

B-DRONE: API ARTIFICIALI

A cura di Sarah FLORIS

A.A. 2016-2017



INDICE

INTRODUZIONE	Pag. 2
IL PROGETTO ORIGINALE	Pag 4
<i>API SU RUOTE .</i>	Pag 5
<i>B-DROID VOLANTE</i>	Pag 6
INNOVAZIONE DEL PROTOTIPO GIAPPONESE: ILG	Pag. 7
<i>COMPOSIZIONE E CARATTERISTICHE</i>	Pag 8
Sintesi di ILG	Pag.8
Caratteristiche Fisiche	Pag. 10
<i>PREPARAZIONE DI FIBRE FUNZIONALI</i>	Pag. 12
<i>IMPOLLINAZIONE ARTIFICIALE MEDIANTE UAV</i>	Pag. 15
PRO E CONTRO DELL'USO DEI B-DRONE	Pag. 17
CONCLUSIONI	Pag. 22
BIBLIOGRAFIA	Pag. 23

INTRODUZIONE

“Se le api dovessero scomparire, al genere umano resterebbero cinque anni di vita”.

Albert Einstein

Queste furono le parole usate dal grande fisico teorico tedesco per descrivere una delle situazioni quanto mai più moderne del nostro secolo.

Le api stanno morendo.

In tutto il mondo, le statistiche e le informazioni al riguardo di tale ecatombe hanno raggiunto livelli allarmanti. In Italia, secondo le stime riferite al 2007 dell’Agenzia per la protezione dell’ambiente e i servizi tecnici (Apat), il numero degli insetti si è dimezzato nell’arco di un anno. Una cifra spaventosa dai risvolti gravi, non solo a livello economico (i danni economici stimati per l’agricoltura e l’apicoltura sono di circa 250 milioni di euro) ma anche ambientale.

I delicati equilibri dell’ecosistema e il ciclo naturale di crescita e impollinazione delle piante dipendono intimamente da diverse specie d’insetti ma in particolare da questi piccoli e operosi aculeati.

Il disastro interessa tutta l’Europa, con una perdita tra il 30% e il 50% del patrimonio di api ed è ancora più grave negli Stati Uniti, con punte anche del 60-70% in alcune aree per il fenomeno da spopolamento definito Ccd (Colony collapse disorder).



Figura 1: Apis Melliflua (David Nicholls, 2011)

L’allarme negli USA è scattato già nel 2003 e da allora la strage continua inesorabile.

Le ragioni di questa strage non sono ancora state chiarite con certezza o perlomeno nessuno è in grado di individuare un’unica causa. Si è ipotizzata l’esistenza di diverse concause che, combinate tra loro, stanno alterando il normale ciclo vitale dell’Apis

Mellifera (Vedi: fig. 1) avendo come risultato la decimazione della popolazione.

L'inquinamento di aria, acqua e suolo e i cambiamenti climatici repentini e prolungati sembrano essere i maggiori responsabili del fenomeno, causando oltre che una modifica brutale allo stile di vita dell'insetto in questione anche un'influenza negativa sulla disponibilità e sulla qualità dei pascoli e dell'acqua. Le maggiori responsabilità sono attribuibili all'inquinamento da fitofarmaci e da pesticidi come i neonicotinoidi a base di imidacloprid o il *Gaucho* della Bayer, come affermato già nel 2007 da Giorgio Celli, docente nell'Istituto di entomologia agraria Guido Grandi presso l'Università di Bologna e coordinatore del gruppo di ricerca sulle alternative ai pesticidi in agricoltura.

Altri emeriti scienziati imputano tale fenomeno alla crescita esponenziale dell'inquinamento elettromagnetico. Da anni è noto che le api, stordite e sviolate dal segnale dei telefonini, perdano il senso dell'orientamento (Ferrari, 2014). I cambiamenti climatici hanno per certo giocato un ruolo fondamentale nella morte delle popolazioni di api in tutto il mondo.

L'andamento sempre più irregolare del clima comporta un'interruzione al flusso normale dei nutrienti necessari alle api per la loro crescita e sviluppo, indebolendo di conseguenza le difese dell'alveare.

La situazione ha del preoccupante ma la comunità scientifica non è rimasta con le mani in mano. Una possibile soluzione a tale fenomeno è stata presentata un anno fa dapprima dalla *Warsaw University of Technology* e poi successivamente sviluppata dalla *National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) Nanomaterial Research Institute* giapponese.

Entrambi gli istituti di ricerca stanno lavorando attivamente per lo sviluppo di piccoli droni, noti con il nome di *B-Drone* o *B-Droid*, capaci di aiutare le api e altre specie d'insetti nel loro lavoro d'impollinazione di diverse specie vegetali.

L'atto dell'impollinazione artificiale non è cosa nuova al mondo dell'uomo.

I primi resoconti di tali pratiche si stimano intorno al 800 a.C., al tempo degli Assiri.

Queste antiche genti erano aduse impollinare a mano piante e fiori, come



Figura 2: Frammento di un bassorilievo di epoca assira (800 a.C.), conservato nel Museo delle Belle Arti di Boston (Samuel Hammer)

mostrato in un bassorilievo di quell'epoca conservato nel Museo di Belle Arti di Boston (Vedi: fig.2). Quasi 3.000 anni più tardi, l'impollinazione artificiale ha cambiato solo di forma ma il concetto è rimasto lo stesso.

Prima si adoperavano le mani, presto si adopereranno i droni.

IL PROGETTO ORIGINALE

I primi prototipi di *B-Droid* erano diversi per natura e composizione ma la paternità ufficiale di tutti questi miracoli della robotica va attribuita all'Università di Varsavia e, in particolare, al professor Dalewski che per primo sviluppò il progetto di un'ape "robotica".

Il progetto riguardante lo sviluppo di impollinatori meccanizzati partì originariamente da un team di ricercatori del Warsaw University of Technology (Università di Tecnologia di Varsavia), guidato da Rafał Dalewski dalla Faculty of Power and Aeronautical Engineering (Facoltà d'Ingegneria Aereonautica).

Il progetto iniziale del *B-Droid* era stato inizialmente voluto e sovvenzionato della LEADER (acronimo dal francese *Liaison entre actions de développement de l'économie rurale*, Collegamento tra azioni volte allo sviluppo delle economie rurali), con lo scopo di sviluppare uno strumento meccanizzato per l'impollinazione artificiale delle piante (*Autonomiczny układ do mechanicznego zapylania roślin*).

Il finanziamento consisteva al tempo di circa un milione di zloty (1 Zloty polacco equivale a circa 0,28 centesimi di euro) con lo scopo finale del team di

Dalewski di portare a termine un prototipo funzionante nell'arco di tempo di quattro anni.

Il risultato portato a termine dal team polacco fu lo sviluppo di due prototipi, testati e funzionanti: uno su ruote e l'altro montato su droni e munito di sistemi per il volo, il *B-Droid*.

Il lavoro venne portato a termine con successo da un'equipe ben assortita: al progetto lavorarono programmatori, ingegneri specializzati nell'aerodinamica, ingegneri meccanici, robotici, ricercatori software e periti informatici.

API SU RUOTE

La prima versione del dispositivo impollinatore automatizzato era ben lontano dalla forma aerodinamica ed elegante che prese in seguito. Si trattava di un robot su ruote (*Vedi: fig.3*), munito di un computer integrato ed un software programmato appositamente per controllarne il movimento e il protocollo d'impollinazione.

Ciò gli permetteva di svolgere i propri compiti in completa autonomia;

“Una volta fissato un target, si preme il bottone di start e lui va a lavorare”, spiega Dalewski in un'intervista rilasciata al PAP (Science and Scholarship in Poland News); *“Il robot osserva il terreno utilizzando macchine fotografiche e controlla le immagini rilevate per verificare la presenza dei fiori nelle vicinanze.”*

Inoltre, analizzando le immagini dalle telecamere, questo geniale congegno era capace di ricreare una mappa del terreno dettagliata e determinare la propria posizione in ogni momento.

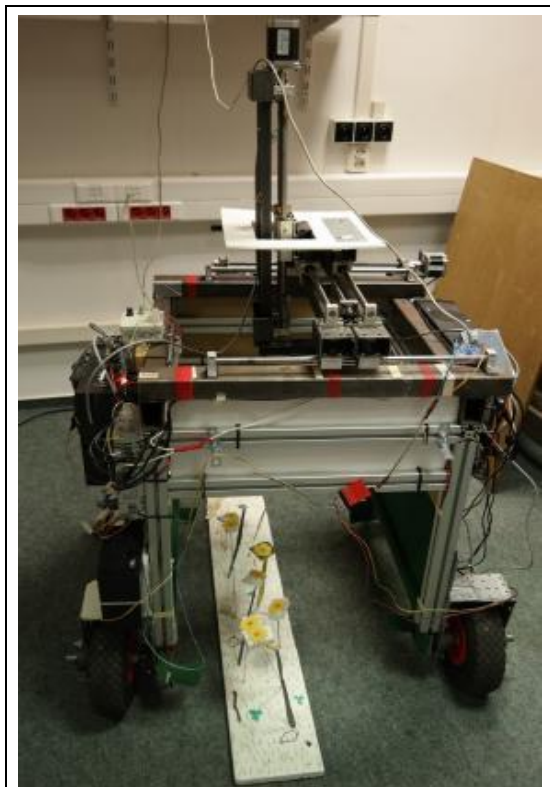


Figura 1: B-Droid a rotelle, prototipo di Dalewski (Google)

Una volta individuato il fiore da impollinare, il software interno calcola l'esatta tipologia di protocolli meccanici da adoperare per tradurre la direttiva primaria in uno spostamento al millimetro verso il fiore bersaglio e in un armonico movimento di un apposito pennello realizzato in setole di animale o in cotone per la raccolta e lo spostamento del polline al fiore successivo che viene rilevato.

La possibilità di monitoraggio di questo prototipo era totale, l'operatore al comando della meccanica era più che in grado di osservare in prima persona lo svolgersi del lavoro del B-Drone, seppur il protocollo e la direttiva base fossero completamente automatizzate.

B-DROID VOLANTE

Il B-Droid (*Vedi: fig.4*) volante consiste di un quadrirotore, il cui software è localizzato a terra in un computer secondario, in costante comunicazione con il sistema di volo del drone. Tutte le operazioni sono supervisionate dal computer esterno ma l'elettronica di bordo consente l'analisi e il trasferimento dei dati, tra le altre cose, oltre che l'atto fisico di trasportare il polline da un fiore all'altro.

Le immagini delle telecamere vengono utilizzati dal computer per pianificare il percorso migliore del drone e farlo "ronzare" di fiore in fiore.

Una volta che si determina la loro

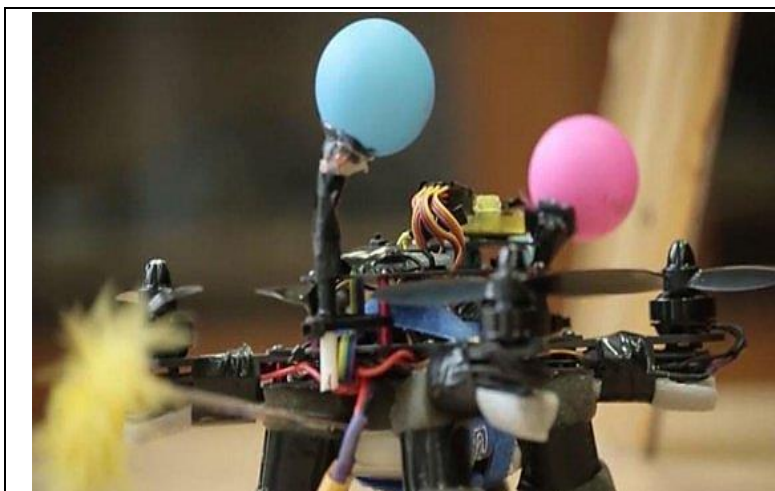


Figura 2: B-Droid volante, prototipo di Dalewski (Google)

posizione, così come la posizione stessa del drone, il percorso di volo viene tracciato e memorizzato dall'hardware interno della piccola ape robotica.

Tuttavia, il dispositivo di volo è molto più impegnativo in termini di navigazione e consuma più energia allo stesso tempo. La batteria di bordo consente solo un paio di minuti di volo, mentre la versione su ruote del B-Droid gestisce più di 2 ore.

Da allora, sono stati fatti passi da gigante nel campo della bio-robotica alla impollinazione automatizzata.

Tra i vari robot bio-ispirati in fase di sviluppo, i robot aerei rappresentano una classe della robotica emergente con l'aspettativa di risolvere i problemi derivanti dal declino globale nella popolazione di api. La potenza elettrica necessaria per il movimento di tali robot è tuttavia ancora fornita da un filo che deve rimanere sempre in contatto con il supporto adoperato.

Inoltre, la resistenza di robot aerei attualmente disponibili diminuisce notevolmente con la perdita di scala.

L'impollinazione pratica non è ancora stata dimostrata con i robot aerei attualmente disponibili. Le tecniche adoperate si sono evolute dalla semplice applicazione fisica del polline con il pennello o un tampone di cotone dal fiore maschile a quello femminile. Purtroppo, questo richiede molto tempo e fatica.

Un altro approccio sviluppato consisteva nell'usa di uno spruzzatore a canna di fucile e espulsore pneumatico.

Tuttavia, questa l'impollinazione ha un basso tasso di successo per via del rischio di denaturazione di pollini e pistilli come risultato del forte contatto meccanico prodotto dalla macchina nell'espulsione a pressione.

Pertanto, si è preferito optare per lo sviluppo di materiali e tecnologie di bioingegneria capaci di imitare la funzionalità delle api naturali.

INNOVAZIONE DEL PROTOTIPO GIAPPONESE: ILG

Lo sviluppo di materiali di nuova generazione con cui implementare i prototipi di drone da impollinazione già esistente è stato una delle innovazioni introdotte dagli scienziati e biomeccanici giapponesi.

Oltre a migliorare l'aerodinamica del prototipo e il design, hanno mandato avanti il già crescente interesse nel conferire le giuste proprietà fisico-chimiche anche ai materiali applicati ai droni in questione, con lo scopo di progettare robot ad alte prestazioni che presentino le caratteristiche e funzionalità desiderate.

I liquidi ionici in particolare mostrano grande potenziale per tale impiego in numerose applicazioni scientifiche e tecnologiche in vari campi.

In particolare, i gel liquidi ionici (ILGs) presentano una conducibilità ionica univoca e le proprietà meccaniche, termiche ed ottiche desiderate, che li rendono molto promettenti per applicazioni di energia, inclusi dispositivi elettrochimici e celle a combustibile.

Gli studi portati a termine dall'equipe di Svetlana A. Chechetka, Yue Yu, Masayoshi Tange e Eijiro Miyako (2017) (Vedi: fig. 5) avevano come obiettivo finale quello di sviluppare impollinatori innovativi utilizzando materiali compositi a base di ILG con varie funzionalità.

Combinando gel ILGs con insetti viventi e robot aerei si sono mossi i primi passi verso la creazione di ibridi funzionali per la realizzazione di un impollinatore artificiale pratico e funzionale.



Figura 3: UAV, di Eijiro Miyako

COMPOSIZIONE E CARATTERISTICHE

Sintesi di gel liquidi ionici (ILG)

Per ottenere i ILG sono stati sviluppati alcuni gel per liquidi ionici; questi includono composti organici a basso peso molecolare, polimeri e materiali solidi.

Utilizzando un monomero vinilico ionico liquido e un cross-linker si è riusciti a gelatinare un liquido ionico mediante polimerizzazione.

Per raggiungere questo obiettivo, il team di Svetlana Chechetka ha sintetizzato un monomero 1-vinil-3-butylimidazolo esa-fluoro-fosfato [vbim][PF₆⁻] di liquido ionico, provvisto di un gruppo vinile che consente la polimerizzazione radicalica in 1-butil-3-metil-imidazolo esa-fluoro-fosfato [bmim][PF₆⁻] (Vedi: fig.6) e di una componente TEGMA.

Il gel liquido ionico ILG è il risultato di una soluzione che può essere ottenuta per riscaldamento, utilizzando il perossido di benzoile (BPO) come iniziatore radicalico, o per irraggiamento, alla luce UV di lunghezza d'onda di 254-nm, utilizzando il 2-idrossi-2-metil-propiofenone (2H2MPP) come foto-iniziatore.

Le concentrazioni ottimali di cross-linker e dell'iniziatore radicalico sono state misurate e determinate con successo.

Analisi termo gravimetriche (TGA) hanno dimostrato che i ILG sintetizzati sono ad elevata stabilità termica (temperatura di decomposizione approssimativamente 290°C), indipendentemente dal volume di reticolante usato (50 e 100 mL).

Sorprendentemente, le morfologie dei gel ILG sintetizzati non cambiavano anche dopo che essi erano stati messi sotto vuoto per 3 giorni, a causa della non volatilità del liquido.

Al contrario, un campione di gel di agarosio si riduce dopo esser stato messo sotto vuoto per alcune ore.

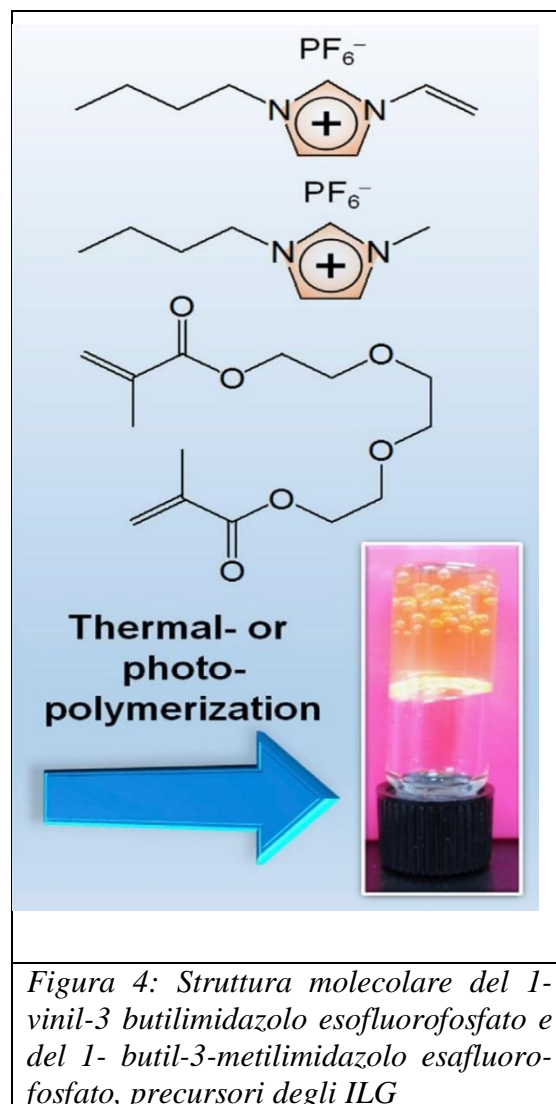


Figura 4: Struttura molecolare del 1-vinil-3 butylimidazolo esafluorofosfato e del 1-butil-3-metilimidazolo esafluorofosfato, precursori degli ILG

Caratteristiche fisiche

Il composto ILG sviluppato (*Vedi: Fig.7 A*) presenta diverse caratteristiche molecolari che lo rendono ideale come impollinatore artificiale.

La stabilità meccanica di diversi ILG è stata misurata mediante prove di compressione.

Prove di compressione uniassiale eseguite ad una velocità di 1 mm per 1 minuto su di un cubo autoportante di ILG ($n = 5$; lunghezza media, 6 mm; larghezza media, 6 mm e spessore medio, 6 mm) ne hanno stabilito la resistenza alla frattura e lo spostamento; circa 653 kPa e 2,2 mm rispettivamente. (*Vedi: Fig.7 C*)

Questi risultati indicano chiaramente che i ILG sintetizzati sono particolarmente adatti per uso a lungo termine come materiali sostenibili e a elevata stabilità meccanica, buona stabilità termica e non volatilità in ambienti naturali.

Le proprietà di foto-indurimento dell'ILG è uno dei suoi grandi vantaggi rendendo anche un suo processo di fabbricazione semplice, intelligente e rapido (Andrzejewska,2006).

La sua viscoelasticità è stata analizzata mediante irradiazione UV. Il modulo di elasticità (G_0 e G_{00}) e viscosità complessa del liquido ionico aumentano rapidamente dopo l'illuminazione con luce UV. (*Vedi: Fig.7 D*)

È possibile rilevare il punto di gelificazione ($G_0 = G_{00}$) già dopo 5 sec. dall'irradiazione UV.

La non volatilità dei ILGs fornisce adesività semipermanente che può rimanere in uno stato umido e appiccicoso per un lungo periodo sia in ambienti normali che in ambienti estremi, compreso il vuoto e un'atmosfera termicamente proibitiva (temperature estreme sia calde che fredde) (*Vedi: Fig.7 B*).

La flessibilità e morbidezza dei ILGs aumenta la forza adesiva (*Vedi: Fig.7 E, F, G*) applicata sui grani di polline, aumentando l'area di contatto. Inoltre, la morbidezza dei ILGs migliora il rivestimento delle setole da impollinazione e riduce il danno apportati a stami e pistilli.

Le proprietà elettrostatiche dei ILGs umidificati sono perfette per una raccolta efficace dei grani di polline, come visto nelle ali degli insetti.

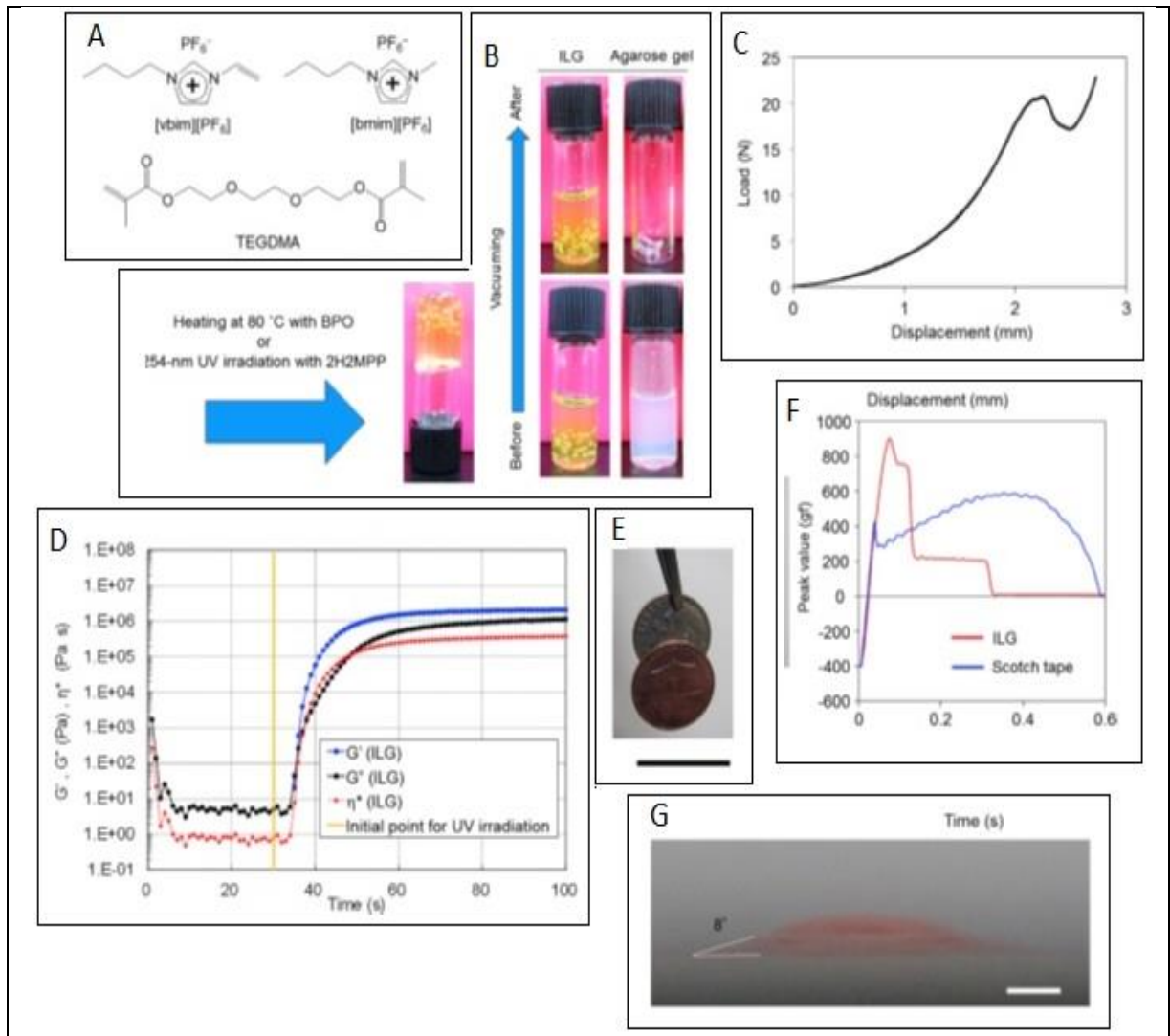


Figura 5: Caratterizzazione degli ILG:

(A) Fotografia e struttura molecolare dell'ILG sintetizzato. I volumi di [vbim][PF₆], [bmim][PF₆], e TEGDMA usati sono 100, 100, e 100 mL, rispettivamente. La concentrazione di BPO è di 50 mg.

(B) Fotografia di ILG e gel di agarosio prima e dopo il vuoto. La concentrazione dell'agarosio è del 1%.

(C) Misurazione della curva meccanica in risposta alla forza-resistenza dimostrata dal ILG durante i test di compressione. I volumi di [vbim][PF₆], [bmim][PF₆], and TEGDMA erano di 200, 100, e 100 mL, rispettivamente. La concentrazione di BPO è di 50 mg.

(D) Dimostrazione dell'induzione visco-elastica del ILG sottoposto a raggi UV. I volumi di [vbim][PF₆], [bmim][PF₆], TEGDMA, e 2H2MPP sono di 100, 100, 50, e 50 mL.

(E) La forza adesiva del ILG dimostrata mediante adesione di due monete.

(F) Curva di adesione del ILG messa in relazione con la curva di adesione del nastro adesivo. I volumi di [vbim][PF₆], [bmim][PF₆], e TEGDMA usati sono 100, 100, e 100 mL, rispettivamente. La concentrazione di BPO è di 50 mg.

(G) Angolo di contatto tra una goccia d'acqua e l'ILG

Gli studi portati a termine dall'equipe di Svetlana Chechetka (2017) hanno dimostrato che il gel ILG foto polimerizzato presenta proprietà uniche come non l'elevata resistenza meccanica, adesività, super capacità idratante, proprietà elettrostatiche, biocompatibilità, resistenza all'acqua e lunga durata.

Gli insetti viventi trattati con ILGs contenenti composti fotocromatici rivelano l'assorbimento del polline modificando il colore e consentendo all'insetto di capire se l'impollinazione sia avvenuta o meno.

Le fibre funzionalizzate rivestite con ILG possono essere usate come materiale bio-ispirato per la raccolta del polline in modo più che efficace, sia su insetti viventi che su droni volanti e radio comandati.

Questo studio dimostra la multifunzionalità dei ILGs rispetto alle applicazioni ingegneristiche robotiche.

Essa mostra anche che gli impollinatori robotici materialmente ingegnerizzati hanno il potenziale per aiutare il processo di impollinazione con il calo delle popolazioni di api.

Infine, il concetto dimostrato in questo studio dovrebbe essere espandibile ad altre aree di ricerca, tra cui composti chimici, l'agricoltura, la scienza biomimetica, e la robotica.

PREPARAZIONE DI FIBRE FUNZIONALI

L'impollinazione si verifica in genere quando grani di polline sono trasportati dai peli di animali, compresi gli insetti. Questi peli sono composti da fibre in microscala (*Vedi: fig.8 A*), che hanno una grande superficie di adsorbimento per i pollini, basata su interazioni molecolari.

Con l'obiettivo di sviluppare impollinatori artificiali, l'applicazione del rivestimento in ILG delle fibre possono indurre efficacemente impollinazione. Sono state utilizzate fibre disponibili in commercio (fibre da un pennello realizzate in pelo di coda di un cavallo, una spazzola da trucco in fibre di nylon e fibre di carbonio) e spore di *Lycopodium clavatum* come modello per grani di polline (*Vedi: fig.8 D-E*).

La flessibilità e morbidezza dimostrata dal ILG aumenta la forza adesiva esercitata sui grani di polline, aumentando l'area di contatto e aumentando il numero di spore uniformemente adsorbite sui peli ILG-rivestiti rispetto ai peli non rivestiti.

Contando il numero di spore adsorbite per unità di lunghezza delle fibre ($n = 10$ per ogni tipo di fibra funzionalizzata), i peli e le fibre di nylon captano molte più spore dopo essere stati trattati con ILG (*Vedi: fig.8 B*).

Tuttavia, i risultati ottenuti adoperando fibre di carbonio non sono stati così soddisfacenti anche dopo il trattamento con ILG a causa del ridotto diametro di queste fibre (circa 30 μm), che rendevano inadatti per la raccolta di spore (diametro medio = 25 μm).

La natura vince ancora una volta sulle componenti artificiali, la funzionalità dei peli di animali era tale da essere presi in considerazione solo questi per il resto degli esperimenti, perché sono più rispettosi dell'ambiente rispetto alle altre fibre in termini di biodegradabilità nell'ambiente naturale.

Inoltre, hanno anche esposto le migliori prestazioni in adsorbimento di spore.

Per tal motivo, si è pensato anche di riprodurre artificialmente queste strutture mediante tecniche di *floccaggio* (Vedi: fig.8 C).

Il floccaggio elettrostatico è ampiamente utilizzato nelle applicazioni industriali per fabbricare superfici funzionalizzate sulla carta, materie plastiche, metalli e ceramiche.

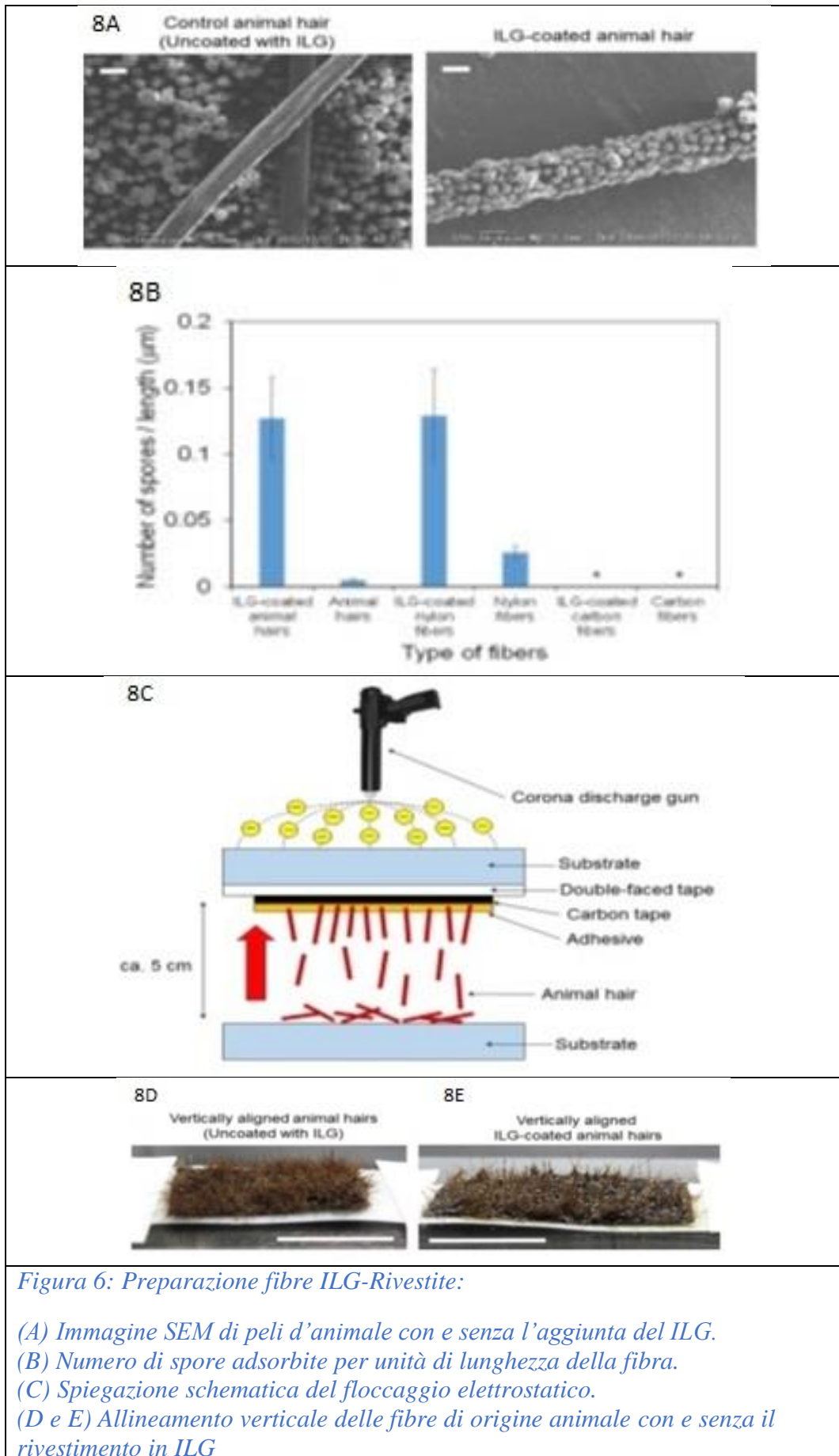
Questa tecnica è stata adoperata per preparare microstrutture funzionalizzate che imitassero i peli naturali di animali e insetti per l'impollinazione.

Il floccaggio consiste nell'applicare un pezzo di nastro di carbonio rivestito di adesivo attaccato con del nastro biadesivo e posizionato sulla faccia di uno dei substrati di vetro.

Fatto ciò si applica un potenziale di 50 kV tra i due substrati di vetro, caricando i peli animali di energia elettrostatica che tenderanno ad allinearsi lungo le linee di campo elettrico tra i due substrati,

Così facendo si è ottenuta una matrice di peli allineati verticalmente in una densità relativamente elevata.

L'orientamento dei peli allineati verticalmente è rimasto invariato anche dopo il trattamento con l'ILGs



IMPOLLINAZIONE ARTIFICIALE MEDIANTE UAV

Per dimostrare l'uso delle fibre funzionalizzate per impollinazione, il team di Svetlana Chechetka, così facendo ha ottenuta una matrice di peli allineati verticalmente in una densità relativamente elevata.

L'orientamento dei peli allineati verticalmente rimasto invariato anche dopo il trattamento con i gel ILGs adoperando un velivolo senza equipaggio (UAV) come impollinatore artificiale materialmente ingegnerizzato.

Il prototipo di drone era del genere più comunemente presente in commercio (*Vedi: fig.9 A*), wireless, di ridotte dimensioni e controllabile manualmente (lunghezza 42 mm, larghezza 42 mm, interasse 32 mm, altezza 22 mm e peso, 14,8 g) che è stato dotato di un sensore giroscopico a sei assi e quattro eliche.

I peli verticalmente allineati erano stati posizionati nella parte posteriore del UAV con nastro adesivo a doppia faccia. Questi peli funzionalizzati non hanno impedito il lancio dell'impollinatore artificiale.

L'esperimento d'impollinazione è stato effettuato adoperando una specie floreale specifica, *Ligustrum Japonicum* in quanto disponibile in commercio in tutte le stagioni in Giappone, e rappresentativo delle piante entomofile.

Inoltre, essendo un fiore con stami e pistillo relativamente lunghi, questo rendeva il fiore facile da raggiungere per un UAV ibrido.

Dopo che l'UAV era stato lanciato, il sensore giroscopico a sei assi dell'impollinatore ha consentito al piccolo drone di seguire agevolmente i movimenti utili a far sì che i grani di polline potessero essere adsorbiti dai peli ibridi (*Vedi: fig.9 B*).

Una volta prelevato il polline con successo, l'UAV è stato guidato manualmente al pistillo di un altro fiore (*Vedi: fig.9 C-D*).

Studi di conta dei grani di polline hanno dimostrato che un gran numero di grani di polline era stato collegato al pistillo del secondo fiore con successo dopo l'impollinazione utilizzando l'UAV funzionalizzato.

I peli rivestiti con ILG, flessibili e morbidi, non hanno danneggiato lo stame o il pistillo durante il processo di impollinazione e la microscopia a fluorescenza

ha confermato che i grani di polline di *Ligustrum Japonicum* erano saldamente attaccati sul pistillo della seconda fiore appena dopo l'impollinazione.

I β -1,3-glucani delle conchiglie e dei tubi presenti nei granuli di polline sono stati colorati con blu di anilina prima delle osservazioni.

Sorprendentemente, la crescita dei tubetti pollinici fibrosi, che indicava il successo nell'indurre la fertilità del polline, è stata osservata dopo l'impollinazione e una notte di incubazione (Vedi: fig.9 E-F).

I campioni di controllo (fiori impollinati da un UAV senza peli funzionalizzati e un UAV con peli non rivestiti) non mostravano la crescita dei tubetti pollinici fibrosi o il fissaggio di grani di polline sulla superficie dei pistilli.

La ripetibilità corrente (tasso di successo) della raccolta del polline e dell'impollinazione di tale metodo è rispettivamente del 53% e 37%, in 100 operazioni manuali per ciascun esperimento; una certa pratica con telecomando dell'impollinatore artificiale è necessaria.

Gli studi sull'efficienza della raccolta polline di peli ibridi, misurando il peso medio del modello polline (spore da *L. Clavatum*) dopo aver controllato correttamente dell'impollinatore artificiale, sono stati ripetuti tre volte.

L'efficienza di raccolta è del 41%, i peli ibridi catturano principalmente lo stesso peso di spore (circa 2 mg) nei tre esperimenti.

La densità dei peli ingegnerizzati è un fattore importante per la raccolta del polline. Tale variabile è stata modificata più e più volte per studiarne l'importanza e si è visto aumentare tale dato durante il periodo di irraggiamento elettrostatico (10, 30, e 60 s).

Diverse densità di peli ibridi ovviamente influenzano la raccolta di spore.

Le densità dei peli influisce negativamente la quantità di spore sui peli stessi, probabilmente perché l'ILG e le spore intasano i piccoli spazi tra i capelli.

L' UAV con peli allineati verticalmente e trattati con ILG è senza dubbio un efficace impollinatore artificiale per le specie vegetali entomofile.

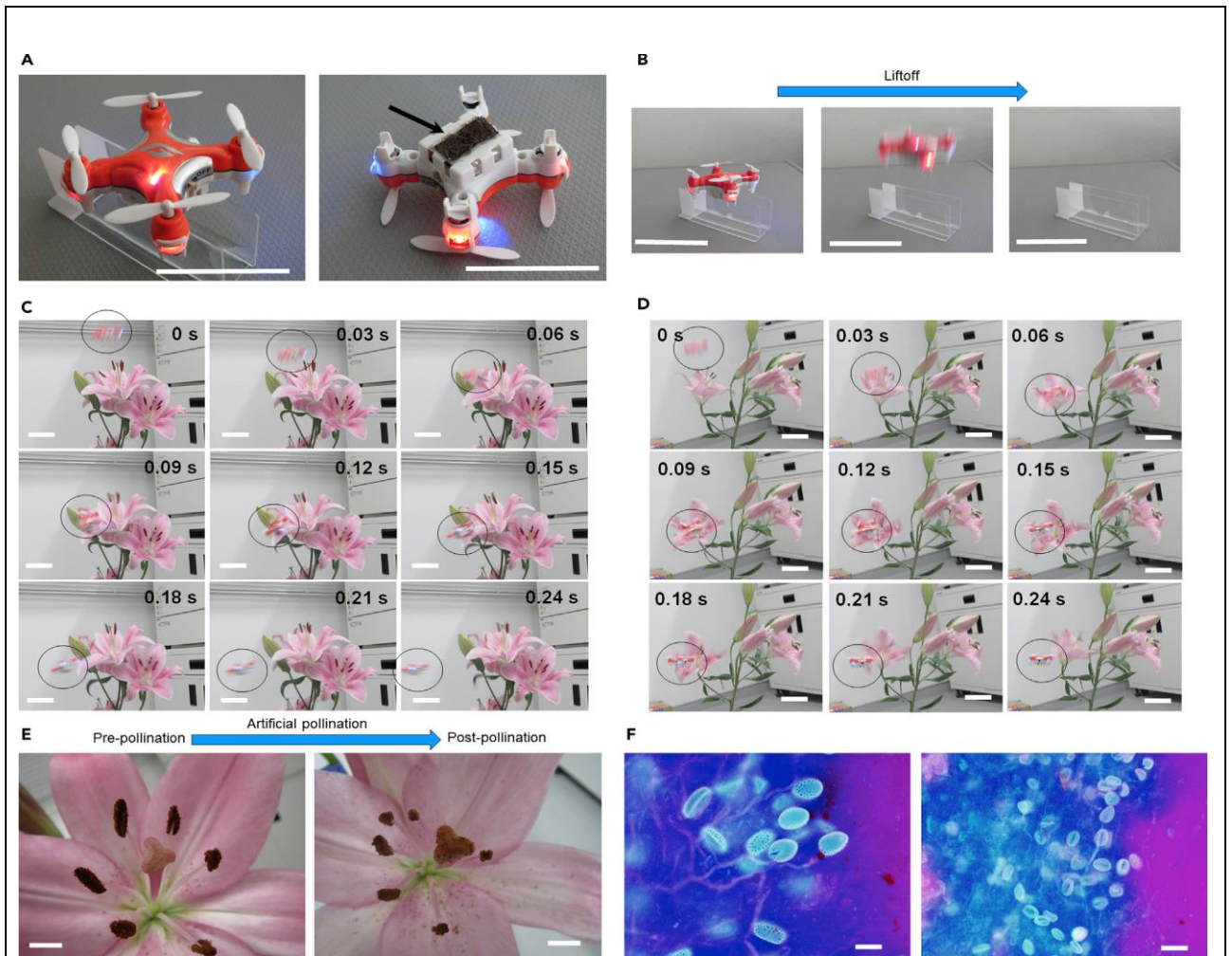


Figura 9: Impollinazione artificiale

A) Impollinatore Artificiale con l'applicazione delle fibre animali ILG- rivestite. La freccia di colore nero indica il posizionamento e l'allineamento delle fibre. In scala, 4 cm.

(B) Lancio del drone in aria, in scala, 4 cm.

(C) Raccolta del polline su *L. Japonicum*, in scala 4 cm.

(D) Impollinazione del secondo *L. Japonicum* in scala, 4 cm.

(E) fotografia del *L. Japonicum* prima e dopo l'impollinazione artificiale, in scala, 1 cm.

(F) Riscontri con il SEM dell'impollinazione riuscita con successo, in scala, 25 mm (sinistra) e 50 mm (destra).

PRO E CONTRO DELL'USO DEI B-DRONE

Nonostante i risultati positivi riportati dalle ricerche focalizzate sulla validità dell'uso dei B-Drone i dubbi sulla loro effettiva utilità sembrano essere ancora molti.

I prototipi presentati sono sì molto efficienti nel loro lavoro ma necessitano di una guida manuale da parte di un operatore attento e abile nel manovrarli,

inoltre la strada da fare per questi impollinatori artificiali è ancora lunga (Frankline, 2017).

Ciò che gli insetti impollinatori esistenti fanno, che includono le api, farfalle e anche alcuni animali più grandi, in tutta la loro diversità è stata solo in parte replicata e non è per certo bastevole come risultato atto a garantire una buona resa nella fertilizzazione delle specie vegetali.

L'impollinazione è un compito complesso e non deve essere sottovalutato. Esso consiste nel trovare fiori e decidere se sono adatti o meno, se sono stati o no già visitati.

L'impollinatore quindi ha bisogno di gestire accuratamente la scelta del fiore, raccogliendo il polline e portandolo in un altro impianto, nel mentre che si coordina con i restanti membri della sua stessa specie (tipico comportamento delle *Apis Melliflue*) per ottimizzare il percorso da effettuare di fiore in fiore.

Gli impollinatori forniti dalla natura eccellono in questo, le loro abilità sono state affinate attraverso milioni di anni di evoluzione.

I tre fattori principali che rendono insetti impollinatori come le api così efficienti in quello che fanno sono;

- Il loro processo decisionale autonomo,
- L'apprendimento
- Il lavoro di squadra.

Ogni ape può decidere quali fiori sono adatti, gestire il proprio consumo di energia e mantenere se stessa e la colonia igienizzata dal polline stantio, rimuovendolo attivamente dal proprio corpo.

I droni moderni possono già raggiungere questo livello di gestione individuale. Alcuni di queste macchine possiedono una utile tecnologia atta a tracciare e riconoscere i volti umani, potrebbero monitorare i fiori senza alcun problema. Potrebbero anche tracciare le rotte giuste mediante dispositivi GPS e tornare alla base per la ricarica sul rilevamento di una batteria scarica.

A lungo andare, possono anche avere un potenziale vantaggio rispetto impollinatori naturali come l'impollinazione sarebbe stata la loro unica funzione.

I droni si sono rivelati utili ma non sempre il polline è facile da deporre. Alcune specie di piante coltivate per il sostentamento agro economico possiedono fiori molto difficili da raggiungere per un drone, come i fagioli, o la necessità di visite ripetute, come i fiori di fragola, per produrre buoni frutti.

Inoltre, l'impollinazione dei fiori è un sottoprodotto della cura parentale dell'ape stesse, che necessitano di tali voli e interazioni con i fiori per poter produrre pappa reale e miele per la colonia.

Una sostituzione degli impollinatori non garantirebbe una sopravvivenza della specie *Apis Melliflua* che continuerebbe a vedersi decimata da pratiche ambientali sbagliate e uno sfruttamento delle risorse naturali indiscriminato.

Il miele smetterebbe di esistere e con esso molti prodotti e derrate alimentari ad esso collegate seguirebbero lo stesso destino delle piccole operaie a strisce gialle e nere.

Per risolvere il problema del discernimento e delle ripetute impollinazioni di specifiche tipologie di fiori le api apprendono, imparano e si specializzano su un fiore specifico in modo che possano gestire le dinamiche dell'impollinazione in modo rapido ed efficiente.

Memorizzano anche la posizione di premi, incorporando il passaggio da un fiore ad un altro in specifici percorsi.

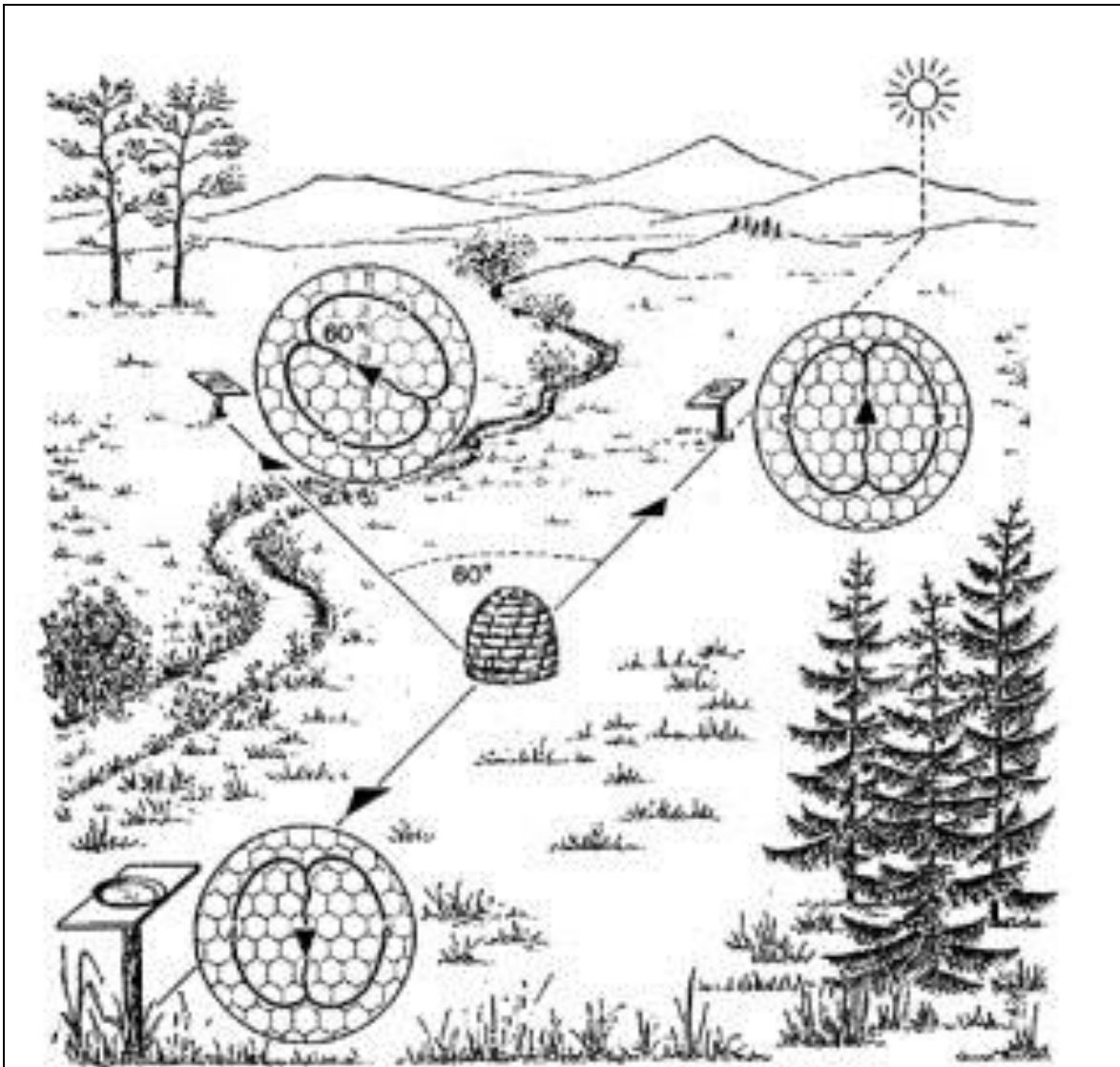


Figura 7: La Danza delle api. L'ape forgiatrice, una volta trovata la giusta risorsa di polline o nettare, torna all'alveare per comunicare alle compagne dove dirigersi e a quale distanza trovare le preziose risorse. Il tutto avviene mediante "passi" ben definiti: se il cibo si trova a una distanza inferiore ai 50 metri, l'ape eseguirà una danza circolare sul favo con orientamento verticale, mentre, se le risorse sono più lontane, il ballo diventa più articolato. In questo caso, l'insetto compirà movimenti a 8 con l'aggiunta di un leggero fremito, in modo che le compagne che assistono all'esibizione possano capire dove dirigersi. Inoltre, se lo scodinzolamento volge verso l'alto significa che la direzione da seguire è quella del sole, al contrario, se è verso il basso, occorrerà volare in quella opposta.

Per replicare questo comportamento nei droni comporterebbe una serie di programmazioni molto complesse e la capacità del drone di cambiare il suo comportamento per adattarsi a fiori, alla sua forma, etc.

L'alternativa sarebbe avere droni diversi per diversi lavori così come esistono diverse tipologie d'insetti impollinatori.

Avere più di un drone nella propria squadra, e di diverse tipologie, richiederebbe protocolli di coordinamento e, preferibilmente, un controllo non centralizzato per cui i singoli droni dovrebbero prendere le proprie decisioni sulla base di informazioni dai loro “colleghi” in un sistema di comunicazione complesso e, al momento, al quanto difficile da replicare.

Le api hanno la capacità di reclutare altri esemplari, fornendo loro ricchi premi floreali o comunicando con movimenti conosciuti come la danza dell'addome (Vedi: Fig.10). I bombi possono dire se un fiore è già stato visitato dal profumo delle impronte lasciate dai visitatori precedenti.

Tutti questi adattamenti rendono i nostri impollinatori molto efficienti in quello che fanno. Abilità simili dovrebbero essere replicate nel dettaglio in una squadra di droni impollinatori, per poter ottenere il risultato sperato.

Elizabeth Franklin, specializzata in bioscienze alla Bournemouth University sostiene che questi robot sono ancora molto, troppo lontani dal diventare gli impollinatori ottimali ma che possono comunque conquistarsi un posto nel nostro futuro, ipotizzandone l'utilizzo in condizioni estreme ed extraterrestri come i progetti di formazione di colonie terrestri su Marte.

“Ho potuto vedere questi droni utilizzati negli ambienti che non sono adatti per gli insetti impollinatori naturali, come un laboratorio di ricerca in cui è necessaria la precisione nella traversata di razze vegetali. O anche in un biodome su Marte, dove uno sciame di api non può essere la soluzione più sicura. Sarà interessante vedere cosa la robotica altro può imparare dai nostri insetti impollinatori e che cosa possono migliorare.”

CONCLUSIONI

La morte delle api è un olocausto ambientale che non va assolutamente preso sotto gamba. È pur vero che questi piccoli insetti non sono gli unici ad impollinare il mondo vegetale ma senza dubbio sono le creature più efficienti nel settore.

Senza impollinazione sparirebbe la maggior parte delle piante e andrebbero perdute un terzo delle risorse di cibo dell'essere umano oltre che un'infinità di piante e fiori dalla bellezza inestimabile.

La comunità scientifica ha già lanciato l'allarme contro i responsabili di tale scempio e la soluzione non sembra risiedere nell'uso di piccoli prodigi della tecnica, considerando che ciò che si adopera per costruire i B-Drone sono anche i responsabili dello stesso inquinamento che sta uccidendo le api da salvare: pura anarchia mentale.

Plastiche di rivestimento, materiali impiegati nel settore dell'alta tecnologia — come la cassiterite (o biossido di stagno), la columbite-tantalite (detta anche, per abbreviazione, coltan), che spesso sono dei veri “conflict materials”.

In paesi come la Repubblica Democratica del Congo, le miniere che li estraggono infliggono grandi devastazioni ambientali e le zone più fruttuose sono contese tra bande armate, mentre le pietre superano facilmente i controlli doganali, nascoste nei bagagli dei voli commerciali.

I prodotti di scarto della lavorazione del materiale elettronico avvelenano aria e acqua delle zone in cui risiedono le fabbriche che li producono, con molte poche eccezioni.

L'uso indiscriminato di pesticidi, politiche e attitudini errate e assolutamente non eco sostenibili hanno portato a questo ennesimo segnale di allarme.

Le api sono uno dei numerosi indicatori di qualità ambientale presenti in natura e stanno sparendo in tutto il globo. L'unica soluzione ammissibile per risolvere tale stato di disgrazia, o per lo meno limitarne i danni, è quello di prendere coscienza della situazione, modellare le politiche agroalimentari e industriali secondo norme più eco sostenibili, sostenere l'attività degli insetti impollinatori e facilitare loro la vita evitando l'uso indiscriminato di pesticidi e pratiche ecologiche non produttive.

“Ciò che non giova all'alveare non giova neppure all'ape.”

Marco Aurelio

BIBLIOGRAFIA

- Andrzejewska, E., and Stepieniak, I. (2006), “Highly conductive solid polymer-(ionic liquid) electrolytes prepared by in situ photopolymerization”. *Polimery* 51, 859–861.
- Bukowska Monica, “B-Droid – a robot that's busy as a bee”,
Opublikowano: 02/12/2016 3:48 pm
- Celli Giorgio, “Moria di api: i Neonicotinoidi vanno sospesi”, *Il Velino.it*
. Web. 11/07/2007
- Corinna Thom, David C Gilley, Judith Hooper and Harald E Esch, “The Scent of the Waggle Dance”, Lars Chittka, Academic Editor, 2007 Aug 21. doi: 10.1371/journal.pbio.0050228,1-5
- Frankline Elizabeth, “WHY DRONES CAN'T REPLACE BEES”, Web,
theconversation.com/uk, The conversation, 2/10/17 AT 12:24 PM
- Svetlana Chechetka A. Chechetka, Yue Yu, Masayoshi Tange, Eijiro Miyako “Materially Engineered Artificial Pollinators”, *CellPres*,
09/02/2017. 1-16
- Ludwiga Tomala “Flying pollinator robot built in Warsaw laboratory”,
PAP, Web, scienceinpoland.pap.pl/en/ 23.11.2016
- Thomas E Ferrari, (2014) “Magnets, magnetic field fluctuations and geomagnetic disturbances impair the homing ability of honey bees (*Apis mellifera*)”, *Journal of Apicultural Research*, 53:4, 452-465, DOI: 10.3896/IBRA.1.53.4.15