018 l'UE ha adottato la European Pollinator Initiative (EU Pollinators - Environment) (COM(2018) 395 final) che ha posto l'utilizzo di prodotti fitosanitari fra le principali minacce per gli impollinatori e per il servizio di impollinazione da cui dipendono più dell'80 % delle colture agricole e della flora spontanea, per un valore economico pari a 153,9 miliardi di euro nel mondo e 1,5 miliardi in Italia (Gallai *et al.*, 2009; Brittain *et al.*, 2010; FAO, 2014; Bellucci *et al.*, 2019; Botias *et al.*, 2019).

L'Unione Europea ha messo in campo la Strategia sulla Biodiversità 2030 e la Strategia Farm to Fork che prevedono entro il 2030 la riduzione dell'uso complessivo del 50 % di pesticidi chimici e dei rischi ad essi connessi e la riduzione del 50 % di quelli più pericolosi. La Strategia UE prevede di destinare il 10 % della superficie agricola a elementi caratteristici del paesaggio con elevata biodiversità (fasce tampone, siepi, filari, terrazzamenti, stagni ecc.) e almeno il 25 % delle aree agricole dell'UE destinato a coltivazioni con il metodo biologico. Altro importante obiettivo della Strategia UE è il raggiungimento dello stato di "conservazione soddisfacente" di almeno il 30 % delle specie e degli habitat di interesse comunitario. I dati attuali del monitoraggio dello stato di conservazione delle specie e degli habitat (ex art. 17 Dir. 92/43/CEE), riportati nel Rapporto ISPRA 330/2020²¹, indicano che tale percentuale è ben lontana dall'essere raggiunta soprattutto per gli habitat sensibili ai prodotti fitosanitari²².

Bisogna quindi chiamare le amministrazioni locali alla lettura del Rapporto ISPRA "La sperimentazione dell'efficacia delle Misure del Piano d'Azione Nazionale per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari (PAN) per la tutela della biodiversità"²³ che propone delle misure per diminuire gli impatti dei prodotti fitosanitari sulla biodiversità e degli indicatori e dei metodi di monitoraggio per la valutazione degli effetti di tali prodotti sulle specie e habitat di interesse comunitario e sugli impollinatori. Dalla ricerca sul campo che ha coinvolto anche gli insetti impollinatori ne è derivato in conclusione che la coltivazione biologica riduce l'impatto dei prodotti fitosanitari sulla biodiversità.

4.2.6 Il prototipo Corridoi Ecologici Urbani

Se si unisce la rete dei nodi che rappresentano il patrimonio naturale esistente (*screening*) con i nuovi nodi costruiti dall'uomo (orti urbani, apiari urbani, tetti verdi, boschi, scuole etc.) si possono finalmente integrare le connessioni esistenti (fiumi, alberate dei grandi assi stradali etc.) con nuove linee o corridoi mancanti. L'insieme di questa trama di percorsi diventa a tutti gli effetti una 'rete di metropolitana verde'.

20 <http://lifegaia.eu/Il-Progetto-Gaia>

21 https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/rapporto-330-2020_web_-1.pdf

22 <http://www.reportingdirettivahabitat.it/>

Queste linee sono veri e propri *eco-percorsi ciclo-pedonali* per consentire agli abitanti e ai turisti di conoscere e attraversare la città *in funzione* della sua ricchezza di biodiversità.

Significa collegare finalmente ogni risorsa, anche periferica, restituendo alla collettività il senso di una città che difende la biodiversità e il valore dell'insieme come somma di ciascuna risorsa mappata, consentendole di restituire al passante visitatore la propria informazione, la propria prerogativa.



Figura 4.3 – Corridoio di tigli a Torino: *Tilia cordata*, *T. latifolia*, *T. hybrida*. Fioritura in giugno. (Foto Paola Ferrazzi)

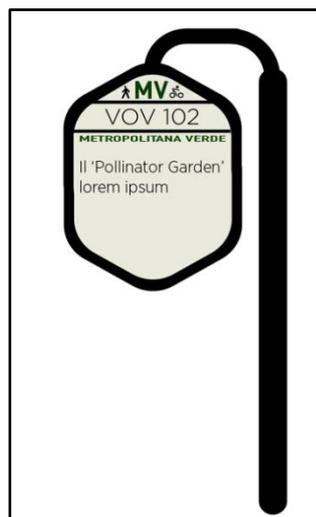


Figura 4.4 - Esempio indicazione bordo strada di un nodo del corridoio. La sua funzione è di informare il turista itinerante sulle prerogative del nodo e rafforza un'immagine unitaria del percorso di biodiversità.

Questa "metropolitana verde" di superficie necessiterà di essere distinguibile analogamente a quanto già avviene per le linee di trasporto pubblico mediante indicazione su strada. I nodi diventeranno 'stazioni' o 'fermate' di questa metropolitana e dovranno essere dotati di adeguati posteggi per favorire la mobilità dolce. Ciascuna fermata dovrà avere una targa o 'palina' con l'indicazione del 'corridoio' a cui appartiene, del numero della fermata, della funzione del 'nodo' e delle connessioni con altri 'corridoi' che può incrociare. Il visitatore sarà invogliato a muoversi nella città scoprendo la bellezza e le funzioni di ciascuna risorsa. A sua volta i 'nodi' dovranno essere strutturati per ospitare il pubblico e raccontare la loro storia, la loro funzione.

I percorsi ciclo-pedonali dovranno privilegiare i viali alberati che offrono un 'pascolo' nettario per gli impollinatori e i tratti del paesaggio urbano che raccontano l'esistenza di strade e sentieri di fiori. Se mancano dei segmenti essenziali per il completamento del percorso è necessario costruirli. Esistono molte soluzioni per produrre 'pascoli' per impollinatori.

Alcuni esempi sono l'inerbimento di corsie e spartitraffico, l'arricchimento dei marciapiedi provvisti di alberi e dei giardini con essenze mellifere, la sostituzione delle alberature esistenti privilegiando specie autoctone e mellifere, l'incentivo a seminare fasce tampone in aree periurbane.

Per la tutela dei corridoi esistenti vanno applicate le seguenti raccomandazioni²⁴:

- rotazione degli sfalci delle fioriture mellifere;
- diversificazione delle specie mellifere arbustive e arboree per consentire agli insetti impollinatori una maggiore continuità di nutrimento durante l'anno;

²⁴ Tali raccomandazioni derivano da uno studio effettuato da BeeLife Coordinamento apistico europeo è una ONG impegnata per la salvaguardia degli impollinatori in Europa, per relazionare studi di campo, scienza e politica, cui aderiscono più di 20 associazioni di apicoltori e agricoltori dei diversi Paesi membri dell'UE. www.bee-life.eu

- semina o piantumazione di specie mellifere la cui morfologia floreale sia compatibile con quella che ha determinato l'adattamento e lo sviluppo degli apoidei di quell'areale o fascia climatica (Manino e Porporato, 2013);
- attuazione di una politica di riduzione ed eliminazione di diserbanti o pesticidi per la gestione del verde durante il periodo di fioritura, in ottemperanza alle leggi nazionali. Se è indispensabile il trattamento pesticida (a seguito di approccio in lotta integrata), applicare tutti i pesticidi (inclusi erbicidi e fungicidi) dopo il tramonto (quando l'attività di volo degli impollinatori è ridotta).



Figura 4.5 - Torino. L'erba medica (*Medicago sativa*) sta diventando sempre più diffusa, grazie alla capacità delle sue radici di spingersi in profondità, per raggiungere riserve d'acqua. Poco visitata dalle api, è ricercata da molti apoidei (Foto Paola Ferrazzi).

4.2.7 Un caso: Torino

Tra le città italiane con un considerevole patrimonio mellifero possiamo citare Torino. Si può distinguere in patrimonio arboreo, arbusti e piante erbacee ornamentali, specie ruderali e spontanee in giardini pubblici e privati.

Il patrimonio arboreo di proprietà della Città di Torino comprende più di 110.000 piante nelle alberate urbane parchi e giardini, e oltre 230.000 alberi nei boschi collinari, rappresentati da oltre 70 specie.

Prevalgono:

platano	<i>Platanus acerifolia</i>	> 15.000 esemplari
tiglio	<i>Tilia hybrida</i>	10.000 esemplari
bagolaro	<i>Celtis australis</i>	5.000 esemplari
acero riccio	<i>Acer platanoides</i>	5.000 esemplari
ippocastano	<i>Aesculus hippocastanum</i>	4.000 esemplari
carpino bianco	<i>Carpinus betulus</i>	2.200 esemplari
ciliegio selvatico	<i>Prunus avium</i>	2.000 esemplari

Tra queste specie solo tre sono visitate dalle api: tiglio, acero e ippocastano per almeno 59 Km lineari di alberate mellifere.

Sono comunque molte le piante, arboree e arbustive, e anche erbacee, che possono fornire raccolti di nettare e di polline alle api.

Nel complessivo sono presenti le seguenti specie:

- ippocastano rosso *Aesculus carnea*, fioritura primaverile.
- robinia (acacia) *Robinia pseudoacacia*.
- palme *Trachycarpus fortunei*, *chamaerops humilis*, fioriscono in contemporanea con la robinia e producono molto polline.
- ailanto *Ailanthus altissima*, di origine asiatica, fortemente infestante, è responsabile di allelopatia, fiorisce in maggio-giugno e dà abbondante nettare e polline.

- albero dei tulipani *Liriodendron tulipifera*, pianta ornamentale originaria del nord-america.
- tiglio *Tilia cordata*, *T. latifolia*, *T. hybrida*, fioritura in giugno
- ippocastano bianco *Aesculus hippocastanum*, fioritura primaverile abbondante nettare e polline rosso vivo.
- sofora *Sophora japonica*.
- albero di giuda *Cercis siliquastrum*.
- acero di monte *Acer pseudoplatanus*.
- lagerstremia *Lagerstroemia indica*.
- mirabolano *Prunus cerasifera pissardii*.
- ciliegio del giappone *Prunus serrulata*.
- nespolo del giappone *Eryobotria japonica*.

Tra gli arbusti ornamentali sono presenti le seguenti specie:

- cotoneaster *Cotoneaster horizontalis*, fioritura giugno.
- scotano *Cotinus coggyria*, fioritura primaverile.
- pitosforo *Pittosporum tobira*, origine est Asia.
- lacrime d'italia *Symphoricarpos albus*.
- ligustro *Ligustrum ovalifolium*, *vulgare*.
- agazzino *Pyracantha coccinea*.
- abelia *Abelia grandiflora*.
- bosso *Buxus sempervirens*.

Tra le specie ruderali:

- poligono del giappone *Reynoutria japonica*, fioritura settembre-ottobre.
- scardaccione *Cirsium arvense*, fioritura giugno-luglio.
- rovo *Rubus* spp., fioritura maggio-agosto.
- erba medica *Medicago sativa*.

Questo elenco di sorgenti mellifere e pollinifere torinesi rappresenta un potenziale significativo per le api e gli impollinatori dello spazio urbano, periurbano e collinare torinese. Ad esso va integrato quello dei loro fruitori, ricorrendo alle informazioni storiche relative al contesto locale o all'areale di riferimento o alla fascia climatica; infine ai riferimenti su scala nazionale.

Sebbene non si possa definirla 'cinta', l'area urbana e periurbana torinese è stata oggetto di campionamenti per la valutazione della ricchezza e abbondanza di imenotteri apoidei (Marletto e Ferrazzi, 1984; Pagliano 1988; Vercelli e Ferrazzi, 2014; Grosso 2020).

Il territorio nazionale può essere diviso tendenzialmente in due regioni faunistiche principali di cui la prima, centro-settentrionale a clima subcontinentale, è ricca prevalentemente in Alittidi (Apoidei a ligula corta). Alcune specie di Apoidei risultano presenti con un numero relativamente grande di individui. Si tratta quasi sempre di specie caratterizzate da un grado più o meno intenso di socialità (Quaranta *et al.*, 2002). In questa ricerca che riporta campionamenti effettuati nel 1998 ed ha coinvolto 8 regioni italiane, ben un terzo delle specie conosciute è stato individuato, confermando una abbondanza di specie *Halictidae* nella fascia climatica centro settentrionale.

A Torino è stata riscontrata una presenza di Bombi (44%), Sirfidi (33%), Altri Apoidei (23%). Di quest'ultimi: *Anthophoridae* (0,2%), *Colletidae* (1%), *Megachilidae* (13%), *Andrenidae* (16%), *Halictidae* (19%), *Melittidae* (51%) (Quaranta *et al.*, 2002).

Oltre ovviamente ad *Apis mellifera*, tra le specie più diffuse risultano:

Apidae. La frazione di bombi sul numero totale di individui supera quella dell'insieme degli altri Apoidei nelle località di censimento tra le quali Torino. Le specie presenti con il maggior numero di individui risultano *Bombus terrestris* (L.), *B. pascuorum* (Scop.) e *B. lapidarius* (L.) (Quaranta *et al.*, 2002).

Halictidae. Questa famiglia annovera diverse specie con caratteri di socialità. Quella più abbondante e diffusa del genere *Halictus* è *H. scabiosae* (Rossi), mentre nel genere *Lasioglossum* sono *L. villosulum* (K.) e *L. malachurum* (K.) (Quaranta *et al.*, 2002).

Andrenidae. *Andrena flavipes* Panz. si trova in tutti i campionamenti, esclusa la Sicilia, totalizzando il più alto numero di individui (Quaranta *et al.*, 2002).

Anthophoridae. Le specie presenti nella maggior parte delle località sono *Xylocopa violacea* (L.), *Ceratina cucurbitina* (Rossi), *Anthophora plumipes* (Pallas) ed *Eucera nigrescens* Pér. Infine, occorre menzionare il caso di singole specie che, in particolari condizioni ambientali, risultano localmente

abbondanti, come quelle oligolettiche quando la specie vegetale favorita è coltivata (ad esempio *Melitta leporina* (Panz.) su erba medica a Torino) (Quaranta *et al.*, 2002).

I rilevamenti più recenti risalgono al 2019-2020 nei siti di Venaria Reale e Grugliasco con 565 *bees hotels* presentanti un diametro interno variabile tra 2 e 14 mm e volti a contenere diverse tipologie di nidi trappola (canne di bambù, blocchi di tavolette scanalate, listelli scanalati dotati di coperchio e chiusi, mattoni di argilla e un ceppo di legno forato per creare gallerie al cui interno sono stati messi tubi e provette di vetro). Di questi nidi trappola, nel 2019 sono stati preferiti quelli con fori da 2 mm, 4 mm, 6 mm mentre l'anno successivo a Venaria Reale sono state maggiormente utilizzate gallerie aventi 8 mm di diametro mentre a Grugliasco sono state quelle di 2 mm. Paragonando l'anno 2019 con l'anno 2020 la percentuale di occupazione delle gallerie equivale rispettivamente a 4,07% e 7,61% a Venaria Reale e al 2,12% e 1,59% a Grugliasco. Durante il 2020 si è assistito ad un aumento del numero di gallerie occupate rispetto al 2019 nei *bees hotels* di Venaria (3,54%), mentre a Grugliasco è stato riscontrato un decremento di occupazione pari allo 0,53%. Gli individui raccolti che nidificano in cavità sono api (*Colletidae* e *Megachilidae*) e vespe selvatiche (*Vespidae*, *Pompilidae*, *Sphecidae*, *Colletidae* e *Megachilidae*). L'attività di questi individui è stata disturbata dai nemici naturali appartenenti alla famiglia *Dermestidae*, *Ptinidae*, *Cleridae*, *Bombyliidae*, *Drosophilidae*, *Ichneumonidae*, *Torymidae*, *Eulophidae* e *Chrysididae*. La percentuale di parassitizzazione ammonta al 34,64% nel 2019 e al 14,66% nel 2020 (Grosso, 2020).

4.2.8 Corridoi Ecologici Urbani, la prima "linea" torinese

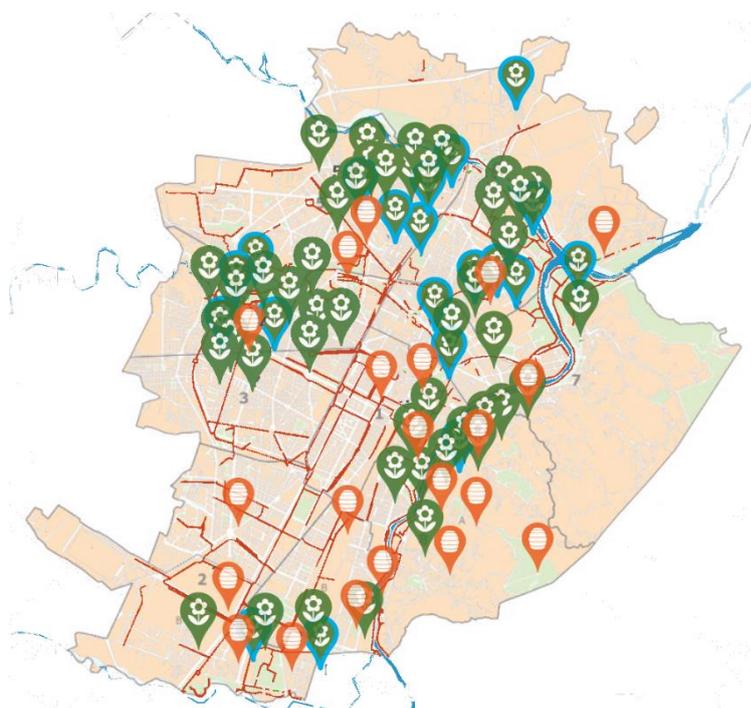


Figura 4.6 - Torino. Posizione di orti (verde), orti scolastici (verde bordato di azzurro), apiari (arancione), fiumi (azzurro), piste ciclabili (rosso)

sull'asse nord-ovest sud-est di Torino, a cui va certamente aggiunta la funzione educativa di Istituti scolastici e degli attori non statali, quest'ultimi non completamente censiti e mappati (Figura 4.6).

La strategia considera i seguenti punti di forza:

- l'asse individuato si connetterebbe a nord-ovest con il Parco Regionale della Mandria e a sud-est con la Riserva della Biosfera del Parco del Po;
- il tragitto attraverserebbe 55 Km di viali alberati, molti dei quali sorgenti nettarifere, di cui un 70% ciclabili, con particolare evidenza del segmento Parco del Valentino-Parco delle Vallere lungo il fiume Po;
- alcuni 'nodi' del percorso dispongono di una struttura ricettiva al turismo e la possibilità di ristoro all'interno del nodo o nelle immediate vicinanze;

25 <http://www.comune.torino.it/verdepubblico/patrimonioverde/verdeto/numeri.shtml>

26 <http://www.comune.torino.it/verdepubblico/2020/altrenews20/piano-strategico-infrastruttura-verde.shtml>

27 http://www.comune.torino.it/verdepubblico/bm~doc/allegato2_atlante_orti_urbani.pdf

- l'aspetto 'educativo', inedito per la capacità di 'fare biodiversità', che si avvera nel tessuto urbano in una maggiore presenza di 'nodi' di educazione ambientale di cui Istituzioni, Associazioni, Comitati Civici sono gli attori.

La soluzione della prima eco-ciclovìa verde deve prevedere la possibilità di dotare ogni fermata di stalli per favorire la mobilità dolce, una chiara indicazione del percorso e delle funzioni di ciascun nodo, una guida turistica che consenta di muoversi agevolmente lungo tutto il tragitto.

Le punti di interesse iniziali individuate e localizzate nella Figura 4.7 sono:

1. Orti Generali - Str. Castello di Mirafiori²⁸;
2. Spazio WOW e Pollinator Friendly Garden e tetto verde per impollinatori²⁹;
3. Aree protette del Po torinese, Parco del Po, Riserva della Biosfera (M.A.B. UNESCO)³⁰;
4. Cascina Bert³¹;
5. Orto Botanico di Torino - Università degli Studi di Torino³²;
6. Giardini di Sambuy³³;
7. Officine Verdi Tonolli³⁴;
8. Ex Fonderie Ozanam, Beeozanam³⁵, OrtiAlti³⁶;

Ciascuno di questi 'nodi' si distingue per caratteristiche idonee al progetto.

Gli Orti Generali, e lo Spazio WOW si trovano nel quartiere Mirafiori. Più precisamente grazie al progetto ProGireg finanziato dalla Commissione Europea, è stato recuperato un ex lotto industriale abbandonato e sottoutilizzato in Via Onorato Vigliani 102 (VOV, da cui poi il nome Spazio WOW) per restituirlo all'uso pubblico attraverso soluzioni mirate e basate sulla natura (*Nature Based Solutions*, NBS). Le azioni previste, grazie gli attori Orti Alti, Fondazione Mirafiori, Miravolante, Città di Torino, Coldiretti, e Parco del Nobile, poi con il sostegno della Comunità degli Impollinatori Metropolitan Slow

Food, sono creare corridoi ecologici per impollinatori, favorire il passaggio degli insetti impollinatori seguendo le indicazioni dei corridoi ecologici individuati da ProGireg, attivare gli abitanti locali nella cura delle nuove installazioni verdi, stimolandoli attraverso attività di scienza dei cittadini, favorire un'impostazione collaborativa dei diversi *stakeholder*, al fine di garantire la sostenibilità dell'intervento nel futuro. Attualmente sono stati attivati 17 cassoni di cui 4 ad orto e su una porzione del tetto dell'edificio e' stato realizzato un tetto verde piantumato a fiori selvatici per nutrire gli insetti impollinatori.

Le aree protette del Po torinese hanno come finalità la conservazione della biodiversità.

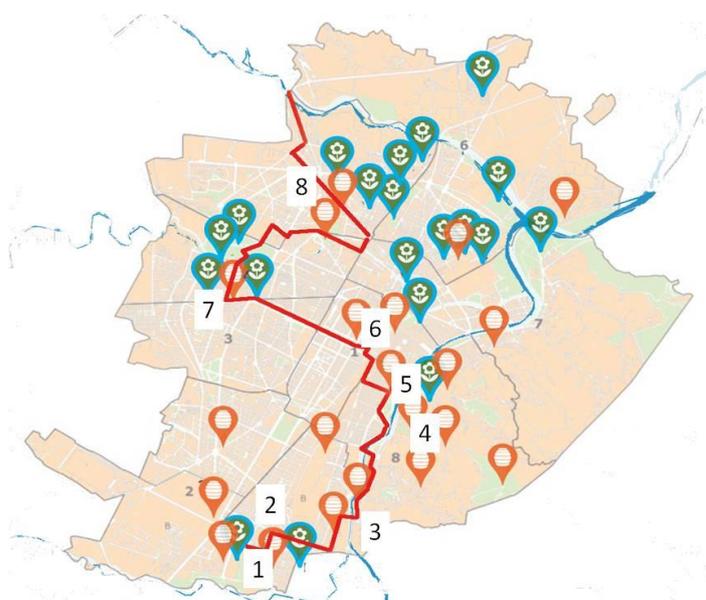


Figura 4.7 - Torino. Ipotesi di primo Corridoio Ecologico Urbano. La linea rossa percorre apiari urbani, orti urbani, alberate mellifere urbane, il fiume Po e i parchi con priorità lungo i segmenti ciclabili

Più in particolare il vasto Parco urbano Le Vallere che si trova alla confluenza dei fiumi Po e Sangone, situato all'imbocco autostradale della Città di Torino verso la Città di Mirafiori è zona sottoposta a tutela della Regione Piemonte ma è visitabile al pubblico e dispone di aree attrezzate, un giardino fenologico, un apiario urbano.

Le Officine Verdi Tonolli si trovano in Via Valgioie in pieno quartiere residenziale nel settore occidentale di Torino sull'asse di Corso Francia, viale alberato pianificato nel 1711 che attraversa Torino-Collegno-Rivoli per circa 11,6 Km. In questa ex area produttiva coesistono diverse associazioni

28 <https://www.ortigenerali.it/>

29 <https://progireg.eu/nature-based-solutions/pollinator-biodiversity/>

30 <http://www.areeprotettepotorinese.it/pagina.php?id=195>

31 <https://torino.pro-natura.it/cascina-bert/>

32 <https://www.ortobotanico.unito.it/it>

33 <https://www.turismotorino.org/it/esperienze/trekking-e-outdoor/giardino-sambuy>

34 <http://www.associazioneparcodelnobile.it/attivita/officina-verde-tonolli/>

35 <https://www.beeozanam.com>

36 <http://www.ortialti.com>

che si occupano di volontariato, educazione, orticoltura e giardinaggio sociale rivolto alle scolaresche, apicoltura urbana, orticoltura per ipovedenti.

Realizzati nel 1861 seguendo il modello dell'oasi verde con laghetto, sentieri sinuosi, macchie d'alberi e prato di tipo "inglese", i Giardini di Sambuy si affacciano in Piazza Carlo Felice davanti alla Stazione Porta Nuova. Qui troviamo un faggio pendulo (*Fagus sylvatica*), alcune magnolie e uno dei 15 alberi monumentali protetti dalla Regione Piemonte, il Noce del Caucaso di 27 m di altezza (*Pterocarya fraxinifolia*). A partire dal 2014 diventano laboratorio permanente di rigenerazione con l'approccio innovativo e multidisciplinare dell'Associazione Culturale Giardino Forbito. In questi dieci anni si sono alternati progetti di promozione di stili di vita sostenibili, concerti, di cultura del verde e del territorio e realizzando incontri letterari e presentazioni di libri, *work-shop* e degustazioni, manifesti e convegni e un mercato agricolo di prossimità tutt'ora attivo.

Il *community hub*³⁷ Beeozanam di via Foligno 14 chiude questo percorso. Si tratta di un nuovo centro aperto al quartiere e gestito da diverse associazioni attraverso un patto di collaborazione. Il complesso, un ex edificio industriale rigenerato attraverso soluzioni basate sulla natura, comprende un orto pensile di 300 m² e un giardino pensile con piante mellifere e un apiario per la produzione di miele urbano.

Le postazioni individuate sono tutte raggiungibili attraverso viali alberati, piste ciclabili (i segmenti più lunghi si trovano lungo il fiume Po, Corso Vittorio Emanuele, Corso Francia, Parco pubblico della Pellerina, Via Stradella, Via Lanzo).

Eventuali 'nodi' aggiuntivi per una prima linea di metropolitana verde possono essere l'Environment Park e l'Orto Botanico di Torino in cui sono attivi storici apiari urbani e gli Istituti Scolastici che collaborano con il Terzo Settore in attività *indoor* e *outdoor* di educazione ambientale, in maggior misura nelle Circoscrizioni 4 e 8.

Questo primo Corridoio Ecologico Urbano consente di congiungere Altessano, Venaria Reale e il Parco Regionale della Mandria con un asse che, attraversando il capoluogo piemontese, termina nel Parco del Po, Riserva della Biosfera Unesco. Con questo percorso di 8 stazioni si può infine estendere questo progetto al Parco Regionale della Mandria. In questo nuovo asse ciclo pedonale di quasi 25 Km si può dunque affermare di poter generare un nuovo flusso di persone interessato a conoscere questo percorso, gettando le basi per una nuova pianificazione urbanistica che premi ciascuna stazione del percorso e giustifichi a sua volta un'economia virtuosa, una difesa attiva del territorio urbano e rururbano, godendo del premio 'derivato' del servizio ecosistemico di queste nuove infrastrutture verdi.

La scelta di realizzare percorsi simili a quanto descritto risponde all'esigenza di curare il capitale naturale non solo con strategie di difesa della biodiversità ma anche attraverso il coinvolgimento della cittadinanza con progetti sostenibili di turismo, cultura, economia. Il ruolo dei cittadini quali testimoni consapevoli dell'ambiente in cui vivono e poi attori (e destinatari) dei cambiamenti che applicano all'ambiente è, in pratica, la chiave per il raggiungimento di quei 17 obiettivi interconnessi, definiti dall'Organizzazione delle Nazioni Unite come strategia "per ottenere un futuro migliore e più sostenibile per tutti".

BIBLIOGRAFIA

- Bellucci V., Colonna A., Piotto B., Silli V., 2019. Crisi degli impollinatori minacce anche dalla catena trofica. *Rivista Nazionale di Apicoltura*. Vol. 9, pp. 16 -20.
- Brittain C.A., Vighi M., Bommarco R., Setteled J., Potts S.G., 2010. Impacts of pesticide on pollinators species richness at different spatial scales. *Basic and Applied Ecology* 11: 106–115.
- Botias C., David A., Hill E.M., Goulson D, 2017. Quantifying exposure of wild bumblebees to mixtures of agrochemicals in agricultural and urban landscapes. *Environ. Pollut.*, 222, 73–82.
- Celli G., Porrini C., 1991. "L'ape un efficace biondicatore dei pesticidi". *Le Scienze*, 274: 42-54.
- Cirio F., 2014. *Gis e bioindicatori: metodologia di analisi sulla base di dati melissopalinologici nell'attività di pianificazione urbana a Torino*. Tesi di laurea magistrale, Università degli Studi di Torino, a/a 2013 2014, Besana A.
- D'Antoni S., Bonelli S., Gori M., Macchio S., Maggi C., Nazzini L., Onorati F., Rivella E., Vercelli M., 2020. *La sperimentazione dell'efficacia delle Misure del Piano d'Azione Nazionale per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari (PAN) per la tutela della biodiversità*. ISPRA, Serie Rapporti, 330/2020 https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/rapporto-330-2020_web_-1.pdf

37 Per nulla facile definirli, possono essere un luogo dinamico di incontro tra formatori ricercatori e lavoratori ma anche luoghi di inclusione sociale e lotta alla povertà educativa o più comunemente spazi di coworking di progettualità anche politica.

- Daniels B, Jedamski J, Ottermanns R, Ross-Nickoll M., 2020. *A "plan bee" for cities: Pollinator diversity and plant-pollinator interactions in urban green spaces*. PLoS ONE 15(7): e0235492. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235492>
- Faccioli P., *Definizione di costellazione apicoltura urbana italiana*. VI Convegno Nazionale Apicoltura Urbana, Libera Università di Bolzano. https://www.academia.edu/36068819/UNA_TERRIBILE_BELLEZZA_E_NATA_Relazione_a_l_VI_convegno_nazionale_di_apicoltura_urbana
- FAO 2014. Pollinator safety in agriculture. Pollination services for sustainable agriculture • Field manuals. <http://www.fao.org/3/a-i3800e.pdf>
- Gallai N., Salles J.M., Settele J., Vaissière B.E., 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, Elsevier, 68 (3): 810-821.
- Greca P., Nobile V., Urso V., Turrisi G., 2011. *Diversità ed ecologia degli Imenotteri Apoidei in ambienti frammentati pedemontani dell'Etna a differente pressione antropica*. Università di Catania, Tesi di Dottorato, XXIII ciclo, 2010.
- Grosso F., 2020. *Monitoraggio della biodiversità di api selvatiche impiegando nidi trappola* (Tesi di laurea magistrale non pubblicata), Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari.
- Harrison, T. and Winfree, R., 2015. *Urban drivers of plant-pollinator interactions*. *Funct Ecol*, 29: 879-888. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12486>
- Manino A., Porporato M., 2013. *Api selvatiche: importanza e problematiche*. - Atti Accad. Naz. Ital. Entomol., LXI, questo volume: 73-75.
- Marinelli, A. S., 2020. Hyper Natura. *La bio-informazione e le biotecnologie come nuove strategie di progetto* (07a Tesi di Dottorato). 11573/1365313
- Marletto F., Ferrazzi P., 1984. *Sorgenti mellifere e pollinifere in ambiente urbano*. *Apicoltore moderno* 75: 199-210.
- Marletto F., Ferrazzi P., 1985. *Fioriture di interesse apistico e produzioni dell'alveare in ambiente urbano*. Atti Accad. Naz. It. Entom., Rendic. XXX-XXXII: 91-102.
- Melo, G. e Gonçalves, R., 2005. *Higher-level bee classifications (Hymenoptera, Apoidea, Apidae sensu lato)*. *Revista Brasileira De Zoologia - REV BRAS ZOOL.* 22. 10.1590/S0101-81752005000100017.
- Michener, C. D. 2000. *The bees of the world*. Baltimore, The Johns Hopkins University. 913p.
- Motta, E.V.S., et al., 2018. *Glyphosate perturbs the gut microbiota of honey bees*. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*. doi: 10.1073/pnas.1803880115 <https://www.pnas.org/content/115/41/10305>
- Louveaux J., 1986. *"L'abeille comme indicateur biologique"* *Abeille et Fleurs*, 359 pp. 6-8.
- Pagliano G., 1994. *Hymenoptera Apoidea*. In: Minelli A., Ruffo S.E., La Posta S. (eds) *Checklist delle specie della fauna italiana*, 106. Calderini Bologna.
- Pagliano G., 1988. *Prospetto Sistematico degli Apoidei italiani*. *Ann. Fac. Sci. Agr. Univ. Torino*, 15: 97-128.
- Persson A.S., Ekroos J., Olsson P., Smith H.G., 2020. *Wild bees and hoverflies respond differently to urbanisation, human population density and urban form*, *Landscape and Urban Planning*, Vo. 204, 103901, pp. 1-10.
- Pinzauti M., Felicioli A., 1998. *"Metodologia impiegata nei programmi di monitoraggio dei radionuclidi e dei metalli pesanti con alveari"* Atti del workshop "Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale", Roma, 26-27 Novembre, pp. 303-310.
- Porrini C., 1998. *"Metodologia impiegata nei programmi di monitoraggio dei pesticidi con api"*, Atti del Workshop "Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale", pp. 311-317, Roma.
- Porrini, C., Ghini, S., Girotti, S., Sabatini, A. G., Gattavecchia, E., e Celli, G.. 2002. *Use of honey bees as bioindicator of environmental pollution in Italy*, in *Honey Bees: Estimating the Environmental Impact of Chemicals*, eds J. Devillers, and M. H. Pham-Delegue, (London: CRC Press).
- Porrini C., 2008. *"Les origines de l'utilisation de l'abeille comme indicateur biologique"*, in *Bull Tech Apic.*, pp. 162-164.
- Quaranta, M., Cornalba, M., Biella, P., Comba, M., Battistoni, A., Rondinini, C., Teofili, C. (compilatori). 2018. *Lista Rossa IUCN delle api italiane minacciate* http://www.iucn.it/pdf/Comitato_IUCN_Lista_Rossa_delle_Api_italiane_minacciate.pdf
- Quaranta M; Medrzycki P; Porrini C; Romagnoli F; Celli G; Maini S; Longo S; Mazzeo G; Ricciardelli Dalbore G; Palmieri N; Comba L; Piatti C; Pinzauti M; Felicioli A; Ambroselli S; Nardi E; Niccolini L; Piazza M.G; Intoppa F; Carini A; Floris I; Satta A; Marletto F; Manino A; Patetta A; Comoli R; M. Porporato; Zandigiaco P; Cogoi P; Barro P, 2002. *Il censimento dei pronubi*

-
- selvatici In Italia, con particolare riferimento agli Imenotteri Apoidei*. Atti del convegno finale "Il ruolo della ricerca in apicoltura". <http://hdl.handle.net/2318/79836>
- Rasmont, P., Devalez, J., Pauly, A., Michez, D. e Radchenko, V., G., 2017. *Addition to the checklist of IUCN European wild bees (Hymenoptera: Apoidea)*. *Annales de la Société entomologique de France (N.S.)*, 53:1, 17-32, DOI: 10.1080/00379271.2017.1307696
- Theodorou, P., Radzevičiūtė, R., Lentendu, G. et al., 2020. *Urban areas as hotspots for bees and pollination but not a panacea for all insects*. *Nat Commun* 11, 576. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-14496-6>
- Ferrazzi P., Vercelli M., 2014. *Le api e l'ambiente urbano: risorse floristiche e problematiche*. Conferenza "Api e paesaggio urbano: mutamenti, adattabilità e prospettive", presso ISDE FVG Trieste, 31 maggio 2014.
- Vercelli M., Ferrazzi P., 2014. *Melliferous potential yield of Torino city (Piedmont, northwestern Italy)*. 2nd ApiEcoFlora & Biodiversity, Apimondia Symposium, 6-7 November 2014, Rome, Italy: 37

5. PRODOTTI DELL'ALVEARE E BENESSERE PSICO-FISICO

Le api, oltre al servizio eco sistemico di impollinazione che consente la formazione di frutti e semi di un gran numero di piante, molti eduli, forniscono benessere attraverso i loro prodotti. Perché ciò avvenga in condizioni ottimali è necessario operare in un ambiente sano e porre la massima considerazione nella gestione delle api.

5.1 Curarsi con le api ovvero apiterapia

L'apiterapia è il trattamento terapeutico di alcune patologie attraverso i prodotti dell'alveare come miele, polline, propoli, pappa reale, veleno e cera d'api, ad integrazione della medicina tradizionale.

Oggi l'apiterapia si sta diffondendo in tutto il mondo e in molti Paesi è stata dichiarata ufficialmente una pratica medica con apposite normative, in molti altri casi questa terapia naturale sta ottenendo riconoscimenti ufficiali. Numerosi sono i centri di ricerca che studiano gli effetti dei prodotti dell'alveare usati in diversi trattamenti.

In Italia si parla di apiterapia dal 2015 da quando è stata fondata da medici l'Associazione Italiana Apiterapia. Solo una ricerca seria sulla potenzialità dei prodotti dell'alveare potrà dimostrare il ruolo dell'apiterapia come valido coadiuvante in molti trattamenti terapeutici.

5.1.1 I prodotti dell'alveare usati in apiterapia: l'importanza della loro qualità

I prodotti dell'alveare possono essere impiegati in vario modo: come alimenti con uso quotidiano (assunzione orale), come componenti cosmetici (con assorbimento cutaneo), come aromaterapia (con assorbimento attraverso l'apparato respiratorio).

Va sottolineato che in tutte le matrici dell'alveare si possono accumulare residui di pesticidi o sostanze chimiche dannose. Per garantire la loro efficacia i prodotti apistici utilizzati in apiterapia e apicosmesi debbono essere di elevata qualità, di origine certa, possibilmente biologici e privi di residui inquinanti. Tuttavia non si può trascurare il fatto che il mercato è saturo di prodotti che non rispettano questi principi fondamentali.

5.1.2 Apinutrition

E' generalmente impiegato il termine inglese *apinutrition* in riferimento alla disciplina che si occupa dell'interazione tra i nutrienti ed altre sostanze presenti nei prodotti dell'alveare (fitonutrienti, antociani, tannini, ecc.) e la protezione, il mantenimento, la crescita, la riproduzione, l'igiene interna, il metabolismo e, complessivamente, la salute di un organismo. L'*apinutrition* riguarda l'assunzione di cibo, l'assorbimento, l'assimilazione, la biosintesi, il catabolismo e l'escrezione.

5.1.2.1 Miele

E' forse il prodotto dell'alveare più noto in quanto da sempre le api sono indissolubilmente legate al miele (Sforcin *et al.*, 2017). E' un alimento con una ampia gamma di sapori e impieghi, si definisce come un complesso ricco di glucidi semplici e non, acidi organici, ormoni vegetali, vitamine, sali minerali, oligoelementi, enzimi, polifenoli, aminoacidi, inibine e sostanze aromatiche. La composizione può variare, i mieli amari (castagno, corbezzolo), ad esempio, presentano una composizione in polifenoli che equiparano la loro qualità al famoso miele di "manuka" (*Leptospermum scoparium*, piccolo arbusto che cresce spontaneo in Australia e Nuova Zelanda, Figura 5.2). L'importanza del miele è dovuta alle sue spiccate proprietà curative: lenisce il mal di gola, agisce contro il raffreddore e disinfetta le ferite. Grazie ai numerosi componenti presenti, svolge un'azione antibatterica naturale: è efficace contro la *Pseudomonas aeruginosa* e lo *Staphylococcus aureus*, resistenti ai normali antibiotici.



Figura 5.1 – Sono numerose le “Città del Miele” italiane, questa è Lazise (VR) (Foto Piotto).



Figura 5.2 - Fiori di *Leptospermum scoparium* (manuka). (Foto Josh Jackson – IMG_2810.JPG, CC BY 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3941871>)

Le proporzioni dei componenti principali del miele sono indicate in figura 5.3.

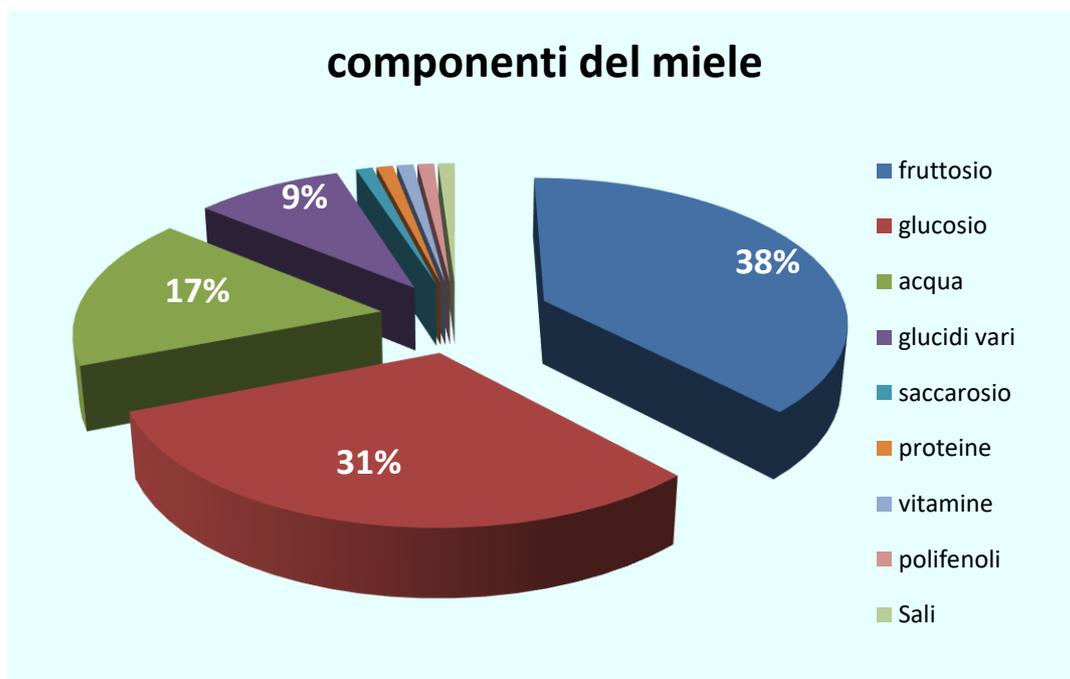


Figura 5.3 - Componenti principali del miele

Ogni tipo di miele contiene non solo perossido di idrogeno, ma anche altri componenti che concorrono all'azione antibatterica chiamati inibine non perossidi (lisozima, flavonoide, acidi aromatici, ecc.). La quantità di componenti antibatterici varia da miele a miele in relazione a numerosi fattori, primo tra tutti la salute dell'ambiente circostante. L'azione batteriostatica del miele è efficace a temperatura ambiente per cui va usato a temperature inferiori a 40°C e preferito il miele biologico.

Dall'antichità il miele è stato impiegato per la guarigione di ferite. Non a caso gli eserciti ne portavano consistenti quantitativi. L'azione terapeutica è dovuta alle sua capacità di penetrare a fondo nei tessuti cutanei in modo da poter raggiungere le infezioni profonde ed, inoltre, alle sue proprietà antibatteriche che sono in grado di eliminare rapidamente i batteri, inclusi i ceppi resistenti agli antibiotici (Tufano *et al.*, 2019). Come risulta da sperimentazione condotta in ambito ospedaliero (Elhorbity *et al.*, 2018), il miele riduce i tempi di cicatrizzazione perché richiama i liquidi corporei e le sostanze nutritive dalla zona della ferita. Rilevante è l'effetto disinfettante del perossido di idrogeno sviluppato dal miele.

Un aspetto non trascurabile è che il miele non induce resistenza batterica. Agisce stimolando la fagocitosi dei globuli bianchi ed aumentando la pressione osmotica che opera prelevando l'acqua dai batteri portandoli alla disidratazione. Oltre a ciò, ha una spiccata azione antinfiammatoria che promuove la guarigione e riduce il dolore e il gonfiore. Interessanti sono i lavori scientifici condotti all'Università del Piemonte Orientale (Martinotti e Ranzato, 2014; Martinotti *et al.*, 2015; Ranzato e Martinotti, 2016; Martinotti e Ranzato, 2018) sul ruolo stimolante del miele nella formazione dei cheratinociti, le cellule più abbondanti nell'epidermide, che dimostrano che il miele non ha soltanto un'azione antisettica ma agisce anche sulla accelerazione della rigenerazione cellulare.

5.1.2.2 Propoli

La propoli è composta principalmente da secrezioni resinose che le api raccolgono sugli alberi (in particolare su pioppi, abeti, olmi, betulle) che poi mescolano con saliva e cera. Utilizzano questa sostanza nei loro alveari sia come materiale da costruzione sia come antisettico. La propoli viene infatti applicata per sterilizzare l'alveare, in particolare l'entrata delle cellette destinate ad accogliere le uova, oppure per evitare la decomposizione di eventuali organismi intrusi di una certa dimensione riusciti a penetrare nell'alveare. Uccisi dalle api, risultano talvolta troppo pesanti per poter essere trascinati fuori e quindi sono neutralizzati con la propoli.

Nel mondo antico la propoli era nota: i sacerdoti egiziani la usavano per mummificare mentre i medici la impiegavano per trattare le infezioni della pelle, dell'apparato respiratorio e come cicatrizzante e disinfettante delle ferite. Anche greci, romani, arabi e incas ne conoscevano le proprietà. Fino al XVIII secolo in diversi paesi europei aveva diversi utilizzi, in seguito cadde in disuso per molto tempo, per poi conoscere nuova valorizzazione. Negli ultimi decenni gli scienziati hanno messo in evidenza i suoi componenti e le sue proprietà.

La composizione chimica del propoli cambia con il variare del periodo di raccolta, del tipo di vegetazione e della resina prelevata. Questi fattori condizionano anche il colore, l'aroma e il sapore. Oltre a resine e balsami (50%) e cere (30%), si possono individuare un 10% di sostanze volatili (per lo più oli essenziali) e un 10% di materiali organici (flavonoidi, pollini, vitamine). I flavonoidi hanno un ruolo molto importante perché assicurano gran parte delle proprietà antimicrobiche della propoli, è stato provato come sono proprio i flavonoidi, e in particolare la galangina (di cui è ricca la propoli raccolta nei boschi di latifoglie), e la pinocembrina (presente soprattutto nella propoli proveniente dalle conifere) ad assicurare alla propoli le sue preziose proprietà antimicrobiche. Oltre ai flavonoidi altri costituenti con attività farmacologica sono gli acidi abietico, benzoico, cinnamico, ferulico e caffeico, le cumarine, le vitamine (A, B1, B2, B6, C, E, PP, B5) e gli oligoelementi (ferro, manganese, alluminio, cromo, calcio, zolfo, rame, molibdeno, vanadio, silicio, sodio, potassio, argento).

A seconda della sede di raccolta il colore della propoli varia dal giallo-verde (quando prevalgono i prelievi su pini) a rossastro (quando a fornire materiale sono i pioppi) fino al nero (prevalenza di betulle) con sfumature tra i diversi colori. Così anche l'odore, sempre molto aromatico, muta in base alle sostanze resinose presenti. Lo stesso vale per il sapore che dal tipico acre-amaro arriva fino al dolce. La consistenza della propoli dipende invece dalla temperatura ambientale: dura e friabile al freddo la propoli diventa malleabile appena la si manipola, la malleabilità aumenta man mano che la temperatura si avvicina ai 30°C. A temperature superiori diventa appiccicosa e viscosa, mentre a 65-70°C fonde.

La propoli è definita "antibiotico naturale" per le numerose azioni terapeutiche esercitate. E' uno dei migliori antibatterici naturali con attività sia batteriostatica sia battericida: impedisce infatti la moltiplicazione dei germi, li uccide e stimola i processi immunitari. Svolge anche una valida azione su molti ceppi di virus, tra cui molti virus influenzali e parainflenzali, alcuni *rhinovirus* e il virus responsabile dell'*herpes simplex*: in particolare ne inibisce la crescita e ne rallenta la moltiplicazione. Non a caso il suo utilizzo principale è contro il mal di gola, le affezioni delle vie respiratorie (faringiti, tracheiti e tonsilliti) e le affezioni del cavo orale (gengiviti, infiammazioni della lingua e del palato). Altre importanti azioni farmacologiche sono quelle antifungine, antivirali, immunostimolanti, antinfiammatorie, vasoprotettive, antiossidanti, diuretiche, epatoprotettive, cicatrizzanti, antiulcera, antigastrite, anticarie. Efficace contro ascessi dentari, piorrea e parodontite.

Da sempre la propoli è stata impiegata sottoforma di unguento e pomata come cicatrizzante e disinfettante grazie alla notevole capacità di stimolo della rigenerazione dei tessuti in caso di ferite e piaghe dovuta alla presenza dei flavonoidi che irrobustiscono le pareti capillari.

Attualmente si stanno realizzando studi in vitro riguardanti l'attività antitumorale.

Non sono segnalate controindicazioni salvo ipersensibilità e sensibilizzazione specifica alle resine delle piante da cui le api traggono la propoli.

5.1.2.3 Polline

Il polline fresco, raccolto dalle api sugli stami dei fiori, è un concentrato di proteine aminoacidi minerali e vitamine. Tonifica, stimola e riequilibra: è un vero alleato per ritrovare la vitalità e la forma fisica. Favorisce la regolarità intestinale, combatte la stanchezza e rinforza le difese naturali dell'organismo. La principale caratteristica del polline è la sua ricchezza in proteine, ma esso contiene ugualmente numerosi altri elementi che, combinati fra loro, gli conferiscono delle grandi virtù terapeutiche. Per renderlo maggiormente biodisponibile ed approfittare di tutte le sue virtù è necessario masticarlo bene. Per le sue innumerevoli proprietà e per la ricchezza di principi nutritivi il polline è considerato un super alimento e quindi è largamente usato come integratore alimentare. Si riassumono le sue proprietà, attive sia in adulti sia in bambini (Angelucci 2017):

- Proprietà stimolanti: stimola la crescita dei bambini e permette di lottare contro la fatica fisica
- Rinforza le difese immunitarie: il polline tende ad aiutare il nostro organismo a sviluppare gli anticorpi contro le aggressioni esterne in quanto ricco in magnesio, ferro, cobalto e rame
- Proprietà antibiotiche
- Proprietà digestive
- Proprietà antiossidanti

In generale il polline a livello alimentare non costituisce alcun problema. Dal punto di vista allergenico va ricordato che la maggior parte dei pollini allergizzanti è anemofilo, e quindi non raccolto quindi dalle api, e caratterizzato da sostanze adesive peculiari e di strutture proteico-lipidiche più complesse rispetto a quelle presenti nel polline entomofilo.

Nel consumo del polline buona norma è somministrarlo inizialmente a piccole dosi: due globulini sulla lingua la mattina per una settimana per testare eventuali allergie soggettive. Nel caso di donne in gravidanza verificare l'eventuale allergia e non impiegare polline secco poiché è assimilabile solo parzialmente.

Uno studio (Yao-Dong Wu e Yi-Jia Lou, 2007) ha dimostrato l'azione citotossica della frazione sterolica del polline di *Brassica campestris* L. su cellule cancerogene del cancro della prostata.

5.1.2.4 Cera

Risale a 6.500 anni fa l'impiego di cera collocata appositamente in una cavità dentale allo scopo di diminuire il dolore di un uomo del neolitico in Slovenia (Bernardini *et al.*, 2012). E' inoltre documentato l'uso della cera nelle antiche civiltà: le tavolette usate per la scrittura, i sigilli per le epistole, i ceri votivi, la protezione del legno. Usata largamente anche nella cosmesi fin dall'antichità, la prima citazione scritta dell'uso di cera risale all'antico Egitto.

La cera è il prodotto impiegato dalle api per costruire il favo con le sue celle. Essuda sotto forma liquida dalle ghiandole cerarie che sono situate fra gli anelli dell'addome dell'ape, nella parte inferiore. A contatto con l'aria la cera si solidifica in scaglie che l'ape modella con le mandibole, aggiungendovi un po' di polline e di propoli, per costruire i favi. Le api che la producono sono di età compresa fra i 12 e 18 giorni, cioè al termine del periodo in cui svolgono le funzioni di nutrici ma prima di diventare bottinatrici. Il prodotto secreto dall'insetto è di colore quasi bianco e solo in un secondo tempo



Figura 5.4 - I resti di mandibola rinvenuta in Slovenia con canino sottoposto a trattamento terapeutico intenzionale e otturazione con cera d'api. Il tratto bianco indica 10mm (Tratto da Bernardini *et al.*, *Beeswax as Dental Filling on a Neolithic Human Tooth. PLoS One.* 2012)

assume un colore giallo dovuto alla presenza del polline e della propoli, mentre tende ad annerire nel giro di 5-7 anni.

La cera è composta da una miscela di lipidi, sostanze chimicamente stabili, resistenti all'idrolisi, all'ossidazione, all'attacco degli acidi organici e dei succhi gastrici. E' un prodotto versatile utilizzato nel settore dell'apicoltura per la produzione dei fogli cerei che costituiscono la base per la costruzione dei favi, ma impiegato anche in campo alimentare, cosmetico e farmaceutico grazie alle sue proprietà protettive. La caratteristica saliente della cera è di essere costituita da molecole idrofobe per cui si mostra affine alla pelle. La cera d'api contiene 284 composti diversi di cui 111 volatili, la maggior parte sono monoesteri saturi e insaturi. La composizione percentuale è la seguente: idrocarburi 14%, monoesteri 35%, diesteri 14%, triesteri 3%, monoesteri idrossilati 4%, poliesteri idrossilati 8%, esteri acidi 1%, poliesteri acidi 2%, acidi liberi 12%, altri composti 6% (acido miricilico, gibberellina GA3, 13 composti proteici, carotenoidi). Straordinariamente ricca di carotenoidi (provitamina A).

Nell'industria la cera è usata soprattutto come additivo (E901) nel settore alimentare. Il principale impiego riguarda il trattamento superficiale di agrumi, pere, mele, pesche, mango, avocado e ananas, che permette alla frutta di rimanere lucida, evitare la disidratazione, l'ossidazione e l'eventuale penetrazione di muffe. Si impiega inoltre come glassante di vari prodotti alimentari, nel trattamento di chicchi di caffè e come agente di rivestimento in supplementi alimentari (capsule o compresse).

Nel campo terapeutico si è dimostrata efficace nella cura della psoriasi e nella stimolazione della cicatrizzazione. La cera d'ape ha impieghi in campo dermatologico perché, tra le sue tante molecole, alcune mostrano attività spiccatamente antifungine mentre altre permettono il superamento di barriere come l'epidermide e consentono di veicolare meglio altri prodotti.

Sono stati studiate (Fratini *et al.*, 2016) le sue proprietà antimicrobiche, risultate efficaci contro *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enterica*, *Candida albicans* e *Aspergillus niger*; gli effetti inibitori si potenziano mischiando cera con miele o con olio d'oliva.

Purtroppo, date le caratteristiche della cera e della maggior parte dei pesticidi ad uso agricolo e zootecnico, è proprio la cera la matrice in cui le sostanze nocive si concentrano maggiormente e più a lungo termine. Le indagini tossicologiche sulla cera d'api, infatti, forniscono informazioni importanti sulla gestione sanitaria degli alveari e descrivono la qualità dell'ambiente in cui le api vivono (Tulini, 2017).

5.1.2.5 Pane d'api

Il pane d'api è un alimento nato dal processo di fermentazione del polline operato dalle api. E' una trasformazione del polline che consente una lunga conservazione. Per le api costituisce una fonte di alimentazione primaria ed è più energetico del polline grezzo.

Il polline è mescolato al miele, agli enzimi delle api, alla propoli e alla cera dei favi. Sotto l'influenza dei microrganismi, della temperatura, dell'umidità dell'ambiente, il polline subisce una serie di trasformazioni biochimiche e strutturali trasformandosi in pane d'api dopo circa tre mesi di fermentazione. E' considerato come un "super alimento" che fornisce al corpo umano tutti i nutrienti di cui ha bisogno (Angelucci, 2018).

È ricchissimo di proteine, glucidi, oligoelementi (Fe, Mn, Co, Cu, Zn), carotenoidi (provitamina A), vitamine (E, C, K), polifenoli. La composizione chimica è la seguente: carboidrati 35%; lipidi 1 - 6%, carotenoidi (provitamina A) 200 - 875 mg/Kg; vitamina E 170 mg per 100 g di prodotto; vitamina C fino a 200 mg per 100 g di prodotto. Inoltre si trovano polline, miele, propoli e tracce di pappa reale perché già presenti nella cella dell'alveare da cui avviene l'estrazione.

Il suo valore nutritivo e le sue proprietà antibiotiche sono tre volte maggiori di quelle del polline in quanto la combinazione di più pollini, e soprattutto la fermentazione, determinano una maggiore facilità di essere assorbito.

5.1.3 Apipuntura

Il veleno d'api, detto apitossina, è sintetizzato da una ghiandola presente nella cavità addominale delle api. È stato da tempo impiegato in terapie per mitigare artrite, reumatismi, malattie della pelle (Rady *et al.*, 2017). La letteratura riferisce che Carlomagno ed Ivan Il Terribile soffrivano di dolori alle articolazioni e venivano regolarmente curati con punture d'api ma la pratica era nota anche a Ippocrate e Galeno.

Le proprietà curative dell'apitossina, quindi, sono note da tempo e derivano in gran parte dall'osservazione empirica di come tra gli apicoltori l'incidenza di patologie reumatiche fosse ridotta rispetto al resto della popolazione. Tradizionalmente usata nell'Europa dell'Est per le malattie articolari, l'apitossina deve il suo esordio scientifico al medico ceco-tedesco Filip Terč (1844 Repubblica Ceca – 1917 Slovenia), considerato il "padre" dell'apitoxiterapia (la terapia tramite le punture di api). Scrisse

il trattato “Rapporto sulla connessione tra le punture delle api e le malattie reumatiche”. Pubblicò i suoi risultati nel 1888 in una rivista di Vienna e da allora in tutta Europa centrale si diffuse la pratica e l’interesse per l’apipuntura. Non bisogna dimenticare Bódog Beck, medico ungherese, esperto di apiterapia. Nel 1935 pubblicò il libro “*Bee Venom Therapy*” con l’obiettivo di presentare sistematicamente tutto ciò che si sapeva sull’apiterapia. Beck si fece carico di raccogliere l’esperienza dei colleghi di tutto il mondo, anche tramite questionari distribuiti capillarmente, e illustrò nel libro come il veleno d’api funzionasse nei casi di reumatismi, artrite, artrosi e dolori muscolari con le relative controindicazioni e con la necessità di effettuare dei test allergologici preventivi.

Oggi sappiamo che la presenza di componenti come l’istamina, l’isolecitina, l’apamina, riescono ad esercitare un’azione antinfiammatoria utile in caso di artrosi, artrite reumatoide, sciatalgia, contribuendo a migliorare lo stato del paziente.

L’ apitossina è un liquido limpido e incolore dapprima dolce poi amaro, solubile in acqua ma non in alcool, resistente sia alle basse che alle alte temperature, prodotto dall’apparato velenifero delle api operaie per miscelazione di secrezioni acide e basiche (Baldazzi, 2017). Il risultato è una soluzione decisamente acida con un pH compreso tra 4,5 e 5,5, una densità pari a 1,13 e una composizione chimica estremamente complessa, fatta oltre che di acqua (90%), glucosio, fruttosio e fosfolipidi, di almeno 18

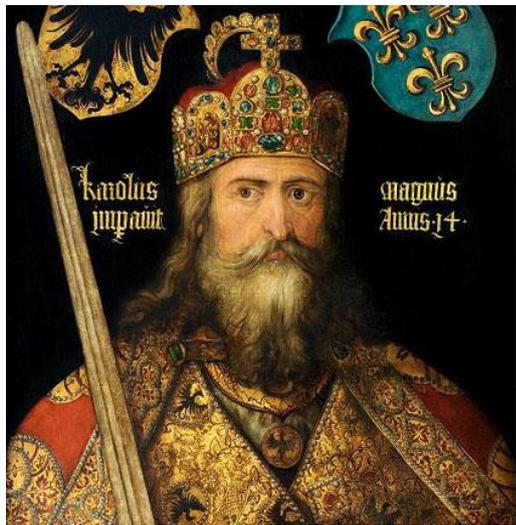


Figura 5.6 – Anche Carlomagno si sottoponeva all’apipuntura per curare i dolori alle articolazioni (Dipinto di A. Durer, Foto tratta da Wikicommons <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=92430061>)

sensibilità e il suo stato di salute. Sostanzialmente l’apitossina causa sull’organismo umano tre effetti:

- un effetto neurotossico a livello di struttura nervosa centrale manifestabile come dolore a livello vertebrale fino a paralisi transitoria o permanente
- un effetto emorragico, che costituisce la caratteristica più saliente e che ha come campo d’azione non solo tutti gli elementi del sangue ma anche i capillari che divengono permeabili al sangue stesso (da qui il consiglio di non strofinare mai una puntura d’ape)
- un effetto emolitico a livello di globuli sia rossi sia bianchi

In che modo questi effetti possono essere utili nel trattamento delle malattie reumatiche? Il veleno d’ape accelera e potenzia la circolazione, dilata i vasi capillari e li rende permeabili al sangue inducendo un aumento del metabolismo e dell’apporto di ossigeno e quindi un ripristino del normale stato fisiologico.



Figura 5.5 – Ivan il Terribile soffriva di dolori articolari e veniva curato con punture d’api. (Dipinto di Viktor Michajlovič Vasinov, Foto tratta da Wikicommons <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=215948>)

componenti farmacologicamente attivi tra cui enzimi, peptidi e ammine. Il polipeptide di riferimento, la melittina, presente per circa un 50% è un potente agente antiinfiammatorio, inibitore del sistema nervoso centrale, antibatterico ed emolitico. A seguire fra i componenti più significativi vi sono l’adolapina (ca 4%) che esplica principalmente un’azione analgesica, l’apamina che stimola la produzione di cortisolo e la trasmissione nervosa ed il cardiopep (polipeptide cardioattivo) con marcati effetti stimolanti sul cuore.

Per la vittima di punture d’ape i componenti più preoccupanti sono quelli di natura enzimatica: la ialuronidasi, polimero antigenico e anafilattogeno (ca 2 - 3%), che scindendo l’acido ialuronico indebolisce il tessuto connettivo e facilita la diffusione del veleno nei tessuti aggrediti, la fosfolipasa A2 (ca 10%) che provoca rilascio di istamina, abbassamento della pressione e ritardi nella coagulazione, l’istamina (2% max) e la dopamina (1% max).

Gli effetti del veleno sull’organismo sono molteplici e sicuramente è impensabile standardizzarli. Infatti, al di là della composizione dell’apitossina, un ruolo non trascurabile lo gioca l’organismo aggredito, la sua

L'effetto analgesico è probabilmente legato, oltre che a un aumento del rilascio di cortisolo, anche a un blocco nella trasmissione nervosa. Il trattamento delle patologie reumatiche con veleno d'ape, condotta rigorosamente sotto controllo medico, si sviluppa attraverso fasi successive variando dosi e tempi sia in funzione del tipo di patologia che si sta trattando sia in funzione della risposta dell'individuo trattato. Molto più semplice è invece l'impiego di unguenti a base di veleno d'api, soprattutto per le forme lievi e localizzate, da frizionare direttamente sulla zona colpita più volte al giorno (Mateescu, 2009).

Molti studi indicano la melittina, componente principale dell'apitossina, come valido strumento per il trattamento di varie forme di tumore come quelli della prostata, seno, polmone, fegato, vescica. La melittina è un composto chimico particolarmente attivo del gruppo dei peptidi e rappresenta tra il 40-50% del peso secco del veleno d'api.

In base al lavoro di Rady *et al.* (2017) si presentano in tabella 5.1 le principali molecole che compongono il veleno d'api.

Tabella 5.1 - Molecole che compongono il veleno d'api (modificato da Rady *et al.*, 2017)

Tipo di molecola	Componente	Percentuale del peso secco del veleno
Enzimi	Fosfolipasa A2	10–12
	Fosfolipasa B	1
	Ialuronidasi	1.5–2
Peptidi	Melittina	40–50
	Apamine	2–3
	MCD peptide	2–3
Fosfolipidi		1–3
Amine	Istamine	1.5
	Dopamine	0.13–1
	Noradrenalina	0.1–0.7
	Neurotrasmettitori	0.1–1
Aminoacidi		0,23-1,7
Carboidrati	Glucosa	2–4
Feromoni	Isopentil acetato; n butilacetato	4–8

La configurazione spaziale e la funzionalità della melittina sono state oggetto di approfonditi studi (Ramirez *et al.*, 2018¹, Ramirez *et al.*, 2018²). Alcune ricerche indicano che si comporta come antivirale, antibatterica, antifungina ed antitumore. La melittina è un peptide citolitico non selettivo, distrugge qualsiasi tipo di cellula intaccando le membrane. Per alterare l'integrità delle membrane si lega alla loro superficie, aggredisce il doppio strato fosfolipidico delle membrane creando pori che agevolano la fuoriuscita di liquidi cellulari e portano, in fine, alla demolizione delle cellule (detta lisi cellulare).

Nel trattamento delle varie forme di tumore la melittina ha della sua parte il fatto che le cellule tumorali difficilmente possono sviluppare resistenza a questa sua peculiare modalità di attacco. Nella letteratura scientifica si trova abbondante documentazione su indagini, spesso condotte su cavie oppure in vitro, che descrivono l'uso di melittina nella lotta a vari tipi di tumori. In tabella 5.2 si propongono alcune ricerche condotte per studiare i suoi effetti. Tutte le citazioni hanno un link per la consulta del testo.

Nonostante le sue potenzialità la melittina ha, come già detto, un'azione di dissoluzione non specifica delle membrane delle cellule per cui se usata per via endovenosa può causare la lisi dei globuli rossi con fuoriuscita dell'emoglobina (detta emolisi). Per il momento questo costituisce un fattore limitante ma sono in corso promettenti ricerche nel campo delle nanotecnologie che prevedono l'azione congiunta di melittina e nanoparticole in grado di migliorare sia l'inoltro della molecola verso le cellule tumorali sia il raggiungimento di un effetto terapeutico senza il rischio di emolisi (Gajski e Garai-Vrhovac, 2013). Tutto fa quindi pensare in un impiego sicuro di questo peptide in un futuro non lontano.

Tabella 5.2 - Alcuni studi condotti sull'azione della melittina nella terapia di vari tipi di tumore

Cellule, organo o tessuto aggrediti dal tumore	Autori e titolo del lavoro
Cellule gastrointestinali	<p>Jamasbi E., Lucky S., Li W., Hossain M.A., Gopalakrishnakone P., Separovic F. 2018. Effect of dimerized melittin on gastric cancer cells and antibacterial activity. <i>Amino Acids</i> 50(8):1101-1110. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29770868</p> <p>Osama Abu-Zinadah, a Tarek Rahmy, Abeer Alahmari, Faiza Abdu, 2014. Effect of melittin on mice stomach. <i>Saudi J. Biol, Sci.</i> 21(1): 99–108. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3937462/</p>
Cervello	<p>Mohsen Sisakht, Baratali Mashkani, Ali Bazi, Hassan Ostadi, Maryan Zare, Farnaz Zahedi Avval, Hamid Reza Sadeghnia, Majid Mojarad, Mohammad Nadri, Ahmad Ghorbani, Mohmmad Soukhtanloo, 2016. Bee venom induces apoptosis and suppresses matrix metalloprotease-2 expression in human glioblastoma cells. <i>Revista Brasileira de Farmacognosia</i> 27(3): 324-328 https://doi.org/10.1016/j.bjp.2016.11.006 Get rights and content https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0102695X1630237X</p>
Ovaie	<p>Jo M., Park M.H., Kollipara S., An B.J., Song H.S., Han S.B., Kim J.H., Song M.J., Hong J.T., 2012. Anti-cancer effect of bee venom toxin and melittin in ovarian cancer cells through induction of death receptors and inhibition of JAK2/STAT3 pathway. <i>Toxicology and Applied Pharmacology</i> 258 (1): 72-81. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22027265</p>
Polmone	<p>Chanju Lee, Sung-Joo S. Bae, Hwansoo Joo, Hyunsu Bae, 2017. Melittin suppresses tumor progression by regulating tumor-associated macrophages in a Lewis lung carcinoma mouse model. <i>Oncotarget</i> 8(33): 54951–54965. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5589633/</p> <p>Su-Fang Zhang, Zhe Chen, 2017. Melittin exerts an antitumor effect on non-small cell lung cancer cells. <i>Molecular Medicine Reports</i> 3581-3586 https://www.spandidos-publications.com/10.3892/mmr.2017.697</p>
Prostata	<p>Abel S., 2015. In Vitro Analysis for the use of Honey Bee Products in the Treatment of Metastatic Prostate Cancer (Thesis, Master of Science). University of Otago. http://hdl.handle.net/10523/5820</p>
Vari organi	<p>Gajski G., Garai-Vrhovac V., 2013. Melittin: a lytic peptide with anticancer properties. <i>Environ Toxicol Pharmacol.</i> 36(2):697-705 https://doi.org/10.1016/j.etap.2013.06.009 https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23892471</p> <p>Moreno M., Giralt E., 2015. Review Three Valuable Peptides from Bee and Wasp Venoms for Therapeutic and Biotechnological Use: Melittin, Apamin and Mastoparan. <i>Toxins</i> 7: 1126-1150 doi:10.3390/toxins7041126 https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25835385</p> <p>Oršolić N., 2012. Bee venom in cancer therapy. <i>Cancer Metastasis Rev</i> (2012) 31:173–194. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5682937/</p>
Vescica	<p>Zidan Jin, Jie Yao, Nianlin Xie, Libo Cai, Shuai Qi, Shuai Qi, Zhan Zhang, Bai Li, 2018. Melittin Constrains the Expression of Identified Key Genes Associated with Bladder Cancer. <i>J Immunol Res.</i> 2018: 5038172. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5960535/, https://www.hindawi.com/journals/jir/2018/5038172/abs/</p>

5.1.4 Apicosmesi

I cosmetici sono sostanze destinate ad essere applicate sulle superfici esterne del corpo umano (epidermide, sistema pilifero e capelli, unghie, labbra, organi genitali esterni) oppure sui denti e sulle

mucose della bocca allo scopo esclusivo o prevalente di procurare pulizia, profumare, correggere odori corporei, proteggere o mantenere in buono stato. Oggi sono prodotti largamente usati ed in molti casi considerati indispensabili.

I prodotti dell'alveare utilizzati come cosmetici agiscono sulla pelle, l'organo più esteso del corpo, e da essa sono assorbiti. Nei cosmetici di buona qualità è richiesta l'assenza di residui inquinanti. Dal 2013 il settore merceologico dei cosmetici è regolamentato da norme comunitarie che, tra le numerose disposizioni, prescrive che un cosmetico può essere prodotto solo in un laboratorio autorizzato con un direttore tecnico in possesso di lauree abilitanti e iscritto al proprio albo professionale.

Come accennato i prodotti cosmetici vengono applicati sulla pelle e sui suoi annessi, è opportuno quindi riportare alcuni cenni sulle funzioni di questo importante organo:

- Contenimento: controllo nella perdita di fluidi vitali importanti
- Protezione da stimoli esterni dannosi (penetrazione sostanze esogene, radiazioni)
- Attenuazione di traumi meccanici
- Ricezione e traduzione di stimoli esterni
- Sintesi e metabolismo di sostanze specifiche (cheratina, vitamina D)
- Termoregolazione
- Protezione dalla luce
- Eliminazione di alcuni prodotti metabolici attraverso le secrezioni ghiandolari

Il **miele** è tra i prodotti dell'alveare più impiegato in apicosmesi per le sue proprietà emollienti e nutritive ed è inoltre presente nella composizione di molti cosmetici disponibili in commercio. E' adoperata da sola o in preparazioni insieme ad altri ingredienti. La **cera** è l'altro ingrediente fondamentale nell'apicosmesi, dona consistenza alle preparazioni ma, soprattutto, protegge la cute dalla disidratazione, facilita l'assorbimento dei principi attivi presenti nella composizione e fa traspirare la pelle. La cera rispetta fisiologicamente questa esigenza creando un velo protettivo ma contemporaneamente lasciando traspirare la pelle. La **propoli** aggiunta alle preparazioni cosmetiche ha un ruolo essenzialmente antimicrobico e riequilibrante. In misura minore si impiega il **polline**, eccezionale nutriente ricco di microelementi quando usato fresco congelato, e la **pappa reale** caratterizzata da elevato potere nutriente ma estremamente delicata per cui si altera facilmente perdendo i principi attivi.

In rete si trovano numerose ricette semplici ed efficaci, la più semplice è quella di usare il miele puro come maschera nutriente e idratante.

5.1.5 Respirare l'aria dell'alveare: gli apiari del benessere

Il suono emesso dalle api ha una potente forza di comunicazione che si esprime soprattutto all'interno dell'alveare tra le diverse componenti della colonia per fornire informazioni e ordini. E' però crescente l'apprezzamento verso l'effetto positivo del ronzio delle api nei confronti del benessere umano (*sound wellness*). Il ronzio delle api è un influente effetto acustico che interagisce con insetti, con persone e con piante. Una multilingua che è anche capace di avvertire sulla presenza di sostanze tossiche in un microambiente, come risulta da studi condotti all'Università del Montana (University Of Montana USA 2007).

Ascoltare e respirare il microclima dell'alveare è un'esperienza di benessere che si sta diffondendo in Italia anche grazie al lavoro dell'Associazione Italiana Apiterapia. D'altra parte, in rete si trovano numerosi siti web che offrono registrazioni del ronzio delle api, alcuni della durata di ben 9 ore perché pensati appositamente per accompagnare il sonno.

Il ronzio delle api, piacevole e in perfetta sintonia con i suoni della natura, invita al rilassamento e alla meditazione mentre i profumi dell'alveare sono ricchi di resine e oli essenziali utili all'apparato respiratorio; favoriti dalle loro dimensioni vengono rapidamente assorbiti dalle mucose respiratorie ed entrano nel torrente ematico senza subire trasformazioni. L'aria dell'alveare è perciò balsamica, fluidificante, spasmolitica, antibatterica, decongestionante ed adatta a coadiuvare la cura dell'asma.

In Italia sono diversi gli apicoltori affiliati all'Associazione Italiana Apiterapia che dispongono di apiari del benessere ovvero strutture che prevedono l'installazione delle arnie a ridosso di una casetta in legno e consentono di usufruire aromi e suoni dell'alveare.

Nella struttura collegata alle arnie da reti che impediscono il passaggio delle api, le persone possono beneficiare di suoni e aromi. Inoltre, a scopo didattico, all'interno degli apiari del benessere si possono ospitare scolaresche che hanno così la possibilità seguire le illustrazioni dell'apicoltore che si trova all'esterno.

Questa struttura è congeniata in modo da consentire la normale gestione da parte dell'apicoltore per la produzione di miele, propoli, pappa reale, ecc. (Morosin, 2017).

Gli apiari del benessere sono molto diffusi in Slovenia, Croazia, Romania. Nell'ambito del Parco Nazionale di Plitvice (Croazia) alcune agenzie di turismo offrono pacchetti che comprendono visite ad apicoltori dotati di apiari del benessere per beneficiare dei profumi dell'alveare (*beehive air inhalation*). Questa attività potrebbe diffondersi agevolmente anche in Italia grazie agli apicoltori affiliati all'Associazione Italiana Apiterapia che dispongono di apiari del benessere.

I rapporti tra esseri viventi sono estremamente complessi ma in essi sempre si manifesta il talento della Natura mentre i processi evolutivi, progressivamente resi comprensibili dalla scienza, spiegano la perfezione e l'armonia di queste interazioni. Ascoltare e osservare tutto con consapevolezza sono azioni terapeutiche che ci possiamo regalare ogni giorno, fanno bene a noi e a ciò che ci circonda.



Apiario del benessere a Mazzano Romano (RM)
(Foto <http://www.apiterapiaitalia.com/>)



Apiario del benessere a Asciano (SI)
(Foto <http://www.apiterapiaitalia.com/>)



Apiario del benessere a Borgo D'Ale (VC)
(Foto Olocco)



Apiario del benessere a Ripacandida (PZ)
(Foto <http://www.apiterapiaitalia.com/>)

Figura 5.7 – Apiari del benessere in diverse località italiane

5.2 Apipetdidattica

L'organizzazione sociale delle api che mira fondamentalmente al benessere della colonia, l'azione benefica dei prodotti dell'alveare ed il ruolo indispensabile di questi insetti nell'impollinazione fanno di queste realtà occasioni ideali per conoscere e rispettare la Natura. Ciò vale per persone di ogni età.

Per quanto sia la società animale più studiata ed ammirata e ci si riferisca ad *Apis mellifera* come all'ape "domestica" va evidenziato che non è un animale domestico e proprio per questo l'apipetdidattica ha come obiettivo entrare in contatto in completa sicurezza con l'ape, senza paure, per accedere così alla cultura multidisciplinare dell'alveare ovvero ai saperi ambientali, agro-alimentari, socioculturali, apiterapeutici.

L'apipetdidattica è destinata soprattutto a bambini e ragazzi, comprese scolaresche e portatori di disabilità, sono quindi adulti preparati adeguatamente a trasmettere conoscenze ed emozioni tenuto conto che superare la paura è, per i più giovani, una strada verso l'autostima (L'Alveare del Grappa <http://www.alvearedelgrappa.it/>).

Il soggetto ideale per svolgere l'apipetdidattica è l'apicoltore in quanto interagisce costantemente con le api e conosce a fondo gli argomenti che suscitano la curiosità dei visitatori. Da segnalare che la visione dell'apicoltore vestito con tuta e maschera schermata mentre ispeziona l'alveare tramite l'affumicatore suscita grande interesse da parte dei partecipanti che spesso non hanno mai assistito a operazioni di questo tipo. Comunque, molti gestori di fattorie didattiche, di aziende agricole e di agriturismi sono potenziali operatori nell'apipetdidattica sempreché siano bene informati sui contenuti, sulla sicurezza, sugli obblighi di legge.

Un messaggio importante dell'apipetdidattica è quello di considerare amici questi insetti e di avvicinarsi a loro superando le paure grazie a presupposti ben precisi, il tutto in totale sicurezza. In questo senso sono validi strumenti di lavoro gli apiari del benessere, trattati sopra, perché consentono la massima percezione delle attività dell'alveare ma ci sono, comunque, molte alternative come le piccole arnie didattiche o, addirittura, si può operare fuori dall'azienda (scuole, biblioteche, ecc.) e senza la presenza di api.

BIBLIOGRAFIA

- Angelucci, E., 2017. *Un'immunità da supereroi grazie alle nostre amiche api*. Apiterapia, il blog dell'apiterapia in Italia. <https://apiterapia.blog/2017/11/28/unimmunita-da-supereroi-grazie-alle-nostre-amiche-api/#more-2684>
- Angelucci, E., 2018. *Il pane d'Api come detox naturale*. <https://apiterapia.blog/2018/02/14/il-pane-dapi-come-detox-naturale>
- Baldazzi, E., 2017. Apiterapia (o meglio apitoxiterapia). L'Apis, marzo/aprile. <https://apiterapia.blog/2018/07/23/apiterapia-o-meglio-apitoxiterapia>
- Bernardini, F., Tuniz, C., Coppa, A., Mancini, L., Dreossi, D., Eichert, D., Turco, G., Biasotto, M., Terrasi, F., De Cesare, N., Quan, Hua, Levchenko, V., 2012. *Beeswax as Dental Filling on a Neolithic Human Tooth*. PLoS One. 2012; 7(9). 10.1371/journal.pone.0044904
- Elhorbity, M.A., Gertallah, L.M., Mansour, M.I., Arafa, A.S., Mahmoud, B.R., Abdullah, E.S., Wael, A.M., 2018. *Food Bee Honey versus Conventional Antiseptic in Local Management of Acute Infected Wounds*. Journal of Surgery and Emergency Medicine 2(1). <http://www.imedpub.com/articles/food-bee-honey-versus-conventional-antiseptic-in-local-management-of-acute-infected-wounds.pdf>
- Fratini, F., Cilia, G., Turchi, B., Felicioli, A., 2016. *Beeswax: A minireview of its antimicrobial activity and its application in medicine*. Asian Pacific Journal of Tropical Medicine 9 (9): 839-843. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1995764516301407>
- Gajski, G., Garai-Vrhovac, V., 2013. *Melittin: a lytic peptide with anticancer properties*. Environ Toxicol Pharmacol. 36(2):697-705 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23892471>
- Martinotti, S., Calabrese, G., Ranzato, E., 2015. *Honey and Wound Healing: New solutions from an old remedy*. In: Wade, L.E. (Ed.) *Wound Healing: Cellular Mechanisms, Alternative Therapies and Clinical Outcomes*. Nova Publishers Inc., Hauppauge, USA.
- Martinotti, S., Ranzato, E., 2014. *Honey's healing history*. In: Ranzato, E. e Martinotti, S., (Eds.): *Cellular and Molecular Mechanisms of Honey Wound Healing*. Nova Publishers Inc., Hauppauge, USA.
- Martinotti, S., Ranzato, E., 2018. *Honey, Wound Repair and Regenerative Medicine*. Journal Functional Biomaterials: 9 (34); doi:10.3390/jfb9020034
- Mateescu, C., 2009. *Apiterapia. Come usare i prodotti dell'alveare per la salute*. MIR Edizioni. 272pp.
- Morosin, G., 2017. *L'apiario del benessere e della salute*. Revista Nazionale di Apicoltura, ottobre: 22-27
- Rady, I., Siddiqui, I.A., Rady, M., Hasan Mukhtar, H., 2017. *Melittin, a major peptide component of bee venom, and its conjugates in cancer therapy*. Cancer letters 402:16-31.
- Ramirez, L.S., Pande, J., Shekhtman, A., 2018¹. *Helical Structure of Recombinant Melittin*. The Journal of Physical Chemistry. B. PMID 30570258 DOI: 10.1021/acs.jpcc.8b08424
- Ranzato, E., Martinotti, S., 2016. *The secrets of honey: Why this old remedy is still useful*. In: Ramirez, R. (Ed.) *Honey: Geographical Origins, Bioactive Properties and Health Benefits*. Nova Publishers Inc., Hauppauge, USA.
- Ramirez, L., Shekhtman, A., Pande, J., 2018². *Solution NMR Structure and Backbone Dynamics of Recombinant Bee Venom Melittin*. Biochemistry. PMID 29668274 DOI: 10.1021/acs.biochem.8b00156
- Sforcin, J.M., Bankova, V., Kuropatnicki, A.K., 2017. *Medical Benefits of Honeybee Products*. Evid Based Complement Alternat Med. doi: 10.1155/2017/2702106. Epub 2017 May 9. PMID: 28572826; PMCID: PMC5440786. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5440786>

-
- Tufano, L., Colonna, A., Piotto, B., 2019. *Miele e trattamento delle ferite*. Rivista Nazionale di Apicoltura, Apinsieme, settembre 2019
- Tulini, S.M.R., 2017. *Cera d'ape: un prodotto fuori controllo*. Apiterapia, il blog dell'apiterapia in Italia. <https://apiterapia.blog/2017/02/07/cera-dape-un-prodotto-fuori-controllo/#more-1522>
- University Of Montana, 2007. *The Buzzing Of Bees Can Warn Of Nearby Poisons*. Science Daily. www.sciencedaily.com/releases/2007/03/070319201509.htm
- Yao-Dong, Wu, Yi-Jia, Lou, 2007. *A steroid fraction of chloroform extract from bee pollen of Brassica campestris induces apoptosis in human prostate cancer PC-3 cells*. Phytotherapy Research 21 (11): 1087-1091 <https://doi.org/10.1002/ptr.2235>

SITOGRAFIA

Associazione Italiana Apiterapia. <http://www.apiterapiaitalia.com/>
L'Alveare del Grappa <http://www.alvearedelgrappa.it/>

ALLEGATO 1 – SCHEDE DESCRITTIVE DI ALCUNE SPECIE MEDITERRANEE FREQUENTEMENTE VISITATE DA INSETTI

Si presentano schede di alcune erbacee spontanee entomogame utilizzabili nella riqualificazione di ecosistemi antropizzati mediterranei. Per agevolare la consultazione, per ogni singola specie le informazioni disponibili sono state organizzate in schede descrittive che riportano:

- nome scientifico, nome comune e famiglia botanica;
- habitat e tipo corologico;
- descrizione botanica;
- epoca di fioritura e insetti che la visitano;
- peso di 1.000 semi;
- conservabilità del seme, dormienza, germinazione e
- capacità di costituire banche di semi del suolo, se disponibile.

In generale, la documentazione sugli impollinatori e sugli aspetti di coltivazione delle specie spontanee è lacunosa e difficile da reperire, per cui talvolta si forniscono riferimenti che riguardano specie affini oppure la famiglia botanica di appartenenza. In alcuni casi si indicano le specie oligolettiche (quelle che si approvvigionano di polline su un limitato numero di specie) impollinatrici di intere famiglie botaniche. Urge, infatti, approfondire la conoscenza di queste specie, in particolare gli aspetti eco fisiologici ed il rapporto con gli impollinatori.

Nel caso in cui si voglia propagare queste piante, va ricordato che la quasi totalità delle specie descritte producono semi che, per la loro capacità di conservarsi in condizioni controllate, sono tecnicamente definiti ortodossi, ovvero semi capaci di mantenere bene e a lungo le loro caratteristiche qualitative, compresa la germinabilità, se conservati in contenitori ermetici a basse temperature (da -18°C a $+5^{\circ}\text{C}$) e con limitato contenuto di umidità (non più del 5-10%). I semi che mostrano, invece, un elevato contenuto idrico al momento della disseminazione (tra il 20 ed il 40%, ma anche di più), hanno vita relativamente breve in condizioni naturali perché tendono a germinare rapidamente, non sopportano la disidratazione e non possono quindi essere conservati per lunghi periodi; tali semi sono detti recalcitranti. Tra le due situazioni estreme di conservabilità (ortodossi/recalcitranti) vi è un *continuum* di comportamenti intermedi.

Quando disponibili, nelle seguenti schede si forniscono dati sulla capacità delle singole specie di persistere nel terreno formando banche di semi del suolo (dette anche *soil seed banks*). La permanenza di semi vitali nel terreno per determinati periodi può contribuire alla durata degli impianti costituiti ed alla loro presenza in un determinato territorio.

Se è pur vero che per motivi economici e pratici la semina di miscugli di piante spontanee viene generalmente eseguita in un unico momento, che è l'autunno, non è escluso che questa pratica si possa evolvere in tecniche che ottengano la massima espressione dai singoli componenti del miscuglio, ma ciò sarà possibile quando la conoscenza sull'ecofisiologia della germinazione delle specie impiegate sarà più completa. Urge, infatti, l'acquisizione di nozioni solide su questo tema ed è importante conoscere la notevole variabilità di esigenze e di comportamenti ecofisiologici di queste specie qualora si vogliano impiegare singolarmente o in miscuglio.

Va ricordato che molte specie entomogame hanno semi piccoli o molto piccoli, che possono essere seminati più agevolmente, da soli o in miscugli, se mischiati a sabbia o altro materiale che contribuisca a una distribuzione più uniforme nel terreno. Un'idea della dimensione del seme è data dal peso, parametro che è inoltre utile per gli operatori per calcoli di vario tipo, come quello della densità di semina. Nelle schede è riportato il peso in grammi di 1000 semi.

Le strategie per la sopravvivenza e l'espansione territoriale delle tante specie non addomesticate si evidenziano molto bene nelle caratteristiche della germinazione. Spesso, infatti, si riscontra la presenza di dormienze e si notano anche esigenze molto diversificate di temperatura e di luce per innescare la germinazione dopo la rimozione della dormienza. È bene ricordare che le condizioni che rimuovono la dormienza possono essere anche molto diverse da quelle ottimali per il passo successivo costituito dalla germinazione. Gli eventuali trattamenti per rimuovere la dormienza, applicati in condizioni controllate, sono chiamati talvolta pretrattamenti (in quanto trattamenti condotti prima della germinazione). Quando, per la germinazione condotta in condizioni controllate, si indicano temperature giornaliere alternate, ad esempio $20^{\circ}\text{C}/30^{\circ}\text{C}$ con fotoperiodo di 8 ore, s'intende che la luce va applicata durante la fase calda (quindi, in questo caso, 16 ore a 20°C al buio e 8 ore a 30°C con luce). Se la temperatura suggerita è costante ma è indicato un fotoperiodo, ad es. di 8 ore, questo si può applicare in qualsiasi momento della giornata purché in modo regolare e sistematico. I termini stratificazione fredda, vernalizzazione e *prechilling* sono sinonimi e indicano un pretrattamento freddo-umido (2°C - 5°C). All'opposto, i vocaboli

stratificazione calda, estivazione e *warming* sono sinonimi e indicano un pretrattamento caldo-umido (15°C-20°C).

Le fotografie di tutto l'allegato sono di Stefano Benvenuti.



Nome scientifico: *Adonis annua* L.

Nome comune: Adonide annua

Famiglia: Ranunculaceae

Habitat: colture di cereali

Tipo corologico: Mediterraneo Atlantico (Euri)

Descrizione: terofita scaposa con fusto ramoso e foglie pennatosette divise in lacinie lineari, acute, larghe 0,5-1,0 mm. Fiori portati all'apice dei rami; sepali lunghi circa due terzi dei petali; i petali, di colore rosso intenso, sono più lunghi che larghi; gli acheni, di 3-5,5 mm, non presentano gibbosità; all'interno della specie vengono riconosciute diverse sottospecie che si differenziano per la presenza e la tipologia dei peli.

Epoca di fioritura: marzo-giugno

Insetti che la visitano: api, mosche, coleotteri. *Bombus gerstaeckeri* è un apoideo oligolettico impollinatore delle *Ranunculaceae*.

Note: è diffusa in tutto il territorio italiano; il nome deriva da quello di Adone, mitico personaggio, famoso per la sua bellezza. La pianta contiene dei glucosidi simili a quelli della digitale.

Peso di 1.000 semi: 5-11g

Conservabilità del seme, dormienza, germinazione: è una delle poche specie di cui non si hanno notizie certe sulla conservabilità del seme, che molto probabilmente è ortodosso. In natura i semi di questa annuale invernale germinano verso la fine dell'autunno anche se una parte, meno consistente, germina in primavera. Ogni individuo produce pochi semi relativamente grandi e pesanti che, proprio per questo motivo, limitano la colonizzazione di nuove aree. La maggior parte delle *Ranunculaceae* sono caratterizzate da semi con embrioni non differenziati oppure differenziati ma sottosviluppati al momento della disseminazione naturale; questo fatto si somma quasi sempre alla presenza di inibitori che agiscono sull'embrione. Tutto ciò richiede un periodo per completare lo sviluppo dell'embrione, con condizioni di temperatura e umidità che variano con la specie, ed un periodo (generalmente freddo-umido) per rimuovere gli inibitori. La rimozione degli inibitori può avvenire, a seconda delle specie, prima o dopo lo sviluppo dell'embrione. Non ci sono studi che descrivono l'intensità della dormienza di questa specie; la pratica indica che è sufficiente una breve stratificazione fredda prima di una semina primaverile ma, di norma, si procede invece alla semina autunnale che consente la rimozione naturale della dormienza attraverso le condizioni freddo-umide del terreno in inverno; i vivai che propagano questa specie seguono questa pratica. La temperatura indicata come ottimale per la germinazione è tra 15°C e 17°C.

Banca di semi del suolo: i semi di *Adonis annua* possono rimanere vitali ma dormienti per alcuni anni nel terreno se le condizioni sono sfavorevoli alla germinazione. Dopo 2,5 anni di permanenza dei semi nel terreno la loro vitalità rimane pressoché invariata.



Nome scientifico: *Agrostemma githago* L.

Nome comune: Gittaione comune

Famiglia: Caryophyllaceae

Habitat: infestante dei campi di frumento

Tipo corologico: Europeo-Centrosiberiana

Descrizione: terofita scaposa, presenta un fusto eretto che può raggiungere anche il metro. Fusto eretto, ramoso, a ramificazione dicotomica, villosa. Foglie lineari, acute, grigio-tomentose. Fiori che possono raggiungere i 4,5 cm di diametro, di colore roseo-violetto, posti su peduncoli di 5-15 cm. Calice con tubo ovato e 5 lacinie lineari raggianti. Capsula piriforme.

Epoca di fioritura: maggio-giugno

Insetti che la visitano: la forma del fiore si presta alla frequentazione di farfalle; impollinata da api e farfalle notturne.

Note: un tempo era comune su tutto il territorio, quale tipica infestante del frumento. A seguito dei cambiamenti della tecnica colturale è diventata piuttosto rara.

Peso di 1.000 semi: 8-16g

Conservabilità del seme, dormienza, germinazione: i semi, che hanno generalmente un'elevata capacità germinativa (di poco inferiore al 100%), conservano bene le loro caratteristiche qualitative; si citano casi di conservazione per 110 anni (con calo di germinabilità di non più del 20%). I semi di questa erbacea annuale germinano in autunno, ma si sviluppano nella primavera successiva, seguendo strettamente il ciclo biologico dei cereali vernini ai quali si accompagnano e dei quali possono essere considerati infestanti. Se immediatamente dopo la disseminazione si mettono i semi a germinare in ambiente umido a 20°C la germinazione è inibita mentre se la temperatura è regolata intorno a 4°C la dormienza (fisiologica leggera) viene gradualmente rimossa. L'inibizione è facilmente rimossa anche da un periodo (2-4 mesi) di conservazione dei semi in ambiente asciutto, detto post-maturazione. Per la germinazione sono ideali temperature costanti piuttosto basse (15-16°C) con 12 ore di fotoperiodo; alcuni autori indicano che se il seme è perfettamente non dormiente germina bene anche a temperature superiori (20°C) con 12 ore di fotoperiodo.

Banca di semi del suolo: la permanenza nel terreno dei semi di *A. githago* è brevissima, non più di 6 mesi.



Nome scientifico: *Anchusa azurea* Mill.

Nome comune: Buglossa azzurra

Famiglia: Boraginaceae

Habitat: incolti, bordi dei campi e strade, pascoli aridi

Tipo corologico: Euri-Mediterranea

Descrizione: emicriptofita scaposa che può raggiungere gli 80 cm di altezza; la pianta è ricoperta da setole rigide, patenti. Foglie basali, lineari-spatolate, acute; le infiorescenze sono cime dense, allungate al momento della fruttificazione; la corolla è azzurro-violetta, con tubo di 6-10 mm e lembo di 9-13 mm di diametro.

Epoca di fioritura: aprile-luglio

Insetti che la visitano: api. *Andrena symphyti*, *Hoplitis adunca*, *Hoplitis anthocopoides*, *Hoplitis mitis* sono apoidei oligolettici impollinatori delle *Boraginaceae*

Note: coltivata come ornamentale per giardini aridi, al di fuori del suo areale. I fiori possono essere utilizzati per decorare le insalate. Ha uso medicinale ed è neurotossica; nell'antichità dalla radice era estratta una sostanza rossa usata come belletto

Peso di 1.000 semi: 11-24g

Conservabilità del seme, dormienza, germinazione: *Anchusa azurea* è un'erbacea perenne. Il genere *Anchusa* è legato alla disseminazione operata da formiche (mirmecoria) che, in qualche caso, scarificano il seme al momento di staccare l'elaiosoma. I semi, che hanno generalmente un'elevata capacità germinativa (95%), sono relativamente piccoli per cui la scarificazione, che viene consigliata per favorire la germinazione, non è facile da operare. Una stratificazione fredda (2-4 settimane) può talvolta funzionare come trattamento alternativo. Le condizioni di germinazione ritenute ottimali sono 15°C costanti con fotoperiodo di 12 ore (la luce favorisce la germinazione), anche se le norme internazionali ISTA per l'analisi dei semi indicano temperature alternate 20°C/30°C.



Nome scientifico: *Anemone hortensis* L. subsp. *hortensis*

Nome comune: Anemone fior-stella

Famiglia: Ranunculaceae

Habitat: prati aridi, cedui

Tipo corologico: Nord Mediterraneo

Descrizione: rizoma superficiale di colore scuro; fusto dapprima incurvato e poi all'antesi eretto e allungato; foglie basali con 3-5 segmenti lobati, divisi in lacinie lineari. Fiore unico, profumato con petali rosei, raramente carminio, violetti o quasi bianchi, di sotto più chiari, con nervature violette.

Epoca di fioritura: gennaio-aprile

Insetti che la visitano: impollinata da api e mosche. *Bombus gerstaeckeri* è un apoideo oligolettico impollinatore delle *Ranunculaceae*.

Note: il nome del genere, dato da Teofrasto alla pianta, letteralmente significa "fiore del vento" a causa delle fragili corolle variamente colorate. Sono piante debolmente velenose; soprattutto alcune specie congeneri (es. *A. nemorosa*) sono usate in erboristeria e in omeopatia.

Peso di 1.000 semi: per il genere *Anemone* (36 specie considerate) varia tra 0,3g e 5,7g

Conservabilità del seme, dormienza, germinazione: come la maggior parte delle Ranunculacee, le specie sono caratterizzate da semi con embrioni non differenziati oppure differenziati ma sottosviluppati al momento della disseminazione naturale; questo fatto si somma quasi sempre alla presenza di inibitori che agiscono sull'embrione. Tutto ciò richiede un periodo per completare lo sviluppo dell'embrione, con condizioni di temperatura e umidità che variano con la specie, e un periodo (generalmente freddo-umido) per rimuovere gli inibitori. La rimozione degli inibitori può avvenire, a seconda delle specie, prima o dopo lo sviluppo dell'embrione. Per numerose specie di anemoni, le norme internazionali ISTA per l'analisi dei semi indicano un periodo freddo umido per la rimozione della dormienza e temperature piuttosto basse (15°C a 20°C) per la germinazione.

Banca di semi del suolo: non si hanno notizie specifiche per *A. hortensis* ma va tenuto conto che *A. nemorosa* e *A. ranunculoides* formano banche di semi del suolo transitorie.



Nome scientifico: *Anthemis cotula* L.

Nome comune: Camomilla fetida

Famiglia: Asteraceae

Habitat: incolti, ruderi, campi di cereali

Tipo corologico: Euri-Mediterranea

Descrizione: terofita scaposa da 10 a 50 cm di altezza. Fusti prostrati o ascendenti, generalmente ramosi alla base, striati e più o meno arrossati. Foglie bi-pennatosette, completamente divise in lacinie capillari. Capolini con involuero a coppa, ricettacolo conico-allungato; fiori periferici ligulati sterili, di colore bianco, lunghi fino a 10 mm; quelli centrali, tubulosi e gialli. I frutti sono acheni tuberculati.

Epoca di fioritura: giugno-settembre.

Insetti che la visitano: visitate ed impollinate soprattutto da sirfidi (ed altri ditteri) ma anche da coleotteri. I fiori attinomorfi (corolla simmetrica rispetto a un punto centrale) sono meno specializzati e sono visitati da una vasta gamma di

impollinatori. È questo il caso di molte Asteracee. *Andrena fulvago*, *Andrena humilis*, *Colletes daviesanus*, *Colletes dimidiatus*, *Colletes fodiens*, *Colletes similis*, *Dasyroda pyriformis* sono apoidei oligolettici impollinatori delle Asteraceae.

Note: la pianta emana un odore sgradevole, da cui il nome comune. Alcune specie congeneri (*A. arvensis*) sono utilizzate in erboristeria come antinfiammatori, spasmolitici e blandi sedativi.

Peso di 1.000 semi: 0,4-0,9g

Conservabilità del seme, dormienza, germinazione: la disseminazione naturale dei piccoli semi di questa erbacea annuale avviene in autunno; in seguito ad essa si verifica una piccola parte della germinazione mentre il grosso avviene nelle due primavere successive. Nel pericarpo vi è presenza di inibitori ma, in realtà, il principale problema è la tenacia della sua struttura che impedisce l'imbibizione e quindi la germinazione. Senza un degrado dei tegumenti, che può derivare dall'esposizione alle condizioni naturali, da un trattamento di scarificazione o da un'esposizione a giberelline (14 mM GA₃), la germinazione è generalmente molto limitata (20% ca). La scarificazione e l'esposizione a temperature non elevate (15°C) con fotoperiodo di 12 ore possono stimolare la germinazione della quasi totalità dei semi; la luce sembra favorire la germinazione. Nella pratica si tende a seminare subito dopo che i semi sono maturi (autunno) in modo tale che durante la stagione fredda i tegumenti si rendano permeabili. È necessaria una buona preparazione del terreno in modo tale che questo possa "accogliere" nel modo migliore i semi, che sono di ridottissime dimensioni.

Banca di semi del suolo: i semi di *A. cotula* sono presenti nelle banche di semi del suolo.



Nome scientifico: *Blackstonia perfoliata* (L.) Huds. s.l.

Nome comune: Centauro giallo

Famiglia: Gentianaceae

Habitat: ambienti umidi, generalmente calcarei

Tipo corologico: Euri-Mediterranea

Descrizione: terofita scaposa, alta fino a 50 cm, glabra e glauca. Fusti eretti o ginocchiati, ramosi in alto. Foglie basali da lanceolate a ovate. Fiori su peduncoli di 2-4 cm; calice quasi completamente diviso in lacinie lesiniformi; corolla gialla, lunga fino a 15 mm, ad imbuto, con lacinie di 4 x 8 mm; capsula ellissoidale, di 6-10 mm.

Epoca di fioritura: maggio-agosto

Insetti che la visitano: sirfidi (si segnalano *Episyrphus balteatus* e *Eristalis tenax*)

Note: il nome del genere è dovuto al botanico inglese J. Blakstone; l'attributo specifico alla disposizione delle foglie sul fusto. È specie diffusa in ambienti umidi. Possiede proprietà medicinali: digestive, febbrefughe antimalariche, simili a quelle delle genziane.

Peso di 1.000 semi: 0,01g

Conservabilità del seme, dormienza, germinazione: la conservabilità nel tempo del seme delle Gentianacee non è tra le più elevate, tuttavia i semi di *Blackstonia perfoliata* tendono a conservarsi abbastanza bene in condizioni controllate. La germinabilità dei semi di questa annuale, tipica di terreni poveri e sabbiosi, è piuttosto elevata, può arrivare al 100%. La luce ha un ruolo importante nella germinazione: se arriva al seme filtrata attraverso il fogliame e/o la lettiera può indurre in dormienza una percentuale elevata di semi (85% ca). La luce piena, che in sostanza indica l'assenza di ostacoli, favorisce la germinazione. Le condizioni indicate per la germinazione in ambiente controllato di laboratorio sono temperature costanti (tra 15°C e 20°C) con fotoperiodo di 8 ore. Non si segnalano trattamenti da applicare prima della fase di germinazione (pretrattamenti) per *Blackstonia perfoliata*, mentre per altre specie della famiglia Gentianacee viene consigliato un periodo di 2 mesi di stratificazione fredda. La letteratura indica come ottimale la semina all'inizio della primavera. È necessaria una buona preparazione del terreno in modo tale che questo possa "accogliere" nel modo migliore i semi, che sono di ridottissime dimensioni.

Banca di semi del suolo: i semi di questa specie sono presenti nella banca di semi del suolo ma non si hanno notizie sulla durata della loro persistenza nel terreno.



Nome scientifico: *Campanula medium* L.

Nome comune: Campanula toscana, Erba media

Famiglia: Campanulaceae

Habitat: pendii cespugliosi, pietraie, frane

Tipo corologico: NW Mediterraneo-Montano

Descrizione: emicriptofita bienne, alta fino a 60 cm. Fusti eretti, ispidi, semplici o poco ramosi. Foglie fittamente setolose, crenate o dentate; le basali oblanceolato-spatolate, le superiori lanceolate, sessili. Fiori isolati o pochi in racemo, penduli o inclinati; calice con tubo di 8-10 mm e denti lanceolati-cuoriformi; corolla azzurro-violetta o spesso decolorata con tubo a botticella; frutto capsula pentaloculare.

Epoca di fioritura: maggio-giugno

Insetti che la visitano: *Andrena curvungula*, *Lasioglossum costulatum*, *Mellita hemorroidalis*, *Osmia mitis* sono apoidei oligolettici impollinatori delle *Campanulaceae*.

Note: è una splendida campanula, di grande effetto ornamentale per la bellezza dei fiori e la prolungata fioritura che assicura, quando coltivata nei giardini.

Peso di 1.000 semi: 0,26g

Conservabilità del seme, dormienza, germinazione: è una specie biennale con semi piccoli. Le norme internazionali ISTA per l'analisi dei semi indicano stratificazione fredda e poi condizioni di temperatura costante a 20°C con luce per la germinazione. I dati riportati dal *Kew Seed Information Database* suggeriscono per la germinazione forti alternanze giornaliere di temperatura (12 ore con 26°C e 12 ore con 11°C) con fotoperiodo di 12 ore; in queste condizioni controllate la percentuale di germinazione è prossima al 100%. La luce gioca un ruolo importante nella germinazione di questa specie; è bene, infatti, seminare sulla superficie del suolo o con una copertura leggerissima. L'epoca consigliata per la semina in condizioni naturali è primavera (inizio estate). È necessaria una buona preparazione del terreno in modo tale che questo possa "accogliere" nel modo migliore i semi, che sono di ridottissime dimensioni.

Banca di semi del suolo: si dispone di dati sulla persistenza di alcune specie di *Campanule* della flora italiana (*C. glomerata*, *C. spicata*) nella banca dei semi del suolo.



Nome scientifico: *Campanula rapunculus* L.

Nome comune: Campanula commestibile, Raonzolo

Famiglia: Campanulaceae

Habitat: campi, incolti, vigne, oliveti

Tipo corologico: Paleotemperato

Descrizione: emicriptofita bienne, di 30-100 cm. Fusto eretto, glabro o scarsamente peloso, ramoso in alto. Foglie oblanceolato-spatolate, dentellate, le cauline di più piccole dimensioni, lanceolate o lineari. L'infiorescenza è una pannocchia ampia, con fiori più o meno eretti; la corolla di 1-2 cm è di colore azzurro, generalmente pallido, raramente roseo-violaceo o biancastro.

Epoca di fioritura: maggio-settembre

Insetti che la visitano: impollinata da api, ditteri, imenotteri (falene e farfalle). Importanti per l'impollinazione della specie sono due specie di imenotteri apoidei del genere *Chelostoma* (uno di questi si chiama, per l'appunto, *Chelostoma rapunculi*).

Andrena curvungula, *Lasioglossum costulatum*,

Mellita hemorroidalis, *Osmia mitis* sono apoidei oligolettici impollinatori delle *Campanulaceae*.

Note: si consumano crude in insalata le foglie basali con la radice carnosa che, spellata, ha un delicato sapore di noce; è cibo per diabetici in quanto non contiene amido ma inulina.

Peso di 1.000 semi: 0,04-0,2g

Conservabilità del seme, dormienza, germinazione: le norme internazionali ISTA per l'analisi dei semi indicano, in condizioni di laboratorio, la stratificazione fredda per provocare la rimozione della dormienza e favorire la germinazione. I dati riportati dal *Kew Seed Information Database* suggeriscono per la germinazione forti alternanze giornaliere di temperatura (8 ore con 25°C e 16 ore con 10°C) con fotoperiodo di 8 ore oppure con una temperatura relativamente bassa costante (15°C) sempre con fotoperiodo di 8 ore. In tali condizioni controllate la percentuale di germinazione è prossima al 90%. La luce gioca un ruolo importante nella germinazione di questa specie; essa, infatti, deve essere seminata in superficie del suolo o con una copertura leggerissima. L'epoca consigliata per la semina in condizioni naturali è primavera (inizio estate) ma l'autunno è un'alternativa valida. È necessaria una buona preparazione del terreno in modo tale che questo possa "accogliere" nel modo migliore i semi, che sono di ridottissime dimensioni.

Banca di semi del suolo: *C. rapunculus* è capace di costituire banche di semi del suolo



Nome scientifico: *Centaureum erythraea* Rafn s.l.

Nome comune: Centauro maggiore

Famiglia: Gentianaceae

Habitat: fanghi e sabbie umide, macchie e garighe

Tipo corologico: Paleotemperata

Descrizione: emicriptofita bienne o terofita scaposa, alta fino a 50 cm. Fusto eretto, glabro, angoloso con alcuni nervi sporgenti, subalati. Foglie basali oblanceolate, ellittiche o obovate, riunite in rosetta; quelle cauline opposte, più strette. Fiori in corimbi terminali, fogliosi; corolla rosea o più o meno purpurea; il frutto è una capsula cilindrica che racchiude semi minutissimi.

Epoca di fioritura: maggio-settembre

Insetti che la visitano: visitate frequentemente da sirfidi che predano il polline ma anche, seppur meno spesso, da api, piccole mosche (*Empididae-Muscidae*), falene e farfalle.

Note: nella medicina popolare era utilizzato l'infuso della pianta come digestivo, per disturbi gastrici e febbrifugo. L'infuso era anche usato per lavaggi in caso di problemi di pelle arrossata ed eruzioni cutanee.

Peso di 1.000 semi: 0,01g (ma anche meno)

Conservabilità del seme, dormienza, germinazione: la presenza di luce è un fattore importante nel processo germinativo di questa erbacea annuale o biennale. La germinazione, in condizioni controllate, raggiunge percentuali alte (vicine al 100%) se condotta a temperature costanti tra 15°C e 20°C, con fotoperiodo tra 8 e 12 ore. Sono altrettanto efficaci le temperature con forte alternanza giornaliera (23°C/9°C) con fotoperiodo di 12 ore. Le condizioni appena descritte debbono essere precedute da 8 settimane di stratificazione fredda che rivelano l'esistenza di dormienza fisiologica. L'epoca consigliata per la semina in condizioni naturali va da febbraio a maggio oppure dopo la raccolta dei semi maturi, alla fine dell'estate-autunno. È necessaria una buona preparazione del terreno in modo tale che questo possa "accogliere" nel modo migliore i semi che sono di ridottissime dimensioni. Si tenga presente che, in quanto pianta officinale, viene spesso allevata con molta cura (semina in semenzaio, trapianto in contenitori alveolari e allevamento in serra fredda).

Banca di semi del suolo: i semi di questa specie tendono a formare banche dei semi del suolo persistenti.



Nome scientifico: *Coleostephus myconis* (L.) Cass. ex Rehb. f.

Nome comune: Margherita gialla

Famiglia: Asteraceae

Habitat: campi coltivati, incolti, radure

Tipo corologico: Steno-Mediterranea

Descrizione: terofita scaposa, alta fino a 50 cm, glabra o pubescente. Fusto eretto, generalmente ramoso. Foglie oblanceolate o panduriformi. I capolini, di 2-3 cm di diametro, presentano ligule gialle (o bianche con macchia gialla alla base). Il frutto è un achenio.

Epoca di fioritura: aprile-luglio

Insetti che la visitano: gli impollinatori delle *Asteraceae* sono lepidotteri, ditteri e coleotteri. *Andrena fulvago*, *Andrena humilis*, *Colletes davesianus*, *Colletes dimidiatus*, *Colletes fodiens*, *Colletes similis*, *Dasypoda pyriformis* sono apoidei oligolettici impollinatori delle *Asteraceae*.

Note: secondo alcuni il nome del genere deriva dal greco *koleos* = fodera, guaina e *stephos* = corona, con allusione alla forma dei capolini. La pianta, secondo la tradizione popolare, è usata come insetticida, antisettico, vermifugo e per alleviare i disturbi dello stomaco.

Peso di 1.000 semi: 0,24g

Conservabilità del seme, dormienza, germinazione: la maggior parte delle *Asteraceae* mostrano dormienze seminali che variano, talvolta marcatamente, da specie a specie. In genere si ritiene che la luce, la stratificazione fredda e le temperature relativamente basse (15°C) favoriscano la germinazione. Il *Kew Seed Information Database* indica che la germinazione deve essere condotta a temperature molto basse (6°C) con 12 ore di fotoperiodo. Le norme internazionali ISTA per l'analisi dei semi indicano, per la specie congenere *C. multicaulis*, la stratificazione fredda prima della fase di germinazione. Molte *Asteraceae* australiane con note esigenze di luce per germinare sono state stimolate da prodotti derivati dal fumo causato dalla combustione della vegetazione locale (principio attivo è il butenolide); si interpreta che l'azione del butenolide sia simile a quella delle giberelline. È necessaria una buona preparazione del terreno in modo tale che questo possa "accogliere" nel modo migliore i semi, che sono di ridottissime dimensioni.

Banca di semi del suolo: non si hanno notizie su questa specie in particolare, ma è noto che i semi di molte *Asteraceae* permangono vitali nel terreno per un certo periodo.



Nome scientifico: *Consolida regalis* Gray s.l.

Nome comune: Speronella consolida, Erba cornetta

Famiglia: Ranunculaceae

Habitat: infestante nelle colture di cereali

Tipo corologico: Euri-Mediterranea

Descrizione: terofita scaposa. Fusto eretto, angoloso, in alto molto ramificato. Foglie con lamina di 3-7 cm di diametro, tripennatosette, completamente divise in lacinie. Pannocchia corimbosa con racemi pauciflori. Fiori di colore azzurro-violetto scuro con petali laterali oblanceolati, progressivamente ristretti alla base e sperone pubescente leggermente ricurvo.

Epoca di fioritura: maggio-giugno

Insetti che la visitano: i fiori zigomorfi, come quelli di *Consolida regalis* sono visitati prevalentemente da apoidei a proboscide lunga (Melittidi, Megachilidi, Antoforidi e Apidi) grazie alla disposizione dei nettari all'interno del calice.

Note: è pianta nettarifera, visitata da api e calabroni per il polline, anche se le raccolte sono modeste. Il succo estratto dai fiori e mescolato con allume può essere trasformato in un inchiostro blu. Come tutte le Ranunculacee è tossica; in passato era usata per consolidare fratture ossee.

Peso di 1.000 semi: 1,5-3,5g

Conservabilità del seme, dormienza, germinazione: la maggior parte delle Ranunculacee sono caratterizzate da semi con embrioni non differenziati oppure differenziati ma sottosviluppati al momento della disseminazione naturale; questo fatto si somma quasi sempre alla presenza di inibitori. Ciò richiede un periodo per completare lo sviluppo dell'embrione, con condizioni di temperatura e umidità che variano con la specie, e un periodo (generalmente freddo-umido) per rimuovere gli inibitori. La rimozione degli inibitori può avvenire, a seconda delle specie, prima o dopo lo sviluppo dell'embrione.

Il *Kew Seed Information Database* indica per i semi di questa erbacea annuale un pretrattamento freddo-umido (2 settimane a 6°C) prima della germinazione, che è condotta a temperature costanti piuttosto basse (11°C) con 12 ore di fotoperiodo. Protocollo molto simile è descritto nelle norme internazionali ISTA per l'analisi dei semi.

L'epoca consigliata per la semina in condizioni naturali, soprattutto in zone con inverno mite, è l'autunno.

Banca di semi del suolo: i semi persistono nel terreno formando banche di semi del suolo; dopo 2,5 anni di permanenza può essere riscontrato più del 70% del lotto originale.



Nome scientifico: *Cyanus segetum* Hill.

Nome comune: Fiordaliso vero

Famiglia: Asteraceae

Habitat: campi di cereali

Tipo corologico: Steno-Mediterranea

Descrizione: terofita scaposa con fusti ascendenti, flaccidi, con pelosità ragnatelosa, ampiamente ramosi. Foglie da lineari-lanceolate a lineari, acute, per lo più intere, trinervie. Capolini di 2-3 cm di diametro, su peduncoli affilli allungati, eretti; involucri piriforme con squame più o meno arrossate; fiori azzurro-violetti, di 16 mm; il frutto è un achenio.

Epoca di fioritura: maggio-giugno

Insetti che la visitano: l'impollinazione è entomofila.

Il fiore produce una notevole quantità di nettare che attrae diverse specie di impollinatori. *Andrena fulvago*, *Andrena humilis*, *Colletes daviesanus*, *Colletes dimidiatus*, *Colletes fodiens*, *Colletes similis*, *Dasygaster pyriformis* sono apoidei oligolettici impollinatori delle Asteraceae.

Note: un tempo comunissima nei campi, dove assicurava una facies di grande bellezza, per la compatta fioritura azzurra; oggi a causa dei concimi chimici e dell'uso di diserbanti tende a scomparire. Nella medicina popolare la pianta era utilizzata sotto forma di decotto, per curare numerose affezioni.

Peso di 1.000 semi: 4g

Conservabilità del seme, dormienza, germinazione: come per almeno 7 specie di *Centaurea* (*C. americana*, *C. cyanus*, *C. dealbata*, *C. gymnocarpa*, *C. imperialis*, *C. macrocephala*, *C. montana*, *C. ragusina*), le norme internazionali ISTA per l'analisi dei semi indicano, in condizioni di laboratorio, la stratificazione fredda per provocare la rimozione della dormienza e favorire la germinazione. La germinazione, in condizioni controllate, raggiunge percentuali alte se condotta con alternanza giornaliera di temperature (20°C/30°C) oppure con temperature costanti tra 15°C e 20°C; in tutti i casi con fotoperiodo di 12 ore. La luce gioca un ruolo importante. L'epoca consigliata per la semina di questa annuale in condizioni naturali è l'autunno. Banca di semi del suolo: i semi di questa specie tendono a formare banche dei semi del suolo transitorie, con una forte decrescita della presenza nel terreno dopo un anno; il calo può superare l'80%. In alcuni casi è possibile una permanenza per almeno 2,5 anni di una minima parte (10% circa) del lotto iniziale.



Nome scientifico: *Echium vulgare* L. s.l.

Nome comune: Vipera azzurra

Famiglia: Boraginaceae

Habitat: incolti e prati aridi

Tipo corologico: Europea

Descrizione: emicriptofita bienne con fusto eretto, più o meno ramoso, portante getti laterali ascendenti, pelosi. Foglie basali a rosetta, appressate al suolo, oblanceolate dirette verso l'apice e con brevi peli molli. Infiorescenza spiriforme o poco ramosa. Corolla, fino a 2 cm di diametro, assai zigomorfa; stami inseriti nel tubo corollino; il frutto è un mericarpo.

Epoca di fioritura: aprile-settembre

Insetti che la visitano: sono visitati prevalentemente da apoidei a proboscide lunga (Melittidi, Megachilidi, Antoforidi e Apidi) grazie alla disposizione dei nettari all'interno del calice. *Andrena symphyti*, *Hoplitis adunca*, *Hoplitis anthocopoides*, *Hoplitis mitis* sono apoidei oligolettici impollinatori delle *Boraginaceae*

Note: il termine deriva dal greco "èchis" ="vipera", poiché nell'antichità la si riteneva efficace nei confronti dei morsi del serpente (da qui il nome comune). È specie officinale: nella medicina popolare sono usate sia le radici che le foglie come emollienti, espettoranti e contro la tosse. È specie mellifera.

Peso di 1.000 semi: 1,4-3g

Conservabilità del seme, dormienza, germinazione: *Kew Seed Information Database* non indica pretrattamenti prima della germinazione; quest'ultima è condotta con forte alternanza di temperature (35°C/20°C) e 8 ore di fotoperiodo. Altra fonte suggerisce alternanze termiche giornaliere di 10°C (con 11 ore di buio) e 20°C (con 13 ore di luce). La risposta dei semi può essere fortemente condizionata dalla loro provenienza. L'epoca consigliata per la semina in condizioni naturali è l'autunno in modo tale che il freddo invernale rimuova la dormienza.

Banca di semi del suolo: I semi di questa specie persistono per poco tempo (meno di un anno) nel terreno.



Nome scientifico: *Galium verum* L. s.l.

Nome comune: Caglio zolfino

Famiglia: Rubiaceae

Habitat: prati aridi, boscaglie

Tipo corologico: Eurasiatica

Descrizione: emicriptofita scaposa, alta fino a 1,2 m, annerente con la disseccazione. Fusto eretto, più o meno cilindrico, con 4 linee di peli rivolti all'insù o raramente glabro. Foglie in verticilli lineari, acute, più o meno revolute, lucide sulla pagina superiore e pubescenti in quella inferiore. Infiorescenza ovoidale; corolla gialla, di 2-3,5 mm, glabra all'esterno, con lobi acuti.

Epoca di fioritura: giugno-settembre

Insetti che la visitano: mosche e coleotteri.

Note: il nome del genere deriva dal greco "gala" (=latte) e allude al fatto che alcune specie del genere *Galium* venivano usate come caglio vegetale; la pianta ha proprietà tintorie (le radici tingono di rosso) e medicinali. I fiori emanano un profumo delicato.

Peso di 1.000 semi: 0,4-0,6 g

Conservabilità del seme, dormienza, germinazione: La germinabilità dei semi si colloca tra il 75 e il 90%. La luce ha un ruolo importante nella germinazione di questa pianta erbacea perenne: se arriva al seme filtrata attraverso il fogliame e/o la lettiera può indurre in dormienza una percentuale cospicua di semi. Circa il 30% della germinabilità potenziale può essere limitata da queste condizioni. Il *Kew Seed Information Database* non indica pretrattamenti prima della germinazione; questa è condotta con temperatura costante di 20°C e 8 ore di fotoperiodo ma un pretrattamento freddo-umido (stratificazione fredda) potrebbe migliorare l'entità e la velocità della germinazione. È necessaria una buona preparazione del terreno in modo tale che questo possa "accogliere" nel modo migliore i semi, che sono di ridottissime dimensioni.

Banca di semi del suolo: *G. verum* forma banche di semi del suolo transitorie; anche i semi di *G. boreale* e *G. tricornutum* sono capaci di persistere nel terreno per un breve periodo.



Nome scientifico: *Hypericum perforatum* L.

Nome comune: Erba di S. Giovanni comune

Famiglia: Clusiaceae

Habitat: prati aridi, boscaglie, bordi di boschi, vie, incolti

Tipo corologico: Paleotemperata, divenuta subcosmopolita

Descrizione: emicriptofita scaposa di 20-70 cm di altezza, glabra. Fusto alla base prostrato e lignificato, con rami orizzontali affili e più o meno arrossati e rami eretti fioriferi, con 2 linee longitudinali su rami alterni negli internodi successivi. Foglie lanceolate, cosparsa di ghiandole traslucide e con ghiandole scure sul bordo. Infiorescenza a corimbo con numerosi fiori; petali ellittici, gialli, spesso asimmetrici, dentellati, con ghiandole scure sul bordo.

Epoca di fioritura: maggio-agosto

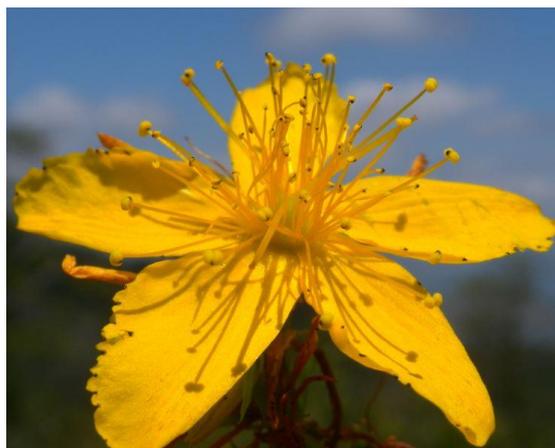
Insetti che la visitano: numerose specie di api e bombi, occasionalmente anche sirfidi, coleotteri, vespe e farfalle. I fiori producono abbondante polline ma non nettare. L'impollinazione è assicurata prevalentemente da insetti ma vi è evidenza sulla capacità del fiore di auto-impollinarsi.

Note: pianta molto apprezzata come officinale per le proprietà cicatrizzanti e astringenti. I fiori sono utilizzati per tisane calmanti e digestive. È caratterizzata da foglie cosparsa di ghiandole oleaginose che sembrano piccoli buchi se guardate in trasparenza. Da qui l'attributo specifico; il nome comune, Erba di San Giovanni, deriva dal fatto che il picco di fioritura è a fine giugno in coincidenza con la festa del santo. La specie desta interesse per i suoi impieghi come antidepressivo.

Peso di 1.000 semi: 0,1-0,2g

Conservabilità del seme, dormienza, germinazione: i semi maturano verso la fine dell'estate-inizio autunno. Le esigenze per rompere la dormienza e le condizioni ideali per la germinazione sono complesse ma sicuramente dipendono in gran parte dall'età del seme impiegato, dalla durezza dei tegumenti (che fa sì che rimangano vitali dopo il passaggio attraverso il tratto digestivo degli animali) e dalla luce, che è fondamentale per la germinazione. La presenza nel frutto di sostanze inibitrici non costituisce un problema perché spariscono naturalmente dopo circa 6 mesi dalla raccolta sempre che il seme sia conservato con basso contenuto di umidità (5 %). Conviene perciò non impiegare seme appena raccolto ma consentire una naturale post-maturazione. Anche il lavaggio dei semi (alcuni giorni in acqua corrente) rimuove gli inibitori esterni. Per quanto riguarda la germinazione, ci sono marcate differenze tra le diverse provenienze geografiche, mentre la temperatura non sembra essere così determinante lo è invece la presenza di luce. Si citano lunghi fotoperiodi per indurre la germinazione: da 12 a 18 ore. Il pretrattamento per favorire la germinazione dovrebbe prevedere un lavaggio del seme e un periodo di stratificazione fredda (1-2 settimane); la germinazione, invece, avviene meglio a temperatura costante (tra 15°C e 20°C) con lungo fotoperiodo (almeno 12 ore al giorno). La semina va effettuata in autunno o fine inverno. È necessaria una buona preparazione del terreno per "accogliere" nel modo migliore i semi, che sono di ridottissime dimensioni.

Banca di semi del suolo: *H. perforatum*, così come altre specie del genere *Hypericum*, ha un'elevata capacità di formare banche di semi del suolo; la notevole produzione di semi e la persistenza degli stessi nel terreno (anche 7 anni) sono elementi che assicurano per diversi anni la presenza della specie in un determinato sito.



Nome scientifico: *Jasione montana* L.

Nome comune: Vedovella annuale

Famiglia: Campanulaceae

Habitat: sabbie, rupi, incolti (silice)

Tipo corologico: Europeo-Caucasica (Subatlantica)

Descrizione: emicriptofita biennale, alta fino a 50 cm, con fusto eretto o ascendente, senza stoloni, generalmente molto ramoso. Foglie basali sub spatolate, le cauline sessili o lanceolate, tutte villose e ondulate sul bordo. Capolini subsferici, brattee lanceolate o triangolari, intere o raramente crenate o dentellate; corolla violaceo-azzurro, di 6-10 mm, con stilo sporgente.

Epoca di fioritura: marzo-novembre

Insetti che la visitano: numerose specie di api, vespe, ditteri, falene, farfalle e coleotteri. *Andrena curvungula*, *Lasioglossum costulatum*, *Mellita hemorroidalis*, *Osmia mitis* sono apoidei oligolettici impollinatori delle *Campanulaceae*.

Note: il nome del genere deriva da "Jason", Giasone, duce degli Argonauti; l'attributo specifico fa riferimento all'habitat di distribuzione; specie di non comune bellezza, è visitata da molti insetti nettari-fagi.

Peso di 1.000 semi: 0,06g - 0,07g

Conservabilità del seme, dormienza, germinazione: è una specie biennale (occasionalmente annuale) capace di autodisseminarsi. Alcuni autori affermano che, essendo una specie delle prime tappe della successione vegetale, non mostra dormienza seminale al momento della dispersione naturale del seme. *Kew Seed Information Database* non indica pretrattamenti prima della germinazione; questa è condotta con forte alternanza di temperature (26°C/16°C) oppure a temperatura costante piuttosto bassa (15°C). In tutti i casi è indicato un fotoperiodo tra 8 e 12 ore. Si suggerisce la semina a fine inverno-inizio primavera ma la semina autunnale è un'alternativa valida. È necessaria una buona preparazione del terreno in modo tale che questo possa "accogliere" nel modo migliore i semi, che sono di ridottissime dimensioni.

Banca di semi del suolo: è capace di costituire una presenza (probabilmente transitoria) nel suolo.



Nome scientifico: *Knautia arvensis* (L.) Coult.

Nome comune: Ambretta comune

Famiglia: Dipsaceae

Habitat: pascoli aridi, incolti, boscaglie

Tipo corologico: Eurasiatica

Descrizione: emicriptofita scaposa o bienne, alta fino a un metro. Fusti eretti, ramosi, a internodi allungati e spesso con macchie purpuree, pelosi. Foglie sparsamente pelose, verdi, le basali indivise o lobate alla base, le cauline lirate e pennatosette, le apicali ovato-lanceolate, acute. Capolini di 3-4 cm di diametro; corolla di 10-16 mm, azzurro-violetta o lillacina, talora purpurea o rosea.

Epoca di fioritura: maggio-settembre

Insetti che la visitano: impollinata da farfalle e api.

Note: il nome del genere deriva dal botanico sassone C.Knaut (1654 - 1716). La pianta contiene tannini; è quindi un'essenza medicinale conosciuta fin dall'antichità. Le foglie raccolte prima della fioritura sono usate in cucina per contorni di verdure, ma anche per zuppe o frittate.

Peso di 1.000 semi: 5,5-6,6g

Conservabilità del seme, dormienza, germinazione: è un'erba perenne ma si comporta generalmente come biennale. *Kew Seed Information Database* suggerisce una settimana di incubazione dei semi in ambiente umido a 21°C a cui succede una scarificazione; successivamente si passa alla fase di germinazione con temperatura costante piuttosto bassa (16°C) e 12 ore di fotoperiodo. L'epoca consigliata per la semina in condizioni naturali è l'autunno-inverno, ovvero un'operazione che consente la stratificazione fredda in condizioni naturali.

Banca di semi del suolo: alcuni autori affermano che forma banche transitorie mentre altri sostengono che la permanenza nel suolo si estende per molti anni



Nome scientifico: *Lavatera punctata* All.

Nome comune: Malvone punteggiato

Famiglia: Malvaceae

Habitat: campi, siepi, incolti

Tipo corologico: Steno-Mediterranea

Descrizione: terofita scaposa, alta fino a 90 cm. Fusti eretti, semplici o poco ramificati, erbacei, tomentosi, più o meno arrossati. Foglie inferiori con lamina più o meno reniforme con 5 lobi; le superiori per lo più trilobe. Fiori isolati, ascellari; petali rosei, venati di scuro, di 1,5-3 cm; mericarpi in numero di 14-17, rugosi.

Epoca di fioritura: maggio-giugno

Insetti che la visitano: le specie del genere *Lavatera* sono impollinate da insetti, spesso visitate da apoidei. *Dasygaster cingulata* è un apoideo oligolettico impollinatore delle *Malvaceae*.

Note: il genere è dedicato a J.H.Lavater, medico e naturalista svizzero del 17° secolo; conosciuta anche come *Malva punctata* (All.) Alef., come molte altre malvacee ha proprietà officinali.

Peso di 1.000 semi: 4,9-5,8g

Conservabilità del seme, dormienza, germinazione: *Kew Seed Information Database* indica un pretrattamento di scarificazione dei tegumenti prima della fase di germinazione perché i semi hanno tegumenti impermeabili (dormienza fisica). La scarificazione si può fare in molti modi ma generalmente si procede con la scarificazione meccanica (carta vetrata o altro), con acqua molto calda oppure con calore secco a temperature elevate; tutti questi metodi provocano la germinazione in tempi rapidi per cui, se si fa un pretrattamento di questo tipo, la semina deve essere primaverile (le temperature troppo basse inibiscono la germinazione perché possono provocare dormienze secondarie). Quando non è possibile praticare la scarificazione con semina primaverile, la semina autunnale consente un periodo abbastanza lungo di esposizione a condizioni ambientali umido-fredde che, in larga misura, riescono a degradare i tegumenti. La temperatura ideale di germinazione è di 20°C costanti con fotoperiodo di 8 ore. La forte alternanza di temperature estive, con picchi massimi di 50°C, in alcune aree particolarmente calde o in terreni denudati, può aggredire l'integrità dei tegumenti e rimuovere la dormienza. Inoltre, l'ecofisiologia di diverse Malvacee è legata al ciclo degli incendi; per questo si pensa che la germinazione di queste specie sia stimolata dal fumo o dai suoi derivati. In paesi come Australia e Sudafrica sono oggi disponibili in commercio prodotti a base di sostanze presenti nel fumo (fondamentalmente butenolide) reclamizzati e venduti anche on line.

Banca di semi del suolo: molte malvacee costituiscono banche di semi del suolo; date le caratteristiche riscontrate per i semi di *L. punctata*, è altamente probabile che vi sia la capacità di persistere nel terreno, se non altro perché è spesso segnalata la capacità di questa specie di "auto-seminarsi".



Nome scientifico: *Legousia speculum-veneris* (L.) Chaix

Nome comune: Specchio di Venere comune

Famiglia: Campanulaceae

Habitat: infestante nei campi di cereali

Tipo corologico: Euri-Mediterraneo

Descrizione: terofita scaposa di 10-30 cm di statura, pubescente o ispida. Fusto eretto, ascendente o prostrato, generalmente ramoso. Foglie inferiori oblanceolato-spatolate, le superiori più o meno lanceolate, quasi tutte patenti, ondulate o crenulate sul bordo. Fiori numerosi, riuniti in pannocchia fogliosa; corolla roseo-violacea, spesso pallida, lunga 8-12 mm.

Epoca di fioritura: aprile-luglio

Insetti che la visitano: impollinata da insetti. *Andrena curvungula*, *Lasioglossum costulatum*, *Mellita hemorroidalis*, *Osmia mitis* sono apoidei oligolettici impollinatori delle Campanulaceae.

Note: un tempo molto frequente, ma a seguito dei diserbanti chimici e delle sementi sempre più selezionate, sta recedendo dai campi di cereali, suoi ambienti naturali.

Peso di 1.000 semi: 0,2g

Conservabilità del seme, dormienza, germinazione: I semi di questa erbacea annuale hanno bisogno di freddo-umido (stratificazione fredda) per rimuovere la dormienza ma, a seconda della provenienza, quest'esigenza può variare sensibilmente. Per la germinazione è necessaria la luce. Temperature giornaliere alternate di 5°C (13 ore con buio) e 15°C (11 ore con luce), che rispecchiano le condizioni termiche dell'inizio-primavera, favoriscono i processi germinativi. Se non è possibile fare il pretrattamento, l'epoca consigliata per la semina in condizioni naturali è l'autunno-inverno, il che consente una stratificazione fredda in condizioni naturali. Poiché il seme ha bisogno di luce ed è molto piccolo, la sua posizione nel terreno dopo la semina deve essere superficiale. È necessaria una buona preparazione del terreno in modo tale che questo possa "accogliere" nel modo migliore i semi, che sono di ridottissime dimensioni.

Banca di semi del suolo: i semi di *L. speculum-veneris* hanno una certa capacità di persistere nel suolo; dopo 2,5 anni la presenza di semi vitali nel terreno è del 70%.



Nome scientifico: *Leontodon tuberosus* L.

Nome comune: Dente di leone tuberoso

Famiglia: Asteraceae

Habitat: pascoli aridi, oliveti, radure delle macchie

Tipo corologico: Steno-Mediterranea

Descrizione: emicriptofita rosulata di 15-40 cm. Scapo nudo, senza squame, con peli forcati sparsi. Foglie sinuato-dentate con peli forcati, raramente glabre. Fiori gialli; gli esterni con linguette blu-grigie sul lato esterno. Acheni periferici con rughe deboli e pappo ridotto ad una coroncina; quelli centrali con forti rughe, becco ben sviluppato e pappo piumoso.

Epoca di fioritura: ottobre-giugno

Insetti che la visitano: apoidei tra cui le api. *Andrena fulvago*, *Andrena humilis*, *Colletes daviesanus*, *Colletes dimidiatus*, *Colletes fodiens*, *Colletes similis*, *Dasygaster pyramidalis* sono apoidei oligolettici impollinatori delle Asteraceae.

Note: le foglie della rosetta basale, raccolte prima della fioritura, sono consumate cotte. Alla pianta sono spesso attribuite funzioni tipiche di altre erbe amare. Allo stesso modo di cicoria e tarassaco, la si usa come alimento medicinale allo scopo di depurare l'organismo e il sangue.

Peso di 1.000 semi: 0,5-1g

Conservabilità del seme, dormienza, germinazione: come avviene in quasi tutte le Asteracee, gli acheni (frutti secchi indeiscenti, monospermici, con parete coriacea) di questa specie mostrano dimorfismo. I frutti sono più grandi nella periferia del capolino e si fanno più piccoli verso il centro; la dimensione del pappo, invece, aumenta verso il centro. L'intensità della dormienza può variare, anche in modo marcato, con la provenienza del seme. In genere un periodo di stratificazione fredda e la luce favoriscono la germinazione. Per il processo di germinazione vero e proprio *Kew Seed Information Database* indica temperatura costante (variabile tra 10°C e 15°C) e 8 ore di fotoperiodo. L'epoca consigliata per la semina in condizioni naturali è l'autunno-inverno, il che consente la stratificazione fredda e la rimozione della dormienza fisiologica in condizioni naturali. È necessaria una buona preparazione del terreno in modo da renderlo idoneo ad "accogliere" nel modo migliore i semi, che sono di ridottissime dimensioni.

Banca di semi del suolo: non si hanno notizie certe sulla capacità di questa specie di persistere nel suolo ma si sa che altre specie del genere *Leontodon* (*L. helveticus*, *L. hispidus*, *L. tenuiflorus*) formano banche dei semi del suolo transitorie.



Nome scientifico: *Linaria vulgaris* Mill. subsp. *vulgaris*

Nome comune: Linajola comune

Famiglia: Scrophulariaceae

Habitat: incolti, ruderi, macerie, massicciate

Tipo corologico: Eurasiatica

Descrizione: emicriptofita scaposa di 30-80 cm di statura. Fusti eretti, ramosi, in alto peloso-ghindolosi. Foglie alterne, lineari, uninervie e acute. Racemi densi; calice con lacinie di 2-8 mm; corolla gialla di 2,5-3,0 cm, con sperone di 9-12 mm, capsula ovoide.

Epoca di fioritura: giugno-ottobre

Insetti che la visitano: api, bombi con ligula corta e/o lunga, api solitarie. *Andrena viridescens* è un apoideo oligolettico impollinatore delle *Scrophulariaceae*.

Note: erba amara ed astringente, in passato era utilizzata soprattutto nelle affezioni del fegato e per le sue funzioni depurative, diuretiche e lassative; era anche impiegata per curare disturbi della pelle, I fiori giovani sono commestibili in insalata.

Peso di 1.000 semi: 0,16-0,2g

Conservabilità del seme, dormienza, germinazione: la specie fruttifica abbondantemente e produce un elevato numero di semi che mostrano generalmente una germinabilità bassa (non supera il 40%). I semi sono caratterizzati da dormienza fisiologica marcata per cui è necessario un periodo di freddo-umido di almeno 2 mesi; i risultati migliori si ottengono con 20 settimane di stratificazione fredda. Dopo la rimozione della dormienza, seppure mostrando forte eterogeneità di risposte al pretrattamento, i semi di *L. vulgaris* sono capaci di germinare in un vasto range di condizioni termiche, comprese le temperature vicine allo 0°C. *Kew Seed Information Database* indica un pretrattamento freddo-umido (4 settimane a 2°C) prima della germinazione (condotta a temperature giornaliere alternate di 23°C/9°C, con 12 ore di luce). Se non è possibile stratificare al freddo in ambiente controllato, che consente una semina primaverile di seme non-dormiente, l'epoca consigliata per la semina in condizioni naturali è l'autunno-inverno, che permette la vernalizzazione durante l'inverno. È necessaria una buona preparazione del terreno per consentire una idonea collocazione dei semi, che sono di ridottissime dimensioni.

Banca di semi del suolo: i semi rimangono vitali nel terreno (fino a 10 anni) formando banche persistenti.



Nome scientifico: *Malva sylvestris* L. subsp. *sylvestris*

Nome comune: Malva selvatica

Famiglia: Malvaceae

Habitat: incolti, luoghi calpestati, accumuli di detriti

Tipo corologico: Eurosiberiana, divenuta subcosmopolita

Descrizione: emicriptofita scaposa, di 30-50 cm di altezza. Fusti legnosi alla base, generalmente prostrato-diffusi o ascendenti, striati, ispidi. Le foglie, picciolate, presentano lamina a contorno circolare o pentagonale, con 5 lobi arrotondati, margine dentellato, base cuoriforme. Fiori appaiati all'ascella delle foglie superiori, con 5 petali, rosei, generalmente con 3 strie violacee longitudinali, spatolato-bilobi.

Epoca di fioritura: maggio-agosto

Insetti che la visitano: le specie del genere *Malva* sono impollinate da insetti, spesso apoidei; la forma del fiore, infatti, facilita la visita e lo spargimento di polline. *Dasygaster cingulata* è un apoideo oligolettico impollinatore delle *Malvaceae*.

Note: pianta officinale molto apprezzata sin dai tempi dei Romani. Contiene importanti principi emollienti e lenitivi e per questo è usata a fini cosmetici. Le foglie della pianta sono usate a scopo alimentare, crude in insalata o cotte nei misti di verdure, nelle minestre e nelle zuppe.

Peso di 1.000 semi: 2-7g (generalmente molto variabile)

Conservabilità del seme, dormienza, germinazione: i semi delle Malvacee presentano tegumenti impermeabili (dormienza fisica); in alcuni casi (*M. neglecta*) tale dormienza si combina con una di tipo fisiologico. È probabile che in natura la rimozione della dormienza, tramite il degrado dell'integrità dei tegumenti, sia operata dall'alternanza di condizioni freddo-umide invernali e secche estive; ciò vale sia per i semi che vi sono in superficie sia per quelli che si trovano in profondità del terreno. L'ecofisiologia di molte Malvacee è legata inoltre al ciclo degli incendi; per questo si pensa che la germinazione dei semi sia stimolata dal fuoco (che provoca fratture nei tegumenti), dal fumo e dai suoi derivati. Nel caso specifico di *M. neglecta* e *M. parviflora*, soluzioni acquose di sostanze presenti nel fumo hanno stimolato sensibilmente la germinazione. *Kew Seed Information Database*, d'accordo con numerosi altri autori, indica un pretrattamento di scarificazione dei tegumenti prima della fase di germinazione per superare la dormienza fisica. La scarificazione meccanica (più laboriosa ma sicura) e quella preferita e si effettua con carta vetrata o altro, per incidere sull'integrità dei tegumenti, con acqua molto calda oppure calore secco a temperature elevate. Tutti questi metodi aggrediscono i tegumenti e provocano la germinazione in tempi rapidi; se si scarificano i semi, la semina deve essere necessariamente primaverile (temperature troppo basse inibiscono la germinazione). Quando non è possibile praticare la scarificazione, la semina autunnale è l'alternativa che consente un periodo di esposizione a condizioni ambientali umido-fredde che, in larga misura, riescono a degradare i tegumenti. La temperatura ideale di germinazione è da 20°C a 30°C costanti con fotoperiodo di 8 ore.

Banca di semi del suolo: i semi di *M. sylvestris* persistono nel terreno per almeno 2,5 anni seppure con marcato calo della vitalità.



Nome scientifico: *Nigella damascena* L.

Nome comune: Damigella scapigliata

Famiglia: Ranunculaceae

Habitat: campi, incolti aridi

Tipo corologico: Euri-Mediterranea

Descrizione: terofita scaposa, di 15-45 cm. Fusto unico, glabro, striato-angoloso, talvolta ramificato in alto. Foglie alterne; quelle basali con contorno lineare-spatolato, divise in lacinie, acute; le cauline con lacinie per lo più capillari; le più elevate, inserite sotto il fiore, sono bratteiformi e formano un intrico di lacinie che contribuisce all'effetto ornamentale. Il fiore è unico all'apice del fusto, con petali spatolati, azzurri, con lembo ovale; stami numerosi a filamenti eretti. Il frutto è una capsula ovoidale liscia e costolata, piuttosto ornamentale.

Epoca di fioritura: maggio-luglio

Insetti che la visitano: le api sono fondamentali nell'impollinazione della specie. *Bombus gerstaeckeri* è un apoideo oligolettico impollinatore delle *Ranunculaceae*.

Note: la pianta, citata nella Bibbia, è conosciuta da tempo nella medicina tradizionale in area mediterranea. I semi, profumati di fragola, erano utilizzati per aromatizzare i cibi.

Peso di 1.000 semi: 2,2-3,1g

Conservabilità del seme, dormienza, germinazione: I semi di questa erbacea annuale hanno in genere un'elevata germinabilità. Benché si segnali la presenza di dormienza, caratteristica nelle Ranunculacee, questa è leggera. La luce è un fattore determinante nel senso che inibisce la germinazione. Semi imbibiti e posti a germinare al buio a 20°C senza alcun pretrattamento hanno presentato una germinabilità dell'80%. Le norme internazionali ISTA per l'analisi dei semi indicano vernalizzazione fredda al buio seguita da 2 settimane in ambiente umido al buio a 15°C e, finalmente, in fase di germinazione, temperature giornaliere alternate (20°C/30°C) al buio. Per quest'ultima fase, ISTA indica anche temperature costanti di 20°C. Quando non è possibile praticare i pretrattamenti accennati, la semina all'aperto in autunno è un'alternativa valida in aree con inverni non particolarmente rigidi. In zone a clima mite è possibile seminare all'inizio della primavera.

Banca di semi del suolo: i semi di questa specie hanno la capacità di persistere nel terreno, ma si verifica un forte calo di presenze dopo un anno di permanenza nel suolo (rimane solo il 20% dei semi vitali iniziali), al quinto anno praticamente spariscono.



Nome scientifico: *Orlaya grandiflora* (L.) Hoffm

Nome comune: Lappola bianca

Famiglia: Apiaceae

Habitat: incolti, sponde, vigne

Tipo corologico: Centro Europea

Descrizione: terofita scaposa di 20-70 cm. Fusto eretto, liscio, angoloso. Foglie basali a contorno ovato-triangolare, con segmenti ad apice arrotondato, 3-4 pennatosette; quelle cauline ridotte alla sola guaina e più o meno intere e pennatosette. Ombrelle a 5 o più raggi; brattee lanceolato-lineari bordate di bianco; petali bianchi; i periferici a funzione vessillare divisi in due lobi; frutto di colore bruno-ferrugineo.

Epoca di fioritura: maggio-agosto

Insetti che la visitano: api, insetti utili, uccelli ed altri impollinatori sono attratti dai fiori che offrono abbondante nettare e polline. *Andrena nitidiuscula* e *Andrena rosae* sono due apoidei oligolettici impollinatori delle apiacee.

Note: il genere è dedicato al botanico russo Johann Orlay, vissuto fra il XVIII e il XIX secolo; la pianta, come molte Apiacee, è tossica.

Peso di 1.000 semi: 8-11g

Conservabilità del seme, dormienza, germinazione: La semina di questa erbacea annuale può essere eseguita alla fine dell'estate-inizio autunno in modo da rimuovere naturalmente una lieve dormienza. Il seme non deve essere coperto eccessivamente perché ha bisogno di luce per germinare. Può essere utile il lavaggio dei semi o dei frutti con acqua oppure l'immersione del seme in soluzioni contenenti agenti ossidanti (ipoclorito di sodio).

Banca di semi del suolo: *O. grandiflora* è presente in banche di semi del suolo



Nome scientifico: *Papaver rhoeas* L. subsp. *rhoeas*

Nome comune: Papavero comune

Famiglia: Papaveraceae

Habitat: campi di cereali, ruderi, macerie

Tipo corologico: Euri-Mediterranea, spesso sinantropica

Descrizione: terofita scaposa. Fusto eretto, ramificato, setoloso, alto fino a 60 cm. Foglie con peli segosi e morbidi; quelle inferiori pennatosette con 2-3 denti per lato, a contorno spatolato; le cauline hanno un contorno triangolare con due lacinie basali patenti. Fiori attinomorfi, dialipetali, tetrameri, di 5-7 cm; il calice è composto da due sepali caduchi; la corolla ha 4 petali tondeggianti di colore rosso vivo spesso macchiati alla base di nero; numerosi stami. Il frutto è una capsula poricida, subsferica. I semi sono nerastri.

Epoca di fioritura: aprile-giugno

Insetti che la visitano: api, bombi e api solitarie sono attratti dai colori dei petali e dall'abbondante polline. I fiori non producono nettare.

Note: utilizzata dai bambini per gioco: far scoppiare i petali, fare timbri con le capsule, o bamboline con tutto il fiore erano trastulli diffusi nel passato. Ha proprietà officinali; le foglie possono essere utilizzate a fini alimentari.

Peso di 1.000 semi: 0,08-0,2g

Conservabilità del seme, dormienza, germinazione: al momento della disseminazione, gli embrioni di questa erbacea annuale sono sottosviluppati e fisiologicamente dormienti. La dormienza fisiologica si perde se i semi sono tenuti in terreno umido per 12 settimane con temperature giornaliere alternate di 15°C/5°C, 20°C/10°C o 25°C/15°C, in cicli di 12 ore per ciascuna temperatura. La dormienza fisiologica non è rimossa dalla vernalizzazione, con temperature molto basse (1°C) o da postmaturazione in ambiente asciutto. Una volta rimossa la dormienza fisiologica c'è bisogno di luce per lo sviluppo completo dell'embrione e la germinazione. Quando non è possibile praticare pretrattamenti e si adoperano miscugli di semi di varie specie, la semina si effettua in autunno tenendo sempre presente la necessità di luce. È necessaria una buona preparazione del terreno in modo tale da porre su uno strato omogeneo i semi, che sono di ridottissime dimensioni.

Banca di semi del suolo: i semi di questa specie persistono nel terreno; la presenza di semi vitali decresce annualmente a un ritmo variabile tra il 20% ed il 40%.



Nome scientifico: *Salvia verbenaca* L.

Nome comune: Salvia minore

Famiglia: Lamiaceae

Habitat: incolti aridi, pascoli

Tipo corologico: Mediterranea-Atlantica

Descrizione: emicriptofita scaposa, alta 20-50 cm. Fusto eretto, quadrangolare, scanalato, ramoso in alto, con peli ghiandolari e peli patenti. Foglie basali rugose, disposte in rosetta, picciolate con lamina ellittica, con lobi pelosi, crenati e ottusi; le cauline sono opposte, più piccole e progressivamente sessili, con lobi profondi o pennatosette. Fiori ermafroditi, zigomorfi, portati in lunghe spighe terminali, con brattee verdi; il calice è ricoperto da peli lanosi biancastri. La corolla è bilabiata, di colore violetto, raramente azzurrino o rosa pallido. Il frutto è composto da 4 acheni.

Epoca di fioritura: gennaio-dicembre

Insetti che la visitano: numerose specie di api ed altri impollinatori. *Anthophora furcata* è un apoideo oligolettico impollinatore delle *Lamiaceae*.

Note: le foglie della rosetta basale sono usate per zuppe; quelle tenere crude o secche come condimento; la specie presenta proprietà digestive.

Peso di 1.000 semi: 2,3g

Conservabilità del seme, dormienza, germinazione: Il genere *Salvia* conta numerose specie con esigenze che differiscono marcatamente in quanto vegetano in ambienti molto diversificati. Non si dispone di letteratura esauriente sui pretrattamenti da applicare a questa specifica erbacea perenne, ma è noto che un periodo freddo-umido (stratificazione fredda) favorisce la rimozione della dormienza (fisiologica) nei semi di molte specie di *Salvia*. Sull'azione del freddo-umido sulla germinazione non tutti gli autori sono d'accordo, ma rimane il fatto che per un buon numero di salvie le norme internazionali ISTA per l'analisi dei semi indicano la stratificazione fredda prima della fase di germinazione. *Kew Seed Information Database* suggerisce le condizioni per ottimizzare la germinazione di *S. verbenaca*: temperature costanti tra 10°C e 20° con fotoperiodi tra 8 e 12 ore. Si ritiene in generale che la luce favorisca la germinazione delle salvie. Vi è un gruppo di salvie, tra cui *S. apiana*, *S. mellifera* e *S. carduacea*, spontanee in aree californiane con incendi ricorrenti, la cui germinazione è legata a questo fenomeno, per cui la scarificazione potrebbe agire efficacemente. Anche *S. verbenaca* vegeta in zone soggette a incendi ma la scarificazione tramite shock termico (esposizione ad aria tra 80 e 120°C durante 10 minuti) non stimola la germinazione. Banca di semi del suolo: è citata la presenza di *S. verbenaca* nelle banche di semi del suolo ma probabilmente non sono di tipo persistente.



Nome scientifico: *Scabiosa columbaria* L. s.l.

Nome comune: Vedovina selvatica

Famiglia: Dipsaceae

Habitat: prati, pascoli aridi, siepi, bordi boschivi

Tipo corologico: Eurasiatica

Descrizione: emicriptofita scaposa, di 20-40 cm. Fusto eretto, foglioso, ramoso in alto. Foglie primordiali indivise, dentellate o crenate; le basali generalmente incise o lirate; pelosità scarsa; foglie cauline progressivamente pennatosette con lacinie lanceolate o lineari. Capolini generalmente numerosi, di 2-3 cm di diametro, posti su peduncoli brevi; corolla violacea molto vistosa.

Epoca di fioritura: giugno-settembre

Insetti che la visitano: farfalle, farfalle notturne, api, bombi, sirfidi.

Note: le foglie sono commestibili; molte cultivar sono utilizzate nel giardinaggio; piante di notevole bellezza, attira le farfalle.

Peso di 1.000 semi: 1,5-2g

Conservabilità del seme, dormienza, germinazione: questa erbacea perenne fa parte di un gruppo numeroso di varie entità, diverse ma a volte ibridabili tra loro, con elevata variabilità di forme. Le componenti del gruppo sono generalmente di difficile distinzione. I semi di *Scabiosa columbaria* sono spesso oggetto di predazione da parte di piccoli mammiferi (topi) e ciò può limitare l'espansione della specie nel circondario. Le norme internazionali ISTA per l'analisi dei semi indicano la stratificazione fredda prima della fase di germinazione per diverse specie del genere *Scabiosa*. Alcuni autori suggeriscono l'uso di giberelline. *Kew Seed Information Database* consiglia la scarificazione prima della fase di germinazione, che dovrebbe essere condotta a 15°C costanti (ma anche con temperature giornaliere alternate 20°C/10°C) con 8 ore di fotoperiodo. Si ipotizza la presenza di inibitori che sono eliminabili con lavaggi in acqua o con l'immersione in soluzioni di ipoclorito di sodio (e successivo risciacquo) prima della semina. A livello pratico si semina in autunno, appena i semi sono maturi, in modo da favorire una vernalizzazione naturale.

Banca di semi del suolo: la persistenza nel suolo dei semi di *Scabiosa columbaria* sembra essere breve.



Nome scientifico: *Silene armeria* L.

Nome comune: Silene a mazzetti

Famiglia: Caryophyllaceae

Habitat: incolti aridi e silicei

Tipo corologico: Centroeuropeo

Descrizione: terofita scaposa o emicriptofita bienne di 30-70 cm di altezza, glabra e glauca. Fusti eretti, ramosi in alto; foglie lanceolate o ovate, amplessicauli, acuminate; le inferiori più strette. Fiori riuniti in pannocchia ampia; calice strettamente imbutiforme; petali lunghi fino a 2 cm con lembo roseo, patente; il frutto è una capsula.

Epoca di fioritura: maggio-giugno

Insetti che la visitano: praticamente tutte le specie di *Silene* sono impollinate sia da insetti diurni sia da insetti notturni, tra questi ultimi falene e sfingidi (lepidotteri di grosse dimensioni).

Note: la pianta ben si adatta ad ornare i giardini rocciosi specialmente per il colore vistoso del fiore. Alcune specie di silene sono usate a fini alimurgici per preparare, insieme ad altre erbe, insalate crude o cotte in zuppe o saltate in padella.

Peso di 1.000 semi: 0,09g - 0,14g

Conservabilità del seme, dormienza, germinazione: è un'erbacea annuale che talvolta si comporta da biennale; si "auto-semina" facilmente. I dati riportati da *Kew Seed Information Database* indicano le condizioni per la germinazione: temperature costanti tra 15°C e 25°C con fotoperiodo tra 8 e 12 ore. Non sono previsti pretrattamenti. Le semina all'aperto può essere effettuata in autunno oppure a fine inverno-inizio primavera; i semi debbono rimanere abbastanza in superficie per la loro esigenza di luce. È necessaria una buona preparazione del terreno in modo tale che questo possa "accogliere" nel modo migliore i semi, che sono di ridottissime dimensioni.

Banca di semi del suolo: considerato che numerose specie del genere *Silene* solitamente costituiscono banche di semi del suolo, è ipotizzabile la capacità dei semi di *S. armeria* di persistere nel terreno.



Nome scientifico: *Silene flos-cuculi* (L.) Clairv.

Nome comune: Crotonella fior di cuculo

Famiglia: Caryophyllaceae

Habitat: prati umidi falciati e concimati, margini boschi

Tipo corologico: Eurosiberiana

Descrizione: emicriptofita scaposa, di 40-70 cm di statura. Fusti eretti, arrossati, pubescenti, ramosi in alto. Foglie basali lineari-spatolate, le superiori strettamente lineari. Fiori riuniti in cime ampie; i singoli fiori, di 2-3 cm di diametro portati da brevi peduncoli; calice striato di bruno; petali roseo-violetti, lunghi 2-2,5 cm, con lembo profondamente tetrafilo.

Epoca di fioritura: maggio-agosto

Insetti che la visitano: attira le farfalle perchè i fiori sono configurati per ricevere le loro visite e perché offrono nettare come ricompensa; per questo motivo i fiori della specie attirano anche specie di api con ligula lunga.

Note: è conosciuta anche come *Lychnis flos-cuculi* L. Le foglie sono utilizzate lessate, per frittate o per il ripieno dei tortelli. Le parti sotterranee contengono sostanze affini alle saponine.

Peso di 1.000 semi: 0,1-0,2g

Conservabilità del seme, dormienza, germinazione: questa erbacea perenne cresce rigogliosa nelle campagne, nelle paludi e nelle zone acquitrinose. La provenienza del seme, in particolare per ciò che riguarda la latitudine della popolazione, esercita un ruolo molto marcato nell'ecofisiologia della germinazione. Lo stesso si può dire, dal punto di vista genetico, per l'effetto parentale materno sulla dimensione dei semi prodotti da una determinata pianta e sulla loro germinazione. Si ritiene, in generale, che i semi di *L. flos-cuculi* abbiano una dormienza molto leggera o, talvolta, inesistente; in ogni caso la stratificazione fredda (5°C al buio) per 4-6 settimane seguita da temperature giornaliere alternate (12 ore a 10°C e 12 ore a 25°C, con luce nella fase calda) dà ottimi risultati. La sola alternanza di temperature giornaliere (10°C/25°C) con fotoperiodo di 12 ore, anche senza stratificazione fredda, stimola la germinazione. Si è rilevato che i semi sono comunque capaci di germinare, pur in assenza di pretrattamenti, in un range molto ampio di temperature, tra 7 e 35°C. I dati riportati dal *Kew Seed Information Database* consigliano per la germinazione forti alternanze giornaliere di temperatura (12 ore con 21°C e 12 ore con 11°C) con fotoperiodo di 12 ore, oppure temperature costanti di 20°C con fotoperiodo di 12 ore; in queste condizioni controllate la percentuale di germinazione è prossima al 100%. La luce è determinante per la riuscita della germinazione sia di *L. flos-cuculi* sia di altre *Lychnis*. La semina in condizioni naturali si esegue in autunno, ciò consente una naturale stratificazione fredda. È necessaria una buona preparazione del terreno perché i semi sono di ridottissime dimensioni. La posizione dei semi nel terreno deve essere abbastanza superficiale in modo da ricevere una sufficiente intensità luminosa che favorisce la germinazione.

Banca di semi del suolo: i semi di questa specie formano banche dei semi del suolo con persistenza di almeno 2 anni, senza perdere le buone caratteristiche qualitative. Hanno una dormienza imposta dall'assenza di luce, non riescono a germinare senza.



Nome scientifico: *Silene latifolia* Poir. subsp. *alba* (Mill.)

Greuter & Burdet

Nome comune: Silene bianca

Famiglia: Caryophyllaceae

Habitat: ruderi e incolti

Tipo corologico: Paleotemperata

Descrizione: emicriptofita biennale, alta 30-70 cm. Fusti e foglie sono lungamente villosi, calice piriforme, nei fiori femminili, con denti ottusi e lunghi, in quelli maschili più piccoli; petali candidi con lembo bilobo su metà lunghezza; capsula alla deiscenza con denti eretti.

Epoca di fioritura: maggio-settembre

Insetti che la visitano: essendo una specie dioica la fecondazione incrociata è obbligatoria. I fiori maschili rimangono aperti a lungo per consentire le visite degli impollinatori diurni (api, ditteri, vespe) e notturni (farfalle crepuscolari, nottuidi, sfingidi). L'impollinazione avviene prevalentemente di notte.

Note: le giovani foglie, raccolte prima della fioritura, sono eduli (minestre, minestrone, frittate). I teneri germogli possono essere mangiati crudi, aggiunti alle insalate.

Peso di 1.000 semi: 0,8-1,5g

Conservabilità del seme, dormienza, germinazione: specie tipicamente sin antropica, è pianta prolificata (24.000 semi per pianta, di cui il 90% vitali). I semi non mostrano dormienza oppure, per alcune provenienze, presentano una dormienza leggera che tende a sparire dopo un periodo (10 mesi circa) di post-maturazione. L'immersione dei semi stessi in una soluzione di nitrato di potassio 0,20% favorisce la germinazione sia di semi appena raccolti sia di quelli conservati per lunghi periodi. Il range di temperature entro il quale è possibile la germinazione va da 11°C a 30°C costanti, ma sono indicate anche le temperature giornaliere alternate di 20°C/30°C con fotoperiodo di 8-12 ore durante la fase calda. La germinazione è favorita dalla presenza di luce. Le semina all'aperto si effettua a fine inverno-inizio primavera.

Banca di semi del suolo: *S. latifolia* forma banche persistenti; dopo 2,5 anni di permanenza nel terreno il 70% dei semi del lotto iniziale è ancora presente e vitale.



Nome scientifico: *Tordylium apulum* L.

Nome comune: Ombrellini pugliesi

Famiglia: Apiaceae

Habitat: pascoli aridi, coltivi e incolti

Tipo corologico: Steno-Mediterranea

Descrizione: terofita scaposa, aromatica, di 10-60 cm, con peli patenti molli. Fusto eretto, ramoso dalla base, oppure nella metà superiore. Foglie basali aderenti al terreno, imparipennate, picciolate, con lamina composta da 7-9 foglioline. L'infiorescenza apicale, portata da un lungo picciolo, è un'ombrella composta di 6-8 raggi. Fiori ermafroditi, bianchi; quelli periferici hanno un petalo esterno vessillare più grande degli altri, profondamente bilobo, bianco o più o meno rosato. Il frutto è formato da due acheni.

Epoca di fioritura: maggio-luglio

Insetti che la visitano: impollinazione entomofila, i fiori forniscono abbondante polline ma poco nettare. *Andrena nitidiuscula* e *Andrena rosae* sono due apoidei oligolettici impollinatori delle apiacee.

Note: utilizzata nella medicina popolare contro la caduta dei capelli; a scopo alimentare si possono consumare le foglie più tenere in insalata. I frutti erano raccolti per farne collane.

Peso di 1.000 semi: 3,1g

Conservabilità del seme, dormienza, germinazione: La germinazione dei semi di questa erbacea annuale senza alcun pretrattamento è molto limitata, in genere non supera il 10%. Si ipotizza la presenza di inibitori non ormonali sulla superficie esterna dei semi e/o dei frutti che sono eliminabili con lavaggi in acqua o con l'immersione in soluzioni di ipoclorito di sodio.



Nome scientifico: *Verbascum nigrum* L.

Nome comune: Verbasco nero

Famiglia: Scrophulariaceae

Habitat: incolti, ruderi

Tipo corologico: ES Europea

Descrizione: emicriptofita scaposa, con fusto eretto, striato, da peloso a tomentoso, arrossato in alto. Foglie basali con picciolo di 10-15 cm e lamina triangolare-lanceolata, cuoriforme alla base; foglie cauline lanceolate. Infiorescenza semplice; calice bianco-lanoso; corolla di 1,8-2,0 cm di diametro, pubescente all'esterno, di colore giallo; stami con antere reniformi arancione e peli violetto; stilo più o meno clavato all'apice.

Epoca di fioritura: maggio-settembre.

Insetti che la visitano: le *Scrophulariaceae*, famiglia a cui appartengono i verbaschi, sono impollinate da api, vespe, ditteri, falene, farfalle e colibrì (in zone più calde). I colori brillanti dei fiori attraggono gli insetti in generale mentre il profumo richiama le farfalle notturne. *Andrena viridescens* è un apoideo oligolettico impollinatore delle *Scrophulariaceae*.

Note: già in epoca classica alcune specie di *Verbascum* erano impiegate a scopo medicinale. Anche oggi la pianta è piuttosto apprezzata nella cura di alcune patologie.

Peso di 1.000 semi: 0,13g

Conservabilità del seme, dormienza, germinazione: per molte specie del genere *Verbascum* (*V. nigrum*, *V. densiflorum*, *V. phlomooides*, *V. thapsus*) è indicato un pretrattamento di vernalizzazione (4 settimane in condizioni freddo-umide tra 2°C e 5°C) per rimuovere la dormienza fisiologica. Le condizioni ideali per la germinazione di questa erbacea perenne (talvolta biennale) sono temperature costanti intorno a 25°C (ma anche alternanza giornaliera di temperature 25°C/10°C) con un fotoperiodo di 8-12 ore. È necessaria una buona preparazione del terreno a causa delle ridottissime dimensioni dei semi, che richiedono, per questo, un letto di semina uniforme.

Banca di semi del suolo: è segnalata la capacità dei semi del genere *Verbascum* di persistere nel terreno, in particolare di quelli di *V. nigrum*.



ALLEGATO 2 – MIELI MONOFLORALI E MILLEFIORI: CARATTERISTICHE, PECULIARITÀ E DIVERSITÀ

Le api hanno delle preferenze e, in relazione alla disponibilità di fioriture, raccolgono prevalentemente polline di una sola specie. Questo, in presenza di uso di pesticidi su colture ad esse gradite (ad es. *Fabaceae*), può determinare anche un rischio notevole per le colonie.

Il miele si definisce uniflorale quando le api bottinano il nettare prevalentemente da una specie botanica. In questo caso si origina un miele in cui si ha dominanza di nettare o melata di una sola pianta che inoltre possiede caratteristiche organolettiche, fisico-chimiche e microscopiche riconducibili alle piante su cui è stata operata la raccolta. È quindi prodotto un miele diverso con particolari caratteristiche organolettiche e nutraceutiche per ogni specie botanica (miele di acacia, di sulla, di rododendro, ecc.) in relativa a un certo periodo fenologico. In Tabella 1 e 2 si riferisce, tra varie informazioni, il periodo di produzione e l'intervallo dei mesi di fioritura della specie botanica da cui è prodotto un determinato miele. Naturalmente la preferenza per il miele una data specie deve essere accompagnata da un'opportuna disposizione strategica degli alveari per facilitare il bottinamento che consente di ottenere miele uniflorale.

La definizione di miele monoflora è abbastanza nota ma molto spesso poco chiara nella sua applicazione pratica. Una definizione generica è riportata nella norma europea (Direttiva 2001/110/CE del Consiglio, del 20 dicembre 2001, concernente il miele, recepita in Italia con il Decreto Legislativo 21 maggio 2004, n.179) che regola la produzione e commercializzazione del miele. Questa sancisce che la denominazione "miele" riportata in etichetta può essere completata da informazioni che fanno riferimento all'indicazione floreale o vegetale, se il prodotto è interamente o principalmente ottenuto dalla specie indicata (quindi miele monoflora) e ne possiede le caratteristiche organolettiche, fisicochimiche e microscopiche (Persano Oddo, Piro, 2004).

A questo punto è anche intuibile il significato di caratterizzazione: studio delle caratteristiche organolettiche, fisicochimiche e microscopiche (inteso come l'identificazione e il conteggio dei pollini presenti nel miele: analisi pollinica del miele o melissopalinologica) di un miele che deriva principalmente da un'unica specie botanica. Solo i mieli che presentano determinate caratteristiche possono riportare in etichetta la corrispondente denominazione monoflorale (Decreto Ministeriale 25.07.03, caratteristiche di composizione del miele).

L'Italia, per la sua grande diversità di ambienti e gradienti climatici ha una grande varietà di mieli uniflorali caratterizzati dal punto di vista chimico-fisico e organolettico. In Italia, secondo il CREA³⁸, si producono con continuità e in quantità sufficienti a garantire un mercato non marginale 18 mieli uniflorali, divisi in due gruppi a seconda della intensità gusto-olfattiva, mentre Nutrition Foundation of Italy³⁹ ne ha identificati 25. Altri 39 mieli uniflorali si producono in Italia con minor frequenza⁴⁰.

I mieli uniflorali, quando molto puri, hanno caratteristiche organolettiche diversissime tra loro (Persano Oddo, et al., 2000). Inoltre, seguendo le fenologie delle specie possono essere prodotti vari mieli nel corso dell'anno dallo stesso apicoltore. Tuttavia, in commercio non è facile trovare mieli molto puri e spesso mieli dichiarati uniflorali contengono pollini diversi appartenenti a svariate specie di piante, che ne "diluiscano" le caratteristiche.

³⁸ I mieli uniflorali italiani. Le schede dei mieli uniflorali italiani. Presentazione delle schede http://api.entecra.it/mieli/html/3_1_0_presentazione.html

³⁹ Nutrition Foundation of Italy, Il miele tra nutrizione e salute [Nutrition Foundation of Italy - Il miele tra nutrizione e salute \(nutrition-foundation.it\)](http://www.nutrition-foundation.it)

⁴⁰ I mieli uniflorali italiani. Altri mieli uniflorali. http://api.entecra.it/mieli/html/5_0_altrimieli.html

Tabella 1 - Mieli a bassa o media intensità gusto olfattiva

Specie e fenologia	Ecoregione e principali territori di produzione	Caratteristiche
Acacia (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.) Aprile - Giugno	Continente, Mediterranea Prodotto soprattutto nella zona prealpina e in Toscana, ma se ne raccolgono partite di discreta purezza anche in molte altre regioni (per esempio Emilia Romagna, Abruzzo e Campania). Il Miele di Acacia della Lunigiana, delle Dolomiti Bellunesi e della Provincia di Varese sono stati dichiarati DOP. Inserito nell'elenco dei Prodotti Agricoli Tradizionali in Abruzzo, Campania, Sicilia, Friuli Venezia Giulia.	Non contiene glutine, ideale per i celiaci. Può essere consumato dai diabetici, per il basso contenuto di zuccheri complessi e alta percentuale di fruttosio. L'elemento maggiormente diagnostico è l'assenza di odori marcati.
Agrumi (<i>Citrus</i> sp.pl.) Marzo - Ottobre	Mediterranea Inserito tra i Prodotti Agricoli Tradizionali della Sicilia	Proprietà sedative, antiossidanti e antinfiammatorie. Si tratta di uno dei mieli uniflorali più apprezzati per l'intensità e la finezza dell'aroma.
Asfodelo (<i>Asphodelus</i> sp.pl.) Marzo - Maggio	Mediterranea Soprattutto Sardegna Inserito tra i Prodotti Agricoli Tradizionali in Campania e Sardegna.	Alto contenuto di sali minerali, ricostituente energetico, calmante e antispasmodico. Disintossica il fegato ed è antibatterico. Colore molto più chiaro del normale, quasi cristallino. In Sardegna viene molto utilizzato in cucina, in particolare nei dolci. Ha un costo abbastanza alto: circa 500 grammi di miele di Asfodelo naturale biologico può raggiungere anche 15/20 euro.
Erba medica, Alfa-Alfa (<i>Medicago sativa</i> L.) Aprile - Ottobre	Continente Prodotto soprattutto in Pianura Padana. Inserito tra i Prodotti Agricoli Tradizionali in Emilia Romagna.	L'erba medica rappresenta una sorgente nettaria importante solo in assenza di flora competitiva. La produzione di miele di erba medica è possibile solo se la pianta viene lasciata fiorire completamente per la produzione da seme. Sapore normalmente dolce; normalmente o decisamente acido; leggermente astringente
Girasole (<i>Helianthus annuus</i> L.) Giugno - Ottobre	Continente, Mediterranea La produzione è concentrata in Lazio, Abruzzo, Marche. Inserito tra i Prodotti Agricoli Tradizionali in Abruzzo e Campania.	Miele conosciuto dalla medicina popolare per le sue proprietà febbrifughe e antinevralgiche. È molto ricco di polline e può essere impiegato utilmente come ricostituente naturale.
Lupinella (<i>Onobrychis vicifolia</i> Scop.) Maggio - Agosto	Continente, Mediterranea La produzione è concentrata nelle zone collinari e montane dell'Italia settentrionale e centrale.	Disintossicante del fegato, proprietà sedative, antisettiche ed emollienti.
Marruca (<i>Paliurus spina-christi</i> Mill.) Maggio-Luglio	Continente, Mediterranea Prodotto soprattutto nel Carso Goriziano, in Maremma Toscana e Abruzzo.	Odore e aroma di media intensità, non particolarmente caratteristici, con nota caramellata.
Rododendro (<i>Rhododendron ferrugineum</i> L., <i>Rhododendron hirsutum</i> L.) Giugno - Luglio	Continente, Alpina Le specie spontanee in Italia sono diffuse nelle regioni alpine. Le specie esotiche sono piantate in ville e giardini della zona temperata e mediterranea.	<i>Rhododendron ponticum</i> e <i>Rhododendron flavum</i> , crescono nelle regioni montagnose della Turchia e talvolta sono importate per scopi ornamentali possono contenere alte quantità di graianatossine e rodotossine,

		capaci di provocare avvelenamenti da rododendro o intossicazioni da miele pazzo. Gli effetti si riscontrano anche sulle api che possono morire. Nelle specie di <i>Rhododendron</i> spontanee in Italia, tali sostanze sono state riscontrate nelle foglie, mentre il nettare e il miele, non presentano tracce di sostanze pericolose per l'uomo. Secondo l'Istituto Nazionale di Tossicologia (INT) il miele di rododendro assunto in certe dosi può provocare sudorazione, vomito, vertigini, debolezza agli arti e intorno alla bocca e abbassare la pressione sanguigna. Tuttavia uno studio condotto sui mieli di rododendro italiani ha dimostrato che il consumo di questi ultimi non comporta nessun rischio di intossicazione acuta (Copolongo F. 2020; EFSA 2011)
Stregonia (<i>Stachys italica</i> Mill.)	Mediterranea, Continentale Sono note produzioni solo in Abruzzo	
Sulla (<i>Hedysarum coronarium</i> L.) Mar-Maggio	Mediterranea L'Italia è l'unico paese dove la Sulla viene coltivata su superfici significative. Inserito tra i Prodotti Agricoli Tradizionali in Abruzzo, Calabria, Campania e Sicilia.	Ottimo diuretico e lassativo naturale, un buon rimedio per l'acne se applicato sulla pelle.
Trifoglio bianco o trifoglio ladino (<i>Trifolium repens</i> L.) Aprile - Ottobre	Continentale Nelle zone di coltura intensiva soprattutto nella pianura Padana. Il nettare del trifoglio bianco è un componente costante della maggior parte dei mieli millefiori italiani	Odore e aroma di debole intensità, non particolarmente caratteristici, con una nota che richiama le caramelle al latte
Trifoglio alessandrino (<i>Trifolium alexandrinum</i> L.)	Continentale, Mediterranea Diffuso nelle zone di coltura intensiva soprattutto nell'Italia centro-meridionale.	Odore e aroma di debole intensità, non particolarmente caratteristici, con leggera nota vegetale.
Trifoglio incarnato (<i>Trifolium incarnatum</i> L.)	Continentale, Mediterranea Diffuso nelle zone di coltura intensiva soprattutto nell'Italia centrale e nel Lazio	

Tabella 2 - Mieli a medio-alta intensità gusto-olfattiva

Specie e fenologia	Ecoregione e principali territori di produzione	Caratteristiche
Ailanto (<i>Ailanthus altissima</i>)	Continentale, mediterranea	Odore e aroma di media intensità, caratteristici, decisamente fruttati (uva moscato). Riequilibra il sistema nervoso, ottimizzando l'apparato cardio-circolatorio, agisce sulla flora batterica intestinale, regolando dall'interno la flora batterica intestinale. Combatte la febbre e ha proprietà emollienti antianemiche e blandamente sedative. Attualmente, il miele di ailanto non è molto conosciuto ed il suo prezzo non è molto elevato, paragonato agli altri monoflora, grazie alla sua estrema diffusione in tutta Italia.

Borragine (<i>Borago officinalis</i>) Gennaio - Agosto	Continentale, mediterranea Occasionali produzioni sulla costa adriatica centromeridionale. Inserito tra i Prodotti Agricoli Tradizionali della Campania.	Gli sono riconosciute proprietà depurative e sedative.
Brugo (<i>Calluna vulgaris</i>)	Continentale, alpina Alpi piemontesi	Miele di colore ambra scuro, rossiccio, con caratteristica consistenza gelificata
Cardo (<i>Galactites tomentosa</i> , <i>Carduus</i> spp. e <i>Cirsium</i> spp.) Maggio - Luglio	Mediterranea Importante in Sicilia, Sardegna. Inserito tra i Prodotti Agricoli Tradizionali.	Ha azione disintossicante e digestiva.
Carrubbo (<i>Ceratonia siliqua</i>) Agosto - Novembre	Mediterranea Italia meridionale	Odore e aroma possono ricordare quello della carrubba.
Castagno (<i>Castanea sativa</i>) Aprile - Maggio	Continentale Costituisce una delle principali produzioni uniflorali a livello nazionale. Se ne ottengono quantità ingenti su tutto l'arco alpino, lungo la dorsale appenninica e nelle zone montuose delle maggiori isole. Inserito tra i Prodotti Agricoli Tradizionali in varie regioni. Il Miele di Castagno della Lunigiana è stato dichiarato DOP.	Colore scuro, odore pungente, sapore fortemente amaro.
Colza (<i>Brassica napus</i>) Marzo-Ottobre	Continentale, mediterranea Produzione significativa solo nell'Italia settentrionale.	Per il suo sapore "vegetale", il miele di colza è utilizzato per preparazioni di cucina salate. L'uso che ne viene fatto più spesso è come prodotto "da taglio" per mieli venduti come millefiori.
Corbezzolo (<i>Arbutus unedo</i>) Agosto - Novembre	Mediterranea. Produzione significativa esclusivamente in Sardegna e in alcune zone della maremma grossetana. Inserito tra i Prodotti Agricoli Tradizionali in Calabria e Sardegna.	Spiccato sapore amaro e peculiare. È il miele con più alto valore commerciale con prezzi al dettaglio, di 4 - 8 volte superiori rispetto a quello degli altri mieli.
Erica (<i>Erica arborea</i>) Marzo-Maggio	Mediterranea Piccole produzioni in Liguria, Toscana, Umbria e Sardegna.	Azione ricostituente e antireumatica. Si tratta di un miele con caratteristiche particolari: torbidità elevata al momento della produzione, elevata acidità e notevole velocità di degradazione.
Eucalipto (<i>Eucalyptus</i> sp.pl.) Gennaio - Maggio, Settembre - Dicembre	Mediterranea Produzioni importanti nelle zone costiere delle regioni centro-meridionali e, in particolare, lungo il litorale maremmano tirrenico, in Calabria, Sicilia, Basilicata e Sardegna. Inserito tra i Prodotti Agricoli Tradizionali della Sardegna e della Calabria.	Molto ricco di antiossidanti, soprattutto flavonoidi. Risulta quindi utile a contrastare l'invecchiamento cellulare.
Marasca (<i>Prunus malaheba</i>) Aprile - Maggio	Continentale Prodotto soprattutto nel Carso Goriziano e Triestino.	Aroma delicato con sapore amarognolo che ricorda quello delle mandorle. Grazie all'elevato contenuto in fruttosio si mantiene a lungo liquido.
Nespolo del Giappone Ottobre - Febbraio	Mediterranea L'area italiana di maggior produzione è la provincia di Palermo.	Pregiato per le caratteristiche organolettiche particolari.
Rosmarino (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	Mediterranea Produzione concentrata in Puglia, Sardegna, Isola d'Elba e Egadi.	Presenta caratteristiche chimico-fisiche molto simili a quelle del miele di rododendro.

Gennaio - Dicembre	Inserito tra i Prodotti Agricoli Tradizionali della Sardegna.	
Rovo (<i>Rubus</i> sp.pl.)	Mediterranea, Continentale Inserito tra i Prodotti Agricoli Tradizionali nella Regione Campania.	Utile nel contrastare le infiammazioni della bocca, nell'alleviare gli stati influenzali e i disturbi della diarrea nei bambini.
Tarassaco (<i>Taraxacum officinale</i>) Gennaio - Dicembre	Il Miele di tarassaco delle Dolomiti Bellunesi e inserito nell'omonima DOP mentre in Friuli è riconosciuta la PAT Miele friulano di tarassaco. Prodotto soprattutto nelle zone collinari e di bassa montagna alpine e appenniniche (Friuli, Trentino, Veneto, Lombardia, Piemonte ed Emilia).	Odore e aroma molto caratteristici e persistenti.
Tiglio (<i>Tilia</i> sp.pl.) Maggio - Luglio	Alpina, Continentale È compreso tra le tipologie che rientrano nel DOP Miele delle Dolomiti Bellunesi. Registrate le PAT Miele di tiglio di Bagnacavallo, Miele di tiglio del Carso, Miele di Tiglio delle Marche.	Notevolmente aromatico. Diverse proprietà analoghe a quelle della pianta: azione rilassante e calmante, favorisce il sonno, calma la tosse e il mal di gola, protettivo del fegato.
Timo (<i>Thymus</i> sp.pl.) Aprile - Agosto	Mediterranea Nelle zone montane delle Alpi e degli Appennini sono relativamente comuni mieli con caratteristiche organolettiche molto accentuate, riferibili alla presenza, più o meno importante, di timo serpillino. I mieli oligo-floreali di acacia/timo/carrubo e di timo/agrumi/ cardo/eucalyptus/carrubo sono inseriti tra i Prodotti Agricoli Tradizionali della Sicilia.	Famoso fin dall'antichità per il suo aroma e sapore peculiari (Crane et al., 1979).
Verga d'oro (<i>Solidago</i> sp.pl.) Luglio - Settembre	Continentale Produzione massima in pianura padana dove insistono formazioni naturalizzate delle esotiche <i>Solidago gigantea</i> e <i>Solidago canadensis</i> .	Odore e aroma intensi, di tipo animale.

Alcune varietà di miele uniflorale italiane sono state inquadrare secondo norme volontarie (norme UNI) che ne definiscono le caratteristiche chimico-fisiche, microscopiche e sensoriali: UNI 11375:2010 Miele di melata o miele di bosco, UNI 11376:2010 Miele di castagno (*Castanea sativa* Miller), UNI 11382:2010 Miele di acacia (*Robinia pseudoacacia* L.), UNI 11383:2010 Miele di eucalipto, UNI 11384:2010 Miele di agrumi (*Citrus* sp.).

Pur essendo prodotti indipendenti da una specie tipica, anche i mieli multiflorali possono avere caratteristiche peculiari dovute alle condizioni ambientali per cui alcuni di essi sono considerati prodotti agroalimentari tradizionali insieme ai mono-florali, con numerose distinzioni su base geografica (Naldi *et al.*, 2018).

In relazioni alle condizioni stazionali sono anche caratteristiche le peculiarità riscontrate in diversi mieli prodotti a partire da una stessa specie vegetale (ad es. *Hedysarum coronarium*, *Castanea sativa*, *Robinia pseudoacacia*) per cui sono stati distinti nelle varie Regioni d'Italia numerosi mieli mono-florali classificati come Prodotti Agricoli Tradizionali caratterizzati dalla presenza di pollini con prevalenza di una specie botanica (Piana, 2020).

L'Italia ha registrato tre Denominazioni d'origine protetta (DOP) nel settore miele (Miele varesino, Miele delle Dolomiti bellunesi, Miele della Lunigiana), mentre al 2020 52 mieli sono riconosciuti come Prodotti Agricoli Tradizionali.

Tabella 3 - Mieli classificati come Prodotti Agricoli Tradizionali (PAT) e a Denominazione di Origine Protetta (DOP)

Denominazione	Composizione Floristica	Areale geografico
DOP Miele della Lunigiana	Monoflorali di Acacia (<i>Robinia Pseudacacia</i>) e di Castagno (<i>Castanea sativa</i>)	Comuni di Pontremoli, Zeri, Mulazzo, Tresana, Podenzana, Aulla, Fosdinovo, Filattiera, Bagnone, Villafranca in Lunigiana, Licciana Nardi, Cornano, Fivizzano, Casola in Lunigiana.
DOP Miele delle Dolomiti Bellunesi	A seconda della fioritura periodica nell'area produttiva si distinguono le tipologie: Millefiori, Acacia (<i>Robinia pseudoacacia</i>), Tiglio (<i>Tilia. Sp. pl</i>), Castagno (<i>Castanea sativa</i>), Rododendro (<i>Rhododendron sp.</i>) e Tarassaco (<i>Taraxacum officinale</i>).	Provincia di Belluno
DOP Miele varesino	Acacia (<i>Robinia pseudoacacia</i>)	Provincia di Varese
PAT Miele calabrese di corbezzolo	Corbezzolo (<i>Arbutus unedo</i>)	Calabria
PAT Miele d'Abruzzo	Millefiori, Monoflorali di sulla (<i>Hedysarum coronarium</i>), lupinella (<i>Onobrychis vicifolia</i>), girasole (<i>Helianthus annuus</i>), santoreggia (<i>Satureja sp.pl.</i>), acacia (<i>Robinia pseudoacacia</i>)	Abruzzo
PAT Miele dei Colli Euganei	Multiflorale e monoflorari (Acacia e castagno)	Colli Euganei
PAT Miele del crinale dell'Appennino emiliano-romagnolo	Multiflorale	Emilia Romagna
PAT Miele del Delta del Po (Veneto)	Multiflorale ottenuto da piante tipiche delle zone umide <i>Amorpha fruticosa</i> , <i>Salvia pratensis</i> , <i>Lythrum salicaria</i> , <i>Trifolium repens</i> e <i>Melilotus sp.pl.</i>) e monoflorali (<i>Robinia pseudoacacia</i> in provincia di Rovigo, <i>Medicago sativa</i> , <i>Cucumis melo</i> , <i>Cichorium intybus var. foliosum</i> , <i>Helianthus annuus</i> , barena e lavanda nelle aree del delta del Po, di <i>Tilia sp.pl.</i> e <i>Castanea sativa</i> nelle zone dell'entroterra polesano.	Delta del Po
PAT Miele del Grappa	Multiflorale	Comuni di Asolo, Borso, Castelcuoco, Cavaso, Possano, Segusino, S. Zenone, Valdobbiadene e Vidor (TV), Cison, Mussolente, Pove, S. Nazario, Romano e Solagna (VC); comuni di Alano, Arsiè, Quero, Seren e Vas (BL).
PAT Miele del Molise	Multiflorale	Molise
PAT Miele del Monte Rufeno	Multiflorale	Monte Rufeno
PAT Miele del Montefeltro	Multiflorale	Zona settentrionale della provincia di Pesaro e Urbino
PAT Miele del Montello	Multiflorale e di Acacia (<i>Robinia pseudoacacia</i>)	Comuni di Nervesa della Battaglia, Giavera del Montello, Volpago, Crocetta del Montello e Montebelluna.

PAT Miele della collina e pianura veronese	Multiflorale	Aree delle colline e della pianura di Verona soprattutto quelle interessate da coltivazioni frutticole.
PAT Miele della Liguria	Multiflorale monoflorale (<i>Castanea sativa</i> , <i>Robinia pseudoacacia</i> , <i>Erica arborea</i> , <i>Arbutus unedo</i>)	Entroterra ligure
PAT Miele della Lombardia	Multiflorale e	Lombardia
PAT Miele della montagna veronese	Multiflorale	Comunità Montane della Lessinia e del Monte Baldo
PAT Miele della provincia di Agrigento	Multiflorale	Provincia di Agrigento
PAT Miele delle Egadi	Monoflora (<i>Thymus</i>) e Multiflorale (<i>Erica arborea</i> , <i>E. multiflora</i> e <i>Rosmarinus</i>)	Favignana
PAT Miele delle Madonie	Multiflorale	Madonie
PAT Miele delle Marche	Multiflorale	Marche
PAT Miele di acacia (Campania)	Robinia (<i>Robinia pseudoacacia</i>)	Campania
PAT Miele di acacia del Carso	Robinia (<i>Robinia pseudoacacia</i>)	Carso triestino e isontino.
PAT Miele di acacia toscano	Robinia (<i>Robinia pseudoacacia</i>)	Toscana
PAT Miele di acacia, di timo, di carrubo (Sicilia)	Multiflorale	Modica
PAT Miele di arancio calabrese	Arancio (<i>Citrus sinensis</i>)	Regione Calabria
PAT Miele di asfodelo (Campania)	Asfodelo (<i>Asphodelus</i> sp.pl.)	Campania
PAT Miele di asfodelo, Cadilloni (Sardegna)	Asfodelo (<i>Asphodelus</i> sp.pl.)	Sardegna
PAT Miele di barena (Veneto)	<i>Limonium narbonense</i> Mill.	Comuni di Campagna Lupia, Mira, Chioggia, Cavallino-Treporti, Jesolo
PAT Miele di borragine (Campania)	Borragine (<i>Borago officinalis</i>)	Campania
PAT Miele di cardo (Campania)	<i>Carduus</i> sp.pl.	Comuni della Valle di Suessola e dell'area occidentale del Partenio (Province di Caserta ed Avellino)
PAT Miele di cardo, Cardu pintu (Sardegna)	Cardi (<i>Galactites tomentosa</i> , <i>Carduus</i> spp. e <i>Cirsium</i> spp.)	Sardegna
PAT Miele di castagno - Mi de tsatagnì (Valle d'Aosta)	Castagno (<i>Castanea sativa</i> , <i>Myosotis alpestris</i>)	Valle d'Aosta
PAT Miele di castagno (Campania)	Castagno (<i>Castanea sativa</i>)	Campania
PAT Miele di castagno (Sardegna)	Castagno (<i>Castanea sativa</i>)	Sardegna
PAT Miele di castagno calabrese	Castagno (<i>Castanea sativa</i>)	Calabria
PAT Miele di castagno toscano	Castagno (<i>Castanea sativa</i>)	Toscana

PAT Miele di corbezzolo, Melalidone olione (Sardegna)	Corbezzolo (<i>Arbutus unedo</i>), Erica (<i>Erica arborea</i> ed <i>E. multiflora</i>), Rosmarino (<i>Rosmarinus officinalis</i>), Mirto (<i>Myrtus communis</i>) e Cisto (<i>Cistus</i> spp).	Sardegna
PAT Miele di erba medica della pianura emiliano-romagnola	Erba medica (<i>Medicago sativa</i>)	Emilia Romagna
PAT Miele di eucalipto (Sardegna)	Eucalipto (<i>Eucalyptus</i>)	Sardegna
PAT Miele di eucaliptus calabrese	Eucalipto (<i>Eucalyptus</i>)	Regione Calabria
PAT Miele di girasole (Campania)	Girasole (<i>Helianthus annuus</i>)	Campania
PAT Miele di marasca del Carso	Ciliegio canino (<i>Prunus mahaleb</i>)	Carso triestino e isontino.
PAT Miele di melata di abete calabrese	Afidi su <i>Abies alba</i>	Regione Calabria
PAT Miele di melata di abete toscano, Manna d'abete	Afidi su <i>Abies alba</i>	Alto Casentino (AR), Monte Amiata (GR)
PAT Miele di melata di bosco del Carso	Multiflorale	Carso triestino e isontino.
PAT Miele di rododendro - Mi de framicello (Valle d'Aosta)	Rododendro (<i>Rhododendron ferrugineum</i>)	Valle d'Aosta
PAT Miele di rosmarino (Sardegna)	Rosmarino (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	Sardegna
PAT Miele friulano di amorfa	Amorfa (<i>Amorpha fruticosa</i>)	Zone pianiziarie e collinari delle provincie di Udine, Gorizia, Pordenone
PAT Miele friulano di castagno	Castagno (<i>Castanea sativa</i>)	Friuli Venezia Giulia
PAT Miele friulano di melata di abete	Afidi su <i>Picea abies</i> o <i>Abies alba</i>	Alpi e Prealpi Carniche e Giulie
PAT Miele friulano di rododendro	Rododendri autoctoni (<i>Rhododendron hirsutum</i> , <i>Rhododendron ferrugineum</i>)	Alpi e Prealpi Carniche e Giulie
PAT Miele friulano di tarassaco	Tarassaco (<i>Taraxacum officinale</i>)	Provincie di Udine, Gorizia, Pordenone
PAT Miele friulano di tiglio	Tiglio selvatico (<i>Tilia cordata</i> , <i>Tilia platyphyllos</i>)	Provincie di Udine, Gorizia, Pordenone
PAT Miele ibleo (presidio Slow Food)	Oligoflorale (<i>Thymus</i>)	Monti Iblei
PAT Miele lucano (r'miel)	Millefiori, uniflorali (<i>Citrus</i> sp.pl., <i>Castanea sativa</i> , <i>Eucalyptus</i> sp.pl.), di melata	Basilicata
PAT Miele millefiori (Sicilia)	Multiflorale	Sicilia
PAT Miele millefiori del Carso	Multiflorale	Provincie di Udine, Gorizia, Pordenone
PAT Miele millefiori della laguna friulana	Multiflorale	Provincie di Udine, Gorizia, Pordenone
PAT Miele millefiori della montagna friulana	Multiflorale	Provincie di Udine, Gorizia, Pordenone

PAT Miele millefiori della pianura friulana	Multiflorale	Aree di pianura e di bassa collina del Friuli Venezia Giulia
PAT Miele millefiori di montagna - Mi de fleur de montagne (Valle d'Aosta)	Multiflorale	Valle d'Aosta
PAT Miele millefiori toscano	Multiflorale	Toscana
PAT Miele monoflora di eucalipto della pianura Pontina	Eucalipto (<i>Eucalyptus</i> sp.pl.)	Pianura Pontina
PAT Miele trentino	Multiflorale	Provincia di Trento
PAT Nettare di Capraia, Miele di Capraia	Multiflorale	Capraia

Oltre ai mieli ottenuti essenzialmente dal nettare vi è una significativa produzione di melate. La melata è un prodotto di scarto di afidi, cocciniglie, psille, ricco di sali minerali e zuccheri. Rappresenta un'utile fonte di nutrimento per le api soprattutto in zone in cui scarseggiano le fonti nettarifere o nei periodi dell'anno in cui le fioriture sono terminate (Bogdanov *et al.*, 2007).

I principali mieli di melata prodotti in Italia sono quello di *Metcalfa* (insetto appartenente alla famiglia dei Flatidi), che prende il nome dall'insetto che produce melata, e la melata di abete che è prodotta dai vari insetti. Questi mieli sono densi e scuri, non particolarmente dolci e rimangono liquidi per molto tempo. Sono spesso venduti come miele di melata, in quanto la denominazione di vendita non può sempre fare riferimento a un'unica specie vegetale.

Al momento attuale la produzione di miele di melata di *Metcalfa* è importante in tutta la pianura padana, e nel Lazio e Abruzzo (Fortunato *et al.*, 2005).

Pur rappresentando un prodotto poco conosciuto dalla maggior parte dei consumatori, le melate di abete sono molto apprezzate e hanno quotazioni remunerative. La produzione di melata da *Abies alba* avviene a seguito dell'attacco di insetti appartenenti all'Ordine: *Rhynchota*, sottordine: *Homoptera* quali: *Cinara cofinis*, *C. pectinatae*, *C. pilicornis* (*Lachnidae*), *Mindarus abietinus* (*Thelaxidae*) e *Physokermes piceae* (*Coccidae*) ed è diffusa nell'arco alpino e nell'appennino settentrionale, soprattutto nelle foreste del Casentino. La produzione di melata da *Picea abies* avviene a seguito dell'attacco di *Cinara costata*, *C. pilicornis*, *C. pruinosa*, *C. piceae* (*Lachnidae*), *Physokermes hemicyphus* e *Ph. piceae* (*Coccidae*) ed è diffusa prevalentemente nell'arco alpino.

Sono riconosciuti come Prodotti Agricoli Tradizionali il Miele di melata di abete calabrese, il Miele di melata di abete toscano (Manna d'abete), il Miele friulano di melata di abete.

La melata di quercia è prodotta principalmente su *Quercus petraea*, *Quercus robur* e *Quercus pubescens* da *Kermes quercus* (*Kermesidae*), *Lachnus ilicophilus*, *L. roboris*, (*Lachnidae*), *Thelaxes dryophila* (*Thelaxidae*), *Tuberculatus annulatus* (*Calliphididae*). È particolarmente nota la produzione del territorio maceratese delle Marche.

BIBLIOGRAFIA

- Bogdanov, S., Bieri, K., Kilchenmann, V., Gallmann, P., e F.-X. Dillier, F.P., 2007. Centro svizzero di ricerche apicole Stazione di ricerca Agroscope Liebefeld-Posieux ALP
file:///C:/Users/valter.bellucci/Downloads/wald_i.pdf
- Capolongo, F. 2020. Analisi di mieli italiani di rododendro per la ricerca di Graianotossina e Pubblicazione multimediale Alcaloidi Pirrolizidinici Produzione 2017, 2018 e 2019.
- Osservatorio nazionale miele. <https://www.informamiele.it/wp-content/uploads/2020/09/I-Mieli-italiani.pdf>
- Circolare MIPAAF 12 Luglio 2007, n. 3 Applicazione del decreto legislativo 21 maggio 2004, n. 179, concernente produzione e commercializzazione del miele - Miele di bosco. GU n. 167 del 20-7-2007).
- Crane, E., 1979. The flowers honey comes from, in: Crane E. (Ed.), Honey, A Comprehensive Survey, Heinemann, London, pp. 3-76.
- Decreto Ministeriale 25.07.03, in Gazzetta Ufficiale n. 185 dell'11.08.03 - Approvazione dei metodi ufficiali di analisi per la valutazione delle caratteristiche di composizione del miele

-
- EFSA, 2011. Scientific opinion on pyrrolizidine alkaloids in food and feed: EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). EFSA J.: 9 (11), 1–134.
- Fortunato, L., Gazziola, F., Barbattini, R., 2005. Interesse apistico della flora del sandanielese e presenza di *Metcalfa pruinosa*: osservazioni in campo e analisi melissopalinologiche Atti Museo Friul. di Storia Nat. **27**, 107-126.
https://laboratorioapisticoregionalefvg.uniud.it/fileadmin/user_upload/Flora_Apistica_del_Sandanielese.pdf
- I mieli uniflorali italiani. Nuove schede di caratterizzazione.
http://api.entecra.it/mieli/html/0_premessa.html
- Naldi, G., Piana, M.L., Zotti, M., 2018. Guida Tre Gocce d'oro: Grandi mieli d'Italia. Osservatorio Naz. Miele. <https://www.informamiele.it/wp-content/uploads/2018/09/Guida3Goccedoro.pdf>
- Persano Oddo, L., Piro, R., 2004. Main Unifloral honeys: descriptive sheets. Apidologie 35 (2004) S38–S81. <https://www.apidologie.org/articles/apido/pdf/2004/06/MHS06.pdf>
- Piana, L., 2020. I mieli italiani: schede descrittive di alcuni dei principali mieli uniflorali. Piana Ricerca 2020/5. https://www.pianaricerca.it/wp-content/uploads/2020/05/monografia_2020.pdf
- Sabatini, A. G., Accorti, M., Colombo, R., Marcazzan, G. L., Piana, M. L., Piazza, M. G., Pulcini, P., 2000. I mieli uniflorali italiani. Nuove schede di caratterizzazione. Ministero delle Politiche Agricole e Forestali. Roma, 108 pp.
- UNI 11299:2008 Miele Analisi microscopica o melissopalinologica.
- UNI 11384:2010 Miele di agrumi (Citrus spp.) - Definizione, requisiti e metodi analisi.
- UNI 11376:2010 Miele di castagno (Castanea sativa Miller) - Definizione, requisiti e metodi analisi.
- UNI 11383:2010 Miele di eucalipto - Definizione, requisiti e metodi di analisi.
- UNI 11375:2010 Miele di melata o miele di bosco - Definizione, requisiti e metodi analisi.
- UNI 11382:2010 Miele di acacia (Robinia pseudacacia L.) - Definizione, requisiti e metodi analisi.

