

# Considerazioni sulle interazioni tra fiori e insetti

PAOLO PIZZOLONGO  
Ordinario di Botanica, Università di Napoli

GAETANO PIZZOLONGO  
Dottore di ricerca, Facoltà di Agraria, Università di Napoli



## Sommario

*La coevoluzione di piante e insetti ha determinato sorprendenti interazioni, finalizzate ad assicurare il processo di impollinazione entomofila. I fiori delle Angiosperme, per effetto di una lunga e continua selezione naturale, si sono appositamente modificati e adattati alle forme e abitudini degli insetti pronubi. La variabilità delle forme dei fiori, la vasta gamma dei loro colori, la diversità delle loro dimensioni e l'esaltazione dei loro profumi, sono tutte strategie per incoraggiare e facilitare le visite degli insetti impollinatori. Una particolare trattazione è stata riservata agli imenotteri (soprattutto bombi e api) che sono i più importanti pronubi: di questi insetti è stata considerata la struttura degli organi visivi ed in particolare la visione dei colori; i quali vengono percepiti in uno spettro ampio come il nostro, ma spostato verso le lunghezze d'onda più brevi.*

I fiori sono la più alta espressione di bellezza offertaci dalla natura. Essi simboleggiano i nostri sentimenti nella gioia o nel dolore, nei pensieri e negli affetti. Nell'uso dei colori la natura è varia, bizzarra, estrosa, stravagante, capricciosa; a volte preferisce tinte tenui, spente, altre volte colori accesi, vivaci, caldi; a volte ricorre a tinte unite, uniformi, ma talora si abbandona alla sua creatività e accosta colori vari ottenendo nei fiori, nelle foglie, variegature, screziature con sorprendenti ed inaspettati effetti ottici.

Di certo però la natura non ha creato i fiori per noi; qualunque possa essere la nostra convinzione, il nostro credo, la nostra fede, non dimentichiamo che l'uomo è stato creato o è apparso per ultimo nello scenario naturale; i fiori c'erano già! E da milioni di anni! Le Brassicacee (o crucifere) con i petali a croce, le magnolie con tutto lo splendore dei loro fiori, che nella *Magnolia grandiflora* si stagliano come grosse bianche ghirlande sul verde e lucido fogliame, erano già presenti nel Cretaceo, 130.000.000 di anni fa; per la comparsa dell'uomo bisogna attendere il Quaternario, molto più tardi; l'uomo di Neandertal risale a 120.000 anni fa; e l'*Homo sapiens* ancora più tardi. Perciò, prima di noi hanno visto fiori e si sono cibati di frutti, gustandone i sapori, gli uccelli del Cretaceo, i mammiferi del Terziario, i primati nostri progenitori del Pliocene.

Nel Cretaceo la coevoluzione di piante e insetti ha favorito la diffusione delle Angiosperme, cioè delle piante con i fiori; alcune interazioni tra questi e gli insetti, frutto della lunga, continua e sapiente selezione naturale (finalizzata ad assicurare il trasporto del polline dalle

antere allo stamma dello stesso fiore o di un fiore diverso) sono sorprendenti. L'insetto pronubo, ignaro della funzione assegnatagli dalla natura, viene quasi adescato dal fiore, che gli prepara e gli offre come incentivo un nettare gustoso, zuccherino; si tratta di un contentino per la funzione svolta o da svolgere; di una ricompensa che però in genere è custodita nel fondo delle corolle o comunque in posizione tale da assicurare un efficiente trasferimento del polline da un fiore all'altro; infatti l'insetto per potersene cibare è costretto ad imbattersi prima nelle antere ormai aperte in modo da imbrattarsi di polline che la pressione selettiva ha ricoperto di minute ornamentazioni e di sostanze di consistenza adesiva.

Per allettare gli insetti e incoraggiarne la visita, i fiori delle angiosperme si sono appositamente modificati nel corso dell'evoluzione; hanno (per così dire) escogitato efficaci sistemi per segnalare la loro presenza; ed ecco l'esaltazione dei profumi, la variabilità delle forme, la vasta gamma di colori, l'aumento delle dimensioni o la riunione di fiori piccoli in più vistose infiorescenze, l'adattamento alle abitudini degli insetti, al loro peso, alla loro forma, ai loro colori, persino al loro sesso. Per i coleotteri, dall'olfatto più sviluppato della vista, i fiori sono grandi o riuniti in infiorescenze, più frequentemente sono bianchi, con odori aromatici forti e spesso poco gradevoli. In alcuni fiori, meglio adattati per altre categorie d'insetti, il nettare viene secreto alla base di lunghe corolle tubulari (Fig. 1: freccia) ed è pertanto accessibile soltanto a un altrettanto lungo apparato succhiatore, come quello di certe farfalle; ed è assai stretta la relazione tra

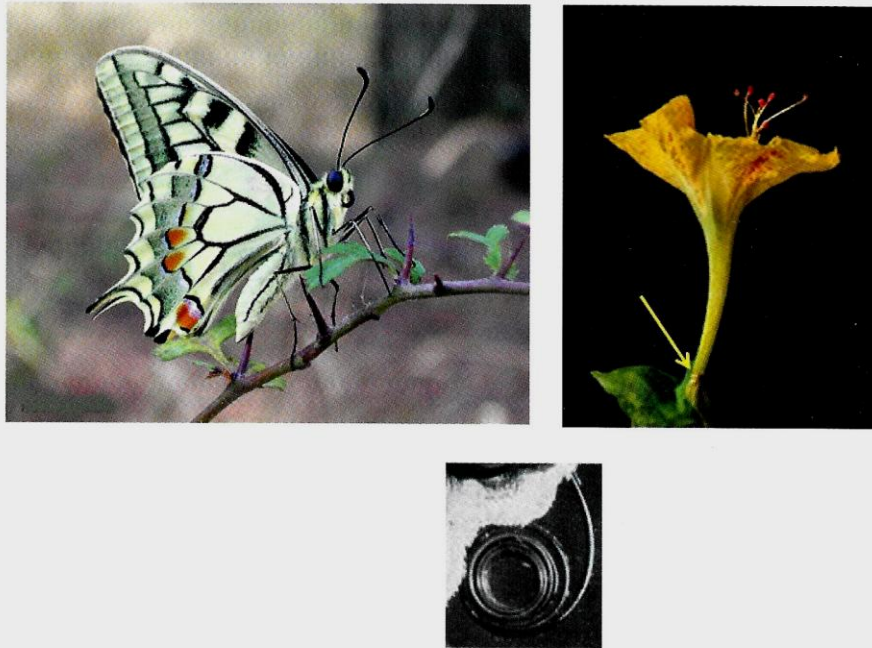


Fig. 1 – La freccia indica la posizione in cui spesso, in un fiore tubulare, si cela il nettare. Solo le farfalle che posseggono una lunga spirotomba (avvolta a spirale nella figura) lo possono suggerire agevolmente.

la lunghezza di questo apparato e la lunghezza del tubo corollino. Nei fiori visitati dai piccolissimi uccelli colibrì il nettare, abbondantissimo, gocciola dalle corolle; che però sono poco odorose, per lo scarso odorato di questi insoliti impollinatori, ma vistosamente colorati di giallo e di rosso in particolare.

Ma i più importanti impollinatori sono gli imenotteri, i bombi, le api in particolare; costanti nelle loro abitudini, questi straordinari insetti hanno esercitato una potente spinta evolutiva che ha portato alla specializzazione delle strutture dei fiori da essi impollinati; per facilitare le loro visite i fiori avranno petali vistosamente e brillantemente colorati; presenteranno “indicatori di miele”, cioè speciali segni per guidarli là dove è localizzato il nettare; saranno provvisti di appositi spazi di atterraggio; in una orchidea del genere *Ophrys* il fiore (Fig. 2) assume nelle forme e nelle sfumature dei colori, l’aspetto della femmina di un’ape o di un bombo, tanto simile a quello reale, che i maschi, ingannati, tentano addirittura di accoppiarsi con il fiore!

L’uomo deve essere riconoscente alle api cui si devono, in gran parte, la varietà delle forme dei fiori, la delicatezza degli odori, la vasta gamma dei colori differenziatisi sotto la loro pressione

evolutiva. Nessun elogio per questi animali così utili all’uomo potrà mai superare quello fatto dal sommo Virgilio nel IV libro delle Georgiche, dedicato appunto alle api e all’apicoltura. Egli inizia con i consigli per la scelta della dimora per le api... “*sedes apibus statioque petenda*” (bisogna cercare una dimora per le api) dove non accedano i venti, dove agnelli e saltellanti capretti non calpestino i fiori (“*neque oves haedique petulci floribus insultent* trovo meravigliosa la scelta di questo verbo), o la vitella che vaga nei prati non scuota rugiade, non recida l’erbetta che nasce; stiano al largo dalle arnie opulente le variegiate lucertole, le merope, gli altri volatili. Stia lontano Procne, che per Virgilio è la rondine macchiata nel petto da mano assassina. E poi continua “*ci siano limpide fonti e smeraldini muschiosi laghetti e un sottile ruscello che fugge tra l’erba*” (“*tenuis fugiens per gramina rivos*”); fioriscano tutto intorno alla cassia verdina, il serpillo che odora lontano, e il sermollino abbondante dall’effluvio olezzante; la violetta si beva le irrigue fontane (“*irriguumque bibant violarla fontem*”). Le api sono le uniche a credere nella patria e nei penati! E mentre le più vecchie rinsaldano i favi e plasmano grandi palazzi ben degni di Dedalo, le giovani, stanche, tornano a notte avan-



Fig. 2 – Il fiore dell’*Ophrys* (a sinistra) riproduce in modo sorprendente l’immagine di un bombo.

zata, le zampe ricolme di timo; raccolgono un po’ dappertutto, corbezzoli, salici color dell’argento, cassia e croco rossastro, tigli vischiosi e giacinti color della ruggine (“*glaucas salices, cassiamque crocumque rubentem et pinguem tilium et ferrugineos hycinthos*”).

Abbiamo detto che fiori e frutti c’erano già prima della nostra comparsa sulla terra; noi però, con la nostra visione cromatica, limitata alle radiazioni visibili dello spettro solare, li abbiamo apprezzati e raccolti; col nostro senso olfattivo ne abbiamo distinto gli odori; col gusto estetico ne abbiamo orientato le scelte; col nostro ingegno li abbiamo selezionati e modificati secondo le nostre esigenze o il nostro capriccio; infine con le nostre capacità indagative ne abbiamo studiato le interrelazioni con gli altri animali, con gli insetti in particolare.

Chiediamoci allora come vedono e cosa vedono gli insetti, limitandoci a quelli che hanno più sicuri e stretti rapporti con i fiori, come le api.

La loro visione è affidata a due tipi di occhi (Fig. 3): occhi semplici, ocelli (OC) e occhi composti (OCC). I primi sono costituiti da una lente e da uno strato cellulare sensibile (retina); talora sono presenti in numero di tre, di-

sposti ai vertici di un triangolo e collocati sulla fronte o posteriormente agli occhi composti; non percepiscono immagini, ma solo la luce polarizzata, pertanto sono importantissimi per la direzione del volo.

Gli occhi composti sono strutture oculari complesse, il cui ampio, lungo e paziente studio ha portato alla formulazione di teorie sulla visione negli insetti (come la teoria del mosaico e quella della diffrazione) e a scoperte sempre più interessanti e sorprendenti.

Pur avendo occhi immobili, gli insetti possono vedere bene oggetti la cui immagine reti-

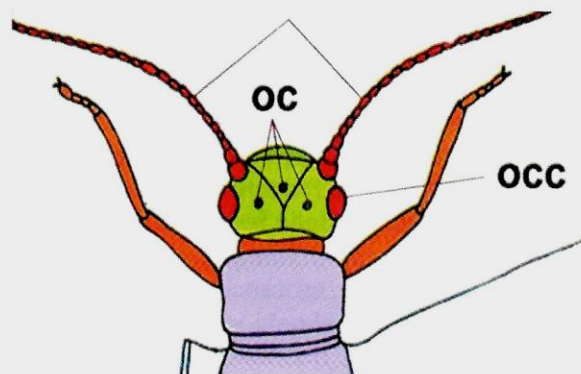


Fig. 3 – Schema della testa di un insetto: sono indicati gli occhi semplici (OC) e gli occhi composti (OCC).

nale non è mai completamente ferma, anche per il tremolio ritmico del loro corpo, dovuto ai movimenti cardiaci e respiratori.

Va precisato che non tutti gli insetti vedono allo stesso modo; infatti nel corso della evoluzione la loro vista si è andata diversificando in risposta alle condizioni ambientali ed alla selezione naturale; per esempio, nei sedentari gli occhi sono più piccoli; mancano nelle specie sotterranee; altri, per contro ne hanno quattro; spesso nei maschi sono più grandi che nelle femmine.

È stato dimostrato da eminenti entomologi che molti insetti sono realmente capaci di distinguere l'uno dall'altro triangoli, quadrati, cerchi; e che sono in grado di stimare la profondità, quando posseggono la visione binoculare. I predatori, con occhi situati nella parte frontale della testa, sono in grado di stimare la distanza che li separa dalle prede; e le attaccano solo se queste si trovano di fronte ai loro occhi.

Altri ricercatori hanno dimostrato che, generalmente, gli insetti vedono gli oggetti complessi meglio di quelli semplici, e reagiscono più fortemente agli oggetti in movimento che a quelli fermi; per cui api, locuste, farfalle diurne, visitano più frequentemente i fiori mossi che quelli fermi.

Ma quello che più ci interessa per il tema che sto trattando è che gli insetti posseggono la visione del colore, il che vuol dire che sono

capaci di distinguere le radiazioni secondo la composizione spettrale, ad ogni valore di intensità. In altre parole se distinguono il giallo dal verde, vuol dire che i loro occhi sono eccitati in modo diverso da queste due radiazioni; che noi chiamiamo "giallo" e "verde" ma che, in realtà, noi non sappiamo con precisione come da loro vengano percepite; la visione colorata è posseduta sia dalle specie diurne che dalle notturne, sia dalle specie nuove che da quelle antiche; va peraltro ricordato che a bassa luminosità la visione cromatica è generalmente perduta e che la visione notturna e crepuscolare torna ad essere monocromatica.

Alcune farfalle notturne diventano cieche ai colori a una luminosità di circa 5 lux, altre ad un centesimo di lux; tenendo presente che in una notte senza luna e con cielo coperto la luminosità scende a 3 decimillesimi di lux (0,0003 lux), in tali condizioni gli insetti diventano ciechi ai colori.

Quando si parla di fiori e insetti, il pensiero corre in particolare alle api, appartenenti al gruppo sistematico delle Apidae, a cui sono stati dedicati un numero stragrande di studi, sia per la loro organizzazione sociale, sia per la loro straordinaria utilità. Per quanto riguarda la loro visione, è stato dimostrato in modo inequivocabile che distinguono i colori in uno spettro ampio come il nostro, ma spostato verso le lunghezze d'onda più brevi; in altri

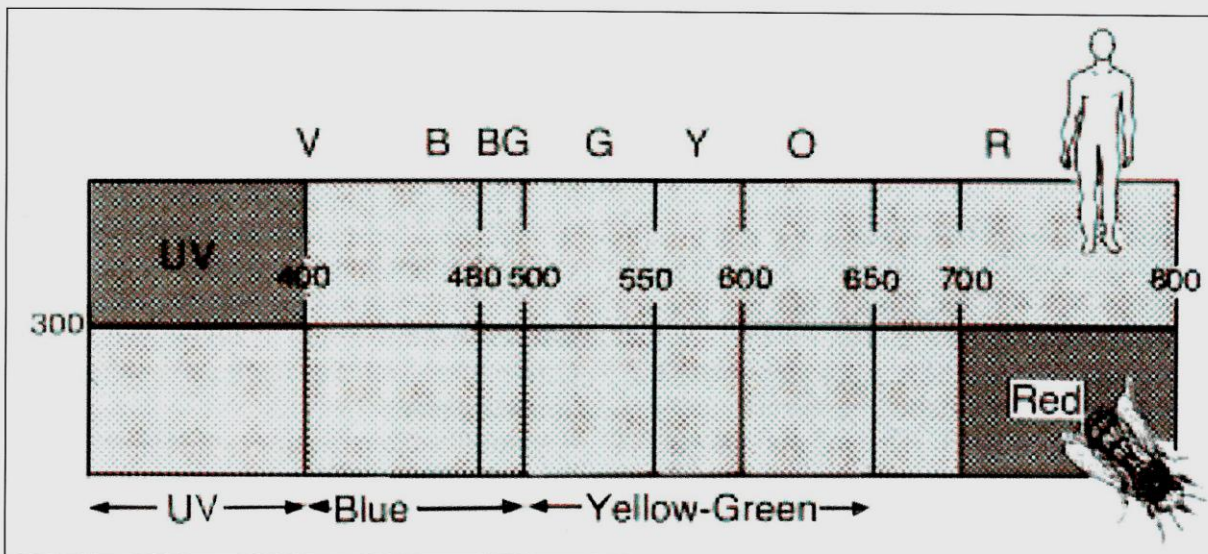


Fig. 4 – Schema di spettro solare. L'uomo non percepisce le radiazioni UV; invece le api percepiscono l'UV ma non le radiazioni rosse.

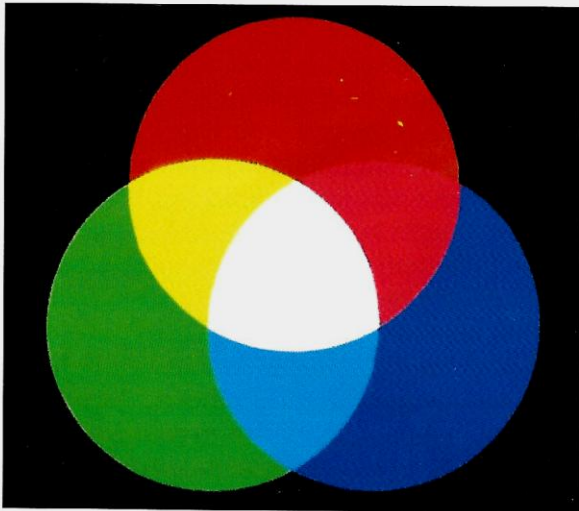


Fig. 5 – Il colore giallo che si ottiene da radiazioni rosse più radiazioni verdi è diverso dal giallo monocromatico, colore primario. Gli insetti percepiscono questa differenza nella loro visione.

termini, vedono nella regione dell'ultravioletto (UV) dove noi non vediamo, ma sono insensibili al rosso (Fig. 4); pertanto vedono a colori il mondo variegato dei fiori, ma non nei colori che vediamo noi, e con una risoluzione visuale 100 volte inferiore alla nostra. Le api valutano i colori mediante 3 tipi di cellule sensitive, cioè con tre diversi fotorecettori: nell'UV, nel blu e nel verde; quindi la loro visione è tricromatica; vedono bene a 400 nm circa e a 500 nm; in realtà il fotorecettore verde costituisce la visione acromatica ma è importantissimo per la percezione del movimento, dell'orientamento, del riconoscimento degli obiettivi più piccoli; pertanto si può dire che in questi insetti la distinzione dei colori è affidata prevalentemente a due soli fotorecettori.

Va aggiunto infine che esistono animali con quattro tipi di fotorecettori (per esempio pesci e alcuni uccelli) che posseggono una visione più particolareggiata della nostra, che è tricromatica. Cani e gatti sono invece dicromatici e la loro visione può essere paragonata a quella dei daltonici.

Due colori possono essere identici, ma avere una composizione spettrale diversa, come il giallo puro, monocromatico, primario, e il giallo che si ottiene con radiazioni verdi più radiazioni rosse (Fig. 5). Ciò è molto importante perché radiazioni apparentemente dello stesso colore possono eccitare l'occhio degli animali in modo diverso e, conseguentemente,



Fig. 6 – Sia *Primula palinuri* (a sinistra) che *Caltha palustris* (a destra) hanno fiori gialli; ma il giallo della primula è monocromatico, quello della calta contiene una parte di UV.

te, possono influenzare il loro comportamento in modo diverso.

Prendiamo ora come esempi due fiori gialli ai nostri occhi: la *Primula palinuri* (Fig. 6: sinistra) ha i petali che riflettono radiazioni gialle, ma non ultraviolette; anche la *Caltha palustris* (Fig. 6: destra) ha i petali gialli, che però riflettono una buona percentuale di radiazioni ultraviolette; conseguenza: la *Primula* sarà gialla sia per i nostri occhi che per quelli delle api; la *Caltha* sarà gialla per noi, ma per le api sarà di un colore diverso appunto perché la luce riflessa contiene anche UV.

Molti fiori che noi vediamo bianchi o rosa, riflettono fortemente nel giallo e nel blu, pertanto non saranno altrettanto bianchi per le api. Per quanto riguarda i fiori rossi (colore non visibile per le api) bisogna fare alcune considerazioni. Innanzitutto, quello che a noi sembra rosso puro, rosso intenso, è raro nelle nostre zone temperate; dove molti sono i fiori rossi, ma si tratta di un rosso che contiene quasi sempre una considerevole componente blu, oltre ad una percentuale di UV; per cui è inimmaginabile come vedono le api questi fiori; a noi sembrano rossi, come il nostro papavero che le api vedrebbero nero se non fosse per la riflessione di una certa percentuale di radiazioni ultraviolette! In queste stesse zone temperate i frutti sono spesso rossi, cioè di un colore adatto alla vista degli uccelli; i quali se ne cibano svolgendo in tal modo un'altra importante e vitale funzione: la dispersione dei semi.

Nei tropici fiori di colore rosso puro sono molto più frequenti; loro impollinatori sono gli uccelli e non gli insetti che non occupano queste

particolari nicchie ecologiche.

Insomma le piante emettono segnali diversi; quelli finalizzati a favorire l'impollinazione sono rivolti prevalentemente agli insetti; quelli per favorire la disseminazione sono invece rivolti agli uccelli o ad altri animali nelle cui diete è previsto il consumo di frutti.

I fiori si stagliano sul verde delle foglie, sul fondo verde dei prati; ma gli insetti percepiscono il colore verde come una visione acromatica; pertanto essi vedono il colore dei fiori su un fondo privo di colori. Non vi è dubbio che per gli insetti il colore verde dei fiori, come quello delle graminacee, è poco attrattivo; ciò avrebbe facilitato lo sviluppo dell'impollinazione anemofila.

Abbiamo parlato del comportamento delle api nei riguardi dei fiori; e abbiamo avuto modo di vedere quale è stata la risposta delle piante alla forte pressione evolutiva operata dagli insetti; possiamo affermare, senza tema di sbagliare, che in questa loro risposta c'è stata una unica finalità: la conservazione della specie attraverso il complesso processo di riproduzione; un processo che, nelle piante superiori si svolge secondo fasi che, nell'ordine sono: l'impollinazione, la fecondazione; la formazione dell'embrione; la formazione del seme; la disseminazione. Senza l'impollinazione non si possono svolgere le altre fasi. Ecco perché le piante hanno escogitato appropriate, sorprendenti, sofisticate strategie affinché l'impollinazione avvenga nel modo giusto e nel tempo giusto, ad opera di abili, efficienti, affidabili impollinatori. Ecco allora la varietà delle forme dei fiori, a cui ho già accennato; ecco la diversità e la vivacità dei loro colori, che gli insetti percepiscono da lontano, "a distanza", orientando i loro voli verso le parti colorate delle piante; ed ecco infine l'intensità degli odori, che, percepiti "da vicino", consentono all'insetto di operare una appropriata scelta del fiore su cui posarsi; e qui troverà il nettare, quale dolce, congrua ricompensa.

Il nettare viene secreto da cellule particolari, singole o riunite a formare "nettari", e si presenta sotto forma di goccioline di un liquido costituito prevalentemente di saccarosio, glucosio e fruttosio, a cui si aggiungono piccolissime quantità di aminoacidi, proteine, acidi organici, fosfati, vitamine ed enzimi.

Nel corso dell'evoluzione il polline ha rappresentato a lungo la sola forma di alimento offerta dal fiore agli insetti; il nettare, pur essendosi evoluto prima dei fiori delle angiosperme, si è aggiunto dopo; infatti, le angiosperme meno evolute, come le magnolie o le ninfee, non ne producono affatto.

Bellissimi esempi di nettari li troviamo nei fiori dell'edera (Fig. 7) dove sono completamente esposti; in altre piante, come abbiamo visto, sono ben nascosti alla base delle corolle.

Va ricordato che i nettari si possono trovare anche in parti diverse e lontane dai fiori, per esempio su foglie o su giovani, teneri virgulti; in questi casi si tratta di "nettari extrafloriali".

A volte, però, le piante, pur di richiamare l'attenzione degli insetti, ricorrono alla frode, al trucco, al raggio; per esempio esistono falsi nettari, sotto forma di minute strutture che sembrano goccioline di nettare, ma che in realtà non lo sono.

Ma durante l'evoluzione si sono verificati altri importanti fenomeni: si è avuta una progressiva riduzione della produzione di polline e una contemporanea tendenza a passare da fiori aperti (cioè accessibili a tutti gli insetti) a fiori strutturati in modo da proteggere polline e nettare dalla pioggia, dal vento, dalle radiazioni dirette, da inutili, inopportuni visitatori; si è realizzata una transizione da una dispo-

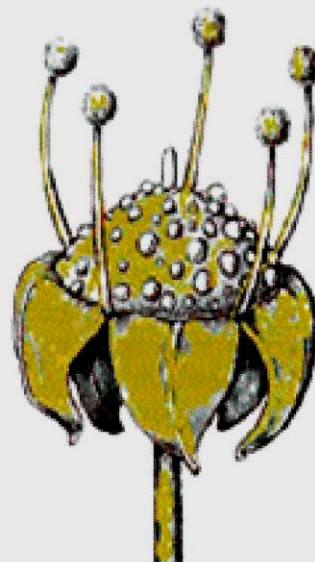


Fig. 7 – Schema di un fiore di edera con goccioline di nettare.

sizione a spirale degli elementi fiorali, ad una disposizione ciclica (a verticillo); si è verificato il passaggio da una simmetria radiale ad una simmetria bilaterale; infine si è via via differenziata una sorta di segnaletica per guidare gli insetti sugli stami sormontati dalle antere pollinifere e nelle parti dove si cela la ricompensa nettariana.

Un'altra strategia per risparmiare polline è stata quella di differenziare, in alcuni fiori, due tipi di polline; uno sterile, di cui gli insetti si possono cibare facilmente, risparmiando l'altro tipo di polline, fertile e meglio custodito. In altri casi il risparmio del polline si è ottenuto riducendo il numero degli stami, formandone pochi ma ben visibili. Nel genere *Centranthus* c'è un unico stame!

I colori nelle piante non sono qualcosa di statico, di definitivo; sono invece il risultato di risposte puntuali, dinamiche alle condizioni ambientali e agli stimoli che giungono alle piante dalla vasta e diversificata componente biologica che le circonda.

Nelle foglie, cambia l'intensità del verde durante la loro differenziazione; in autunno da verde diventano gialle o rosse prima della loro caduta; i frutti maturando passano dal verde al giallo, arancione, rosso, nero, bianco; altre trasformazioni si hanno quando organi cresciuti al buio vengono esposti alla luce (patate che inverdiscono, parti eziolate clorotiche che mutano il giallo in verde); tutto ciò è comunque dovuto alla dinamica trasformazione di una categoria di plastidi in un'altra.

Un altro importante cambiamento di colore nelle piante, al quale forse non facciamo caso, non è sfuggito alle attente osservazioni dei biologi. Infatti, in molte piante i fiori sono riuniti, numerosi, in ampie infiorescenze; in questi casi, i fiori già visitati dagli insetti (nei quali si è già verificato il processo d'impollinazione e successiva fecondazione), conservano a lungo la loro freschezza, ben oltre la perdita della loro vitalità sessuale; però, per non farli confondere con i fiori giovani non ancora impollinati, le piante provvedono a mutarne il colore; gli insetti li evitano, riconoscendo come un segnale questo cambiamento e concentrano le loro visite sui fiori giovani, vitali, dal colore non modificato, dove sono certi di trovare adeguata ricompensa in forma di pol-



Fig. 8 – Una Bromeliacea del genere *Aechmea*: nel riquadro i fiori già impollinati di colore rosso; in alto i fiori gialli in attesa di essere impollinati.

line e nettare.

Moltissimi sono gli esempi; li possiamo trovare in numerose famiglie delle angiosperme; nelle Bromeliacee il fenomeno è molto evidente in una specie del genere *Aechmea*; nella Fig.8 i fiori già impollinati, diventati rossi, sono indicati nel riquadro. La frequenza del fenomeno si riscontra più nei gruppi sistematici maggiormente evoluti a impollinazione entomofila. Probabilmente questo cambiamento di colore è da ricercarsi nel metabolismo delle antocianine e dei carotenoidi; ma può essere dovuto anche ad un cambiamento del pH cellulare; pare che la luce sia essenziale a che ciò avvenga perché si è notato che nelle parti in ombra il colore non cambia.

Un'ultima considerazione; i colori dei fiori, in natura, sono colori genuini, frutto di un lento, lungo processo evolutivo che ha riguardato categorie di piante e gruppi d'insetti. L'uomo inizialmente è stato solo a osservare, estasiato, il policromo mondo vegetale; poi ha voluto usare anche lui la propria tavolozza; ed è arrivato oggi, grazie all'ingegneria genetica, a modificare anche il colore dei fiori. Va tuttavia tenuto ben presente che se l'uomo dovesse modificare il colore dei fiori nelle piante di ampia diffusione nell'ambiente naturale, in tal caso verrebbero alterati, forse drammaticamente, i rapporti che ho cercato di evidenziare, tra fiori ed insetti, nel loro continuo, aperto confronto per la reciproca sopravvivenza.

Per noi vedere non è soltanto un semplice



fatto visivo, spiegabile con la fisica ottica; a questo verbo noi associamo, col nostro intelletto, tutte le relative accezioni; come: percepire, osservare, guardare, scrutare, spiare, esaminare, riconoscere, distinguere; sempre che l'occhio sia integro nelle sue componenti strutturali.

La nostra vista è un dono impagabile che ognuno di noi cerca di custodire gelosamente per tutto l'arco della propria esistenza. Aprire gli occhi la mattina, vedere un nuovo giorno, nella luce che ci viene dal sole, nei colori dello spettro che ogni cosa ci rimanda riflessi e che le nostre pupille accolgono tra veloci battiti di palpebre, significa riaprire la porta nel mondo, riavviare il pensiero, muo-

vere l'azione nella vita che continua con quotidiane vicende.

### **Lectture consigliate**

RICCIARELLI D'ALBORE G., INTOPPA F. (2000) – La flora visitata dalle api dagli altri Apoidei in Europa. Calderini Edagricole, Bologna.

BARTH F.G. (1985) – *Insects and Flowers The Biology of a Partnership*. George Allen & Unwin. London, Sydney.

PLANT-ANIMAL INTERACTION (1989) – Ed. Warren G. Abrahamson. Department of Geology Bucknell University. Macgraw – Hill Book Company. New York.

PINZAUTI M. (2000) – *Api e impollinazione*. Regione Toscana.