



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



**Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente**



GLI APOIDEI E L'AGRICOLTURA SOSTENIBILE

NATURA e BIODIVERSITÀ



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

GLI APOIDEI E L'AGRICOLTURA SOSTENIBILE

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 quaderno.

ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Via Vitaliano Brancati, 48 – 00144 Roma
www.isprambiente.gov.it

ISPRA, Quaderni Natura e Biodiversità 16/2021
ISBN 978-88-448-1050-4

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica

Grafica di copertina:

Alessia Marinelli - ISPRA – Area Comunicazione Uff.Grafica

Foto di copertina: Valerio Silli

ISPRA – BIO-CFL

Coordinamento pubblicazione online:

Daria Mazzella

ISPRA – Area Comunicazione

{08/06/2021}

Autori

Pietro Massimiliano BIANCO (ISPRA)

Valter BELLUCCI (ISPRA)

Roberto SANNINO (ISPRA)

Valerio SILLI (ISPRA)

Testo a cura di

Lorenzo CICCARESE

Revisione testo

Rita Ocone

INDICE

PRESENTAZIONE.....	3
INTRODUZIONE.....	5
1.1 SERVIZI DI IMPOLLINAZIONE E GLI ATTUALI INDIRIZZI NORMATIVI DI TUTELA.....	7
2. ABITAT E CARATTERISTICHE ECOLOGICHE DELLE DIVERSE SPECIE DI APOIDEI.....	12
2.1 Siti di nidificazione.....	12
2.2 Alimentazione.....	18
2.3 Ciclo di vita e socialità.....	21
3.DIVERSITÀ DEGLI APOIDEI E BUONE PRATICHE AGRICOLE.....	26
4.COLTURE AGRICOLE E SENSIBILITÀ ECOLOGICA DEGLI APOIDEI.....	35
4.1 Vigneti.....	36
4.2 Oliveti.....	38
4.3 Fruttiferi.....	39
4.4 Seminativi.....	40
4.5 Colture ortive.....	41
5. GLI APOIDEI COME INDICATORI DELLA QUALITÀ AMBIENTALE DI UN AGROECOSISTEMA.....	50
6. IL RUOLO DELLA POLITICA AGRICOLA PER LA TUTELA DEGLI IMPOLLINATORI.....	54
7. CONSIDERAZIONI FINALI.....	58
BIBLIOGRAFIA.....	61
SITOGRAFIA.....	85
RIFERIMENTI NORMATIVI.....	85

PRESENTAZIONE

Il ruolo degli impollinatori, dagli insetti ai mammiferi, è di fondamentale rilevanza per la struttura, la composizione e il funzionamento degli habitat naturali e semi-naturali, inclusi quelli agricoli e dei contesti urbani e peri-urbani. Viceversa, gli habitat naturali e semi-naturali sono fondamentali per la tutela della abbondanza delle popolazioni e delle specie impollinatrici e la loro trasformazione in altre forme di uso e copertura del suolo, frammentazione e degradazione, sono tra le principali cause del drammatico declino a cui sono soggetti gli impollinatori.

Negli ultimi decenni, l'intensificazione dell'agricoltura, causando la perdita di elementi importanti per le api (es. la fonte di polline, nettare, oltre a svariati siti di nidificazione) e l'inquinamento delle matrici ambientali, ha provocato impatti importanti sulle api e sugli impollinatori in generale. Gli studi sull'ecologia del paesaggio ci consentono di valutare gli effetti di diverse pratiche agricole sulla ricchezza e l'abbondanza degli impollinatori. Tra gli elementi paesaggistici che esercitano un'influenza positiva sulle api, la presenza di elementi come siepi, filari, piccole formazioni forestali, muretti a secco, stagni, in prossimità delle aree coltivate, si è rivelata un fattore molto importante per la tutela degli impollinatori. Tuttavia, sono ancora necessari studi che valutino le relazioni tra habitat e impollinatori con un approccio più integrato per valutare gli effetti del contesto paesaggistico sulla diversità e sull'abbondanza degli impollinatori legate alla produttività delle colture.

Per tali motivazioni l'ISPRA da tempo pone particolare attenzione al ruolo degli apoidei nelle relazioni ecologiche e sostiene l'attuazione di strategie per la loro tutela in quanto "specie chiave" nella conservazione della biodiversità. Gli apoidei sono presenti tra gli indicatori dell'Annuario ISPRA- SNPA dei dati ambientali e sono inseriti in programmi di valutazione della qualità dell'ambiente, quali i progetti Integrated valuation of ecosistemi Services and Trade - off (InVEST) e Carta della Natura¹. ISPRA, inoltre, collabora con il Ministero per la transizione ecologica per le attività di monitoraggio sugli impollinatori selvatici nei Parchi Nazionali.

Contestualmente si ritiene importante portare avanti azioni strategiche per la valorizzazione del servizio ecosistemico dell'impollinazione, sia in relazione all'applicazione dei criteri di sostenibilità in campo agricolo sia per la gestione e protezione degli habitat naturali e delle specie che li abitano. Altrettanto rilevante è continuare a diffondere le conoscenze sul tema degli impollinatori selvatici, iniziativa avviata nel maggio 2020 con il quaderno "Il declino delle api e degli impollinatori. Le risposte di ISPRA alle domande più frequenti" (ISPRA 12/2020)². Tale quaderno illustra il problema del declino degli impollinatori, analizzando le cause più importanti e il loro ruolo fondamentale per il mantenimento della diversità di specie e degli ecosistemi e la sicurezza alimentare.

Nella presente pubblicazione, invece, saranno discussi i dati prodotti dalla comunità scientifica sulle relazioni tra la diversità degli apoidei selvatici e le

¹ <https://www.isprambiente.gov.it/it/servizi/sistema-carta-della-natura>

² Il declino delle api e degli impollinatori. Le risposte alle domande più frequenti. Quaderni Natura e Biodiversità, 12/2020. ISBN: 978-88-448-1000-9 <https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/quaderni/natura-e-biodiversita/il-declino-delle-api-e-degli-impollinatori-le-riposte-alle-domande-piu-frequenti>

pratiche agricole e l'importanza ecologica della loro presenza negli ecosistemi agricoli.

L'auspicio è che questo nuovo quaderno di ricerca, rivolto sia al grande pubblico sia alla comunità scientifica e ai decisori politici, fornisca dati specifici che rafforzino la necessità di conservazione di diverse specie di piante e animali e, alla vigilia dell'entrata in vigore della riforma della Politica Agricola Comune, fornisca un supporto alla definizione e attuazione delle politiche pubbliche e private, incluse la Direttiva 2009/128/CE sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari e le Strategie UE per la Biodiversità e "Farm to Fork".

Ing. Luciano Bonci

Responsabile Dipartimento per il monitoraggio e la tutela dell'ambiente e per la conservazione della biodiversità

INTRODUZIONE

Dopo la pubblicazione del rapporto di valutazione della biodiversità globale da parte dell'Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem services (IPBES, 2019) e di una serie innumerevole di studi condotti successivamente da altre istituzioni internazionali e istituti di ricerca indipendenti, il tema del declino dell'integrità biologica del pianeta ha acquisito centralità nell'agenda della politica internazionale e nazionale. Già nel 2017, però, di fronte al profilarsi dell'insuccesso del mancato raggiungimento di gran parte dei 20 target del piano strategico globale della Convenzione sulla Biodiversità (CBD) per il periodo 2011-2020, la comunità internazionale decise di intervenire avviando un processo scientifico-negoziato su basi diverse rispetto al framework precedente, concentrandosi su obiettivi action-oriented, per ridurre le minacce alla biodiversità; soddisfare le esigenze delle persone attraverso un uso sostenibile delle risorse naturali e la condivisione dei benefici, sviluppare strumenti e soluzioni per l'implementazione e il mainstreaming, adottare meccanismi di supporto all'implementazione di condizioni abilitanti. L'accordo quadro globale per il post 2020 (Global Biodiversity Framework, o GBF) dovrà essere approvato a fine ottobre 2021 in occasione della XV sessione della Conferenza delle Parti (COP-15) della CBD.

Nel 2020, l'Unione Europea, coerentemente con le indicazioni del Green Deal europeo, il nuovo percorso di crescita sostenibile e inclusiva per la UE e i suoi cittadini³, ha emanato due documenti strategici fondamentali per il futuro dell'UE, "Riportare la Natura nelle nostre vite"⁵ (Strategia Biodiversity for 2030) e "Dal produttore al consumatore"⁶ (Strategia Farm to Fork). I due documenti propongono una serie di obiettivi e traguardi specifici per sostenere la conservazione e il ripristino degli habitat e delle specie, integrare il valore della biodiversità e dei servizi ecosistemici nei sistemi agro-alimentari e promuovere l'uso sostenibile delle risorse naturali nella strategia di crescita economica dei Paesi. Entrambe le strategie riconoscono il ruolo strategico svolto dal servizio di impollinazione da parte di insetti e altri gruppi faunistici nella conservazione della biodiversità di specie e di habitat e nella produzione di alimenti, fibre e legna. Le due strategie dedicano grande attenzione alla valorizzazione delle pratiche agricole sostenibili e ai cosiddetti sistemi agricoli diversificati, Diversified Farming Systems (DFS), quali alternative ai metodi agricoli intensivi caratterizzati da impatti negativi sulle risorse naturali e sulla biodiversità (Rosa-Schleich, 2019).

Un rapporto tematico di valutazione su impollinatori, impollinazione e produzione alimentare, pubblicato dall'IPBES del 2016, ha stimato che un numero crescente di specie di impollinatori in tutto il mondo è sull'orlo dell'estinzione, indicando una serie di fattori, tra loro concatenati quali

³ Il Green Deal europeo. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?qid=1576150542719&uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN>

⁵ Riportare la Natura nelle nostre vite. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0380&from=EN>

⁶ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0381>

cause: distruzione, degradazione e frammentazione degli habitat, inquinamento (in particolare da pesticidi), cambiamenti climatici, diffusione di specie aliene invasive, parassiti e patogeni. A vedere bene, questi fattori sono gli stessi che sono alla base della perdita di integrità biologica osservata nel pianeta.

La CBD ha approvato le conclusioni IPBES e messo in risalto l'importanza degli impollinatori e del servizio ecosistemico che essi forniscono, per il raggiungimento di diversi obiettivi di sviluppo sostenibile stabiliti dalle Nazioni Unite (SDGs Agenda 2030 UN).

Questo quaderno di ricerca, sul solco delle attività che ISPRA da oltre un decennio dedica alla tutela degli impollinatori, intende analizzare i nessi tra apoidei e qualità ambientale degli agroecosistemi, basandosi su due presupposti:

1) a livello mondiale le produzioni agricole e il sistema agroindustriale devono assicurare che il cibo sia sufficiente, sicuro, sostenibile, nutriente ed accessibile (non solo economicamente) per ogni singola persona del pianeta, nel rispetto degli obiettivi di conservazione delle risorse naturali e dei servizi ecosistemici, come l'impollinazione animale, dai quali i sistemi alimentari dipendono;

2) le evidenze scientifiche, fornite da ricerche indipendenti e da istituzioni internazionali come l'United Nations Environment Programme (UNEP)⁷ e l'Agenzia Europea dell'Ambiente (EEA)⁸, mettono in evidenza che i sistemi agricoli, soprattutto quando basati su elevati livelli di intensificazione con largo ricorso alla meccanizzazione e all'utilizzo dei prodotti chimici (fitosanitari, fertilizzanti di sintesi, etc.), sono tra i principali fattori (diretti e indiretti) dell'inquinamento atmosferico, della contaminazione delle acque, dell'erosione e acidificazione del suolo, della semplificazione dei paesaggi e della perdita di biodiversità.

Apparentemente, i due presupposti sono inconciliabili. Il settore agro-alimentare è uno dei principali fattori della perdita di biodiversità e i metodi agricoli prevalenti, intensivi e industriali, impattano in modo decisivo sugli equilibri degli ecosistemi, conducono all'impoverimento della diversità genetica e contribuiscono ad aumentare le pressioni sulla biodiversità associate alla distruzione e degradazione degli habitat, all'inquinamento, ai cambiamenti climatici, alla diffusione di specie aliene invasive e all'eccessivo prelievo di risorse genetiche dalla natura.

In più, a fronte del picco demografico previsto per il 2050 (per quella data le proiezioni parlano di circa 10 miliardi di abitanti umani sulla Terra), al sistema agroalimentare mondiale sarà richiesto di aumentare la produzione del cibo del 50% rispetto ai livelli attuali, con impatti significativi su tutte le componenti ambientali, inclusa l'agrobiodiversità e in particolare gli impollinatori.

Questo scenario, tuttavia, non deve suonare come una condanna senza appello per il sistema agricolo e in generale per il sistema agro-alimentare. Viceversa, essi devono rivestire un importante strumento per la conservazione della biodiversità. Sono molte, peraltro, le storie di successo che dimostrano come agricoltura, sicurezza alimentare e ambiente possano

⁷ <https://www.unenvironment.org/resources/report/environmental-governance-update-may-2020>

⁸ <https://www.eea.europa.eu/publications/soer-2020>

convivere. E in questo senso l'agrobiodiversità è presente nelle principali politiche ambientali attuate dai paesi dell'Unione Europea.

Affinché le misure di conservazione della natura siano realmente efficaci è necessario agire su più fronti, innanzitutto modificando il settore dell'offerta e gli attuali sistemi di produzione alimentare. Molto importante, al tempo stesso, è ripensare il settore della domanda, ad esempio riducendo gli sprechi di cibo (quasi un terzo della produzione mondiale di prodotti alimentari viene perduta nelle diverse fasi che vanno dalla produzione in campo al consumo familiare) e modificando le abitudini di dieta degli individui.

In questo contesto, e traendo spunto dal ruolo decisivo giocato dalla filiera alimentare nella gestione quotidiana della pandemia Covid-19, una delle sfide più importanti è la necessità di arrestare il declino nella popolazione e nella diversità di specie degli impollinatori, in quanto fondamentali per sostenere la produzione agricola e garantire gli equilibri ecosistemici.

Con l'obiettivo di fornire conoscenze sulle relazioni tra la gestione agricola, la conservazione degli ecosistemi e il processo di impollinazione da parte degli insetti, quali i lepidotteri, i sirfidi e principalmente gli apoidei selvatici, nelle pagine seguenti si riportano considerazioni sulle caratteristiche e sulla sensibilità ecologica degli apoidei, sulle relazioni tra ricchezza e diversità di specie con le pratiche agricole adottate dall'uomo e sulla capacità degli apoidei di rappresentare la qualità ambientale di un ecosistema.

Dott. 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 agroforestali.

1. I SERVIZI DI IMPOLLINAZIONE E GLI ATTUALI INDIRIZZI NORMATIVI DI TUTELA

L'impollinazione è un servizio ecosistemico fondamentale per la sopravvivenza umana e la tutela dell'integrità e della diversità biologica degli ecosistemi terrestri. Svolta da una vasta gamma di animali, principalmente insetti quali api, vespe, farfalle, falene, sirfidi, coleotteri e tisanotteri, uccelli e mammiferi, l'impollinazione offre innumerevoli benefici economici ed ecologici per l'uomo, le piante a fiore (dette *Fanerogame*) e la fauna selvatica.

Gli apoidei emergono come gli animali impollinatori dominanti, con almeno 16.000 diverse specie (*Organizzazione per l'alimentazione e l'agricoltura*, FAO, 2014) rispetto alle 17.000 conosciute (Michener, 2000). In Europa sono presenti circa 2.000 specie, delle quali almeno 1.000 in Italia (Monterastelli, 2018).

Le reti di piante e insetti impollinatori sono in gran parte reti mutualistiche, in grado di assicurare benefici reciproci (Waser & Ollerton 2006), e il declino nella diversità degli impollinatori è fortemente correlato al declino di varie angiosperme (Biesmeijer et al. 2006; Bretagnolle & Gaba 2015). Gli impollinatori gestiti dall'uomo (api da miele) non costituiscono un sostituto adeguato degli apoidei selvatici (Garibaldi et al., 2013) e il calo nelle popolazioni di questi ultimi, segnalato in molti territori, si caratterizza come un fenomeno e una tendenza preoccupanti per la conservazione delle comunità vegetali (Biesmeijer et al., 2006; Potts et al., 2010; Winfree, 2010).

La diversità delle api selvatiche migliora anche la diversità genetica delle piante impollinate (Biesmeijer et al., 2006) ed è essenziale per la qualità e la resilienza dei servizi di impollinazione nelle aree agricole, con conseguenze positive sulla produttività delle colture agrarie (Bartomeus et al., 2013; Brittain et al., 2013). La presenza di significative popolazioni di api selvatiche, bombi e api solitarie aumenta, infatti, la resa in termini di quantità e di qualità di semi, frutta e verdura e allo stesso tempo è indispensabile per il miglioramento o il mantenimento della qualità ecologica dei territori a matrice agricola.

Negli anni le varie iniziative messe in campo dall'Unione Europea (UE) hanno affrontato essenzialmente le problematiche sanitarie e le pratiche di gestione delle api mellifere e sono state indirizzate alla tutela della salute delle api da miele (*Apis mellifera*). Rispetto al ripristino delle specie selvatiche le politiche UE di rilievo sono molto recenti e si identificano principalmente in tre iniziative della Commissione Europea: la Comunicazione del 1° giugno 2018 (COM 2018/395) "*Iniziativa sugli impollinatori*"⁹, in risposta alle richieste del Parlamento e del Consiglio e, su pressione di società civile, opinione pubblica e produttori apistici, le due Strategie "*Ripartire la Natura nelle nostre vite*" (COM 2020/380) e "*Dal produttore al consumatore*" (COM 2020/381), con le quali la Commissione Europea ha rappresentato la necessità di un nuovo piano di ripristino degli ambienti naturali. Tra le misure indispensabili rientra l'interruzione della tendenza al

⁹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX%3A52018DC0395>

declino delle popolazioni di uccelli e insetti nei sistemi agricoli, in particolare degli impollinatori.

Parallelamente alle due Strategie della Commissione, nel maggio 2020 il Servizio di informazione e notizie (*Science for Environment Policy*) della Direzione generale Ambiente (DG-ENV) ha pubblicato un *Future Brief* (previsioni di esperti sulle politiche e sui problemi emergenti su tematiche ambientali), dal titolo "*Pollinators: importance for nature and human well-being, drivers of decline and the need for monitoring*"¹⁰, con informazioni sull'importanza e il ruolo degli impollinatori, sui principali processi alla base del declino degli impollinatori e sulle azioni da intraprendere per invertirlo. Come rappresentato dal rapporto IPBES 2016, le cause individuate sono molteplici e le loro numerose interazioni indicano il contributo rilevante che tutti i settori della società, compresi i decisori politici, i gestori del territorio, il settore privato e in generale il pubblico, possono fornire per garantire la sopravvivenza degli impollinatori.

Già l'11 ottobre 2019 l'*Unione internazionale per la conservazione della natura* (IUCN) aveva lanciato un appello urgente sul tema della conservazione delle specie vegetali ed animali, invitando ad aumentare in modo massiccio le azioni di tutela in risposta alla sempre più grave crisi della biodiversità ed esortando i governi di tutto il mondo a prevenire le estinzioni causate dall'uomo, ad arrestare la diminuzione delle specie entro il 2030 nonché a migliorare lo stato di conservazione delle specie minacciate, al fine di garantire un netto recupero entro il 2050.

Obiettivi del tutto irrealistici, se non associati ad azioni strategiche per la tutela degli impollinatori, tenuto conto che, soltanto nell'Unione Europea, il 78% delle specie di fiori selvatici dipende, almeno in parte, dall'impollinazione animale (Potts et al. 2015).

Rispetto alla tutela dagli impatti negativi associati all'utilizzo dei prodotti fitosanitari in agricoltura, che è una delle cause rilevanti del declino degli impollinatori, l'impianto legislativo italiano fornisce alcuni riferimenti:

- la legge 313/2004 "*Disciplina dell'apicoltura*", che all'articolo 4 "*Disciplina dell'uso dei fitofarmaci*" recita "*Al fine di salvaguardare l'azione pronuba delle api, le regioni individuano le limitazioni e i divieti cui sottoporre i trattamenti antiparassitari con prodotti fitosanitari ed erbicidi tossici per le api sulle colture arboree, erbacee, ornamentali e spontanee durante il periodo di fioritura, stabilendo le relative sanzioni*";
- il D.Lgs. 14 agosto 2012, n. 150, con il quale l'Italia ha recepito la Direttiva 2009/128/CE sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari e che all'articolo 24 "*Sanzioni*" prevede multe da 1.000,00 a 5.000,00 euro a carico di chi, all'atto della vendita, non fornisce all'acquirente le informazioni necessarie per utilizzare correttamente i prodotti fitosanitari. Ad esempio, esaustive indicazioni sul significato e sulle gravi conseguenze ambientali in caso di mancato rispetto delle prescrizioni riportate in etichetta, quali "*pericoloso per le api*", "*per proteggere le api e altri insetti impollinatori non applicare alle colture al momento della fioritura*", "*non utilizzare in presenza di api*", "*rimuovere o coprire gli alveari durante l'applicazione e per (indicare il periodo) dopo*

¹⁰ Science for Environment Policy, 2020. Pollinators: importance for nature and human well-being, drivers of decline and the need for monitoring. Future Brief 23. Brief produced for the European Commission DG Environment. Bristol: Science Communication Unit, UWE Bristol.

il trattamento", "non applicare in presenza di piante infestanti in fiore", "eliminare le piante infestanti prima della fioritura" e "non applicare prima di (indicare il periodo)";

- il Piano di azione nazionale (PAN) per disciplinare l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari, anche al fine di salvaguardare la biodiversità. Al momento il piano 2014 - 2019, adottato con decreto interministeriale 22 gennaio 2014, è terminato e il nuovo, prossimo alla pubblicazione, riporta specifiche misure per la tutela degli impollinatori, ad esempio il limitato impiego dei prodotti fitosanitari con fattori di rischio per gli impollinatori, il mantenimento di fasce inerbiti (di almeno 5 metri) intorno ai coltivi, l'inerbimento tra i filari nelle colture arboree, l'utilizzo di specie erbacee e arbustive autoctone idonee per gli impollinatori;
- il D. Lgs. 17 aprile 2014, n.69, che disciplina il sistema sanzionatorio in materia di immissione sul mercato dei prodotti fitosanitari e che all'articolo 3 prevede una sanzione da 35.000 a 100.000 euro nei confronti dell'utilizzatore che non rispetta quanto indicato in etichetta, tra cui le prescrizioni e le indicazioni per la tutela dei pronubi.

Di rilevanza metodologica è il documento dell'*Intesa Nazionale* per l'applicazione delle buone pratiche agricole e la salvaguardia delle api nei settori sementiero e ortofrutticolo, concordato da numerose associazioni di agricoltori, apicoltori e altri operatori in ambito agricolo¹¹ e che dispone, tra l'altro, di non effettuare nel periodo della fioritura trattamenti fitosanitari con insetticidi e altre sostanze tossiche per le api, di predisporre un elenco di prodotti fitosanitari consigliati per la corretta difesa in prefioritura, di favorire una produzione agricola sostenibile che salvaguardi la biodiversità e di promuovere scambi di informazioni, strumenti informativi e momenti formativi al fine di accrescere la conoscenza delle tecniche produttive sostenibili e ridurre le situazioni di criticità tra i diversi settori.

Nell'ambito delle iniziative svolte dal tavolo tecnico previsto nell'*Intesa nazionale* sono da evidenziare le linee guida per la salvaguardia degli impollinatori¹², approvate anche dal Ministero delle politiche agricole, alimentari e forestali (Mipaaf), che riportano regole da applicare nelle zone agricole a tutela delle api e di utilità anche per altri impollinatori selvatici.

Le linee guida si aprono con la considerazione "*Le api sono fondamentali in agricoltura e costituiscono un importante indicatore di qualità dell'ambiente. È dovere di tutti proteggerle, evitando pratiche che possano pregiudicarne la sopravvivenza*" e tra le indicazioni si citano l'opportunità di introdurre gli alveari nella coltura da impollinare quando almeno il 10-15 % dei fiori è già aperto e mai in assenza dei fiori da fecondare, per contrastarne l'abitudine a frequentare altre fioriture, la necessità che l'apicoltore sia preventivamente informato dei trattamenti fitosanitari da svolgere e l'opportunità di evitare qualsiasi trattamento chimico in fioritura, anche con prodotti considerati non tossici.

Oltre che dalla limitata percezione dei vantaggi economici associati al servizio dell'impollinazione, conseguenti al miglioramento della qualità e della quantità delle produzioni, l'adozione in Italia di pratiche favorevoli ai pronubi è ostacolata dai limitati investimenti nella ricerca pubblica, che si

¹¹ <https://www.informamiele.it/intesa-nazionale-per-le-buone-pratiche-agricole-e-la-difesa-degli-impollinatori.html>

¹² Mipaaf, Osservatorio Miele. Linee guida per la salvaguardia degli impollinatori http://www.sementi.it/informazione/download/Linee_guida_impollinatori.pdf

ripercuotono in riconosciute difficoltà a produrre e diffondere conoscenze scientifiche.

2. HABITAT E CARATTERISTICHE ECOLOGICHE DELLE DIVERSE SPECIE DI APOIDEI

Gli apoidei hanno una notevole variabilità ecologica. Questa si riflette sulla loro possibilità di colonizzare nuovi habitat, anche artificiali o al contrario di subire la progressiva rarefazione degli habitat di competenza. La sensibilità ecologica può riguardare lo stretto legame con determinate specie vegetali o la disponibilità di siti e materiali per la costruzione del nido.

La fauna apidica risulta fortemente dipendente dai processi di frammentazione ambientale (Matheson et al., 1996), mentre la composizione specifica e la densità delle specie sono correlate alla struttura e allo stato di conservazione degli ecosistemi (Mazzeo et al., 1999, 2001, 2002, 2004, 2007a, 2007b, Seminara et al., 2009; Longo, 2002).

Per mantenere la diversità a livello territoriale omogeneo (in termini ambientali), le strategie di conservazione dovrebbero essere differenziate spazialmente, in rapporto alla diversità ed estensione degli habitat presenti, ed adattate alla ecologia delle diverse specie e gruppi funzionali (Rubene et al., 2015). Di seguito si rappresentano i tre aspetti ecologici più significativi per la caratterizzazione delle specie selvatiche di impollinatori, quali le abitudini di nidificazione, il tipo di alimentazione e gli stili di vita.

2.1 Siti di nidificazione

Mentre alcune specie solitamente generaliste mostrano una notevole capacità di adattamento anche in ambienti antropici, per altre la presenza di un numero appropriato di siti naturali o subnaturali per la nidificazione è un requisito essenziale per la sopravvivenza della comunità.

Gli Apoidei mostrano diversi adattamenti rispetto l'habitat in cui nidificano, il tipo di substrato che utilizzano ed i materiali di cui hanno bisogno per la costruzione del nido (Potts et al. 2005). Di conseguenza le tipologie di nido sono molteplici (tabella 1).

Tabella 1. Tipologie di nido adottate da diversi taxa di apoidei (ISPRA, modificato da AA.VV.)

Tipologia di nido	Taxa	
Scavato nel terreno	<i>Colletes</i> , <i>Lasioglossum</i> , <i>Dasyпода</i> , <i>Anthophora</i> , <i>Amegilla</i>	<i>Halictus</i> , <i>Andrena</i> , <i>Eucera</i> , <i>Habropoda</i> , Almeida 2008; Aldini, 2007; Grace, 2010
Cavità esistenti, steli vuoti, legname accatastato, fori nel legno, fessure dei muri, concavità delle tegole dei tetti	<i>Hylaeus</i> , <i>Osmia</i> (rivestono le celle con fango), <i>Megachile</i> (rivestono le celle con petali o foglie), <i>Chelostoma</i> (aggiungono di pietrisco e seta larvale), <i>Hoplitis</i> (nidi molto	Nicoli Aldini, 2007; Grace, 2010

Tipologia di nido	Taxa	
	variabili), <i>Anthidium</i> , <i>Xylocopa</i> , <i>Ceratina</i> , <i>Anthidium</i> (rivestono le celle con peluria vegetale)	
Gusci di chiocciola	<u>Obbligate</u> : <i>Hoplitis fertoni</i> , <i>Osmia melanura</i> , <i>Osmia</i> <i>andrenoides</i> , <i>Osmia</i> <i>aurulenta</i> , <i>Osmia croatica</i> , <i>Osmia spinulosa</i> , <i>Osmia</i> <i>bicolor</i> , <i>Osmia versicolor</i> <u>Facoltative</u> : <i>Hoplitis</i> <i>pallicornis</i> , <i>Osmia rufohirta</i> , <i>Osmia melanogaster</i> , <i>Osmia</i> <i>notata</i> , <i>Osmia subaenea</i> , <i>Osmia bicornis</i> , <i>Osmia</i> <i>cornuta</i> , <i>Osmia tricornis</i> , <i>Osmia ferruginea</i> , <i>Osmia</i> <i>ferruginea igneopurpurea</i> , <i>Osmia viridana</i> , <i>Protosmia</i> <i>glutinosa</i>	Müller et al., 2018
Costruzione attiva dei nidi usando fango impastato con saliva	<i>Megachile parietina</i> , <i>Megachile sicula</i>	Praz, 2017
Nidi abbandonati di roditori o uccelli, nei quali costruiscono attivamente le celle (non esagonali e disposte disordinatamente) utilizzando la cera da loro secreta	<i>Bombus</i>	O'Con- nor, 2013

Il nido è quasi sempre costruito dalla femmina feconda o, nelle specie sociali, dalle operaie.

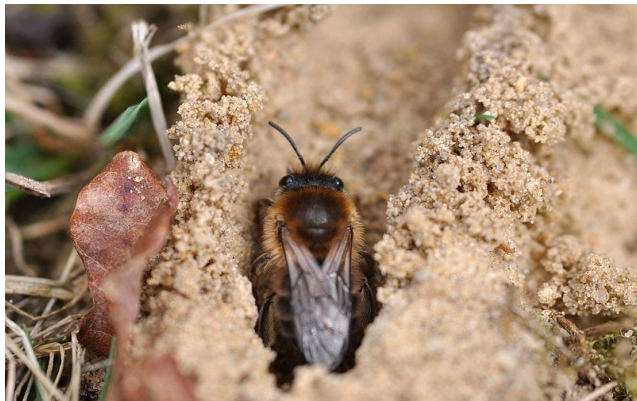
La realizzazione del nido e l'ovideposizione sono processi determinanti nell'assicurare il successo evolutivo della specie e costituiscono elementi importanti per la comprensione di fenomeni evolutivi quali gli adattamenti e la filogenesi (Malyshev, 1935). Per costruire i loro nidi le api selvatiche impiegano varie tipologie di materiali quali foglie, pietre o resina. I diversi elementi che caratterizzano l'habitat elettivo, quali il sito, i materiali di nidificazione e le piante alimentari, possono essere tra loro distanti centinaia di metri ma, necessariamente, devono essere presenti nell'areale ecologico della colonia.

In funzione delle loro abitudini di nidificazione gli apoidei possono essere suddivisi in tre gruppi (O'Toole e Raw 2004), quali gli individui con nidificazione a terra, fuori terra e il gruppo delle api cleptoparassitiche ("api cuculo" - Wcislo 1987), le quali non costruiscono nidi ma depongono le uova nei nidi di altre api (nido ospitante).

Gli apoidei nidificanti a terra rappresentano circa il 50% (Schindler et al., 2013) di tutte le specie selvatiche e dominano in molti habitat aperti (O'Toole & Raw 2004; Michener 2007), preferendo i versanti esposti a sud e le aree scarsamente vegetate (foto 1 e foto 2). Tutte le specie delle famiglie *Andrenidae* e *Melittidae* nidificano a terra, così come la maggior parte delle specie di *Halictidae* e *Colletidae* (Michener 2007).



*Foto 1. La cupola di un nido di *Andrena fulva* (<http://www.entomart.be/>)*



*Foto 2. *Colletes cunicularius* che emerge da un nido scavato nella sabbia (Aiwok in Commons Wikimedia)*

Per le specie che scavano il proprio nido nel terreno la possibilità di colonizzazione è associata alla profondità e alla tessitura del suolo nonché alla periodicità di eventuali lavorazioni svolte, rispetto al ciclo di attività della singola specie.

Solitamente i nidi costruiti nel terreno sono formati da un asse principale dal quale hanno origine diversi cunicoli laterali (figura 1), ognuno dei quali terminante con una singola cella pedotrofica (Michener, 1964; Radchenko & Pesenko, 1994a, 1994b; Radchenko, 1995). Questa modalità di costruzione sembrerebbe essere correlata al tipo ancestrale, in quanto simile al nido utilizzato dagli Sfecidi, una famiglia di imenotteri aculeati

chiamati comunemente “*vespe scavatrici*”. Le altre modalità di costruzione del nido sarebbero invece derivate (Budrys, 2001).

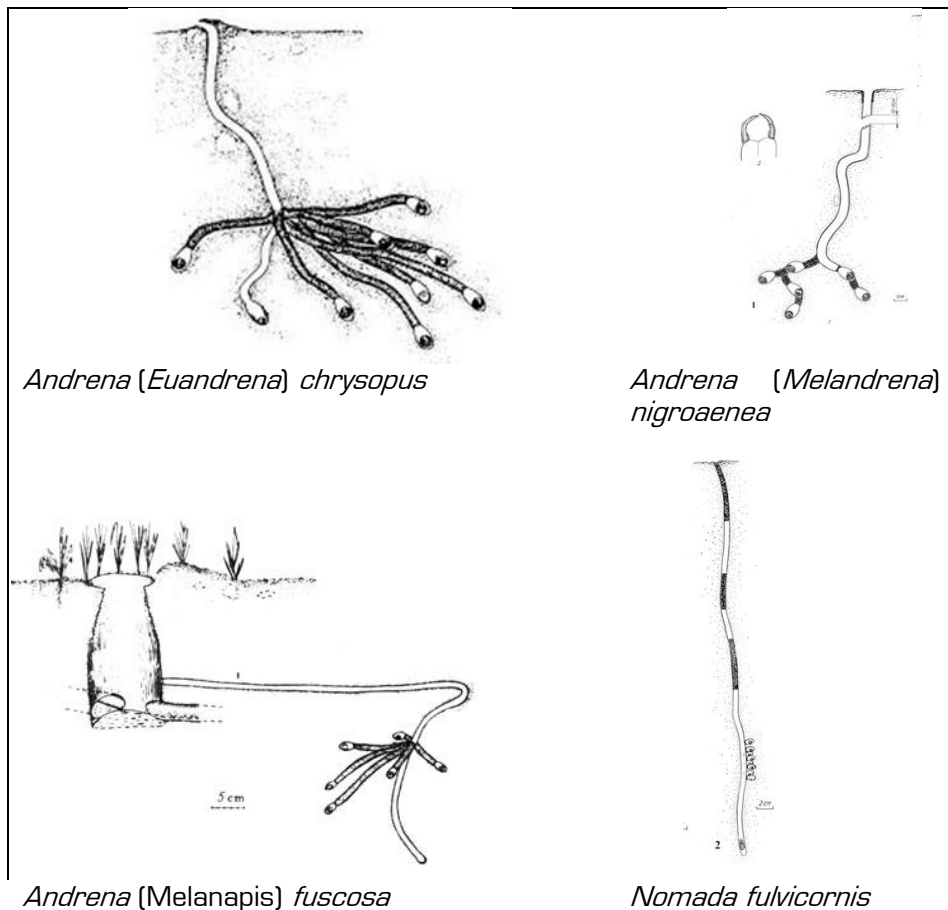


Figura 1. Schemi dei nidi di alcune specie di Apidae che scavano il nido nel terreno (Radchenko, 1980, 1989).

Le api nidificanti fuori terra nidificano in diversi tipi di substrato come il legno, fusti di piante cavi (ad esempio *Phyllostachys* sp., *Phragmites* sp. e *Arundo* sp.), fusti di piante midollose (ad esempio *Buddleja* sp., *Rubus* sp. e *Ailanthus* sp.), muri di mattoni, tane di insetti abbandonate, nidi di uccelli e gusci di lumaca (Ungricht et al., 2008; Michener, 2007).

Il gruppo con nidificazione fuori terra è dominato dalle famiglie *Megachilidae* e *Apidae*, che depositano le uova in buche preesistenti (Roubik, 1989; Michener, 2007) o scavano le proprie cavità in un substrato solido come i fusti di piante o il legno tenero (Roubik, 1989; Michener, 2007).

Alcune specie nidificano in cavità scavate direttamente nei fusti delle piante (ad esempio *Xylocopa*, foto 3), utilizzando gallerie scavate da altri insetti (ad esempio *Megachile*, foto 4) e piccoli fori nelle pareti o nei gusci vuoti di lumaca (numerose specie di *Osmia*). Altre specie, chiamate nidificatori gregari, come l'*Osmia bicornis* (Fliszkiewicz et al., 2013) o l'*Andrena vaga*

(Rezkova et al., 2011), si riproducono individualmente come api solitarie, ma nidificano vicino agli individui della stessa specie, talvolta con una alta densità di nidificazione in un'area di limitata estensione.



Foto 3. Nido di *Xylocopa iris* in uno stelo di *Foeniculum vulgare* (Gideon Pisanty, da Wikimedia Commons)



Foto 4. Esemplare di *Megachile* che riveste con materiale vegetale le celle ottenute da fori nel legname (Bernhard Plank da Wikipedia common source)

I gusci vuoti di lumaca sono un ambiente particolarmente attrattivo per il genere *Osmia* (foto 5), con alcune specie (ad esempio *Osmia rufohirta*, *Osmia bicornis*, *Osmia cornuta*) che lo utilizzano in modo facoltativo (Müller et al., 2018) ed altre (*Osmia melanura*, *Osmia andrenoides*, *Osmia aurulenta*, *Osmia croatica*, *Osmia spinulosa*, *Osmia bicolor*, *Osmia versicolor*) che considerano tale ambiente come l'unico sito di nidificazione. Tra le specie di altri generi presenti nel nostro paese, che nidificano nei gusci di lumaca, ricordiamo *Hoplitis fertoni* (foto 6).



Foto 5. Esemplare di (*Osmia aurulenta*) che sigilla un guscio di lumaca (*Helix aspersa*) con mastice ottenuto dalle foglie (Nature Picture Gallery:

<https://www.naturepl.com/stock-photo-dune-snail-bee-osmia-aurulenta-sealing-snail-shell-helix-aspersa-with-image01033515.html>)



Foto 6. Nido multicellulare di *Hoplitis fertoni* costruito in un guscio vuoto di lumaca di *Otala lactea* con pareti cellulari composte con fango (Sedivy et al., 2013).

L'uso di prodotti lumachicidi, gli sfalci ripetuti delle piante erbacee e le lavorazioni intensive hanno un impatto fortemente negativo sulle popolazioni delle lumache terricole e, indirettamente, causano la rarefazione degli apoidei che nidificano nei loro gusci.

Le specie come il genere *Bombus* sono caratterizzate dalla costruzione di celle di cera in cavità più grandi, ad esempio le tane di piccoli mammiferi, le cavità degli alberi e le depressioni del terreno (foto 7).

Altre specie come *Megachile sicula* (foto 8) costruiscono nidi attaccati ai rami, utilizzando come materie prime fango o terra cementati dalle secrezioni delle ghiandole labiali, e depongono le uova nelle celle interne al nido, accumulandovi polline e miele per le larve che ne fuoriusciranno.



Foto 7. Nido di *Bombus muscorum*
(<https://www.bumblebeeconservation.org/bumblebee-nests/>)



Foto 8. Nido di *Megachile sicula*
(Sarah Gregg da Wikipedia common source).

In funzione delle specifiche o prevalenti modalità di nidificazione la diversità di specie è condizionata dalle pratiche agricole adottate, in particolare dalle modalità e intensità delle lavorazioni del terreno; può essere limitata anche dalla distribuzione di prodotti chimici, quali alcuni erbicidi distribuiti nel terreno (Cloyd, 2019) che, anche in sinergia con altri prodotti chimici, interferiscono con il metabolismo degli apoidei e limitano la disponibilità trofica (Cullen et al., 2019).

Da quanto detto emerge che la diversità numerica e la variabilità specifica delle comunità di apoidei che nidificano nel terreno sono direttamente associate alla modalità di gestione agricola e possono essere considerate un indicatore di sostenibilità delle pratiche agronomiche e del loro impatto sul mantenimento delle popolazioni di impollinatori selvatici presenti in un dato agroecosistema. Ad esempio, la presenza di comunità potenzialmente stabili di popolazioni nidificanti in cavità è una condizione spesso associata alla gestione positiva di fiori selvatici lungo i perimetri culturali (Fabian et al., 2013).

2.2 Alimentazione

Gli apoidei adulti usano generalmente fiori di diverse specie vegetali come fonti di nettare e le femmine adulte nutrono le larve con un insieme di polline e nettare. Nei contesti europei soltanto le larve del genere *Macropis* sono note per usare oli floreali come sostituto del nettare.

Dal punto di vista anatomico ed ecologico, in rapporto alle strutture per la raccolta del polline e in relazione alle nicchie trofiche disponibili, si distinguono le "api a ligula corta" (definite "api primitive"), comprendenti le famiglie *Colletidae*, *Andrenidae*, *Halictidae* e *Melittidae* e le "api a ligula lunga", tra cui le famiglie *Megachilidae* e *Apidae*.

Le api selvatiche a ligula corta (foto 9) bottinano sui fiori a corolla corta, ad esempio *Asteraceae* e *Brassicaceae*, e sono spesso caratterizzate da relazioni alimentari con specie diverse di piante e da una buona adattabilità alle condizioni ambientali.



Foto 9. *Colletes daviesanus*, specie a ligula corta (James Lindsey's Ecology of Commanster Site)



Foto 10. Particolare dell'apparato boccale di *Amegilla* spp, genere a ligula lunga (Rayment, 1951)

Gli apoidei a ligula lunga (foto 10) bottinano sui fiori con tubo corollino profondo, ad esempio le famiglie *Fabaceae* e *Lamiaceae* e sono maggiormente dipendenti da un certo tipo di flora e più esigenti in termini di habitat. Una loro rarefazione può, quindi, fornire importanti informazioni sulla presenza di eventuali pressioni nel contesto ambientale in cui vivono (Dafni, 1992; Nilsson, 1998). Un'altra suddivisione importante dal punto di vista ecologico è la distinzione fra specie poliletiche, oligoletiche e monolettiche.

Le specie poliletiche sono in grado di utilizzare polline proveniente da diverse famiglie di piante, le oligoletiche sono legate a un ristretto numero di specie (esempio singola famiglia o genere, Tabella 2) e le monolettiche addirittura a una sola specie.

Tabella 2. Specie oligolettiche e gruppi floristici di riferimento (ISPRA, modificato da AA.VV.)

Taxa apistico	Specie botanica	Rif.
<i>Andrena nanula</i>	Apiaceae	Pekkarinen et al., 1998
<i>Colletes collaris</i> , <i>Colletes daviesanus</i> , <i>Colletes tuberculatus</i> , <i>Colletes dimidiatus</i> , <i>Colletes similis</i> , <i>Dasypoda pyriformis</i>	Asteraceae	IUCN, 2018; Barbattini et al., 2006; Pekkarinen, 1998; Ricciardelli D'albore & Intoppa, 2000, Ricciardelli D'Albore & Piatti C., 2002.
<i>Andrena (Distandrena) distinguenda</i> , <i>Andrena (Biareolina) lagopus</i>	Brassicaceae	Barbattini et al., 2006; Ricciardelli D'albore, Intoppa, 2000
<i>Chelostoma campanularum</i> , <i>Chelostoma rapunculi</i> , <i>Dufourea dentiventris</i> , <i>Dufourea inermis</i> , <i>Hoplitis mitis</i> , <i>Melitta haemorrhoidalis</i>	<i>Campanula spp</i>	Pekkarinen, 1998; Ricciardelli D'albore & Piatti, 2002
<i>Dasypoda altercator</i>	<i>Centaurea</i> , <i>Hieracium</i> , <i>Leontodon</i>	Pekkarinen, 1998
<i>Andrena hattorfiana</i> , <i>Andrena marginata</i> , <i>Dasypoda braccata</i> , <i>Dasypoda suripes</i>	Dipsacaceae	Pekkarinen, 1998; Ricciardelli D'albore & Intoppa, 2000; Ricciardelli D'albore & Piatti, 2002
<i>Hoplitis adunca (=Osmia adunca)</i> , <i>Hoplitis anthocopoides</i>	<i>Echium</i>	Burger et al., 2010; Ricciardelli D'albore & Piatti, 2002
<i>Andrena intermedia</i> , <i>Trachusa byssina</i>	Fabaceae	Pekkarinen, 1998
<i>Anthophora furcata</i>	Lamiaceae	Pekkarinen, 1998; Ricciardelli D'albore & Intoppa, 2000
<i>Andrena lathyri</i>	<i>Lathyrus</i>	Pekkarinen, 1998; Ricciardelli D'albore & Intoppa, 2000
<i>Macropis europaea</i> , <i>Macropis fulvipes</i> ,	<i>Lysimachia</i>	Pekkarinen, 1998
<i>Chelostoma florissomne</i>	<i>Ranunculus</i>	Pekkarinen, 1998
<i>Andrena tarsata</i>	Rosaceae	Pekkarinen, 1998
<i>Andrena distinguenda</i> , <i>Andrena lagopus</i> , <i>Andrena ruficrus</i> , <i>Andrena vaga</i> ,	<i>Salix</i>	Barbattini et al., 2006; Ricciardelli D'albore, Intoppa, 2000; Zandigiacomo et al.,

Taxa apistico	Specie botanica	Rif.
<i>Colletes cunicularius</i> , <i>Colletes cunicularius</i>		2013; Ricciardelli D'albore & Piatti, 2002

Circa il 35 % delle api selvatiche in Europa centrale appartengono al gruppo delle oligolettiche altamente specializzate e sono in grado di raccogliere il polline da un numero ristretto di piante (Zurbuchen & Müller, 2012). Questi gruppi possono essere fortemente danneggiati dalle pratiche gestionali che diminuiscono la diversità floristica e al contrario, se presenti in abbondanza, indicare zone agricole ad alto valore naturalistico.

Le specie appartenenti al genere *Macropis* (Melittidae) (foto 11), ad esempio, si nutrono del polline e degli oli florali di specie appartenenti al genere *Lysimachia* (foto 12). Tuttavia, con l'eccezione di *Lysimachia arvensis* (syn. *Anagallis arvensis*) diffusa in ambiti ruderali e agricoli, le altre specie presenti in Italia sono associate ad ambienti palustri e quattro dei dieci taxa caratteristici del nostro paese (*Lysimachia europaea*, *Lysimachia monelli*, *Lysimachia tyrrhenia*, *Lysimachia tenella*) sono minacciati dalle pressioni esercitate dalle attività di bonifica e pulizia delle sponde di fiumi e canali (Bartolucci et al., 2018). Di conseguenza la presenza del genere *Macropis* può estinguersi a livello locale a causa della rarefazione della specie vegetale cui risulta legato e la densità delle sue popolazioni può fornire indicazioni (positive o negative) sul permanere di pratiche ripariali sostenibili.



Foto 11. *Macropis europaea*, specie oligolettica legata al genere *Lysimachia* (https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/07/Macropis_europaea_02.JPG)

Foto 12. *Lysimachia tenella*, specie inserita nella categoria CR (fortemente minacciata) nella Lista Rossa Italiana (it.wikipedia.org)

Anche la diffusione di *Melitta nigricans* (foto 13) e *Colletes cunicularius* (foto 14), la prima associata alle specie vegetali del genere *Lythrum* e la seconda soprattutto al *Salix*, è legata a una discreta naturalità degli ambienti umidi e la sopravvivenza delle loro popolazioni è strettamente dipendente dal rispetto naturalistico delle fasce riparie.



Foto 13. *Melitta nigricans* su *Lythrum salicaria*
https://de.wikipedia.org/wiki/Melitta_nigricans



Foto 14. *Colletes cunicularius* su *Salix* [Wikipedia.org (Grote Zijdebij)]
 op wilg Foto gemaakt door Huib Koel, voorjaar 2004]

Molti apoidei, sia oligolectici che poliolectici, ottengono il polline dai fiori scuotendoli e facendoli vibrare ("sonicating"). L'apertura delle antere avviene solo a certe frequenze vibratorie ed è solitamente diretta verso l'individuo, con il polline che si libera dal fiore e si aggancia in modi diversi per essere trasportato. La vibrazione è causata dai muscoli delle ali e il fenomeno è noto come "buzz-impollination" (Müller, 1996a; Portman ZM, et al., 2019).

2.3 Ciclo di vita e socialità

Tra le api selvatiche esistono numerosi stili di vita, che vanno da una esistenza solitaria a modalità propriamente sociali, con diversi livelli intermedi di rapporti sociali (Nicoli Aldini, 2007).

Dal punto di vista dell'organizzazione, uno dei criteri di classificazione fa riferimento alla tendenza degli apoidei nel raggrupparsi in colonie e nel condividere la gestione dei nidi e delle cure parentali, con la suddivisione in specie solitarie, gregarie, comunitarie, subsociali, quasi-sociali, semi-sociali, eusociali primitive ed eusociali evolute.

Oltre l'80% delle specie di api selvatiche europee sono solitarie (Schindler et al., 2013), non condividono un sito con funzione di nido, non manifestano cure parentali e sono le singole femmine adulte ad occuparsi della costruzione dei nidi e dell'alimentazione della prole. Dopo l'incontro e l'accoppiamento, solitamente in primavera ed estate, la femmina fecondata crea un nido in cui depone le uova, mentre il maschio conduce una vita solitaria e indipendente. L'organizzazione sociale (Lin e Michener 1972; Wcislo et al. 2004; Per lo sviluppo delle larve la femmina posiziona l'uovo in corrispondenza del nutrimento (*pabulum*), costituito da un miscuglio di nettare e di polline, e non fornisce altre cure. Queste api sono caratterizzate da un ciclo di vita di breve durata, dalle quattro alle sei settimane.

Sebbene la conservazione delle specie solitarie non sia condizionata dalla crescente trasmissione di malattie associata alla vita sociale (Fu et al., 2015), tali individui sono molto esposti al parassitismo e alla predazione (Wcislo & Cane, 1996). L'intensità dei tassi di parassitismo e predazione sono quindi considerati fattori ecologici predisponenti (Rehan et al. 2011).

Le specie gregarie (esempio *Osmia bicornis*) occupano un livello di socialità superiore perché caratterizzate dalla tendenza a costruire nidi affiancati, ma senza cooperare nella cura della prole, mentre le specie comunitarie e sub sociali condividono lo stesso nido, senza cooperazione tra i diversi individui (tabella 3). Gli adulti delle specie sub sociali, tuttavia, forniscono un certo tipo di cure parentali alla propria prole.

Tabella 3. Caratteristiche etologiche dei raggruppamenti di apoidei in relazione alla socialità (da Nicoli Aldini, 2007)

Socialità	Nido affiancato	Nido comune	Cure parentali cooperative	Caste riproduttive	Sovrapposizione di generazioni
Solitarie	No	No	No	No	No
Gregarie	Si	No	No	No	No
Comunitarie e Sub-sociali		Si	No	No	No
Quasi-sociali		Si	Si	No	No
Semi-sociali		Si	Si	Si	
Eu-sociali		Si	Si	Si	Si

Nelle specie quasi-sociali o semi-sociali, oltre a nidificare in siti adiacenti, le femmine fanno la guardia ai nidi delle vicine nel momento in cui queste sono fuori a bottinare e gli individui della stessa generazione condividono un nido composto e cooperano nelle cure parentali. In genere il ciclo vita è annuale. Nelle specie eusociali le cure parentali cooperative sono fornite all'interno dello stesso nido, con la presenza di una casta operaia, i cui individui sono più o meno sterili ma con una durata della vita che consente loro di assistere in parte i genitori. Gli individui delle specie primitivamente eusociali sono tipicamente monomorfici (per esempio *Halictus rubicundus* e *Halictus scabiosae*) ma sono caratterizzati da una divisione del lavoro basata sull'età e sulla conformazione corporea (Soucy & Danforth 2002; Brand e Chapuisat 2012).

Le api eusociali vivono in colonie che possono durare anni. In Europa sono primariamente eusociali la maggior parte dei bombi e l'*Apis mellifera*, che costituisce l'unico esempio di taxa di api eusociali complesse e la cui colonia può essere considerata perenne, in quanto la regina vive fino a 5 anni ed è successivamente sostituita da una figlia. Anche le regine di *Lasioglossum marginatum* possono vivere fino a 5 anni.

Le specie eusociali primitive comprendono i *Bombus* che, oltre ad accudire le uova e le larve in nidi comuni, presentano una suddivisione dei compiti: la regina è l'unica a deporre le uova, mentre le operaie sterili sono diverse nelle dimensioni del corpo e svolgono compiti differenziati. Le colonie sono formate da un centinaio di individui e durano un solo anno, l'unica a superare l'inverno è la regina fecondata, alla quale spetta il compito di rifondare la colonia.

Come considerazioni generali, le specie eusociali selvatiche necessitano di una certa variabilità ambientale, per il reperimento dei materiali destinati alla costruzione del nido, e di risorse alimentari adeguate al mantenimento in buono stato della colonia. La presenza e il numero di specie e di individui

è quindi un utile indicatore della qualità ambientale delle aree rurali, in rapporto alle modalità colturali e alle pratiche agricole adottate.

Numerose specie di api hanno adottato uno stile di vita cleptoparassita, cioè la tendenza a sottrarre le risorse trofiche ad altre api che hanno provveduto a procurarselo autonomamente (Michener, 1978, 2007; Rozen, 1991; Rozen & Kamel, 2007; Danforth et al., 2008; Cardinal, Straka e Danforth, 2010; Ramirez et al., 2010). In generale le api cleptoparassite non costruiscono né possiedono nidi e non raccolgono polline, ma le femmine entrano nei nidi di api raccogliatrici di polline e depongono le loro uova nelle celle di covata chiuse o ancora aperte, costruite e fornite dalla femmina ospitante (Westrich, 1989). La larva dell'ape cleptoparassita solitamente uccide la larva ospite e si nutre delle provviste raccolte. Nel caso di parassiti di ospiti sociali, le femmine prendono il controllo delle colonie e dei lavoratori ospitanti uccidendo la regina ospite e, successivamente, sono le operaie sociali della regina ospite originale a nutrire le uova, le larve e la progenie del parassita (Sedivy et al. 2013). Il cleptoparassitismo si è evoluto in modo indipendente tra le varie famiglie, ma in modo simile in sette diverse famiglie di api (Michener, 2007; Danforth et al., 2008; Cardinal et al., 2010).

Circa il 25% delle specie di api europee utilizza, per la propria riproduzione, i nidi e le deposizioni di una specie di ape ospite (tabella 4). Tali cleptoparassiti ("*api cuculd*") sono generalmente associati a specie ospiti ben definite.

Tabella 4. Principali cleptoparassiti presenti in Italia e categorie ospiti (da Nobile & Turrisi, 1999; Comba & Comba, 2010)

Generi e specie cleptoparassitiche	Generi e specie ospiti
<i>Aglaoapis tridentata</i>	<i>Megachile leachella, Osmia tergestensis, Trachusa byssina</i>
<i>Ammobates</i>	<i>Anthophora, Eucera, Tetraloniella</i>
<i>Andrena, Lasioglossum</i>	<i>Nomada, Sphecodes</i>
<i>Anthidium</i>	<i>Stelis</i>
<i>Anthophora</i>	<i>Ammobates, Coelioxys</i>
<i>Bombus barbutellus, Bombus campestris, Bombus quadricolor</i>	<i>Bombus</i>
<i>Bombus bohemicus</i>	<i>Bombus lucorum</i>
<i>Bombus hortorum</i>	<i>Bombus barbutellus, Bombus campestris, Bombus maxillosus</i>
<i>Bombus lapidarius</i>	<i>Bombus rupestris,</i>
<i>Bombus lucorum, Bombus terrestris</i>	<i>Bombus bohemicus, Bombus vestalis</i>
<i>Bombus meridionalis</i>	<i>Bombus soroensis</i>
<i>Bombus pascuorum</i>	<i>Bombus campestris, Bombus maxillosus, Bombus rupestris, Bombus sylvestris</i>

Generi e specie cleptoparassitiche	Generi e specie ospiti
<i>Bombus pomorum</i>	<i>Bombus campestris</i> , <i>Bombus rupestris</i>
<i>Bombus sylvestris</i>	<i>Bombus pratorum</i>
<i>Bombus vestalis</i>	<i>Bombus lucorum</i> , <i>Bombus terrestris</i> , <i>Bombus lapidarius</i>
<i>Coelioxys</i>	<i>Anthophora</i> , <i>Hoplitis</i> , <i>Megachile</i>
<i>Epeolus</i>	<i>Anthophora retusa</i> , <i>Colletes</i> , <i>Tetralonia malvae</i>
<i>Eucera</i>	<i>Nomada</i> ,
<i>Habropoda</i>	<i>Melecta</i>
<i>Halictus</i>	<i>Lithurgus</i> , <i>Nomada</i> , <i>Sphecodes</i>
<i>Hoplitis</i>	<i>Aglaopis</i> , <i>Coelioxys</i> , <i>Dioxys</i> , <i>Stelis</i> ,
<i>Lasioglossum</i>	<i>Sphecodes</i>
<i>Megachile</i>	<i>Aglaopis</i> , <i>Coelioxys</i> , <i>Dioxys</i> , <i>Stelis</i>
<i>Melecta</i>	<i>Anthophora</i> , <i>Habropoda</i>
<i>Nomada</i>	<i>Andrena</i> , <i>Colletes</i> , <i>Eucera</i> , <i>Halictus</i> , <i>Lasioglossum</i> , <i>Melitta</i> , <i>Panurgus</i>
<i>Panurgus</i>	<i>Nomada</i> , <i>Ammobates muticus</i>
<i>Sphecodes</i>	<i>Andrena</i> , <i>Colletes</i> , <i>Halictus</i> , <i>Lasioglossum</i> , <i>Melitturga</i> , <i>Nomada</i>
<i>Stelis</i>	<i>Anthidiellum</i> , <i>Anthidium</i> , <i>Ceratina</i> , <i>Chelostoma</i> , <i>Heriades</i> , <i>Hoplitis</i> , <i>Lithurgus</i> , <i>Megachile</i> , <i>Osmia</i> , <i>Pseudoanthidium</i> , <i>Trachusa interrupta</i>
<i>Triepeolus tristis</i>	<i>Colletes hylaeiformis</i> , <i>Colletes succinctus</i> , <i>Tetralonia malvae</i> , <i>Tetraloniella dentata</i> , <i>Tetraloniella nana</i>
<i>Thyreus</i>	<i>Amegilla</i> , <i>Anthophora</i>

Le api cleptoparassitiche attaccano sempre altre specie di api e spesso appartengono alla stessa famiglia delle loro ospiti, un fenomeno noto come *regola di Emery* (Wilson, 1971), secondo la quale i parassiti e i loro ospiti condividono un'ascendenza comune e sono legati filogeneticamente gli uni agli altri (Emery, 1909). Sebbene la regola di Emery sia stata formulata per il parassitismo negli imenotteri sociali, vale anche per altri taxa di api cleptoparassite. La principale eccezione sono le api della sottofamiglia *Nomadinae*, che attaccano taxa di api non imparentati (Michener, 2007). Le *Nomada* rappresentano il più vasto genere di api cleptoparassite e vivono a spese di specie del genere *Andrena*, *Melitta*, *Lasioglossum*, *Panurgus* ed *Eucera* e le femmine non hanno strutture per la raccolta del polline e

depongono le loro uova nella parete delle celle della specie ospite. Le specie del genere *Sphecodes* sono cleptoparassite dei generi *Halictus* e *Lasioglossum*, il genere *Coelioxys* è cleptoparassita delle api del genere *Megachile*.

Il sottogenere *Psithyrus* ha adottato un parassitismo sociale nei confronti del genere *Bombus*, in quanto la femmina entra nel nido dell'ospite sociale e sostituisce la regina legittima, in modo da condizionare le operaie a lavorare a beneficio della progenie del parassita, a danno della propria specie.

Esiste poi un parassitismo incrociato, soprattutto nei confronti del genere *Nomada*, da parte di molte specie parassitate (ad esempio *Dufourea paradoxa*, *Halictus rubicundus*, generi *Andrena*, *Lasioglossum*, *Melitta*, *Panurgus*, *Osmia*).

Il numero di specie e di individui presenti in una data area testimonia, in generale, l'esistenza di condizioni ambientali adeguate al mantenimento delle specie parassitate, per cui una alta diversità di popolazioni e di specie corrisponde a una buona situazione ecologica.

3. DIVERSITÀ' DEGLI APOIDEI E BUONE PRATICHE AGRICOLE

La diversità e abbondanza delle api selvatiche e il servizio ecosistemico dell'impollinazione sono positivamente influenzati dalla maggiore quantità e qualità delle risorse floreali (Williams et al., 2015), dalla maggiore eterogeneità del paesaggio (Andersson et al., 2013) e dalla percentuale di aree naturali e semi-naturali nei paesaggi agricoli (Nicholson et al., 2017). La diversità degli apoidei risulta essere estremamente sensibile al degrado degli habitat e ai processi di frammentazione ambientale (Matheson et al., 1996), tuttavia la composizione specifica e la densità delle specie sono diretta espressione della struttura e dello stato di conservazione degli ecosistemi nonché delle caratteristiche ecologiche delle singole specie (Mazzeo et al., 1999, 2001, 2002, 2004, 2007a, 2007b, Seminara et al., 2009; Longo, 2002).

Le popolazioni maggiormente sensibili alla frammentazione degli habitat sono quelle specializzate nella selezione dell'habitat di nidificazione o di foraggiamento, le specie con limitata capacità di dispersione e gli individui che dipendono da rapporti mutualistici obbligati (Holt et al., 1999; Steffan-Dewenter & Tscharntke, 1999, 2002; Davies et al., 2000; Steffan-Dewenter, 2003; Tscharntke et al., 2002; Steffan-Dewenter et al., 2006). In letteratura è ampiamente dimostrata la necessità di prestare particolare attenzione ai vari aspetti botanici e ambientali riguardanti la conservazione della flora spontanea importante per la sopravvivenza degli apoidei (Dalio, 2018) ed è di indubbia evidenza che la flora spontanea, svolgendo importanti ruoli funzionali per gli ecosistemi agricoli, costituisca una componente significativa per la salvaguardia della diversità.

La distruzione delle specie vegetali spontanee ha forti conseguenze negative sui servizi ecosistemici, in particolare sull'impollinazione (Biesmeijer et al., 2006; Bretagnolle & Gaba, 2015). Il miglioramento e il mantenimento di habitat per gli impollinatori consentono, d'altra parte, di salvaguardare e rendere più efficienti altri importanti servizi ecosistemici, come il controllo biologico dei parassiti, la protezione della qualità del suolo e delle acque, e di preservare l'estetica del paesaggio (Wratten et al., 2012).

In tabella 5 sono indicate le correlazioni morfologico-funzionali tra i diversi generi di apoidei e le famiglie di piante agrarie particolarmente visitate.

Tabella 5. Legami tra famiglie di piante di interesse agricolo e gruppi di Apoidei (ISPRA, modificato da AA.VV.)

Famiglie di piante agrarie	Caratteristiche degli impollinatori	Generi e specie di Apoidei rilevanti	Rif.
<i>Fabaceae</i>	Api di grossa taglia in grado di sopportare lo scatto delle antere	<i>Apis</i> , <i>Ammobatooides abdominalis</i> , <i>Andrena</i> , <i>Anthidium</i> , <i>Bombus</i> , <i>Eucera</i> , <i>Lasioglossum</i> , <i>Megachile</i>	Aronne, 2012
<i>Scrophulariaceae</i>	Api robuste in grado di forzare l'apertura del fiore	<i>Bombus</i> , <i>Eucera</i>	Kampny, 1995
<i>Lamiaceae</i>	Api di grossa taglia in grado di azionare il meccanismo a bilanciere del fiore	<i>Andrena</i> , <i>Anthidium</i> , <i>Osmia</i> , <i>Bombus</i>	Petanidou & Vokou, 1993
<i>Solanaceae</i>	Visitate prevalentemente da api e altri insetti impollinatori di medie e grandi dimensioni	<i>Apis</i> , <i>Bombus</i> , <i>Eucera</i>	De Luca <i>et al.</i> , 2012

Stabilire e mantenere aree di fioritura non coltivate all'interno della matrice dei terreni agricoli promuove la comunità vegetale autoctona, fornisce habitat per numerosi insetti utili, uccelli e mammiferi e sostiene quindi la conservazione della biodiversità (Wratten *et al.*, 2012). È stato osservato, inoltre, che l'aumento dei tassi di visita dei fiori delle colture impollinate, da parte degli apoidei selvatici provenienti dai margini incolti dei campi, determina un significativo incremento nelle rese produttive delle coltivazioni agricole presenti (Woodcock *et al.*, 2016).

In conclusione, l'abbondanza di piante spontanee può garantire la persistenza e la sopravvivenza delle popolazioni degli impollinatori e, per le api domestiche, aumentare le produzioni di miele e degli altri prodotti apistici (Bretagnolle & Gaba, 2015).

Uno dei fattori limitanti la presenza delle comunità vegetali autoctone è certamente l'adozione di sistemi agricoli intensivi e le monosuccessioni colturali, nelle quali la flora spontanea è considerata come vegetazione infestante e antagonista alle specie coltivate e alle produzioni agricole (Oerke, 2006; Meiss et al., 2008; Fried et al., 2008).

Anche la connettività ecologica, tra zone favorevoli come habitat per gli impollinatori, è correlata con l'abbondanza e la diversità degli apoidei e, in generale, influenza favorevolmente la stabilità dei servizi di impollinazione (Banaszak 1992; Steffan-Dewenter, 2003; Williams et al., 2010; Garibaldi et al., 2011). La motivazione è che le capacità ecosistemiche delle comunità naturali di impollinatori sono più limitate negli ambienti caratterizzati da ridotta biodiversità e scarsità di specie nettariifere, con siti di nidificazione troppo distanti dalle risorse foraggere (Kluser & Peduzzi, 2007; Williams et al., 2010).

Nella struttura e organizzazione degli habitat va inoltre tenuta in dovuta considerazione la correlazione positiva e significativa tra dimensioni degli individui, capacità di spostamento e abitudini alimentari.

La presenza delle popolazioni di specie di grandi dimensioni è, infatti, sostenuta da una elevata variabilità a livello paesaggistico, mentre per altre specie assumono maggiore importanza fattori come la disponibilità di siti per la nidificazione e per le specie oligolettiche la disponibilità di specifiche risorse trofiche (Abrol & Kapil, 1994; Gathmann & Tschardt, 2002; Greenleaf et al., 2007; Zurbuchen et al., 2010; van Nieuwstadt & Ruano Iraheta, 1996). Le specie più grandi possono compensare la bassa diversità del paesaggio con la maggiore attività di volo e distanze dal nido, accedendo così a fonti di foraggiamento maggiori anche se i paesaggi risultano frammentati (Zurbuchen et al., 2010).

In tabella 6, in rapporto alle variabili ecologiche che caratterizzano la sopravvivenza e la riproduzione dei vari gruppi di specie di apoidei, sono indicate le relazioni tra le specifiche esigenze ecologiche e i criteri di gestione agricola con effetti positivi (denominati "*buone pratiche agricole*").

Tabella 6. Variabili ecologiche e relazioni con le buone pratiche agricole (ISPRA, modificato da AA.VV.)

Variabili ecologiche	Aspetti ecologici	Buone pratiche agricole	Note
Nidificazione al suolo	La maggior parte delle specie di api selvatiche in Europa scava il nido nel terreno.	Connesse con i requisiti dell'habitat di ciascuna specie, ad esempio terreno compatto con struttura naturale originaria, nudo o cavità preesistenti.	Le lavorazioni meccaniche del terreno, a scopo colturale o per altra finalità, devono mantenere quanto più possibile inalterati la tessitura e il profilo, evitando una eccessiva compattazione e la perdita della struttura naturale originaria.
Nidificazione fuori terra	Nidificazione in cavità preesistenti, ad esempio steli di piante e legno morto (incluso <i>Bombus</i> spp.).	Mantenimento di habitat marginali prossimo naturali. Piantumazione di specie vegetali attrattive per la nidificazione.	La rarefazione degli habitat naturali e seminaturali determina la scomparsa degli impollinatori.
Parassitismo	Le femmine depongono le loro uova nei nidi di specie ospiti specifiche.	Mantenimento di alta diversità specifica.	Impollinatori poco efficienti, ma indicano comunità complesse e vitali.
Socialità	Specie solitarie: nido solitario e raccolta di risorse alimentari da parte di ciascuna femmina.	Mantenimento/impianto di specie attrattive.	Attività stagionale più breve per le solitarie.

	<p>Specie sociali: divisione eusociale dei compiti, con femmine addette alla deposizione di uova e altre che raccolgono le risorse trofiche (<i>Apis</i>, <i>Bombus</i>, alcune specie di <i>Halictidae</i>). Maschi addetti prevalentemente alla riproduzione.</p>	<p>Mantenimento di diversità floristica nelle varie stagioni.</p>	<p>Il tipo di socialità determina la durata del periodo di attività stagionale, solitamente più lunga per le specie eusociali.</p>
<p>Dimensione corporea</p>	<p>Correlazione positiva tra le dimensioni degli individui e la capacità di spostamento.</p>	<p>Per le specie di grandi dimensioni necessita della variabilità a livello paesaggistico, per le specie più piccole maggiore importanza di altri fattori come la disponibilità di siti per la nidificazione.</p>	<p>Fortemente correlata alla capacità (distanza) di volo di una specie.</p>
<p>Caratteristiche trofiche</p>	<p>Specie poliletiche, maggiore elasticità nel reperimento di risorse (ad esempio <i>Apis</i> e <i>Bombus</i>).</p>	<p>Elevata diversità floristica.</p>	<p>Si tratta di generalisti del polline raccolto su diversi taxa vegetali, ma le specie possono mostrare un certo grado di attrazione nelle visite ad alcune specie di piante.</p>
	<p>Specie oligolettiche, necessità di fioriture specifiche protratte nello spazio e nel tempo.</p>	<p>Mantenimento/diffusione di determinate specie vegetali.</p>	<p>Si tratta di specialisti del polline, raccolto da taxa strettamente correlati o da singole specie. La stagione di attività è spesso legata alla fenologia di poche specie.</p>

In generale, agendo sinergicamente sui diversi aspetti colturali ed ecologici e ricorrendo alle buone pratiche agricole, gli agroecosistemi sono in grado di fornire risorse, in termini di habitat e foraggiamento, a un gran numero di impollinatori (USDA, 2006). Di seguito sono elencate le principali misure in grado di favorire la presenza degli apoidei:

- a) eliminazione dell'utilizzo di prodotti fitosanitari contenenti sostanze attive con caratteristiche di tossicità per gli impollinatori e con effetti negativi sulla disponibilità di risorse trofiche;
- b) realizzazione di corridoi arbustivi e forestali ripariali che, essendo caratterizzati da specie del genere *Salix* a fioritura precoce, sono eccellenti per l'alimentazione di numerose specie di apoidei. I corridoi ripariali, inoltre, sono particolarmente importanti per le api durante i mesi estivi nelle aree in cui le molte altre specie vegetali vanno incontro ad appassimenti e disseccamenti;
- c) aumento delle siepi di confine, delle zone di vegetazione seminaturale o frangivento in prossimità degli appezzamenti agricoli, quali siti di piantumazione di arbusti e piante perenni legnose di interesse floristico. Durante il periodo di insediamento degli esemplari legnosi, la destinazione del frangivento come area di rifugio e di alimentazione è da garantire con la messa a dimora di specie erbacee di interesse floristico a più rapida crescita vegetativa;
- d) ampliamento delle superfici a produzioni foraggere e dei prati da sfalcio, che si caratterizzano come ambiti nei quali è possibile impiantare specie vegetali di interesse apistico, ad esempio le leguminose. Se combinati con le pratiche di pascolo rotazionale, i legumi hanno l'opportunità di una fioritura anticipata rispetto alla loro sottrazione da parte del bestiame;
- e) coltivazione di leguminose da foraggio nelle interfila delle colture legnose, con effetti benefici nella fornitura di nettare e polline per gli impollinatori e di miglioramento della fertilità del suolo, data la capacità di fissare l'azoto atmosferico e di incrementarne il contenuto nel suolo. La messa a dimora di piante e arbusti può essere destinata anche alla produzione di fiori recisi, di bacche o cultivar utili al mercato dei vivai;
- f) estensione dei bordi erbosi dei terreni coltivati, con diffusione di specie vegetali con periodi di fioritura complementari o scalari, localizzate nelle immediate vicinanze della coltivazione. Prestando particolare attenzione ai periodi di fioritura e utilizzando più specie vegetali, un sistema agricolo ben gestito può fornire polline e foraggio di nettare in modo quasi continuo;
- g) impiego di piante autoctone locali, in grado di prosperare con la minima attenzione colturale perché generalmente adattate alle contestuali condizioni pedo-climatiche. Molte di esse (ad esempio le *Asteraceae*, le *Leguminosae*, le *Apiaceae* e le *Brassicaceae*) sono importanti fonti di nettare e polline per gli impollinatori autoctoni;
- h) incremento della diversità di specie floristiche, in quanto i fiori con una varietà di forme, dimensioni e colori consentono di supportare la più grande varietà di impollinatori e le loro diverse necessità trofiche. Nelle formazioni prative naturali questa combinazione avviene naturalmente.

Alcune tipologie di coltivazioni costituiscono importanti fonti di nettare e polline per gli impollinatori e contemporaneamente sono vantaggiose dal punto di vista economico, ad esempio gli arbusti come i frutti di bosco, le piante ornamentali, le piante medicinali e i legni duri come il *Prunus avium*.

Da evidenziare che l'attuale produzione nazionale di lamponi, ribes, fragoline di bosco e mirtilli selvatici non è sufficiente a coprire la richiesta nazionale. Un accorgimento per favorire la diffusione di molte specie di impollinatori è anche l'installazione in luoghi opportuni di nidi e rifugi ("bee hotel"), costituiti da diversi materiali naturali o artificiali (tabella 7).

Tabella 7. I materiali più comuni utilizzati per creare nidi per api nidificanti (ISPRA, modificato da MacIvor, 2017)

Materiale	Descrizione	Vantaggi	Limitazioni
Legno	Cavità forate in un blocco di legno solido o in una serie di assi di legno di dimensioni identiche, con fori lungo un lato esposto e legate assieme.	Molto attraente. Le cavità, in assi raggruppate insieme, possono essere facilmente aperte, pulite e riutilizzate.	Le cavità perforate direttamente in pezzi di legno solidi non possono essere aperte o pulite facilmente e sono meno utili con il passare degli anni.
Canne, steli e rami cavi	Tagliati, asciugati, impacchettati e protetti con un contenitore. Gli steli sono chiusi a un'estremità. In funzione del diametro possono attrarre specifici taxa.	Utilizzati spesso perché ampiamente disponibili e gratuiti.	Si deteriorano anno dopo anno. Le fessure negli steli consentono a funghi, muffe e altri parassiti di penetrare al loro interno.
Tubi di carta e di cartone	Strisce di cartone ondulato o tubi arrotolati. Possono essere realizzati in funzione dei diversi taxa, modificando la lunghezza del tubo, lo spessore delle pareti e il diametro interno della cavità.	Le pareti di cavità più spesse riducono la capacità di perforazione dei parassiti. I tubi arrotolati possono essere aperti estraendoli da un'estremità, per una facile rimozione delle cellule della covata per ulteriori studi.	È necessario aprire, sostituire e mantenere le singole cavità. Può decomporsi o essere facilmente distrutto dalla fauna selvatica, se non protetto.
Vetro	Tubi di vetro soffiati con sottili diametri interni e collegati a un'estremità con un tappo. I tubi di vetro trasparente sono situati in custodie, per ridurre al minimo la penetrazione della luce.	Consentono la visualizzazione del comportamento.	Costoso e con minore disponibilità rispetto al legno forato e agli steli di piante. Facilmente soggetto a rottura e non

Materiale	Descrizione	Vantaggi	Limitazioni
			permeabile, con l'umidità che favorisce la muffa e aumenta la mortalità.
Plastica	Qualsiasi forma di prodotto a base di plastica, manipolata in cavità delle dimensioni utilizzate dalle api nidificanti. Le tavole di polistirene estruso sono utilizzate spesso nella gestione di <i>M. rotundata</i> .	Includono tubi di plastica, tubi di gomma, superfici di plastica ondulate e pannelli di polistirene.	Non permeabile, con formazione di muffa e alta mortalità, fino al 90% nelle cannuce di plastica.

I *bee hotel* sono talvolta utilizzati con funzione didattica (foto 15), ma la loro collocazione è preferibilmente da limitare in contesti naturali e prossimamente naturali (habitat di elevata qualità naturale), onde evitarne una potenziale trasformazione in trappole ecologiche per gli impollinatori



Foto 15. Nidi rifugio
 (https://en.wikipedia.org/wiki/File:Hmyz%c3%ad_hotel_Q411u.jpg).

In termini di misure più strettamente agronomiche, rispetto alla monosuccessione colturale in un dato appezzamento (ad esempio mais per più anni) i maggiori benefici ambientali per gli apoidei sono associati ai sistemi poli-colturali, all'avvicendamento negli anni delle specie agrarie coltivate (tecnica colturale della rotazione) e alla presenza di più specie contemporanee, ad esempio *Brassicacee*, *Leguminose*, *Compositae*, *Graminacee* (consociazioni). La maggiore sostenibilità ambientale dei sistemi agricoli, come l'agricoltura biologica e l'agricoltura conservativa, alternativi alla specializzazione produttiva con elevato sfruttamento delle risorse naturali, è da correlare alla capacità di favorire la presenza di comunità locali floristiche e faunistiche più ricche, diversificate ed eterogenee.

Misure agronomiche da considerare come potenziali buone pratiche agricole sono quindi il mantenimento di una varietà di colture agrarie, l'utilizzo di cultivar locali meno suscettibili agli attacchi parassitari e al conseguente impiego di prodotti chimici, la messa a dimora di colture non destinate alla produzione ma al potenziamento delle funzioni ecologiche, l'inerbimento degli interfilari, il ricorso alle leguminose negli avvicendamenti colturali, la piantumazione di essenze arboree ed arbustive e, principalmente, il forte contenimento nell'utilizzo dei prodotti chimici.

4. COLTURE AGRICOLE E SENSIBILITÀ' ECOLOGICA DEGLI APOIDEI

Fino all'inizio del XX secolo le comuni pratiche agricole, come l'avvicendamento delle coltivazioni, hanno modellato i paesaggi e creato diversi mosaici di habitat favorevoli agli impollinatori selvatici. A partire dalla rivoluzione industriale, e soprattutto con la rivoluzione verde della seconda metà del secolo scorso, le modalità di uso del suolo sono cambiate radicalmente (Kaule, 1991; Plachter, 1991; Benton et al., 2003) e l'intensificazione dell'agricoltura, con la meccanizzazione del lavoro e il crescente impiego di mezzi chimici, ha ridotto la variabilità ambientale e causato il deterioramento della qualità e la perdita dell'eterogeneità degli habitat comportando una diffusa riduzione della diversità e dell'abbondanza degli apoidei negli ecosistemi agricoli (Walther-Hellwig and Frankl, 2000; Gathmann & Tschardt, 2002; Greenleaf et al., 2007; Zurbuchen et al., 2010b).

Come già descritto in precedenza, la diversità delle api selvatiche nei paesaggi agricoli è fortemente influenzata sia dalla disponibilità spaziale e temporale di fonti alimentari che dalla presenza di siti di nidificazione adeguati. Ne consegue che i fattori a scala paesaggistica e le scelte aziendali possono significativamente influenzare la composizione delle comunità di api (Banaszak, 1996; Steffan-Dewenter, 1998; Tschardt et al., 2005; Holzschuh et al., 2007).

La diffusa frammentazione e ridotta estensione degli habitat seminaturali o naturali obbliga gli apoidei a frequenti spostamenti tra i siti di nidificazione e quelli di foraggiamento (Westrich, 1996). In paesaggi a bassa diversità le stesse colture entomofile a fioritura di massa, come ad esempio la colza, possono rappresentare habitat di foraggiamento aggiuntivi altamente gratificanti, anche se a disponibilità temporanea (Banaszak, 1996; Westphal et al., 2003; 2006b) e potenzialmente contaminate dai residui di sostanze chimiche.

Pratiche agricole come il controllo conservativo delle erbe infestanti, la lavorazione leggera del terreno, la rotazione delle colture e la gestione biologica delle avversità limitano gli impatti e spesso favoriscono la destinazione dei terreni agricoli a siti di foraggiamento delle api o ad habitat di nidificazione. La diversificazione delle specie di interesse agrario, ad esempio, è stata associata positivamente alla ricchezza di artropodi, in particolare api, carabidi e cimici, la cui abbondanza di specie in un paesaggio agricolo non dipende esclusivamente dagli habitat semi-naturali ma è influenzata anche dalla diversità e dalla minore intensità di resa delle forme di agricoltura presenti (Tschardt et al. 2005).

Aspetto rilevante è che le buone pratiche agricole possono favorire molte specie di pronubi ecologicamente esigenti e che richiedono habitat specifici per il foraggiamento e la nidificazione (Westrich, 1996). Riguardo a tale aspetto diversi studi indicano il positivo impatto sulla diversità degli apoidei (Schwenninger, 1992; Gathmann, 1998, Gha-Dewenter, 1998; Herrmann, 2000; Saure et al., 2003; Saure & Berger, 2006; Berger & Pfeffer, 2011; Schindler & Wittmann, 2011). Un'analisi di ventitre studi su comunità di api selvatiche in diversi settori agricoli e sistemi paesaggistici dell'Europa centrale ha rivelato la presenza totale di 293 specie di api, delle quali 54, prevalentemente generaliste in più di dieci studi. Secondo la Lista

rossa (*Red Data List*) della Germania, tra le specie trovate in ambienti a dominanza di matrici agricole sono tre (*Andrena pilipes* agg., *Lasioglossum quadrinotatum* e *Bombus ruderarius*) quelle in pericolo (Westrich et al., 2012) e solo due (*Colletes daviesanus* e *Melitta leporina*) quelle oligolettiche.

I modelli di agricoltura conservativa e biologica dimostrano che un uso compatibile dei servizi ecosistemici rende possibile il raggiungimento di buone rese produttive, riducendo congiuntamente gli effetti negativi sull'ambiente e sugli impollinatori. Ad esempio, l'impollinazione animale nelle coltivazioni del girasole (famiglia *Asteraceae*) e della senape (famiglia *Brassicaceae*) aumenta il numero di semi e, quindi, il contenuto di olio (Abrol, 2007; Ali et al., 2015).

L'Italia ha una ricca diversità di paesaggi agricoli che differiscono notevolmente per tipologia e modalità di uso del suolo, dimensioni e forme degli appezzamenti, frequenza, varietà ed estensione degli habitat seminaturali. Questi elementi concorrono anche alla creazione di numerose nicchie potenzialmente disponibili per gli impollinatori selvatici.

L'imprenditore agricolo ha da sempre considerato le api da miele come il principale o unico impollinatore di riferimento, sottovalutando la circostanza che una densità troppo elevata di alveari, in particolare di ceppi di api non autoctone, può influenzare negativamente il ciclo vitale degli apoidei selvatici in un dato territorio, a causa soprattutto della competizione nel foraggiamento e della trasmissione di malattie (Elbgami et al., 2014; Goulson, 2003; Lindström et al., 2016; Shavit et al., 2009; Thomson, 2004). Spesso trascurate, inoltre, sono le attitudini dei bombi e delle api selvatiche come insetti pronubi (Gruber et al. 2011; Sheffield 2014; Zhang et al. 2015) e il loro ruolo nell'impollinazione delle specie agrarie coltivate. Nelle pagine seguenti è descritta la sensibilità ecologica degli apoidei in funzione delle principali colture arboree ed erbacee del nostro paese.

4.1 Vigneti

La vite comune (*Vitis vinifera* L.) è una coltura caratterizzata da un elevato grado di autoimpollinazione e da una limitata incidenza dell'attività degli insetti e del vento sulla produttività (Cabello Saenz et al., 1994).

Raramente si osservano api che si nutrono dei fiori delle piante di vite (Vorwohl, 1977); tuttavia una gestione conservativa del terreno situato tra due filari (interfila) può garantire la presenza nei vigneti di habitat di foraggiamento aggiuntivi, in grado di aumentare significativamente l'impollinazione delle colture agrarie e delle piante spontanee presenti negli appezzamenti e aree limitrofe. Recenti testimonianze (2015 – 2019) raccolte da ISPRA in vigneti biologici in Piemonte¹³ hanno evidenziato, a tale proposito, che le alternative gestionali al diserbo chimico, soprattutto gli sfalci interfilari tardivi e/o l'inerbimento interfilare, garantiscono un incremento nella ricchezza delle specie di piante locali con un conseguente aumento della disponibilità di risorse trofiche per tutti gli impollinatori presenti nel territorio di riferimento.

Nelle aziende viticole convenzionali normalmente la flora spontanea è gestita mediante le lavorazioni meccaniche del terreno, la pacciamatura o il diserbo

¹³ Nell'ambito del progetto sperimentale 2015 – 2019 sull'efficacia delle misure del Piano d'Azione Nazionale per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari.

chimico, al fine di limitare la potenziale competizione idrica e/o nutritiva tra la vite e le piante “*infestanti*” (Grossi et al., 2000). L'intensità di questa competizione è influenzata dalle condizioni pedologiche e climatiche locali, per cui in taluni areali vanno diffondendosi pratiche tradizionali favorevoli alla diversità delle api selvatiche (foto 16) e tali da rendere le interfile paragonabili ai margini dei campi o alle strisce di fiori selvatici (Fiedler et al., 2008; Tompkins, 2009). Piuttosto che dalle operazioni meccaniche, gli impatti negativi della viticoltura convenzionale sono tuttavia originati principalmente dall'utilizzo di prodotti chimici sulle infestanti, con una conseguente crescente e/o maggiore presenza delle specie perenni rispetto alle aziende biologiche che non vi fanno ricorso.



Foto 16. Vigneti biologici nel territorio del Chianti. La gestione sostenibile di interfila e margini è l'ideale per il mantenimento di comunità efficienti di apoidei selvatici (Wikipedia commons).

Diversi sono gli studi condotti negli ecosistemi viticoli che hanno messo in evidenza gli aspetti positivi per gli impollinatori associati all'adozione di pratiche colturali idonee a sostenere la presenza di mosaici di elementi seminaturali (Kehinde & Samways, 2014a; 2014b; Kratschmer et al., 2018) e l'incremento degli ambienti di transizione tra comunità confinanti (Caprio et al., 2015). A beneficiare di condizioni del terreno indisturbate e di superfici vegetate permanenti sono in maggior misura le specie di impollinatori nidificanti nel suolo, mentre per le api selvatiche nidificanti fuori terra la disponibilità di materiali per la creazione di nidi (come materiale vegetale vecchio ed elementi di legno morto) può risultare compromessa nei paesaggi particolarmente alterati (Zurbuchen & Müller, 2012). L'elevata percentuale di api selvatiche che nidificano nel terreno, come un'intensa attività di nidificazione di *Lasioglossum marginatum* e *L. lineare*, rappresenta un buon indicatore della qualità gestionale perché condizione tipica degli ecosistemi con maggiore naturalità o migliore sostenibilità e con adeguata disponibilità di habitat di nidificazione (strade non asfaltate, bordi di campi naturali, suoli integri sotto i filari delle viti, etc.) (Kratschmer et al., 2019).

Una recente meta-analisi ha confermato l'effetto positivo di pratiche colturali sostenibili sulla biodiversità complessiva e sui servizi ecosistemici presenti nei vigneti (Inverno et al., 2018).

La ricchezza, l'abbondanza e le caratteristiche funzionali delle specie di api selvatiche negli interfilari aumentano significativamente con la maggiore disponibilità di risorse floreali e con un'attenta gestione sostenibile della vegetazione, specie quella spontanea. Sono soprattutto le api selvatiche eusociali a beneficiare in modo rilevante della gestione estensiva della vegetazione dei filari, in quanto più sensibili ai disturbi rispetto alle specie solitarie (Williams et al., 2010; Kratschmer et al., 2018) e più vulnerabili alla frammentazione degli habitat ed alle conseguenti limitazioni nella disponibilità delle risorse floreali e dei materiali idonei alla nidificazione (Williams et al., 2010; Kratschmer et al., 2019).

4.2 Oliveti

L'olivo, coltivazione arborea tipica del bacino del Mediterraneo, è una pianta da frutto a impollinazione anemofila (per mezzo del vento) il cui polline è di un certo interesse per l'entomofauna, soprattutto nel periodo della tarda primavera quando scarseggiano altre risorse floreali.

Così come per la vite, la presenza di flora spontanea nelle interfile e al margine colturale crea un ambiente trofico favorevole per gli apoidei. Nel nostro paese, anche in virtù degli incentivi finanziari previsti dalla Politica Agricola Comune (nell'ambito dei Piani regionali di Sviluppo Rurale) si sta diffondendo la semina nelle interfile e sulle file di colture erbacee poliennali monofite o polifite e il mantenimento di un cotico erboso permanente (vegetazione erbacea seminata e spontanea).

Negli oliveti a gestione sostenibile è possibile trovare una grande varietà di piante da fiore di interesse apistico. Particolarmente diffuse sono le *Fabaceae* e la rucola selvatica (*Diplotaxis eruroides*), che garantiscono fioriture prolungate e offrono notevoli quantità di polline e nettare, ma anche la violetta (*Viola odorata*), i gerani selvatici (*Geranium molle*, *Geranium rotundifolium*, *Geranium dissectum*), il nontiscordardimé (*Myosotis* sp.pl.), il muscari (*Muscari neglectum*), l'arisaro comune (*Arisarium vulgare*), il gigaro o calla selvatica (*Arum italicum*), diverse ranunculacee (*Ranunculus acris*, *Ranunculus arvensis*, *Ranunculus bulbosus*, *Ficaria verna*), l'aglio (*Allium neapolitanum*, *Allium paniculatum*), diverse acetoselle (*Oxalis pes-caprae*, *Oxalis dillenii*), il tarassaco (*Taraxacum officinale*) e la falsa ortica (*Lamium purpureum*). La presenza ai margini degli oliveti di siepi arbustive (*Rosaceae*, ad esempio *Rubus*, *Crataegus* e *Prunus*) ed arboree (ad esempio melo, pero, ciliegio, mandorlo e susino) può aumentare in modo significativo la disponibilità alimentare e gli habitat di rifugio per gli impollinatori.

In alcune aree persistono ecosistemi olivicoli moderatamente disturbati, paragonabili agli habitat naturali in relazione al grado di sostenibilità per le comunità di apoidei (Potts et al. 2006; Nielsen et al. 2011). In tali paesaggi agrari frequentemente prevale la presenza di ecotipi locali, storicamente selezionati per la capacità di adattamento alle condizioni ambientali e per l'attitudine a sostenere produzioni di olio di qualità.

Le specie identificate come foraggiatrici sui fiori dell'olivo, e frequentemente rinvenute negli oliveti, sono *Apis mellifera*, *Halictus maculatus* (foto 17),

Lasioglossum nitidulum, *Lasioglossum villosulum* (Canale & Loni, 2010) e *Lasioglossum marginatus* (Tscheulin et al., 2011).

La loro presenza in quantità significativa è da considerare come un indicatore di buone pratiche gestionali e di ridotto utilizzo di prodotti chimici.



Foto 17. *Halictus maculatus*, specie osservata frequentemente a raccogliere polline di *Olea europaea* (Canale A. Loni, 2010, da Wikipedia)

4.3 Fruttiferi

Le specie arboree da frutto influenzano il paesaggio e caratterizzano l'identità ecosistemica in numerosi territori del nostro paese.

La maggior parte delle piante sono entomofile e gli impollinatori più importanti sono le specie di api a lingua lunga, quali l'ape da miele, i bombi e le api solitarie (Williams, 1994; Carreck & Williams, 1998; Morse e Calderone, 2000; Sharma et al, 2004). Una buona allegagione, la resa e la qualità, cioè frutti ben formati e con quantità appropriate di vitamine e sali minerali, e il grado di conservabilità dipendono in larga misura da una adeguata impollinazione e possono diminuire drasticamente a causa di una fioritura insufficiente o di un numero limitato di impollinatori.

Tra i fattori rilevanti per il monitoraggio della qualità ambientale spiccano la ricchezza qualitativa dei gruppi tassonomici *Andrenida*, *Apidae* e *Megachilidae*.

Le specie europee solitarie *Osmia bicornis* (L.) e *Osmia cornuta* (Latr.) hanno recentemente suscitato un notevole interesse come impollinatori dei fruttiferi. Presentando un periodo di volo tra fine febbraio e il mese di marzo, le *Osmie* si prestano bene per l'impollinazione delle colture arboree a fioritura primaverile precoce, come l'albicocco e il susino, e per la fecondazione dei fiori del pero, poco graditi alle api domestiche. Diversi studi riportano il loro elevato potenziale come impollinatori di pomacee e drupacee (Schindler et al., 2011). Sono in grado, inoltre, di svolgere attività bottinatrice sotto le reti antigrandine e, a differenza delle api mellifere e dei bombi, hanno un raggio di volo limitato a un'area ristretta di circa 100 metri dal proprio nido. Quest'ultima caratteristica consente di controllare e valutare in loco il tasso di impollinazione.

Per le pomacee è da evidenziare che la maggior parte delle varietà di mele sono autoincompatibili e alcune con incompatibilità incrociata e fioritura

differenziata, problemi che sono superati con l'elevata e contemporanea presenza di impollinatori attivi durante le principali fioriture (Thomson & Goodell, 2001). Una impollinazione efficiente richiede almeno 2-3 colonie per ettaro di ape mellifera, mentre una produzione commerciale significativa si ottiene se almeno il 5-10% della piena fioritura del melo produce frutti.

In rapporto alla diversità degli impollinatori e all'influenza delle risorse floreali presenti in corrispondenze delle piante, è stata valutata l'efficacia dei servizi di impollinazione in impianti di *Prunus avium* (ciliegio), lungo gradienti di habitat semi-naturali e forme di agricoltura intensiva. Nonostante la presenza per circa l'80% dell'*Apis mellifera* come insetti visitatori, i risultati sperimentali hanno evidenziato la capacità degli habitat semi-naturali nel supportare una elevata ricchezza di specie impollinatrici e un'abbondanza di individui, aspetti positivamente correlati al grado di allegagione dei frutti (Woodcock et al., 2019). In altri studi sono stati osservati gli effetti positivi degli habitat semi-naturali circostanti gli appezzamenti coltivati e, per contro, gli impatti negativi dell'agricoltura intensiva sulla diversità delle comunità di impollinatori e sui loro servizi di impollinazione (Eeraerts et al., 2019).

Il declino nella diversità e nell'abbondanza di impollinatori selvatici influisce direttamente, e talvolta in modo rilevante, sul processo di impollinazione delle specie arboree da frutto e, indirettamente, sulla fecondazione e lo sviluppo del seme. Per sostenere gli insetti impollinatori e favorire una buona quantità e qualità produttiva, i criteri culturali dovrebbero includere la creazione e la conservazione di habitat semi-naturali nonchè promuovere la presenza di risorse floreali circostanti e in prossimità degli impianti arborei da frutto (Woodcock. et al. 2019).

I presupposti ecologici e le basi economiche della maggior parte dei servizi ecosistemici non sono talvolta ben conosciuti, impedendo una corretta gestione e conservazione dei contesti culturali. Molti frutticoltori "convenzionali" hanno una parziale conoscenza dell'insieme dei fattori ambientali che contribuiscono a una resa produttiva ottimale e del ruolo fondamentale e dell'importanza dell'impollinazione animale rispetto alle altre pratiche culturali (Hoopingartner & Waller, 1993).

Con un approccio del tutto differente, basato sul concetto che territorio e paesaggio facciano parte dello stesso processo, nelle aziende biologiche e, in minor misura, nelle aziende con pratiche agricole "a sostenibilità certificata"¹⁴ i frutticoltori si impegnano ad accrescere la ricchezza di comunità con l'impianto di un numero sufficiente di alberi fioriti da impollinare e con la creazione di habitat necessari al sostentamento trofico dei diversi impollinatori (Stern et al, 2001). Evitano, inoltre, l'uso intensivo delle sostanze chimiche, nella consapevolezza che tali prodotti costituiscono una fonte di contaminazione degli ecosistemi e possono rappresentare una grave limitazione per la conservazione della biodiversità.

4.4 Seminativi

Frumento duro, mais e frumento tenero sono coltivati in Italia prevalentemente in monosuccessione su vaste estensioni di territorio, per lo più in ambito pianiziaro e collinare.

¹⁴ La produzione integrata – Sistema di Qualità Nazionale Produzione Integrata (SQNPI). Per informazioni: <https://www.reterurale.it/produzioneintegrata>

Nei sistemi monocolturali, con presenza di una sola specie o varietà, prevalgono gli ambiti di paesaggio semplificati, caratterizzati dalla quasi completa eliminazione delle bordure, in grado di fornire risorse floreali e siti di nidificazione per gli impollinatori (Kremen et al., 2002; Ortiz-Sánchez et al., 1994; Klein et al., 2007; Memmott et al., 2007; Goulson et al., 2008; Földesi et al., 2016; Morrison et al., 2016; Warzecha et al., 2018).

Le cause principali della banalizzazione del paesaggio sono le frequenti lavorazioni meccaniche, talvolta praticate in periodi climatici non favorevoli e che provocano alterazioni dello stato fisico del suolo agrario, e una maggiore necessità di trattamenti con sostanze chimiche per il contrasto dei patogeni, la cui attività è accentuata dalla presenza continua delle stesse colture agrarie.

Gli effetti negativi sugli apoidei sono da associare anche alle caratteristiche botaniche di alcune specie agrarie tipiche della monosuccessione. Il polline del mais, ad esempio, manca di proteine e aminoacidi essenziali e costituisce una fonte di cibo minore per gli impollinatori. Le popolazioni di apoidei che consumano una dieta di polline di mais, e i pronubi che si nutrono di sostituti artificiali del polline, sono caratterizzati da una riduzione dell'allevamento della covata e da una durata del ciclo vitale minore rispetto agli individui che si nutrono di diete poliflorali (Höcherl et al., 2011).

È necessario quindi garantire la presenza di vegetazione trofica idonea a promuovere le comunità di apoidei. A tal fine la disposizione spaziotemporale dei seminativi dovrebbe essere almeno integrata da aree non coltivate, zone di conservazione naturale, siepi e alberi sparsi negli appezzamenti (Kremen et al., 2007; Lentini et al., 2012). Maggiori incrementi nella diversità delle comunità vegetali e degli ecosistemi sono possibili soprattutto tramite gli avvicendamenti colturali di lunga durata, ad esempio quinquennali, e lavorazioni meno intensive (Murphy et al. 2006).

Altro aspetto rilevante è la gestione del suolo agrario. In tutti gli ambiti, soprattutto per il frumento duro, la non lavorazione ("*No tillage*") favorisce le comunità infestanti, con un aumento nell'abbondanza e diversità delle erbacee emergenti e del deposito di semi (*seedbank*) (Cardina et al. 2002; Murphy et al. 2006; Labreuche et al. 2014), tale da modificare la composizione delle comunità vegetali, promuovendo la vegetazione annuale e le infestanti perenni dotate di un apparato radicale più profondo (Labreuche et al. 2014). La non lavorazione, inoltre, aumenta significativamente la disponibilità di ambienti favorevoli per le specie che scavano direttamente il terreno nella costruzione del nido (ad esempio, *Andrena* spp., *Halictus* spp. e *Lasioglossum* spp.). Tali vantaggi sono minori per le specie come i bombi, che necessitano di habitat semi-naturali in quanto nidificano in cunicoli e fori sotterranei preesistenti (ad esempio vecchi nidi di roditori), in cavità aeree o costruiscono nidi sulla superficie dell'erba (Michener 2007).

4.5 Colture ortive

La perdita di aree non tagliate, e prati subspontanei ricchi in origine di *Leguminosae*, e la tendenza all'utilizzo nelle successioni colturali di cultivar prive di fioritura hanno ridotto la qualità e la quantità di habitat di interesse apistico (Williams e Carreck 1994, Goulson et al. 2005, Bommarco et al.,

2012), con conseguente forte impatto negativo sugli apoidei selvatici e in generale sugli impollinatori animali (Kremen et al., 2002; Ghazoul, 2005; Steffan-Dewenter et al., 2005; Biesmeijer et al., 2006; Williams & Osborne, 2009; Le Féon et al., 2010; Potts et al., 2010; Koh et al., 2016).

Come già evidenziato per le colture da frutto, la diversità della flora spontanea aumenta soprattutto con la complessità del sistema paesaggistico circostante (Gabriel et al. 2005; Pinke et al. 2009), a sua volta correlata alla diversità specifica degli impollinatori. Il mantenimento di vegetazione autoctona di interesse floristico, all'interno o intorno gli ecosistemi agricoli intensivi, aiuta a proteggere la biodiversità degli impollinatori, in particolare delle specie oligolettiche collegate ad un numero limitato di specie botaniche (Carvell et al. 2007) e, per questa peculiarità, considerate indicatrici di elevata qualità ambientale e di buone pratiche gestionali.

La valorizzazione ecosistemica del paesaggio nelle colture ortive, tale da garantire una continua disponibilità trofica agli apoidei ed assicurare una produzione quali-quantitativa soddisfacente, può essere sostenuta attraverso una opportuna distribuzione delle fioriture. La contemporaneità di fiori e frutti delle diverse specie (esempio zucchine, melanzane e cetrioli), che garantisce un periodo di fioritura più esteso, è resa possibile da metodi di semina/trapianti a scalare e tramite avvicendamenti colturali di specie con fioritura attraenti, appetibili e disponibili a lungo termine come, ad esempio, le *Leguminosae* e le *Brassicaceae*.

Nelle specie orticole in ambito mediterraneo gli apoidei prevalenti (Tabella 8) appartengono ai gruppi *Andrenidae*, *Apidae*, *Colletidae*, *Halictidae*, *Megachilidae* e *Melittidae* (Bosch et al. 1997; Dicks et al. 2002; Petanidou & Lamborn, 2005; Bretagnolle & Gaba 2015; Barbattini et al., 2006; Pekkarinen, 1998; Zandigiacomo et al., 2013), la cui abbondanza quantitativa e specifica consente di valutare la sostenibilità delle pratiche colturali adottate.

Tabella 8. Principali gruppi di apoidei selvatici nelle specie orticole (ISPRA, modificato da AA.VV.)

FAMIGLIE DI INTERESSE ORTICOLO	PRINCIPALI GRUPPI DI IMPOLLINATORI SELVATICI	RIFERIMENTO
Apiaceae (finocchio, prezzemolo)	<i>Andrena</i> , <i>Colletes</i> , <i>Halictus</i> , <i>Hylaeus</i> , <i>Lasioglossum</i> , <i>Melitturga</i> , <i>Megachile</i> <i>rotundata</i>	Barbattini et al., 2006; Pekkarinen, 1998
Asteraceae (insalate, cicorie, radicchi, camomilla)	<i>Andrena</i> , <i>Bombus</i> , <i>Colletes</i> , Halictidae, <i>Heriades</i> , <i>Osmia</i> , <i>Panurgus</i>	Barbattini et al., 2006; Ricciardelli D'albore, 1985; Ricciardelli D'albore & Intoppa, 2000; Ricciardelli D'albore & Piatti, 2002
Brassicaceae (cavoli, broccoli)	<i>Andrena</i> , <i>Halictus</i> , <i>Lasioglossum</i> , <i>Osmia</i> , <i>Pseudapis</i>	Zandigiacoimo et al., 2013; Ricciardelli D'albore & Piatti, 2002; Barbattini et al., 2006; Ricciardelli D'albore & Intoppa, 2000
Cucurbitaceae (Zucche, Meloni, Cocomero)	<i>Ceratina cucurbitina</i> , <i>Megachile</i>	Barbattini et al., 2007
Fabaceae (fagioli, soia, piselli, lenticchie, erba medica e altre foraggiere)	<i>Ammobatooides</i> , <i>Andrena</i> , <i>Anthophora</i> , <i>Anthidium</i> , <i>Bombus</i> , <i>Eucera</i> , <i>Halictus</i> , <i>Hoplitis</i> , <i>Lasioglossum</i> , <i>Megachile</i> , <i>Melitta</i> , <i>Melitturga</i> , <i>Osmia</i>	Barbattini et al., 2006; Pekkarinen, 1998; Ricciardelli D'Albore, 1985; BWARS
Liliaceae (aglio, cipolla, porro)	Collettidae, Halictidae	BWARS; Ricciardelli D'albore & Intoppa, 2000

Apiaceae

Numerose sono le specie di impollinatori che visitano le infiorescenze delle colture agrarie da seme appartenenti alla famiglia delle *Apiaceae* (Sihag, 1986). Per alcune di esse, come il coriandolo (*Coriandrum sativum*), il finocchio, (*Foeniculum vulgare*), il cumino (*Cuminum cyminum*), l'aneto (*Anethum graveolens*) e l'anice (*Pimpinella anisum*), il grado di produttività delle infiorescenze è fortemente correlato alla presenza in natura di insetti, in particolare delle specie appartenenti al genere *Apis* e alle famiglie *Collettidae* e *Andrenidae*.

L'impollinazione incrociata entomofila nel coriandolo, ad esempio, consente un incremento nella resa media di circa il 55% (Ramanujam et al., 1964). Sui fiori del coriandolo, tra i 25 insetti impollinatori rinvenuti durante l'intero periodo di fioritura, le api da miele *Apis mellifera*, *A. dorsata* e *A. florea* sono risultati i più importanti (Meena et al., 2015) e la loro attività bottinatrice ha generato un aumento nella resa di oltre il 120% (Chaudhary & Singh, 2007) e una maggiore germinazione (+79%) (Kumar & Jaiswal,

2012), mentre altri studi hanno dimostrato un aumento nel peso e nel numero dei semi (Sihag, 1986).

Nel finocchio l'incremento nella resa è di circa il 90% (Ramanujam et al., 1964), essendo una coltura dipendente in larga misura dall'impollinazione incrociata entomofila (Shilova 1972). Gli impollinatori più comuni sono alcune specie del genere *Apis* (*Apis cerana* e *A. mellifera*), con una frequenza superiore all'81% nelle visite totali, *Lasioglossum marginatum* (foto 18), ditteri sirfidi (Chaudhary & Singh, 2007) e varie specie del genere *Andrena*.

La presenza di impollinatori, soprattutto specie del genere *Apis* e ditteri sirfidi, favorisce un aumento della produttività anche nell'aneto (*Anethum graveolens*) e nel cumino. L'attività pronuba su questa ultima pianta consente alle api di produrre un particolare miele uniflorale, con elevata quantità di ferro, zuccheri insaturi e particolari piacevoli aromi (Sihag 1986).



Foto 18 *Lasioglossum marginatum* su fiore di *Apiacea*.
(Wikipedia commons).

Asteraceae

Tutti gli apoidei, ad eccezione della maggior parte delle *Anthophoridae*, svolgono attività pronuba sulle piante della famiglia *Asteraceae*, con raccolta del polline, come fonte proteica, e del nettare come fonte energetica (foto 19).

Tra le specie impollinatrici oligolettiche ricordiamo *Andrena denticulata*, *A. fulvago*, *A. humilis*, *A. polita*, *A. taraxaci*, *Anthidium lituratum*, *Colletes davesianus*, *C. fodiens*, *C. halophilus*, *C. similis*, *Dasygoda hirtipes*, *Heriades crenulatus*, *H. truncorum*, *Hylaeus nigritus*, *Osmia fulviventris*, *O. leaiana*, *O. villosa*, *O. spinulosa*, *Panurgus banksianus*, *P. calcaratus*, *P. dentipes* e *Tetralonia dentata*. Le *Asteraceae*, peraltro, sono le piante generalmente preferite da numerosi *Halictidae*.



Foto 19. *Colletes davesianus* sull'asteracea *Tanacetum vulgare* (James Lindsey's Ecology of Commanster Site in Wikipedia Common)

La pianta del carciofo (*Cynara scolymus*) è un'ottima nettarifera, molto appetita dagli impollinatori, soprattutto *Halictidae*, *Megachilidae* e *Xylocopa*, ma la sua importanza apistica è limitata dalla circoscritta distribuzione territoriale e dal taglio precoce.

Oltre che dal genere *Apis*, la cicoria e il radicchio (*Cichoria intybus*) sono apprezzate dagli apoidei della famiglia *Andrenidae* e *Halictidae* e, nelle zone di maggiore altitudine, dai bombi.

La camomilla è frequentemente visitata da apoidei della famiglia *Andrenidae*, *Halictidae* e *Megachilidae* e sporadicamente dalle api mellifere.

Le specie sopra descritte possono essere considerate indicatrici di buone pratiche agricole e sono sempre favorite dalla presenza di margini prossimaturali limitrofi alle coltivazioni

Un cenno particolare merita la popolazione di *Colletes collaris*, una specie oligolettica sulle Asteraceae inserita nella categoria "In pericolo" dalla International Union Conservation of Nature (IUCN)¹⁵. Presente sul territorio nazionale con tre popolazioni disgiunte e un'area effettivamente occupata minore di 500 km², predilige i pascoli aperti assolati ed è minacciata dalla perdita delle piante nutrici e di suolo nudo come sito di nidificazione.

Brassicaceae

Le *Brassicaceae* comprendono piante importanti dal punto di vista trofico per gli impollinatori e in termini economici per l'uomo.

Sebbene alcuni coleotteri contribuiscano al trasporto del polline (circa il 10%), i principali impollinatori sono gli apoidei, tra cui le api da miele.

Gli insetti impollinatori sono generalmente necessari per una buona produzione (qualità e quantità) dei semi (Abrol, 2007, Shakeel e Inayatullah, 2013, Shakeel e Mian Inayatullah, 2015). Per il ravanello (*Raphanus*

¹⁵ *Colletes collaris* <http://www.iucn.it/scheda-2018.php?id=-487144610>

sativus), la rapa (*Brassica rapa*) e i cavoli (*Brassica olearacea*) è stata verificata una stretta dipendenza produttiva dall'impollinazione entomofila [Sihag 1986; Verna et al., 1994].

Diverse sono le piante attraenti (Masierowska, 2003) e alcune specie agrarie sono oggetto di raccolte di massa sia del polline che del nettare (Phillips et al., 2018). Da rilevare che le colture annuali a fioritura di massa possono cambiare la disponibilità temporanea di risorse floreali nel paesaggio, con modifiche delle preferenze degli impollinatori e della stabilità delle reti impollinatori-flora selvatica e con cambiamenti funzionali per l'ecosistema (Tscharntke et al. 2012). L'esempio classico è la colza (*Brassica napus*), una pianta estensiva particolarmente ricca di polline, che con una fioritura abbondante e lunga fino a sei – otto settimane può accentrare per un limitato periodo la presenza dei pronubi, diminuendo così l'attività di impollinazione sulla flora spontanea presente nelle aree naturali adiacenti (Holzschuh et al. 2011). In tali contesti un uso intensivo dei prodotti fitosanitari può trasformare in trappole mortali le aree coltivate e in fase di fioritura.

In Europa diverse specie di *Bombus*, *Andrena* e *Apis* sono efficienti impollinatori delle *Brassicaceae*, con alcune specie di *Andrena* in grado di nidificare nei terreni con presenza di piante del genere *Brassica*. Altri impollinatori comuni appartengono ai generi *Halictus*, *Anthophora*, *Ceratina*, *Colletes* spp, *Lasioglossum* spp, *Nomada*, *Nomia*, *Nomioides*, *Sphecodes*, *Thyreus*, con minore frequenza *Amegilla* e *Xylocopa* (FAO, rapporto 2018). La consistenza delle popolazioni e la varietà specifica di *Andrenidae*, *Nomadidae*, *Halictidae* e *Megachilidae* possono essere considerati indicatori di buone pratiche gestionali.

Cucurbitacee

I grandi fiori monoici delle *Cucurbitacee* producono abbondante nettare e polline, attirando diverse specie di insetti impollinatori (Delaplane & Mayer 2000; Haldhar et al. 2018), quali gli imenotteri che forniscono il 50% del servizio d'impollinazione, i ditteri (il 20%), i coleotteri (il 15%) e i lepidotteri (il 10%) (Shah et al. 2015).

Tra gli imenotteri prevalgono le popolazioni di api domestiche (Keith, 1995) e secondariamente gli impollinatori selvatici quali *Ceratina cucurbitina* (figura 20), *Megachile leachella* e *Megachile pilidens* (Benachour & Louadi 2011).

I fiori di cetriolo (*Cucumis sativus*) attraggono soprattutto le popolazioni di api della famiglia *Halictidae*, mentre *A. mellifera* li visita solitamente in assenza di altri fiori più attraenti. Numerosi studi hanno tuttavia dimostrato che l'ape da miele può essere un efficiente impollinatore per alcune varietà commerciali di cetriolo e melone (*Cucumis melo*) e che i frutti derivati dalla loro impollinazione hanno una qualità migliore rispetto a quelli dei fiori impollinati manualmente per il controllo della discendenza (Marchini et al. 2006; Couto & Calmona 1993).

Le api mellifere e i bombi sono, ad oggi, le principali specie utilizzate dall'uomo per migliorare la resa produttiva, con le api da miele impiegate principalmente nelle coltivazioni delle cucurbitacee in campo aperto ed i bombi nelle colture protette quali serre e capannoni (Guerra-Sanz, 2008).



Foto 20. *Ceratina cucurbitina*, efficiente impollinatore delle *Cucurbitaceae* (Wikipedia common)

Fabaceae

Le *Fabaceae* (o *Leguminosae*) comprendono diverse piante con buona attrattività per gli apoidei.

Per l'impollinazione dell'erba medica è rilevante il contributo di *Megachile rotundata*, in virtù della sua elevata efficienza di visita ai fiori. Particolarmente legata alla lupinella comune (*Onobrychis vicifolia*) è *Megachile parietina*, un apoideo che ha bisogno del polline di circa 1100 piante per il mantenimento della colonia (Müller et al., 2006). Il genere *Bombus* è efficiente per diverse e numerose altre specie.

Alcune specie spontanee, come la vulneraria comune (*Anthyllis vulneraria*), sono risultate più attrattive rispetto alle leguminose coltivate dall'uomo (Nichols et al., 2019). Queste ultime, nel caso di un uso eccessivo di prodotti fitosanitari nel periodo di fioritura, possono funzionare da trappole chimiche, con potenziali fenomeni di avvelenamento degli impollinatori in conseguenza del forte richiamo esercitato.

In quanto specie oligolettiche sono indicatrici di buone pratiche gestionali le specie *Andrena labialis*, *A. intermedia*, *A. lathyri*, *Megachile ericetorum*, *M. nigriventris*, *Eucera longicornis*, *Melitta leporina* e *Trachusa byssina*.

Liliaceae

Attività di monitoraggio in campo (Gray & Steckel, 2008) su linee colturali parentali di porro (*Allium porrum*) hanno permesso di comprendere gli effetti, anche cumulativi, del processo di impollinazione e delle tecniche colturali della fertilizzazione e dell'irrigazione sulla produzione di semi ibridi. Per tutte le linee di coltura, cioè piante gestite con apporti irrigui e nutritivi

ordinari e ridotti del 50% nonché sempre accessibili agli impollinatori o solo per il 50% del tempo, la riduzione dell'impollinazione ha avuto effetti negativi in misura doppia sulla resa della coltura rispetto alle variazioni associate alle pratiche della concimazione o dell'irrigazione.

La cipolla (*Allium cepa* L.) non è in grado di produrre semi di qualità senza l'impollinazione entomofila dei propri fiori (Rasekh et al., 2013). Diversi studi hanno dimostrato come l'abbondanza degli impollinatori, quali diverse specie apoidei e anche di sirfidi (*Episyrphus balteatus*, *Metasyrphus coniferator* e *M. corollae*), agisce positivamente sulla quantità e sulla qualità dei semi di cipolla in condizioni sub-temperate, con una presenza dominante di *A. dorsata* rispetto ad *A. cerana* e *A. mellifera* (Bezabih & Gebretsadikan, 2014). L'impollinazione indotta dalle api ha aumentato la resa dei semi fino a 2,5 volte, con una produzione media di 971 semi per ombrella rispetto ai 406 delle piante senza pronubi e con una capacità di germinazione maggiore del 20 %.

In Italia il genere *Allium* è impollinato soprattutto dal genere *Bombus* e dalle famiglie *Andrenidae* e *Halictidae*, le cui presenze incidono sulle rese qualitative e possono essere considerate come indicatori di qualità gestionale (tabella 9).

Tabella 9. Principali impollinatori selvatici segnalati su Liliaceae coltivate e selvatiche (da Barbattini et al., 2006, 2007; Fortunato et al., 2013; Murao et al., 2017; Ricciardelli D'albore & Intoppa, 2000)

Varietà di aglio coltivate	Specie di impollinatori
<i>Allium porrum</i>	<i>Andrena minutula</i>
<i>Allium carinatum</i>	<i>Bombus humilis</i> , <i>Bombus terrestris</i> , <i>Bombus lapidarius</i> , <i>Bombus humilis</i>
<i>Allium cepa</i>	<i>Anthidium florentinum</i> , <i>Hylaeus bifasciatus</i>
<i>Allium sativum</i>	<i>Halictus brunnescens</i>
<i>Allium sphaerocephalon</i>	<i>Megachile rotundata</i> , <i>Bombus lapidarius</i> , <i>Bombus lucorum</i> , <i>Bombus terrestris</i>

Colture in serra

L'uso di insetti per l'impollinazione in serra costituisce una alternativa efficace in termini economici rispetto all'impollinazione manuale (Velthuis & vanDoorn, 2006).

Per molte coltivazioni agricole gestite in serra e altre tipologie di ambiente protetto, le specie del genere *Bombus* rappresentano gli impollinatori più diffusi, grazie al loro maggiore adattamento e alla resistenza a condizioni di confinamento, di alta temperatura ed umidità e grazie all'alta velocità di impollinazione (Kaftanoglu, 1999; Winston, 2001; Paydas et al., 2000).

Per la peculiare conformazione del corpo, inoltre, i bombi sono particolarmente efficienti nell'impollinazione del pomodoro e altre solanaceae (Banda and Paxton, 1991; Kevan et al., 1991c) che richiedono un energico scuotimento del fiore per consentire il rilascio del polline dalle antere ("Buzz pollination"). Il loro contributo è particolarmente rilevante

anche per la coltura protetta del lampone (Paydas et al., 2000; Lye et al., 2011).

Buoni risultati sono emersi in vari studi caratterizzati dall'utilizzo dei *Meliponini* (famiglia *Apidi*) per la produzione del pomodoro (Cauich et al., 2004; Del Sarto et al., 2005; Palma et al., 2008; Bispo dos Santos et al., 2009; Hikawa & Miyanaga, 2009). Sebbene l'impollinazione di tale pianta possa essere prevalentemente anemofila e la maggior parte delle varietà coltivate sono autogame, il frutto con impollinazione aggiuntiva entomofila presenta una maggiore concentrazione di carboidrati, un maggior numero e qualità dei semi e migliori qualità organolettiche (Damon et al., 1988). Attraverso la produzione di ormoni, infatti, il numero di semi può modificare e stimolare i processi di divisione ed espansione cellulare, aumentando la capacità di stoccaggio di solidi solubili nelle cellule (Gillaspy et al., 1993; Prudent et al., 2009). È bene ricordare, tuttavia, che la tribù dei *Meliponini* è costituita da specie alloctone da non utilizzare in Europa.

Un genere di apoidei con crescente impiego nelle colture protette (serra e tunnel) è l'*Osmia*, con caratteristiche e adattabilità superiori alle api per l'impollinazione di diverse ortive, della fragola e piccoli frutti (Andrikopoulos et al., 2018).

Il cetriolo è una delle coltivazioni più diffuse in serra, a causa della sensibilità e suscettibilità della specie alle variazioni delle condizioni ambientali, specialmente temperatura e umidità relativa. In ambiente protetto la coltivazione è praticata con ibridi di cetriolo partenocarpici che non necessitano di impollinazione entomofila. Studi a riguardo hanno dimostrato, tuttavia, che la resa delle varietà di cetriolo con semi (non partenocarpiche) aumenta con la presenza di insetti impollinatori (Klatt et al., 2014).

5. GLI APOIDEI COME INDICATORI DELLA QUALITÀ AMBIENTALE DI UN AGROECOSISTEMA

L'European Environment Agency (EEA)¹⁶ definisce il monitoraggio ambientale come *“la misurazione, valutazione e determinazione di parametri ambientali e/o di livelli di inquinamento, periodiche e/o continuate allo scopo di prevenire effetti negativi e dannosi verso l'ambiente”*.

La qualità ambientale di un agro-ecosistema può essere valutata sia attraverso la misurazione di parametri ecologici e successiva elaborazione di dati (anche tramite l'impiego di sensori e apparecchiature strumentali), che il ricorso a indicatori biologici, quali la presenza, l'abbondanza e lo stato di organismi viventi (specie animali, vegetali o funghi) caratterizzati da una sensibilità ai cambiamenti indotti all'ecosistema da fattori di disturbo.

Grazie alle caratteristiche etologiche e comportamentali gli apoidei rientrano pienamente tra gli indicatori biologici e il loro impiego nei sistemi di controllo della qualità ambientale è oramai una pratica consolidata.

Sensibili alla presenza di molteplici sostanze inquinanti (prodotti fitosanitari, metalli pesanti, diossina, polveri sottili, idrocarburi policiclici aromatici, policlorobifenili e radionuclidi), gli apoidei sono ubiquitari, stabili nel territorio di interesse e con la peculiare caratteristica di non essere individui immobili, ma portati a esplorare tutti i comparti ambientali (terreno, vegetazione, acqua e aria) dell'areale di insediamento, alla ricerca di nettare, polline, acqua e altri beni. Una serie di qualità che consentono agli apoidei sia di percepire la presenza di un singolo fattore di alterazione sia di avvertire un complesso di fenomeni di natura ecologica, con la conseguente capacità di mettere a disposizione dati omogenei e informazioni utili per la interpretazione delle modificazioni avvenute e in atto nel territorio (Girotti et al., 2020).

L'utilizzo come (bio)indicatori può avvenire a diversi livelli di scala e, in relazione alle caratteristiche paesaggistiche dell'area analizzata, può assumere valenza strategica nei processi di interpretazione delle politiche gestionali del territorio.

Gli apoidei rappresentano complessivamente:

- a) **indicatori di pressione**, in quanto la diversità specifica (presenza/assenza e distribuzione) descrive gli effetti delle attività antropiche sull'ambiente;
- b) **indicatori di stato**, in quanto la diversità e le caratteristiche ecologiche delle specie presenti forniscono indicazioni sulla presenza e la diffusione delle risorse ambientali;
- c) **indicatori di risposta**, in quanto la diversità e le tipologie delle specie presenti permettono di valutare le politiche e gli interventi attuati dall'uomo, tra cui le scelte colturali e gli investimenti finalizzati alla riqualificazione ecologica.
- d) Molte specie di api selvatiche sono altamente specializzate nello sfruttare particolari siti di nidificazione e le risorse alimentari disponibili (Westrich 1996, Michener 2007) e sono altamente sensibili al degrado e alla frammentazione degli habitat causati dalle attività antropiche

¹⁶ <https://www.eea.europa.eu>

(Brown e Paxton 2009). La disponibilità spaziale e temporale delle risorse può inoltre influenzarne notevolmente il tasso di riproduzione. Per tali motivazioni alcuni gruppi sono considerati **buoni indicatori per la valutazione dello stato di conservazione dei biotopi del paesaggio** (tabella 10), quali prati permanenti, radure, pascoli e terreni a riposo (e.g. Schwenninger 1992, Schmid-Egger 1994, Tschardt et al. 1998, Plachter et al. 2002, Sepp et al. 2004, Jauker et al. 2009).

Tabella 10. Gruppi ecologico-funzionali di apoidei, la cui abbondanza è indice di buone pratiche agricole (ISPRA, modificato da AA.VV.)

Gruppo ecologico-funzionale	Indicazioni
Eusociali	Buone pratiche a livello paesaggistico
Nidificanti al suolo	Buona gestione delle interfila e delle aree buffer
Specie oligolettiche	Buona disponibilità trofica
Cleptoparassiti	Buone condizioni ecologiche

Nel corpo delle api, nel polline e in altri prodotti apistici è possibile rinvenire gli eventuali inquinanti diffusi e i principi attivi dei prodotti fitosanitari distribuiti nei territori in cui effettuano i voli e bottinano (tabella 11). Oltre a fornire informazioni sullo stato dell'ambiente, tali dati consentono di correlare la mortalità degli individui alle diverse pratiche colturali e di ottenere indicazioni sulla contaminazione dei prodotti apistici (Porrini et al., 2002; Riscu & Bura, 2013). Consentono, contestualmente, di individuare le specie vegetali sottoposte a trattamento o a contatto accidentale con sostanze chimiche, quali prodotti fitosanitari, radionuclidi e metalli pesanti (Bianco e Bellucci, 2017).

Ai fini di tutela della salute pubblica tutti i prodotti apistici rispondono a normative nazionali e comunitarie relative alla presenza e alla concentrazione di residui dei prodotti fitosanitari e dei farmaci veterinari (Legge 283/1962, Regolamento CE 37/2010). Per il miele, in particolare, i metodi di analisi sono contemplati dal D.M. 25 luglio 2003 "Approvazione dei metodi ufficiali di analisi da applicarsi per la valutazione delle caratteristiche di composizione del miele". Nell'Unione Europea non esistono tuttavia riferimenti normativi per inquadrare gli aspetti qualitativi del polline. Standard analitici sono invece presenti in Brasile, Svizzera, Bulgaria, Cina e, unica eccezione in ambito UE, la Polonia (Campos et al., 2008).

Tabella 11. Le api e i prodotti apistici come indicatori della qualità ambientale (da Bianco & Bellucci, 2017)

Inquinante	Prodotto apistico
Metalli pesanti: piombo, cadmio, cromo, mercurio, nichel, rame, zinco, etc.	Miele, api.
Radionuclidi gamma emittenti: I131, Cs 134, Cs 137, K 30	Miele, cera, polline, api.
Microinquinanti organici (diossine [PCDD], furani [PCDF].	Polline, api.
Inquinanti organici: idrocarburi policiclici aromatici (IPA), diossine (PCDD), furani (PCDF), policlorobifenili (PCB)	Cera.
Prodotti fitosanitari: fungicidi, erbicidi, insetticidi e acaracidi.	Cera, polline, api, propoli.
Farmaci per la lotta alla <i>Varroa</i> (coumaphos, chlorfernphos, fluvalinate).	Cera, polline, api.
Antibiotici (ad esempio streptomina sui fiori di melo/pero per il <i>Colpo di fuoco</i>).	Miele, pappa reale, cera, propoli.

La lettura dei sintomi e dei comportamenti, la capacità di accumulare nei tessuti e negli organi gli eventuali inquinanti, la scomparsa e la mortalità degli individui e delle popolazioni costituiscono l'insieme delle informazioni per le valutazioni della qualità dell'ambiente in cui gli apoidei vivono.

La presenza delle specie nei diversi contesti consente di caratterizzarne il profilo entomofaunistico e, grazie anche alla stretta relazione con la flora (Bolchi Serini, 1988; Porrini, 2004), può essere un indice di biodiversità al fine di ottenere indicazioni circa lo stato di conservazione dell'ambiente e sull'impatto delle pratiche agricole (Nicoli Aldini, 2007).

Attualmente non si dispone, però, di efficienti schemi di monitoraggio a lungo termine per misurare negli anni i cambiamenti delle comunità di api selvatiche negli ecosistemi agricoli. La maggior parte dei sistemi di monitoraggio si basa su studi a piccola scala, i cui risultati spesso non si dimostrano idonei ad individuare l'evoluzione a livello regionale, nazionale o continentale (Kleijn et al. 2001; Robinson & Sutherland 2002).

L'impiego efficace delle api selvatiche nella valutazione ecologica richiede necessariamente lo sviluppo di metodi standardizzati e un preciso progetto di studio. Sono considerati efficienti gli approcci che utilizzano i transetti e le trappole, in quanto la loro combinazione garantisce l'elevata copertura del campione e consente di acquisire dati sulle interazioni piante-impollinatori. È indispensabile tuttavia la conoscenza, da parte dei rilevatori, delle metodiche, della biologia e tassonomia degli insetti impollinatori.

I piani di monitoraggio, per essere efficienti, richiedono una adeguata organizzazione e il soddisfacimento di alcuni criteri guida, quali:

- documentare lo stato e le tendenze degli impollinatori, principalmente api allevate, api selvatiche, sirfidi e lepidotteri, e delle relative piante impollinate;
- valutare l'influenza delle pressioni che possono causare cambiamenti nelle popolazioni degli impollinatori e delle piante impollinate a piccola scala, in singoli appezzamenti, sui sistemi paesaggistici e a scala nazionale o continentale;
- quantificare numericamente i cambiamenti nelle popolazioni e nelle comunità degli impollinatori di colture agrarie e piante selvatiche;
- valutare l'efficacia delle strategie per mitigare gli impatti dei cambiamenti negli impollinatori e nelle piante impollinate;
- migliorare l'interfaccia tra le conoscenze scientifiche sugli impollinatori e gli strumenti politici e normativi;
- sviluppare collegamenti educativi e informativi con le parti interessate e il grande pubblico sull'importanza degli impollinatori, sui principali cambiamenti e impatti cui sono esposti e sulle possibili strategie di mitigazione.

Utilizzando gli apoidei, la loro diversità e abbondanza, il monitoraggio negli agroecosistemi può essere effettuato con metodologie già sperimentate e riportate in letteratura (Quaranta et al., 2004; Westphal et al., 2008; Nielsen et al., 2011; Vercelli M. et al. 2020).

Il transetto fisso è, ad oggi, il metodo più accreditato tra i ricercatori per osservare le interazioni tra impollinatori e piante. Si tratta di un'area di osservazione, di diverse dimensioni e suddivisioni interne a seconda dell'autore, nella quale gli esemplari vengono raccolti o contati durante una camminata regolare, con più turni di osservazione per stagione vegetativa (figura 2).

I transetti devono essere effettuati in presenza di vegetazione, in condizioni meteorologiche adeguate (temperatura maggiore di 15 °C, vento debole, assenza di pioggia e vegetazione asciutta) e in orari di attività degli insetti, per cui il periodo migliore varia in funzione della posizione geografica dell'area di studio. È importante registrare anche le specie e il numero di fiori presenti nel transetto e l'eventuale presenza di insetti impollinatori sugli stessi.

Un recente esempio di monitoraggio, finanziato dal Ministero della Transizione Ecologica (MiTE) con le direttive del Ministro dell'ambiente 2019 e 2020, è in corso in vari Parchi Nazionali. Con il supporto scientifico di ISPRA e dell'Università di Torino il progetto si propone di ottenere dati confrontabili a livello nazionale ed europeo, tramite l'adozione di tecniche di monitoraggio in linea con l'iniziativa lanciata dall'Unione Europea nel 2018¹⁷ e finalizzata ad affrontare il declino degli insetti impollinatori. Il transetto adottato è costituito da un corridoio con vegetazione permanente di 250metri x 4metri e diviso in 10 particelle uguali di 25metri x4metri. Il tempo totale di percorrenza è di circa 50 minuti, con campionamenti generalmente mensili nel periodo aprile – ottobre (figura 2).

Per armonizzare il monitoraggio degli impollinatori essenziali (api selvatiche, farfalle, sirfidi, falene e specie impollinatrici rare e minacciate) in tutta l'UE il servizio scientifico Joint Research Centre (JRC) della Commissione Europea ha proposto il programma *Pollinator Monitoring Scheme* (2021,

¹⁷ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A52018DC0395>

EU-PoMS)¹⁸. L'EU-PoMS si propone di sviluppare uno schema di base economico utilizzando metodi di monitoraggio standardizzati e contempla un indicatore sullo stato e tendenze degli impollinatori e un indicatore per valutare gli impatti della PAC sugli impollinatori e sull'impollinazione.

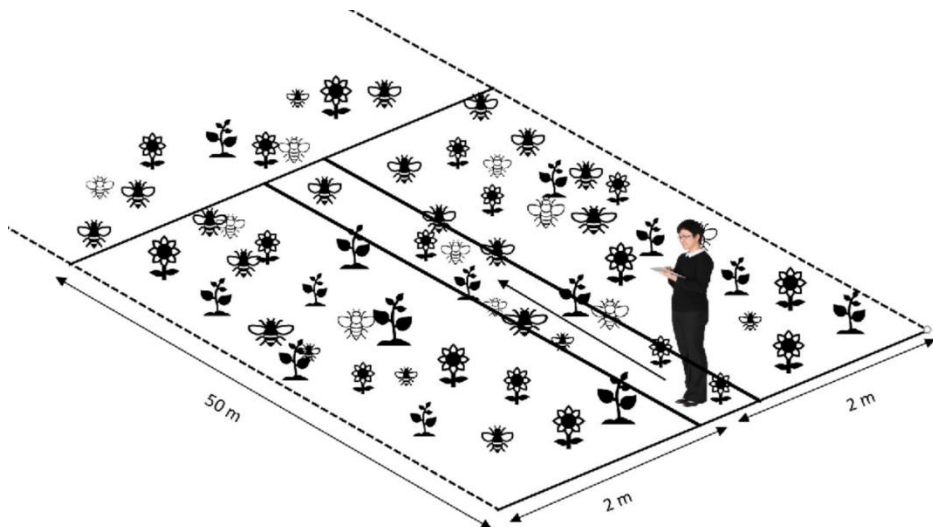


Figura 2. Schema della subunità di transetto lineare usato per monitorare gli impollinatori apoidei (ISPRA)

¹⁸ <https://ec.europa.eu/jrc/en/science-update/proposal-eu-pollinator-monitoring-scheme-eu-poms>

6. IL RUOLO DELLA POLITICA AGRICOLA PER LA TUTELA DEGLI IMPOLLINATORI

Come risulta dai Censimenti agricoli (ISTAT) e da un gran numero di studi indipendenti, l'agricoltura italiana ha subito un profondo processo di trasformazione e un lento e non lineare percorso di ammodernamento delle aziende.

Il processo di modernizzazione del secolo scorso e del primo decennio dell'attuale ha generato l'esodo dalle aree rurali e cambiamenti strutturali interni alla filiera produttiva. L'evoluzione ha coinciso con il processo di trasformazione del sistema socioeconomico italiano, con un rapido passaggio da una società prevalentemente rurale ad una industriale e post-industriale, dando origine ad un calo nel numero delle aziende agricole e nell'estensione della superficie agricola utilizzata (SAU). Parallelamente la superficie forestale si è pressoché raddoppiata, superando per estensione la stessa SAU. Come rilevato da un rapporto ISPRA del 2020¹⁹, lo stato di salute degli habitat agricoli di interesse comunitario è in progressivo peggioramento mentre l'abbandono agricolo e il conseguente processo di rivegetazione, di ricolonizzazione e di riforestazione introducono maggiori rischi di incendi o di dissesto idrogeologico per il deficit di presidio del territorio e comportano la banalizzazione e semplificazione del paesaggio.

Altro fenomeno preoccupante riguarda il consumo di suolo, legato alla trasformazione di suolo agricolo, naturale e semi-naturale in aree edificate, infrastrutture e in altre forme di copertura artificiale (rapporto ISPRA 2020)²⁰.

Oltre al cambiamento di destinazione dei suoli, all'abbandono dei terreni agricoli e al peggioramento degli habitat agricoli, la perdita di servizi ecosistemici è fortemente correlata al modello intensivo dell'agricoltura europea, favorito dal deciso sostegno dei prezzi e dei mercati da parte della PAC nel trentennio 1960 – 1990.

Molteplici sono le tipologie di impatto di origine agricola con effetti negativi sulla presenza e la diversità degli impollinatori, le più rilevanti riguardano l'utilizzo di sostanze chimiche, la presenza nelle acque superficiali e profonde di principi attivi contenuti nei prodotti fitosanitari²¹, i processi di meccanizzazione con alterazioni del suolo agrario, la monocoltura, l'utilizzo di colture agrarie e varietà estranee alle condizioni naturali locali, le emissioni di gas serra con acidificazione dei suoli, l'eutrofizzazione delle acque, l'alterazione della biodiversità e i cambiamenti climatici (rapporto ISPRA 2020²²).

Con la riforma MacSharry del 1992 e il passaggio dal sistema dei prezzi garantiti agli aiuti diretti, la PAC ha iniziato un lento e costante percorso verso una maggiore tutela degli equilibri ecologici ma è ancora forte la discrepanza tra le risorse comunitarie destinate ai pagamenti diretti e agli

¹⁹ <https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/documenti-tecnici/ispra-rapporto-di-sostenibilita-2020>

²⁰ <https://www.snpambiente.it/2020/07/22/consumo-di-suolo-dinamiche-territoriali-e-servizi-ecosistemici-edizione-2020/>

²¹ <https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/pesticidi-nelle-acque-2013-monitoraggio-nazionale-2016>

²² <https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/italian-greenhouse-gas-inventory-1990-2018.-national-inventory-report-2020>

interventi di mercato (*primo pilastro della PAC*) e quelle assegnate alle misure di sostegno alle aree rurali e alle migliori pratiche sostenibili (*secondo pilastro*), denominate misure agroambientali e climatiche (AECM). Nell'ultimo bilancio comunitario²³, infatti, le risorse economiche destinate all'agricoltura europea sono circa 358 mld. di euro (il 32,83% del bilancio totale, a prezzi costanti 2018) e di essi il 72,5% è a beneficio del primo pilastro (Senato della Repubblica, 2021).

L'impianto della nuova PAC, in vigore dal 1 gennaio 2023, dovrebbe tuttavia rendere possibile un ulteriore passo avanti dell'agricoltura verso gli obiettivi della sostenibilità ambientale e verso il ripristino di condizioni di naturalità diffusa.

La maggiore ambizione ambientale, definita dalla precedente Commissione²⁴, si concentra nella novità degli *eco-schemi* obbligatori per i singoli Stati (e facoltativi per gli agricoltori) e nel rafforzamento dei requisiti ambientali di base (*condizionalità rafforzata*).

Gli eco-schemi sono concepiti come pagamenti del primo pilastro che vanno oltre gli impegni ambientali obbligatori per tutti gli agricoltori beneficiari delle risorse PAC e che si sommano alle misure agroambientali e climatiche finanziate con i fondi del secondo pilastro.

Il sistema della condizionalità, vigente anche nell'attuale programmazione, associa il sostegno al reddito della PAC all'attuazione obbligatoria da parte dell'agricoltore di pratiche e norme agricole rispettose dell'ambiente e del clima, definite come "*Buone condizioni agricole e ambientali*" (BCAA) e "*Criteri di gestione obbligatori*" (CGO). La nuova PAC post 2023 prevede un maggiore numero di requisiti ambientali di base rispetto agli attuali (10 BCAA e 16 CGO rispetto ai 7 e 13 impegni dell'attuale PAC)²⁵, include le rotazioni colturali (BCAA 8) in sostituzione della diversificazione e dispone ulteriori restrizioni all'uso dei prodotti fitosanitari (CGO 13) nelle zone protette. Definite sulla base della direttiva quadro sulle acque (direttiva 2000/60/CE) e della legislazione relativa alla Rete Natura 2000 (direttiva 92/43/CEE "*Habitat*" e direttiva 2009/147/CE "*Uccelli*"), tali restrizioni dovranno assicurare la riduzione o l'eliminazione dei prodotti fitosanitari, privilegiando quelli definiti a basso rischio nel Regolamento (CE) n. 1107/2009, ed assicurare misure di controllo biologico degli organismi nocivi.

Le pratiche agricole beneficiarie saranno definite su scala nazionale/regionale con le misure adottate nei Piani Strategici Nazionali (PSN), in funzione delle specifiche esigenze e priorità e dovranno sostenere il raggiungimento degli obiettivi ambientali previsti nelle strategie "*Biodiversità per il 2030*" e "*Dal produttore al consumatore*".

Per la tutela degli impollinatori obiettivi importanti sono la limitazione o la eliminazione dei prodotti chimici (pratiche di difesa integrata, di agricoltura biologica, di agricoltura di precisione e di agricoltura conservativa per il suolo) e la conservazione della biodiversità (pratiche compatibili con i principi dell'agroecologia e dell'agricoltura ad alto valore naturale) (Factsheet DG

²³ Il quadro finanziario pluriennale (QFP) 2021 – 2027 approvato il 16 dicembre 2020.

²⁴ Proposte di regolamento COM 2018 392 final, COM 2018 393 final e COM 2018 394 final del 1 giugno 2018.

²⁵ COM 2018 392 final, allegato 3.

AGRI, gennaio 2021).²⁶ Le tecniche agronomiche a basso impatto ambientale comprendono il minimo disturbo del terreno (tecniche della non lavorazione, della semina diretta e del *minimum tillage*), il mantenimento di pascoli, prati – pascoli e prati permanenti, la presenza di aree di interesse ecologico quali fasce tampone, siepi e boschetti, fasce inerbite, canali erbosi e zone umide, e la diversificazione delle colture agrarie che, come già detto, nella nuova PAC dovrebbe essere implementata dalla rotazione culturale obbligatoria²⁷.

Di particolare rilevanza tra le pratiche agricole sostenute dalla PAC è la produzione biologica, condotta secondo un Regolamento comunitario.

Alternativa all'agricoltura intensiva e disciplinata da norme europee²⁸, il sistema biologico è una modalità di gestione dell'azienda agricola e di produzione alimentare (preparazione e trasformazione dei prodotti agricoli destinati ad essere utilizzati come alimenti) che impiega esclusivamente sostanze e procedimenti naturali. Nella fase di produzione dei prodotti agricoli secondo il metodo biologico, normato dal Regolamento (CE) n. 834/2007 e delle successive modifiche e integrazioni, è quindi escluso l'uso di prodotti chimici (fertilizzanti e prodotti fitosanitari) di sintesi e l'impiego degli OGM, dei regolatori di crescita e di additivi sintetici per mangimi.

L'agricoltura biologica si basa sul concetto che territorio e paesaggio appartengono ad un unico processo, per cui la gestione culturale è caratterizzata dall'adozione di più tecniche produttive "*sostenibili*" dal punto di vista ambientale, quali le rotazioni, il sovescio di leguminose e di altre specie, il controllo biologico degli organismi nocivi e l'uso di residui colturali, scarti organici e concimi di origine animale per la nutrizione delle piante e per il miglioramento delle caratteristiche chimico-fisiche del suolo.

²⁶ https://ec.europa.eu/info/news/commission-publishes-list-potential-eco-schemes-2021-jan-14_en

²⁷ I negoziati per la PAC 2023 – 2027 tra i Ministri dell'agricoltura, il Parlamento e la Commissione europea sono in corso e la conclusione è prevista entro il 2021.

²⁸ La normativa comunitaria è in una fase di transizione, infatti il Regolamento 834/2007 è stato abrogato dal Regolamento 848/2018, che entrerà in vigore il 1 gennaio 2022 (come stabilito dal successivo Regolamento 1693/2020). Di rilevanza sono i regolamenti di esecuzione, con le disposizioni relative ai metodi di produzione, all'etichettatura dei prodotti, al sistema dei controlli, etc. Ad oggi è stato adottato il Regolamento 1584/2018 che ha modificato il Regolamento 889/2008.

7. CONSIDERAZIONI FINALI

Nell'ultimo decennio gli impollinatori sono drasticamente diminuiti in Europa e in tutto il mondo, con una tendenza negativa potenzialmente maggiore nel lungo termine a causa del crescente impatto dei numerosi fattori ambientali di declino, quali il degrado e la frammentazione degli habitat, le pratiche agricole intensive, l'aumento delle malattie delle api, la minore disponibilità o qualità delle risorse trofiche, gli attacchi di agenti patogeni (virus, batteri e funghi) e parassiti (principalmente insetti e acari), i cambiamenti climatici, il cambiamento culturale e commerciale delle pratiche di apicoltura.

L'utilizzo di sostanze chimiche in agricoltura è una delle principali cause degli avvelenamenti e delle morie di massa degli impollinatori selvatici e dello spopolamento degli alveari. Molti insetticidi, in Italia principalmente quelli del gruppo chimico dei piretroidi, degli organofosfati e dei neonicotinoidi (indicatore "*Mortalità delle api causata dall'uso di prodotti fitosanitari*"²⁹), causano mortalità diretta ed effetti subletali sugli insetti impollinatori (Morandin et al., 2005; Alston et al., 2007; Brittain et al., 2010; Sgolastra et al., 2017, 2018) mentre l'uso continuo di erbicidi nelle aziende agricole convenzionali mantiene le coltivazioni libere da piante "*infestanti*", riducendo però la disponibilità di nettare e polline per i pronubi (Robinson & Sutherland, 2002; Ghazoul, 2005; Steffan-Dewenter et al., 2005; Biesmeijer et al., 2006; Williams & Osborne, 2009; Potts et al., 2010; Gabriel & Tscharrntke, 2007; Holzschuh et al., 2008; Gill & Raine, 2014; Sydenham et al., 2014).

La presenza di significative popolazioni di apoidei selvatici è in grado di favorire un incremento nella resa produttiva in termini di quantità e di qualità delle colture ed è indispensabile per il mantenimento degli equilibri ecologici nei territori a matrice agricola.

La gestione sostenibile delle aziende agricole e l'attuazione di interventi adeguati a supportare la complessità degli ecosistemi permetterebbero di salvaguardare e ristabilire i servizi di impollinazione con risposte significative sia in termini di comunità e popolazioni degli impollinatori, sia in funzione della stessa biodiversità locale.

Appropriate tecniche di gestione dei margini, e nelle colture legnose degli interfilari, assicurano il mantenimento di un'adeguata flora con fenologia scalare nel corso delle stagioni di attività degli impollinatori, permettendo la permanenza delle api selvatiche in prossimità di quasi tutte le colture da fiore.

I dati scientifici disponibili e le conoscenze dirette consentono di proporre metodi di coltivazione e pratiche agronomiche in grado di sostenere la presenza e la diversità delle popolazioni di apoidei e permettono l'individuazione di specie/gruppi indicatrici delle buone pratiche gestionali e della qualità ambientale negli ambiti agricoli. Tra le pratiche agricole potenzialmente favorevoli sono da ricordare le tecniche biologiche, le tecniche di difesa integrata, le pratiche proprie dell'agroecologia (rotazione colturale con presenza di leguminose, consociazioni, presenza di varietà benefiche per gli impollinatori, ripristino di zone umide), la gestione estensiva dei seminativi, l'agricoltura conservativa e le pratiche benefiche per il suolo

²⁹https://indicatori-pan-fitosanitari.isprambiente.it/sys_ind/report/html/21?destination=2018/list

agrario. Per molte colture agricole, strategiche in termini di reddito e di implicazioni ecologiche, è possibile individuare indicatori particolarmente efficaci, costituiti sia da specie che da gruppi di specie di impollinatori.

Metodi di monitoraggio consolidati e gestiti da personale specializzato possono contribuire all'interpretazione dei cambiamenti nella diversità delle comunità e nell'abbondanza di alcune specie di api selvatiche (specie indicatrici) rispetto alla tendenza al declino delle popolazioni di impollinatori, al fine di fornire stime adeguate sulla ricchezza delle specie, sulla distribuzione di specie rare e minacciate e sui legami con gli habitat naturali, semi naturali e agricoli. Per l'efficacia del monitoraggio è importante la decisione UE di uniformare i metodi di rilevamento, onde raccogliere e fornire dati attendibili sullo stato e le tendenze degli apoidei selvatici, ed anche dei ditteri e dei lepidotteri (EU Pollinator Monitoring Scheme)³⁰.

L'insieme di tali conoscenze assume particolare importanza negli ambiti agricoli, le cui matrici sono spesso dominanti sul territorio nazionale e caratterizzate da dirette interrelazioni con gli ecosistemi circostanti.

Come descritto nelle strategie "*Dal produttore al consumatore*" e "*Biodiversità per il 2030*", la Commissione Europea ha definito alcuni obiettivi essenziali per la tutela degli impollinatori negli ecosistemi agricoli. Nei prossimi anni (entro il 2030) infatti intende ridurre l'uso dei prodotti chimici (del 50% l'uso dei prodotti fitosanitari e dei rischi derivanti e del 50 % l'uso dei più pericolosi), estendere al 25% la superficie agricola gestita con pratiche biologiche e destinare almeno il 10 % delle superfici agricole ad elementi caratteristici del paesaggio con elevata diversità (fasce tampone, maggese completo o con rotazione, siepi, alberi non produttivi, terrazzamenti e stagni) per lasciare agli impollinatori lo spazio naturale e vitale di cui hanno bisogno.

A tali obiettivi si affiancano altre misure, quali la piena attuazione dell'iniziativa per affrontare il declino degli impollinatori nell'UE (COM 2018, 395 final)³¹ e la revisione della "*direttiva sull'uso sostenibile dei pesticidi*"³², con il sostegno alla difesa integrata delle colture agrarie e all'utilizzo di metodi di lotta alternativi ai mezzi chimici (tra cui rientrano la rotazione colturale e il diserbo meccanico delle "*infestanti*").

L'efficacia delle due strategie, di determinare situazioni ecologiche favorevoli alla riproduzione degli impollinatori e di supportare la crescita di un'agricoltura sostenibile, dipenderà molto dall'interesse politico a realizzare interventi e progetti coerenti con il restauro della natura ("*Nature-based Solutions*") e per il raggiungimento e mantenimento di un alto livello di diversità ("*High-diversity landscape features*"). Determinante sarà anche l'impegno e la partecipazione attiva dei cittadini europei nel sostenere le decisioni politiche e le scelte degli agricoltori verso pratiche agricole benefiche per gli impollinatori.

Oltre che dalle normative e pratiche per implementarle, il successo delle azioni sarà condizionato dalla disponibilità di adeguate risorse finanziarie per compensare i potenziali costi aggiuntivi sostenuti dall'agricoltore e l'eventuale mancato guadagno a seguito degli impegni ambientali.

Al riguardo un ruolo importante è rappresentato dalla PAC, quale principale strumento finanziario per gli agricoltori europei, e dalle esigenze e priorità

³⁰ <https://wikis.ec.europa.eu/display/EUPKH/EU+Pollinator+Monitoring+Scheme>

³¹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX%3A52018D00395>

³² <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:32009L0128>

individuate a livello nazionale/regionale nell'attuazione della condizionalità, nella individuazione degli impegni ambientali e nella ripartizione delle risorse messe a disposizione. A valle delle decisioni finali UE³³ è auspicabile che nei prossimi anni il Piano Strategico Nazionale italiano declini in pieno "l'indirizzo verde" indicato dalla Commissione UE per la nuova PAC e destini la massima quota di sussidi pubblici alle misure agro climatico ambientali, all'agricoltura biologica e alle altre azioni per la valorizzazione dei servizi ecosistemici e per la conservazione della diversità biologica. L'evoluzione da evitare è l'indebolimento del ruolo innovativo degli eco-schemi, in analogia a quanto verificatosi con il *greening* nella programmazione 2014 - 2020, e soprattutto il mancato riconoscimento del ruolo decisivo degli impollinatori nel mantenimento degli equilibri ecosistemici e della biodiversità.

³³ A livello europeo gli importi finanziari assegnati alla nuova PAC 2023 - 2027 sono di fatto stabiliti e l'accordo finale è previsto entro il 2021. Una delle decisioni riguarda la percentuale dei pagamenti diretti da destinare ai nuovi regimi ecologici (tra il 20% proposto dai Ministri dell'agricoltura e il 30% indicato dal Parlamento europeo).

BIBLIOGRAFIA

- Abrol D.P., Kapil R.P., 1994. On homing ability and pollination effectiveness of bees. *Mysore Journal of Agricultural Sciences*, 28:249-252.
- Abrol D. 2007. Honeybees and rapeseed: a pollinator-plant interaction. *Adv. Bot. Res.*, 45:337-367.
- Ali H., Owayss AA, KA Khan , Alqarni AS. 2015. Insect Visitors and Abundance of Four Species of *Apis* on Sunflower *Helianthus annuus*. *Zool. Bulgarica*, 67:235 – 240.
- Aldini R., 2007. Etologia degli Apoidei presociali (Hymenoptera Apoidea). *APoidea*, 4:150-162.
- Almeida E., 2008. Colletidae nesting biology (Hymenoptera: Apoidea). *Apidologie*, 39:16-29. 10.1051/apido:2007049.
- Alston D.G., Tepedino V.J., Bradley B.A., Toler T.R., Griswold T.L., Messinger S.M., 2007. Effects of the insecticide phosmet on solitary bee foraging and nesting in orchards of Capitol Reef National Park, Utah. *Environ. Entomol.*;36:811-816. doi: 10.1093/ee/36.4.811.
- Andersson G.K.S., Birkhofer K., Rundlöf M., Smith H.G., 2013. Landscape heterogeneity and farming practice alter the species composition and taxonomic breadth of pollinator communities. *Basic and Applied Ecology*, 14(7), 540- 546. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2013.08.003>.
- Andrikopoulos C.J., Cane J.H., 2018. Comparative Pollination Efficacies of Five Bee Species on Raspberry. *Journal of Economic Entomology*, 111(6): 2513-2519 doi: 10.1093/jee/toy226
- Aronne G., Giovanetti M., De Micco V., 2012. Morphofunctional traits and pollination mechanisms of *Coronilla emerus* L. flowers (Fabaceae). *Scientific World Journal*, 2012:381575. doi:10.1100/2012/381575
- Banaszak J., 1992. Strategy for conservation of wild bees in an agricultural landscape. *Agric Ecosyst Environ* 40:179-192. doi:10.1016/0167-8809(92)90091-0
- Banaszak J., 1996. Ecological bases of conservation of wild bees. In: Matheson A, Buchmann SL, O'Toole C, Westrich P, Williams IH (Eds) *The Conservation of Bees*, Academic Press (London): 55-62.
- Banda H.J., Paxton R.J., 1991. Pollination of greenhouse tomatoes by bees. *Acta Horti*. 288, 194-198.
- Barbattini R., Frilli F., Zandigiaco P., Pagliano G. & Quaranta M., 2006. Apoidea del Friuli Venezia Giulia e di territori confinanti. I: Introduzione generale e Colletidae. *Gortania. Atti Mus. Friul. St. Nat.*, 27 (2005): 305-338.
- Barbattini, R., F. Frilli, P. Zandigiaco, G. Pagliano & M. Quaranta. 2007. Apoidea del Friuli Venezia Giulia e di territori confinanti. II. Apidae. *Gortania, Atti Mus. Friul. St. Nat.*, 28 (2006): 139-
- Bartelli B.F., Nogueira-Ferreira F.H., 2014. Pollination Services Provided by *Melipona quadrifasciata* Lepeletier (Hymenoptera: Meliponini) in Greenhouses with *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae) *Sociobiology* 61(4): 510-516.
- Bartelli, B. F., Santos, A. O. R. & Nogueira-Ferreira, F. H., 2014. Colony performance of *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera, Meliponina) in a Greenhouse of *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae). *Sociobiology*, 61 (1): 60-67. doi:10.13102/sociobiology.v61i1.60-67.
- Bartholomé O., Lavorel S., 2019. Disentangling the diversity of definitions for the pollination ecosystem service and associated estimation

- Bartolucci F., Peruzzi L., Galasso G., Albano A., Alessandrini A., Ardenghi N.M.G., Astuti G., Bacchetta G., Ballelli S., Banfi E., Barberis G., Bernardo L., Bouvet D., Bovio M., Cecchi L., Di Pietro R., Domina G., Fascetti S., Fenu G., Festi F., Foggi B., Gallo L., Gottschlich G., Gubellini L., Iamónico D., Iberite M., Jiménez-Mejías P., Lattanzi E., Marchetti D., Martinetto E., Masin R.R., Medagli P., Passalacqua N.G., Peccenini S., Pennesi R., Pierini B., Poldini L., Prosser F., Raimondo FM, Roma-Marzio F., Rosati L., Santangelo A., Scoppola A., Scortegagna S., Selvaggi A., Selvi F., Soldano A., Stinca A., Wagensommer R.P., Wilhelm T., Conti F., 2018. Una checklist aggiornata della flora vascolare originaria dell'Italia, *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 152(2): 179-303. DOI:10.1080/11263504.2017.1419996
- Bartomeus I., Park M. G., Gibbs J., Danforth B. N., Lakso A.N., Winfree R., 2013. Biodiversity ensures plant-pollinator phenological synchrony against climate change. *Ecology Letters*, 16(11):1331– 1338. <https://doi.org/10.1111/ele.12170>
- Bashir M.A., Alvi A.M., Khan K.A., Rehmani M.I.A., Ansari M.J., Atta S., Ghramh H.A., Batool T., Tariq M. Role of pollination in yield and physicochemical properties of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) *Saudi J. Biol. Sci.* 2018;25:1291–1297.
- Baswana K. S., 1984. Role of insect pollination on seed production in coriander and fennel. *South Indian Hort.* 32:117-118.
- Benachour K., Louadi K., 2011. Foraging behavior of bees (Hymenoptera: Apoidea) on male and female flowers of cucumber (*Cucumis sativus* L.) (Cucurbitaceae) in Constantine area (Algeria).. *Annales-Societe Entomologique de France*, 47:63-70.
- Benton T.G., Vickery J.A., Wilson J.D., 2003. Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology and Evolution* 18:182– 188. doi: 10.1016/S0169-5347(03)00011-9
- Berger G., Pfeffer H., 2011. Naturschutzbrachen im Ackerbau. Praxishandbuch für die Anlage und optimierte Bewirtschaftung kleinflächiger Lebensräume für die biologische Vielfalt. Verlag Natur & Text (Rangsdorf): 1–160.
- Bezabih G., Gebretsadikan K., 2014. Managed honeybees (*Apis mellifera* L.) increase onion (*Allium cepa*) seed yield and quality. *Livestock Research for Rural Development* 26(1)
- Bianco P.M, Bellucci V., 2017. Apoidei Indicatori della qualità ambientale. *Argomenti*, 2:48-53.
- Biesmeijer J.C., Roberts S.P.M., Reemer M., Ohlemüller R., Edwards M., Peeters T., Kunin W.E., 2006. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science*, 313(80):351– 354. <https://doi.org/10.1126/science.1127863>
- Bispo dos Santos S.A., Roselino A.C., Hrnçir M., Bego L.R., 2009. Pollination of tomatoes by the stingless bee *Melipona quadrifasciata* and the honey bee *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae). *Genet. Mol. Res.*, 8 (2):751-757.
- Bolchi Serini G., 1988. Api e flora, un'alleanza antica. *Atti dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia Rendiconti*, 36:37-52.
- Bomfim I.G.A., Cruz D.O., Freitas B.M., Aragão F.A.S., 2013. Polinização em melancia com e sem semente. Fortaleza, Brazil: Embrapa

- Agroindústria Tropical (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 168), 53pp.
- Bommarco R., Lundin O., Smith H.G., Rundlöf M., 2012. Drastic historic shifts in bumble-bee community composition in Sweden. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279: 309–315. doi: 10.1098/rspb.2011.0647
- Bosch J., Retana J., Cerdá X., 1997. Flowering phenology, floral traits and pollinator composition in a herbaceous Mediterranean plant community. *Oecologia* 109:583–591. doi:10.1007/s004420050120
- Brand N., Chapuisat M., 2012. Born to be bee, fed to be worker? The caste system of a primitively eusocial insect. *Front. Zool.* 9 (35):1–9
- Bretagnolle V., Gaba S., 2015. Weeds for bees? A review. *Agron Sustain Dev*, 35:891–909. doi:10.1007/s13593-015-0302-5
- Brittain C.A., Vighi M., Bommarco R., Settele J., Potts S.G., 2010. Impacts of a pesticide on pollinator species richness at different spatial scales. *Basic Appl. Ecol.*, 11:106–115. doi: 10.1016/j.baae.2009.11.007
- Brittain, C., Kremen, C., & Klein, A. M., 2013. Biodiversity buffers pollination from changes in environmental conditions. *Global Change Biology*, 19(2):540–547. <https://doi.org/10.1111/gcb.12043>
- Brown M.J., Paxton R.J., 2009. The conservation of bees: a global perspective. *Apidologie* 40:410–416. doi: 10.1051/apido/2009019
- Buchmann S.L., 1983. Buzz pollination in angiosperms. In: Jones, C. E. & Little, R. J. (Eds.), *Handbook of Experimental Pollination Biology* (pp. 73–113). New York: Scientific and Academic Editions
- Buchmann S.L., Nabhan G.P., 1997. *The forgotten pollinators*. Island Press, Washington DC, USA.
- Buchmann S.L., Ascher J.S., 2005. The plight of pollinating bees. *Bee World*, 86:71–74
- Budrys E., 2001. On the origin of nest building behavior in digger wasps. *Norwegian Journal of Entomology*, 48:45–49.
- Burger H., Ayasse M., Häberlein C., Schulz S., Dötterl S., 2010. Echium and Pontechium specific floral cues for host-plant recognition by the oligolectic bee *Hoplitis adunca*. *South African Journal of Botany* , 76:788–795. 10.1016/j.sajb.2010.08.003.
- Cabello Saenz F., de Luis Villota P., Tortosa Tortola M.E., 1994. Palynological study of the pollen of *Vitis vinifera* L. cultivars. Some aspects of sculpturing and pollination. *Vitis*, 33:57–61.
- Campos M.G., Markham K., Cunha A., 1997. Bee-pollen: composition, properties and applications. In Mizrahi, A. (Ed) *Bee products*. Plenum publishing Company, London, UK. 93–100.
- Campos M., 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 and Bee World* 47(2):156–163
- Canale A., Loni A., 2010. Insects visiting olive flowers (*Olea europaea* L.) in a Tuscan olive grove. *Journal of Zoology*. 92. 95–98.
- Caprio, E. & Nervo B., & Isaia M., & Allegro G., & Rolando A., 2015. Organic versus conventional systems in viticulture: Comparative effects on spiders and carabids in vineyards and adjacent forests. *Agricultural Systems*. 136:61 - 69. 10.1016/j.agsy.2015.02.009.
- Cardina J., Herms C.P., Doohan D.J., 2002. Crop rotation and tillage system effects on weed seedbanks. *Weed Sci* 50:448–460. doi:10.1614/0043-1745(2002)050[0448:CRATSE]2.0.CO;2

- Cardinal S, Straka J, Danforth BN. 2010. Comprehensive phylogeny of apid bees reveals the evolutionary origins and antiquity of cleptoparasitism. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107:16207–16211.
- Cardoso A.I.I., 2002. Avaliação de cultivares de pepino tipo caipira sob ambiente protegido em duas épocas de semeadura. *Bragantia* 61:43-48.
- Cardoso A.I.I., Silva N., 2003. Avaliação de híbridos de pepino tipo japonês sob ambiente protegido em duas épocas de cultivo. *Horticultura Brasileira* 21: 170-175.
- Carreck N., Williams I., 1998. The economic value of bees in the UK. *Bee World*, 79:115-123.
- Carvell C., Meek W.R., Pywell R.F. et al., 2007. Comparing the efficacy of agri-environment schemes to enhance bumble bee abundance and diversity on arable field margins. *J Appl Ecol*, 44:29–40. doi:10.1111/j.1365-2664.2006.01249.x
- Casquet E., 1998. Principios de economía agraria. Zaragoza: Acribia.
- Cauich O., Quezada-Euán J.J.G., Macias-Macias, J.O., Reyes- Oregel V., Medina-Peralta S., Parra-Tabla V., 2004. Behavior and pollination efficiency of *Nannotrigona perilampoides* (Hymenoptera: Meliponini) on greenhouse tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) in subtropical México. *J. Econ. Entomol.*, 97: 475–481.
- CCS Haryana Agricultural University (CCSHAU) 2000. Annual report 1999-2000, Regional Research Station CCS Haryana Agricultural University, Karnal.
- Chaudhary O.P., 2006. Diversity, foraging behaviour of floral visitors and pollination ecology of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *J. of Spices and Aromatic Crops*, 15: 34-41. 23.
- Chaudhary O.P., Singh J., 2007. Diversity, temporal abundance, foraging behaviour of floral visitors and effect of different modes of pollination on coriander (*Coriandrum sativum* L.). *J. of Spices and Aromatic Crops*, 16: 8-14. 24.
- Chaudhary O.P., Singh J., Dashad S.S., 2002. Foraging behaviour and pollination ecology of honeybees on fennel (*Foeniculum vulgare*). *Proceedings, 6th Asian Apicultural Association (AAA) International Conference, Bangalore, 24 February to 1 March, 2002.*
- Cloyd R.A., 2019. Effects of Pesticides and Adjuvants on the Honey Bee in *Apis mellifera*: An Updated Bibliographic Review. In: Rebolledo Ranz R.E. (ed.), *Modern Beekeeping - Bases for Sustainable Production*. IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.89082. Available from: <https://www.intechopen.com/online-first/effects-of-pesticides-and-adjuvants-on-the-honey-bee-apis-mellifera-an-updated-bibliographic-review>
- COM 2018/395. L'iniziativa dell'UE a favore degli impollinatori. Bruxelles, 1.6.2018. Comunicazione della Commissione a Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0395&from=EN>
- COM 2020/380. Strategia dell'UE sulla biodiversità per il 2030. Riportare la natura nella nostra vita. https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/strategia_dell27ue_sulla_biodiversita_per_il_2030_it.pdf

- COM 2020/381. Dal produttore al consumatore per un sistema alimentare equo, sano e rispettoso dell'ambiente Commissione Europea Bruxelles, 20.5.2020.
https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/una_strategia_dal_prodotto_re_al_consumatore_it.pdf
- Comba M., Comba L., 2010. Gli apoidei apiformi del Parco Nazionale del Circeo (Hymenoptera, Apoidea). Bollettino dell'Associazione Romana di Entomologia, 65 (1-4):385-434.
- Contessi A., 1983, 5° ed. 2016. Le api. Edagricole.
- Cruz D.O., Campos, L.A.O., 2009. Polinização por abelhas em cultivos protegidos. R. Bras. Agric., 15: 5-10.
- Cullen M.G., Thompson L.J., Carolan J.C., Stout J.C., Stanley D.A., 2019. Fungicides, herbicides and bees: A systematic review of existing research and methods. PLoS ONE 14(12): e0225743. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0225743>
- Cuthbertson A.G.S., Brown M.A., 2006. The value of the honey bee and the need for it to be protect-ed. Biodiversity News,35, in press.
- Cuthbertson A.G.S., Murchie A.K., 2005a. European red spider mite – an environmental consequence of persistent chemical pesticide application. International Journal of Environmental Science and Technology, 2:287-290.
- Cuthbertson A.G.S., Murchie A.K., 2005b. Anystis baccarum – an apple orchard assassin. Biologist,52: 324-327.
- Dafni, A., 1992. Pollination Ecology, a Practical Approach. Oxford University Press, Oxford p. 250.
- Danforth BN, Eardley CD, Packer L, Walker K, Pauly A, Randrianambinintsoa FJ. 2008. Phylogeny of Halictidae with an emphasis on endemic African Halictinae. Apidologie 9: 86–101.
- Dalio J. S. 2018 "Foraging Activity of Dwarf Honey Bee (Apis Florea) On Bloom of Ocimum Basilicum L." Quest Journals Journal of Research in Agriculture and Animal Science, vol. 05, no. 1, 2018, pp. 11–14.
- Damon S., Hewitt J., Nieder M., Bennett A.B., 1988. Sink metabolism in tomato fruit: phloem unloading and sugar uptake. Plant Physiol., 87: 731-736.
- Davies K.F., Margules C.R., Lawrence J.F., 2000. Which traits of species predict population declines in experimental forest fragments? Ecology, 81:1450-1461
- Delaplane K.S., Mayer D.R., Mayer D.F. Cabi; 2000. Crop pollination by bees.
- Del Sarto M.C.L., Peruquetti R.C., Campos L.A.O., 2005. Evaluation of the neotropical stingless bee *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) as pollinator of greenhouse tomatoes. J. Econ. Entomol., 98: 260-266. doi: 10.1603/0022-0493-98.2.260.
- Delaplane K.S., Mayer D.F., 2000. Crop Pollination by Bees. New York, Oxon (CABI Publishing). 352 S., zahlr. s/w Fotos. ISBN 0-85199-448-2
- De Luca P., Bussiere L., Souto-Vilarós D., Goulson D., Mason A., Vallejo-Marin M., 2012. Variability in bumblebee pollination buzzes affects the quantity of pollen released from flowers. Oecologia. 172. 10.1007/s00442-012-2535-1.
- Dempsey W. H., Boynton J. E., 1965. Effect of seed number on tomato fruit size and maturity. P. Am. Soc. Hortic. Sci., 86: 575-581. Botrytis

- L.) under Chitwan condition. M. Sc. Thesis, Institute of Agriculture and Animal Sciences.
- Dennis E., Marina M., 2009. A Historical Review of Managed Honey Bee Populations in Europe and the United States and the Factors that May Affect Them. *Journal of invertebrate pathology*. 103 Suppl 1. S80-95. 10.1016/j.jip.2009.06.011.
- Dhakal G., 2003. Efficiency of *Apis mellifera* L. and *Apis cerana* F. for pollinating mustard and buckwheat. M. Sc. Thesis, Institute of Agriculture and Animal Sciences, Rampur, Chitwan, Nepal.
- Dicks L.V., Corbet S.A., Pywell R.F., 2002. Compartmentalization in plant-insect flower visitor webs. *J Anim Ecol* 71:32–43. doi:10.1046/j.0021-8790.2001.00572.x
- Dietemann V., Neumann P. e Ellis J. (2012). The coloss beebook - Part 1. *Journal of Apicultural Research*. 52. 1-3. 10.3896/IBRA.1.52.1.01.
- Dorjay N., Shankar U., Abrol D.P., 2017. Insect Visitors on Cucumber and Bittergourd Flowers and Impact on Quantity of Crop Production by Different Pollination Treatment. *Journal of Apiculture*. 32. 10.17519/apiculture.2017.06.32.2.77.
- Edwards P.J., Kollmann J., Wood D., 1999. The agroecosystem in the landscape: implications for biodiversity and ecosystem function. *Agrobiodiversity: Characterization, Utilization and Management* (eds D. Wood & J.M. Lenné), pp. 183–210. CAB International, Wallingford, UK.
- Eeraerts M., Smaghe G., Meeus I., 2019. Pollinator diversity, floral resources and semi-natural habitat, instead of honey bees and intensive agriculture, enhance pollination service to sweet cherry. *Agriculture Ecosystems & Environment*. 284.
- Elbgami T., Kunin W., Hughes W., Biesmeijer J., 2014. The effect of proximity to a honeybee apiary on bumblebee colony fitness, development, and performance. *Apidologie*; 45:504-513. 10.1007/s13592-013-0265-y.
- Emery C. 1909. Über den Ursprung der dulotischen, parasitischen und myrmekophilen Ameisen. *Biologisches Centralblatt* 29: 352–362.
- Eurostat, 2019. Olive trees cover 4.6 million hectares in the EU. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/DDN-20190301-1?inheritRedirect=true>
- Eurostat News-release 32/2019 - 21 February 2019 - Structure of orchards in 2017 Two-thirds of the EU's fruit plantation area is concentrated in Spain, Italy and Poland. <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/9603938/5-21022019-AP-EN/826b6eac-e1ce-43d2-816e-062b0be9859f>
- Fabian Y., Sandau N., Bruggisser O.T et al., 2013. The importance of landscape and spatial structure for hymenopteran-based food webs in an agro-ecosystem. *J Anim Ecol* 82:1203–1214. doi:10.1111/1365-2656.12103.
- FAO 2018 Second edition. The pollination of cultivated plants extension of knowledge base pollination services for sustainable agriculture: a compendium for practitioners, pp.342. I , II & III.
- Fiedler, A.K., Landis, D.A., Wratten, S.D., 2008. Maximizing ecosystem services from conservation biological control: the role of habitat management. *Biol. Control* 45, 254–271.
- Fijena T.P., Schepera J.A., Vogela C., van Ruijvena J., Kleijn D., 2020. Insect pollination is the weakest link in the production of a hybrid seed crop. *Agriculture Ecosystems & Environmental*, 290, 1 March.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880919303597>

- 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. *J Apic.* doi:10.2478/jas-2013-0018
- Földesi R., Kovács-Hostyánszki A., Korösi Á., Somay L., Elek Z., Markó V., Sárospataki M., Bakos R., Varga Á., Nyisztor K., et al., 2016. Relationships between wild bees, hoverflies and pollination success in apple orchards with different landscape contexts. *Agric. For. Entomol.*;18:68–75. doi: 10.1111/afe.12135.
- Fortunato L., Buian F.M., Chiesa F., Zandigiaco P., 2013. Note biologiche su *Anthidium florentinum* nell'Italia nord-orientale (Hymenoptera, Megachilidae). *Bollettino Soc. Naturalisti "Silvia Zenari", Pordenone* 37/2013 pp. 137-145 ISSN 1720-0245
- Free J.B., 1964. Comparison of the importance of insect and wind pollination of apple trees. *Nature*, 201:726-727.
- Free J.B., 1993. *Insect pollination of crops* 2nd ed. Academic Press, London, U.K., 684 pp.
- Fu F., Kocher S.D., Nowak M.A., 2015. The risk-return trade-off between solitary and eusocial reproduction. *Ecol. Lett.*, 18:74–84.
- Gabriel D., Thies C., Tschardt T., 2005. Local diversity of arable weeds increases with landscape complexity. *Perspect Plant Ecol Evol Syst* 7:85–93. doi:10.1016/j.ppees.2005.04.001
- Gabriel D., Tschardt T., 2007. Insect pollinated plants benefit from organic farming. *Agric Ecosyst Environ* 118:43–48. doi:10.1016/j.agee.2006.04.005
- Garibaldi L.A., Steffan-Dewenter I., Kremen C. et al., 2011. Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecol Lett* 14:1062–1072. doi:10.1111/j.1461-0248.2011.01669.x
- Gathmann A., 1998. *Bienen, Wespen und ihre Gegenspieler in der Agrarlandschaft: Artenreichtum und Interaktionen in Nisthilfen, Aktionsradien und Habitatbewertung.* Cuvillier Verlag (Göttingen): 1–156.
- Gathmann A., Tschardt T., 2002. Foraging ranges of solitary bees. *Journal of Animal Ecology* 71: 757–764. doi: 10.1046/j.1365-2656.2002.00641.x.
- Gerardo Palma, José Javier G. Quezada-Euán, Virginia Meléndez-Ramirez, Javier Irigoyen, Gustavo R. Valdovinos-Nuñez, and Manuel Rejón "Comparative Efficiency of *Nannotrigona perilampoides*, *Bombus impatiens* (Hymenoptera: Apoidea), and Mechanical Vibration on Fruit Production of Enclosed Habanero Pepper," *Journal of Economic Entomology* 101(1), 132-138, (1 February 2008). [https://doi.org/10.1603/0022-0493\(2008\)101\[132:CEONPB\]2.O.CO;2](https://doi.org/10.1603/0022-0493(2008)101[132:CEONPB]2.O.CO;2)
- Ghazali H.M.Z., Naz T., Fatima I., Saghir N. Morphological variations in different accessions of *Eruca sativa*. *J. Sci.* 2014;4:452–458.
- Ghazoul J., 2005. Buzziness as usual? Questioning the global pollination crisis. *Trends Ecol. Evol.*, 20:367–373. doi: 10.1016/j.tree.2005.04.026.
- Ghazoul J. 2005. Response to Steffan-Dewenter et al.: questioning the global pollination crisis. *Trends Ecol. Evol.*;20:652–653.

- Gill R.J., Raine N.E., 2014. Chronic impairment of bumblebee natural foraging behaviour induced by sublethal pesticide exposure. *Funct. Ecol.*, 28:1459–1471. doi: 10.1111/1365-2435.12292. [
- Gillaspay G., Ben-David H., Gruissem W., 1993. Fruits: a developmental perspective. *The Plant Cell*, 5: 1439–1451.
- Girotti s., Ghini S., Ferri E., Bolelli I., Colombo R., Serra G., Porrini C. e Sangiorgi s. 2020. Bioindicators and biomonitoring: honeybees and hive products as pollution impact assessment tools for the Mediterranean area. Conference paper Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration (2020) 5:62, <https://doi.org/10.1007/s41207-020-00204-9>
- Goulson D., 2003. Effects of Introduced Bees on Native Ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 34:1-26.
- Goulson D., Hanley M.E., Darvill B., Ellis J.S., Knight M.E., 2005. Causes of rarity in bumblebees. *Biological Conservation* 122: 1–8. doi: 10.1016/j.biocon.2004.06.017
- Goulson D., Lye G.C., Darvill B., 2008. Decline and Conservation of Bumble Bees. *Annu. Rev. Entomol.*, 53:191–208. doi: 10.1146/annurev.ento.53.103106.093454.
- Grace A., 2010. *Introductory Biogeography to Bees of the Eastern Mediterranean and Near East*. Bexhill Museum. Sussex. United Kingdom.
- Gray D., Steckel J., 2008. Self- and open-pollination as factors influencing seed quality in leek (*Allium porrum*). *Annals of Applied Biology*. 108. 167 - 170. 10.1111/j.1744-7348.1986.tb01977.x.
- Greenleaf S.S., Williams, N.M., Winfree R., Kremen C., 2007. Bee foraging ranges and their relationship to body size. *Oecologia*, 153(3):589–596. <https://doi.org/10.1007/s00442-007-0752-9>.
- Grossi N, Gaetani M., Volterrani M., Pardini G., Scalabrelli G. (2000). L'inerbimento del vigneto: un triennio di sperimentazione in un ambiente della Maremma Toscana. *Rivista di Agronomia*, 34, 41-47.
- Gruber B., Eckel K., Everaars J., Dormann C.F., 2011. On managing the red mason bee (*Osmia bicornis*) in apple orchards. *Apidologie* 42:564–576. <https://doi.org/10.1007/s13592-011-0059-z>
- Guerra Sanz J.M., 2008. Crop pollination in greenhouses. In: *Bee Pollination in Agricultural Ecosystems*. James, R.R., Pitts-Singer, T.L. (eds.), New York: Oxford University Press, Inc., pp. 27-47.
- Haldhar S., Kumar R., Samadia D.K., Singh B., Singh, H., 2018. Role of insect pollinators and pollinizers in arid and semi-arid horticultural crops. 5.
- Harrison B., 2005. U.S. beekeepers make history with first Australian bee imports. *American Bee Journal*, 145:287-289.
- Hawthorn, L.R., Bohart, G.E. and Toole, E.H., 1960. Carrot seed production as affected by insect pollination. *Utah Agric. Expt. Sta. Bull.* pp. 418-422. 40.
- Heard T.A., 1999. The role of stingless bees in crop pollination. *Ann. Rev. Entom.*, 44:183-206. doi: 10.1146/annurev.ento.44.1.183.
- Herrmann M., 2000. Ökologisch-faunistische Untersuchungen an Bienen und Wespen in einer extensiv genutzten Agrarlandschaft (Hymenoptera, Aculeata). *Cuvillier Verlag (Göttingen)*:1–149.
- Hikawa M., Miyanaga R., 2009. Effects of pollination by *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) on tomatoes in protected culture. *Appl. Entomol. Zool.*, 44: 301-307. doi:

- Hill D.E., 2001. Grape tomato trials. Connecticut Agricultural Experiment Station – Bulletin, v. 978.
- Höcherl N., Siede R., Illies I., Gätschenberger H., Tautz J., 2011. Evaluation of the nutritive value of maize for honey bees. *Journal of insect physiology*, 58: 278-85. [10.1016/j.jinsphys.2011.12.001](https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2011.12.001).
- Hogendoorn K., Bartholomaeus F., Keller M.A., 2010. Chemical and sensory comparison of tomatoes pollinated by bees and by a pollination wand. *J. Econ. Entomol.*, 103: 1286-1292. doi: 10.1603/EC09393.
- Hogendoorn K., Gross C.L., Sedgley M., Keller M.A., 2006. Increased tomato yield through pollination by native Australian blue-banded bees (*Amegilla chlorocyanea* Cockerell). *J. Econ. Entomol.*, 99: 828-833.
- Hogendoorn K., Steen Z., Schwarz M.P., 2000. Native Australian carpenter bees as a potential alternative to introducing bumble bees for tomato pollination in greenhouses. *J. Apicult. Res.*, 39 (3): 67-74.
- Holt R.D., Lawton J.H., Polls G.A., Martinez N.M., 1999. Trophic rank and the species-area relationship. *Ecology*, 80: 1495-1504.
- Holzschuh A., Steffan-Dewenter I., Kleijn D., Tscharntke T., 2007. Diversity of flower-visiting bees in cereal fields: effects of farming system, landscape composition and regional context. *J. Appl. Ecol.* 44: 41–49. doi: 10.1111/j.1365-2664.2006.01259.x
- Holzschuh A., Steffan-Dewenter I., Tscharntke T., 2008. Agricultural landscapes with organic crops support higher pollinator diversity. *Oikos.*, 117:354–361. doi: 10.1111/j.2007.0030-1299.16303.x.
- Hoopingarner R.A., Waller G.D., 1993. Crop pollination. In: *The hive and the honeybee* (Ed:Graham J M). Dadant and Sons, Carthage, Illinois,USA.
- Hudson P.J., Dobson A.P., Lafferty K.D., 2006. Is a healthy ecosystem one that is rich in parasites? *Trends in Ecology and Evolution*, 21(7):381-385.
- Hussein, M. H. and Abdel-Aal, S. A. 1982. Wild and honeybees as pollinators of 10 plant species in Assiut area. *Egypt Z. Angew. Ent.* 93:342-346. 41.
- Ibrahim, S. H. and Salim, H. A. 1962. Studies on the pollen collection from *Eucalyptus* spp. and *Compositae* plants by the honeybee. *Agric. Res. Rev. Cairo*, 40:116-123. 42.
- Illbi H., Boztok K., Cockshull K.E., Tuzel Y., Gul A., 1994. The effects of different truss vibration durations on the pollination and fruit set of greenhouse grown tomatoes. *Acta Hortic.*, 366: 73-78.
- Imanishi S., Hiura I., 1975. Relationship between fruit weight and seed content in the tomato. *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.*, 44: 33-40.
- Imperatriz-Fonseca V.L., Canhos D.A.L., Alves D.A., Saraiva A.M. (Orgs.), Sao Paulo, Brazil: Edusp, pp. 213–236.
- IPBES, 2016. 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, and H. T. Ngo (eds). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. 552 pages. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3402856>
- IPBES, 2019. Coalition of the Willing on Pollination Grows - Again! | <https://ipbes.net/news/coalition-willing-pollination-grows-again>.
- ISO TC34/SC19 Bee Products Secretariat, 2019. The Establishment of ISO TC 34/SC 19. https://www.apiservices.biz/documents/articles-en/iso_standards_bee_products.pdf
- ISPRA, 2020. Il Declino delle api e degli impollinatori. Risposta alle domande più frequenti. Serie Quaderni, n.12/2020.

- https://www.isprambiente.gov.it/files2020/pubblicazioni/quaderni/d eclino-impollinatori_quaderno-ispra_20maggio2.pdf
- ISPRA. 2018. Rapporto nazionale pesticidi nelle acque dati 2015-2016 - Edizione 2018. ISPRA Rapporti 281/2018. <https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/rapporto-nazionale-pesticidi-nelle-acque-dati-2015-2016.-edizione-2018#:~:text=L'ISPRA%20realizza%20il%20rapporto,ai%20rischi%20di%20tali%20sostanze.&text=Il%20rapporto%20esamina%20le%20situazioni,alla%20presenza%20di%20specifiche%20sostanze.>
- ISPRA, 2019. Annuario dei Dati Ambientali ISPRA - Edizione 2019. <https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/stato-dellambiente/annuario-dei-dati-ambientali-edizione-2019>
- ISTAT 2019. Dati disponibile al link: https://www.istat.it/it/files//2021/01/IWP_8-2020.pdf
- Jarau S., Hrcncir M., Zucchi R., Barth, F. G., 2000. Recruitment behavior in stingless bees, *Melipona scutellaris* and *M. quadrifasciata*: foraging at food sources differing in direction and distance. *Apidologie*, 31: 81-91.
- Jauker F., Diekötter T., Schwarzbach F., Wolters V., 2009. Pollinator dispersal in an agricultural matrix: opposing responses of wild bees and hoverflies to landscape structure and distance from main habitat. *Landscape Ecology* 24: 547–555. doi: 10.1007/s10980-009-9331-2
- Jones M.D., Tamargo M.A., 1954. Agents concerned with natural crossing of kenaf. *Cuba. Agron. J.* 46:459-462.
- Kakar K.L., 1980. Prospects of bees a pollinating agent of cauliflower, proceeding of 2nd International Conference of Apiculture Tropical Climates, pp. 545- 556.
- Kalin-Arroyo M.T., 1981. Breeding systems and pollination biology in leguminosae.p.723-69.
- Kambal A.E., Bond D.A.K., Tonybee-Clark G., 1976. A study on the pollination mechanism in field beans (*Vicia faba* L.). *Journal of Agriculture Science, (Camb.)* 87:517-526.
- Kampny C.M. 1995. Pollination and Flower Diversity in Scrophulariaceae. *Botanical Review*, 61(4):350-366
- Published By: Springer Kant K. Singh B., Meena S.R., Ranjan J.K., Mishra B.K., Solanki R.K. and Kumar, M. 2013. Relative abundances and foraging behaviour of honey bee species on minor seed spice crops. *International J. Seed Spices.* 3:51-54.
- Kapil, R. P., Grewal, G. S., Kumar, S. and Atwal, A. S. 1971. Insect pollination of rapeseed and mustard. *Indian J. Ent.* 33:61-66.
- Karmakar P., 2013. Pollination Biology of *Citrus Auiifrantolia* (Christm.) Swingle: A Medicinally Important Fruit Plant. *International Journal of Innovative Research and Development*, 2: 138-142.
- Kaftanglu O., 1999. Domestication of bumblebees (*Bombus terrestris*) and using them in the greenhouses for the pollination of cultivated crops. Final report of TU-Pollination Project under the NATO Science for Stability Program. Adana, Turkey.
- Kaule G., 1991. Arten- und Biotopschutz. Ulmer (Stuttgart): 1–519.
- Kearns C. A., Inouye D. W., 1993. Techniques for pollinations biologists. Niwot, Colorado: University press of Colorado.
- Kehinde, T., Samways M.J., 2014b. Management defines species turnover of bees and flowering plants in vineyards. *Agricultural and Forest Entomology*, 16(1):95–101. <https://doi.org/10.1111/afe.12038>

- Kehinde, T., Samways, M.J., 2014a. Insect-flower interactions: Network structure in organic versus conventional vineyards. *Animal Conservation*, 17(5), 401–409. <https://doi.org/10.1111/acv.12118>
- Keith M. 1995. Insect as source of pollinating of crops. *Journal of Entomological Sciences*, 18: 271-274.
- Kevan P.G., Straver W.A., Offer M., Laverty T.M., 1991. Pollination of greenhouse tomatoes by bumblebees in Ontario. *Proc. Entomol. Soc. Ontario* 122, 15–19.
- Klatt B.K., Holzschuh A., Westphal C., Clough Y., Smit I., Pawelzik E., Tscharrntke T., 2014. Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value. *Proceedings of the Royal Society Series B, Biological Sciences*, 281:20132440.
- Kleijn D., Berendse F., Smit R., Gillisen N., 2001. Agri-environmental schemes do not effectively protect biodiversity in Dutch agricultural landscapes. *Nature*, 413:723–725.
- Kluser S., Peduzzi P., 2007. Global pollinator decline: a literature review. *UNEP/DEWA/GRID-Europ*.
https://www.researchgate.net/publication/239903454_Global_Pollinator_Decline_A_Literature_Review
- Koh I., Lonsdorf E.V., Williams N.M., Brittain C., Isaacs R., Gibbs J., Ricketts T.H., 2016. Modeling the status, trends, and impacts of wild bee abundance in the United States. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*.;113:140–145. doi: 10.1073/pnas.1517685113.
- Kratschmer S., Pachinger B., Schwantzer M., Paredes D., Guernion M., Burel F., Winter S., 2018. Tillage intensity or landscape features: What matters most for wild bee diversity in vineyards? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 266:142–152.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.07.018>
- Kratschmer S., Pachinger B., Schwantzer M., Paredes D., Guzmán G., Gómez J. A., Entrenas J. A., Guernion M., Burel F., Nicolai A., Fertil A., Popescu D., Macavei L., A. Hoble, C. Bunea, M. Kriechbaum, J, G. Zaller, S, Winter 2019. Response of wild bee diversity, abundance, and functional traits to vineyard inter-row management intensity and landscape diversity across Europe. *Ecology and Evolution*. 2019; 1–13
https://www.researchgate.net/publication/331691290_Response_of_wild_bee_diversity_abundance_and_functional_traits_to_vineyard_inter-row_management_intensity_and_landscape_diversity_across_Europe/fulltext/5c885ee845851564fad9cc8b/Response-of-wild-bee-diversity-abundance-and-functional-traits-to-vineyard-inter-row-management-intensity-and-landscape-diversity-across-Europe.pdf
- Kremen C., 2005. Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology? *Ecol. Lett.*, 8: 468–79. doi: 10.1111/j.1461-0248.2005.00751.x.
- Kremen C., Williams N.M., Aizen M.A. 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. doi:10.1111/j.1461-0248.2007.01018.x
- Kremen C., Williams N.M., Thorp R.W., 2002. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*.;99:16812–16816. doi: 10.1073/pnas.262413599.
- Kumar M., Jaiswal B.K., 2012. Effect of honeybee (*Apis mellifera* L.) pollination on yield and quality in coriander. *Indian Journal of Entomology*, 74:281-284.

- Kumar P., Singh D., 2004. Prospects of beekeeping in Ludhiana district of Punjab. *Indian Bee J.*66:108-11. 53.
- Kumar R., Jayesh K.C., Kumar R., 2004. Crossability in pomegranate (*Punica granatum* L.). *Indian Journal of Horticulture*, 61:209-210.
- Labreuche J., Laurent F., Roger-Estrade J., 2014. Faut-il travailler le sol? Acquis et innovations pour une agriculture durable. Editions Quae
- Le Féon V., Schermann-Legionnet A., Delettre Y., Aviron S., Billeter R., Bugter R., Hendrickx F., Burel F., 2010. Intensification of agriculture, landscape composition and wild bee communities: A large scale study in four European countries. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 137:143–150. doi: 10.1016/j.agee.2010.01.015.
- Lentini P.E., Martin T.G., Gibbons P. et al., 2012. Supporting wild pollinators in a temperate agricultural landscape: maintaining mosaics of natural features and production. *Biol Conserv* 149:84–92. doi:10.1016/j.biocon.2012.02.004
- Lin N., Michener C.D., 1972. Evolution of sociality in insects. *Q. Rev. Biol.* 47 (2), 131–159.
- Lindström Sandra A. M., Herbertsson L., Rundlöf M., Bommarco R., Smith H.G., 2016. Experimental evidence that honeybees depress wild insect densities in a flowering crop. *Proc. R. Soc. B.*28320161641 <http://doi.org/10.1098/rspb.2016.1641>
- Longo S., 2002. Ruolo degli agroecosistemi nella conservazione della biodiversità. *Tecnica Agricola*, 3-4:73-79.
- Lumpkin D., 2005. Overcoming obstacles during 2005 almond pollination. *American Bee Journal*, 145:290-294.
- Lye G. C., Jennings S.N., Osborne J.L., Goulson D., 2011. Impacts of the use of nonnative commercial bumble bees for pollinator supplementation in raspberry. *J. Econ. Entomol.* 104: 107–114.
- MacIvor J.S., 2017. Cavity-nest boxes for solitary bees: a century of design and research. *Apidologie* 48:311–327. <https://doi.org/10.1007/s13592-016-0477-z>
- Malyshev S.I., 1935. The nesting habits of solitary bees. *Eos* 11: 201-309, pls. III-XV
- Marchini L.C., Almeida D., Vásquez M.A., Moreti A.C. Otsuk L.P. 2006. Observações sobre a polinização de melão (*Cucumis melo* L.) cultivado em estufa. *Review Agriculture*, 81:100-111.
- Masierowska M. 2003. Floral nectaries and nectar production in brown mustard (*Brassica juncea*) and white mustard (*Sinapis alba*)(*Brassicaceae*), *Plant Syst. Evol.*;238:97–107.
- Matheson A., Buchmann S.L., O'Toole C., Westrich P., Williams I.H. eds., 1996. *The conservation Biology of bees* London. Academic Press: 252 pp.
- Mazzeo G., Longo S., Bella S., 1999. Il censimento dei pronubi in Sicilia. *Tecnica Agricola*, 4:67-75.
- Mazzeo G., Longo S., Bella S., 2002. I pronubi rivelati su colture minori in Sicilia orientale. *Atti XIX Congresso Nazionale di Entomologia (Catania 10-15 giugno)*:1275-1280.
- Mazzeo G., Longo S., Palmeri V., Bella S., 2001. Anthophilous insect indicating biodiversity in natural and cultivated sicilian environments. *Ins. Soc. Life*, 4:93-100.
- Mazzeo G., Longo S., Palmeri V., Seminara A., Bella S., Zappala L., 2004. Anthophilous insect in fruit orchards on mount Etna (Italy). *Redia*, 88:247-251

- Mazzeo G., Longo S., Seminara A., Bella S., Ferrauto G., 2007a. Preliminary observations on anthophilous insect and foraging behaviour of *Apis mellifera* L. in a protected area of the Etna park. *Redia*, 90:109-113.
- Mazzeo G., Seminara A., Bella S., Ferrauto G., Longo S., 2007b. Osservazioni sugli apoidei e sull'attività di *Apis mellifera* L. in un'area alto montana del Parco dell'Etna. *Apoidea*, 4: 163-168.
- McGregor S. E., 1976. Insect pollination of cultivated crop plants. Washington: United States Department of Agriculture.
- Meena N.K., Singh B., Kant K., Meena R.D., Solanki R.K., 2015. Role of insect pollinators in pollination of seed spices-A review. *International Journal of Seed Spices*, 5:1-17.
- Memmott J., Craze P.G., Waser N.M., Price M. V Global warming and the disruption of plant-pollinator interactions. *Ecol. Lett.* 2007;10:710-717. doi: 10.1111/j.1461-0248.2007.01061.x.
- Michener C.D., 1964. Evolution of the nest of bees. *American Zoologist*, 4: 227-239
- Michener C.D., 1974. The social behavior of the bees - a comparative study. Cambridge: Belknap Press.
- Michener C.D., 2000. The bees of the world. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, USA and London, UK.
- Michener C.D., 2007 The bees of the world. Second edition. The Johns Hopkins University Press (Baltimore):1-953.
- Michener C.D., 2007. The bees of the world. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
- MIPAF, Osservatorio Miele. Linee guida per la salvaguardia degli impollinatori
http://www.sementi.it/informazione/download/Linee_guida_impollinatori.pdf
- Monterastelli E., 2018. Le altre api. Guida pratica alla scoperta degli Apoidei. 92 pag., Edizioni Montanonda.
- Morandin L.A., Laverty T.M., Kevan P.G., 2001. Effect of bumble bee (Hymenoptera: Apidae) pollination intensity on the quality of greenhouse tomatoes. *J. Econ. Entomol.*, 94 (1):178-179.
- Morandin L.A., Winston M.L., Franklin M.T., Abbott V.A., 2005. Lethal and sub-lethal effects of spinosad on bumble bees (*Bombus impatiens* Cresson) *Pest Manag. Sci.*; 61:619-626. doi: 10.1002/ps.1058.
- Morrison J., Izquierdo J., Plaza E.H., González-Andújar J.L., Hernández E., González-Andújar J.L., 2017. The role of field margins in supporting wild bees in Mediterranean cereal agroecosystems: Which biotic and abiotic factors are important? *Agric. Ecosyst. Environ.*;247:216-224. doi: 10.1016/j.agee.2017.06.047.
- Morse R.A., Calderone N.W., 2000. The value of honey bees as pollinators of U.S. crops in 2000. *Bee Culture*, 128 (3), special pullout supplement.
- Morse R.A., Flottum K., 1997. Honey Bee Pests, Predators & Diseases. The A.I. Root Company, Medina, Ohio, USA.
- Müller A., Diener S., Schnyder S., Stutz K., Sedivy C., Dorn, S., 2006. Quantitative pollen requirements of solitary bees: implications for bee conservation and the evolution of bee-flower relationships. *Biological Conservation*, 130, 604-615.
- Mukherjee S., Mandal A., Gupta S., Datta A.K., 2013. Pollination event s in *Nigella sativa* L. (Black cumin). *Int. J. Res. Ayurveda Pharm.*, 4(3):342-344.

- Müller A., Praz C., Dorchin A., 2018. Biology of Palaearctic *Wainia* bees of the subgenus *Caposmia* including a short review on snail shell nesting in osmiine bees (Hymenoptera, Megachilidae). *Journal of Hymenoptera Research*, 65. 61-89. [10.3897/jhr.65.27704](https://doi.org/10.3897/jhr.65.27704).
- 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, pp. 15050-15050
- Murphy S.D., Clements D.R., Belaoussoff S. et al., 2006. Promotion of weed species diversity and reduction of weed seedbanks with conservation tillage and crop rotation. *Weed Sci*, 54:69–77. doi:10.1614/WS-04-125R1.1
- Narayan L., Nisha S., Jayshri B., 2017. Honey bees: a model insect in horticultural crop production. *Innovative Farming*, 2(1):72-76.
- Nichols R.N., Goulson D., Holland J.M., 2019. The best wildflowers for wild bees. *J Insect Conserv* 23, 819–830 (). <https://doi.org/10.1007/s10841-019-00180-8>
- Nicholson C.C., Koh I., Richardson L.L., Beauchemin A., & Ricketts T.H., 2017. Farm and landscape factors interact to affect the supply of pollination services. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 250:113–122. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.08.030>.
- Nicodemo D., Couto R.H.N., Malhieros E.B., Dejong D., 2009. Honey bee as an effective pollinating agent of pumpkin. *Scientia Agricola*, 66:476-480.
- Nicoli Aldini R., 2007. Etologia degli Apoidei presociali (Hymenoptera Apoidea). *APoidea*, 4:150-162.
- Nielsen A., Steffan-Dewenter I., Westphal C., Messinger O., Potts S.G., Roberts S.P.M., Settele J., Szentgyörgyi H., Vaissière B.E., Vaitis M., Woyciechowski M., Bazos I., Biesmeijer J.C., Bommarco R., Kunin W.E., Tscheulin T., Lamborn E., Petanidou T., 2011. Assessing bee species richness in two Mediterranean communities: importance of habitat type and sampling techniques. *Ecol Res*, 26:969–983.
- Nieto A., Roberts S.P.M., Kemp J., Rasmont P., Kuhlmann M., García Criado M., Biesmeijer J.C., Bogusch P., Dathe H.H., De la Rúa P., De Meulemeester T., Dehon M., Dewulf A., Ortiz-Sánchez F.J., Lhomme P., Pauly A., Potts S.G., Praz C., Quaranta M., Radchenko V.G., Scheuchl E., Smit J., Straka J., Terzo M., Tomozii B., Window J., Michez D., 2014. European Red List of bees. Luxembourg: Publication Office of the European Union.
- Nilsson, A.L., 1998. Deep flowers for long tongues. *Trends in Ecology and Evolution* 13:259–260.
- Nobile V., Turrisi G.F., 1999. Contributo alla conoscenza degli Apoidei cleptoparassiti di Sicilia. IV. La tribù Coelioxyni (Hymenoptera, Apoidea, Megachilidae). *Bollettino dell'Accademia Gioenia Scienze Naturali*, 32 (n° 356): 161-170
- O'Connor S.A., 2013. The Nesting Ecology of Bumblebees. A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy Institute of Biological & Environmental Sciences School of Natural Sciences The University of Stirling. <https://core.ac.uk/download/pdf/20443717.pdf>
- Ollerton, J., Winfree, R. e Tarrant, S. (2011) Quante piante fiorite sono impollinate dagli animali? *Oikos* 120, 321-326 <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x>

- Ortiz-Sánchez F.J., Belda J., 1994. Fenología de una comunidad de Apoidea (Hymenoptera) en medio agrícola en el sreste de España. *Boletín De Sanid. Veg. Plagas.*, 20:725-735.
- O'Toole C., Raw A., 2004. *Bees of the world*. Facts On File, New York.
- Painkra G.P., 2019. Foraging behaviour of Italian Honey bees, *Apis mellifera* (Hymenoptera Apidae) in broccoli flowers. 11. 681-683.
- Palma G., Quezada-Euán J.J.G., Meléndez-Ramírez V., Irigoyen J., Valdovinos-Nuñez G.R., Rejón. M., 2008. Comparative Efficiency of *Nannotrigona perilampoides*, *Bombus impatiens* (Hymenoptera: Apoidea), and Mechanical Vibration on Fruit Production of Enclosed Habanero Pepper. *J. Econ. Entomol.*, 101:132-138.
- Partap U., 2011. The pollination role of honeybees. In Hepburn H.R.; Radloff S. (eds), *Honeybees of Asia*. Berlin, Germany, Springer-Verlag. pp 227-255.
- Pashte V.V., Kulkarni S.R., 2015. Role of pollinators in qualitative fruit crop production: A Review. *Trends in Biosciences*, 8:3743-49.
- Patel R. M., Patel R.A., Patel R.M., 1966. Extent of natural cross pollination in cumin. *Indian J. of Genetics and Plant Breeding*, 26:220-222. 81.
- Paydas S., Eti S., Kaftanglu O., Yasa E., Derin, K., 2000. Effects of pollination of strawberries grown in plastic greenhouses by honeybees and bumblebees on the yield and quality of the fruits. *Acta Hort.*, 513: 443-451.
- Pekkarinen A., 1998. Oligolectic bee species in Northern Europe (Hymenoptera, Apoidea). *Entomologica Fennica*, 8:205-214.
- Petanidou T., Lamborn E., 2005. A land for flowers and bees: studying pollination ecology in Mediterranean communities. *Plant Biosyst - Int J Deal Asp Plant Biol* 139:279-294. doi:10.1080/11263500500333941
- Petanidou T., Van Laere A., Ellis W.N., Smets E., 2006. What shapes amino acid and sugar composition in Mediterranean floral nectars? *Oikos* 115:155-169. doi:10.1111/j.2006.0030-1299.14487.x
- Petanidou T., Vokou D., 1993 Pollination ecology of Labiatae in a phryganic (East Mediterranean) ecosystem. *Am J Bot* 80:892-899. doi:10.2307/2445509
- Peterson L.E., 1990. A study of some factors affecting the yield and composition of fennel oil (*Foeniculum vulgare* Mill.). Ph. D. Diss. Univ. Tasmania. 82.
- Phillips B.B., Aidan W., Osborne J.L., Shaw R.F., 2018. Shared traits make flies and bees effective pollinators of oilseed rape (*Brassica napus* L.), *Basic and Applied Ecology*, 32:66-76. ISSN 1439-1791, <https://doi.org/10.1016/j.baae.2018.06.004>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S143917911830032X>
- Pienti M., 2015. Caratterizzazione microbiologica del polline d'api sottoposto a diversi metodi di conservazione. Tesi di Laurea Università di Pisa, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agroambientali Corso di Laurea in Biosicurezza e Qualità degli Alimenti. <https://core.ac.uk/download/pdf/79621109.pdf>
- Pinke G., Pál R., Botta-Dukát Z., Chytrý M., 2009. Weed vegetation and its conservation value in three management systems of Hungarian winter cereals on base-rich soils. *Weed Res* 49:544-551. doi:10.1111/j.1365-3180.2009.00730.x

- Plachter H., 1991. Naturschutz. G. Fischer (Stuttgart):1–463.
- Plachter H., Bernotat D., Müssner R., Riecken U., 2002. Entwicklung und Festlegung von Methodenstandards im Naturschutz. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz, 70:1–566.
- Porrini C., 2004. La salvaguardia degli insetti pronubi per la conservazione della biodiversità. Atti XIX Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, Catania 10-15 giugno 2002, Litografia Tipografica Polaris, Sondrio: 1303-1308.
- Portman ZM, Orr MC, Griswold T (2019) A review and updated classification of pollen gathering behavior in bees (Hymenoptera, Apoidea). *Journal of Hymenoptera Research* 71: 171–208. <https://doi.org/10.3897/jhr.71.32671>
- Potts S., Willmer P., 1997. Abiotic and biotic factors influencing nest-site selection by *Halictus rubicundus*, a ground-nesting halictine bee. *Ecol Entomol* 22:319–328. doi:10.1046/j.1365-2311.1997.00071.x
- Potts S.G., Vulliamy B., Roberts S. et al., 2005. Role of nesting resources in organising diverse bee communities in a Mediterranean landscape. *Ecol Entomol* 30:78–85. doi:10.1111/j.0307-6946.2005.00662.x
- Potts S.G., Petanidou T., Roberts S., O'Toole C., Hulbert A., Willmer P., 2006. Plant-pollinator biodiversity and pollination services in a complex Mediterranean landscape. *Biol Conserv*, 129:519–529.
- Potts S.G., Biesmeijer J.C., Kremen C., Neumann P., Schweiger O., Kunin W.E., 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends Ecol. Evol.* 25:345–353.
- Pratap U., 1997. Bee flora of the Hindu-KushHimalayas: Inventory and management. ICIMOD, Kathmandu, Nepal. PUB.
- Praz C.J., 2017. Subgeneric classification and biology of the leafcutter and dauber bees (genus *Megachile* Latreille) of the western Palearctic (Hymenoptera, Apoidea, Megachilidae). *Journal of Hymenoptera Research* 55: 1-54. <https://doi.org/10.3897/jhr.55.11255>
- Prudent M., Causse M., Genard M., Tripodi P., Grandillo S., Bertin N., 2009. Genetic and physiological analysis of tomato fruit weight and composition: influence of carbon availability on QTL detection. *J. Exp. Bot.*, 60:923-937.
- Purseglove J.W., 1968. Tropical crops: Dicotyledons 1, dicotyledons 2. John Wiley and Sons, New York, USA.pp. 719. 83.
- Quaranta M., Ambroselli S., Barro P., Bella S., Carini A., Celli G., Cogoi P., Comba I., Comoli R., Felicioli A., Floris I., Intoppa F., Longo S., Maini S., Manino A., Mazzeo G., Medrzycki P., Nardi E., Niccolini L., Palmieri N., Patetta A., Piatti C., Piazza M. G., Pinzauti M., Porporato M., Porrini C., Ricciardelli D'Albore G., Romagnoli F., Ruiu L., Satta A., Zandigiacomo P., 2004.- Wild bees in agroecosystems and semi-natural landscapes. 1997-2000 collection period in Italy.- *Bulletin of Insectology*, 57:11-61.
- Quaranta M., Ambroselli S., Barro P., Bella S., Carini A., Celli G., Cogoi P., Comba L., Comoli R., Felicioli A., Floris I., Intoppa F., Longo S., Maini S., Manino A., Mazzeo G., Medrzycki P., Nardi, E., Niccolini L., Zandigiacomo P., 2004. Wild bees in agroecosystems and semi-natural landscapes. 1997-2000 collection period in Italy. *Bulletin of Insectology*, 57:11-61.
- Radchenko V., 1980. On the nest structure and trophic links of *Andrena chrysopus* Pér. (Hymenoptera, Andrenidae). *Vestnik Zoologii.* 88–90.

- Radchenko V., 1989. On the nesting of *Andrena nigroaenea* and *Lasioglossum xanthopus* (Hymenoptera, Andrenidae, Halictidae) in the south-eastern Ukraine. *Vestnik Zoologii*. 71–75.
- Radchenko V.G., 1995. Evolution of nest building in bees. *Entomologischeskoe Obzrenie*, 74: 342-354 (in russo; traduzione in inglese: *Entomological Review*, 75: 20-32, 1996).
- Radchenko V.G. & Pesenko Y.A., 1994a. *Biology of Bees*. 350 pp. St. Petersburg: Russian Academy of Sciences (in russo; riassunto in inglese: 314-331).
- Radchenko V.G. & Pesenko Y.A., 1994b. Protobee and its nests: A new hypothesis concerning the early evolution of Apoidea. *Entomologischeskoe Obzrenie*, 73: 913-933 (in russo; traduzione in inglese: *Entomological Review*, 75: 140-162, 1996).
- Rahnama AA., Rahkhodaei E., 2014. The effects of date pollinizer variety and pollination time on fruit set and yield of Medjhol date palm. *Journal of Advances in Agriculture*, 2(2):67-71.
- Raj H & Mattu VK. 2014. Diversity and distribution of insect pollinators on various temperate fruit crops in Himachal Himalaya, India. *International Journal of Science and Nature*, 5:626-631.
- Ramachandran S., Singh S.K., Larroche C., Soccol C.R., Pandey A. Oil cakes and their biotechnological applications – a review. *Bioresour. Technol.* 2007;98:2000–2009
- Ramanujam, S., Joshi, B. S. and Saxena, M. B. L. 1964. Extent and randomness of cross pollination in some umbliferous spices of India. *Indian J. of Genetics and Plant Breeding*. 24 (1):62-67. 84.
- Ramirez SR, Roubik DW, Skov C, Pierce NE. 2010. Phylogeny, diversification patterns and historical biogeography of euglossine orchid bees (Hymenoptera: Apidae). *Biological Journal of the Linnean Society* 100: 552–572.
- Rasekh M., Sadeghi H., Hosseini M., 2013. Effects of insect pollinators on onion seed production quality and quantity. 2. 395-402.
- Raw A. 1972. The biology of the solitary bee *Osmia rufa* (L.) (Megachilidae). *Transactions of the Entomological Society of London* 124: 213–229.
- Rao G.M., Suryanarayan M.C., 1989. Effect of honeybee pollination on seed yield in onion (*Allium cepa* L.). *Indian Bee Journal*, 51:9-11.
- Rehan S.M., Schwarz M.P., Richards M.H., 2011. Fitness consequences of ecological constraints and implications for the evolution of sociality in an incipiently social bee. *Biol. J. Linnean Soc.* 103 (1):57–67.
- Rezkova K., Žáková M., Žáková Z., Straka J., 2011. Analysis of nesting behavior based on daily observation of *Andrena vaga* (Hymenoptera: Andrenidae). *J Insect Behav* 25:24–47. doi:10.1007/s10905-011-9274-8.
- Ricciardelli D'Albore G., Intoppa F., 2000. *Fiori e api in Europa*. Edagricole.
- Ricciardelli D'Albore G., Persano O.L., 1981. *Flora Apistica italiana*. Istituto sperimentale zoologia agraria and Federazione italiana apicoltori, Interstampa, Rome.
- Ricciardelli D'Albore G., Piatti C., 2002. Gli Apoidei pronubi di specie spontanee officinali, commestibili e protette nell'Italia centrale. *Entomologica*, Bari, 36 (2002):45-60.
- Richards A.J., 1986. *Plant Breeding Systems*. Chapman Hall, New York, USA. 89.

- Robinson R.A., Sutherland W.J., 2002. Post-war changes in arable farming and biodiversity in Great Britain. *J. Appl. Ecol.*, 39:157–176. doi: 10.1046/j.1365-2664.2002.00695.x.
- Rollin O., 2013. Etude multi-échelle du patron de diversité des abeilles et utilisation des ressources fleuries dans un agrosystème intensif. Thèse de Doctorat, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse.
- Rollin O., Benelli G., Benvenuti S. et al., 2016. Weed-insect pollinator networks as bio-indicators of ecological sustainability in agriculture. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 36, 8. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0342-x>
- Rollin O., Bretagnolle V., Decourtye A. et al., 2013. Differences of floral resource use between honey bees and wild bees in an intensive farming system. *Agric Ecosyst Environ*, 179:78–86. doi:10.1016/j.agee.2013.07.007
- Rosa-Schleich J., Loos J., Mußhoff O., Tscharrntke T. 2019. Ecological-economic trade-offs of Diversified Farming Systems – A review. *Economics.*, vol. 160, June 2019, Pages 251-263. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.03.002> Ecological
- Rozen JG. 1991. Evolution of cleptoparasitism in anthophorid bees as revealed by their mode of parasitism and first instars. *American Museum Novitates* 3029:1–36.
- Rozen JG, Kamel SM. 2007. Investigations on the biologies and immature stages of the cleptoparasitic bee genera *Radoszkowskiana* and *Coelioxys* and their *Megachile* hosts (Hymenoptera: Apoidea: Megachilidae: Megachilini). *American Museum Novitates* 3573: 1–43.
- Rozen JG, Özbek H, Ascher JS, Rightmyer MG. 2009. Nesting and cleptoparasitism in Osmiine bees. *Biological Journal of the Linnean Society*, 2013, 108, 349–360.
- Roubik D.W., 1989. Ecology and natural history of tropical bees. Cambridge University Press, Cambridge.
- Roubik D.W., 1995. Pollination of cultivated plants in the tropics. FAO Agricultural Services Bulletin, 118, Rome.
- Rubene D., Schroeder M., Ranius T., 2015. Diversity patterns of wild bees and wasps in managed boreal forests: Effects of spatial structure, local habitat and surrounding landscape. *Biological Conservation*, 184:201-208. ISSN 0006-3207. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.01.029>.
- (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320715000506>)
- Sagar P., 1981. Role of insects in cross-pollination of fennel crop at Ludhiana. *J. Res. Ludhiana*, 18:388-392.
- Sanford M.T., 1992. Pollination of citrus by honey bees. RFAA092. Florida Coop. Ext. Serv., Inst. of Food and Agric. Sci., Univ. of Florida.
- Saure C., Berger G., 2006. Flächenstilllegungen in der Agrarlandschaft und ihre Bedeutung für Wildbienen. *Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg* 15 (2):55–65.
- Saure C., Kühne S., Hommel B., Bellin U., 2003. Transgener, herbizidresistenter Raps – Blütenbesuchende Insekten, Pollenausbreitung und Auskreuzung. *Agrarökologie* 44:1–103.
- Science for Environment Policy, 2020. Pollinators: importance for nature and human well-being, drivers of decline and the need for monitoring. Future Brief 23. Brief produced for the European Commission DG Environment. Bristol: Science Communication Unit, UWE Bristol.

- Sedivy C, Dorn S, Widmer A, Müller A. 2012. Host range evolution in a selected group of osmiine bees (Hymenoptera: Megachilidae): the Boraginaceae-Fabaceae paradox. *Biological Journal of the Linnean Society*.
- Sedivy C, Müller A., Dorn S., 2011. Closely related pollen generalist bees differ in their ability to develop on the same pollen diet: Evidence for physiological adaptations to digest pollen. *Functional Ecology*. 25. 718 - 725. [10.1111/j.1365-2435.2010.01828.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2010.01828.x).
- Sedivy C., Dorn S., Müller A., 2013. Evolution of nesting behaviour and kleptoparasitism in a selected group of osmiine bees (Hymenoptera: Megachilidae). *Biological Journal of the Linnean Society* 108 (2): 349-360.
- Schindler M., Wittmann D., 2011. Auswirkungen des Anbaus vielfältiger Fruchtfolgen auf wir-bellose Tiere in der Agrarlandschaft. Feldstudien an Blütenbesuchern und Bodenarthropoden. *Landwirtschaftliche Fakultät der Universität Bonn. Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes USL* 167: 1–80.
- Schindler M., Peters B., 2011. Eignen sich die Mauerbienen *Osmia bicornis* und *Osmia cornuta* als Bestäuber im Obstbau? *Erwerbs-Obstbau* 52:111–116 (<https://doi.org/10.1007/s10341-010-0118-z>).
- Schindler M., Diestelhorst O., Hartel S., Saure C., Schanowski A., Schwenninger H.R., 2013. Monitoring agricultural ecosystems by using wild bees as environmental indicators. *BioRisk* 8:53–71.
- Schmid-Egger C., 1994. Die Eignung von Stechimmen (Hymenoptera: Aculeata) zur naturschutzfachlichen Bewertung am Beispiel der Weinbergslandschaft im Enztal und im Stromberg (nordwestliches Baden-Württemberg). *Cuvillier (Göttingen)*:1–230.
- Schütte R., Bergmann H., 2019. The attitudes of French and Spanish winegrowers towards the use of cover crops in vineyards. *Journal of Wine Research*. <https://doi.org/10.1080/09571264.2019.1568975>
- Schwenninger H.R., 1992. Untersuchungen zum Einfluß der Bewirtschaftungsintensität auf das Vorkommen von Insektenarten in der Agrarlandschaft, dargestellt am Beispiel der Wildbienen (Hymenoptera: Apoidea). *Zool. Jb. Syst.*, 119:543–561.
- Sedivy C. , Dorn S. , Müller, A. (2013). Evolution of nesting behaviour and kleptoparasitism in a selected group of osmiine bees (Hymenoptera: Megachilidae). *Biological Journal of the Linnean Society*. 108. 349-360. [10.1111/j.1095-8312.2012.02024.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2012.02024.x).
- Seminara A., Bella S., Mazzeo G., Longo S., 2009. Risultati di un triennio di studi sugli insetti antofili in un biotopo del vulcano Etna. *Apoidea*, 6:27-35.
- Sepp K., Mikk M., Mänd M., Truu J., 2004. Bumblebee communities as an indicator for landscape monitoring in the agri-environmental programme. *Landscape and Urban Planning*, 67:173–183. [doi: 10.1016/S0169-2046\(03\)00037-9](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(03)00037-9).
- Sedivy C., Dorn S., Müller A., 2013. Evolution of nesting behaviour and kleptoparasitism in a selected group of osmiine bees (Hymenoptera: Megachilidae). *Biological Journal of the Linnean Society*. 108. 349-360. [10.1111/j.1095-8312.2012.02024.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2012.02024.x).
- Senato della Repubblica, 2021. Dossier Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza – Servizio studi del Senato della Repubblica e della Camera dei deputati - 25 gennaio 2021

- Sgolastra F., Blasioli S., Renzi T., Tosi S., Medrzycki P., Molowny-Horas R., Porrini C., Braschi I., Lethal effects of Cr (III) alone and in combination with propiconazole and clothianidin in honey bees. *Chemosphere*, 191:365–372. doi: 10.1016/j.chemosphere.2017.10.068.
- Sgolastra F., Medrzycki P., Bortolotti L., Renzi T., Tosi S., Bogo G., Teper D., Porrini C., Bosch J., Renzi M.T., et al., 2017. Synergistic mortality between a neonicotinoid insecticide and an ergosterol-biosynthesis-inhibiting fungicide in three bee species. *Pest Manag. Sci.*, 73:1236–1243. doi: 10.1002/ps.4449. [
- Shah I., Shah M., Khan A., Usman A., 2015. Response of insect pollinators to different cucumber, *Cucumis sativus* L. (Cucurbitales: Cucurbitaceae) varieties and their impact on yield. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 3: 374378.
- Shakeel M., Inayatullah M. 2013. Impact of insect pollinators on the yield of canola (*Brassica napus*) in Peshawar, Pakistan. *J. Agric. Urban Entomol.*;29:1–5.
- Shakeel, M., Mian Inayatullah, H.A., 2015. Checklist of insect pollinators and their relative abundance on two canola (*Brassica napus*) cultivars in Peshawar, Pakistan.
- Sharma H.K., Gupta J.K., Thakur J.R., 2004. Effect of bee pollination and polliniser proportion on apple productivity. *Acta Horticulturae*, 662:451-454.
- Shavit O. Dafni A., Ne'emanc G., 2009. Competition between honeybees (*Apis mellifera*) and native solitary bees in the Mediterranean region of Israel—Implications for conservation. *Journal of Plant Sciences*, 57: 171–183. DOI: 10.1560/IJPS.57.3.171
- Sheffield, C. S., Pindar A., Packer L.A., Kevan P.G., 2013. The potential of cleptoparasitic bees as indicator taxa for assessing bee communities.” *Apidologie* 44: 501-510. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01201320/file/13592_2013_Article_200.pdf
- Sheffield C.S., 2014. Pollination, seed set and fruit quality in apple: studies with *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae) in the Annapolis Valley, Nova Scotia, Canada. *J Pollinat Ecol* 12:120–128
- Shelar D.G., Suryanarayana M.C., 1981. Preliminary studies on pollination of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Indian Bee J.*, 43:110-111.
- Shilova S.N., 1972. The flowering biology of dill and fennel. *Nauchnye Turdy Maikopskoi Opytnoi Stantsii VNII Rastenievodstva*, 5:115-120.
- Sihag R.C., 1986. Insect pollination increase seed production in cruciferous and umbelliferous crops. *Journal of Apiculture Research*, 25:121-126.
- Singh B., 2002. Effectiveness of different pollinators on yield and quality of greenhouse grown tomatoes and melons: A review. *Haryana J. Hort. Sci.*, 31:245-250. 103.
- Singh D., Meena M.L., Choudhary M.K., 2011. Boosting seed spices production technology through front line demonstrations. *International J. Seed Spices*, 1:81-85
- Singh H., Swaminathan R., Haldhar S.M., 2016. Foraging behavior of insect pollinators on coriander. *Indian Journal of Arid Horticulture*, 11:74-80.
- Solomon M.G., 1987. Fruit and Hops. In: *Integrated Pest Management* (Ed's: Burn A J, Coaker T H and Jepson P C). Academic Press. London.
- Soucy S.L., Danforth B.N., 2002. Phylogeography of the socially polymorphic sweat bee *Halictus rubicundus* (Hymenoptera: Halictidae). *Evolution* 56 (2), 330–34.

- Southwick E.E., Southwick L.J., 1992. Estimating the economic value of honey bees (Hymenoptera: Apidae) as agricultural pollinators in the United States. *Journal of Economic Entomology*, 85:621-633.
- Steffan-Dewenter I., 1998. Wildbienen in der Agrarlandschaft: Habitatwahl, Sukzession, Bestäubungsleistung und Konkurrenz durch Honigbienen. *Agrarökologie* 27. Verlag Agrarökologie (Hannover):1-134.
- Steffan-Dewenter I., 2003. Importance of habitat area and landscape context for species richness of bees and wasps in fragmented orchard meadows. *Conservation Biology*, 17 (4):1036-1044.
- Steffan-Dewenter I., Klein A.-M., Gaebele V., Alfert T., Tscharntke T., 2006. Bee diversity and plant-pollinator interactions in fragmented landscapes. In: Waser N.M. & Ollerton J., *Plantpollinator interactions, from specialization to generalization*. The University of Chicago Press, Chicago and London: 387-407.
- Steffan-Dewenter I., Potts S.G., Packer L., 2005. Pollinator diversity and crop pollination services are at risk. *Trends Ecol. Evol.*, 20:651-653. doi: 10.1016/j.tree.2005.09.004.
- Steffan-Dewenter I., Tscharntke T., 1999. Effects of habitat isolation on pollinator communities and seed set. *Oecologia*, 121:432-440.
- Steffan-Dewenter I., Tscharntke T., 2002. Insect communities and biotic interactions on fragmented calcareous grasslands-a mini review. *Biological Conservation*, 104:275-284.
- Stephen W.P., Every R.W., 1970. Nesting media for the propagation of leaf cutter bees. Corvallis, Oregon Extension Service, Oregon State University.
- Stern R.A., Eisikowitch D., Dag A., 2001. Sequential introduction of honeybee colonies and doubling their density increases cross-pollination, fruit-set and yield in 'Red Delicious' apple. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 76:17-23.
- Stone G.N., 1994. Activity patterns of the solitary bee *Anthophora plumipes* in relation to temperature, nectar supplies and body size. *Ecological Entomology*, 19:177-189.
- Strid A., 1969. Evolutionary trends in the breeding system of *Nigella* (Ranunculaceae). *Bot. Not.*, 122:380-396. 109.
- Sundararaj D.D., Soundapandian G., Alikhan A.M.M., 1963. Preliminary observations on fennel (*Foeniculum vulgare*) with species reference to floral biology. *Madras Agr. J.*, 50:235-238.
- Sydenham M.A.K., Eldegard K., Totland Ø., 2014. Spatio-temporal variation in species assemblages in field edges: Seasonally distinct responses of solitary bees to local habitat characteristics and landscape conditions. *Biodivers. Conserv.*, 23:2393-2414. doi:10.1007/s10531-014-0729-z.
- Tanksley S., 1985. Honeybees and chile peppers. *Beekeeping*, 2:3-4. 112.
- Tasei, J. N. 1972.
- Temple M.L., Emmett B.J., Scott P.E., Crabb R.J., 2001. Economic Policy Evaluation of DEFRA's Bee Health Programme, ADAS Consulting Ltd., Woodthorne, Wergs Road Wolverhampton WV68TQ. Report to Department for Environment, Food and Rural Affairs, London, United Kingdom. 112pp.
- Thapa R.B., 2003. Pesticide pollution and integrated pest management. In: F. P. Neupane (ed.) *Integrated Pest Management in Nepal Proceedings of the National Seminar*, 25-26 September, 2002 Himalayan Resource Institute, New Baneshwor, Kathmandu, Nepal. pp. 175-194. 119.

- Thomson J.D., Goodell K., 2001. Pollen removal and deposition by honeybee and bumblebee visitors to apple and almond flowers. *Journal of Applied Ecology*, 38, 1032-1044.
- Thomson D., 2004. Competitive interactions between the invasive European honey bee and native bumble bees. *Ecology*, 85(2): 458-470.
- Tompkins, J.M.L., 2009. Endemic New Zealand plants for pest management in vineyards. In: *Proceedings of the 3rd International Symposium on Biological Control of Arthropods*, Christchurch, New Zealand, 8-13 February 2009. USDA, Forest Health Technology Enterprise Team, pp. 234-245.
- Tscharntke T., Tylianakis JM, Rand TA et al (2012) Landscape moderation of biodiversity patterns and processes—eight hypotheses. *Biol Rev*, 87:661-685. doi:10.1111/j.1469-185X.2011.00216.x
- Tscharntke T., Gathmann A., Steffan-Dewenter I., 1998. Bioindication using trap nesting bees and wasps and their natural enemies: community structure and seed set. *J. Appl. Ecol.* 35: 708-719. doi: 10.1046/j.1365-2664.1998.355343.x
- Tscharntke T., Klein A.M., Kruess A., Steffan-Dewenter I., Thies C., 2005. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecology Letters* 8: 857-874. doi: 10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x
- Tscheulin T., Neokosmidis L., Petanidou T., Settele J., 2011. Influence of landscape context on the abundance and diversity of bees in Mediterranean olive groves. *Bull Entomol Res.* 2011 Oct; 101(5):557-64. doi: 10.1017/S0007485311000149. Epub Apr 1. Pub Med PMID: 21457587.
- Ungricht S., Müller A., & Dorn S. 2008 A taxonomic catalogue of the Palaearctic bees of the tribe Osmiini Magnolia Press. [file:///C:/Users/Valter/Downloads/Osmiini Catalogue official version .pdf](file:///C:/Users/Valter/Downloads/Osmiini%20Catalogue%20official%20version.pdf)
- USDA, 2006. Improving Forage For Native Bee Crop Pollinators. *Agroforestry Notes* n. 33.
- Vallejo-Marín M., 2019. Buzz pollination: studying bee vibrations on flowers. 224(3 Special Issue: The ecology, evolution, and genetics of plant reproductive systems): 1068-1074.
- Van Nieuwstadt M.G.L., Ruano Iraheta C.E., 1996. Relation between size and foraging range in stingless bees (Apidae, Meliponinae). *Apidologie*, 27: 219-228.
- Van Swaay, C.A.M., Brereton, T., Kirkland, P. and Warren, M.S. (2012) *Manual for Butterfly Monitoring*. Report VS2012.010, De Vlinderstichting/Dutch Butterfly Conservation, Butterfly Conservation UK & Butterfly Conservation Europe, Wageningen
- Velthuis H.H.W., & Van Doorn A., 2006. A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. *Apidologie*, 37: 421-451.
- Venturieri G.C., Alves D.A., Villas-Boas K., Carvalho C.A.L., Menezes C., Vollet-Neto A., Contrera F.A.L., Cortopassi-Laurino M., Nogueira-Neto P., Imperatriz-Fonseca V.L. 2012. Meliponicultura no Brasil: Situação atual e perspectivas futuras para o uso na polinização agrícola. In: *Polinizadores no Brasil: Contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais*.
- Vercelli M. 2020 Metodologia per il monitoraggio degli apoidei in linea con l'iniziativa europea sugli impollinatori. Giornata formativa per il

- monitoraggio e la tutela degli impollinatori ISPRA-24 Febbraio 2020. <https://www.isprambiente.gov.it/it/news/giornata-formativa-per-il-monitoraggio-e-la-tutela-degli-impollinatori>
- Verma L.R., Partap U., 1994. Foraging behavior of *Apis cerana* on cavuliflower and cabbage and its impact on seed production, *Journal of Apicultural Research*, 33: 4, 231-236, DOI: 10.1080 / 00218839.1994.11100876
- Vicens N & Bosch J. 2000. Weather dependent pollinator activity in an apply orchard, with special reference to *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Megachilidae and Apidae). *Environmental Entomology*, 29: 413-420.
- Vorwohl G., 1977. Die Bedeutung der Rebe (*Vitis* spp.) als Pollenspender für die Honigbiene (*Apis mellifica*). *Apidologie*, 8(3), 237– 257.
- Walther-Hellwig K., Frankl R., 2000. Foraging habitats and foraging distances of bumblebees, *Bombus* spp. (Hym., Apidae), in an agricultural landscape. *Journal of Applied Entomology* 124: 299–306. doi: 10.1046/j.1439-0418.2000.00484.x
- Warakomska Z., Kolasa Z., Wroblewska, A. 1982. Floral and pollination biology umbrelliferous vegetables. Part-I. Garden dill (*Anethum graveolens* L.), *Acta Agrobot.* 39: 29-45.
- Warakomska Z., Kolasa Z., Wroblewska, A. 1986. Floral and pollination biology umbrelliferous vegetables. Part-III. Celery (*Anethum graveolens* L. var. rapaceum Gaud.), *Acta Agrobot.* 35: 69-78. 129.
- Warzecha D., Diekötter T., Wolters V., Jauker F., 2018. Attractiveness of wildflower mixtures for wild bees and hoverflies depends on some key plant species. *Insect Conserv. Divers.*;11:32–41. doi: 10.1111/icad.12264.
- Waser N.M., Ollerton J., 2006. *Plant-pollinator interactions: from specialization to generalization*. University of Chicago Press.
- Waykar, B., Baviskar, R.K. and Nikam, T. B. 2014. Diversity of nectariferous and polleniferous bee flora at Anjaneri and Dugarwadi hills of Western Ghats of Nasik district (M. S.). India. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 2: 244-249. 130.
- 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
- Wcislo W.T., Cane J.H., 1996. Floral resource utilization by solitary bees (Hymenoptera: Apoidea) and exploitation of their stored foods by natural enemies. *Annu. Rev. Entomol.*, 41, 257–286.
- Wcislo W.T., Arneson L., Roesch K., Gonzalez V., Smith A., Fernández H. (2004) The evolution of nocturnal behaviour in sweat bees, *Megalopta genalis* and *M. ecuadoria* (Hymenoptera: Halictidae): an escape from competitors and enemies? *Biol. J. Linnean Soc.*, 83:377–387.
- Weber A. 1995. Pollination of *Nigella arvensis* (Ranunculaceae) *Plant Syst. Evol., Suppl.*, 9: 325-326.
- Webster B.D., Ross R.M., Evans, T., 1982. 16 International Journal of Seed Spices Nectar and nectary of *Phaseolus vulgaris* L., *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 107:497-503. 132.
- Weiss K. 1957. The dependence of the cherry harvest on the number of colonies present. *Deut. Bienenw.* 8:124-126. 133.
- Westphal C, Bommarco R., Carré G., Lamborn E., Morison, N., Petanidou T., Potts S., Roberts S., Rgyi H., Tscheulin T., Vaissi B, Woyciechowski

- M., Biesmeijer J., Kunin W., Settele J., Ingolf A., 2008. Measuring bee diversity in different European habitats and biogeographical regions. *Ecological Monographs*, 78: 653-671. 10.1890/07-1292.1.
- Westrich P. 1989. Die wildbienen baden-württembergs. Stuttgart: Ulmer.
- Westrich P., 1996. Habitat requirements of central European bees and the problems of partial habitats. In: Matheson A, Buchmann SL, O'Toole C, Westrich P, Williams IH (Eds) *The Conservation of Bees*, Academic Press (London): 1-16.
- Westrich P., Frommer U., Mandery K., Riemann H., Ruhnke H., Saure C., Voith J., 2012. Rote Liste und Gesamtartenliste der Bienen (Hymenoptera, Apidae) Deutschlands (5. Fassung, Stand Februar 2011). In: Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.): *Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. Band 3: Wirbellose Tiere (Teil 1)*. *Naturschutz und biologische Vielfalt* 70: 373-416.
- Wilcock C., Neiland R. 2002. Pollination failure in plants: why it happens and when it matters. *Trends in Plant Science*, 7- 6: 270-277.
- Williams I.H., 1994. The dependence of crop production within the European Union on pollination by honey bees. *Agricultural Zoology Reviews*, 6:229-257.
- Williams I.H., Carreck N.L., 1994. Land use changes and honey bee forage plants. In Matheson A (Ed) *Forage for bees in an agricultural landscape*. IBRA (Cardiff): 8-20.
- Williams N.M., Crone E.E., Roulston T. H., Minckley R.L., Packer L., Potts S.G., 2010. Ecological and life-history traits predict bee species responses to environmental disturbances. *Biological Conservation*, 143(10):2280-2291. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.03.024>
- Williams P.H., Osborne J.L., 2009. Bumblebee vulnerability and conservation world-wide. *Apidologie*;40:367-387. doi: 10.1051/apido/2009025.
- Wilson E.O., 1971. *The insect societies*. Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University.
- Wilson J.S., Griswold T., Messinger O.J., 2008 Sampling Bee Communities (Hymenoptera: Apiformes) in a Desert Landscape: Are Pan Traps Sufficient? *Journal of the Kansas Entomological Society* 81(3), 2008, pp. 288-300.
- Winfree, R., 2010. The conservation and restoration of wild bees. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1195, 169-197.
- Winston M., 2001. Bees under glass. *Bee Cult.*, 129:13-16
- Wolfenbarger D.O., 1977. Comments on mango pollination. *Proc. Florida State Hort. Soc.* 90:240- 241.
- Woodcock, B.A., Bullock J.M., Mccracken M., Chapman R.E., Ball S.L., Edwards M.E., Pywell R.F., 2016. Spill-over of pest control and pollination services into arable crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 231, 15- 23. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.06.023>.
- Wratten S.D., Gillespie M., Decourtye A., Mader E., Desneux N., 2012. Pollinator habitat enhancement: Benefits to other ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 159, 112- 122. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.06.020>.
- Youngken, H. W. J. 1956. The value of medicinal plants to beekeeping. *Gleanings Cult.* 84: 16-18.

- Zaitoun S., Al-Ghzawi A., Samarah N., Ahmad Alqudah A., 2008. Comparative study in seed yield and flowers attractivity to bee visitors between *Nigella sativa* L. and *Nigella damascena* L. (Ranunculaceae) grown under semiarid conditions. *Ital. J. Agron. / Riv. Agron.*, 2:125-130. 138.
- Zamarlicki C.C., 1984. Evaluation of honeybee plants in Burma-A case study. *Proceedings of the FAO (UN) expert committee.* 57-76.
- Zandigiaco P., Fortunato L., Barbattini R., Frilli F., Pagliano G., Quaranta M., 2013. Apoidea del Friuli Venezia Giulia e di territori confinanti. III. Andrenidae. *Gortania*, 34:101-136.
- Zhang H., Huang J., Williams P.H. et al., 2015. Managed bumblebees outperform honeybees in increasing peach fruit set in china: different limiting processes with different pollinators. *PLoS ONE* 10:e0121143. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121143>
- Zurbuchen A., Landert L., Klaiber J., Müller A., Hein S., Dorn S., 2010a. Maximum foraging ranges in solitary bees: Only few individuals have the capability to cover long foraging distances. *Biological Conservation*, 143(3), 669–676. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.12.003>.
- Zurbuchen A., Landert L., Klaiber J., Müller A., Hein S., Dorn S., 2010b. Maximum foraging ranges in solitary bees: only few individuals have the capability to cover long foraging distances. *Biological Conservation* 143: 669–676. doi: 10.1016/j.biocon.2009.12.003.
- Zurbuchen A., Müller A., 2012. Wildbienenenschutz – Von der Wissenschaft zur Praxis. Bristol-Stiftung Zürich. Haupt (Bern): 1–162.

SITOGRAFIA

- Atlas of the European Bees - STEP project
<http://www.atlashymenoptera.net/page.aspx?id=169>
BWARS (Bee Wasp & Ants Recording Society).
https://www.bwars.com/species_list
- Domande e risposte: Strategia UE sulla biodiversità per il 2030 - Riportare la natura nella nostra vita.
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/it/qanda_20_886
- Strategia UE sulla biodiversità per il 2030.
https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/actions-being-taken-eu/eu-biodiversity-strategy-2030_it
- IUCN, 2018. *Colletes Collaris*. <http://www.iucn.it/scheda-2018.php?id=-487144610>

RIFERIMENTI NORMATIVI

- Decreto 25 luglio 2003 - Approvazione dei metodi ufficiali di analisi da applicarsi per la valutazione delle caratteristiche di composizione del miele. *Gazzetta Ufficiale*, Serie Generale n.185 del 11-08-2003.
https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2003/08/11/03A09206/s_g
- Decreto Legislativo 16 marzo 2006, n. 158 Attuazione della direttiva 2003/74/CE, concernente il divieto di utilizzazione di talune sostanze ad azione ormonica, tireostatica e delle sostanze beta-agoniste nelle

produzioni animali".

<http://www.parlamento.it/parlam/leggi/deleghe/06158dl.htm>

Decreto Legislativo 14 agosto 2012, n. 150 - Attuazione della direttiva 2009/128/CE che istituisce un quadro per l'azione comunitaria ai fini dell'utilizzo sostenibile dei pesticidi. (12G0171) GU Serie Generale n. 202 del 30-08-2012 - Suppl. Ordinario n. 177).
<https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2012/08/30/012G0171/s>

[g](#)

Decreto Interministeriale 22 gennaio 2014 - Adozione del Piano di azione nazionale per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari, ai sensi dell'articolo 6 del decreto legislativo 14 agosto 2012, n. 150.
<https://www.minambiente.it/normative/decreto-interministeriale-22-gennaio-2014-adozione-del-piano-di-azione-nazionale-luso>

DECRETO LEGISLATIVO 17 aprile 2014, n. 69 Disciplina sanzionatoria per la violazione delle disposizioni del regolamento (CE) n. 1107/2009 relativo all'immissione sul mercato dei prodotti fitosanitari e che abroga le direttive 79/117/CEE e 91/414/CEE, nonché del regolamento (CE) n. 547/2011 che attua il regolamento (CE) n. 1107/2009 per quanto concerne le prescrizioni in materia di etichettatura dei prodotti fitosanitari. (14G00080). GU Serie Generale n.103 del 06-05-2014.
<https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2014/05/06/14G00080/s>

[g](#)

Direttiva 2003/74/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 22 settembre 2003 che modifica la direttiva 96/22/CE del Consiglio concernente il divieto di utilizzazione di talune sostanze ad azione ormonica, tireostatica e delle sostanze β -agoniste nelle produzioni animali.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003L0074&from=SK>

[https://eur-lex.europa.eu/legal-content/it/TXT/?uri=CELEX:32009L0128](#)

Direttiva 2009/128/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 21 ottobre 2009 , che istituisce un quadro per l'azione comunitaria ai fini dell'utilizzo sostenibile dei pesticidi.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/it/TXT/?uri=CELEX:32009L0128>

Legge 24 dicembre 2004, n.313 - Disciplina dell'apicoltura.

<https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2004/12/31/004G0346/s>

[g](#)

Legge 30 aprile 1962, n. 283. Modifica degli artt. 242, 243, 247, 250 e 262 del T.U. delle leggi sanitarie approvato con R.D. 27 luglio 1934, n. 1265 : Disciplina igienica della produzione e della vendita delle sostanze alimentari e delle bevande.

<https://www.epicentro.iss.it/ebp/pdf/legge30aprile1962.pdf>

Regolamento CE 889/08 Regolamento della Commissione, del 5 settembre 2008 , recante modalità di applicazione del regolamento (CE) n. 834/2007 del Consiglio relativo alla produzione biologica e all'etichettatura dei prodotti biologici, per quanto riguarda la produzione biologica, l'etichettatura e i controlli (Testo consolidato: Current consolidated version: 07/01/2020).

<https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2008/889/oj/ita>

Regolamento (UE) n. 37/2010 della Commissione del 22 dicembre 2009 concernente le sostanze farmacologicamente attive e la loro classificazione per quanto riguarda i limiti massimi di residui negli alimenti di origine animale.

<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:015:0001:0072:IT:PDF>

QUADERNI

NATURA e BIODIVERSITÀ
16/2021