



Ecologia ed evoluzione delle piante carnivore

Le piante carnivore attirano, intrappolano e consumano protozoi ed animali, specialmente insetti ed altri artropodi, per ricavarne nutrienti essenziali per il loro sviluppo.

Darwin ha fornito la prima descrizione delle piante carnivore

Questa singolare caratteristica è il risultato di un adattamento ad ambienti poveri di nutrienti che vengono integrati dalla pianta attraverso la digestione di proteine animali.

Esistono circa 600 specie di piante carnivore diffuse in tutto il mondo

<u>Divisione</u>	<u>Classe</u>	<u>Ordine</u>	<u>Famiglia</u>	<u>Genere</u>	Tipo di trappola
Magnoliohyta	Magnoliopsida	Caryophyllales	Dioncophyllaceae	<i>Triphyophyllum</i>	adesiva
			Drosophyllaceae	<i>Drosoophyllum</i>	adesiva
			Droseraceae	<i>Aldovranda</i>	a scatto
				<i>Dionaea</i>	a scatto
				<i>Drosera</i>	adesiva
			Nepenthaceae	<i>Nepenthes</i>	ascidio
		Ericales	Roridulaceae	<i>Roridula</i>	adesiva
			Sarraceniaceae	<i>Sarracenia</i>	ascidio
				<i>Darlingtonia</i>	ascidio
				<i>Heliamphora</i>	ascidio
		Lamiales	Byblidaceae	<i>Byblis</i>	adesiva
			Lentibulariaceae	<i>Pinguicula</i>	adesiva
				<i>Genlisea</i>	a nassa
				<i>Utricularia</i>	aspirante
			Martyniaceae	<i>Ibicella</i>	adesiva
		Oxydales	Cephalotaceae	<i>Cephalotus</i>	ascidio
	Liliopsida	Poales	Bromeliaceae	<i>Bricchinia</i>	urna
				<i>Catopsis</i>	urna
			Eriocaulaceae	<i>Paepalanthus</i>	urna

<u>Genere</u>	<u>Famiglia</u>	<u>Localizzazione</u>
<i>Aldrovanda</i>	Droseraceae	Europa Africa Asia Australia
<i>Brocchinia</i>	Bromeliaceae	Venezuela
<i>Byblis</i>	Byblidaceae	Australia Nuova Guinea
<i>Catopsis</i>	Bromeliaceae	Sud degli USA America centrale nord dell'America del sud
<i>Cephalotus</i>	Cephalotaceae	zone a sud-ovest dell'Australia
<i>Darlingtonia</i>	Sarraceniaceae	Costa ovest USA
<i>Dionaea</i>	Droseraceae	USA : Caroline del Nord Caroline del Sud
<i>Drosera</i>	Droseraceae	Sui 5 continenti dai circoli polari sino all'Ecuatore
<i>Drosophillum</i>	Droseraceae	Portogallo sud della Spagna e Marocco
<i>Genlisea</i>	Lentibulariaceae	Zone tropicali d'America del Sud e Africa

<u>Genere</u>	<u>Famiglia</u>	Localizzazione
<i>Heliamphora</i>	Sarraceniaceae	Altipiani del Tepuys in America del Sud
<i>Ibicella</i>	Martyniaceae	Brasile
<i>Nepenthes</i>	Nepenthaceae	Dalla Nuova Caledonia la Madagascar, Borneo, Sumatra, Malaysia Java, Filippine Nord-est dell'Australia, Nuova Guinea
<i>Pinguicula</i>	Lentibulariaceae	Zone temperate America Centrale e sud
<i>Sarracenia</i>	Sarraceniaceae	Zona Est dell'America del Nord
<i>Triphyophyllum</i>	Dioncophylaceae	Africa dell'est
<i>Utricularia</i>	Lentibulariaceae	Sui cinque continenti

le prede vengono intrappolate all'interno di una foglia arrotolata a forma di caraffa, contenente un pool di enzimi digestivi e/o batteri;

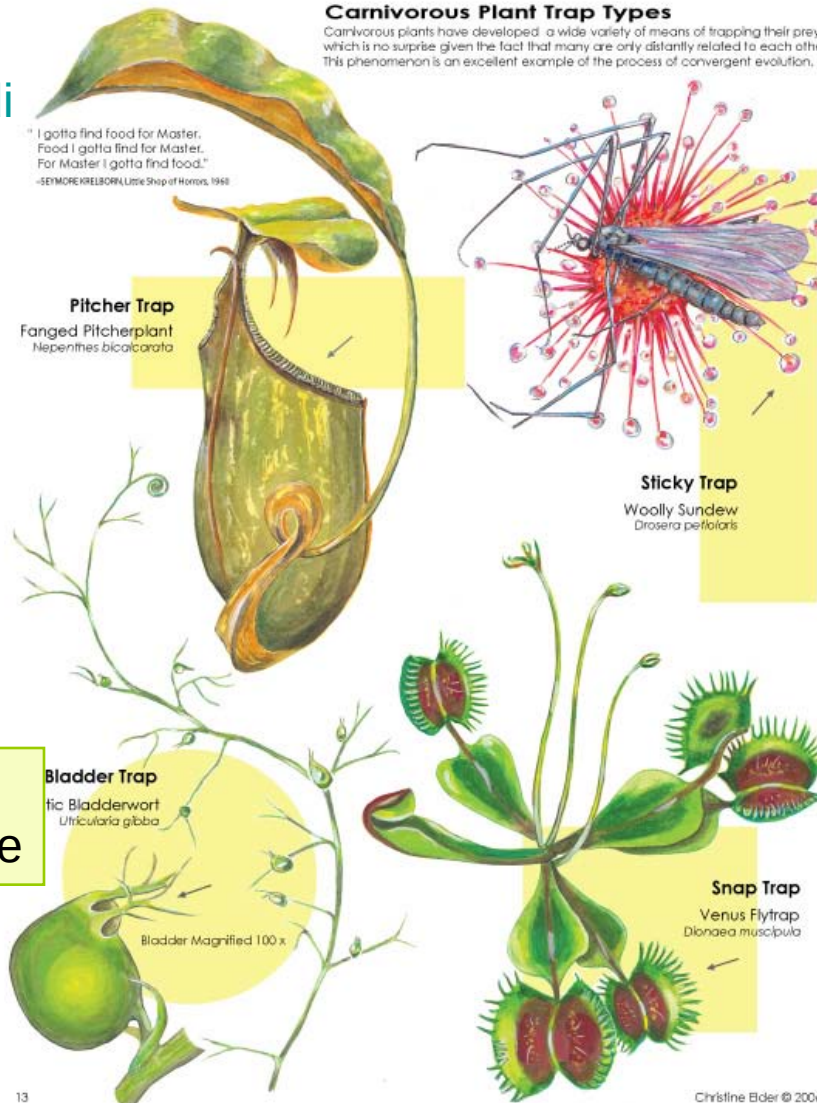
Trappole ad ascidio

Trappole ad aspirazione

la preda viene risucchiata da una vescicola al cui interno si genera un vuoto di pressione;

Carnivorous Plant Trap Types

Carnivorous plants have developed a wide variety of means of trapping their prey, which is no surprise given the fact that many are only distantly related to each other. This phenomenon is an excellent example of the process of convergent evolution.



la cattura avviene tramite una mucillagine collosa secreta dalle foglie;

Trappole adesive

Trappole a tagliola

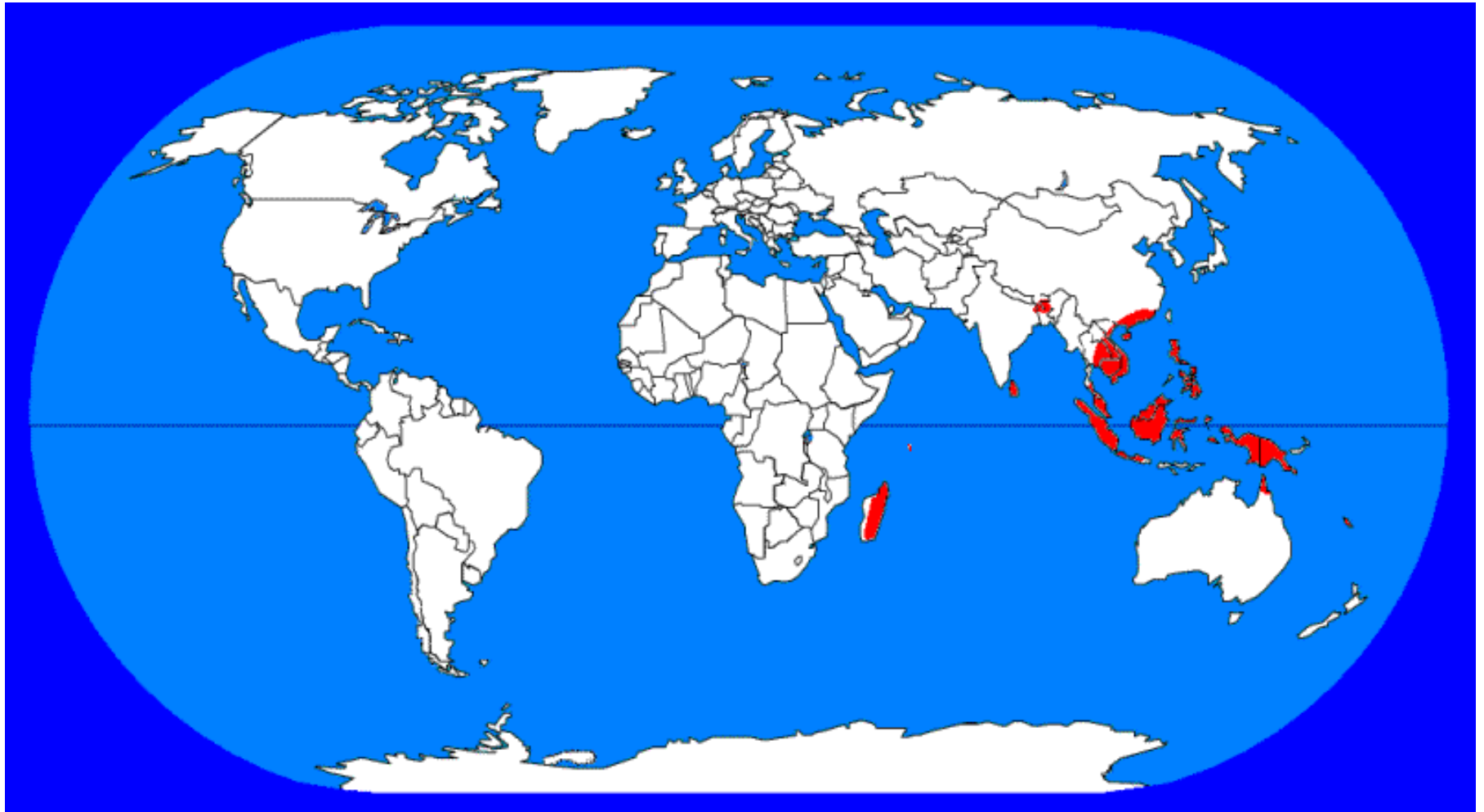
un rapido movimento delle foglie immobilizza l'animale al loro interno;



Nepenthes ventrata

l'ascidio a forma di "brocca" o "bicchiere" pende da ogni foglia, attira gli insetti producendo una sostanza zuccherina: la vittima scivola sulle pareti interne dell'ascidio finendo al suo interno, dove sono poste ghiandole apposite impiegate per la produzione di speciali enzimi digestivi, e per l'assorbimento delle sostanze utili





Nepenthes



Molte specie cacciano insetti, sebbene le più grandi, ed in particolare la *Nepenthes* catturino occasionalmente piccoli mammiferi e rettili.

Per evitare incidenti la *Nepenthes* possiede due spine acuminate che proietta dalla base dell'opercolo verso l'entrata dell'ascidio e con le quali cerca di proteggersi dalle incursioni di questi mammiferi.

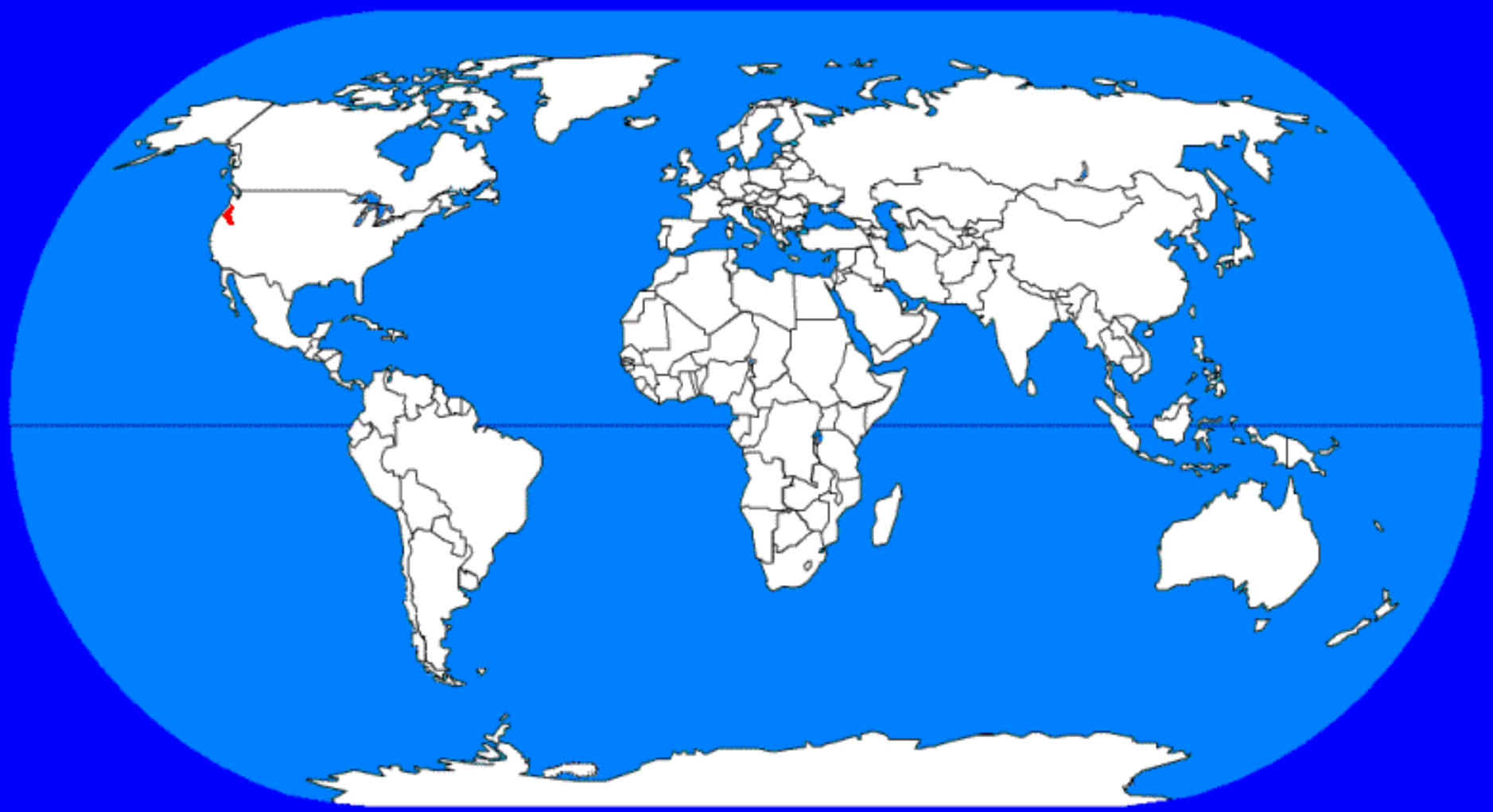


La pianta cobra *Darlingtonia californica*

l'opercolo è un rigonfiamento che chiude in parte l'apertura del tubo.

La sua cavità è punterellata da areole che, prive di clorofilla, permettono alla luce di penetrare all'interno del tubo. Attraversando l'apertura posta nella regione inferiore dell'opercolo, gli insetti (in particolare le formiche), una volta dentro, tentano di scappare utilizzando questa falsa uscita, fino a quando non cadono all'interno del tubo digestivo.





Heliamphora natans



le trappole qui sono il risultato di una modificazione delle foglie che hanno subito un arrotolamento con saldatura fra i margini. Queste piante sono originarie delle aree sudamericane ad intensa precipitazione e, di conseguenza, devono assicurarsi che l'ascidio non venga riempito eccessivamente dall'acqua piovana. Per risolvere il problema hanno evoluto uno scarico “**lavandino**”: un piccolo varco tra i margini fogliari incernierati che permette all'acqua in eccesso di fluire all'esterno dell'ascidio.



ascidio a forma di mocassino

Il peristoma è particolarmente pronunciato, secerne del nettare ed è provvisto di sporgenze spinose nell'apertura che impediscono agli insetti intrappolati di fuoriuscire.

Gli insetti vengono spesso attratti dal nettare secreto dal peristoma (spesso contenente alcaloidi tossici) e dalla brillante struttura simile ad un fiore.

Cephalotus follicularis





Brocchinia reducta

l'urna si è specializzata come trappola per insetti con una popolazione di batteri digestivi ed un rivestimento ceroso interno

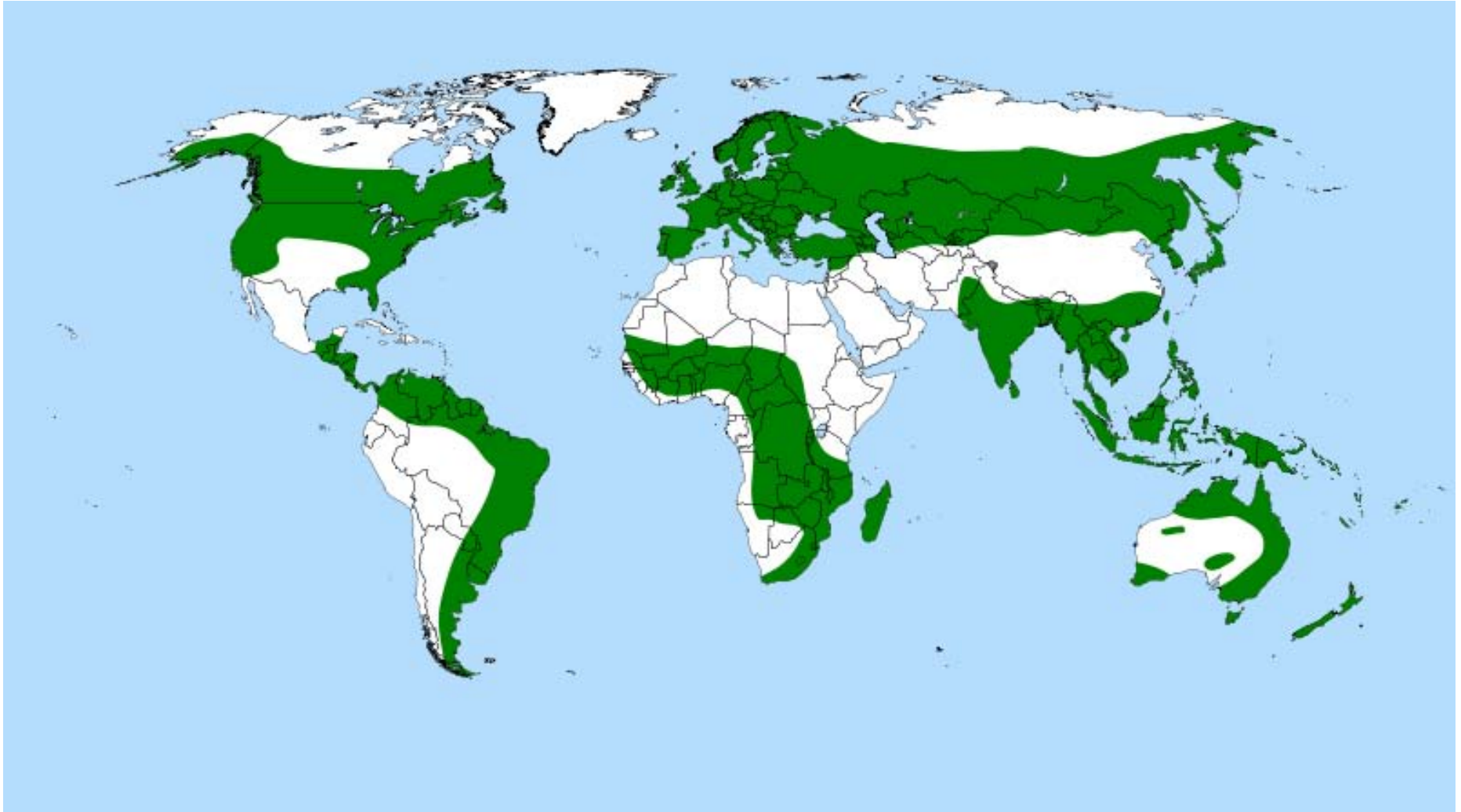
Trappole adesive o a colla

ghiandole sono poste all'estremità di lunghi tentacoli che si muovono abbastanza rapidamente in risposta alla avvenuta cattura della preda. I tentacoli della *Drosera burmanii* sono capaci di curvarsi di 180° in quasi solo un minuto.



Drosera





Distribuzione di *Drosera*





Drosera

Piante carnivore d'Italia

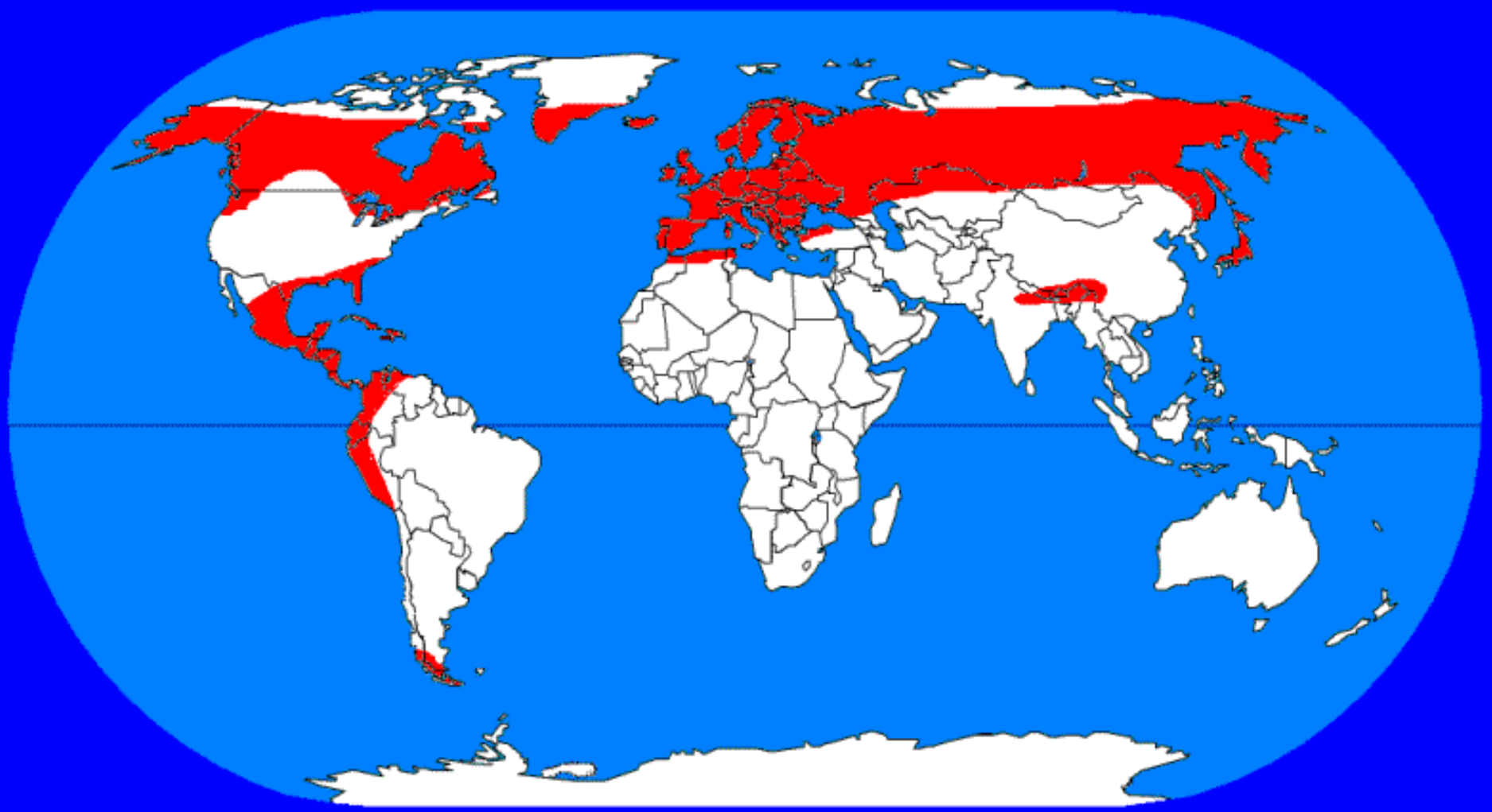


***Pinguicula alpina* L.**

proprietà collose di un secreto di
apposite ghiandole presenti nelle foglie.



***Pinguicula vulgaris* L.**



Pinguicula



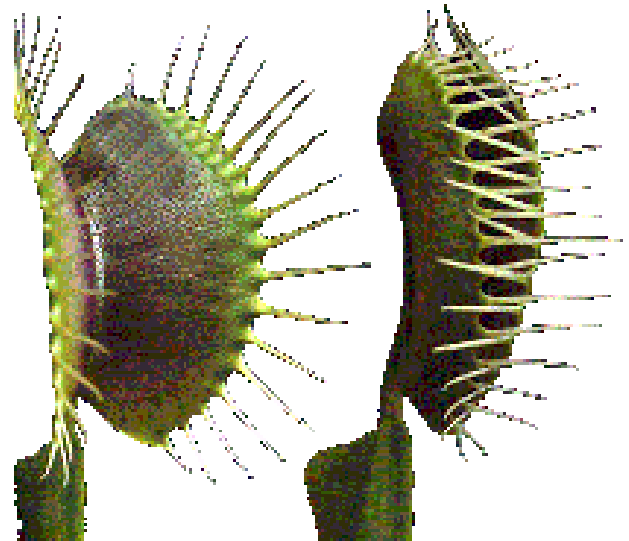
Dionaea muscipula

Al loro interno si trovano dei peli innescanti sensibili al tatto (tre su ogni lobo nel caso della *Dionaea*).

Quando i peli vengono piegati provocano l'apertura di canali ionici nelle membrane cellulari generando un potenziale d'azione che si propaga alle cellule della nervatura mediana.

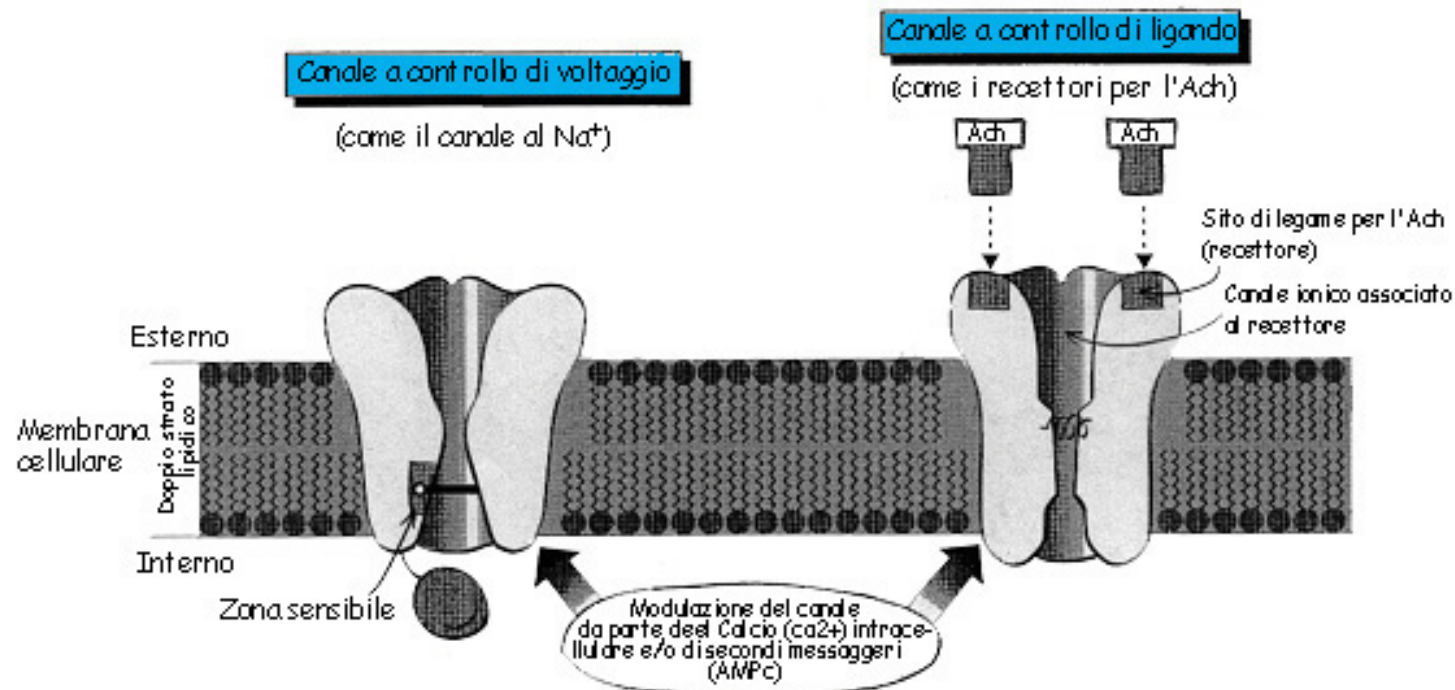
Queste cellule rispondono pompando nell'ambiente extra-cellulare K^+ . L'acqua, che ne fuoriesce per osmosi, provoca il collasso delle cellule della nervatura, consentendo ai lobi, che sono mantenuti sotto pressione, di chiudersi a scatto. Questo processo dura più di un secondo.

Trappole a "tagliola" o a scatto

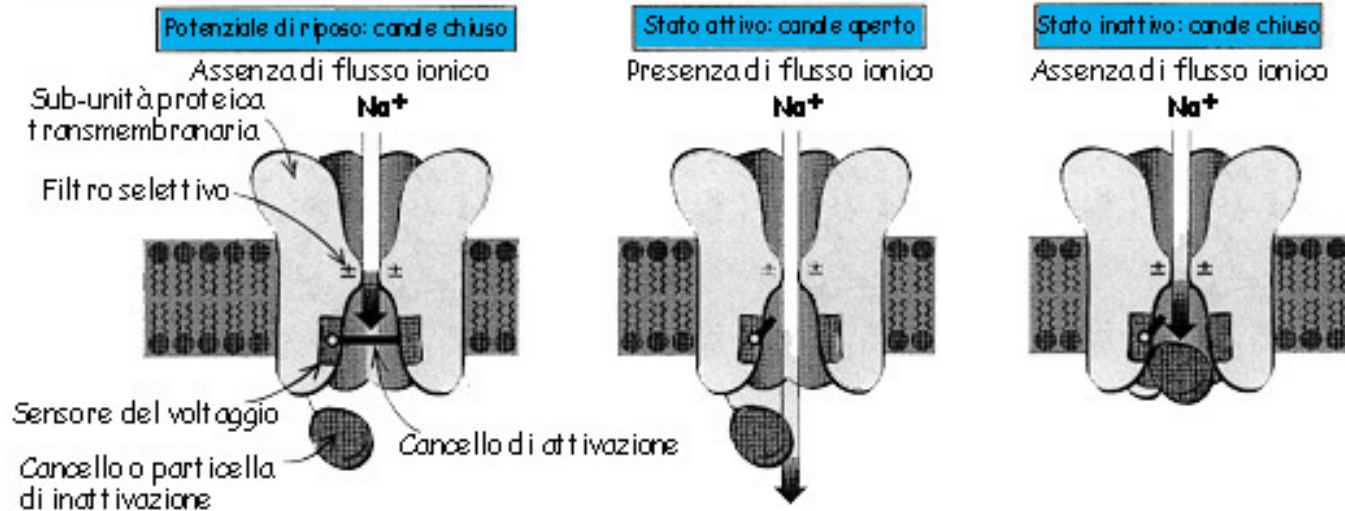


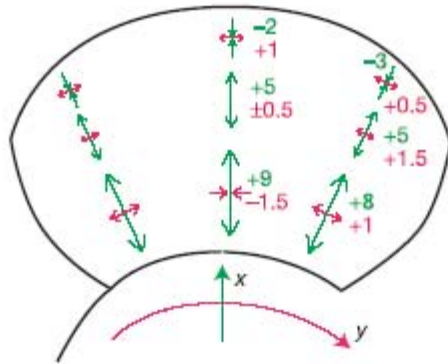
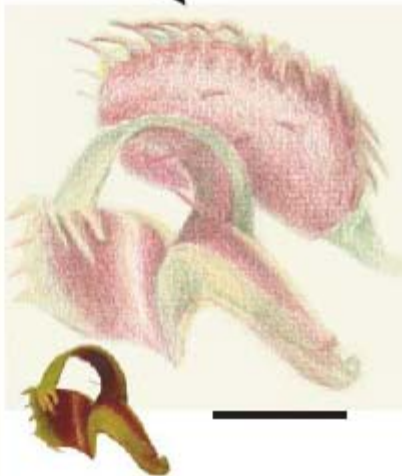
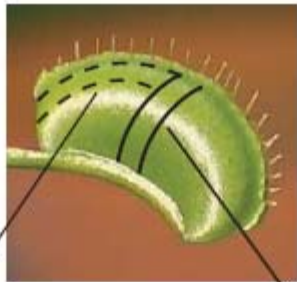


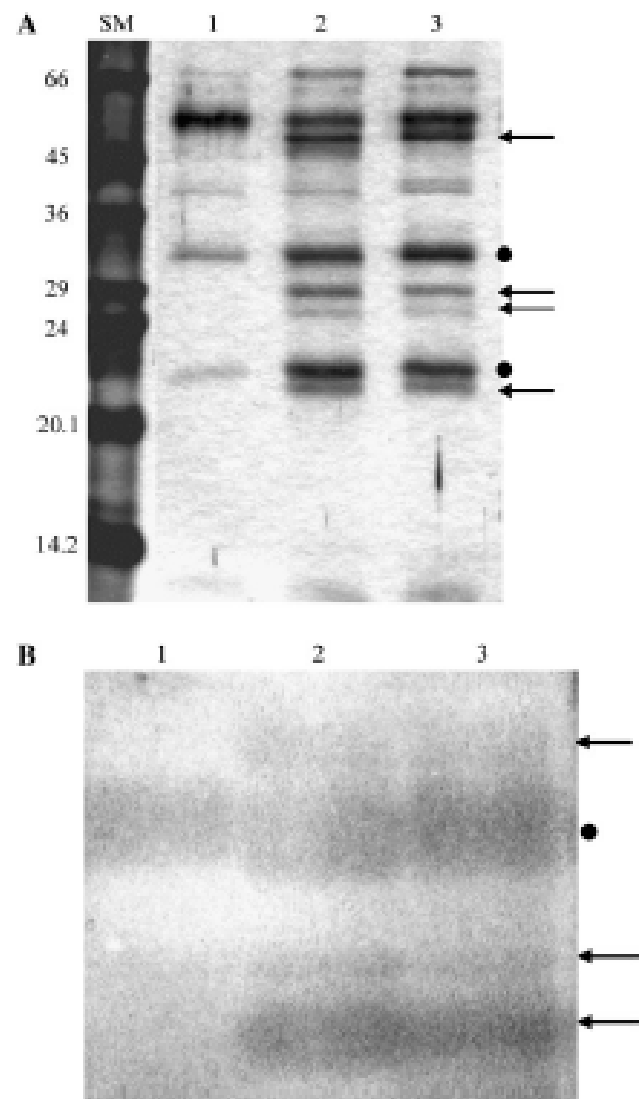
Dionea



Schema di un canale per il Na^+

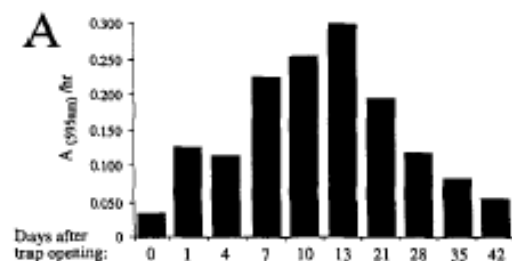


a**b**

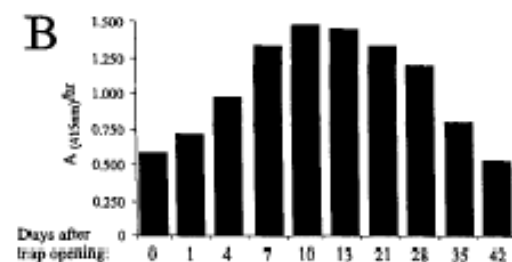


Endo ed esochitinasi

Fig. 2. Chitin injection into closed pitchers induced changes in protein pattern and chitinase activity of pitcher liquid. Colloidal chitin (1 mg) was injected into closed *Nepenthes* traps. (A) *Caenaml* protein pattern of the trap



proteasi



fosfatasi

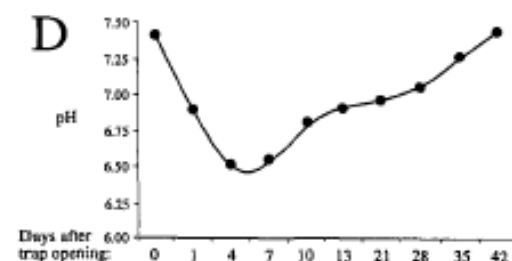
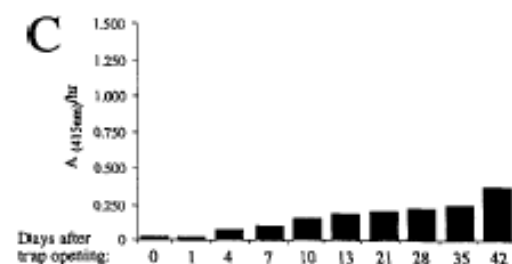


Figure 3. Developmental regulation of pH and secretory protease and phosphatase activities in the fluid of newly opened traps. Samples were taken at the times indicated below each histogram from traps, to which water was added immediately after their opening, and assayed in duplicate for protease (A), neutral phosphatase (B), or acidic phosphatase (C) activity and the average reported. The pH (D) of the fluid was also measured during the same developmental period. The results are representative of four independent experiments.

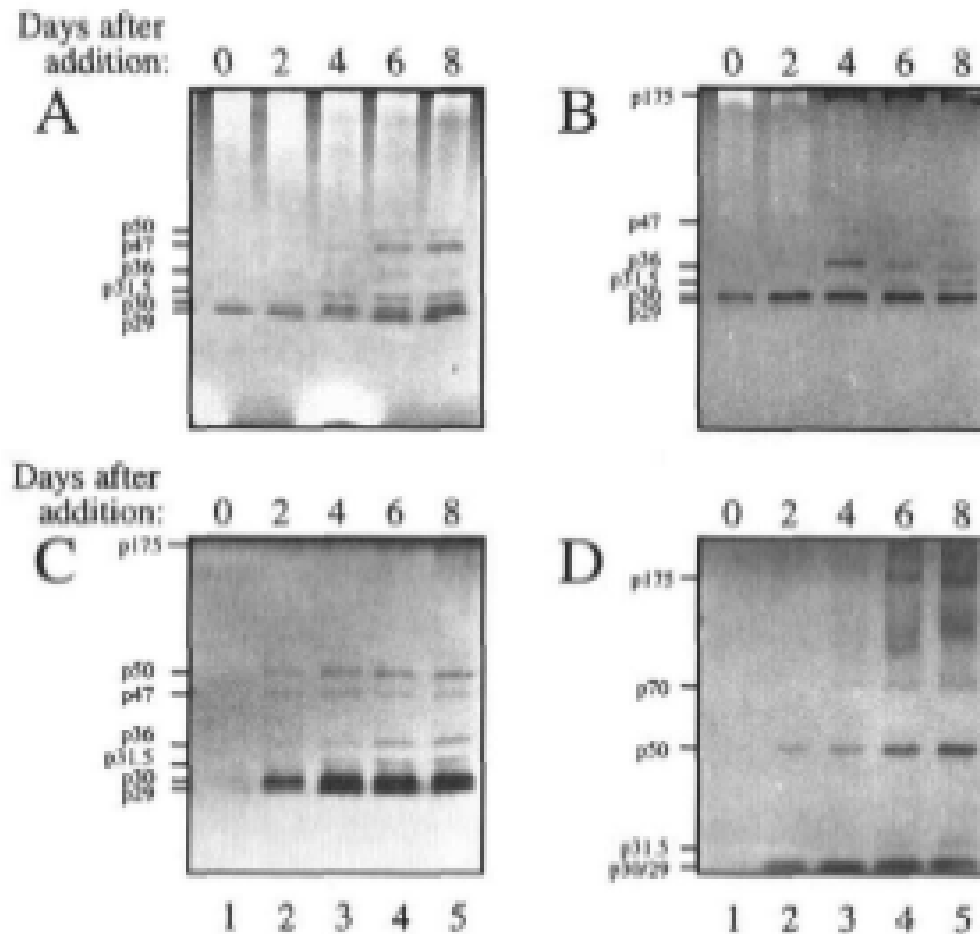


Figure 5. Induction of nuclease activity by nucleic acids or protein added to traps. Samples were taken at the times indicated below each lane after the feeding. Nuclease expression from traps fed with DNA (A), RNA (B), or BSA (C and D) was determined using DNase activity gels. The nucleases were resolved using 12% (A–C) or 8% (D) SDS-PAGE gels. The size of each activity is indicated at the left of the gel. The results are representative of three independent experiments.

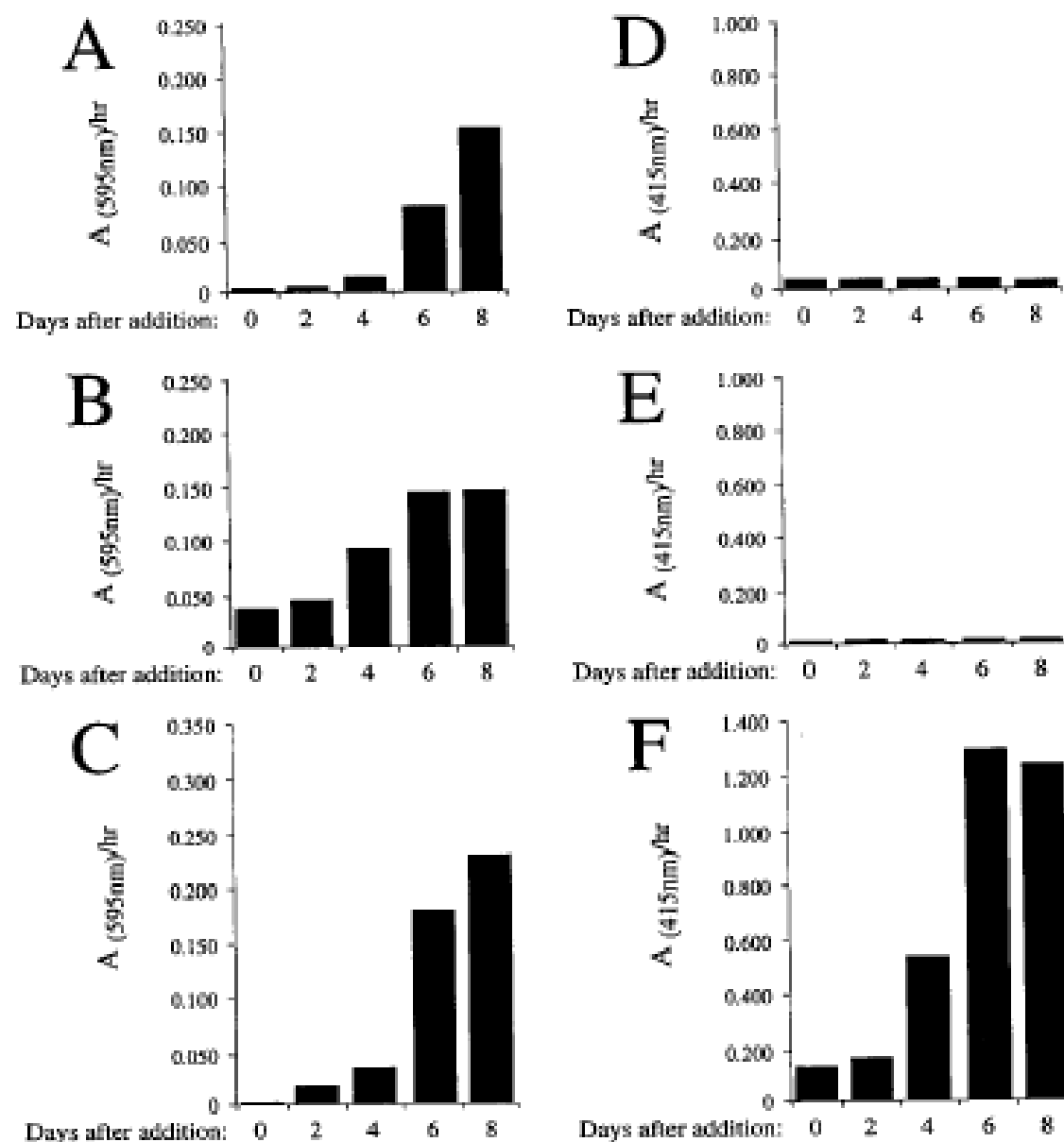
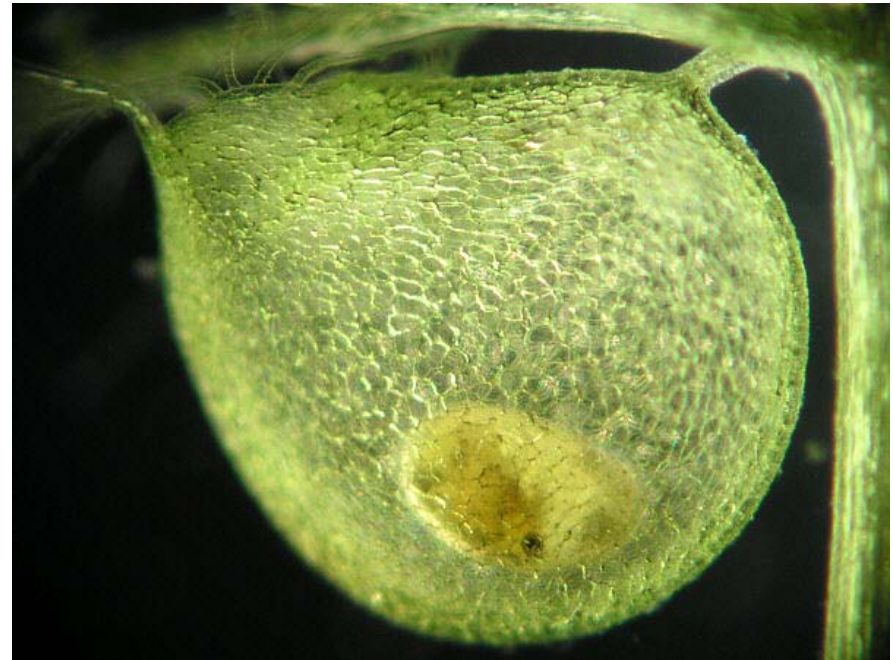


Figure 6. Induction of protease and phosphatase activities after the addition of nucleic acids or protein to traps. Samples were taken at the times indicated below each histogram after the feeding. Each sample was assayed in duplicate and the average reported. Protease (A–C) and phosphatase (D–F) expression from traps fed with RNA (A and D), DNA (B and E), or BSA (C and F) was determined. The results are representative of four independent experiments.

Trappole ad aspirazione : *Utricularia* sp.

Le foglie modificate (vescicole) pompando ioni verso l'esterno, provocano una fuoriuscita d'acqua per osmosi e la conseguente creazione di un vuoto parziale al loro interno. La vescicola possiede una piccola apertura sigillata ermeticamente da una porta.



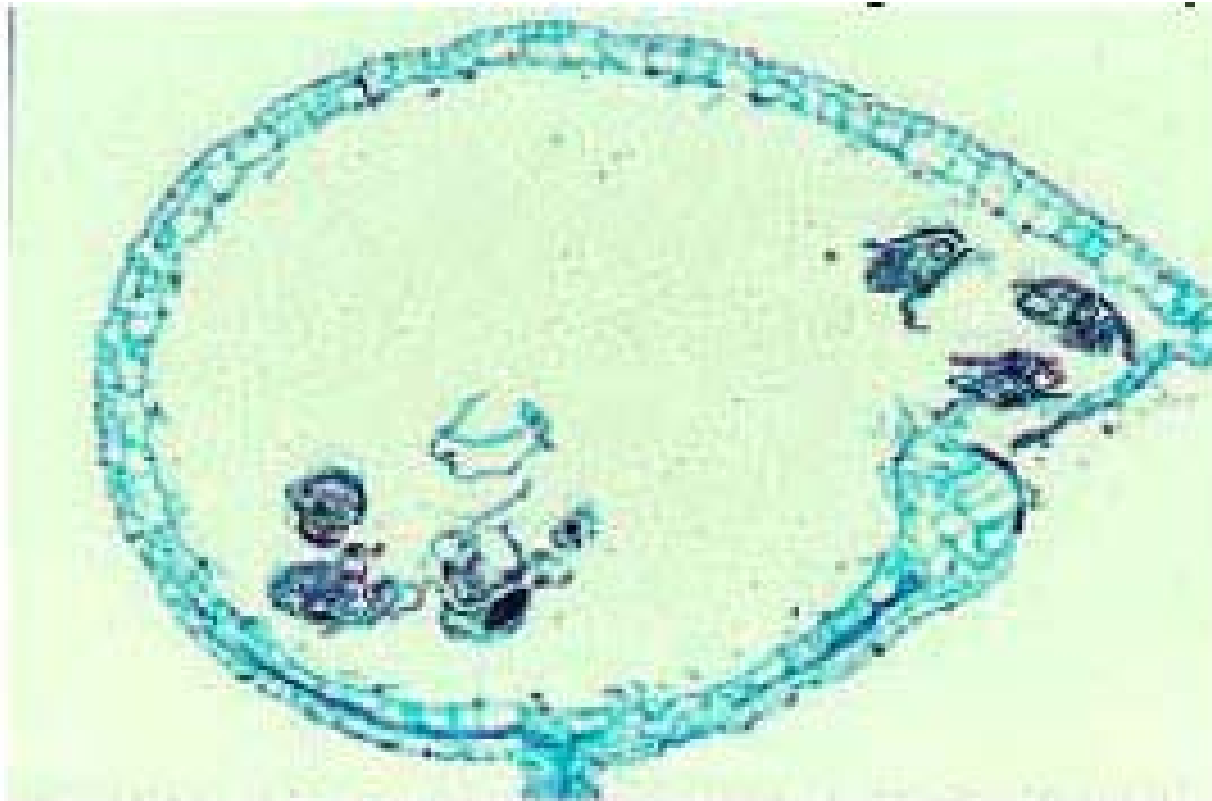
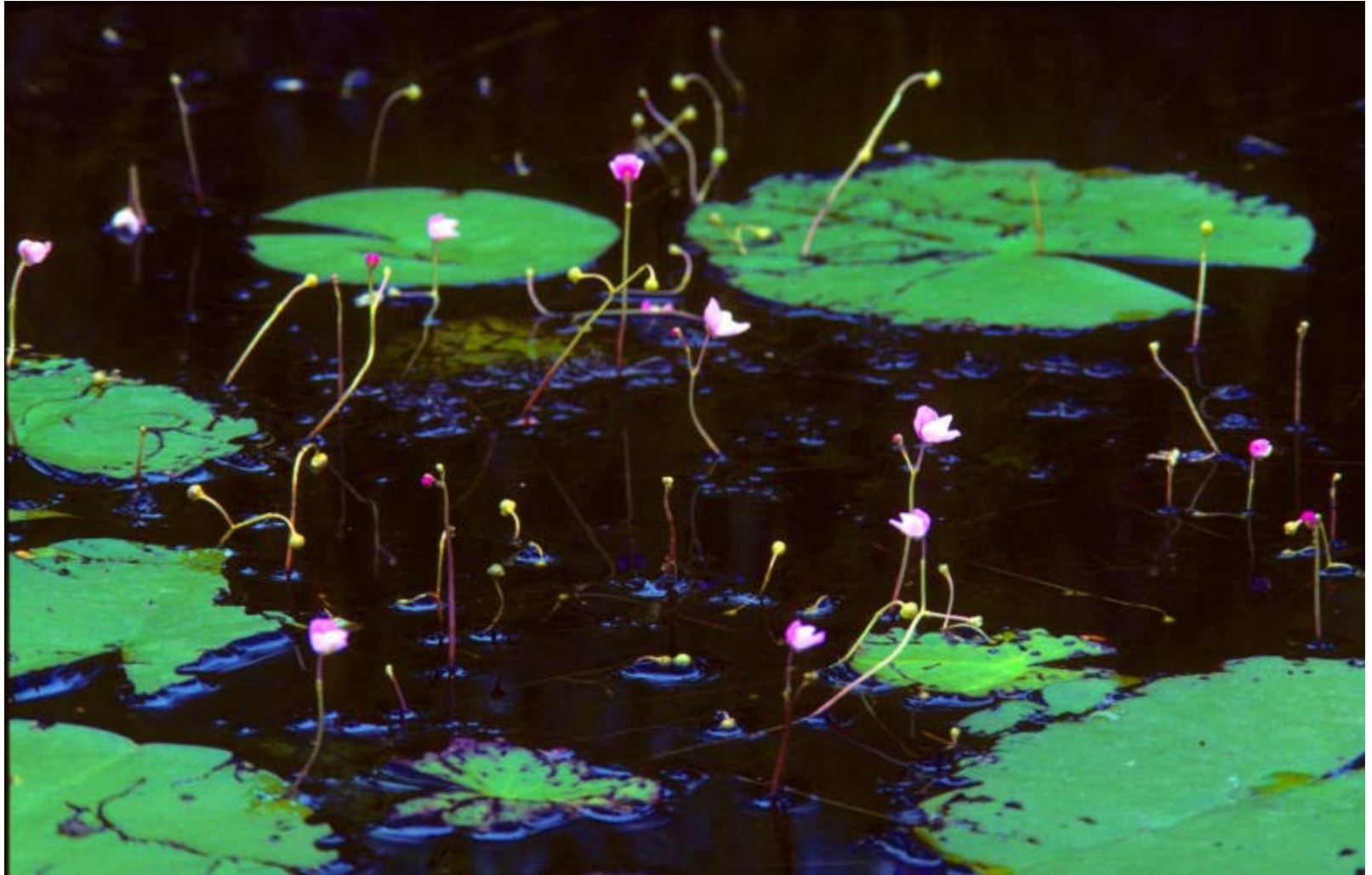
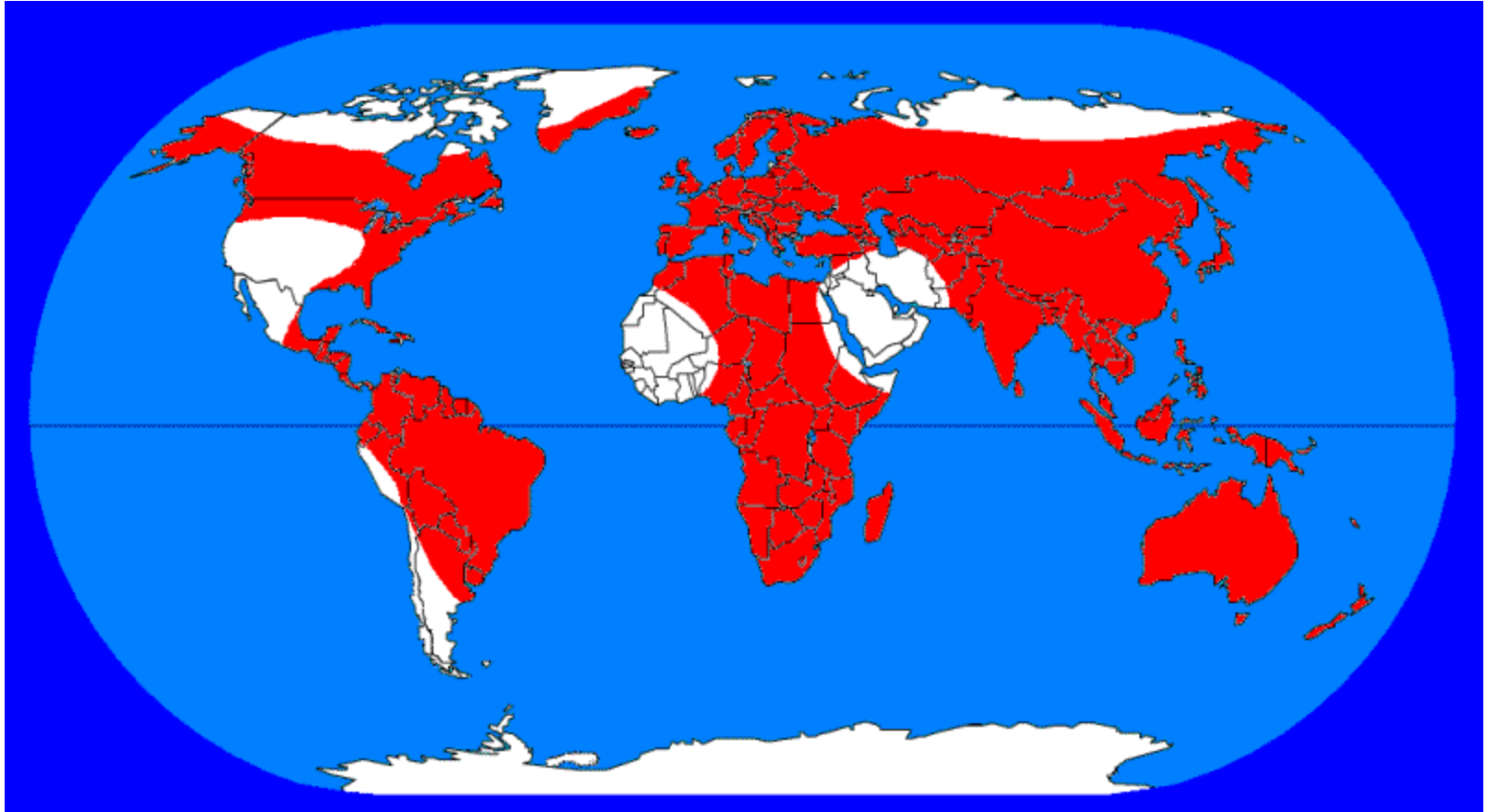


Figure 6. Microscopic section of bladder of *Utricularia* with captured prey. Note the trap door at the right.
Photo by J. M. Glime







Utricularia

Trappole a nassa: presentano dei peli che dirigono forzatamente la preda all'interno dell'organo digestivo.

una foglia modificata a forma di "Y" c

uscita.



Ecologia

Le piante carnivore sono 600 su 250000 specie di angiosperme

Si trovano in habitat come pantani e torbiere dove i nutrienti del suolo sono estremamente limitati e disponibili luce solare e acqua

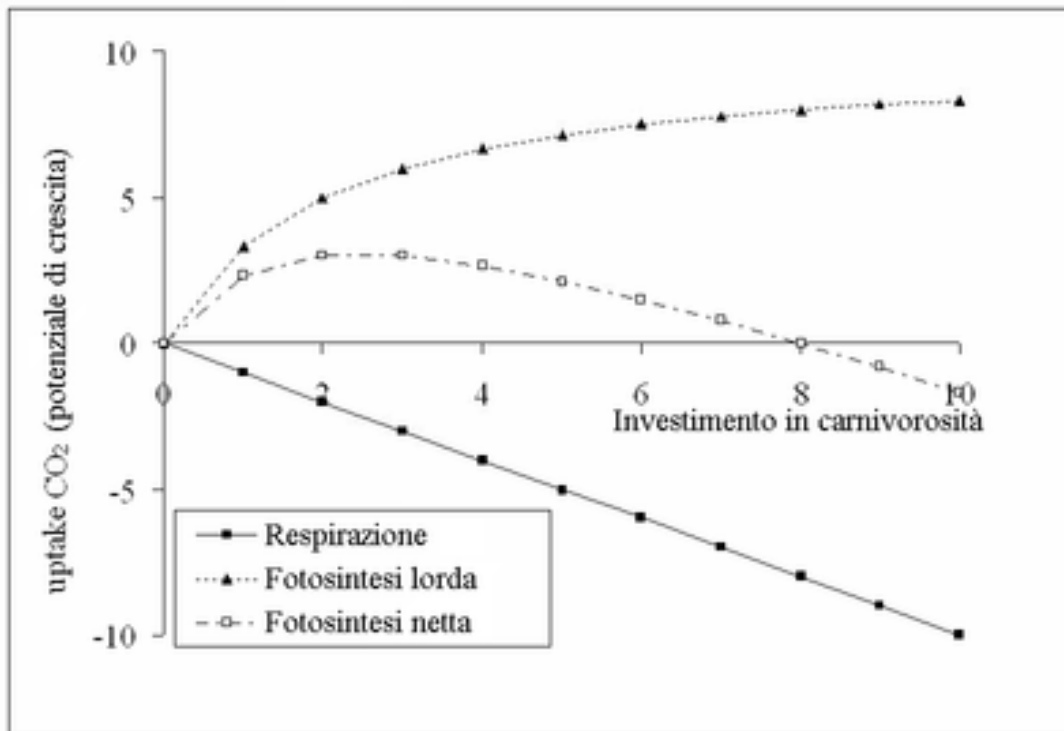


Figura 1. Modelli di pianta carnivora: fotosintesi lorda, respirazione e fotosintesi netta come funzione dell'investimento della pianta nell'adattamento alla carnivorosit . Un *optimum* diverso da zero si verifica negli **habitat ricchi di luce** ma con presenza di **nutrienti nel suolo molto limitante**.

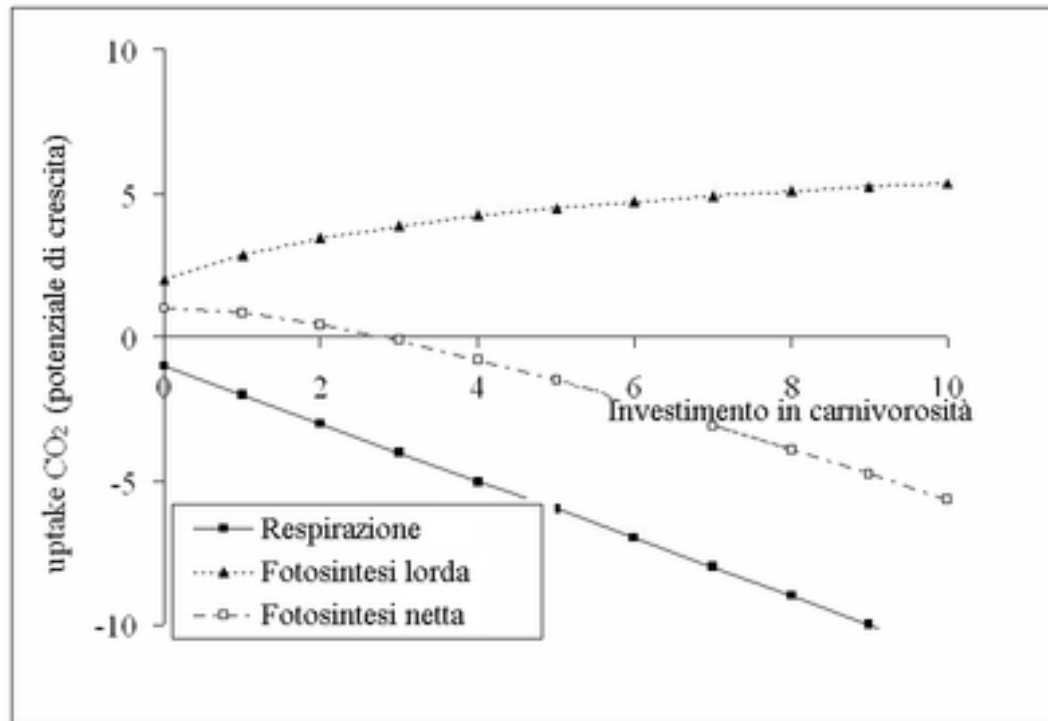


Figura 2. Modelli di pianta carnivora: fotosintesi lorda, respirazione e fotosintesi netta come funzione dell'investimento della pianta nell'adattamento alla carnivorosit . Un *optimum* con investimento nullo si ha in **habitat con poca luce** e suolo **ricco di nutrienti**.

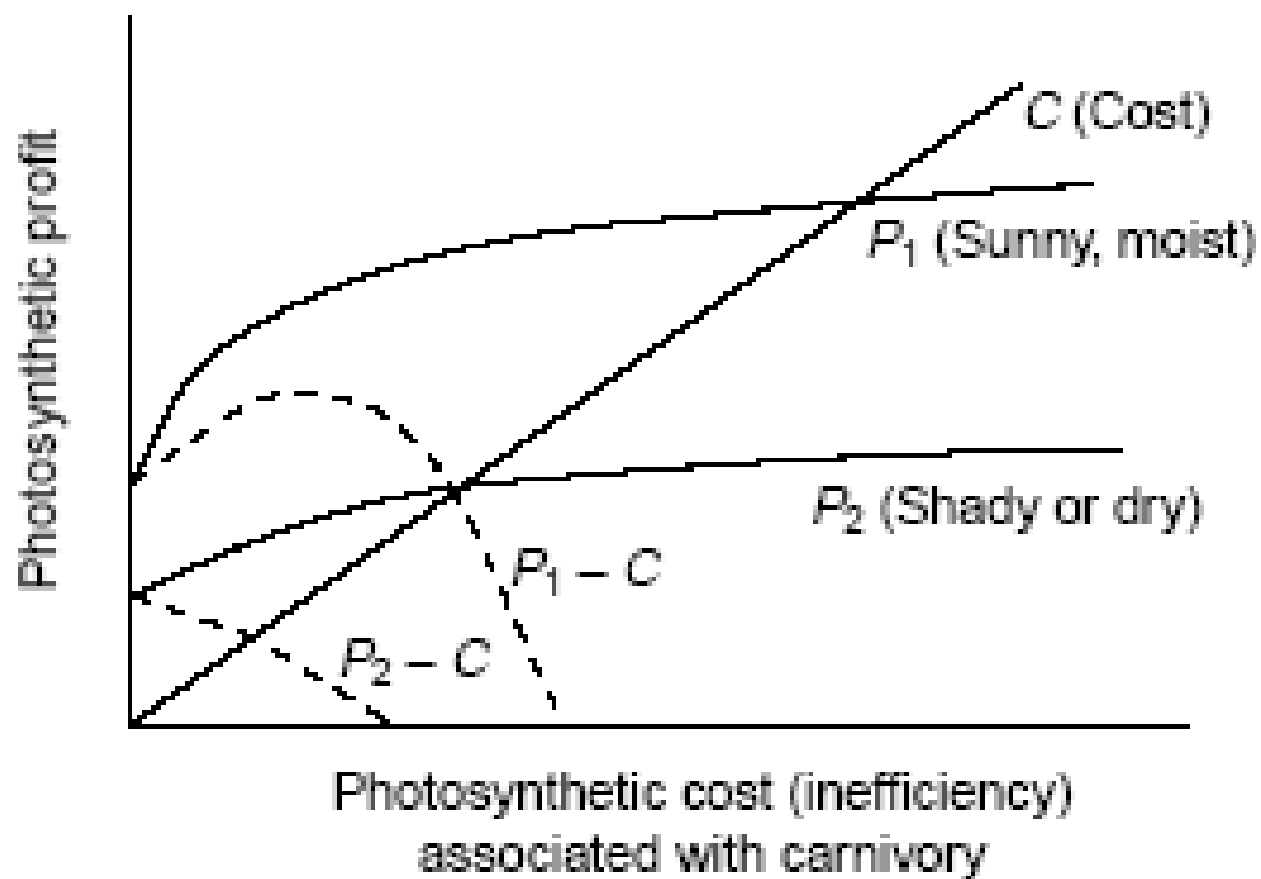


Fig. 1

TRENDS in Ecology & Evolution

La maggiore evidenza per questo modello è data dal fatto che le piante carnivore tendono a svilupparsi in habitat dove acqua e luce sono abbondanti e dove la competizione è relativamente bassa: la normale zona paludosa.

In generale, le piante carnivore sono scarsamente competitive, perché investono troppo pesantemente in strutture che non risultano vantaggiose in habitat ricchi di nutrienti. Esse sopravvivono perché possono sottoporsi a stress nutrizionali molto più alti rispetto alle non-carnivore: hanno successo perché altre piante falliscono.

La carnivorosità risulta vantaggiosa solo quando lo stress nutritivo è molto alto e la luce è abbondante.

Evoluzione

Le trappole ad ascidio sono abbastanza chiaramente derivate da foglie arrotolate. I tessuti vascolari della *Sarracenia* lo dimostrano abbastanza chiaramente

Anche le trappole adesive mostrano un semplice gradiente evolutivo da foglie collose, non-carnivore, attraverso lo stadio di adesive passive sino alle forme attive.

Dati molecolari mostrano che il clado *Dionaea/Aldrovanda* è strettamente correlato a *Drosera*, ma le trappole sono abbastanza dissimili il che fa supporre che le trappole a scatto derivino da trappole adesive dotate di veloce motilità e quindi non più dipendenti dal meccanismo della adesività.

Si presume che tutte le varie tipologie di trappole siano modificazioni di una simile struttura di base: foglie con peli. Le ghiandole pilifere sono idonee alla cattura ed al trattenimento delle gocce di pioggia nelle quali posso proliferare batteri.

Gli insetti che atterrano sulla foglia rimangono inclusi nelle gocce per la tensione superficiale dell'acqua: iniziano un processo di decomposizione che permette il rilascio di nutrienti derivati dal cadavere, che la pianta riesce ad assorbire tramite le sue foglie.

Questa nutrizione fogliare può essere osservata in molte piante non-carnivore ma con minore efficienza..

Convergenza evolutiva: le trappole sarebbero dei caratteri omologhi con un'origine comune

Prima del 1980 tutti i ricercatori pensavano che tutte le piante Carnivore derivassero da un ancestrale comune

Dati molecolari suggeriscono un'origine polifiletica delle piante carnivore

Le trappole adesive sono più ancestrali

Conflitto tra impollinazione e carnivoria

- Separazione spaziale e/o temporale tra fiori e trappole
- Conflitto in *Pinguicola vallisneriifolia*
- Fiori e trappole sono diversi in grandezza, forma e contrasto e sono evoluti per evitare agli impollinatori di essere preda



Utricularia sp.



Pinguicula