

GIOVANNI CRISTOFOLINI

PROBLEMI BIOLOGICI NELLA CONSERVAZIONE DI SPECIE
A RISCHIO DI ESTINZIONE

RIASSUNTO

Il processo riproduttivo, ed in particolare l'impollinazione, rappresenta la fase critica nel ciclo vitale delle piante, e riveste quindi un'importanza cruciale ai fini della conservazione di specie rare ed a rischio di estinzione locale o generale. Nella maggior parte delle Angiosperme l'impollinazione è mediata da insetti. Si dimostra che lo spettro di specie di insetti presenti e la loro consistenza numerica possono essere un fattore limitante per la produzione di seme e quindi per la conservazione delle specie. Ogni intervento di gestione di specie a rischio deve quindi tenere in considerazione il sistema degli impollinatori in tutta la sua complessità.

SUMMARY

Biological aspects of conservation of endangered plant species. The reproductive process, and pollination in particular, is the most critical point in the plant life cycle; its importance in relation to conservation of rare and/or endangered species cannot be overstressed. Pollination is operated by insects in most Flowering Plant species. In the present paper it is shown that the spectrum of visiting insect species and their numerical amount may be limiting factors in relation to seed set, and consequently affect the species survival chances. Therefore, the "pollinators system" should be accurately considered in its complexity when devising measures of endangered species conservation.

INTRODUZIONE

La fase riproduttiva rappresenta il momento più critico nel ciclo vitale delle specie vegetali. Anche specie che vegetano rigogliosamente in ambienti diversi da quello originario possono incontrare difficoltà insormontabili nel

momento della riproduzione. La riproduzione delle piante “superiori” (Spermatofite, o piante con seme) attraversa due passaggi particolarmente critici: l’impollinazione e la disseminazione. Ambedue queste fasi sono spesso caratterizzate dall’interazione della pianta con organismi animali, e questo rapporto si manifesta particolarmente complesso nel caso dell’impollinazione delle piante con fiori (Angiosperme). Nel corso dell’evoluzione si è determinato un rapporto di interazione fra le Angiosperme e gli animali che ne compiono l’impollinazione (CRISTOFOLINI *et al.*, 2010). Nei climi temperati l’impollinazione è dovuta in modo preponderante agli insetti, mentre nei climi tropicali anche uccelli ed altri vertebrati sono importanti impollinatori.

Se il processo di impollinazione è vitale per la conservazione di tutte le specie, esso assume ovviamente un’importanza cruciale nel caso di piante rare ed a rischio di estinzione, la cui sopravvivenza in natura dipende dal successo del processo riproduttivo (BOND, 1994). La criticità legata all’impollinazione è stata messa chiaramente in luce da numerose ricerche (si veda ad es. BRYS *et al.*, 2007; GALLONI *et al.*, 2007); si riporta qui qualche caso esemplare tratto da recenti ricerche compiute dal gruppo di lavoro di ecologia dell’impollinazione del Dipartimento di Biologia dell’Università di Bologna.

SPERIMENTAZIONE

La primula dell’Appennino

La primula dell’Appennino (*Primula apennina* Widmer) è una specie endemica di una piccola porzione dell’Appennino Settentrionale, fra le province di Reggio Emilia e Parma verso Nord, e di Lucca verso Sud. Al pari di molte specie del suo genere *P. apennina* è una specie distila (RICHARDS, 1986), che produce fiori brevistili e longistili autoincompatibili. La ricompensa fioreale è costituita dal nettare secreto sul fondo del tubo corollino.

La funzione e l’evoluzione della distilia sono state recentemente discusse da THOMPSON & ARROYO (2009). La distilia, e la connessa autoincompatibilità, comportano un vantaggio evolutivo dovuto all’elevamento dell’eterozigosi entro la popolazione, ma allo stesso tempo rendono difficile la produzione di seme in piccole popolazioni isolate, dove può essere scarso o del tutto insufficiente l’apporto di polline eterologo (KÉRY *et al.*, 2003): la scarsità di apporto di polline eterologo può determinare a sua volta decremento della popolazione e pericolo di estinzione (SHAO *et al.*, 2008).

P. apennina è ritenuta specie a rischio di estinzione generale, in quanto ridotta a pochissime (circa sei) popolazioni di scarsa consistenza, ubicate sui rilievi della dorsale appenninica, e distanti diversi chilometri l’una dall’altra,

per cui è elencata fra le “Priority species” nell’Annexe II e IV della Direttiva Habitat EC (Council Directive 92/43/EEC on the Conservation of Natural Habitats and of Wild Fauna and Flora 1992) e nella Appendix I della Convenzione di Berna (Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats 1979); la specie è citata inoltre come “vulnerabile” nel Libro Rosso delle Piante Italiane (CONTI *et al.* 1992, 1997) ed è localmente protetta in Emilia-Romagna (DPGR n.664 1989) e Toscana.

Abbiamo condotto uno studio accurato di biologia molecolare volto a valutare il grado di diversità genetica all’interno della specie e delle singole popolazioni; l’ipotesi che si intendeva sottoporre a controllo era che: (a) la diversità sia della specie nel suo complesso che delle singole popolazioni fosse molto ridotta, a causa della ridotta consistenza numerica della specie; (b) che vi fosse un’elevata distanza genetica fra le popolazioni, dato il loro reciproco isolamento geografico, e vi fosse invece poca diversità fra gli individui della stessa popolazione. Il risultato (CREMA *et al.*, 2009) fu proprio l’opposto dell’atteso: trovammo infatti che la specie ha mantenuto, nel suo complesso, una diversità genetica relativamente alta e che – questo fu il risultato più sorprendente – la maggior parte della diversità risiede all’interno delle popolazioni, mentre la distanza genetica fra popolazione e popolazione è molto ridotta. Apparentemente dunque i singoli popolamenti appartengono ad un unico complesso (metapopolazione) dal punto di vista genetico - riproduttivo. Solo uno studio in campo dell’ecologia riproduttiva della specie (FISOGNI *et al.*, in stampa) ha potuto dare una risposta all’apparente paradosso: infatti abbiamo potuto scoprire che i fiori delle primula sono visitati, oltre che da Coleotteri Stafilinidi della sottofamiglia Omaliinae (i quali hanno una mobilità molto ridotta, e quindi sono possibili impollinatori solo su brevissima distanza) anche da *Macroglossum stellatarum* L. (Lepidoptera), Sfingide dalle abitudini diurne, veloce volatore, capace di coprire dislivelli di molte centinaia di metri e distanze di molti chilometri. La scoperta di questo impollinatore ha consentito di comprendere perché i popolamenti di primula, pur geograficamente distanti l’uno dall’altro, sono geneticamente simili.

Se si tiene conto che la sopravvivenza della specie è dovuta proprio alla conservazione della sua diversità genetica ed alla coesione fra le sue popolazioni, è lecito dedurre che la presenza di *Macroglossum* come impollinatore gioca una funzione molto importante, forse essenziale, nella conservazione di *Primula apennina*.

Infine, uno studio quantitativo dell’efficienza riproduttiva (FISOGNI *et al.*, in stampa), compiuto dando ad alcuni fiori un “supplemento” di polline rispetto a quello pervenuto naturalmente, ha rivelato che, in almeno una delle due annate controllate, il supplemento di polline determina una maggiore produzione di seme. Se ne conclude che la quantità di polline che la pianta

riceve in condizioni naturali è al di sotto dell'optimum, e costituisce un fattore limitante della sua efficienza riproduttiva.

Il dittamo

Il dittamo (*Dictamnus albus* L.) è una specie erbacea a lungo ciclo vitale. La radice perenne produce ogni anno, a partire dal terzo o quarto anno di età, un nuovo scapo fiorale con un ricco racemo; la pianta vive alcune decine di anni. La specie, diffusa dall'Asia Centrale fino all'Europa occidentale, si trova in Italia al margine della diffusione verso Sud Ovest; tipico di ambienti di margine di bosco (il cosiddetto "mantello"), il dittamo vede attualmente il suo habitat in via di riduzione, a causa delle variazioni dell'uso del suolo, in particolare dell'abbandono dell'agricoltura tradizionale in favore dell'agricoltura estensiva e di insediamenti residenziali. Per questo motivo il dittamo è protetto in molti Paesi d'Europa, ed in tutte le Regioni italiane in cui è presente (in Emilia-Romagna dal DPGR n.664 1989).

La ricompensa fiorale è costituita principalmente dal nettare. Lo spettro di impollinatori è molto ricco e differenziato, comprendendo specie riferibili ad 8 generi afferenti a 5 famiglie e a due ordini diversi. Non ostante questo ricco corteggio di specie, abbiamo riscontrato che la produzione di seme viene incrementata significativamente se si provvede a conferire al fiore un apporto supplementare di polline (FISOGNI *et al.*, in prep.), da cui si evince che anche nel caso del dittamo l'apporto di polline in condizioni naturali costituisce fattore limitante.

Abbiamo studiato l'efficienza riproduttiva delle varie specie di impollinatori, rilevando per ciascuna di esse la frequenza (quale porzione delle visite totali ai fiori di dittamo è dovuta ad una determinata specie) e la fedeltà (quale porzione del polline trasportato dagli individui di una determinata specie di insetto è polline di dittamo). Abbiamo così potuto riscontrare che l'efficienza riproduttiva è molto diversa da una specie all'altra: mentre *Apis mellifera* e *Bombus terrestris* uniscono un'elevata frequenza di visite ed un'elevata fedeltà (su ogni individuo si ritrova quasi esclusivamente polline di dittamo), altri generi presentano fedeltà o frequenza minori. Si osserva che la presenza di numerose specie caratterizzate da bassa frequenza e/o bassa fedeltà, non solo contribuisce poco alla produzione di seme, ma può addirittura deprimerla, in quanto le visite di questi insetti "disturbano" i visitatori più efficienti.

Studiando accuratamente il movimento degli insetti sulla pianta, abbiamo poi rilevato che il movimento di *Bombus* e di *Apis* sul racemo si sviluppa dal basso verso l'alto; se si tiene conto che anche l'antesi procede dal basso verso l'alto dell'infiorescenza, e che in ogni fiore si manifesta prima la dei-

scenza delle antere, mentre solo più tardi lo stigma diventa recettivo, si comprende che in ogni momento i fiori collocati più in basso sono in una fase più avanzata (la “fase femminile”, con stigma recettivo), mentre quelli più in alto sono in fase più precoce (“fase maschile”, con antere deiscenti): ne consegue che il movimento dell’insetto dal basso all’alto riduce al minimo il tasso di geitonogamia. Viceversa, gli insetti di altri generi, che si muovono in modo più casuale, determinano una certa quota di auto-impollinazione, e quindi un’efficienza riproduttiva minore.

Si conclude che, a fronte di molte specie che visitano o impollinano il dittamo, dando a prima vista l’impressione di un ricco servizio di impollinazione, in realtà solo due di queste specie sono effettivamente efficaci ai fini della riproduzione, e questo spiega perché la pianta manifesti i sintomi di deficit di impollinazione.

La genziana maggiore

Anche la genziana maggiore (*Gentiana lutea* L.), come il dittamo, è una specie a ciclo vitale molto lungo: la fioritura inizia dopo alcuni anni dalla germinazione del seme, e la pianta può vivere poi molti decenni. La genziana maggiore vegeta nei pascoli e prati subalpini ed alpini delle Alpi e, in modo molto sporadico, dell’Appennino. Anch’essa è specie protetta dalla legislazione delle Regioni Italiane in cui è presente; il principale fattore di rischio è costituito dalla raccolta fatta dall’uomo, a scopo commerciale, della radice ricca di principi amaro-tonici e di zuccheri.

L’infiorescenza è ricchissima, consistendo di numerosi falsi verticilli (aggregati di decine di fiori all’ascella di ogni coppia di foglie opposte). Ogni fiore contiene, nell’ovario, più di un centinaio di ovuli che, se l’impollinazione va a buon fine, producono da 50 a 100 semi. I semi, leggerissimi, con poco endosperma ed un’ala membranacea, sono dispersi dal vento. Il problema principale ai fini della conservazione, dal momento che la legge non è sufficiente ad arrestare la raccolta indiscriminata, è mantenere un’elevata efficienza riproduttiva, che a sua volta richiede un efficace servizio di impollinazione.

La ricompensa fiorale è costituita sia da polline che da nettare. Sui fiori abbiamo osservato specie di 5 ordini di insetti: Imenotteri, Lepidotteri, Coleotteri, Ditteri, Ortotteri. La funzione di questi insetti è estremamente diversificata: si sono osservati raccoglitori di nettare, bottinatori di polline, consumatori di diverse parti del fiore, predatori; in aggiunta, frequenti sono risultate le visite di uccelli insettivori. Malgrado il grande numero e la grande diversità di impollinatori e visitatori, la nostra ricerca ci ha consentito di rilevare anche in questo caso – come dato preliminare che richiede ulteriore conferma – che l’apporto supplementare di polline determina l’aumento della

produzione di seme. Questa constatazione sta in contrasto apparente con il fatto che la diversità di visitatori è impressionante.

In conclusione, l'infiorescenza costituisce un vero ecosistema, con diversi livelli trofici: il successo riproduttivo della specie dipende dal funzionamento di un sistema integrato estremamente complesso.

CONCLUSIONI

Abbiamo esaminato tre casi esemplari, relativi a specie appartenenti a famiglie diverse e caratterizzate da diversa struttura e biologia fiorale. Le tre specie hanno in comune il fatto di presentarsi in popolazioni di dimensioni ridotte, reciprocamente isolate. Il deficit di apporto di polline sembra essere un fatto generale, o per lo meno molto comune. Il successo riproduttivo, determinante ai fini della permanenza della popolazione, dipende dall'azione di una singola specie (*Magrogloum stellatarum* nel caso di *Primula apennina*), di due specie di generi diversi (*Apis mellifera* e *Bombus terrestris* nel caso di *Dictamnus albus*), o di un sistema integrato e complesso di specie (e classi sistematiche) diverse (nel caso di *Gentiana lutea*). Si conclude che non è possibile programmare la conservazione *in situ* di specie vegetali senza studiare, conoscere e gestire il complesso sistema degli impollinatori.

Ringraziamenti — L'autore è grato ai suoi collaboratori Lucia Conte, Marta Galloni, Licia Podda, Daniele Vivarelli, Silvia Crema, Alessandro Fisogni e Martina Rossi, senza il cui lavoro in campo ed in laboratorio le ricerche sintetizzate in questo contributo sarebbero state impossibili.

BIBLIOGRAFIA

- BOND W.J., 1994 — Do mutualisms matter? Assessing the impact of pollinator and disperser disruption on plant extinction. — *Phil. Trans. R. Soc. London*, B, 344: 83-90.
- BRYN R., JACQUEMYN H., DE BRUYN L. & HERMY M., 2007 — Pollination success and reproductive output in experimental populations of the self-incompatible *Primula vulgaris*. — *Int. J. Plant Sci.*, 168: 571-578.
- CONTI F., MANZI A. & PEDROTTI F., 1992 — Libro Rosso delle Piante d'Italia. — WWF Italia, Roma.
- CONTI F., MANZI A. & PEDROTTI F., 1997 — Liste Rosse Regionali delle Piante d'Italia. — WWF Italia, Società Botanica Italiana, Università di Camerino, Camerino.
- CREMA S., CRISTOFOLINI G., ROSSI M. & CONTE L., 2009 — High genetic diversity detected in the endemic *Primula apennina* Widmer (Primulaceae) using ISSR fingerprinting. — *Plant Syst. Evol.*, 280: 29-36.
- CRISTOFOLINI G., GALLONI M., PODDA L. & VIVARELLI D., 2010 — Pollination ecology provides some new insight into evolution and systematics of Mediterranean Legumes. — *Proceedings XIII Optima Meeting*, March 22-26 2010, Antalya.
- FISOGNI A., CRISTOFOLINI G., PODDA L. & GALLONI M., in stampa — Reproductive ecology in the endemic *Primula apennina* Widmer (Primulaceae). — *Plant Biosystems*.

- GALLONI M., PODDA L., VIVARELLI D. & CRISTOFOLINI G. 2007 — Pollen presentation, pollen-ovule ratios, and other reproductive traits in Mediterranean Legumes (Fam. Fabaceae - Subfam. Faboideae). — *Plant Syst. Evol.*, 266: 147-164.
- KÉRY M., MATTHIES D. & SCHMID B., 2003 — Demographic stochasticity in population fragments of the declining distylous perennial *Primula veris* (Primulaceae). — *Basic Appl. Ecol.*, 4:197-206.
- RICHARDS J.H., 1986 — Plant Breeding Systems. — *Allen & Unwin*, London.
- SHAO J.W., ZHANG X.P., ZHANG Z.X. & ZHU G.P., 2008 — Effects of population size on reproductive success of the endangered and endemic species *Primula merilliana*. — *J. Integr. Plant Biol.*, 50: 1151-1160.
- THOMPSON J.D. & ARROYO J., 2009 — Variations on a darwinian theme: evolutionary transitions to heterostily. Pp 186-200 in: Cristofolini G. & Managlia A. (ed.), *Il giardino di Darwin. L'evoluzione delle piante.* — *U. Allemandi & C.*, Torino.

Indirizzo dell'Autore — G. CRISTOFOLINI, Dipartimento di Biologia dell'Università, via Irnerio, 42 - 40126 Bologna (I); e-mail: giovann.cristofolini@unibo.it