

## Ricerche nella serie della skitantina

### Nota III. — Stereochimica degli alcaloidi dello *Skytanthus acutus*. (\*)

G. B. MARINI-BETTÒLO, CARLO G. CASINOVÌ e FRANCO DELLE MONACHE (\*\*)

*Laboratori di Chimica biologica*

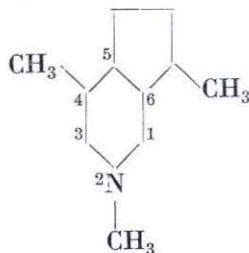
**Riassunto.** — Mediante cromatografia su gel di silice e per gas cromatografia sono stati separati i componenti della frazione basica volatile in corrente di vapore dello *Skytanthus acutus*.

Tre di questi sono stati identificati rispettivamente con la skitantina e con due stereoisomeri di questa aventi la configurazione dell'iridomirmecina e dell'isoiridomirmecina.

**Summary.** — The components of the basic, volatile fraction of *Skytanthus acutus* were separated by means of silica gel and gas chromatography.

Three of these compounds have been identified respectively as skitanthine and two of its stereoisomers, presenting the configurations of iridomyrmecin and isoiridomyrmecin.

Le ricerche effettuate nel 1960, indipendentemente da C. G. CASINOVÌ, J. A. GARBARINO e G. B. MARINI-BETTÒLO (1) e da C. DJERASSI, J. P. KUTNEY, M. SHAMMA, J. N. SHOOLERY e L. F. JOHNSON (2) hanno condotto all'isolamento dallo *Skytanthus acutus*, una Apocynacea che vegeta nel Cile, di un nuovo alcaloide, la skitantina, cui venne attribuita la struttura di una N-metil-dimetil-ciclopentano-piperidina :



Proseguendo le ricerche sull'argomento, CASINOVÌ, DELLE MONACHE, MARINI-BETTÒLO, GARBARINO e BIANCHI (3) sintetizzarono alcuni dei possibili

(\*) Questo lavoro è apparso in *Gazz. Chim. Ital.*, 93, 1367 (1963).

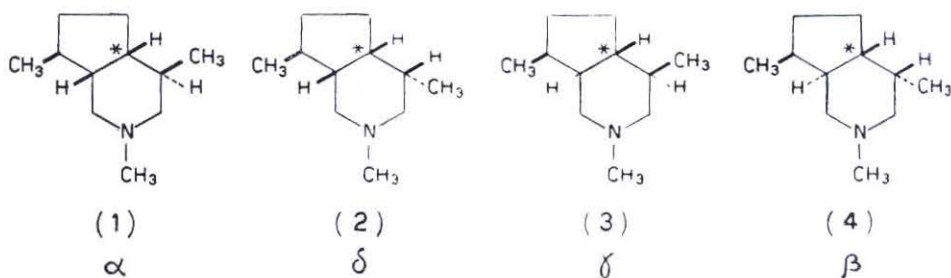
(\*\*) Ospite dei Laboratori di Chimica biologica.

isomeri della skitantina, sia per chiarire la stereochimica dell'alcaloide naturale, sia per stabilire l'identità di eventuali isomeri della skitantina che era probabile si trovassero nella pianta come alcaloidi secondari.

Tale supposizione era suggerita dal fatto che, nonostante la skitantina (purificata per distillazione a pressione ridotta) desse all'analisi i risultati previsti per la formula assegnatale, i suoi derivati fondevano in un intervallo notevolmente ampio, pur fornendo alla loro volta, all'analisi elementare, valori in accordo con le formule per essi deducibili.

Questi derivati tuttavia, prima di raggiungere un p.f. costante dovevano essere sottoposti a numerose cristallizzazioni. Così il picrato grezzo, che, come si è detto sopra, fornisce all'analisi elementare dei risultati perfettamente in accordo con la formula bruta  $C_{17}H_{24}N_4O_7$ , fonde in un largo intervallo (95-118°) e richiede ben otto-nove cristallizzazioni prima di raggiungere il p.f. costante (135-136°), senza che contemporaneamente vari la sua composizione centesimale.

Per mezzo della cromatografia su strato sottile di gel di silice e della gas cromatografia è stato immediatamente possibile stabilire che la skitantina è il componente principale (65-70 %) della frazione basica, volatile in corrente di vapore, mentre la parte restante risulta essere costituita dalla miscela di quattro altri componenti, le cui percentuali approssimative sono: 20, 10, 3 e 2 % (calcolate in base alle aree rispettivamente fornite nel diagramma gas cromatografico) (vedi grafico fig. 1). Dal momento che avevamo preparato tre stereoisomeri della skitantina, effettuando sia il confronto diretto delle basi per cromatografia su strato sottile e per cromatografia gassosa, sia il confronto dei punti di fusione misti dei rispettivi picrati, ci è stato possibile stabilire che accanto alla skitantina (configurazione 4) sono presenti due suoi stereoisomeri e precisamente quelli corrispondenti alle configurazioni 1 e 2, i cui picrati fondono rispettivamente a 123 e 145°.



Agli stessi risultati ora pervenuto anche EISENBRAUN<sup>(4)</sup>, il quale aveva anche potuto dimostrare la configurazione dell'alcaloide principale, sintetizzandolo a partire dall'acido nepetalinico a p.f. 111°.

TABELLA I

Frazione	Tempo di ritenzione (a) relativo (c)	R <sub>F</sub> (b) relativo gel di silice (c)	Picrato p.f.	Configurazione
I	0,25	0,7	120-123°	1
II	0,41	0,4	135-136°	4
III	0,57	0,6	—	—
IV	0,64	0,6	142-145°	2
V	1,00	1,0	125-127°	—

(a) Su colonna di trietanolammina (15 % su Chromosorb W)

(b) Solvente metanolo: cloroformio = 30 : 70

(c) I valori sono riferiti a quelli della Frazione V assunti come unità.

Le basi corrispondenti ai massimi III e V non sono state ancora identificate. Nessuna di esse è identica alla skitantina di configurazione 3, che noi avevamo preparato per sintesi a partire dall'acido nepetalinico p.f. 115°. È interessante osservare che tutti gli stereoisomeri della skitantina di origine naturale hanno la medesima configurazione del C<sub>5</sub> (contrassegnato con un asterisco nelle formule sopra riportate). Questo fatto starebbe a favore dell'esistenza di una biogenesi comune a tutti gli alcaloidi trovati nello *Skytanthus acutus*, e sarebbe inoltre in pieno accordo con il meccanismo biogenetico proposto da R. THOMAS<sup>(5)</sup> per spiegare la formazione della porzione non triptaminica degli alcaloidi indolici.

#### PARTE SPERIMENTALE

*Frazione basica volatile in corrente di vapore dello Skytanthus acutus Meyen* (« skitantina grezza »). — La skitantina grezza si ottiene per distillazione in ambiente alcalino in corrente di vapore del residuo ottenuto evaporando l'estratto metanolico della pianta (raccolta nel settembre 1961 nella zona di La Serena in Chile); la « skitantina grezza » si recupera dal distillato per estrazione con etere; lo strato eterico viene estratto con HCl diluito, quest'ultimo viene a sua volta alcalinizzato ed estratto con nuovo etere. La skitantina grezza si purifica per distillazione a pressione ridotta (p. e. 61-62° a 1,5 mm).

*Skitantina.* — Ad una soluzione alcoolica concentrata di skitantina grezza si aggiunge un eccesso di acido picrico in soluzione alcoolica; il pi-

crato che precipita si cristallizza 8 o 9 volte da etanolo, fino a p.f. costante (135-136°); la base libera, skitantina, si ottiene facendo passare una soluzione cloroformica del picrato attraverso una colonna di allumina basica, e si purifica per distillazione a pressione ridotta (p. e. 61-62° a 1,5 mm).

*Cromatografia su strato sottile.* — Si impiegano lastre preparate con Kieselgel G Merck e come solvente metanolo-cloroformio (30-70). Si rivela il cromatogramma con reattivo di Dragendorff. La skitantina dà una macchia sola a  $R_f$  0,4, mentre usando la skitantina grezza sono rivelabili quattro macchie (aventi rispettivamente  $R_f$  0,4, 0,6, 0,7 e 1,0); la macchia principale è quella corrispondente ad un  $R_f$  0,4 (skitantina).

Cromatografando in parallelo le basi già da noi sintetizzate (3), si possono identificare i composti che danno origine alle macchie aventi  $R_f$  0,6 e 0,7.

*Cromatografia su colonna di gel di silice.* — Milligrammi 300 di skitantina grezza sono stati frazionati su una colonna (2,8 × 20 cm) di gel di silice, preparato secondo A. H. GORDON, A. J. MARTIN e R. L. M. SYNGE (6); come solvente si è usata una miscela di cloroformio-metanolo avente una composizione differente di quella usata per la cromatografia su strato sottile (98:2), che permette una miglior separazione. Le varie frazioni sono state sottoposte a cromatografia su strato sottile nelle condizioni sopra riportate e riunite in quattro gruppi, contraddistinti con le lettere da A a D che sono stati ulteriormente purificati. Dalla frazione A si ottiene una base, il cui picrato fonde a 133-136° e non deprime il p.f. misto con quello della skitantina (1). L'esame cromatografico della frazione B permette di stabilire la presenza delle basi a configurazione (1) e (2), i cui picrati fondono a 123° e 145° rispettivamente; dalla frazione C si riesce ad isolare una nuova base, il cui picrato fonde a 125-127° C e il cui p.f. viene depresso in miscele con tutti gli altri picrati. L'analisi elementare si avvicina alla formula grezza  $C_{17}H_{24}N_4O_7$  (come per la skitantina) oppure  $C_{17}H_{22}N_4O_7$ , (corrispondente quindi ad una base con due atomi di idrogeno in meno rispetto alla skitantina). Analisi:

	trov. %	: C	51,42;	H	5,90;	N	14,16;
per $C_{17}H_{24}N_4O_7$	calc.	:	51,51;	6,10;	14,14;		
per $C_{17}H_{22}N_4O_7$	calc.	:	51,77;	5,62;	14,21.		

*Gas-cromatografia.* — a) *Analitica:* È stato impiegato uno strumento Perkin Elmer 116 E con colonna da m 2; il materiale di riempimento era costituito da Chromosorb W con il 15 % di trietanolammina; come gas di trasporto si è utilizzato elio a 6 l/h, ad una temperatura di 145°. Nella fig. 2 è illustrata la separazione di 0,8  $\mu$ l di skitantina grezza. Effettuando la cro-

matografia sulla stessa colonna dei campioni sintetici, sono stati calcolati i tempi di ritenzione in confronto con gli alcaloidi naturali che confermano (v. tabella 1) l'identità dei prodotti.

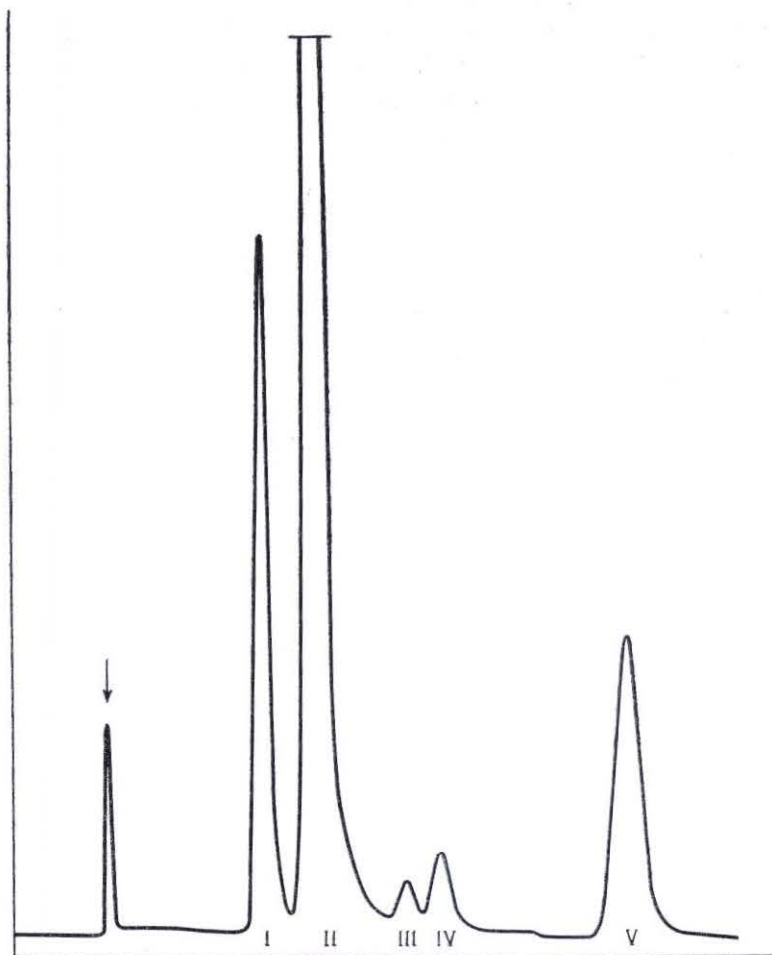


Fig. 1. — Gas-cromatografia della «Skitantina grezza». I massimi corrispondono alle diverse skitantine stereoisomere riportate nella tabella 1.

b) *Preparativa*: Si è impiegato un Fractovap Erba, nelle stesse condizioni di cui sopra, ma usando azoto in luogo di elio, e lavorando su 10 mg di «skitantina grezza» alla volta (100 mg in totale). La risoluzione ottenuta è stata alquanto inferiore al caso precedente e non ci è stato possibile separare le sostanze corrispondenti ai massimi III e IV; l'esame per cromatografia

tografia su strato sottile dimostra che solo il massimo  $\Gamma$  si può considerare unitario, gli altri essendo tutti più o meno contaminati reciprocamente.

Si ringraziano il Prof. ENNIO BIANCHI, dell'Istituto di Chimica della Università Cattolica di Santiago del Cile, per l'invio degli estratti di *Skytanthus acutus*, il Dr. GUARINO dell'Istituto di Chimica Farmaceutica dell'Università di Roma ed il Prof. BONIFORTI del Laboratorio di Chimica di questo Istituto per la collaborazione nelle tecniche gas-cromatografiche.

#### BIBLIOGRAFIA

- (<sup>1</sup>) CASINOVI C. G., GARBARINO J. A. e MARINI-BETTÒLO G. B. - Rend. Ist. Super. Sanità, 23, 1073 (1960); Chem. Ind., 253 (1961).
- (<sup>2</sup>) DJERASSI C., KUTNEY J. P., SHAMMA M., SHOOLERY J. N. e JOHNSON L. F. - Chem. Ind., 210 (1961).
- (<sup>3</sup>) CASINOVI C. G., DELLE MONACHE F., MARINI-BETTÒLO G. B., BIANCHI E. e GARBARINO JUAN A. - Sci. Repts. Ist. Super. Sanità, 588 (1961); Gazz. Chim. Ital., 92, 479 (1962).
- (<sup>4</sup>) EISENBRAUN E. J., BRIGHT A. e APPEL H. H. - Chem. Ind., 1242 (1962).
- (<sup>5</sup>) THOMAS R. - Tetrahedron Letters, 544 (1961).
- (<sup>6</sup>) GORDON A. H., MARTIN A. J. e SYNGE R. L. M. - Biochem. J., 37, 79 (1943).

## Sulle soluzioni dei metalli alcalini in ammoniaca liquida

Nota VIII. — Confronto generale della teoria proposta con i risultati sperimentali. (\*)

LEONELLO PAOLONI

Laboratori di Chimica

**Riassunto.** — Le proprietà chimiche delle soluzioni dei metalli alcalini in ammoniaca liquida sono state discusse in relazione al modello proposto per la struttura elettronica delle soluzioni. Viene mostrato che l'evidenza chimica contrasta con l'idea dell'elettrone che polarizza un dielettrico continuo, mentre è in accordo con una coordinazione che soddisfa a certi criteri di orientamento preferenziale compatibili con lo stato di valenza del metallo disciolto.

Le proprietà paramagnetiche, la conducibilità elettrica ed i processi di trasporto delle soluzioni diluite ricevono una interpretazione coerente attraverso l'ipotesi della ionizzazione termica della struttura chiamata *monomero* e della successiva diffusione dell'elettrone prodotto da tale ionizzazione. La teoria proposta prevede, in accordo con i risultati sperimentali, che il potenziale di ionizzazione termica calcolato in base alla dipendenza della conducibilità elettrica dalla temperatura, debba essere identico alla energia di attivazione dei processi di dissoluzione e di decomposizione.

Vengono fatte alcune previsioni sulla reagibilità dell'anidride carbonica disciolta nelle soluzioni diluite dei metalli, sulla conducibilità elettrica delle soluzioni al variare della temperatura e sull'equilibrio di dissociazione del solvente in presenza del metallo disciolto.

**Summary.** — The chemical properties of alkali metal solutions in liquid ammonia have been examined in connection with the model previously proposed for the electronic structure of the dissolved species.

Chemical evidence appears to contrast the idea that the solutions are simply made up of electrons and cations polarizing a dielectric medium. A preferential orientation of the chemical species, coordinated according to the valence state of the dissolved metal atom, is required by the specificity of several reactions, and is in agreement with our model.

(\*) Questo lavoro è apparso in *Gazz. Chim. Ita'*, 93, 1605 (1963).

The interpretation of paramagnetism, electrical conductivity and transport properties in dilute solutions is based on the thermal ionization of the species defined as *monomer* and on the diffusion of the electron produced in that ionization. Such an assumption requires the thermal ionization potential obtained from the dependence on temperature of the electrical conductivity to be identical with the activation energy for the process of solution of the metal and for the decomposition of the solutions.

Some suggestions are put forward concerning the reactivity of carbon dioxide dissolved in the metal dilute solutions, and some evaluation is made of the electrical conductivity at different temperatures, and on the equilibrium dissociation of the solvent in the presence of the dissolved metal.

---

Nella precedente nota VI <sup>(1)</sup> è stata presentata una interpretazione teorica della struttura delle soluzioni dei metalli alcalini in ammoniaca liquida. Il concetto generale alla base di essa è che nelle soluzioni dei metalli può esistere, in linea di principio, una intera gamma di specie solvate, che vanno dal singolo atomo metallico ad aggregati di maggiori dimensioni. La specie più stabile nel caso dei metalli alcalini è stata esemplificata come la molecola biatomica, prevalente nelle soluzioni di media ed elevata concentrazione. Tale molecola è capace di coordinare sei molecole di solvente costituendo la configurazione di solvatazione che è stata designata col nome di *solvato*. Le soluzioni diluite sono invece caratterizzate dal fatto che atomi metallici isolati coordinano tre ioni  $\text{NH}_2^-$  del solvente, costituendo una configurazione di solvatazione che è stata chiamata *monomero*. Il debole accoppiamento tra due monomeri, possibile in un certo intervallo di concentrazione su distanze intorno a 10 Å tra gli atomi metallici, è stato indicato come equivalente alla esistenza di una configurazione detta *dimero*. Per semplicità di rappresentazione e di trattazione tali configurazioni di solvatazione sono state scritte nella maniera normalmente usata per composti di formula e struttura definita. Con questa convenzione si è potuto scrivere uno schema di equilibri concatenati che, per una data temperatura e per un certo rapporto di mescolamento  $n$  ( $g$ -atomi di metallo disciolti in una  $g$ -molecola di solvente), regolano, in base alla legge di azione di massa, la concentrazione delle « specie » presenti.

Nella successiva nota VII <sup>(2)</sup> è stata esaminata, per il caso del sodio, la struttura elettronica di tali configurazioni o « specie », e si è visto in particolare che la specie monomero è energeticamente permessa, poichè, malgrado le repulsioni dovute alla localizzazione di tre anioni in un volume di circa  $230 \text{ \AA}^3$ , rappresenta ancora uno stato legato, con energia totale di circa 0,9 *ev.*



Il confronto tra la teoria ed i risultati sperimentali è stato fatto in parte nel corso dello svolgimento della teoria stessa. Così la densità e la sua dipendenza dalla concentrazione, lo spettro di assorbimento ed il paramagnetismo delle soluzioni, hanno costituito il substrato qualitativo, e talora quantitativo della teoria. Le concordanze osservate sono state perciò citate e discusse di volta in volta. Vi sono tuttavia molte altre circostanze, rilevate nel corso della rassegna dei risultati sperimentali <sup>(3)</sup>, che devono trovare una spiegazione od una giustificazione coerente nello schema teorico proposto. Questo è appunto quanto ci proponiamo di fare nella nota attuale, prendendo in esame sia la dipendenza dalla temperatura e dalla concentrazione dei fenomeni magnetici, della conducibilità e dei processi di trasporto in generale; sia le proprietà chimiche delle soluzioni. Ci sembra infatti che lo studio di certi aspetti del comportamento chimico offra un aiuto notevole al chiarimento della natura delle soluzioni metalliche e dei processi che in esse hanno luogo. Per questa ragione la discussione delle proprietà chimiche entro lo schema della teoria proposta <sup>(1, 2)</sup> precederà quella sulle proprietà fisiche.

#### DISCUSSIONE DELLE PROPRIETÀ CHIMICHE

Nella nota V <sup>(3)</sup>, sono state considerate alcune reazioni chimiche che a nostro parere hanno un rapporto più diretto con la natura delle soluzioni metalliche e la struttura delle specie disciolte. Il criterio generale di tale rassegna era informato ai seguenti obiettivi: stabilire se la reazione considerata aveva luogo con le specie delle soluzioni diluite oppure con quelle delle soluzioni concentrate; individuare la struttura dei prodotti di reazione; rilevare le influenze dipendenti dalla struttura elettronica dei reagenti; avere informazioni sulla cinetica e sul meccanismo della reazione considerata.

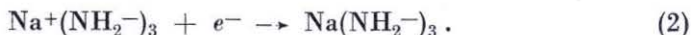
Ovviamente questi obiettivi sono stati raggiunti in misura variamente limitata dai dati sperimentali disponibili. La discussione che segue sarà perciò basata sulla possibilità di inquadrare le deduzioni sopracitate nel modello teorico proposto.

Il primo caso considerato è stato la riduzione degli alogenuri di nickel mediante le soluzioni dei metalli alcalini. La specie attiva è quella presente nelle soluzioni diluite. L'equilibrio chimico da cui essa trae origine deve essere spostato nel senso a essa più favorevole quanto più elevato è il numero atomico del metallo. Nel nostro schema teorico tale specie è il monomero. Il processo base della riduzione è certamente la cattura di elettroni da parte di uno ione positivo, eventualmente  $Ni^{+2}$  opportunamente solvatato, ma nulla è noto fino ad ora sul meccanismo. Nella nostra rassegna veniva rilevato un parallelismo tra la riduzione degli alogenuri di nickel e la decomposizione delle soluzioni e veniva suggerito che il processo determinante la velocità

di reazione fosse lo stesso nei due casi. La teoria proposta individua come processo determinante la velocità di decomposizione la reazione



ossia appunto la cattura dell'elettrone da parte di uno ione positivo. La reazione (1) è in diretta competizione con la ricombinazione

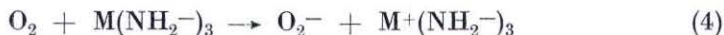


I processi (1) e (2), in assenza di impurezze e di altri effetti catalitici esterni, bilanciano perciò completamente la produzione di elettroni dovuta a ionizzazione termica e/o fotochimica del monomero. La reazione (1) è legata alla diffusione dell'elettrone nella soluzione e quindi la successiva dissociazione del radicale ammonio



non costituisce il processo limitante la velocità di decomposizione, in accordo con i risultati sperimentali (4). (La discussione della cinetica della decomposizione verrà svolta più diffusamente nella sezione successiva). È perciò ragionevole ritenere che nella riduzione dei sali di nickel la specie attiva sia il monomero che cede il suo elettrone ad un catione metallico in diretta competizione con i processi (1) e (2).

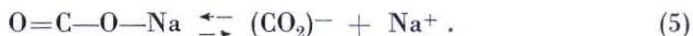
Nel discutere la reazione tra ossigeno e metalli alcalini in ammoniaca liquida è stato mostrato (5) che la formazione dell'anione  $\text{O}_2^-$  deve avvenire per diretta reazione tra la molecola  $\text{O}_2$  e la specie caratteristica delle soluzioni diluite. È possibile immaginare diversi modelli per descrivere il contatto tra monomero e molecola  $\text{O}_2$ , e la successiva ionizzazione della specie metallica. Ma indipendentemente da qualunque modello per il contatto, lo schema



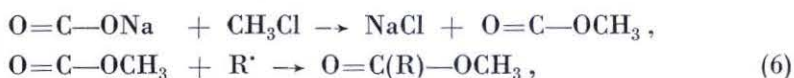
può giustificare il comportamento dei diversi metalli e quello particolare del litio, che forma un monossido anche nelle condizioni in cui gli altri metalli danno biossidi, perossidi od ossidi misti. Secondo la nostra teoria infatti nelle soluzioni del litio, anche in quelle diluite, è presente in misura rilevante la specie solvato, la cui diversa struttura elettronica può giustificare un processo reattivo che conduca alla formazione di  $\text{Li}_2\text{O}_2$ .

La differenziazione della reagibilità a seconda che si operi con soluzioni diluite o concentrate, ha la sua massima evidenza nel caso della reazione tra soluzioni metalliche ed anidride carbonica. L'anidride carbonica può infatti essere addizionata ad una soluzione di sodio in ammoniaca liquida (le soluzioni degli altri metalli non risultano studiate) senza che la soluzione ammoniacale del metallo si decolori, anche dopo un contatto prolungato. Se tuttavia la soluzione viene concentrata facendo evaporare ammoniaca,

si provoca la formazione di carbammato ammonico (che si comporta come un acido) e quindi lo sviluppo di idrogeno per formazione di un equivalente di carbammato sodico. Le informazioni disponibili in letteratura (3) non consentono di fare ipotesi dettagliate sul meccanismo della reazione. Il modello qui elaborato permette tuttavia di formulare, limitatamente alla situazione caratteristica delle soluzioni diluite, alcune ipotesi che sono suscettibili di controllo sperimentale. La struttura elettronica della anidride carbonica presenta infatti una interessante relazione con quella degli ioni  $\text{NH}_2^-$ . La molecola  $\text{O}=\text{C}=\text{O}$  possiede due coppie di elettroni non-leganti sugli atomi di ossigeno, ed una distribuzione elettronica che conduce alla polarità  $-\text{O}-\text{C}^+-\text{O}-$  (5). In queste condizioni la molecola di anidride carbonica in soluzione può venir stabilmente coordinata dall'atomo metallico al posto di uno ione  $\text{NH}_2^-$ . Si può presumere che in queste condizioni la configurazione  $\text{O}=\text{C}=\text{O} \dots \text{Na}(\text{NH}_2^-)_2$ , elettronicamente analoga a quella del monomero, condurrà ad una struttura radicalare che approssimativamente potrà scriversi



La esistenza di questa struttura può essere sottoposta ad una verifica sperimentale di natura fisica attraverso la misura di grandezze legate alla frequenza di risonanza dell'elettrone paramagnetico e che permettano di stabilire la densità dell'elettrone spaiato sui nuclei C ed O. Una verifica di natura chimica può effettuarsi considerando le reazioni prevedibili per l'anione radicale  $(\text{CO}_2)^-$  che si forma quando il metallo sia eliminato come ione  $\text{Na}^+$ . Così, ad esempio, aggiungendo cloruro di metile da una soluzione di sodio contenente una quantità sufficiente di anidride carbonica, è da attendersi una sequenza di reazioni schematizzabile nella forma seguente:



dove R può essere  $\text{COOCH}_3$ , H od  $\text{NH}_2$ . La formazione di ossalato di metile di formiato di metile, di acetato di metile o di metiluretano dovrà considerarsi come una conferma della struttura (5) e quindi della coordinazione tra metallo ed anidride carbonica disciolta, dalla cui ipotesi la struttura stessa è derivata (\*).

La spiegazione ora proposta per la reazione della anidride carbonica con le soluzioni diluite di sodio può estendersi agevolmente alla reazione

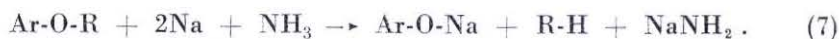
(\*) Reazioni del tipo esemplificato in (5), sia con  $\text{CO}_2$  che con altre molecole di struttura elettronica paragonabile non risultano descritte nella letteratura. La effettiva possibilità del loro decorso, dedotta dal contesto della teoria proposta, ci sembra abbastanza concreta. La loro verifica è pertanto auspicabile anche in vista dell'interesse pratico, oltre che teorico, che può derivare dalla conoscenza delle variabili che controllano i processi sopra indicati.

tra metalli in soluzione ed alcuni chetoni, esemplificati nella nota V con il benzofenone <sup>(3)</sup>. Come è stato ivi sottolineato, l'evidenza sperimentale richiede che si consideri il metallo legato al chetone in modo da conservare la sua struttura di atomo metallico. Lo stato del legame è però tale che non preclude la possibilità di eliminare il metallo dalla soluzione sotto forma di ione, come nel caso della preparazione del benzofenone-manganese-chetile per trattamento del relativo sodio-chetile con cloruro manganoso. La spiegazione che la teoria qui discussa offre per la natura del legame è quasi ovvia: coordinazione del chetone con l'atomo metallico tramite le due coppie di elettroni non-leganti dell'ossigeno del gruppo C=O. Questo legame è possibile perchè la preesistente coordinazione degli ioni  $\text{NH}_2^-$  ha imposto al metallo lo stato di valenza più conveniente. Nel sistema coordinato formatosi l'elettrone si trova anche nel campo elettrostatico del catione metallico, e costituisce un insieme debolmente legato, una « coppia ionica », in cui l'anione è appunto l'elettrone. Poichè tuttavia l'elettrone popola un orbitale molecolare di grande estensione formato dagli orbitali atomici del gruppo chetonico, del catione e dei due anioni  $\text{NH}_2^-$ , è possibile mantenere una siffatta configurazione scambiando il catione mentre gli altri costituenti restano insieme in forma di anione-radicalo. Il tempo di rilassamento che condiziona la possibilità del processo di scambio è una misura della vita media del catione scambiato e dovrebbe essere sperimentalmente accessibile mediante misure di risonanza paramagnetica e risultare dipendente dalla natura del catione.

È evidente che in questo schema acquista un peso rilevante per la stabilità o per l'evoluzione dell'intero edificio coordinato, la natura della molecola « estranea » che va a prendere il posto di uno ione  $\text{NH}_2^-$  intorno all'atomo metallico. Questo aspetto della questione è molto propriamente illustrato dal comportamento degli eteri rispetto ai metalli alcalini ed alle loro soluzioni in ammoniaca. Come già sottolineato <sup>(3)</sup> molti eteri alifatici vengono spesso impiegati per diluire le soluzioni dei metalli alcalini in ammoniaca, data la loro notevole stabilità rispetto ai metalli disciolti. Secondo la presente teoria l'etere può solvatare il metallo disciolto con un meccanismo analogo a quello degli ioni  $\text{NH}_2^-$  tramite le due coppie di elettroni non-leganti dell'ossigeno etereo. Uno o più ioni  $\text{NH}_2^-$  possono così venir rimpiazzati da molecole neutre quali etere, diossano, tetraidrofurano, glicoldimetil etere, ecc. Anzi la solubilità dei metalli alcalini in certi eteri alifatici è condizionata proprio dalla capacità del metallo di coordinare stabilmente un certo numero di molecole di solvente, mentre le proprietà della soluzione dipendono dal modo in cui la coordinazione stessa è realizzata (\*). Il comportamento degli

(\*) Questo aspetto del problema è stato discusso in una comunicazione fatta al IX Colloquio Spettroscopico della Associazione Italiana di Metallurgia. Abano Terme, 10-13 maggio 1961.

eteri aromatici è tuttavia nettamente diverso da quello degli eteri alifatici, poichè nelle soluzioni ammoniacali dei metalli essi subiscono di regola una scissione riduttiva secondo lo schema complessivo (\*).



Nella nota V questa circostanza veniva considerata come una indicazione del fatto che «...la modesta coniugazione di una delle due coppie elettroniche non-leganti dell'ossigeno con il sistema aromatico è sufficiente ad annullare la stabilità della specie metallica disciolta...» (3). Questa sensibilità del metallo allo stato della coniugazione tra ossigeno etero e nucleo aromatico trova nella teoria attuale una naturale interpretazione: tale coniugazione rende possibile la migrazione dell'elettrone spaiato del metallo sull'orbitale  $\pi$  antilegante del sistema aromatico, con formazione dell'anione-radiale  $(\text{Ar-O-R})^-$  la cui successiva evoluzione è alla base della reazione globale (7).

Concludendo questa discussione sulle proprietà chimiche delle soluzioni diluite dei metalli alcalini in ammoniacca liquida, si può dire che la base di essa è stata offerta dalla struttura ipotizzata per il monomero. Il denominatore comune alla interpretazione proposta per i processi considerati è la capacità del metallo di coordinare molecole neutre nelle quali siano disponibili, su uno stesso atomo, due coppie di elettroni non-leganti adatte a formare un legame di coordinazione di tipo  $\sigma$  cui possa sovrapporsi una coniugazione  $\pi$ . Tale capacità è la conseguenza dello stato di valenza imposto al metallo dalla sua interazione con il solvente e si manifesta appunto nella formazione di aggregati aventi una configurazione media preferenziale definita ed assimilabili ad entità chimiche con una vita media presumibilmente dell'ordine di  $10^2$  vibrazioni del legame di coordinazione. In tali aggregati, come nel monomero, l'elettrone metallico popola in pari tempo gli orbitali delle molecole e degli ioni adiacenti restando debolmente legato nel campo del catione. Questo equivale alla formazione di una coppia ionica, in cui il catione è il catione metallico e l'anione è l'elettrone. Tutta l'evidenza chimica discussa in precedenza parla a favore di questo comportamento anionico dell'elettrone, sia per le proprietà di anione-radiale che esso conferisce alle specie coordinate dal catione metallico, sia per il concomitante contributo che esso dà al legame di coordinazione.

Questa conclusione è in accordo con i risultati ottenuti nello studio delle proprietà fisiche dei metallochetili fatto da vari Autori (8, 9) ed offre la base per discutere le proprietà fisiche delle soluzioni diluite.

(\*) Naturalmente la reazione può anche procedere oltre lo stadio indicato dalla eq. (7) e condurre alla parziale o totale idrogenazione dell'anello aromatico (?). Tuttavia questo aspetto della reazione oltrepassa i limitati obiettivi della nostra discussione.

## DISCUSSIONE DELLE PROPRIETÀ FISICHE

Si è visto nella sezione precedente che sulla base della evidenza chimica la configurazione monomero, caratteristica delle soluzioni diluite, deve essere considerata una vera e propria coppia ionica. In essa l'elettrone-anione popola gli orbitali molecolari delle specie adiacenti, associate al sistema ( $M^+ \dots e^-$ ), con una configurazione media che soddisfa alla condizione di un orientamento preferenziale. Il comportamento chimico delle soluzioni metalliche non è infatti razionalizzabile con la generica immagine dello elettrone che polarizza un dielettrico continuo <sup>(10)</sup>.

Il solo meccanismo della conducibilità che è coerente con queste premesse è la dissociazione della coppia ionica per ionizzazione termica del monomero. L'elettrone non finisce tuttavia su una banda di conduzione, la cui esistenza *nelle soluzioni diluite* è esclusa dal nostro modello (\*), ma va a popolare gli orbitali molecolari delle specie che circondano la configurazione monomeric, e preferenzialmente uno ione positivo. In altri termini, lo elettrone ha una definita probabilità di lasciare il monomero, ed è dotato di una mobilità media tale che si può propriamente parlare di diffusione dell'elettrone in seno alla soluzione. Naturalmente la diffusione dell'elettrone corrisponde alla diffusione del monomero ogni qualvolta l'elettrone che ha lasciato il monomero è catturato da un catione metallico, cosicchè la dissociazione del monomero seguita dalla sua ricostituzione in un posto diverso costituisce la base fenomenologica della conducibilità elettrica delle soluzioni.

Questa interpretazione della conducibilità delle soluzioni equivale a fissare come energia di attivazione del processo di conduzione quella necessaria per la ionizzazione termica del monomero. Un calcolo diretto di essa è pressochè impossibile nello schema usato per valutare l'energia totale del monomero nel caso delle soluzioni di sodio. Occorre perciò fare ricorso a risultati sperimentali in cui la dipendenza della diffusione dalla temperatura intervenga in modo non necessariamente legato alla applicazione del nostro modello. Questo è il caso della reazione di dissoluzione del sodio, studiata da R. J. JOHNSON e H. J. McDONALD <sup>(12)</sup> tra  $-40^\circ$  e  $-50^\circ$ . Essi hanno potuto stabilire che lo stadio determinante la velocità di dissoluzione del metallo è la diffusione della specie formatasi verso la regione più diluita della soluzione. Dalle loro misure risulta inoltre che la velocità di dissoluzione quando il metallo funge da catodo è tre volte maggiore di quando il metallo funge da anodo. Ciò indica, a nostro parere, che la *diffusione dell'anione* è

(\*) Evidenza che tende ad escludere la presenza di interazioni cooperative capaci di costituire i livelli di una banda di conduzione è offerta da un recente lavoro di POTTER R. L., SHORES R. G. e DYE J. L. <sup>(11)</sup>. Essi hanno infatti mostrato che le soluzioni diluite non sono fotoconduttive, poichè la illuminazione non provoca nessun mutamento della resistenza sia in corrente continua che in corrente alternata.

il processo che controlla la velocità di dissoluzione. Poichè, secondo il nostro modello l'anione è appunto l'elettrone, l'energia apparente di attivazione misurata da JOHNSON e McDONALD, 4,2 kcal/mole (0,18 ev), viene da noi considerata come la minima energia necessaria per la ionizzazione termica del monomero.

Se una tale interpretazione è corretta il valore sopracitato deve consentire una previsione soddisfacente della dipendenza della conducibilità elettrica dalla temperatura. Questo è appunto quello che avviene. Nella appendice I viene mostrato che il coefficiente termico differenziale della conducibilità, che G. E. GIBSON e T. E. PHIPPS<sup>(13)</sup> hanno ricavato dalle loro misure e da quelle di C. A. KRAUS e di W. W. LUCASSE<sup>(14)</sup>, corrisponde ad una entalpia di dissociazione  $\Delta H = 4,3$  kcal/mol (0,19 ev), identificata dal nostro modello con il potenziale di ionizzazione termica del monomero. Questa deduzione è stata basata sulla ipotesi che nella regione  $n \leq 10^{-4}$  il rapporto tra le resistenze misurate su una stessa soluzione a due differenti temperature sia una funzione della variazione che il salto di temperatura provoca nella concentrazione delle specie elettrochimicamente attive<sup>(3)</sup>. Nella regione in questione, che rimane esterna alla lacuna di miscibilità a tutte le temperature in cui il sistema esiste in fase liquida, il rapporto tra le resistività a diverse temperature è indipendente dal quoziente stechiometrico  $n$ . In queste condizioni, *non essendovi variazione apprezzabile nella natura delle specie chimiche presenti*, può aver senso calcolare la costante dell'equilibrio di dissociazione del monomero sulla base del  $\Delta H$  succitato. Come indicato nella appendice I si trova  $k(-48^\circ) = 3,96 \times 10^{-3}$  (\*).

A questo punto è tuttavia necessario precisare in che senso, nel modello qui proposto, si possa parlare di una costante per l'equilibrio di dissociazione della « coppia ionica = monomero ». La probabilità che nella unità di tempo il monomero subisca la ionizzazione termica è, a temperatura fissata, praticamente indipendente dalla concentrazione. Tuttavia alla concentrazione è sostanzialmente legato il destino dell'elettrone. Tra le varie alternative possibili quella più probabile è che l'elettrone finisca su uno ione positivo. Se questo è uno ione metallico si ripristina il monomero, ed il bilancio complessivo è quello di un sistema in equilibrio. Se invece l'elettrone è catturato da uno ione  $\text{NH}_4^+$  l'evento successivo è la rottura di un legame N-H, cui segue lo sviluppo di idrogeno e la formazione di metallo-ammide. Questa eventualità è quella che appare prevalere nelle soluzioni estremamente diluite, ed implica che, dal nostro punto di vista, le soluzioni possiedono una velocità di decomposizione non riducibile al di sotto di un certo limite e rapidamente crescente con la temperatura.

(\*) Si potrebbe pensare di controllare questa deduzione con l'estrapolazione a zero su un grafico con  $(1/\Delta)$  verso  $(\Delta c)$ , basato sulle misure di GIBSON e PHIPPS<sup>(13)</sup>. Purtroppo tali misure non si estendono a diluizioni così elevate da rendere valida una tale procedura.

Il modello della barriera di potenziale di profilo triangolare, nella forma e con le notazioni usate da MARCUS, ZWOLINSKY ed EYRING <sup>(16)</sup> è quindi applicabile con le condizioni

$$\Delta F^* = 0, V_m = 0, V = -V_0 = \Delta H, W = -\frac{1}{2} V_0 .$$

In questo modo la eq. (12) del lavoro citato <sup>(18)</sup>, che dà la costante  $k'$  della reazione di scambio, si può scrivere

$$k' = (kT/h) \exp \left\{ -(8\pi r_{ab}/3h) [2me^2(V-W)]^{1/2} - \frac{e^2 n_a n_b}{kTD r_{ab}} \right\} \quad (\text{II}, 1)$$

mentre la distanza  $(r_{ab})_{max}$  alla quale  $k'$  ha il suo valore massimo diventa

$$(r_{ab})_{max} = (3he^2 n_a n_b / 8\pi kTD) (2mW)^{-1/2} . \quad (\text{II}, 2)$$

Nel caso attuale la costante dielettrica del mezzo è  $D = 22$  e la carica dei due cationi  $n_a = n_b = 1$ . Eseguiti i calcoli si trova  $k' = 3,0 \times 10^{10} \text{ sec}^{-1}$  ed  $(r_{ab})_{max} = 12,3 \text{ \AA}$ .

#### BIBLIOGRAFIA

- (1) PAOLONI L. - Gazz. Chim. Ital., 91, 787 (1961).
- (2) PAOLONI L. - Gazz. Chim. Ital., 91, 1063 (1961).
- (3) PAOLONI L. - Gazz. Chim. Ital., 90, 1682 (1960); 91, 121, 412, 518, 529 (1961).
- (4) SHORE G., GIRARDOT P. R. e PARRY R. W. - J. Am. Chem. Soc., 80, 20 (1958).
- (5) MULLIGAN J. F. - J. Chem. Phys., 19, 347 (1951).
- (6) PAOLONI L. - Metallurgia Ital., 54, 367 (1962).
- (7) BIRCH A. J. e SMITH H. - Quart. Rev., 12, 17 (1958).
- (8) ADAM F. C. e WEISSMAN S. I. - J. Am. Chem. Soc., 80, 1518 (1958).
- (9) MCCLELLAND B. J. - Trans. Faraday Soc., 57, 1458 (1961).
- (10) JORTNER J. - Mol. Phys., 5, 258 (1962).
- (11) POTTER R. L., SHORES R. G. e DYE J. L. - J. Chem. Phys., 35, 1907 (1961).
- (12) JOHNSON R. J. e McDONALD H. J. - J. Am. Chem. Soc., 72, 666 (1950).
- (13) GIBSON G. E. e PHIPPS T. F. - J. Am. Chem. Soc., 48, 312 (1926).
- (14) KRAUS C. A. e LUCASSE W. W. - J. Am. Chem. Soc., 44, 1941 (1922); 45, 2551 (1923).
- (15) PAJOT D., DEMORTIER A. e LÉPOUTRE G. - Comunicazione al Colloque Weyl, Lille, 24-28 giugno 1963, in «Solutions Métal-ammoniac» a cura di G. Lepoutre e M. J. Sienko - W. A. Benjamin, Inc. New York 1964, p. 206.
- (16) MARCUS R. J., ZWOLINSKY B. e EYRING H. - J. Phys. Chem., 58, 432 (1954).
- (17) O'DONNELL I. J. e GOSTING I. J. in W. J. HAMER, Structure of Electrolytic. Solutions, J. Wiley & Sons, New York, 1959, p. 160.
- (18) DEWALD J. F. e LÉPOUTRE G. - J. Am. Chem. Soc., 78, 2956 (1956).
- (19) GOLD M. e JOLLY W. L. - Inorg. Chem., 1, 818 (1962).
- (20) EIGEN M. e DE MAEYER L. - Proc. Roy. Soc., A, 247, 505 (1958).



## Oviparità e larviparità in *Macrocheles peniculatus* Berl. (Acarina, Macrochelidae) regolate da fattori ecologici (\*)

ALESSANDRO FILIPPONI e GRAZIA FRANCAVIGLIA (\*\*)

Laboratori di Parassitologia

**Riassunto.** — Si segnala il caso di un acaro Macrochelide al quale, opportunamente modificando le condizioni di allevamento, è possibile far deporre ova a sviluppo embrionale appena o non affatto iniziato, ova embrionate, o larve, o, perfino, protoninfe.

Si illustrano gli esperimenti con i quali si è tentato di condurre una analisi sui fattori che determinano la comparsa delle diverse modalità.

Si discute sul probabile meccanismo che controlla la plurimodalità di deposizione e sul valore adattivo del comportamento riproduttivo della specie studiata.

**Summary.** — It has been proved that *Macrocheles peniculatus* may lay (1) unsegmented eggs, or (2) eggs bearing embryo, or (3) larvae, or even (4) protonymphs, according to breeding conditions.

The eggs of this thelytokous mite mature one at a time, and thereafter descend into the uterus of the female. There they may be held by the mother for a varying period of time, while their development proceeds. It thus becomes possible for the 4 above listed types of reproduction to coexist as alternatives of the reaction standards of one single species. The laying of protonymphs does not necessitate any special adaptation of the uterus as regards nutrition, since the larvae of *M. peniculatus* need no feeding.

There are particular breeding conditions (plentiful food, low density of mites, good ventilation) that favour the early laying, hence oviparity. These conditions have been used to define the duration of the various stages of development of *M. peniculatus* at various temperatures (Table 1). Late laying and thus larviparity, on the other hand, is favoured by the following ecological conditions: (1) scanty or non favourite food (Tables 3, 4, 5); (2) overcrowding (Table 6); (3) substratum unsuited for oviposition (Tables 7, 8); (4) low oxygen tension (Tables 9, 10); (5) phoresy.

(\*) Questo lavoro è apparso in *Riv. Parassitol.*, 24, 81 (1963).

(\*\*) Borsista dei Laboratori di Parassitologia.

Factorial analysis further demonstrated that by far the most important factor is feeding (Tables 3, 4, 7, 10); while temperature, which is known to act typically on the development rate, has no effect on the type of reproduction (Tables 4, 6, 8, 9, 10).

The conditions favouring larviparity in general also reduce the number of progenies laid immediately after treatment. The appearance of larviparity, however, precedes the decrease of fecundity: for example, females of *M. peniculatus*, fed on Nematodes, lay larvae, but without decreasing in fecundity (Table 3).

The oviposition pattern of this species at 26°C, on horse dung, fed with frozen fly eggs (Table 2) is of the type with a more or less constant and continuous egg production. Oviposition lasts approximately 20 days, preoviposition less than 48 hours, while post-oviposition is also very short. The maximum number of progenies per female in 48 hours was 33 (one egg every hour and a half approximately); the average number of progenies per female and per day was 4.40 (one egg every 5 hours approximately).

Deutoplasmogenesis appears to be extremely rapid in this species, as also in other fimicolous Macrochelid mites. While the mature egg resting in the uterus is visible to the naked eye, being over 400  $\mu$ , the subsequent oocyte which will be laid some hours later is still of microscopic dimensions. It is probable that the most important of the stimuli for egg laying originates in the pressure exerted by the explosive growth of the oocyte which immediately follows; this also explains the prevalent influence of feeding on the type of reproduction. Another stimulus seems to originate in the agitation of the larvae in the uterus, which explains why the laying of protonymphs occurs only exceptionally. Then and last, females would seem capable of choosing, within certain limits, the most suitable place for laying (for example, cracks between straws or the hollow of small empty straws).

By placing females of *M. peniculatus* without food on a substratum of paper, oviposition, and seemingly the maturing process of the egg, continue for 24 hours, perhaps on account of the capacity of using up food reserver. Fasting on a substratum of dung, oviposition continues for 48 hours; moreover by transferring females of *M. peniculatus*, fasting for 3 days on a substratum of paper, to a substratum of dung, a renewed oviposition, yet usually of short duration, may be observed (Table 5). The species cannot be considered coprofagous, if its reproductive activity ceases on a substratum of dung; but the different behaviour on dung and on paper (see also Table 3) proves that certain substances present in dung may be utilised by the species.

The places where *M. peniculatus* had been collected (droppings, manure piles, nests of coprid beetles) have two features in common: patchiness

of distribution and short duration of mean life. The first characteristic makes the problem of dispersal of the species critical, but this has been resolved with the development of phoretic behaviour; the second requires an extremely rapid biological cycle which appears very widespread among the fimicolous Macrochelid mites. The reproductive behaviour of *M. peniculatus* made possible by these adaptations is in its turn perfectly adapted to the life pattern of the species. Oviparity favours a high rate of reproduction and occurs when food is abundant; if food becomes scarce the rate of egg-laying slows down or stops altogether, while the reproductive potential of the female is preserved almost intact. During phoresy, laying does not occur because the females do not feed; but even after a prolonged fasting period, a very few hours of normal feeding are sufficient for the mother to return once more to the normal laying rhythm. Meanwhile, the egg held in the uterus has continued to develop and will be laid in most cases as larva, which does not feed, but is active and thus able to search the most suitable shelter for moulting.

---

#### INTRODUZIONE

Oviparità e larviparità si presentano di norma come due modalità di riproduzione alternative escludentisi reciprocamente non solo nell'ambito di una specie, ma anche tra specie di una stessa entità tassonomica. Non mancano tuttavia per gli Artropodi segnalazioni di eccezioni a questa regola più generale (<sup>1</sup>), sia che si tratti di reperti occasionali di larviparità in specie comunemente ovipare, come ad esempio avviene (<sup>2</sup>) nel Dittero *Calliphora vomitoria* L., sia che si tratti di specie che compaiono con forme ovipare o vivipare a latitudini diverse, come pare accada (<sup>1</sup>) all'Efemeroideo *Cloën dipterum* L..

Il caso che qui si illustra si riferisce a un Acaro della famiglia *Macrochelidae* Vitzthum, che si riteneva fosse costituita da specie esclusivamente ovipare, ed appare particolarmente interessante, sia perchè è stato possibile, questa volta, sottoporre la specie al vaglio della sperimentazione, sia perchè essa ci offre un esempio di specie in cui la plurimodalità di riproduzione rappresenta soltanto una normale risposta alternativa della specie a differenti condizioni ecologiche. Come risulterà, infatti, dalle esperienze appresso riferite, è possibile far deporre, a piacere, ad una stessa madre di *M. peniculatus* ova a sviluppo embrionale appena o non affatto iniziato (oviparità), od ova embrionate (ovoviviparità di alcuni autori) o larve (larviparità, ovoviviparità di HAGAN (<sup>3</sup>), viviparità semplice di GRANDI), opportunamente modificando le condizioni di allevamento.

Il sospetto della probabile coesistenza di più modalità di riproduzione in *M. peniculatus* sorse durante la esecuzione di altri esperimenti sulla biologia di questa specie, quando ci si accorse, per caso, che la frequenza relativa di ova e larve in un allevamento di massa, sia pure valutata ad occhio, appariva estremamente diversa a seconda delle condizioni dell'allevamento stesso. Colpivano in particolare i casi di forte prevalenza di larve, risultandoci già che la durata di questo stadio nei Macrochelidi è, in genere, di gran lunga inferiore a quella dello stadio embrionale. Dopo alcuni tentativi preliminari che ci permisero di accertare la ripetibilità dei fenomeni accidentalmente osservati e di constatare *de visu* la fuoriuscita di larve dal bordo divaricato dello scudo genitale della femmina, si decise di impostare gli esperimenti oggetto della presente nota con lo scopo di definire secondo quali modalità *M. peniculatus* può riprodursi, indagare circa le cause che determinano la comparsa delle varie modalità, cercare di scoprirne il meccanismo e chiarirne il significato biologico.

#### MATERIALE E METODI

*M. peniculatus* è una specie che BERLESE (4) descrisse due volte nello stesso lavoro con due nomi diversi (5) su esemplari provenienti dal Sud America. Il secondo nome *M. vicarius*, alludeva alla sua presunta attribuzione di « forma vicariante » di *M. glaber* nelle Americhe. Pare in realtà che *M. peniculatus* debba considerarsi una specie cosmopolita; essa è comunque assai diffusa in Italia ed il ceppo utilizzato in questo lavoro deriva da femmine raccolte nel giardino della Stazione di Entomologia Agraria di Firenze da cui Berlese stesso aveva tratto abbondante materiale acarologico.

All'inizio degli esperimenti il ceppo si manteneva in laboratorio da oltre sei mesi, mediante allevamenti di massa. La biologia di questa specie sarà illustrata altrove, ma è qui importante ricordare che si tratta di una specie a telitochia obbligatoria ed esclusiva (6).

Per gli esperimenti relativi alle deposizioni si impiegarono tre tipi di contenitori, grandi (CG), medi (CM), piccoli (CP). I CG sono barattoli di alluminio (120 mm x 100) sul cui coperchio si praticarono 4 fori (da 20 mm), coperti con velo di rhodia. I CM sono contenitori cilindrici (65 mm x 55) in polistirolo con tappi a strappo in politene, su cui fu praticato un foro (20 mm), coperto poi con rhodia. I CP sono tubetti in polistirolo, con tappo in politene con foro (7 mm) coperto con rhodia.

Il substrato standard (SVS) è quello usato da RODRIGUEZ (7): sterco (disseccato all'aria e macinato) di vitello (con alimentazione standardizzata) 9 pp in peso: farina di soia 1 p in peso: acqua 20 pp in peso.

Come alimentazione furono utilizzate ova vive o congelate di *M. domestica* e nematodi (*Rhabditidae* sp) allevati in laboratorio su agar nutritivo con germe di grano e sterco di vitello.

Gli allevamenti di massa per la produzione del materiale da sottoporre ai trattamenti furono effettuati nei CG su SVS con ova vive e nematodi. Da questi allevamenti immediatamente prima di ogni trattamento gli acari venivano filtrati mediante imbuto Berlese. I trattamenti furono invece eseguiti, nella maggior parte dei casi e salvo indicazione contraria, nei CM ripieni di 30 gr (acqua compresa) di SVS, in ciascuno dei quali erano poste 200 femmine di *M. peniculatus*. I trattamenti corrispondono alle combinazioni tra le varie modalità dei fattori di cui si è voluto indagare l'influenza, e verranno definiti illustrando i singoli esperimenti.

Al termine del trattamento le femmine erano estratte e a gruppi di 30 erano poste in CP, riempiti di SVS per un terzo dell'altezza e provvisti di ova congelate di mosche, a 27°C e 75% U.R. per un periodo di deposizione di 2 ore, dopo di che si iniziava la conta delle ova e larve deposte. Per ogni trattamento si esaminavano le deposizioni di 4 gruppi (replicazioni) di 30 femmine. Le singole replicazioni attendevano il turno di conta in termostato a 10°C, temperatura alla quale si era constatato verificarsi l'arresto sia delle deposizioni che dello sviluppo embrionale.

L'assegnazione degli acari ai diversi trattamenti e, all'interno dei trattamenti, alle singole replicazioni fu fatta alla cieca e non seguendo una randomizzazione rigorosa, per la necessità di compiere tutte le operazioni preparatorie nel minor tempo possibile. Per lo stesso motivo il computo delle ova e larve deposte fu ridotto a 10 minuti per replicazione. Non censo totale, quindi, ma conta a tempo fisso, anche se in pratica nell'intervallo di 10 minuti la maggior parte della prole desposta veniva contata.

Per la determinazione della durata dei vari stadi preimaginali furono impiegati i CP. Per lo stadio di ovo e di larva il substrato era costituito unicamente da una colata di gesso e carbone per metà altezza, senza aggiunta di cibo. I CP erano mantenuti in essiccatori con acqua distillata (100% U.R.). Per gli stadi successivi si riempivano a metà i CP con SVS, si comprimeva il substrato con pestello in modo da ottenere una superficie concava semisferica molto compatta; si aggiungeva giornalmente con pennello qualche ovo di mosca e nematodi. I CP erano mantenuti in essiccatori con soluzione satura di NaCl (circa 75% U.R.). Il controllo era effettuato ad intervalli di 2 ore durante il giorno; le deposizioni erano predisposte in modo da fare iniziare i cicli biologici ad intervalli di 4 ore.

Per valutare gli effetti dei singoli trattamenti sulle deposizioni sono state prese in considerazione due grandezze: 1) le deposizioni, e cioè il numero complessivo di ova, larve e protoninfe contaminate; 2) le larve, e cioè il numero di larve o protoninfe presenti in ciascuna conta. La prima grandezza può identificarsi, per quanto risulterà in seguito, con buona approssimazione, con il numero delle femmine che hanno deposto nell'intervallo e dipenderà verisimilmente dalle condizioni favorevoli o sfavorevoli ai processi maturativi delle ova determinate dal trattamento. In altri termini, essa ci misura il grado di rallentamento eventualmente subito dalla ovificazione a causa del trattamento, per cui l'*analisi delle medie* ci permette di condurre direttamente l'*analisi sui fattori* che influenzano tale processo. La seconda grandezza, per sé, ci segnala solo la comparsa della larviparità, ma non ce ne può misurare la frequenza, e quindi l'intensità dell'effetto sul cambiamento delle modalità di riproduzione, in quanto il numero delle larve dipende anzitutto dal numero delle deposizioni. Per analizzare i fattori che influiscono sulle modalità di riproduzione si è dovuto, quindi, riportare la seconda grandezza alla prima, il che è stato fatto mediante l'analisi delle percentuali medie. Per i presupposti teorici, le modalità di esecuzione di queste metodiche ed il significato dell'algoritmo di graffa si rimanda ai lavori di POMPILJ e NAPOLITANI (8) e POMPILJ e DALL'AGLIO (9).

Per i confronti risultati statisticamente significativi i valori del *t* sono contrassegnati da uno, due o tre + a seconda che la significatività corrisponda rispettivamente a livelli fiduciali del 95%, 99%, 999‰. Con il segno (+) si sono indicati i valori molto vicino al limite del 95% che pur tuttavia non raggiungono.

#### ANALISI DEI DATI SPERIMENTALI

1. *Durata degli stadi di sviluppo di M. peniculatus a temperature diverse.* — Se la prole di *M. peniculatus* poteva venire deposta in momenti diversi del ciclo biologico, era anzitutto indispensabile individuare delle condizioni in cui venissero deposte solo ova a sviluppo embrionale appena iniziato ed assumerle, sia pure arbitrariamente, come condizioni di base per valutare l'effetto di altri trattamenti. Le condizioni scelte corrispondono alla permanenza di 200 femmine per 48 ore in CM su SVS, a 25°C e 75% U.R., alimentate con ova vive di mosca. Delle ova deposte da gruppi di 30 di tali femmine in CP a 27°C nell'intervallo di 2 ore immediatamente successivo al trattamento di base ci si è serviti per stabilire la durata dei singoli stadi di sviluppo alle due temperature (21° e 27°C) in cui furono eseguiti la maggior parte degli altri esperimenti.

Come è noto il ciclo biologico dei Macrochelidi comprende 4 stadi preimaginali, tutti facilmente riconoscibili (<sup>10, 5</sup>) anche *in vivo*: stadio di ovo (O), stadio di larva (L) a sei zampe, stadio di protoninfa (P) a otto zampe e due scudi dorsali, stadio di deutoninfa (D) a otto zampe e scudo dorsale unico. Nella tabella 1 si riportano per i singoli stadi, come per l'intero ciclo biologico, alle due temperature, la numerosità (n), la durata media (m) in ore e minuti primi, l'errore standard della media (s<sub>m</sub>) in minuti ed il coefficiente di variabilità percentuale (CV). Trattandosi di una specie telitoca non si fa distinzione per i due sessi, che nei Macrochelidi hanno durate diverse.

TABELLA I

Durata in ore e minuti primi degli stadi di sviluppo di *M. peniculatus* a temperature diverse, calcolata su ova deposte nell'intervallo di 2 ore da femmine precedentemente mantenute a « condizioni di base »: 200 ♀ ♀ in CM con SVS e ova vive di mosca a 25°, 75% U.R., per 48 h.

T °C		Ovo	Larva	Protoninfa	Deutoninfa	Intero sviluppo
21°	n	19	13	12	21	21
	m	29 <sup>h</sup> 22'	9 <sup>h</sup>	27 <sup>h</sup>	48 <sup>h</sup> 6'	118 <sup>h</sup> 29'
	s <sub>m</sub>	23'	21'	30'	34'	50'
	CV	5,58	14,10	6,41	5,34	3,20
27°	n	14	20	24	24	24
	m	18 <sup>h</sup>	6 <sup>h</sup> 24'	23 <sup>h</sup> 20'	29 <sup>h</sup> 30'	79 <sup>h</sup> 55'
	s <sub>m</sub>	28'	11'	28'	48'	47'
	CV	9,72	12,81	9,69	13,25	4,87

La differente numerosità per i diversi stadi è dovuta prevalentemente alla necessità di scartare i casi in cui l'inizio o la fine di un certo stadio coincise con l'intervallo notturno. Si noti come, sottoponendo le madri a trattamento standardizzato, la variabilità percentuale per la durata di tutti gli stadi, compreso il primo, è piuttosto bassa: il che non si verifica utilizzando ova raccolte da allevamenti incontrollati. La durata dello stadio embrionale ad entrambe le temperature è circa 3 volte quella dello stadio larvale e supera, rispettivamente alle due temperature, di un fattore 14 e 9 l'intervallo di 2 ore fissato per la deposizione successiva ad ogni trattamento.

La comparsa di larve nei 10 minuti di conta dopo tale intervallo non può certo attribuirsi a « schiuse normali ». Può solo ammettersi che qualcuna di queste larve possa essere stata deposta nell'intervallo come ovo embrionato; ma tale evento, riconoscibile dalla presenza degli invogli embrionali da cui la larva tenta di districarsi, è molto raro, per cui identificheremo, per semplicità e con approssimazione lecita, il numero delle larve contate al numero dei figli deposti allo stadio larvale.

2. *Ritmo riproduttivo e fecondità della specie.* — Un secondo requisito indispensabile alla interpretazione dei risultati sperimentali era la conoscenza del ritmo riproduttivo della specie (oviposition pattern) e della sua fecondità.

La progenie deposta ad intervalli di 48 ore, dall'ultima muta alla morte da ciascuna della 5 femmine di *M. peniculatus* poste in CM su un pezzetto di sterco fresco di cavallo, con ova congelate di mosca come alimento, a 26°C e 100% U.R. fu accuratamente ispezionata per la conta totale, allo scadere di ogni intervallo dopo trasferimento della madre ad altro CM. La tabella 2 riporta, per ogni intervallo, il numero delle madri sopravvissute ( $n$ ), la media delle ova e delle larve cumulativamente contate ( $m$ ), il relativo errore standard ( $s_m$ ) ed il coefficiente di variabilità percentuale (CV).

TABELLA 2

Ritmo riproduttivo di *M. peniculatus* a 26°C su sterco di cavallo, alimentato con ova congelate di mosca. Progenie deposta in successivi intervalli di deposizione di 48 ore da femmine singole.

Intervallo	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°
$n$	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4
$m$	7,0	15,0	5,2	12,4	7,8	21,0	16,8	8,4	6,2	3,6	0,4	0
$s_m$	3,4	7,1	2,7	5,7	4,2	10,1	7,8	4,8	3,6	2,7	0,4	0
CV	108	105	115	102	120	108	104	127	128	168	223	0

Dopo un breve periodo pre-riproduttivo, che non compare nella tabella, essendo a 26°C inferiore a 48 ore, ha inizio una fase riproduttiva che si prolunga per una ventina di giorni con intensità pressocchè costante e continua, fino al flesso finale che precede il periodo post-riproduttivo, in questo caso, anche esso brevissimo. Il numero massimo di deposizioni per intervallo fu di 33 unità (un ovo circa ogni ora e mezza);



mentre il numero complessivo di figli per femmina per giorno fu di 4,40 (un ovo circa ogni 5 ore).

Questi dati danno intanto ragione della necessità dell'impiego di una misura collettiva del comportamento riproduttivo, qual'è quella da noi adottata; giustificano la utilizzazione fatta di femmine non coetanee; spiegano infine l'affermazione della approssimativa equivalenza tra numero di deposizioni contate dopo ogni trattamento e numero di femmine che hanno deposto.

Le ova, in genere, vengono deposte singolarmente, ma si danno casi di doppia deposizione, di cui si posseggono due prove indirette: il reperto nei substrati di ova abbinata, la presenza di 2 ova in segmentazione nell'utero di una madre fissata dopo un trattamento. L'ovo maturo discende nell'utero materno dove rimane fino all'istante dell'espulsione. Su centinaia di madri fissate dopo i trattamenti, l'ovo maturo o la larva sono sempre visibili in corrispondenza dell'utero <sup>(11)</sup> ubicato in corrispondenza dello scudo ventri-anale, e mai nella vagina che si dilata in corrispondenza dello scudo genitale. Inoltre solo l'ovo maturo, o, eccezionalmente, le due maturate contemporaneamente, sono visibili in preparati in toto, a piccoli ingrandimenti, e mai il successivo, quello cioè che potrebbe essere deposto un paio di ore dopo. E' da presumere cioè che la deutoplasmogenesi in questa specie debba essere un processo rapidissimo.

3. *Esigenze nutritive delle larve.* — L'adozione di substrati privi di nutrimento per calcolare la durata dello stadio larvale era stata suggerita dalle risultanze di altri esperimenti preliminari su cui è opportuno riferire per l'importanza che assumono ai fini di questa ricerca.

Gruppi di 16 ova, deposte da femmine mantenute alle condizioni di base già precisate, furono sottoposte ai seguenti trattamenti: 1) carta da filtro nera, molto umida, 2) miscela di gesso e carbone, molto umida, 3)SVS compresso, 4) SVS compresso con ova congelate di mosca. Si operò per tutti i trattamenti in CP, a 25°C e 100% U.R., ottenendo rispettivamente il seguente numero di protoninfe: 10, 9, 11, 10.

La mortalità aveva interessato solo lo stadio embrionale; tutte le larve, indipendentemente dall'alimentazione disponibile, avevano raggiunto lo stadio successivo.

Fu anche provato, inumidendo i substrati con soluzione di safranina, lasciandovi permanere le larve per qualche ora e diafanizzandole successivamente con olio di cedro, se assorbissero liquidi; ma tutte le prove risultarono negative.

Lasciando, per ora impregiudicato il problema della capacità delle larve di Macrochelidi di utilizzare alimenti <sup>(12, 13, 14)</sup>, risulta provato da

questi esperimenti che le larve di *M. peniculatus* non hanno bisogno di nutrirsi per trasformarsi in protoninfe.

4. *Influenza del tipo di alimentazione sulle modalità di riproduzione.* — Da esperimenti condotti circa l'effetto di regimi dietetici diversi sulla fecondità di *M. peniculatus*, calcolata sui figli adulti ottenuti da deposizioni giornaliere effettuate da gruppi di 3 femmine, si era ottenuto il massimo di prolificità alimentando madri e figli con ova vive di mosca, una prolificità molto ridotta utilizzando nematodi, nessun figlio adulto con solo SVS. Nell'esperimento i cui dati sono analizzati nella tabella 3 si è voluto studiare l'effetto sulle modalità di sviluppo di questi tre regimi dietetici, comparandoli con l'assenza completa di alimentazione (carta bidula umida abbondante e gualcita in modo da costituire un substrato neutro che offrisse facile rifugio agli acari).

TABELLA 3

**Influenza del tipo di alimentazione (A) sulle modalità di riproduzione in *M. peniculatus*.** Numero delle deposizioni e (in parentesi) delle larve nelle deposizioni effettuate da 30 ♀♀ in 2 ore di intervallo dopo i trattamenti indicati. Condizioni comuni: 200 ♀♀ in CM, a 25°C e 75% U.R. per 48 ore.

Alimento	A <sub>1</sub> (SVS + ova)	A <sub>2</sub> (SVS + nem.)	A <sub>3</sub> (SVS)	A <sub>4</sub> (carta)
Numerosità . . . .	4	4	4	4
Medie . . . . .	15 (0)	12,75 (8,50)	12,25 (11,75)	7,25 (6,75)
Devianze . . . . .	8 (0)	2,75 (13)	14,75 (20,75)	8,75 (8,75)

*Analisi delle medie relative alle deposizioni :*

- 1)  $\{A_1 - A_2\} = 2,25$        $t = 2,37$  +
- 2)  $\{A_2 - A_3\} = 0,50$        $t = 0,41$
- 3)  $\{A_3 - A_4\} = 5,00$        $t = 3,57$  +

*Analisi delle percentuali medie relative alle larve :*

- 4)  $\{A_1 - A_2\} = - 66,67$        $t = - 8,80$  +++
- 5)  $\{A_2 - A_3\} = 29,25$        $t = 2,18$  +
- 6)  $\{A_3 - A_4\} = - 4,08$        $t = - 0,26$

Sia per le deposizioni che per le percentuali medie delle larve ci si è limitati a comparare ogni trattamento con il precedente, risultan-

docci già che essi si succedevano in ordine decrescente di valore nutritivo. La larviparità completamente assente in  $A_1$ , compare vistosamente (confronto 4) in  $A_2$ ; in  $A_3$  (confronto 5) ed in egual misura in  $A_4$  (confronto 6) le larve rappresentano la quasi totalità delle deposizioni. L'andamento è invece discendente da  $A_1$  ad  $A_4$  per il numero di deposizioni. Non risulta tuttavia una proporzionalità inversa tra le due grandezze. Il calo da  $A_1$  ad  $A_2$  (confronto 1) è scarsamente evidente, non pare esista da  $A_2$  ad  $A_3$  (confronto 2), mentre è molto netto tra  $A_3$  ed  $A_4$  (confronto 3). Particolarmente interessanti, ai fini del comportamento alimentare di questa specie, sono i risultati ottenuti con il trattamento  $A_3$ ; essi si differenziano sia da quelli ottenuti a condizioni di scarsa alimentazione ( $A_2$ ) per una più alta percentuale di larve, sia da quelli ottenuti in condizioni di presumibile assenza di alimentazione ( $A_4$ ) per un più elevato numero di deposizioni.

5. *Comportamento riproduttivo dopo il digiuno.* — Se i risultati dell'esperienza precedente dovevano essere messi in relazione con un progressivo affamamento, appariva interessante indagare circa l'effetto di una durata prolungata del digiuno a temperature diverse sul comportamento riproduttivo della specie. Si è operato con due modalità per il fattore temperatura ( $21^\circ$  e  $27^\circ\text{C}$ ) e tre modalità per il fattore durata del digiuno (24 ore, 48 ore, 96 ore), sottoponendo, quindi, le femmine a  $2 \times 3 = 6$  trattamenti diversi. Il substrato è, come in  $A_4$  della esperienza precedente, carta bibula umida abbondante e gualcita.

I risultati sono analizzati nella tabella 4. Il numero di deposizioni si mantiene inalterato da  $D_1$  a  $D_2$  (confronto 1), mentre discende nettamente da  $D_2$  a  $D_3$  (confronto 2). La temperatura più elevata (confronto 3) ha agito nel senso di ridurre le deposizioni. Le differenze di temperatura (confronto 6) non hanno invece influito sulle percentuali medie delle larve. In tutti i trattamenti  $D_1$  le deposizioni sono costituite da sole ova, sia pure tutte embrionate, per i  $D_2$  (confronto 4) le percentuali di larve salgono repentinamente, raggiungendo nei  $D_3$  la quasi totalità delle deposizioni.

Possedendo ancora vive, al 6° giorno di digiuno, oltre 60 femmine di quelle mantenute a  $21^\circ\text{C}$ , si sono costituite due repliche di 30 femmine da sottoporre alla prova della deposizione. I risultati (1 larva nella 1ª replicazione; né ova né larve nella 2ª) sono perfettamente comparabili con quelli del trattamento  $T_2D_3$  della tabella 4. In definitiva, la discesa del numero di deposizioni in  $T_1$  segue lo stesso andamento che in  $T_2$ , ma con un ritardo di circa 2 giorni. Il punto di arrivo con un prolungamento del digiuno ad entrambe le temperature è l'arresto completo delle deposizioni.

Influenza della temperatura (T) e della durata del digiuno (D). Numero di deposizioni e (in parentesi) delle larve nelle deposizioni effettuate da 30 ♀♀ in due ore di intervallo dopo i trattamenti indicati. Condizioni comuni: 200 ♀♀ in CM, su carta, 75% U.R.

Temperatura	T <sub>1</sub> 21° C			T <sub>2</sub> 27° C		
	D <sub>1</sub> (24 h)	D <sub>2</sub> (48 h)	D <sub>3</sub> (96 h)	D <sub>1</sub> (24 h)	D <sub>2</sub> (48 h)	D <sub>3</sub> (96 h)
Numerosità . . .	4	4	4	4	4	4
Medie . . . . .	5,25 (0)	6,75 (5,75)	2,50 (2,25)	5,25 (0,50)	4,50 (3,50)	0,50 (0,50)
Devianze . . .	4,75 (0)	5,75 (6,75)	3,00 (2,75)	24,75 (1,00)	5,00 (9,00)	1,00 (1,00)

*Analisi delle medie relative alle deposizioni:*

- 1)  $\{D_1 - D_2\} = -0,75$        $t = -0,41$
- 2)  $\{D_2 - D_3\} = 8,25$        $t = 7,43$       +++
- 3)  $\{T_1 - T_2\} = 4,25$        $t = 2,21$       +

*Analisi delle percentuali medie relative alle larve:*

- 4)  $\{D_1 - D_2\} = -77,46$        $t = -7,12$       +++
- 5)  $\{D_2 - D_3\} = -9,44$        $t = -0,30$
- 6)  $\{T_1 - T_2\} = 11,27$        $t = 1,02$

Ci si è chiesto allora che periodo di alimentazione occorresse per riattivare il processo maturativo delle ova. Servendoci delle femmine sottoposte ai trattamenti T<sub>1</sub>D<sub>3</sub> e T<sub>2</sub>D<sub>3</sub> furono formate, per ciascuno dei due gruppi 3 replicazioni di 30 femmine ciascuna, sottoponendole ad un supplementivo intervallo di deposizione di 3 ore, subito dopo il primo intervallo di 2 ore ed il tempo impiegato per il conteggio. Ecco i risultati con deposizioni e (in parentesi) le larve per ciascuna replicazione: T<sub>1</sub>D<sub>3</sub>: 21 (8), 23 (9), 17 (6); T<sub>2</sub>D<sub>3</sub>: 11 (5), 18 (4), 21 (7). Poichè durante l'intervallo di deposizione le femmine si nutrono è evidente che le 5 ore complessive sono state sufficienti non solo a riattivare i processi maturativi delle ova, ma a ricondurre le deposizioni a livello quasi normale: il che non si era verificato con sole due ore di alimentazione. E' interessante inoltre constatare come alcune femmine trattenessero ancora delle larve che vengono come spinte fuori dalla ripresa della ovificazione.

6. *Comportamento riproduttivo durante il digiuno.* — Con le esperienze illustrate nel paragrafo precedente non si sono ottenute informazioni circa il comportamento riproduttivo durante il digiuno. A questo scopo gruppi di 100 femmine furono poste in CM con la sola carta ed altre con solo SVS a 25°C e 75% U.R.. Per ciascun trattamento furono fatte 4 replicazioni. Per 3 giorni allo scadere delle 24 ore le femmine di ogni replicazione furono passate in una nuova serie di CM con identico substrato e si esaminarono accuratamente contenitori e substrati usati, per la ricerca della prole eventualmente deposta. Per le replicazioni su SVS fu necessario filtrare attraverso imbuto Berlese e furono perdute quindi le ova eventualmente presenti. Dopo tre giorni si cambiò e unificò il trattamento per i due gruppi: 4 replicazioni di 10 femmine per ciascun gruppo con solo SVS in CP. Il conteggio della prole fu effettuato allo scadere di 24 e 48 ore al binoculare da dissezione, ispezionando direttamente il substrato senza filtrare.

TABELLA 5

Comportamento riproduttivo durante il digiuno. Ova (O), larve (L) e protoninfe (P) contate al termine dei rispettivi intervalli. Condizioni comuni: 25°C e 75% U.R. Dati cumulativi di 4 replicazioni.

Giorno	1°	2°	3°		4°	5°-6°	7°-8°
Trattamento	100 ♀♀ in CM				10 ♀♀ in CP		
1 — su carta:	O	17	—	—	su SVS:	—	—
	L	52	—	1		—	—
	P	1	3	2		6	5
2 — su SVS:	O	?	?	?	su SVS:	—	—
	L	28	1	—		—	—
	P	10	17	6		1	—

Nella tabella 5 si è preferito riportare i dati cumulativi per le 4 replicazioni relativi alle ova, larve e protoninfe contate al termine dei periodi indicati. Durante il primo giorno le femmine trattenute su carta, e presumibilmente anche quelle su SVS, hanno deposto anche ova. Dal secondo giorno in poi le ova non compaiono più nella conta ed è probabile che siano state deposte solo larve. La prole presente al termine

di ogni giorno va diminuendo in entrambi i casi, ma con maggiore rapidità su carta che su SVS. All'unificazione dei procedimenti le femmine precedentemente trattenute su SVS si mostrano esaurite, mentre quelle tenute su carte continuano a deporre con ritmo sempre più lento fino all'ottavo giorno. Questa seconda parte dell'esperienza è stata ripetuta con materiale più abbondante ottenendo risultati identici.

7. *Influenza dell'affollamento sul comportamento riproduttivo.* — Nell'esperimento analizzato nella tabella 6 si è cercato di stabilire l'eventuale effetto dell'affollamento sul comportamento riproduttivo, operan-

TABELLA 6

**Influenza della temperatura (T) e dell'affollamento (C). Numero di deposizioni e (in parentesi) delle larve nelle deposizioni effettuate da 30 ♀♀ nell'intervallo di 2 ore dopo i trattamenti indicati. Condizioni comuni: SVS, alimentazione con ova congelate di mosca + nematodi, 75% U.R., durata 72 ore.**

Temperatura	T <sub>1</sub> (21° C)		T <sub>2</sub> (27° C)	
	C <sub>1</sub> (200 ♀♀ in CM)	C <sub>2</sub> (400 ♀♀ in CP)	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>
Numerosità . . .	4	4	4	4
Medie . . . . .	14,50 (0)	8,50 (3,75)	9,00 (0)	9,75 (4,50)
Devianze. . . .	45 (0)	11 (8,75)	8 (0)	6,75 (5)

*Analisi delle medie relative alle deposizioni:*

- 1)  $\{C_1 - C_2\} = 5,25 \quad t = 2,16 \quad (+)$
- 2)  $\{T_1 - T_2\} = 4,25 \quad t = 1,75$

*Analisi delle percentuali medie relative alle larve:*

- 3)  $\{C_1 - C_2\} = -45,21 \quad t = -8,61 \quad +++$
- 4)  $\{T_1 - T_2\} = -7,70 \quad t = -1,48$

do a due temperature diverse. Tutti i trattamenti furono condotti su SVS, con alimentazione giornaliera ed abbondante di ova congelate di mosca e nematodi, a 75% U.R., per la durata di 72 ore. Il diverso grado di affollamento fu ottenuto variando il numero delle femmine (200 e 400), il volume dei contenitori e proporzionalmente la quantità di substrato (30 gr nei CM, 5 gr nel CP).

Il superaffollamento è indubbiamente un altro fattore ecologico che determina la comparsa della larviparità (confronto 3) e in grado pressochè identico alle due temperature provate (confronto 4). C'è anche una riduzione nelle deposizioni, ma non molto evidente (confronto 1), associata ad un affollamento maggiore: mentre in questo esperimento non è risultato affatto (confronto 2) un effetto della temperatura sulle deposizioni.

8. *Influenza del tipo e delle condizioni del substrato.* — Le femmine di *M. peniculatus*, come del resto di altri Macrochelidi, cercano un posto adatto per deporre. Su sterco di cavallo, ad esempio, preferiscono anfratti tra pagliuzza e pagliuzza o il cavo di pagliuzze vuote. Questa osservazione ci ha suggerito l'opportunità di indagare se una scarsa attrattiva da parte del substrato fosse in grado di determinare un ritardo nella deposizione e quindi la comparsa della larviparità.

TABELLA 7

Influenza della alimentazione (A) e del tipo di substrato (S). Numero di deposizioni e (in parentesi) di larve nelle deposizioni effettuate da 30 ♀♀ nell'intervallo di 2 ore dopo i trattamenti indicati. Condizioni comuni: 200 ♀♀ in CM a 27°C, 75% U.R., durata 72 ore.

Alimentazione	A <sub>1</sub> (uova di mosca + nematodi)			A <sub>2</sub> (digiuno)		
	S <sub>1</sub> (SVS)	S <sub>2</sub> (pomice)	S <sub>3</sub> (carta)	S <sub>1</sub> (SVS)	S <sub>2</sub> (pomice)	S <sub>3</sub> (carta)
Numerosità .	4	4	4	4	4	4
Medie . . . .	9,25 (0)	10,75 (0,25)	10,00 (1,75)	9,25 (8,75)	8,25 (7,25)	2,75 (2,50)
Devianze . .	14,75 (0)	2,75 (0,75)	20 (2,75)	34,75 (26,75)	24,75 (32,75)	0,75 (1,00)

*Analisi delle medie relative alle deposizioni:*

- 1) {A<sub>1</sub> — A<sub>2</sub>} = 9,75      t = 3,32      ++
- 2) {A<sub>1</sub>S<sub>1</sub> — A<sub>1</sub>S<sub>2</sub>} = — 1,50      t = — 1,24
- 3) {A<sub>1</sub>S<sub>1</sub> — A<sub>1</sub>S<sub>3</sub>} = — 0,75      t = — 0,44
- 4) {A<sub>2</sub>S<sub>1</sub> — A<sub>2</sub>S<sub>2</sub>} = 1      t = 0,45
- 5) {A<sub>2</sub>S<sub>1</sub> — A<sub>2</sub>S<sub>3</sub>} = 6,50      t = 3,78      ++

*Analisi delle percentuali medie relative alle larve:*

- 6) {A<sub>1</sub> — A<sub>2</sub>} = — 84,70      t = — 8,71      +++
- 7) {A<sub>1</sub>S<sub>1</sub> — A<sub>1</sub>S<sub>2</sub>} = — 6,98      t = — 2,83      +
- 8) {A<sub>1</sub>S<sub>1</sub> — A<sub>1</sub>S<sub>3</sub>} = — 17,5      t = — 3,58      +
- 9) {A<sub>2</sub>S<sub>1</sub> — A<sub>2</sub>S<sub>2</sub>} = 6,72      t = 0,26
- 10) {A<sub>2</sub>S<sub>1</sub> — A<sub>2</sub>S<sub>3</sub>} = 3,69      t = 0,09

Nell'esperimento della tabella 7 a gruppi di 200 femmine in CM, a 27°C 75% U.R., per la durata di 72 ore, sia a condizioni ottimali di alimentazione che a digiuno, sono stati offerti 3 substrati di natura diversa: S<sub>1</sub>, che è il substrato standard SVS; S<sub>2</sub>, polvere di pomice appena bagnata e rimescolata a fondo in modo da lasciare abbondanti interstizi accessibili agli acari; S<sub>3</sub>, una striscia di carta bibula umida, strettamente avvolta a cilindro, con le sole superfici laterali (interna ed esterna) accessibili.

Globalmente il digiuno ha operato, confermando le esperienze precedenti, un duplice effetto: diminuzione delle deposizioni (confronto 1) aumento della larviparità (confronto 6). Gli altri confronti si limitano a comparare con il SVS, assunto come controllo, gli altri due substrati e sono stati effettuati nell'ambito di ciascuna modalità del fattore alimentare, risultando l'effetto del digiuno prevalente. Si può così vedere che il calo nelle deposizioni si verifica solo nel trattamento A<sub>2</sub>S<sub>3</sub> (confronto 5); una significativa variazione di larviparità si è avuta sia con A<sub>1</sub>S<sub>2</sub> che con A<sub>1</sub>S<sub>3</sub>, mentre un effetto analogo non può risultare nei corrispondenti trattamenti a digiuno dove le larve rappresentano in ogni caso la quasi totalità delle deposizioni.

TABELLA 8

Influenza della temperatura (T) e del contenuto d'acqua nel substrato (U). Numero di deposizioni e (in parentesi) delle larve delle deposizioni effettuate da 30 ♀♀ nell'intervallo di 2 ore dopo i trattamenti indicati. Condizioni comuni: 200 ♀♀ in CM, SVS (senza acqua), 75% U. R., durata 72 ore.

Temperatura	T <sub>1</sub> (21° C)			T <sub>2</sub> (27° C)		
	U <sub>1</sub> (20 cc)	U <sub>2</sub> (5 cc)	U <sub>3</sub> (50 cc)	U <sub>1</sub> (20 cc)	U <sub>2</sub> (5 cc)	U <sub>3</sub> (50 cc)
Numerosità .	4	4	4	4	4	4
Medie . . . .	13,75 (0)	9,75 (0)	5,50 (1,50)	10,00 (0)	11,00 (0)	8,00 (0,75)
Devianze . .	38,75 (0)	14,75 (0)	13,00 (5,00)	26,00 (0)	6,00 (0)	8,00 (0,50)

Analisi delle medie relative alle deposizioni :

$$\begin{array}{ll}
 1) \{U_1 - U_2\} = 3 & t = 1,12 \\
 2) \{U_1 - U_3\} = 10,25 & t = 3,43 \quad + \\
 3) \{T_1 - T_2\} = 0 & t = 0
 \end{array}$$

Analisi delle percentuali medie relative alle larve :

$$\begin{array}{ll}
 4) \{U_1 - U_3\} = -16,67 & t = -3,18 \quad ++ \\
 5) \{T_1 - T_2\} = 2,59 & t = 0,97
 \end{array}$$



Nell'esperimento della tabella 8 si è studiato l'effetto della diversa attrattività del substrato, modificando semplicemente in SVS il contenuto d'acqua.  $U_1$  è SVS con il quantitativo d'acqua normale (20 cc),  $U_2$  è SVS con poca acqua (5 cc),  $U_3$  è SVS con molta acqua (50 cc). Si è operato a due temperature ( $21^0$  e  $27^0C$ ), alle solite condizioni generali.

Il substrato a scarso contenuto d'acqua non si è differenziato da quello normale, mentre quello con eccesso d'acqua (confronti 2 e 4) ha prodotto sia una diminuzione di deposizioni che la comparsa di una modesta larviparità.

9. *Influenza della differente aerazione.* — La prevalenza di larve su ova era stata osservata su allevamenti di massa con un inizio di fermentazione anaerobica. Negli esperimenti riportati nelle tabelle 9 e 10 si è perciò voluto tentare di introdurre, accanto agli altri già analizzati, un nuovo fattore, l'aerazione.

TABELLA 9

Influenza della temperatura (T) e della aerazione (O). Numero delle deposizioni e (in parentesi) delle larve nelle deposizioni effettuate da 30 ♀ ♀ nell'intervallo di 2 ore dopo i trattamenti indicati. Condizioni comuni: 200 ♀ ♀ in CG, SVS, ova vive di mosca + nematodi, 60-70% U. R., durata 46 ore.

Temperatura	$T_1$ ( $25^0$ C)		$T_2$ ( $31^0$ C)		
	Aerazione	$O_1$ (4 fori)	$O_2$ (1 foro)	$O_1$ (4 fori)	$O_2$ (1 foro)
Numerosità . . . .		4	4	4	4
Medie . . . . .		5,00 (0)	10,00 (2)*	6,00 (0)	5,50 (0,75)**
Devianze . . . .		14,00 (0)	10,00 (2,00)	10,00 (0)	13,00 (0,75)

\* solo protoninfe in ciascuna replicazione.

\*\* solo larve in ciascuna replicazione.

*Analisi delle medie relative alle deposizioni :*

- |  |                     |
|--|---------------------|
| 1) $\{O_1 - O_2\} = -1,50$               | $t = -0,76$         |
| 2) $\{T_1 - T_2\} = 6,50$                | $t = 3,28 \quad ++$ |
| 3) $\{(O_1 - O_2) (T_1 - T_2)\} = -2,50$ | $t = -1,26$         |

*Analisi delle percentuali medie relative alle protoninfe o larve :*

- |                             |                       |
|-----------------------------|-----------------------|
| 4) $\{O_1 - O_2\} = -17,74$ | $t = -5,44 \quad +++$ |
| 5) $\{T_1 - T_2\} = 4,59$   | $t = 1,32$            |

**Infuenza della temperatura (T), alimentazione (A) e aerazione (O). Numero di deposizioni e (in parentesi) delle larve delle deposizioni effettuate da 30 ♀♀ nell'intervallo di 3 ore dopo i trattamenti indicati. Condizioni comuni: 200 ♀♀ in CM, SVS, 75% U. R., durata 72 ore.**

Temperatura	T <sub>1</sub> (21° C)				T <sub>2</sub> (27° C)			
	A <sub>1</sub> (ova + nem.)		A <sub>2</sub> (digiuno)		A <sub>2</sub> (ova + nem.)		A <sub>2</sub> (digiuno)	
Aerazione	O <sub>1</sub> (foro 2 cm)	O <sub>2</sub> (3 fori spillo)	O <sub>1</sub> (foro 2 cm)	O <sub>2</sub> (3 fori spillo)	O <sub>1</sub> (foro 2 cm)	O <sub>2</sub> (3 fori spillo)	O <sub>1</sub> (foro 2cm)	O <sub>2</sub> (3 fori spillo)
Numerosità . . .	4	4	4	4	4	4	4	4
Medie . . . . .	19,50 (0)	15,00 (0,25)	10,75 (9,75)	11,75 (11,00)	11,50 (0)	11,50 (0,25)	10,25 (9,25)	11,75 (10,75)
Devianze . . . .	117 (0)	22 (0,75)	14,75 (8,75)	8,75 (14)	21 (0)	5 (0,75)	20,75 (30,75)	2,75 (6,75)

*Analisi delle medie relative alle deposizioni :*

1) $\{T_1 - T_2\} = 12,00$	t = 2,86	++
2) $\{A_1 - A_2\} = 13$	t = 3,10	+++
3) $\{O_1 - O_2\} = 2,00$	t = 0,48	
4) $\{(T_1 - T_2) (A_1 - A_2)\} = 11,00$	t = 2,62	+
5) $\{(T_1 - T_2) (O_1 - O_2)\} = 5,00$	t = 1,19	
6) $\{(A_1 - A_2) (O_1 - O_2)\} = 7,00$	t = 1,67	
7) $\{(T_1 - T_2) (A_1 - A_2) (O_1 - O_2)\} = 4,00$	t = 0,95	

*Analisi delle percentuali medie relative alle larve :*

8) $\{T_1 - T_2\} = - 8,16$	t = - 1,36	
9) $\{A_1 - A_2\} = - 90,70$	t = - 19,89	+++
10) $\{O_1 - O_2\} = - 7,96$	t = - 1,79	
11) $\{(T_1 - T_2) (A_1 - A_2)\} = - 1,68$	t = - 0,18	
12) $\{(T_1 - T_2) (O_1 - O_2)\} = - 5,04$	t = - 0,55	
13) $\{(A_1 - A_2) (O_1 - O_2)\} = 0,19$	t = 0,02	
14) $\{(T_1 - T_2) (A_1 - A_2) (O_1 - O_2)\} = 2,18$	t = 0,12	

La prima esperienza è stata effettuata a 2 temperature in CG, contenenti 60 gr di SVS con 200 femmine alimentate con ova vive di mosca e nematodi per la durata di 46 ore. La modalità aerazione scarsa (O<sub>2</sub>) fu ottenuta occludendo con nastro adesivo di cellophan 3 dei 4 fori esistenti nel coperchio; in O<sub>1</sub> i 4 fori sono coperti solo con velo di rhodia.

L'aerazione differente non ha influito sulle deposizioni (confronto 1); sulle quali ha influito invece la temperatura (confronto 2); nessuna in-

terazione tra i due fattori (confronti 3). L'effetto della aerazione sulla larviparità è presente ad entrambe le temperature (confronto 4); ma più evidente a 25°C, dove compaiono ova o protoninfe, mentre a 31°C sono presenti ova o larve.

Il secondo esperimento, più complesso, analizza tre fattori, temperatura (T), alimentazione (A), aerazione (O), ciascuno con 2 modalità e si diversifica dal primo nei seguenti particolari: i contenitori (CM), le temperature (21° e 27°C), la durata (72 ore), l'intervallo di deposizione (3 ore) ed, infine, le modalità di aerazione (O<sub>1</sub>, unico foro di 20 mm; O<sub>2</sub> lo stesso chiuso con nastro adesivo di cellophan su cui si aprirono a fuoco 3 fori di spillo).

Sono stati effettuati tutti i confronti possibili tra i fattori, comprese le interazioni. Si hanno per le deposizioni un'influenza dell'alimentazione (confronto 2) ed un'influenza della temperatura (confronto 1), essendo questa (confronto 4) assai più efficace ad alimentazione normale che a digiuno. Per le percentuali medie delle larve abbiamo un unico confronto significativo (confronto 9) relativo alla alimentazione. L'azione prevalente del digiuno sulla larviparità maschera l'effetto più modesto della scarsa aerazione che tuttavia esiste come è provato sia dalla presenza di un'unica larva in T<sub>1</sub>A<sub>1</sub>O<sub>2</sub> ed in T<sub>2</sub>A<sub>1</sub>O<sub>2</sub>, che dallo stato di avanzato sviluppo dell'embrione all'interno delle ova deposte. In nessun caso comparvero in questo esperimento protoninfe.

10. *Foresia e comportamento riproduttivo.* — *M. peniculatus*, come numerosi altri Macrochelidi si serve di Coleotteri comprofili per diffondersi. Sono stati, ad esempio, da noi catturati su *Copris hispanus* L. e su *Bubas bison* L.. Ci è sembrato che la conoscenza del comportamento riproduttivo dopo un periodo di foresia avrebbe potuto interessare per due motivi: 1) se il Macrochelide, durante il trasporto, fosse in grado di alimentarsi, utilizzando, come qualcuno ritiene, prodotti di secrezione di ghiandole o desquamazioni dell'epidermide dell'ospite, la prova della deposizione avrebbe dovuto metterlo in evidenza; 2) essendo la foresia un fenomeno naturale e frequentissimo, era importante sapere quale tipo di modalità di riproduzione prevalessse dopo il distacco dall'ospite trasportatore.

Femmine di *M. peniculatus*, filtrate da un allevamento di massa sono state mantenute per 24 ore a gruppi di 200 in 2 CM a 25°C, con abbondanza di alimento. Filtrate di nuovo, furono separate in due gruppi: il primo fu tenuto a digiuno su carta bibula umida a 25°; le femmine del secondo gruppo furono fatte salire a gruppi di 15 su femmine di *Bubas bison*, ciascuna delle quali fu mantenuta in CM con fondo ricoperto di carta bibula umida a 25°C.

Dopo tre giorni 4 replicazioni di 30 femmine per ciascun trattamento furono sottoposte alla prova della deposizione con intervallo di 2 ore, ottenendo i seguenti risultati: su carta: 3 (2), 4 (4), 7 (5), 2 (2); su *Bubas bison*: 0 (0), 3 (2), 0 (0), 2 (1). Fuori parentesi sono le deposizioni, in parentesi il numero delle larve.

Le femmine in foresia hanno deposto meno che quelle a digiuno e non c'è quindi prova che si siano nutrite. La larviparità prevale in entrambi i casi e, vista l'analogia di comportamento dopo digiuno e dopo foresia, è da presumere che ogni qual volta il periodo di foresia si prolunghi le femmine di *M. peniculata* depongano in prevalenza larve.

#### DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

1. *Plurimodalità di riproduzione come norma di reazione della specie.* — Le esperienze condotte provano anzitutto nel loro insieme quanto fu anticipato nell'introduzione, e cioè, che *M. peniculatus* può deporre ova a sviluppo embrionale non affatto o appena iniziato, o ova embrionate, o larve, e perfino, protoninfe. Questa quarta modalità, a differenza delle prime tre, appare rara, difficilmente riproducibile, né fu mai accertata *de visu*; è tuttavia difficile porla in dubbio in quanto se le protoninfe contate dopo l'intervallo di deposizione nell'esperimento della tabella 9 fossero state deposte come larve pronte alla muta, qualcuna almeno delle protoninfe sarebbe stata colta in muta, il che non si è verificato. Del resto, poichè le larve non hanno bisogno di nutrirsi la deposizione di una protoninfa non costituisce un evento qualitativamente diverso dalla deposizione di una larva, non implicando necessariamente particolari adattamenti negli organi interni della madre per la nutrizione della prole. Anzi le quattro modalità di riproduzione non rappresentano in sostanza che gradi diversi di uno stesso fenomeno, la ritenzione dell'ovo nell'utero materno.

La frequenza con cui oviparità e larviparità si alternano nel comportamento riproduttivo di questa specie e le circostanze del tutto naturali in cui ciascuna di esse si verifica non giustificano, a nostro avviso, la contrapposizione tra una modalità « normale » e una « accidentale ». La caratteristica genetica di questa specie consiste proprio nella capacità di riprodursi secondo modalità diverse, il verificarsi dell'una piuttosto che dell'altra dipendendo unicamente dalle condizioni ecologiche.

2. *Fattori ecologici e modalità di riproduzione.* — L'analisi delle percentuali medie di larve ha messo in evidenza che la quantità e la qualità del cibo disponibile, l'affollamento, la natura e la consistenza

del substrato, le condizioni di aerazione, lo stato di foresia o no, sono tutti fattori che influenzano le modalità di riproduzione.

Anche la direzione secondo cui questi fattori agiscono è apparsa con estrema evidenza, data la concordanza dei numerosi esperimenti. Così un alimento ottimale e abbondante, una densità bassa di femmine, un substrato poroso che offra molti interstizi per la deposizione, una normale tensione di ossigeno che favorisca una fermentazione aerobia, il non stare aggrappati ad un ospite trasportatore sono tutte condizioni che favoriscono la deposizione precoce e, quindi, la oviparità; un alimento scarso o non adatto, un'elevata densità, un substrato che non offra buone condizioni di deposizione, la bassa tensione di ossigeno, lo stato di foresia prolungato sono al contrario le condizioni che favoriscono la deposizione tardiva e, quindi, la larviparità.

Un terzo elemento importante è emerso ed è l'assoluta prevalenza dell'efficacia del fattore alimentare su tutti gli altri fattori. Tenendo anzi presente che ognuno di questi fattori nelle modalità sfavorevoli produce inevitabilmente anche una certa limitazione dell'alimentazione, è probabile che accanto alla loro azione specifica vi sia in ogni caso associata l'influenza del fattore alimentare.

Una considerazione a parte merita infine il fattore temperatura, che compare con due modalità in ben 5 esperimenti e, se si eccettua l'antico operato sull'effetto del digiuno, segnalato a proposito dell'esperimento della tabella 4, in nessun caso ha dato confronti statisticamente significativi. Da un fattore che agisce tipicamente sulla velocità di sviluppo sarebbe stato da attendersi un'efficacia maggiore, nel senso che ad eguale durata di ritenzione dell'ovo nell'utero materno lo stato di sviluppo dello stesso sarebbe dovuto apparire più avanzato. Se ciò non si è verificato, bisogna concludere che l'aumento di temperatura accelera contemporaneamente sia la velocità di sviluppo che altri processi capaci di stimolare la deposizione.

3. *Fattori ecologici e numero di deposizioni.* — I fattori che direttamente o indirettamente influiscono sulle modalità di riproduzione hanno dimostrato di esercitare la loro azione anche sul numero di deposizioni effettuate dopo i trattamenti. In genere, le modalità dei fattori che incrementano la larviparità riducono le deposizioni; è risultato però dall'analisi statistica che non esiste simmetria perfetta tra i due fenomeni.

Ci sono casi in cui le deposizioni sotto l'azione del trattamento non subiscono riduzioni, mentre il numero delle larve aumenta, come si verifica nelle esperienze sull'azione del digiuno (tabella 4). Questo prova che la comparsa della larviparità costituisce un test estremamente più

sensibile della riduzione delle deposizioni per mettere in evidenza deficienze alimentari. L'esperimento sull'influenza dei regimi dietetici diversi (tabella 3) ne dà conferma: il passaggio da ova di mosca a nematodi fa salire moltissimo la larviparità, mentre il calo nelle deposizioni è appena percettibile; nel passaggio a solo sterco aumenta ancora la larviparità, mentre il numero di deposizione resta costante.

Esiste poi il caso inverso di una flessione nelle deposizioni non associata ad un aumento di larviparità. Il fenomeno si verifica di solito quando la larviparità, essendo pressochè totale, non può aumentare, ed è allora privo di significato. Avviene però anche quando esiste questa possibilità, come ad esempio sotto l'azione del fattore temperatura (tabelle 4, 9, 10) ed è forse da mettere in rapporto con il fatto che a temperature più elevate le femmine hanno deposto di più durante il trattamento e sono, di conseguenza, più esaurite, mentre d'altro canto manca, come si è visto, un'influenza efficace della temperatura sull'aumento della larviparità.

4. *Indicazioni sui meccanismi di deposizione.* — Se il completamento dei processi maturativi dell'ovo e la sua discesa nell'utero materno non sono condizioni sufficienti perchè venga deposto, è evidente che altri stimoli debbano intervenire a determinare la deposizione.

Visto che le madri scelgono di solito il luogo della deposizione e sono in grado, come è stato provato dall'analisi sui fattori, di trattenerne l'ovo in condizioni sfavorevoli alla deposizione, è anzitutto probabile che la deposizione sia un atto volontario. D'altro canto in condizioni ottimali di alimentazione la facoltà di ritenzione non pare venga molto esercitata. La produzione massima di un ovo ogni ora e mezza ed anche quella media di un ovo ogni 5 ore è impressionante, tanto più se si tien conto che le ova sono enormi, superando in lunghezza un terzo della lunghezza materna.

Si potrebbe supporre che la tensione determinata direttamente dallo stato di ripienezza possa costituire uno stimolo alla deposizione. Ma nell'esperimento della tabella 5 le femmine continuano a deporre per tutto il primo giorno di digiuno; inoltre dopo sei giorni di digiuno a predatori così voraci sono certamente sufficienti due ore per riempirsi, eppure le deposizioni inizieranno solo nel successivo intervallo di tre ore. Più convincente appare invece l'ipotesi che in condizioni ottimali di alimentazione lo stimolo principale alla deposizione possa provenire dalla pressione esercitata dall'accrescimento rapidissimo dell'ovocita immediatamente successivo a quello maturo che sosta nell'utero materno. La limitazione di cibo, arrestando più o meno rapidamente i processi

di accrescimento dell'ovocità, ridurrebbe lo stimolo, permettendo il prolungarsi della ritenzione dell'ovo.

Questa interpretazione è abbastanza in accordo con i risultati sperimentali ottenuti: ma bisogna ammettere che in circostanze diverse debbano esistere anche altri stimoli. Se sono sufficienti 25 e 40 ore (tabella 1) rispettivamente a 27° e 21°C per raggiungere lo stadio di protoninfa, dopo 48 o 72 ore di digiuno avremmo dovuto avere in ogni caso le deposizioni di protoninfe, il che invece si è verificato soltanto nello esperimento della tabella 9 e in una prova preliminare. L'osservazione diretta di larve che escono annaspando dalla vagina materna e lo stillicidio di protoninfe che si osserva (tabella 5) dopo i primi due giorni di digiuno nei substrati dove permangono le madri digiunanti fanno pensare che, salvo casi particolari, le larve vengano espulse prima della muta successiva, forse producendo esse stesse, con il loro agitarsi, lo stimolo alla deposizione.

5. *Indicazioni circa il regime dietetico.* — Se l'identificazione dello stimolo principale nella rapida maturazione dell'ovocità è corretta, bisogna anche ammettere che i processi maturativi dell'ovo non si arrestano appena il digiuno inizia. Nel primo giorno di digiuno su carta le femmine, dopo trattamento (tabella 4), hanno deposto ova, e nel controllo durante il trattamento (tabella 5) le deposizioni sono ancora numerose. E' probabile che ciò avvenga per la capacità di mobilitare riserve nutritive che consentono il completamento di un ciclo maturativo in molte femmine. Al secondo giorno però questa possibilità cessa quasi completamente.

Nel digiuno su sterco si assiste a un fenomeno analogo, ma la deposizione continua ancora nel secondo giorno. Inoltre il passaggio su sterco di femmine da 3 giorni digiunanti su carta fa ricomparire qualche deposizione (tabella 5) sia pure per breve tempo. E' ovvio che se la specie fosse coprofaga, come recentemente si è affermato in genere per i *Macrochelidi* coprofilo (<sup>15</sup>), non si arresterebbe la sua attività riproduttiva ponendola su sterco; è però anche evidente che qualche sostanza presente nello sterco debba poter essere utilizzata (<sup>16</sup>, <sup>7</sup>), diversamente non sarebbero comprensibili né questi risultati, né quelli dell'esperienza della tabella 3.

6. *Il valore adattivo del comportamento riproduttivo di M. peniculus.* — *M. peniculatus* è stato trovato su sterco animale, mucchi di letame, nidi di coleotteri coprofilo. Questi ambienti hanno in comune due caratteristiche fondamentali: una distribuzione a macchia e una durata media piuttosto breve. La prima condizione rende critico il pro-

blema della dispersione e si comprende come possa essere stato favorito lo sviluppo di un comportamento foretico; la seconda esige un ciclo biologico rapidissimo che pare piuttosto diffuso tra i Macrochelidi filomicoli.

Il comportamento riproduttivo di questa specie è in parte condizionato da questi adattamenti, essendo ovviamente compatibile solo con una certa durata dello sviluppo embrionale e con un certo ritmo riproduttivo, e armonizza a sua volta con le esigenze di un tale regime di vita. L'oviparità favorisce la prolificità e si realizza in presenza di cibo abbondante. Se il cibo scarseggia o manca, ovificazione e deposizione rallentano o cessano, conservando la madre, entro certi limiti, pressochè intatto il proprio potenziale riproduttivo. Le ova non emesse sostano nell'utero, continuando lo sviluppo, e saranno emesse più frequentemente come larve, le quali non si nutrono, ma sono attive e possono così raggiungere, appena emesse, il riparo più adatto per la muta. In foresia non c'è deposizione perchè le madri digiunano; ma, anche dopo un digiuno prolungato, basterà qualche ora di alimentazione perchè la madre possa riprendere il ritmo normale di deposizione.

Poichè i Macrochelidi si sono adattati ad habitat diversi e nello stesso habitat occupando in genere specie diverse nicchie differenti, sarà interessante estendere lo studio del comportamento riproduttivo ad altre specie.

#### BIBLIOGRAFIA

- (1) GRANDI G. - Introduzione allo studio dell'entomologia. Bologna (1951).
- (2) MARTELLI G. M. - Riv. Pat. Veget., 22, fasc. 9-10 (1932).
- (3) HAGAN H. R. - Embriology of the viviparous Insect., New York (1951).
- (4) BERLESE A. - Redia, 13, 115 (1918).
- (5) BREGETOVA N. R. e KOROLEVA E. V. - Sborn. Akad. Nauk SSSR. Zool. Inst. Otd. Parazit., 19, 32, (1960).
- (6) FILIPPONI A. - Parassitol., 4, 113 (1962).
- (7) RODRIGUEZ J. G. e WADE C. F. - Ann. Ent. Soc. Am., 54, 782 (1961).
- (8) POMPILI G. e NAPOLITANI D. - Ricerca Sci., 24, Supp. (1954).
- (9) POMPILI G. e DALL'AGLIO G. - Piano degli esperimenti : Torino (1959).
- (10) EVANS G. O. - Proc. Zool. Soc. Lond., 127, 345 (1956).
- (11) MICHAEL A. D. - Trans. Lin. Soc. London, 5, 281 (1892).
- (12) PEREIRA C. e CASTRO DE M. P. - Arq. Inst. Biol. São Paulo, 16, 153 (1945).
- (13) WADE C. F. e RODRIGUEZ J. G. - Ann. Ent. Soc. Am., 54, 776 (1961).
- (14) RODRIGUEZ J. C., WADE C. F. e WELLS C. N. - Ann. Ent. Soc. Am. 55, 507 (1962).
- (15) HUGHES T. E. - Mites or the acari : Londra (1959).
- (16) FILIPPONI A. - Riv. Parassitol. 16, 145 (1955).