

La climatizzazione dell'ambiente: un capolavoro dell'ape

Le api "focliste" e il loro comportamento nel nido

JÜRGEN TAUTZ*, MARCO KLEINHENZ, BRIGITTE BUJOK, FIOLA BOCK, STEFAN FUCHS

Beegroup Würzburg, Biozentrum, Universität Würzburg, Am Hubland, D.97074 Würzburg

Corresponding author: tautz@biozentrum.uni-wuerzburg.de

SUMMARY

Thermoregulation of the environment: a masterpiece of the honey bee Heating bees and their behaviour in the brood nest

Brood nest thermoregulation is part of the outstanding collective skills of the honey bees, and only now we are beginning to understand its details. Brood nest thermoregulation aims at maintaining the temperature of the capped brood between 33 and 36°C. We examine here the ways by which this task is accomplished. For now, neither the importance of the physical properties of the combs nor the knowledge acquired hitherto by us on this topic nor the significance of such a precise regulation are discussed. These aspects will be covered in subsequent articles.

Key words: honey bee, *Apis mellifera*, thermoregulation, heating bees, brood, nest temperature.

Riscaldare o raffreddare

La termoregolazione del nido fa parte delle stupefacenti capacità collettive delle api, e appena ora iniziamo a comprendere lentamente i dettagli. Essa mira a mantenere la temperatura della covata opercolata tra i 33 e i 36°C (Fig. 1). Il compito di mantenere un com-

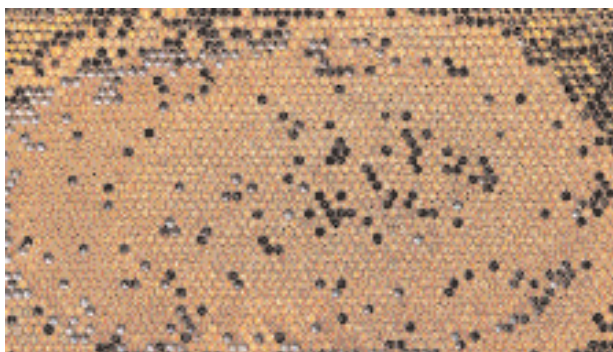


Figura 1- Favo di covata di *Apis mellifera carnica*. L'area con covata opercolata al centro del favo è mantenuta dalle api a una temperatura di 33 – 36°C.

Brood comb of *Apis mellifera carnica*. The bees maintain the capped brood area in the centre of the comb at a temperature of 33 to 36°C.

parto del nido entro un intervallo così ristretto di temperatura richiede, a seconda della temperatura dell'ambiente esterno, differenti azioni da parte delle api. Se l'ambiente è fresco, è necessario riscaldare; se l'ambiente è troppo caldo, bisogna raffreddare. Le api riescono ad ottenere quest'ultimo effetto agitando velocemente le ali, creando così correnti d'aria rinfrescanti. Possono inoltre portare nel nido acqua, che è distribuita in piccole gocce, per sfruttare il calore latente di evaporazione (*); in altri casi le api impiegano una combinazione di queste due attività, che risulta essere spesso più efficace (Lindauer, 1954).

Se invece la temperatura del nido deve essere innalzata, le api producono calore, facendo vibrare in modo appena percettibile la muscolatura delle ali. Il calore così prodotto viene ceduto all'ambiente. La fonte energetica è il miele, immagazzinato nel nido come "scorta di combustibile".

Si comprende, quindi, facilmente, perché le specie di api tropicali nidificanti all'aperto (a meno che non vivano ad elevate altitudini nell'Himalaya), possono rinunciare alle abbondanti scorte di combustibile e quindi di miele. Non ne hanno bisogno, perché devono adempiere più spesso a incombenze di raffreddamento che di

(*) Un liquido, evaporando, assorbe calore

riscaldamento.

Abbiamo anche iniziato a indagare sulle eventuali relazioni esistenti tra l'altitudine – e quindi fra la temperatura media annuale – e la biologia delle diverse specie di api presenti *in loco*.

Un fenomeno noto da tempo e nuovamente studiato

Il fatto che le api riscaldino il nido è noto sin da quando l'uomo ha iniziato a fare l'apicoltore: è facile rilevare ciò, per esempio, mettendo la mano sui favi di covata.

Già nel 1793 Francois Huber utilizzò un termometro a mercurio per misurare la temperatura del nido. Studi simili sono stati ulteriormente perfezionati da generazioni successive di ricercatori. Tuttavia, per studiare il comportamento delle singole api nella regolazione della temperatura, e quindi poter entrare nei dettagli di questo affascinante fenomeno, fino a poco tempo fa mancavano appropriati strumenti di indagine. Si erano fatte molte congetture, ma si era

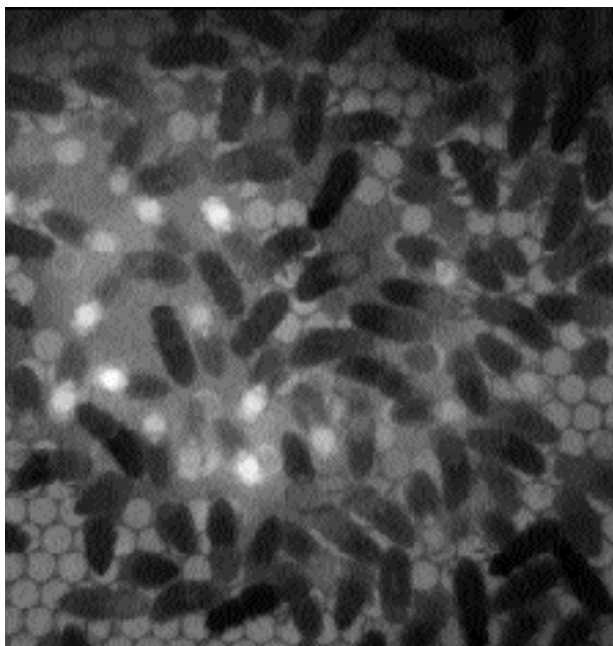


Figura 2 - Immagine termografica dell'area di covata. Api con torace che appare chiaro ("api calde") rimangono a contatto degli opercoli delle cellette di covata (riconoscibili sotto le api per il colore grigio scuro diffuso). Le cellette aperte ai margini dell'immagine si riconoscono per il colore grigio chiaro.

Thermogram of the brood area. Bees with pale thorax ("hot bees") remain in contact with the caps of the brood cells (recognisable underneath the bees for their diffused dark grey colour). Uncapped brood cells on the edges of the image are identifiable for their pale grey colour.

riusciti a sapere poco di nuovo. Solo alcune innovazioni tecnologiche degli ultimi tempi, quali sonde termiche in miniatura, telecamere sensibili ai raggi infrarossi (e quindi capaci di misurare la temperatura senza contatto) e rilevamento dati computerizzato, hanno aperto nuove prospettive. Ciò ci ha indotto a riprendere in esame la questione del riscaldamento del nido. Abbiamo potuto confermare vecchie opinioni e confutarne altre; nell'insieme abbiamo posto le basi per la comprensione di uno dei settori più affascinanti della socio-fisiologia di una famiglia di api.

Non è la covata che scalda, ma sono le api!

Per molto tempo l'interpretazione che era stata data all'antica nozione di un nido caldo e all'osservazione altrettanto antica che molte api si trattengono nel nido, era la seguente: la covata costituisce la fonte di calore e le api si scaldano nel nido. La telecamera ad immagine termica - che permette di registrare un'immagine termica del nido e delle api che vi si trovano - ci ha fornito due informazioni importanti:

1. una conferma dell'osservazione di Himmer (1927), che cioè la principale fonte di calore nell'ambito del nido non è la covata, ma sono le api;
2. non sono le larve nelle cellette aperte, ma le pupe nelle cellette opercolate ad essere intensamente assistite dalle operaie con interventi per la regolazione della temperatura.



Figura 3 - Le api mantengono normalmente il corpo a distanza dalla superficie del favo (sopra). Le api impegnate nel riscaldamento sugli opercoli delle cellette di covata, con una temperatura corporea che può raggiungere 41°C, premono il loro torace riscaldato contro un opercolo.

Bees usually maintain their body at some distance from the surface of the comb (above). Heating bees with a body temperature that can reach 41°C, press their thorax against the caps of the

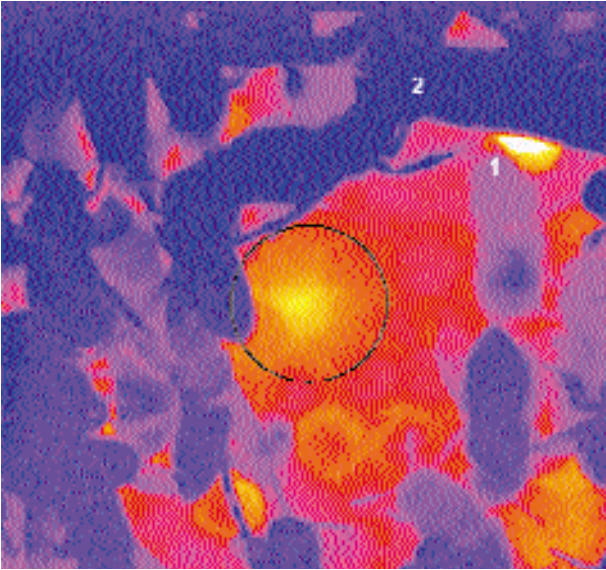


Figura 4 - Immagine termografica del nido; le tonalità blu e viola indicano temperature più basse, mentre quelle rosse e gialle corrispondono a temperature più elevate. Ape non impegnata al riscaldamento (1) e ape riscaldatrice (2, semi-nascosta). Se si spinge da parte un'ape riscaldatrice, si nota sull'opercolo della celletta un'impronta termica (macchia gialla entro il cerchio).

Thermogram of the brood nest; shades of blue indicate lower temperatures, whereas shades of red and yellow correspond to higher temperatures. Not heating bee (1) and heating bee (2, partly hidden). If a heating bee is pushed aside, a thermal mark can be observed (yellow mark inside the cir-

“Fochiste” in tutte le fasce di età

In una famiglia di 3.000 individui abbiamo contrassegnato tutte le operaie secondo la loro data di nascita. Abbiamo voluto indagare se il comportamento di

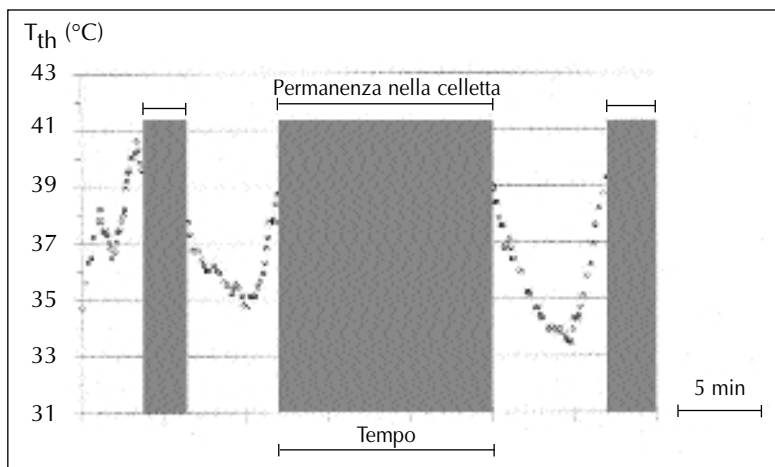


Figura 5 - Andamento della temperatura (T_{th}) del torace di un'ape “fochista” che si prepara a infilarsi in una cella vuota nella zona di covata. Thorax temperatures of a heating bee that is about to enter an empty cell in the brood area.

riscaldamento della covata, in modo simile a ciò che avviene per altri “lavori delle api” studiati sotto questo aspetto, sia esercitato in modo preferenziale da operaie di una determinata fascia di età.

Si è visto che nessuna specifica fascia di età si intrattiene come fonte di calore nella zona del nido (Fig. 2), e che le api dell'età di 1-2 giorni non partecipano ancora a tale attività. Se si raffredda artificialmente una zona del nido ove è presente covata opercolata, le api si spostano dalle zone circostanti del nido in quella zona, che ora, a causa dell'intervento, deve essere scaldata più intensamente.

Controllo programmato della temperatura

Come riesce la famiglia di api a regolare così accuratamente la temperatura della covata?

Per molto tempo si credeva che ciò fosse probabilmente soltanto un “sottoprodotto” (un effetto secondario) del fatto che le api si adunano nel nido per mantenere le proprie temperature corporee su valori per loro stesse piacevoli.

Le nostre ricerche hanno messo in evidenza che le operaie effettivamente misurano la temperatura della covata e la influenzano in modo programmato. Seguendo operaie singole nella zona della covata abbiamo potuto fare diverse osservazioni.

Le api impegnate nel riscaldamento si riconoscono dal fatto che rimangono praticamente immobili per periodi fino a 30 minuti, assumendo due posizioni molto diverse: o rimangono ferme, appoggiate all'opercolo di una celletta o si infilano all'interno di una celletta vuota nella zona della covata opercolata, e di loro si vede soltanto la punta dell'addome. Con ciò si sono già indicate le due diverse strategie di riscaldamento che di seguito sono descritte in dettaglio.

Riscaldamento per contatto sugli opercoli (“riscaldatrici per contatto”)

Di solito il corpo delle api è sollevato sulla superficie del favo, e questo vale anche per api a riposo o addirittura dormienti. Tuttavia, sul favo si possono trovare anche api che rimangono ferme a lungo nella regione con covata opercolata e che, viste di lato, assumono un'inusuale posizione del corpo.

Portano il loro corpo vicinissimo alla superficie del favo, premendo così il loro torace su un opercolo (Fig. 3).

Queste osservazioni fanno supporre che la pressione del corpo contro la superficie del favo sia finalizzata a un migliore trasferimento di calore alla pupa sotto l'opercolo. E, infatti, spingendo da parte un'ape "fochista" che si trova in questa posizione, diventa visibile un'impronta termica sull'opercolo (Fig. 4).

Il riscaldamento della covata da parte delle api non è perciò solamente un semplice "sottoprodotto" di una produzione di calore non programmata, ma un comportamento molto specifico, finalizzato al trasferimento del calore dal torace dell'ape al favo (Bujok *et al.*, 2002).

Riscaldamento delle cellette circostanti una celletta vuota

Risulta di gran lunga più difficile osservare le api che rimangono immobili per tempi prolungati all'interno di cellette vuote.

Abbiamo potuto constatare che le api prima di infilarsi nelle cellette vuote si riscaldano (Fig. 5); una volta sparite all'interno delle cellette, però, se ne può vedere solo la parte terminale dell'addome. Soltanto un'arnia di osservazione costruita appositamente ci ha consentito di osservare queste api e di misurarne la temperatura corporea.

Si è visto allora che di norma le api infilate in cellette vuote nella zona della covata hanno una temperatura corporea vicina a 42°C (Figg. 6, 7). Queste api

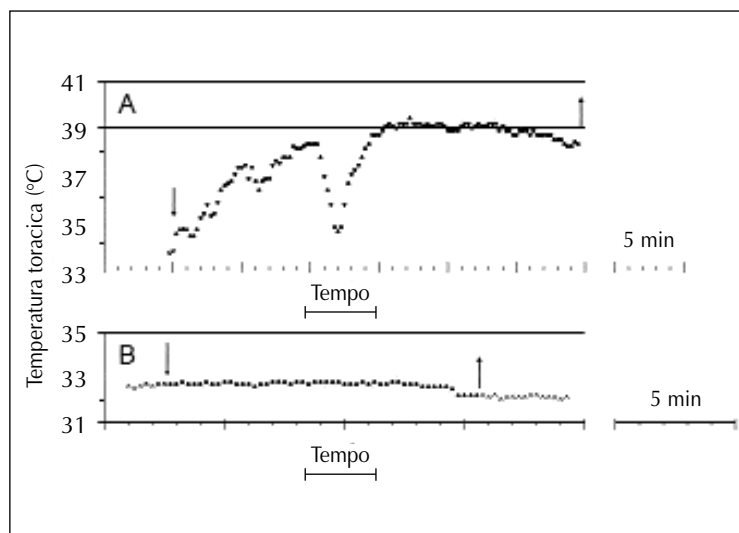


Figura 7 - Andamento della temperatura del torace di un'operaia riscaldatrice che si trova all'interno di una celletta vuota nella zona della covata. A: Operaia riscaldatrice. B: Operaia a riposo. Freccia verso il basso: l'ape entra in una celletta vuota; freccia verso l'alto: l'ape abbandona una celletta.

Thorax temperatures of a heating bee inside an empty cell in the brood area. A: Heating bee. B: Resting bee. Downward arrow: bee enters an empty cell; upward arrow: bee exits a cell.

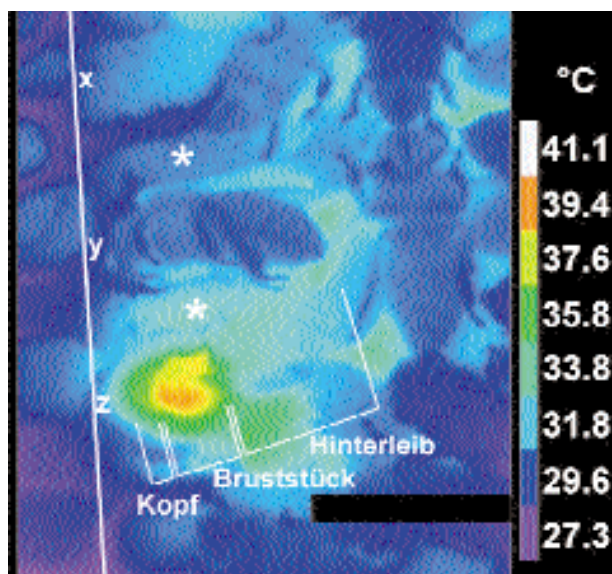


Figura 6 - Immagine termografica di un'ape a riposo (sopra) e di un'ape che sta riscaldando la covata all'interno di una celletta vuota nel nido (l'ape inferiore si trova con il lato ventrale rivolto verso l'alto). Le pareti delle cellette opercolate sono contrassegnate con un asterisco (*).

Thermogram of a resting bee (above) and a bee that is heating the brood inside an empty cell of the nest (the lower bee is turned upside-down). The walls of the capped cells are marked by asterisks (*).

riscaldatrici rimangono infilate all'interno delle cellette vuote con una temperatura corporea così elevata fino a 30 minuti ed evidentemente le abbandonano soltanto quando le loro riserve energetiche sono esaurite.

Tuttavia, nelle cellette vuote si trovano anche api "fredde", veramente a riposo.

Con un po' di pratica si può stabilire, anche senza l'impiego di mezzi tecnici, se le api nelle cellette vuote stanno riscaldando o riposando: le api "fochiste" respirano intensamente, come è ben evidente per il continuo "pompare" dell'addome, mentre le api a riposo respirano soltanto a tratti e sono riconoscibili per l'apice dell'addome che rimane immobile per tempi più lunghi.

Una chiara differenza con le api "fochiste" che premono il corpo sull'opercolo di una celletta, è la quantità di pupe che possono essere scaldate: se la celletta vuota è circondata da cellette opercolate, una singola ape impegnata nel riscaldamento entro una celletta vuota può raggiungere sei pupe, mentre attraverso l'opercolo può essere raggiunta direttamente soltanto una singola pupa. In seguito a queste osservazioni, le superfici di covata compatta, oggi giorno così ambite, forse non

sono affatto così vantaggiose da un punto di vista della termoregolazione.

Per chiarire questo aspetto, attualmente stiamo indagando quante cellette vuote all'interno di un'area di covata siano utili per ottenere un riscaldamento ottimale di tutte le pupe tramite questa strategia (Kleinhenz *et al.*, 2003).

Abbiamo iniziato a esaminare quali sono le conseguenze per le api adulte, se durante lo stadio di pupa si sviluppano a temperature leggermente diverse.

Si è visto che è interessato un gran numero di caratteri morfologici e fisiologici e che non solo la diversità genetica all'interno della famiglia di api, ma anche le differenze microclimatiche nel nido contribuiscono chiaramente allo sviluppo di api diverse all'interno di una famiglia (Tautz *et al.*, 2003; Groh *et al.*, 2004).

Bisogna ancora approfondire quali possano essere le prospettive di queste nuove conoscenze etologiche sulle modalità di allevamento delle api da parte dell'apicoltore.

Foto: Kleinhenz, Bujok, Bock e Tautz

Bibliografia

- BUJOK B., KLEINHENZ M., FUCHS S., TAUTZ J., 2002 - Hot spots in the bee hive. *Naturwissenschaften*, 89: 299-301.
- GROH C., TAUTZ J., RÖSSLER W., 2004 - Synaptic organization in the adult honey-bee brain is influenced by brood-temperature control during pupal development. *PNAS*, 101: 4268-4273.
- HIMMER A., 1927 - Ein Beitrag zur Kenntnis des Wärmehaushalts im Nestbau sozialer Hautflügler. *Z. vergl. Physiol.*, 5: 375-389.
- HUBER F., 1793 - Nouvelles observations sur les abeilles.

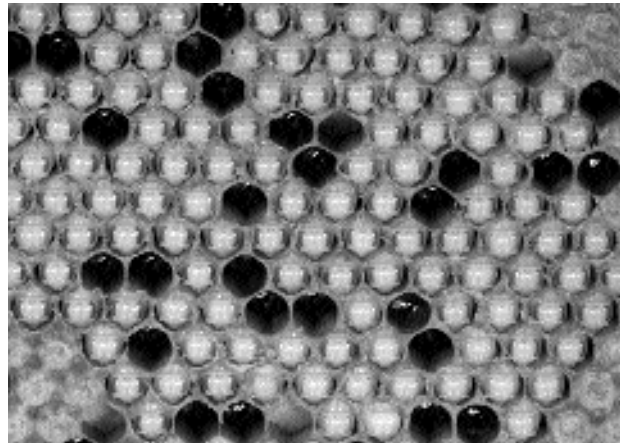


Figura 8 - Nido con cellette pupali aperte ad arte. Nonostante tutte le api sembrano svilupparsi in modo molto simile, le differenze di temperatura su piccoli spazi (si osservi la disposizione delle cellette vuote che possono essere utilizzate da api riscaldatrici) portano ad api con caratteristiche diverse.

Brood nest with artificially open pupal cells. Even though all bees seem to develop in a very similar way, differences in temperature within small spaces (see the arrangement of the empty cells that can be used by heating bees) result in bees with different charac-

- KLEINHENZ M., BUJOK B., FUCHS S., TAUTZ J., 2003 - Hot bees in empty cells – broodnest heating from within. *Journal of Experimental Biology*, 206: 4217-4231.
- LINDAUER M., 1954 - Temperaturregulierung und Wasserhaushalt im Bienenstaat. *Z. vergl. Physiol.*, 36: 391-432.
- TAUTZ J., MAIER S., GROH C., ROESSLER W., BROCKMANN A., 2003 - Behavioral performance in adult honey bees is influenced by the temperature experienced during their pupal development. *PNAS*, 100: 7343-7347.