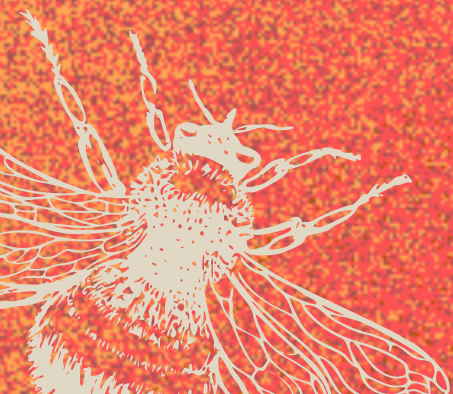




FISIOLOGIA TERMICA DEL BOMBO

Irene Cecchia e Giulia Cecco
Prof. Piero Giulio Giulianini

Impatti dei fattori ambientali sugli animali | A.A. 2023-2024



GENERALITA' DEL BOMBO



I bombi (*Bombus*) sono **insetti eusociali** ed impollinatori di fondamentale importanza, sia negli ambiti naturali che in quelli agricoli.

(Novotny et al.; 2021)

Bombus Impatiens (Bombo orientale comune)
Distribuiti in Nord America, specie più comune.

Erosione della diversità delle api è associata a:

- ridotta **diversità floreale**
- continua **perdita di habitat**
- aumento dell'uso di **pesticidi**
- **malattie**

(Novotny et al.; 2021)



ARTICOLO SCELTO

I presupposti:


- **declino popolazioni** di bombi correlati al **cambiamento globale**
- aprono domande su che aspetto della loro fisiologia sia compromesso a **temperature troppo alte**
- essendo **insetti eusociali**, la **temperatura del nido** viene regolata collettivamente

Journal of Thermal Biology 117 (2023) 103710

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

 **Journal of Thermal Biology** 

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jtherbio



High temperature sensitivity of bumblebee castes and the colony-level costs of thermoregulation in *Bombus impatiens*

Tiffany Bretzlaff, Jeremy T. Kerr, Charles-A. Darveau*

Department of Biology, University of Ottawa, 30 Marie Curie, Ottawa, ON, K1N 6N5, Canada

ARTICLE INFO

Keywords:
Heat tolerance
Bumblebee
Castes
Thermoregulation
Colony
Bombus
Metabolic rate

ABSTRACT

Physiological thermal limits often reflect species distribution, but the role that ambient temperature (T_a) plays in limiting species within their thermal environment remains unclear. Climate change-linked declines in bumblebees, an important pollinator group, leave questions regarding which aspect of their physiology is hindered under high T_a . As a eusocial species, bumblebees utilize their ability to thermoregulate as a superorganism to maintain nest temperature (T_n) within a narrow thermal window to buffer developing larvae from developmental defects. Thermoregulatory behaviours, such as thermogenesis to warm up and fanning to cool down the nest, are energetically expensive and it is uncertain how successful large colonies are at maintaining T_n within its optimal range. Using a common bumblebee species, *Bombus impatiens*, our study first established the critical thermal limits (CT_{max}) of workers, queens, drones and larvae to determine which caste is most thermally sensitive to heat. We found that larvae had significantly lower heat tolerance than adults, highlighting the importance of colonial thermoregulation. We then measured the energy expenditure of large colonies under acute thermal stress (5–40 °C) using flow-through respirometry while simultaneously quantifying T_n . Colonies that experienced T_a at or below optimal T_n (≤ 30 °C) were successful at thermoregulation. At 35 °C and above, however, T_n increased despite high energetic costs to the colony. Together our results demonstrate that high T_a poses a risk to colonies that fail to buffer thermally sensitive larvae from changes in T_n .

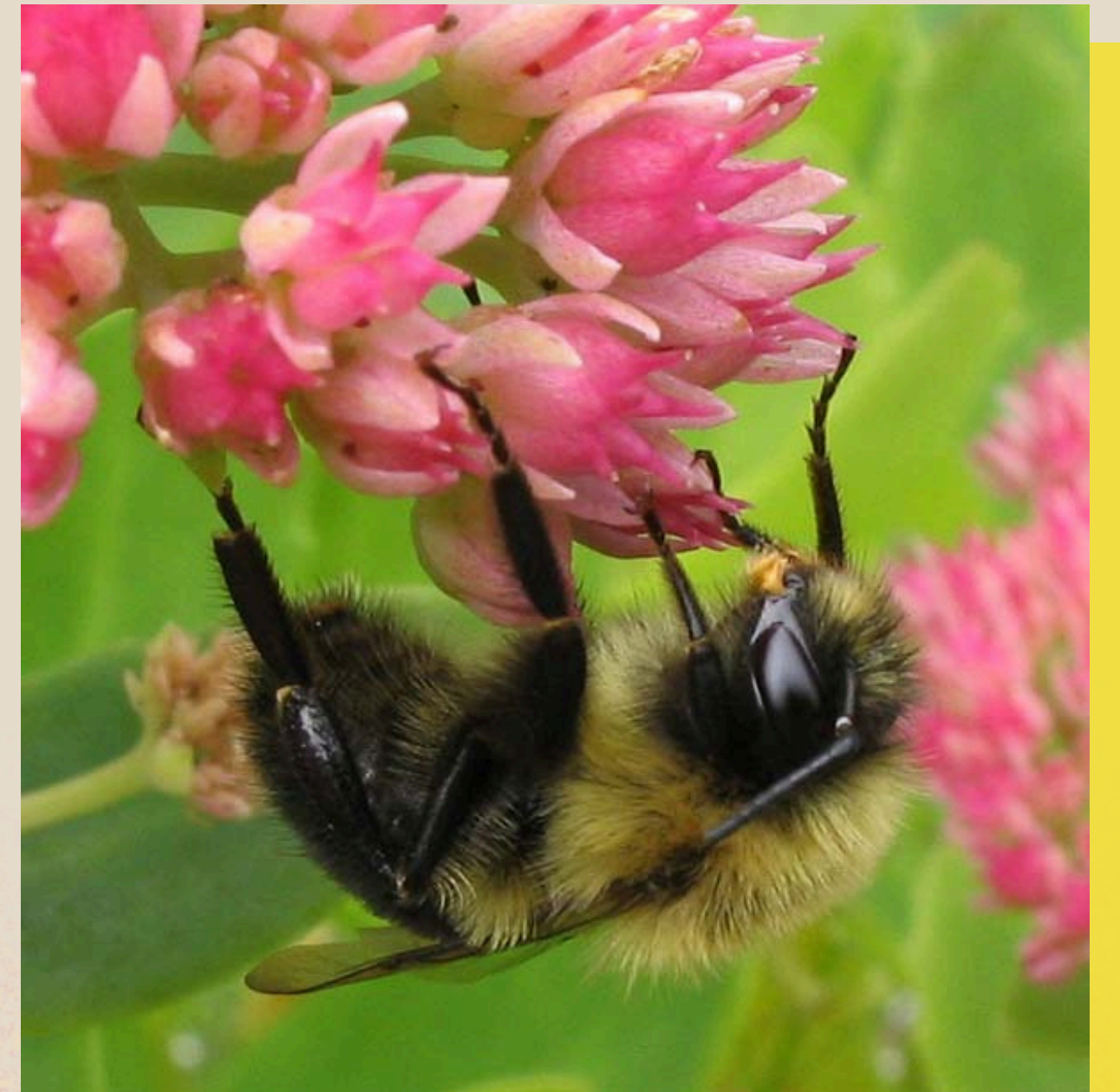
GLI OBIETTIVI

1. caratterizzare il **limite superiore di tolleranza termica** a livello di **individuo**
 - determinando la tolleranza termica delle **diverse caste adulte**
 - determinando la tolleranza termica dello **stadio larvale**.
2. caratterizzare il **limite superiore di tolleranza termica** a livello di **colonia**.
3. caratterizzare il **costo energetico** della termoregolazione a livello di **colonia**
 - considerando la presenza o meno di **isolamento** attorno ad essa
 - monitorando il **successo della termoregolazione** tramite misura della temperatura del nido (T_n)



INTRODUZIONE

- La capacità (o incapacità) delle specie del genere *Bombus* di sopportare l'innalzamento delle temperature può spiegare il declino e contrazione del loro areale a Sud. Per questo motivo è importante osservare l'effetto delle temperature sulle colonie.
- Le colonie si dividono in diverse **caste**: le operaie sterili, la regina fertile, la casta maschile fertile (fuchi) ma anche le larve e le pupe in fase di sviluppo.
- In questo studio si indaga sulla possibilità che le larve rappresentino un **weak link** : animali con CTmax più basse sono più soggetti a stress termici, influenzando la performance di tutta la colonia.



INTRODUZIONE



Sono animali pecilotermi ed ectotermi (endotermi parziali), in grado di regolare la temperatura del nido (T_n) mantenendola nel range ottimale di 30°C - 33°C . Il riscaldamento avviene attraverso:

- **Shivering mechanisms:** wing shivering
- **Non shivering mechanisms:** substrato mitocondriale glicerolo 3-fosfato, cicli futili

All'interno della colonia devono mantenere la T_n entro i range ottimali, quindi:

- Se la temperatura ambientale (T_a) si **abbassa** osserviamo il fenomeno di **incubazione**, in cui si facilita il trasferimento di calore per conduzione attraverso l'addome.
- Se invece la temperatura ambientale (T_a) si **alza**, si può avere una risposta comportamentale definita **fanning**.

Questi meccanismi sono molto importanti poiché si è visto come l'esposizione delle larve a temperature sub-ottimali possano avere degli effetti negativi sulla crescita e sviluppo della colonia.



METODI-INDIVIDUO



Le colonie sono state acquistate da Biobest Canada Ltd. (Leamington, ON, Canada) e gli individui sono stati pescati casualmente da queste.

La **CTmax** (*critical thermal maxima*) è stata determinata usando il **thermolimit respirometry method**.

Gli individui sono stati sottoposti a diverse temperature, in particolare:

- un periodo di 20min a 25° per consentire ai bombi di equilibrarsi col respirometro
- un periodo in cui la temperatura veniva aumentata di 0.25°C ogni minuto fino a raggiungere i 56°C
- un periodo di temperatura stabile a 56°C per 25 minuti
- una fase finale in cui la temperatura è stata ridotta di 2.0°C ogni minuto

Questo approccio non ha permesso di trovare la CTmax respiratoria negli adulti, quindi è stato usato il metodo della **cessazione dell'attività spiracolare** (CSA). Per le larve questo approccio non ha prodotto risultati attendibili.

RISULTATI-INDIVIDUO

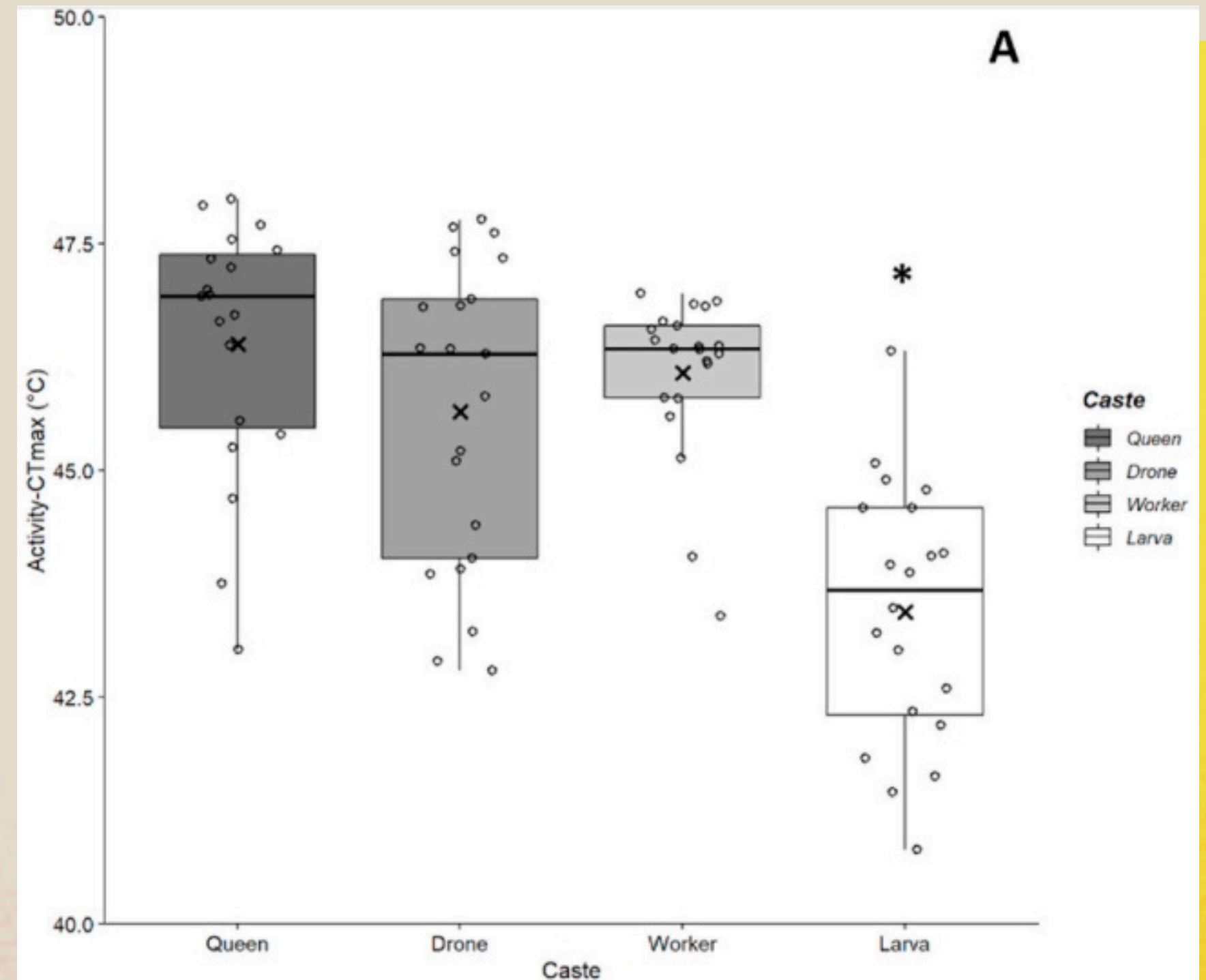
CTmax in attività (activity):

Le caste adulte esibiscono valori più alti:

- **regina:** 46.39 ± 0.32 °C (n = 19),
- **operaie:** 46.19 ± 0.14 °C (n = 21),
- **casta maschile:** 45.65 ± 0.37 °C (n = 21)

Mentre lo stadio giovanile presenta valori più bassi di circa 2.5°C:

- **larve** (43.44 ± 0.32 °C (n = 20))



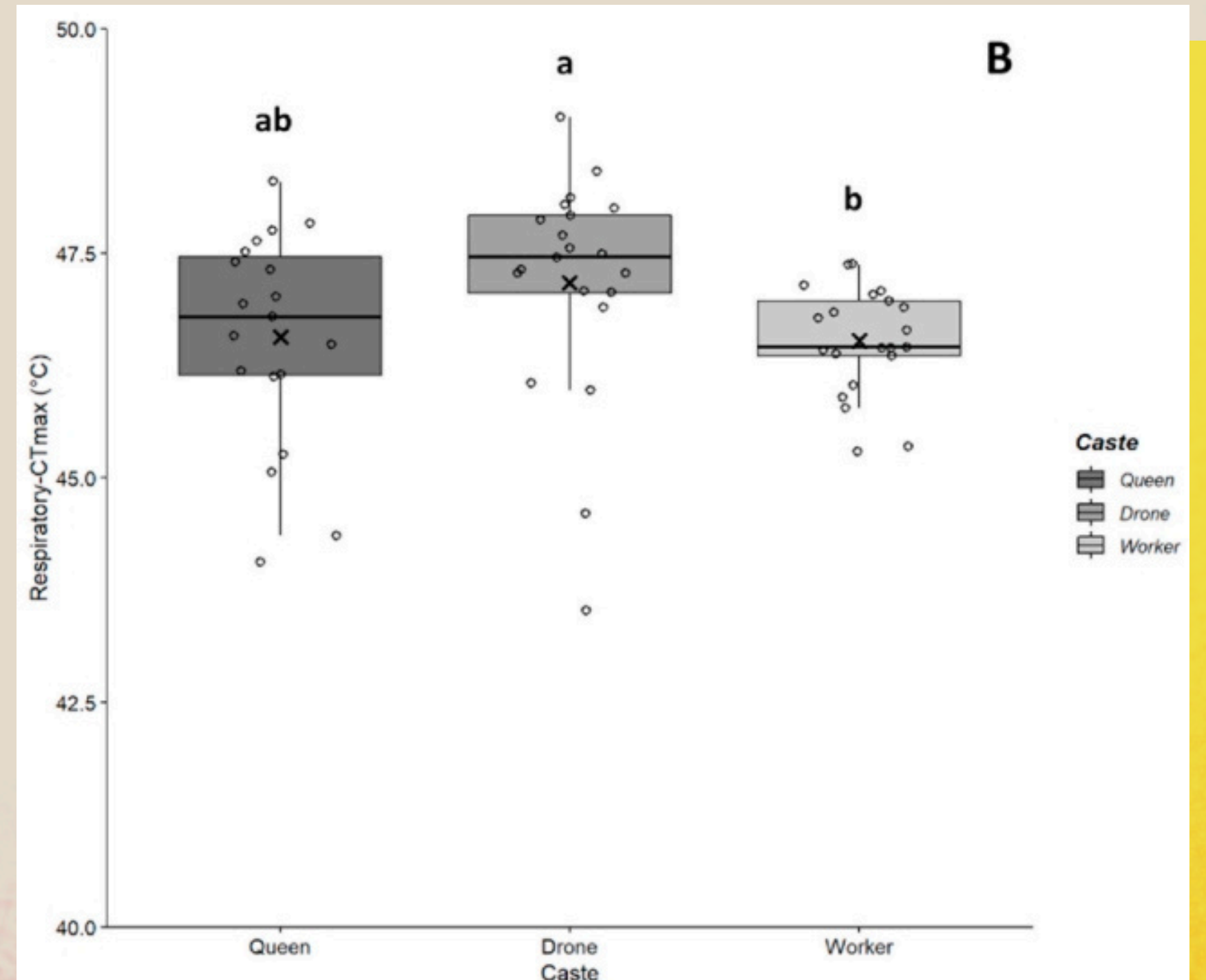
RISULTATI - INDIVIDUO

CTmax respiratoria (respiratory):

Le caste adulte non sembrano in questo caso dare origine a significative differenze:

- **caste maschili** (47.18 ± 0.27 °C) hanno valori più alti rispetto alle operaie
- **regine** (46.57 ± 0.27 °C; $P = 0.128$)
- **operaie** (46.53 ± 0.13 °C; $P = 0.008$)

Come già detto, non è stato possibile determinare dei valori per lo stadio giovanile.



DISCUSSIONE-INDIVIDUO

Ricapitolando:

Le caste adulte presentano CTmax simili mentre le larve sono più sensibili (importanza della regolazione della Tn):

- La **CTmax in attività** (a cui il controllo muscolare è stato perso) corrisponde in media a 46.03°C nelle caste adulte
- La **CTmax respiratoria** mostra risultati simili ma con differenze più pronunciate nella casta maschile.
- Nelle **larve** è stata riportata solo la CTmax in attività, da questa è comunque emerso che sono più suscettibili alle alte temperature rispetto agli adulti, con valori di CTmax più bassi di 2.5°C
- La CTmax respiratoria è più grande rispetto a quella in attività nella casta maschile e nelle operaie, ma non per le regine.

DISCUSSIONE-INDIVIDUO

- Con l'ipotesi del **weak link** si fa riferimento agli effetti negativi delle temperature sugli individui più sensibili.
- Effettivamente, siccome la colonia si occupa della prole creando un **microclima ideale** all'interno della "covata", la larva rappresenta uno stadio vulnerabile nel ciclo vitale dell'animale.
- Lo studio suggerisce di considerare il peso che hanno gli stadi giovanili nella comprensione del weak link.
- E' ormai chiaro come la termoregolazione della colonia sia vitale nella protezione delle larve, ma bisogna sempre considerare che questo è associato a dei **costi** per cui il successo della termoregolazione stessa dipende dalle Ta incontrate.

METODI - COLONIA

5 colonie con isolamento

5 colonie senza isolamento

Misurazione della temperatura interna del nido:

- termometro tra le celle con larve in accrescimento

Misurazione del rate metabolico della colonia:

- respirometria flow-through

Applicazione dei trattamenti a diversa temperatura:

- uno per giorno, sequenza 25, 5, 35, 15, 30 and 40 °C

Successivamente congelamento a -80°C per:

- conta operaie
- misura massa totale



RISULTATI - COLONIA



Conta degli individui:

- **284 ± 15** operaie in **colonie non isolate**
- **348 ± 22** operaie in **colonie isolate**

Differenza data da una colonia contante 404 individui.

Le analisi successive riportano i dati:

- considerando questa colonia
- **NON** considerando questa colonia

Il rate metabolico viene influenzato

- **temperatura ambientale**
- presenza dell'**isolamento**
- **concorrenza** dei due fattori **NON SIGNIFICANTE**



RISULTATI - COLONIA

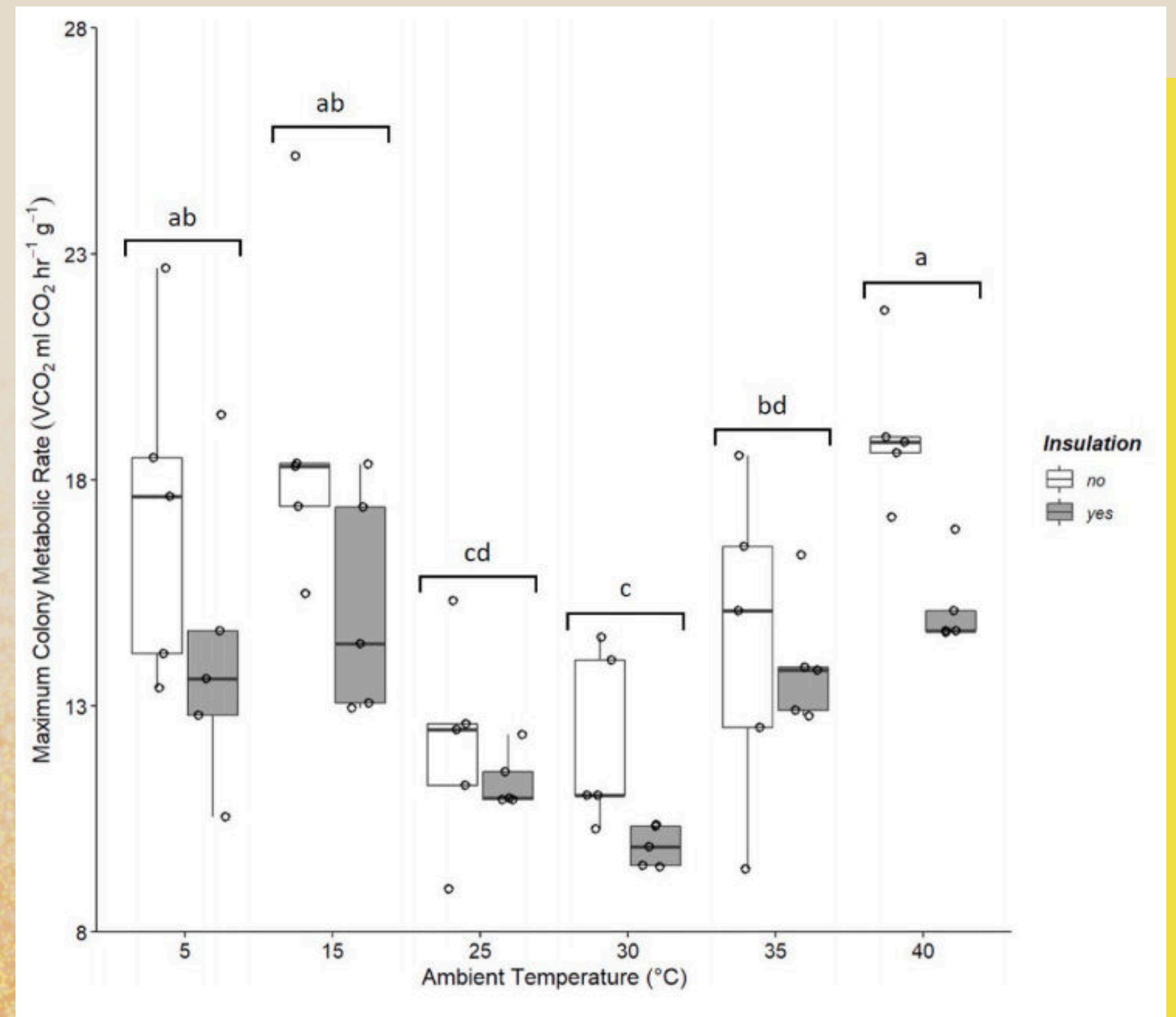
MCMR di colonie senza isolamento è di circa il **15% inferiore** rispetto alle colonie isolate.

Valori inferiori osservati a 25°C e 30°C, senza differenza tra le due condizioni.

Variazione MCMR per intervalli Ta:

- 25°C - 5°C - 15°C => 26% e 31%
- 30°C - 35°C - 40°C => 22% e 36%

L'assenza della colonia grande nell'analisi non altera il risultato statistico complessivo



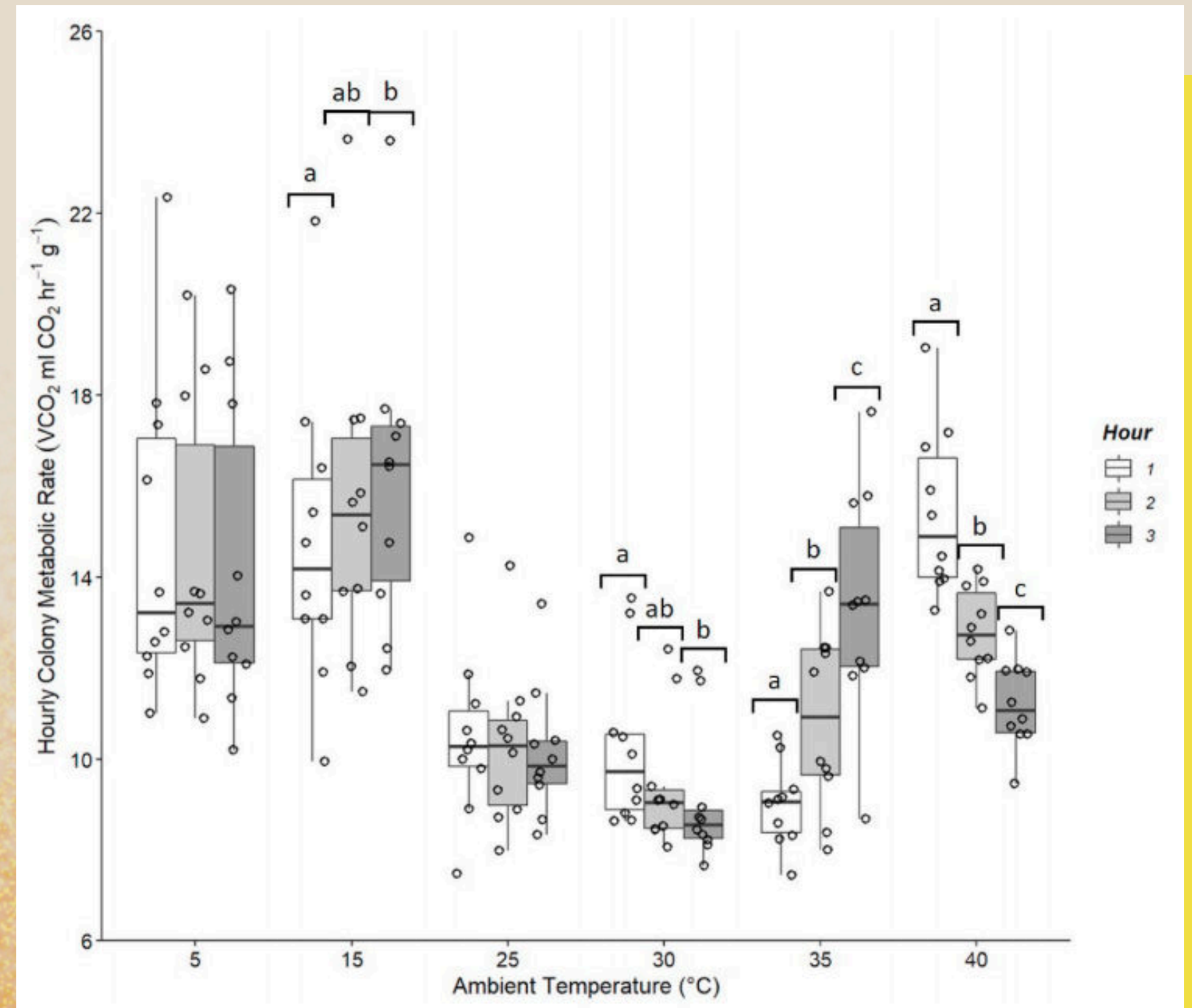
RISULTATI - COLONIA

Variazione HCMR:

- $T_a < 30^\circ\text{C} \Rightarrow$ non cambia molto durante il trattamento
- $T_a = 35^\circ\text{C}$
 - 1-2h $\Rightarrow +17\%$
 - 2-3h $\Rightarrow +19\%$
- $T_a = 40^\circ\text{C}$
 - 1-2h $\Rightarrow +17\%$
 - 2-3h $\Rightarrow +12\%$

\Rightarrow diminuzione del tasso di incremento

L'assenza della colonia grande nell'analisi non altera il risultato statistico complessivo



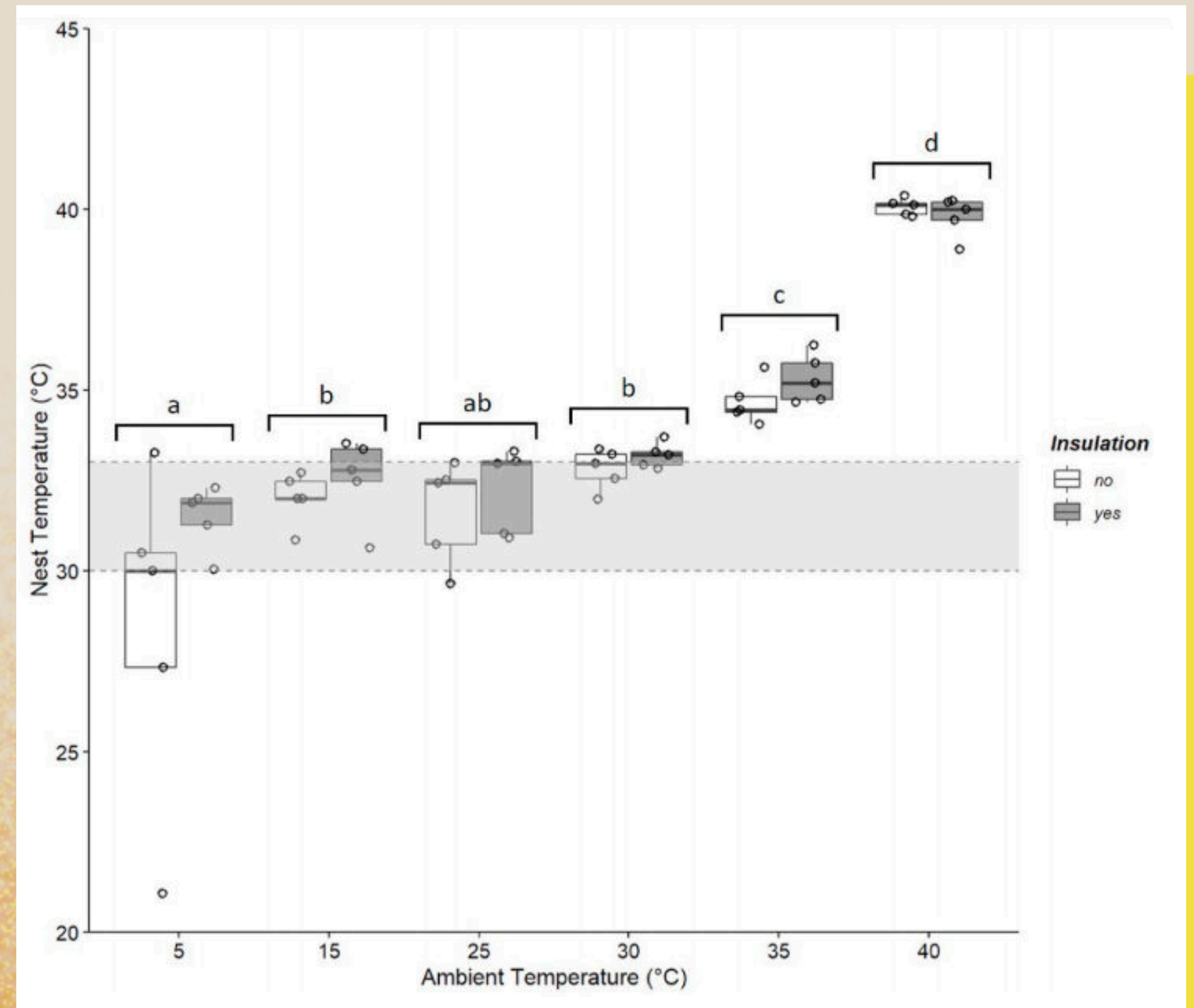
RISULTATI - COLONIA

Complessivamente effetto isolamento:

- **significante** con la colonia grande
- **insignificante** senza la colonia grande

Per **analisi comparative**, le temperature del nido (T_n) medie delle colonie isolate non risultano differenti da quelle non isolate.

- $T_a = 15-25-30^\circ\text{C} \Rightarrow T_n$ non cambia signif.
- $T_a = 35-40^\circ\text{C} \Rightarrow T_n$ simile T_a
 - $T_a 30-35^\circ\text{C} \Rightarrow T_n$ aumenta di 2.0°C
 - $T_a 30-40^\circ\text{C} \Rightarrow T_n$ aumenta di 6.9°C
- $T_a 5-30^\circ\text{C} \Rightarrow T_n$ diminuisce di 3.0°C



DISCUSSIONE - COLONIA

Conclusioni sulla termoregolazione a livello di colonia:

- Colonie esposte a 25-30°C presentano i valori di tasso metabolico inferiori
- Incremento del tasso metabolico al di fuori dell'optimum probabilmente dovuto all'attuazione di **comportamenti** per la **termoregolazione collettiva**, specialmente a basse temperature. Correlato a **condizione di isolamento**.
- Si osserva che le colonie spendono più energia a temperature alte ($T_a=35^\circ\text{C}$).
- Temperature troppo alte ($T_a=40^\circ\text{C}$) e persistenti possono comportare costi non sopportabili nel tempo, con abbandono del meccanismo di *fanning* e decrescita del rate metabolico.
- La colonia si comporta come un superorganismo per attuare termoregolazione.
- Protezione degli stadi giovanili.

DISCUSSIONE - COLONIA

Conclusioni riguardanti la temperatura del nido:

- Le colonie sono in grado di mantenere la temperatura del nido con lo sforzo minore possibile se T_a corrisponde al range ottimale.
- **Tra i 5 ed i 15°C** questo costo si è alzato per via del processo di *incubation* per contrastare una caduta della T_n .
- Ad alte temperature (**35-40°C**) i costi energetici sono **troppo alti** per essere mantenuti nel tempo
- La condizione di **isolamento** simula la costruzione dei **nidi sopra o sotto il terreno**
- Comprendere come le colonie possano tamponare le **fluttuazioni di temperatura** fornisce informazioni sulle risposte dell'intera colonia allo stress termico nei **comuni luoghi di nidificazione**.

CONCLUSIONI



- Le **risposte alla temperatura differiscono** a seconda che consideriamo la colonia come superorganismo o il singolo individuo.
- Il fatto che le **larve** abbiano una più scarsa tolleranza termica sottolinea l'importanza della termoregolazione a livello di colonia.
- Inoltre possiamo riflettere sulle conseguenze di un **stress termico prolungato**: riduzione della **crescita** della colonia, alto **dispendio** energetico per rispondere alle alte T_a , sono tutte condizioni che compromettono la vita del singolo e di conseguenza dell'intera colonia.
- Implicazioni sulla sostenibilità della vita di colonia in virtù del **cambiamento climatico?**

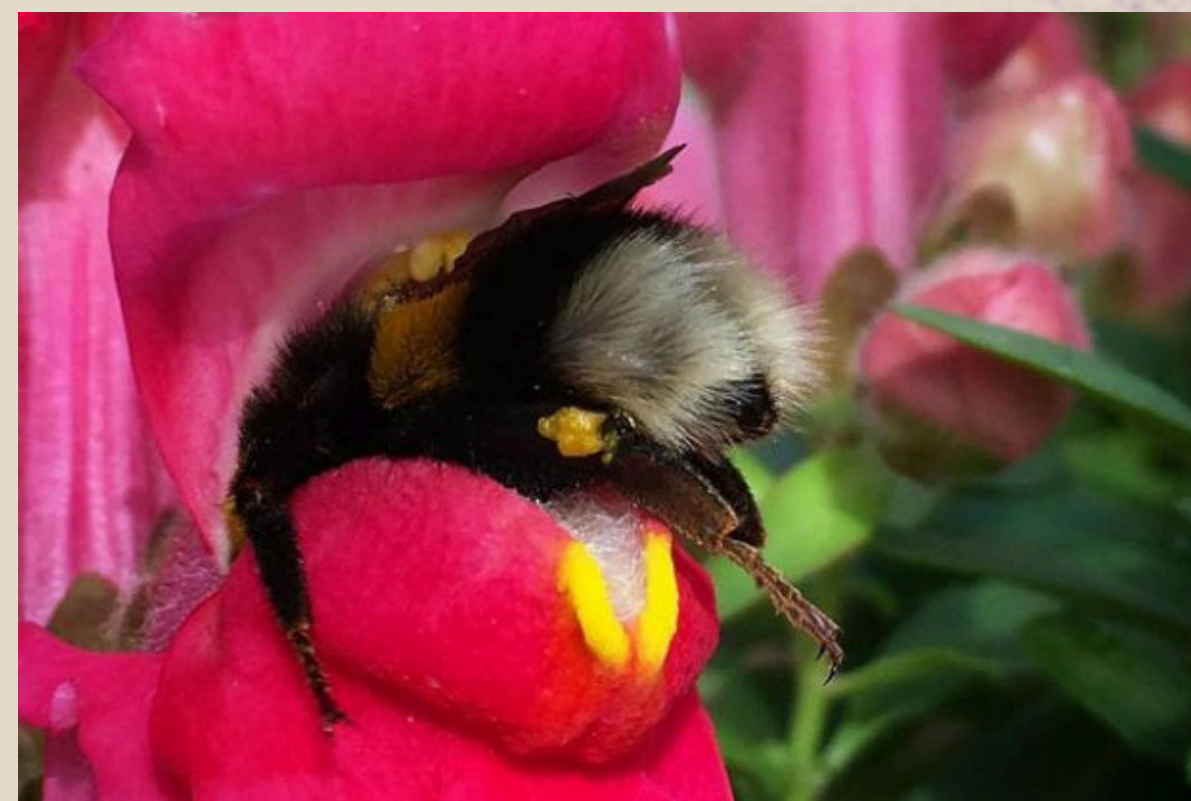
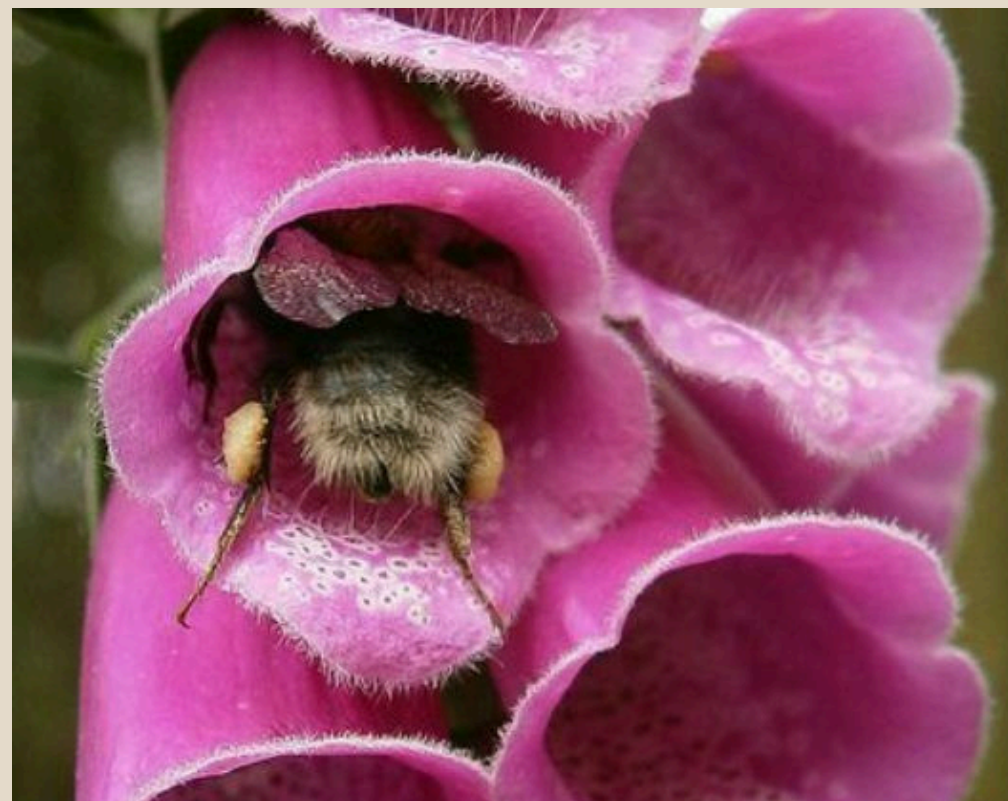
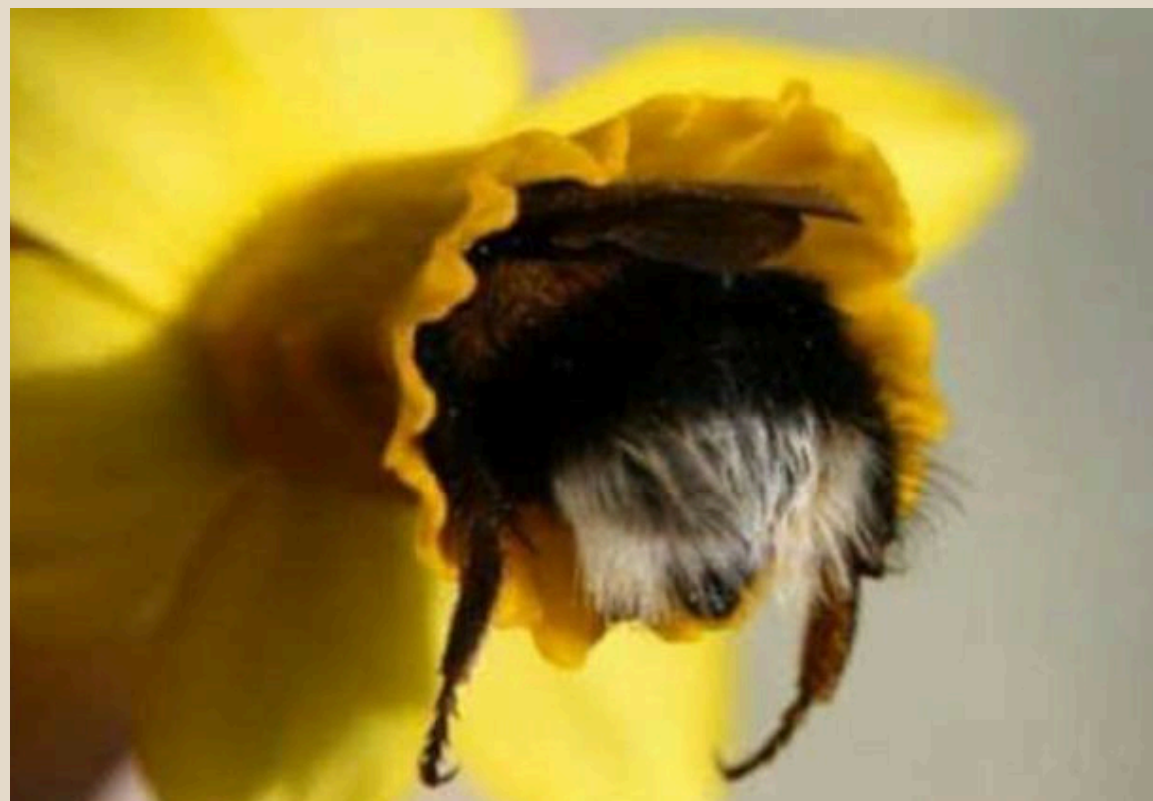


B I B L I O G R A F I A



- High temperature sensitivity of bumblebee castes and the colony-level costs of thermoregulation in *Bombus impatiens* (Bretzlaff, Kerr and Darveau; 2024)
- Thermolimit respirometry: an objective assessment of critical thermal maxima in two sympatric desert harvester ants, *Pogonomyrmex rugosus* and *P. californicus* (Lighton and Turner; 2004)
- Bumble bee species distributions and habitat associations in the Midwestern USA, a region of declining diversity (Novotny et al.; 2021)
- https://animaldiversity.org/accounts/Bombus_impatiens/ (University of Michigan)





GRAZIE
PER
L'ATTENZIONE!

