L’impatto dei cambiamenti climatici sul settore apistico

Franco Mutinelli

Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie, CRN per l’apicoltura, Legnaro (PD)

VETERINARIA, AMBIENTE E CAMBIAMENTI CLIMATICI 2026

Ministero della Salute - Roma, 26 marzo 2026

Apiario

Introduzione

- ✓Le api del genere Apis sono distribuite in tutto il mondo in climi molto diversi.
- ✓La specie *Apis mellifera*, il cui areale di distribuzione si estende all'Africa subsahariana, all'Europa settentrionale e all'Asia centrale, si trova in un'ampia varietà di ambienti, tra cui le oasi del deserto africano, le Alpi, i margini della tundra e le nebbie del Regno Unito.
- ✓I suoi ecotipi si sono adattati molto bene ai loro biotopi.
- ✓Le altre specie di api mellifere del genere Apis sono distribuite in Asia, in particolare nel sud-est asiatico tropicale.
- ✓Le stime sui cambiamenti climatici prevedono sconvolgimenti in alcune regioni del mondo da qui a qualche decennio, con l'avanzata dei deserti, l'arretramento della calotta glaciale, lo scioglimento delle nevi, il cambiamento dei modelli di precipitazioni e una maggiore frequenza di eventi climatici estremi in generale.

Introduzione

- ✓Un cambiamento delle condizioni climatiche è destinato ad avere un impatto sulla sopravvivenza di questi ecotipi o delle specie di api mellifere che sono strettamente associate al loro ambiente.

- ✓La migrazione e i cambiamenti nel loro ciclo di vita e nel loro comportamento potrebbero aiutarle a sopravvivere in nuovi biotopi.

- ✓Poiché la variabilità genetica dell'ape mellifera sarà fondamentale per il suo adattamento, sarebbe opportuno garantire la conservazione di questa variabilità genetica.

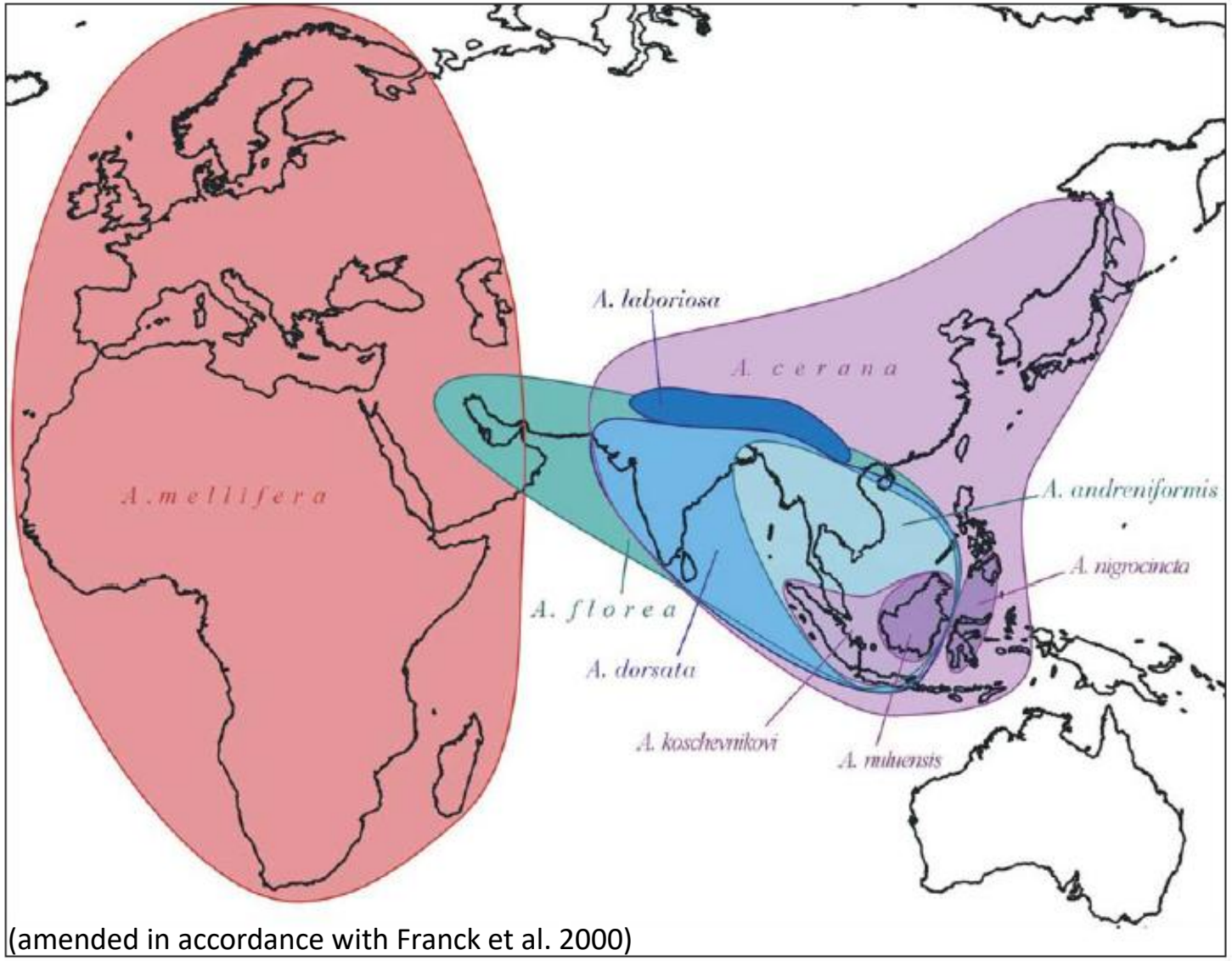
Introduzione

- ✓Le api da miele dovranno anche adattarsi a tutta una serie di predatori, parassiti e agenti patogeni che le circondano.

- ✓Non solo cambieranno le relazioni tra ospiti e parassiti, ma le api mellifere dovranno far fronte a nuovi stress derivanti dal trasferimento di agenti patogeni tra le specie di api mellifere, facilitato dalle movimentazioni e dal commercio.

- ✓In questo contesto, il cambiamento climatico potrebbe creare nuove opportunità per l'insediamento delle api mellifere in regioni o habitat inimmaginabili.

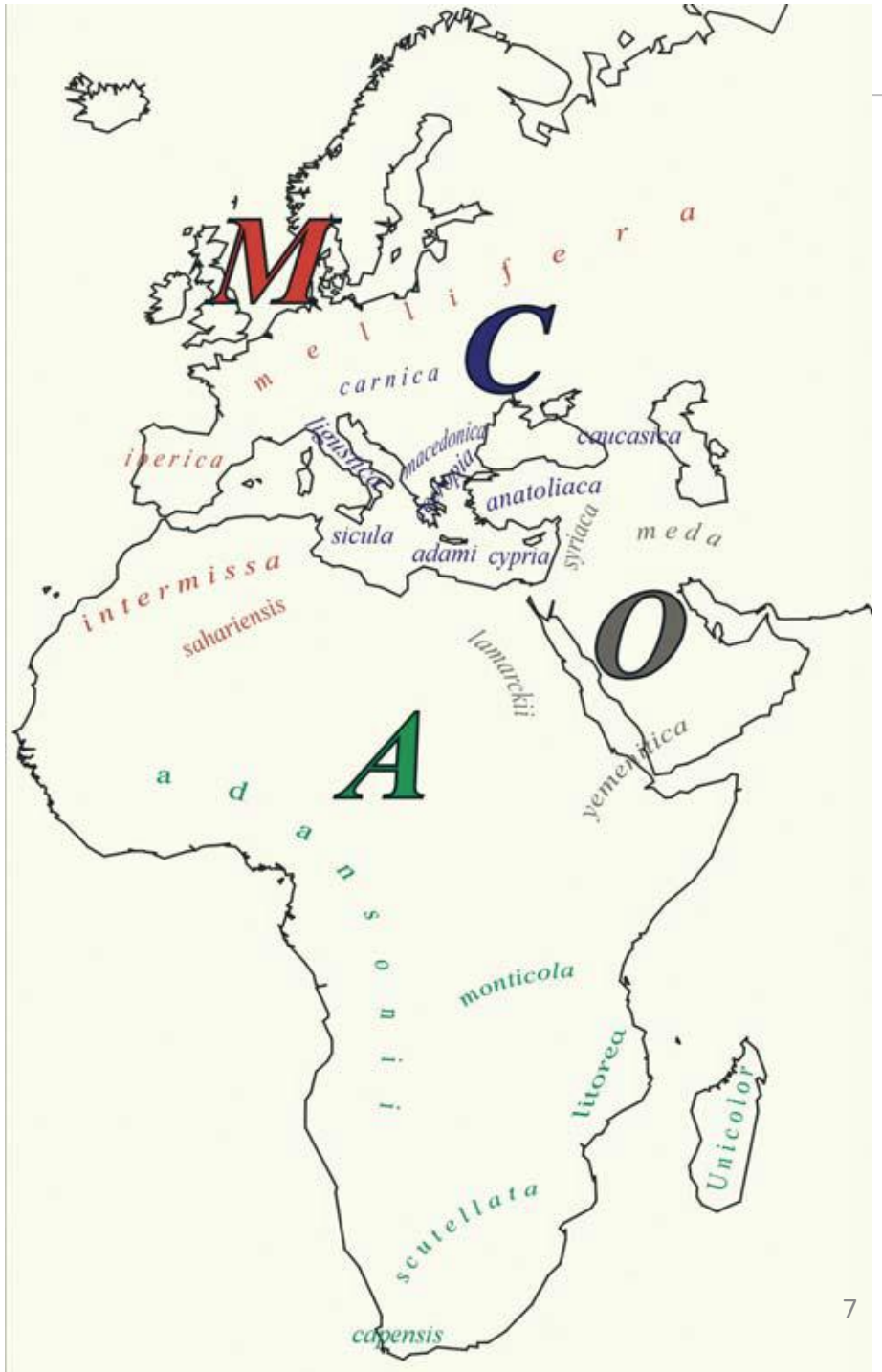
Distribuzione delle specie del genere Apis



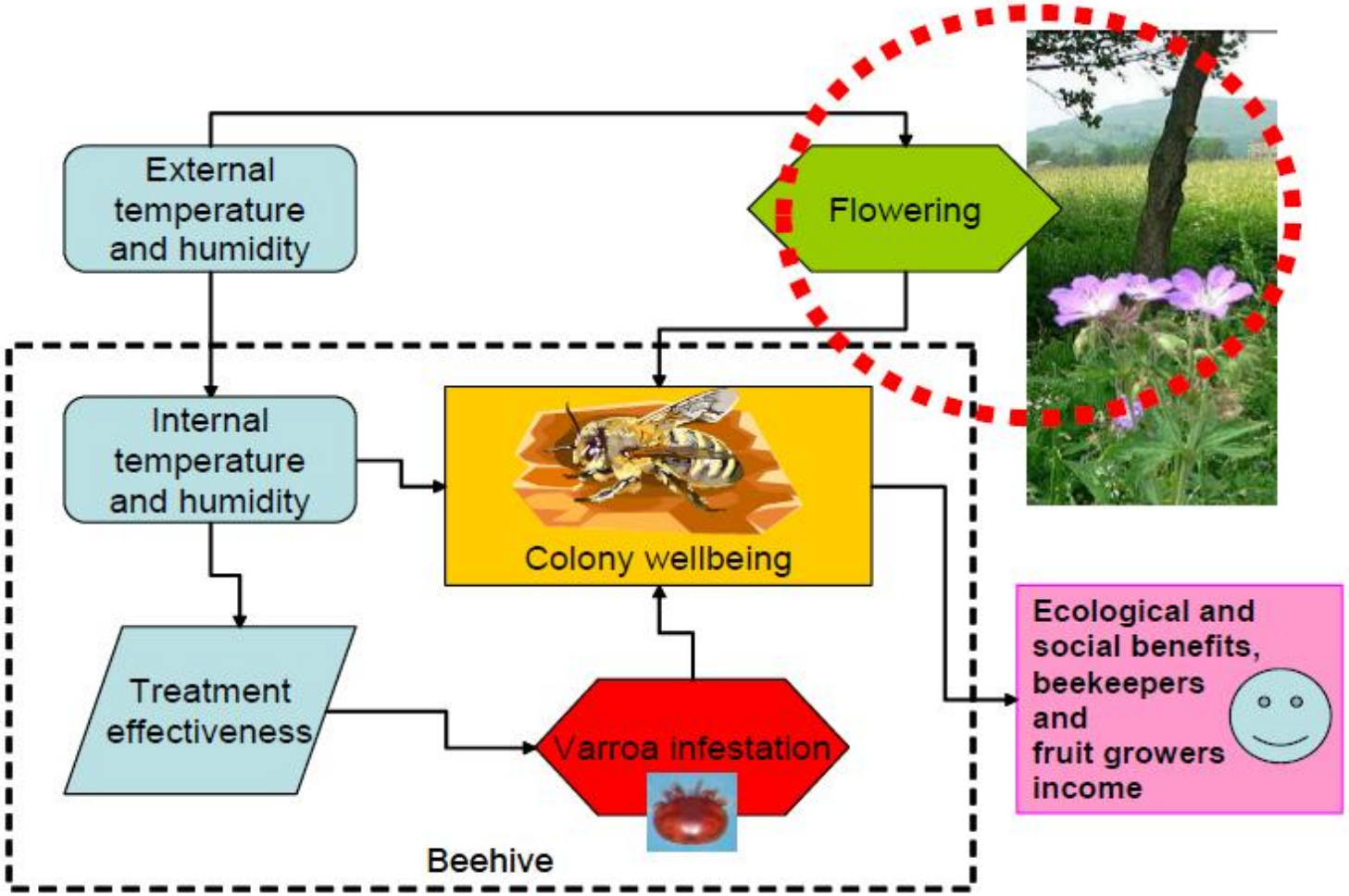
(amended in accordance with Franck et al. 2000)

Principali sottospecie di *Apis mellifera*
(according to Franck et al. 2000)

Le sottospecie di *Apis mellifera* sono classificate in quattro rami evolutivi (A, M, C e O) in base alla loro differenze morfologiche (Ruttner 1988).

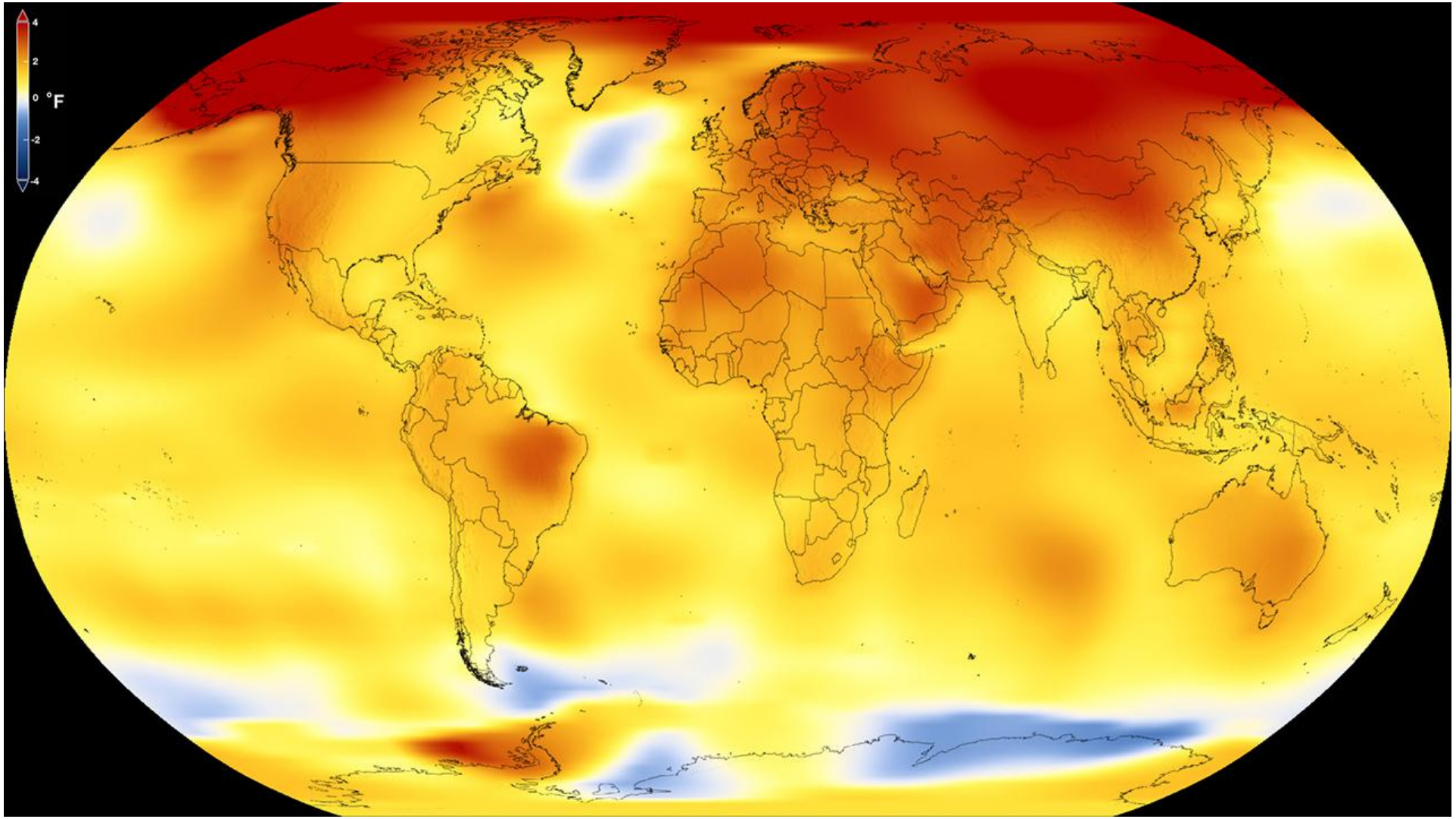


Clima e benessere delle colonie di api



(Nanetti and Marletto, 2018)

I cambiamenti della flora indotti dal clima potranno garantire alle api da miele le condizioni per la loro vita?



Impatto dei cambiamenti climatici sulle api da miele

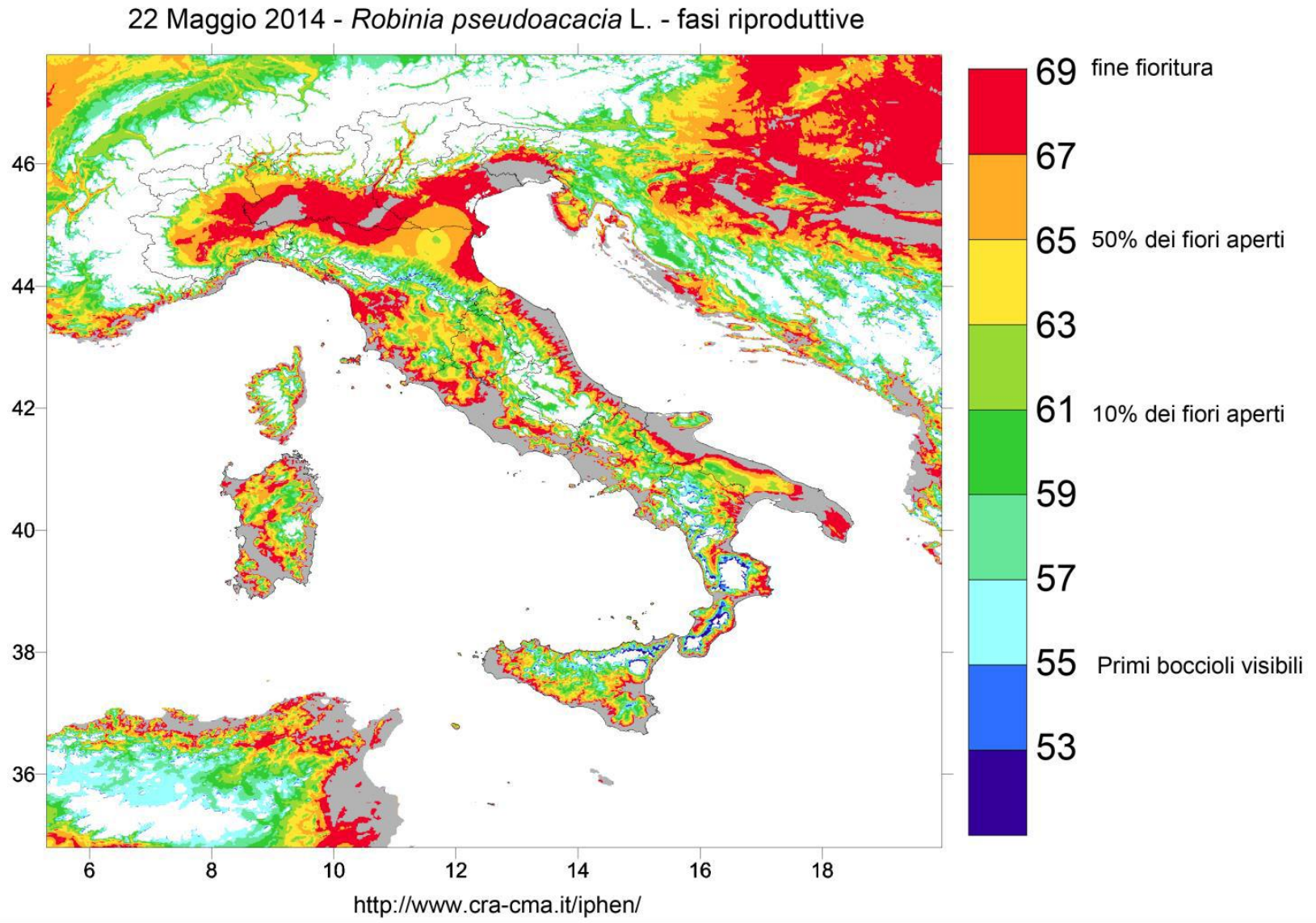
I cambiamenti climatici possono avere un impatto sulle api da miele a diversi livelli.

- ✓ Possono avere un'influenza diretta sul comportamento e sulla fisiologia delle api.
- ✓ Possono alterare la qualità dell'ambiente florale e aumentare o ridurre la capacità di raccolta e lo sviluppo delle colonie.
- ✓ Possono definire nuovi areali di distribuzione delle api mellifere e dare origine a nuove relazioni competitive tra le specie e le sottospecie, nonché tra i loro parassiti e agenti patogeni.

- ✓ Anche gli apicoltori saranno costretti a cambiare il loro modo di fare apicoltura.
- ✓ Preferiranno spostare gli alveari in nuove aree di bottinatura e importare sottospecie esotiche per testarne il valore nei nuovi ambienti (?)

Network fenologico italiano

IPHEN - Itallian Phenological Network



I cambiamenti della flora indotti dal clima potranno garantire alle api da miele le condizioni per la loro vita?

- Il clima influenza lo sviluppo dei fiori e la produzione di nettare e polline, che sono direttamente collegati all'attività di bottinatura e allo sviluppo delle colonie.

- Le api devono accumulare riserve di miele sufficienti per sopravvivere all'inverno.

- Le api operaie nutrici devono consumare abbastanza polline per nutrire le larve con la gelatina reale prodotta dalle ghiandole ipofaringee.

- Uno dei principali effetti del cambiamento climatico sulle api mellifere deriva dai cambiamenti nella distribuzione delle specie floreali da cui le api dipendono per nutrirsi.

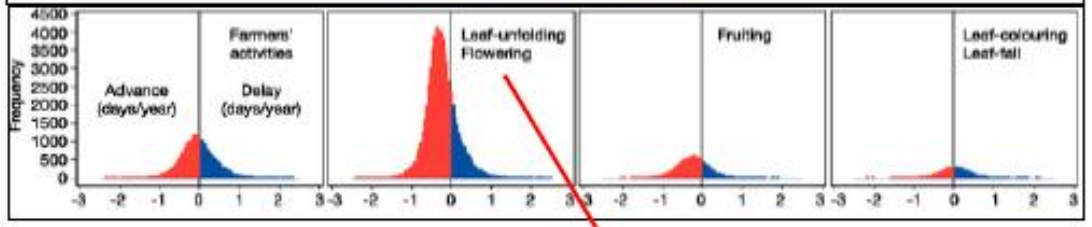
Anticipazione delle fasi fenologiche delle piante

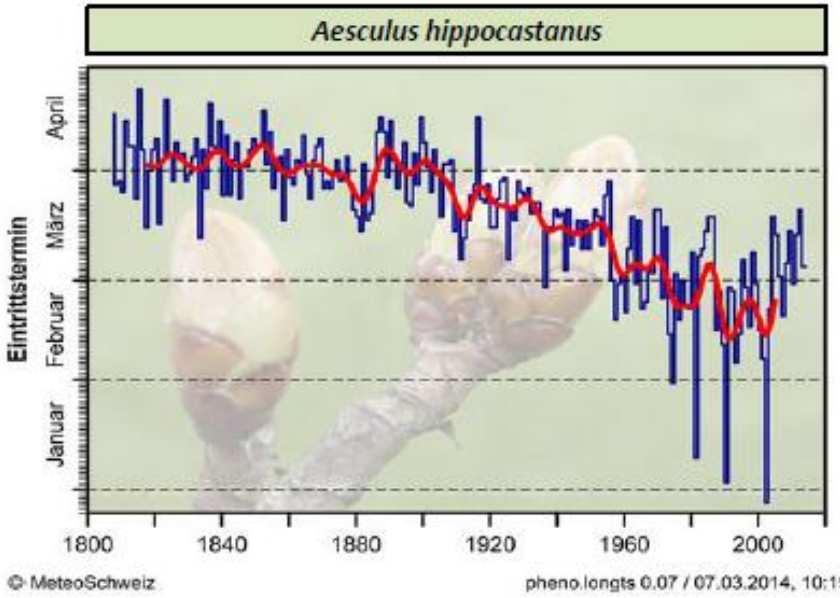
Lo sviluppo delle piante dipende dalle somme termiche

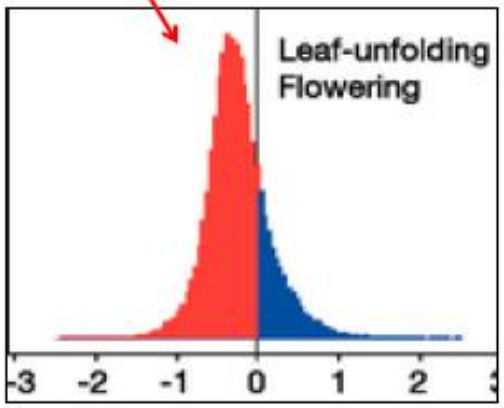
UNA INDAGINE COST IN 21 PAESI EU

542 specie vegetali e 19 animali nel periodo 1971-2000

78% trovate in anticipo





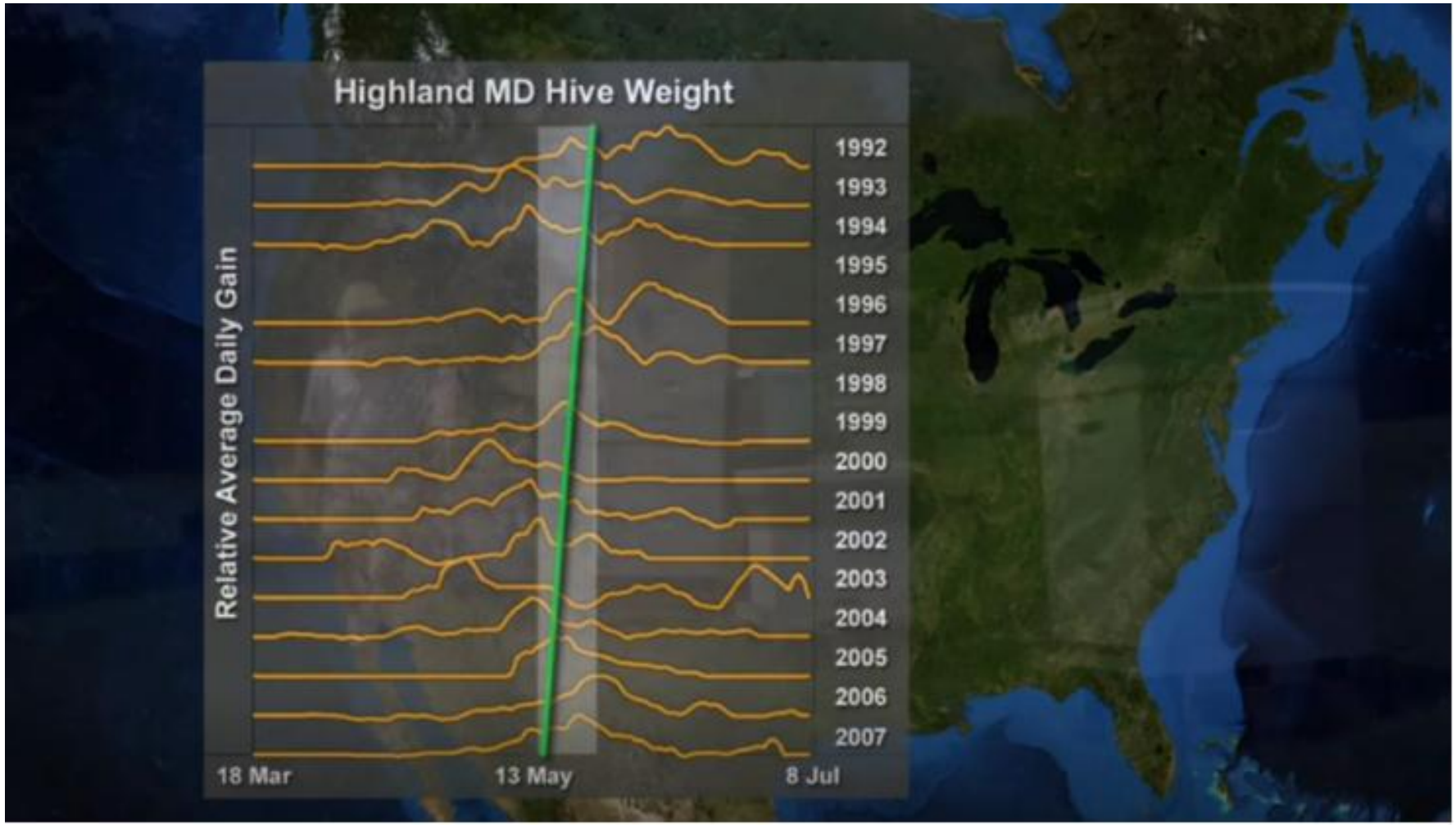


Desincronizzazione tra sviluppo delle colonie e fenologia delle piante

From video: https://climate.nasa.gov/climate_resources/41/video-sting-of-climate-change/ (accessed 13 June 2018)

(Nanetti and Marletto, 2018)

Anticipazione del picco di aumento di peso in primavera



From video: https://climate.nasa.gov/climate_resources/41/video-sting-of-climate-change/ (accessed 13 June 2018)

Ritmicità delle api

Behavioral Rhythmicity, Age, Division of Labor and *period* Expression in the Honey Bee Brain

Guy Bloch,[*,1] Dan P. Toma,[†,2] and Gene E. Robinson[*,‡]

[*]*Department of Entomology, University of Illinois, Urbana, IL 61801, USA,*
[†]*Department of Ecology, Ethology, and Evolution, University of Illinois, Urbana, IL 61801, USA,* [‡]*Neuroscience Program, University of Illinois, Urbana, IL 61801, USA*

Abstract Young adult honey bees work inside the beehive "nursing" brood around the clock with no circadian rhythms; older bees forage for nectar and pollen outside with strong circadian rhythms. Previous research has shown that the development of an endogenous rhythm of activity is also seen in the laboratory in a constant environment. Newly emerging bees maintained in isolation are typically arrhythmic during the first few days of adult life and develop strong circadian rhythms by about a few days of age. In addition, average daily levels of

JOURNAL OF BIOLOGICAL RHYTHMS, Vol. 16 No. 5, October 2001 444-456
© 2001 Sage Publications

Le api appena nate e mantenute in isolamento sono tipicamente aritmiche durante i primi giorni di vita adulta e sviluppano forti ritmi circadiani a pochi giorni di età.

Temperatura e fotoperiodo

PeerJ

The influence of temperature and photoperiod on the timing of brood onset in hibernating honey bee colonies

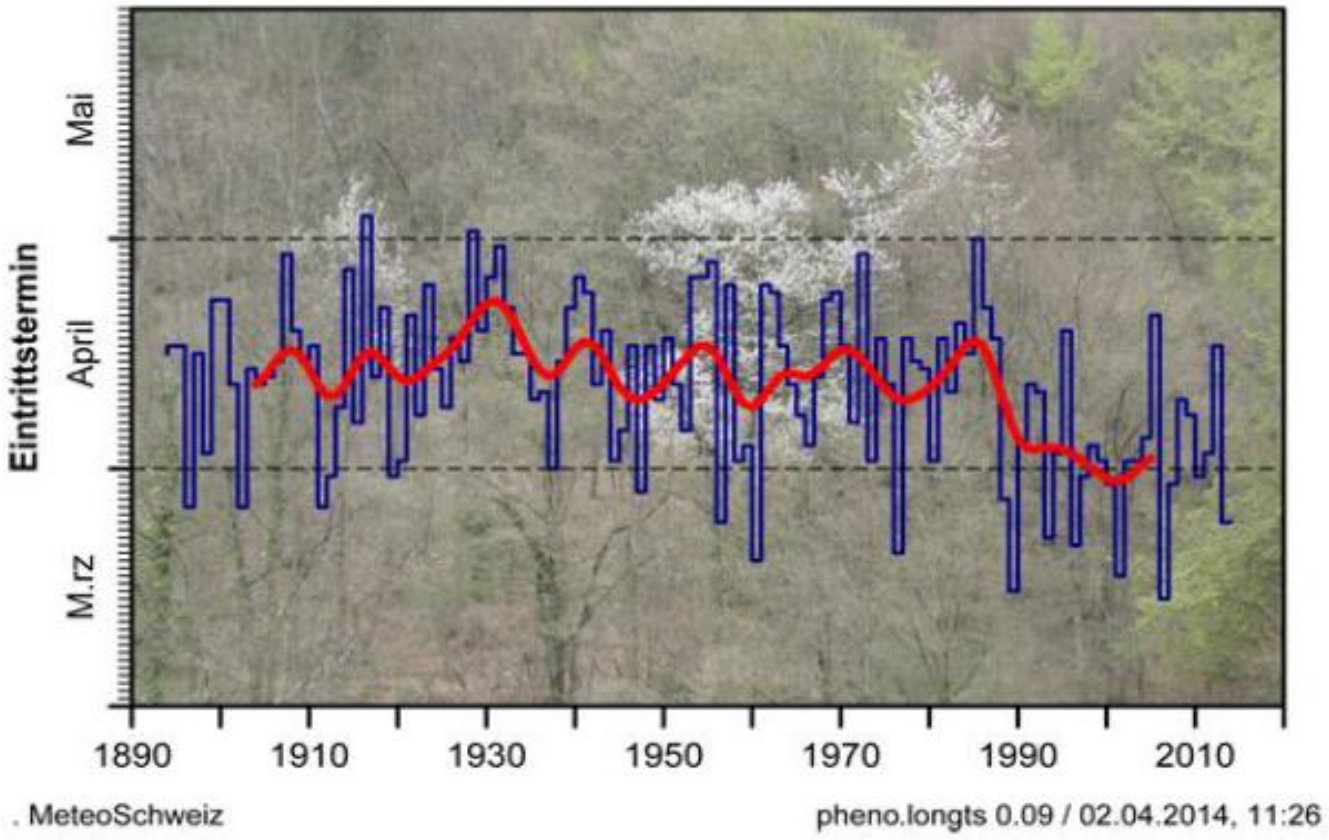
Fabian Nürnberger, Stephan Härtel and Ingolf Steffan-Dewenter

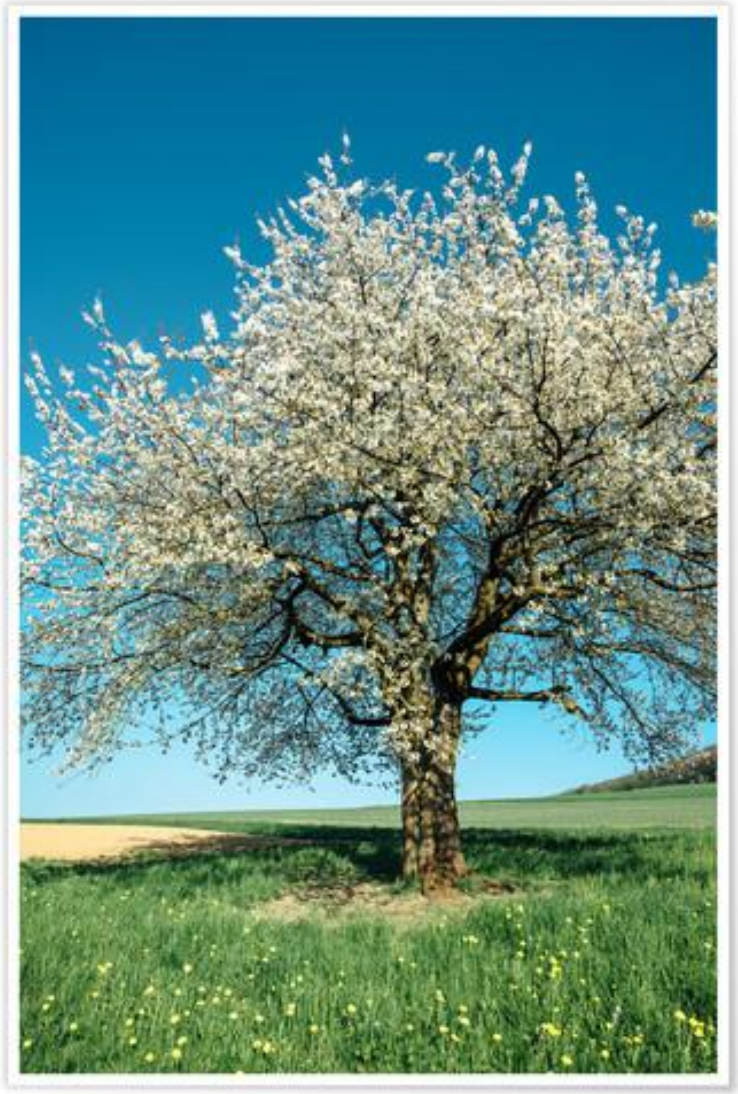
Department of Animal Ecology and Tropical Biology, Bayerische Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Würzburg, Germany

Nürnberger et al. (2018), *PeerJ*, DOI 10.7717/peerj.4801

- La covata nel periodo invernale si sviluppa più spesso con temperature ambientali elevate;
- Se avviata a causa di un aumento della temperatura, la covata non si arresta immediatamente se si abbassa di nuovo;
- La covata è favorita dall'aumento del fotoperiodo solo se la temperatura è sufficientemente alta;
- La ripresa della covata dipende soprattutto dalla temperatura, ma è modulata dal fotoperiodo.

Fioritura del ciliegio

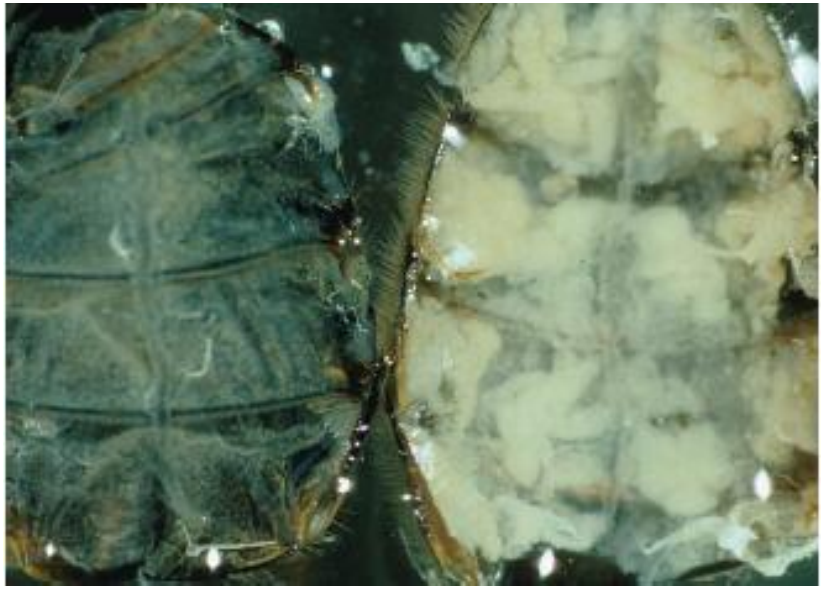




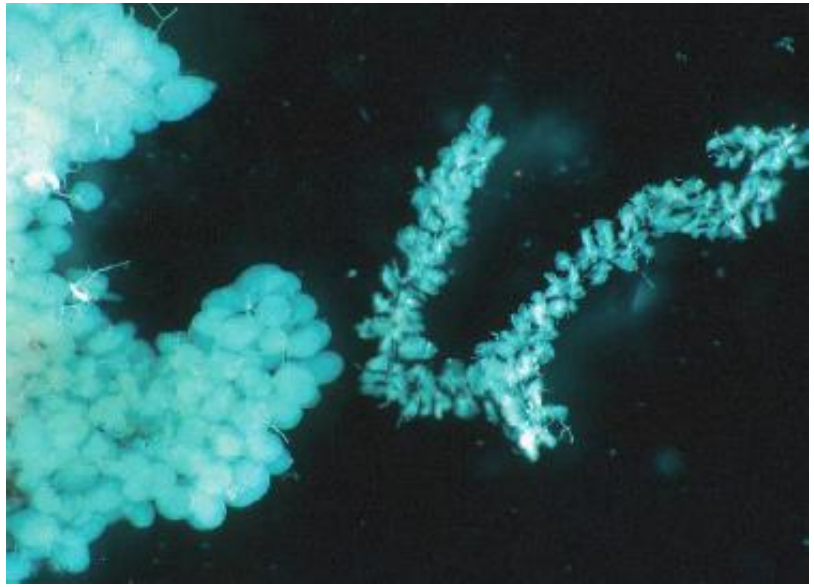
https://www.google.com/search?q=cherry+tree&rlz=1C1GCEU_itIT821IT821&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiureSU8MX2AhWgSvEDHRSCBZcQ_AUoAXoECAMQAw&biw=1440&bih=700&dpr=1#imgrc=MWMS51ikkfbr1M

Sviluppo di alcuni organi interni dell'ape operaia

Corpo grasso



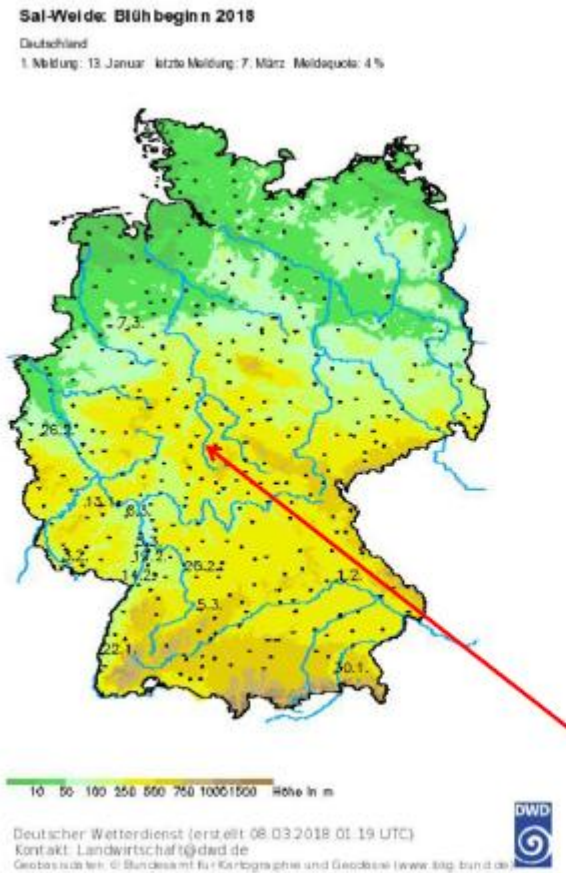
Ghiandole ipofaringee:
ben sviluppate e degenerate

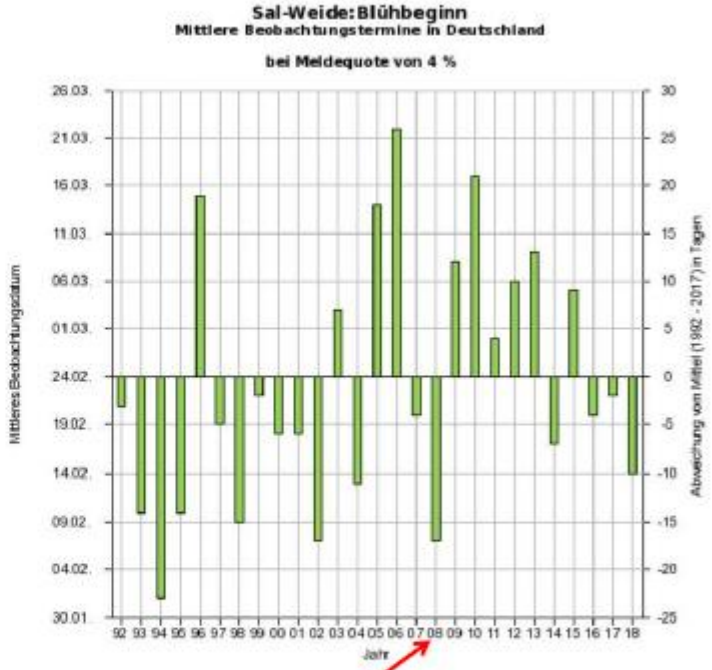


“Un'adeguata disponibilità di polline è essenziale per lo sviluppo di alcuni organi interni dell'ape operaia”.
“L'alimentazione con polline induce la crescita di queste ghiandole e del corpo grasso”.

Keller et al. 2005. Pollen nutrition and colony development in honey bees: part I Bee World 86 (1): 3-10)

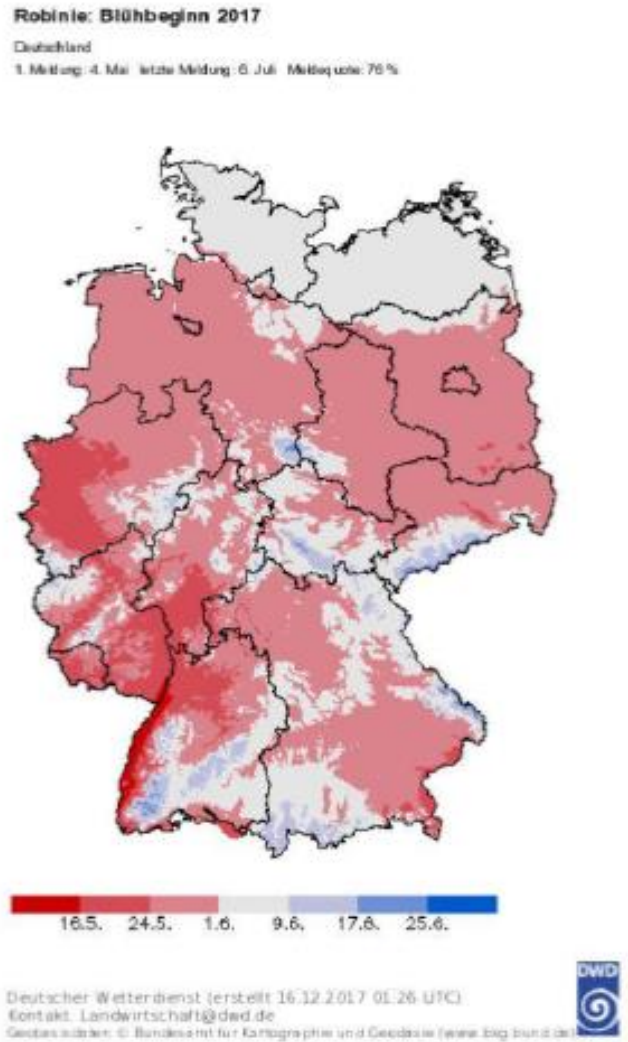
Fioritura precoce del salice in Germania

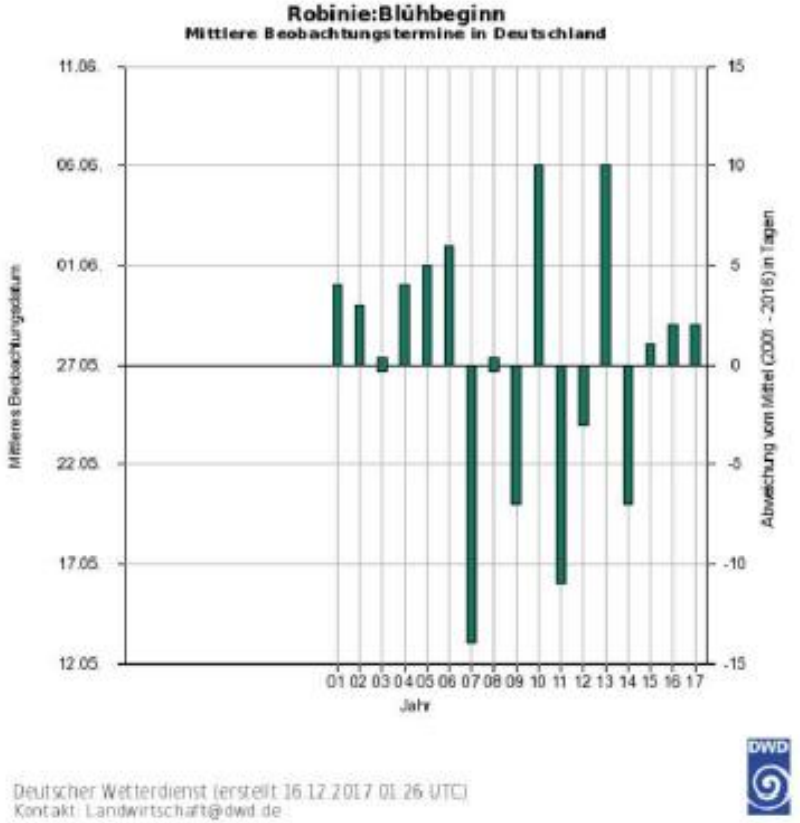




Nel 2008, gli apicoltori dell'Assia hanno segnalato che la fioritura precoce impediva alle api di sfruttare il polline di salice.

Fioritura precoce dell'acacia in Germania





I cambiamenti della flora indotti dal clima potranno garantire alle api da miele le condizioni per la loro vita?

Bottinatura delle api sull'acacia
La bottinatura dei fiori di acacia è fortemente dipendente dal clima. La pioggia può ridurre un raccolto di nettare potenzialmente grande.
Foto di Yves Le Conte

Bottinatura delle api sulla lavanda
La raccolta del miele di lavanda è imprevedibile. La siccità spesso frena la produzione di nettare da parte dei fiori di lavanda.
Foto di Yves Le Conte

Impatto del cambiamento climatico sul comportamento, la fisiologia e la distribuzione delle api da miele

✓Spostamenti naturali

Come per altri artropodi, i cambiamenti climatici porteranno a una riduzione o a un aumento delle aree disponibili per il miele.

Le api abbandoneranno le aree che si evolvono verso la siccità e migreranno verso i margini di tali aree.

Al contrario, le api mellifere colonizzeranno aree fredde che inizialmente erano loro ostili.

Un esempio ben studiato è quello dell'ape mellifera africanizzata.

La distribuzione geografica dell'ape mellifera africanizzata si è estesa fino all'Argentina e agli Stati Uniti, dove si è arrestata.

Bottinatura delle api sull'erica
Colonie dell'ecotipo Landes dell'ape scura europea *Apis mellifera mellifera* nel sud-ovest della Francia hanno modellato il loro sviluppo sulla fioritura dell'erica.
Foto di Joël Blaize

Impatto del cambiamento climatico sul comportamento, la fisiologia e la distribuzione delle api da miele

Spostamenti indotti dagli apicoltori

- ✓ Si prevede che gli apicoltori modifichino le loro abitudini di transumanza e abbandonino le aree troppo secche a favore di quelle più umide.
- ✓ Molto probabilmente saranno tentati di continuare ad importare regine di altre razze per testare il loro potenziale di adattamento a nuovi climi.
- ✓ Sebbene tali importazioni aumentino la diversità genetica delle popolazioni di api mellifere, esse fungeranno anche da vettori per l'introduzione di nuovi agenti patogeni o di nuovi aplotipi più o meno utili, come già avvenuto in passato (si veda l'ape mellifera africanizzata).
- ✓ Il contatto delle api da miele importate con le sottospecie e gli ecotipi locali facilita una commistione genetica che può favorire la sopravvivenza della specie, ma tende anche a sradicare gli ecotipi locali e le sottospecie in purezza attraverso l'inquinamento genetico.

Bottinatura sui fiori di edera

https://www.google.com/search?q=ivy+flower+bee&tbm=isch&ved=2ahUKEwj0zMPV-sX2AhWjgf0HHT3xAaoQ2-cCegQIABAA&oq=ivy+flower+bee&gs_lcp=CgNpbWcQDFCeC1j5GWDZbmgAcAB4AIABWIgBygGSAQEzmAEAoAEBqgELZ3dzLXdpei1pbWfAAQE&sclient=img&ei=uWQvYrSMJKOD9u8PveKH0Ao&bih=700&biw=1440&rlz=1C1GCEU_itIT821IT821#imgrc=iBBc3kik_atgwM

Le riserve di cibo dell'edera non possono essere consumate.
Le api da miele non riescono a consumarle in inverno a causa della cristallizzazione.

(Nanetti, 2018)

Possibile adattamento: variabilità genetica

- *Apis mellifera* è una specie che ha dimostrato una grande capacità di adattamento, essendo presente in quasi tutto il mondo e in climi molto diversi.
- Importata nelle Americhe dai colonizzatori, si è coevoluta con l'uomo e si è diffusa in tutto il continente, da nord a sud.
- Si può ipotizzare che, avendo una grande biodiversità, la specie sia in grado di utilizzare la sua variabilità genetica per adattarsi ai cambiamenti climatici.
- Al contrario, le specie asiatiche sono rimaste in Asia, il che potrebbe indicare una minore adattabilità a diversi ambienti e una minore fragilità di fronte ai cambiamenti climatici.
- *Apis mellifera* sembra avere un potenziale di adattamento maggiore rispetto alle sue cugine asiatiche, che hanno rendimenti bassi e sono state soggette a poca transumanza.
- L'uomo, con cui *Apis mellifera* si è co-evoluta per diversi secoli, sarà certamente decisivo nell'aiutare le api da miele a sopravvivere in ambienti ostili e nel preservare la biodiversità di queste specie.
- L'apicoltura è uno strumento essenziale di impollinazione e di sostegno alla produzione in questo senso.
- Tuttavia, se gli ecotipi di api non sono più adatti ai loro biotopi, le colonie selvatiche dovranno evolversi rapidamente per sopravvivere senza l'aiuto dell'uomo.

Malattie e parassiti: cambiamenti nei profili e nell'incidenza delle malattie

Malattie diverse in diverse parti del mondo

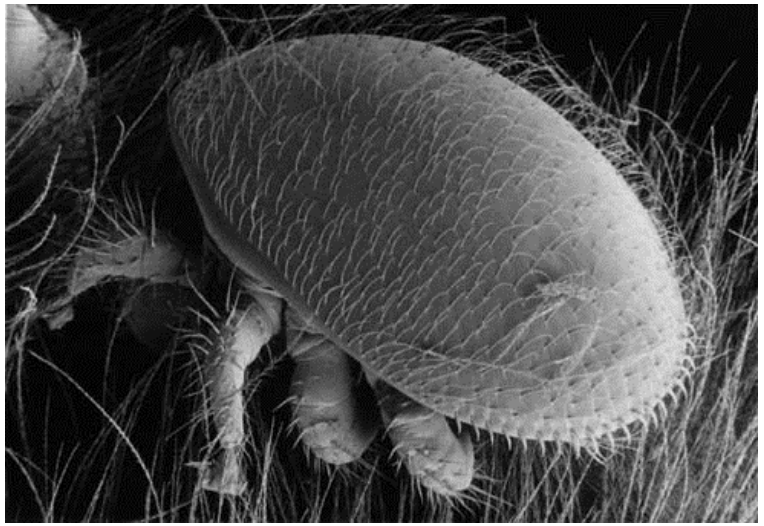
Profili attuali delle malattie e potenziali cambiamenti nella distribuzione derivanti dal cambiamento climatico

- Come si evolverà l'interazione patogeno/ape?
- Conseguenze per la salute delle api e impatto socioeconomico
- Il cambiamento climatico può favorire l'emergere di nuove specie invasive

Malattie e parassiti delle api

Numerosi predatori, parassiti (acari) e agenti patogeni (protozoi, batteri e virus) predano l'ape da miele.

Parassiti



Microfotografia di una femmina di acaro Varroa destructor ottenuta mediante microscopia elettronica a scansione (vista dorsale) Foto di E. Erbe e R. Ochoa, USDA-SEL-EMU

*Aethina tumida (*larva e adulto)

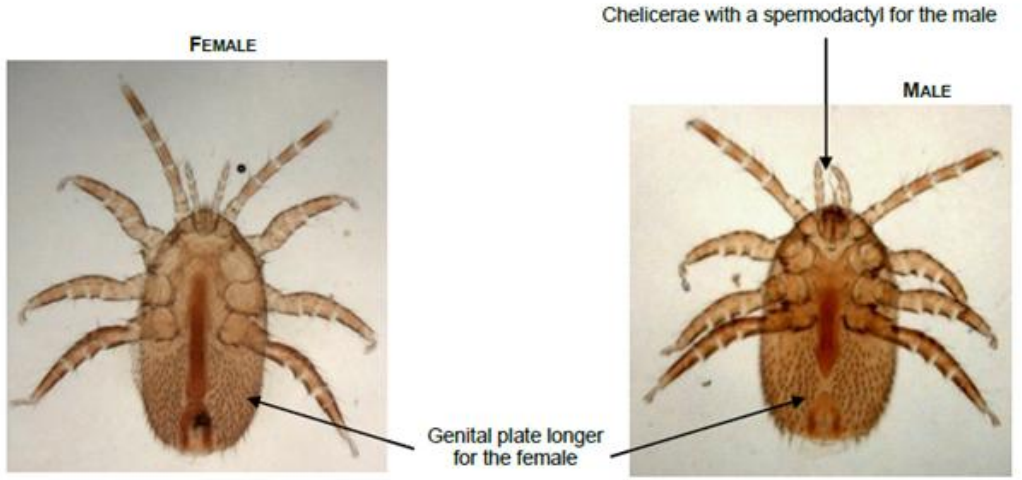


Fig. 8. Tropilaelaps clareae, *male and female (ventral view)*
Photos by S. Franco, Anses, Sophia Antipolis laboratory.

Tropilaelaps clareae,

T. mercedesae

Received: 20 December 2018 | Revised: 19 June 2019 | Accepted: 29 July 2019
DOI: 10.1111/gcb.14791

PRIMARY RESEARCH ARTICLE

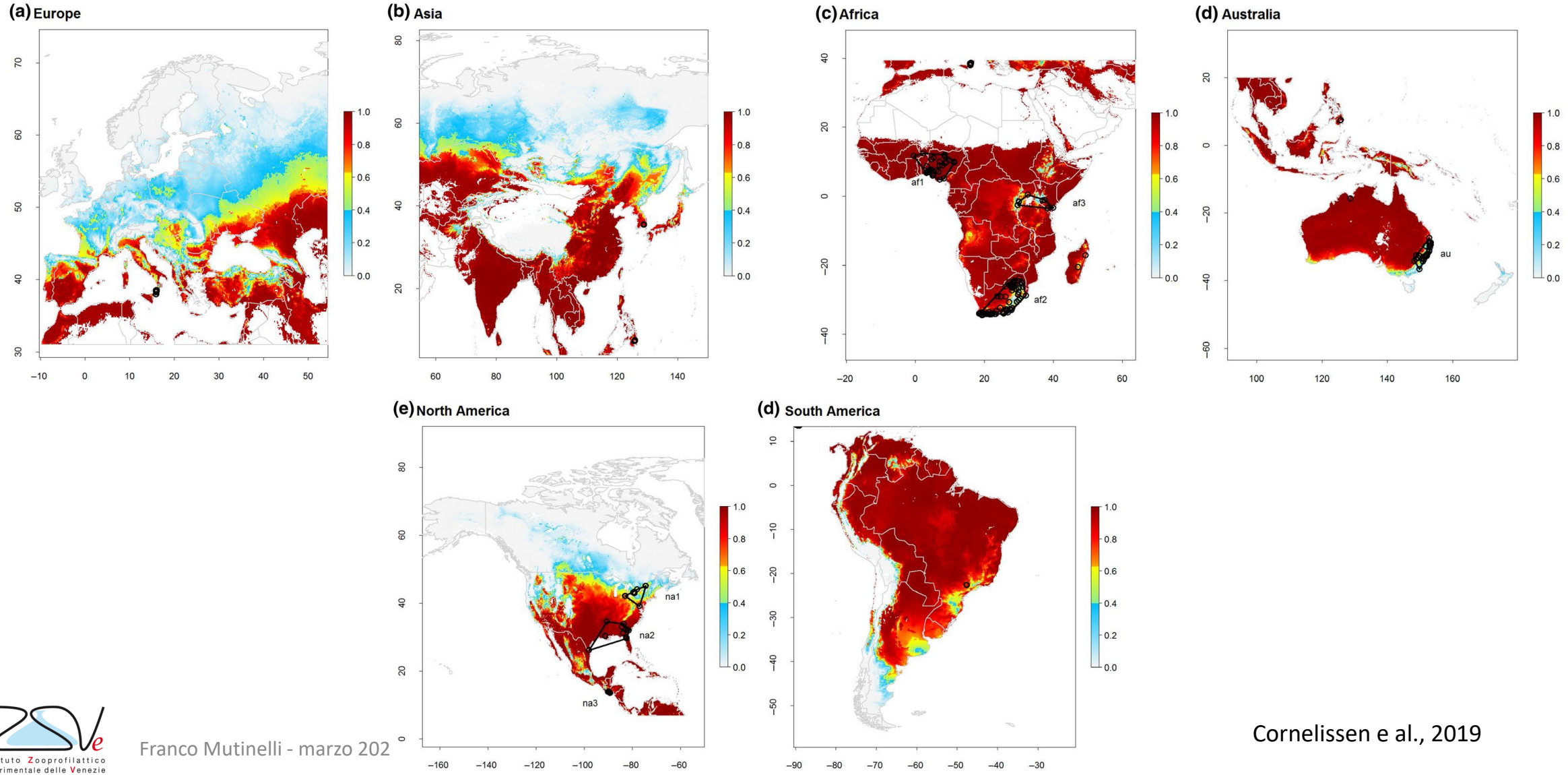
Global Change Biology WILEY

Global warming promotes biological invasion of a honey bee pest

Bram Cornelissen[1] | Peter Neumann[2] | Oliver Schweiger[3]

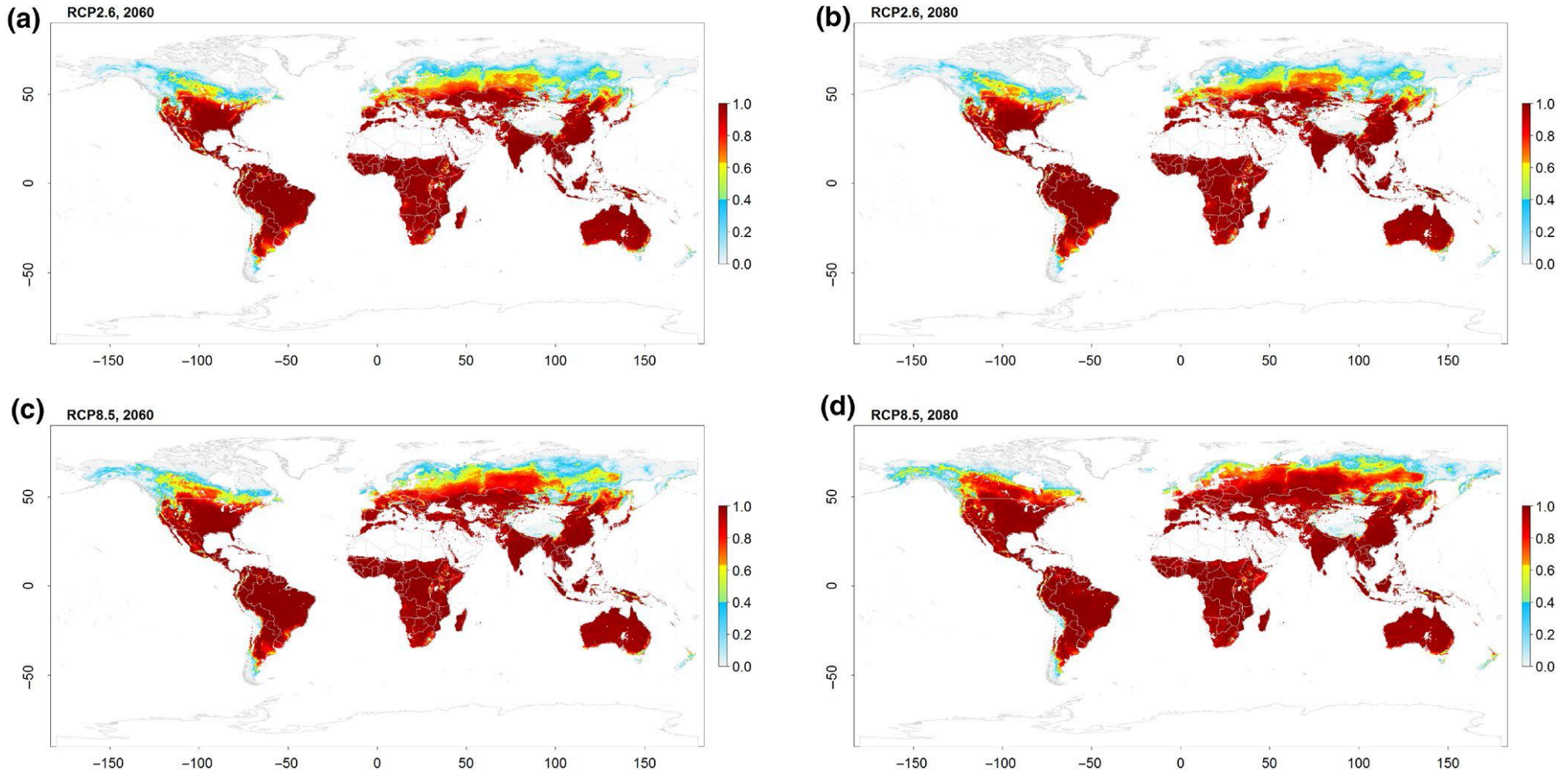
Il piccolo coleottero dell'alveare (SHB, *Aethina tumida*, Murray) è un parassita delle colonie di api da miele. È endemico dell'Africa subsahariana e ha stabilito popolazioni in tutti i continenti tranne l'Antartide. Poiché SHB si impupa nel suolo, le prestazioni di impupamento sono regolate principalmente da due fattori abiotici, la **temperatura** e l'**umidità** del suolo, che saranno influenzati dai cambiamenti climatici.
In questa sede abbiamo analizzato il rischio di invasione di SHB a livello globale in base agli scenari climatici attuali e futuri. Abbiamo modellato la sopravvivenza e il tempo di sviluppo durante l'impupamento (= performance pupale) in risposta alla temperatura e all'umidità del suolo utilizzando dati sperimentali pubblicati e nuovi.
Per la validazione del modello sono stati utilizzati i dati di presenza sulla distribuzione di SHB. Abbiamo poi collegato il modello con i dati globali del suolo per classificare le aree (risoluzione: 10 arcomin; cioè 18,6 km all'equatore) come inadatte, marginali e idonee per le prestazioni di impupamento di SHB.
In base al clima attuale, i risultati mostrano che molte aree non ancora invase a livello globale sono in realtà idonee, il che suggerisce un notevole rischio di invasione da parte di SHB. Gli scenari futuri di riscaldamento globale prevedono un forte aumento dell'idoneità climatica per SHB e un corrispondente rischio di invasione.
Gli scenari futuri di riscaldamento globale prevedono un forte aumento dell'idoneità climatica per SHB e del corrispondente potenziale di invasione, soprattutto nelle regioni temperate dell'emisfero settentrionale, creando così la necessità di una mitigazione e di una gestione rafforzate e adattate.
La nostra analisi mostra, per la prima volta, gli effetti del riscaldamento globale su un parassita delle api da miele e aiuterà le aree a rischio a prepararsi adeguatamente.
In conclusione, si tratta di un chiaro caso in cui il riscaldamento globale favorisce l'invasione biologica di una specie infestante con un grave potenziale di danno per importanti specie di impollinatori a livello globale.

Previsione del rendimento pupale globale del piccolo coleottero dell'alveare (SHB) per l'Europa (a), l'Asia (b), l'Africa (c), l'Australia e l'arcipelago malese (d), l'America settentrionale e centrale (e) e l'America meridionale (f).



Cornelissen e al., 2019

Prestazioni pupali del piccolo coleottero dell'alveare proiettate ai percorsi di concentrazione rappresentativi (RCP) 2.6 (a,b) e 8.5 (c,d) per gli anni 2060 (a,c) e 2080 (b,d).



Cornelissen e al., 2019

Journal of King Saud University – Science 33 (2021) 101242

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of King Saud University – Science

journal homepage: www.sciencedirect.com

Original article

Future expansion of small hive beetles, *Aethina tumida*, towards North Africa and South Europe based on temperature factors using maximum entropy algorithm

Anno 2021

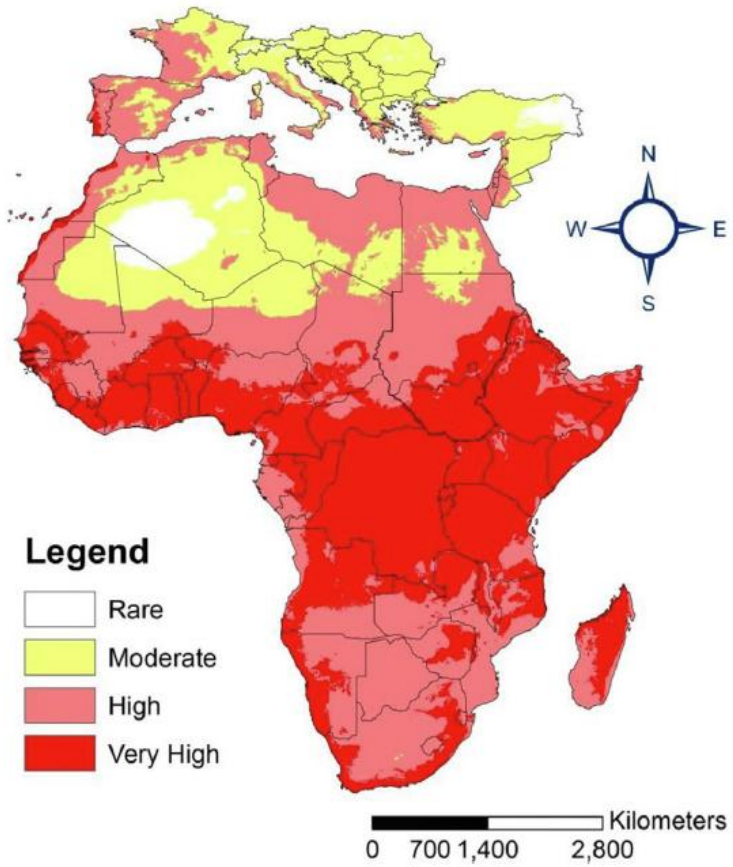


Fig. 4. Distribution of the Small Hive Beetles under current climate conditions in Africa and South Europe.

Anno 2050

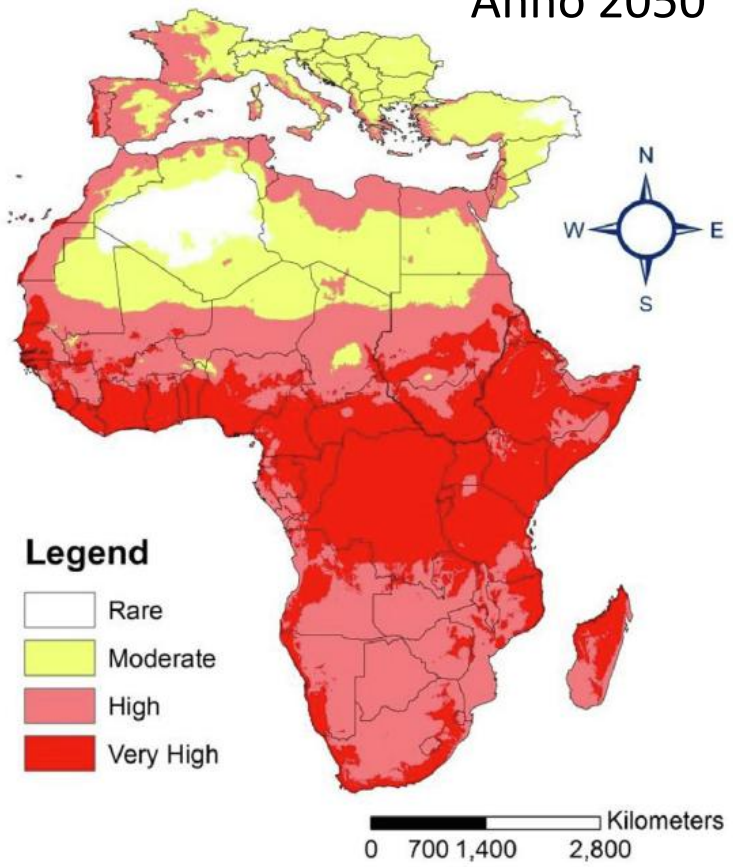
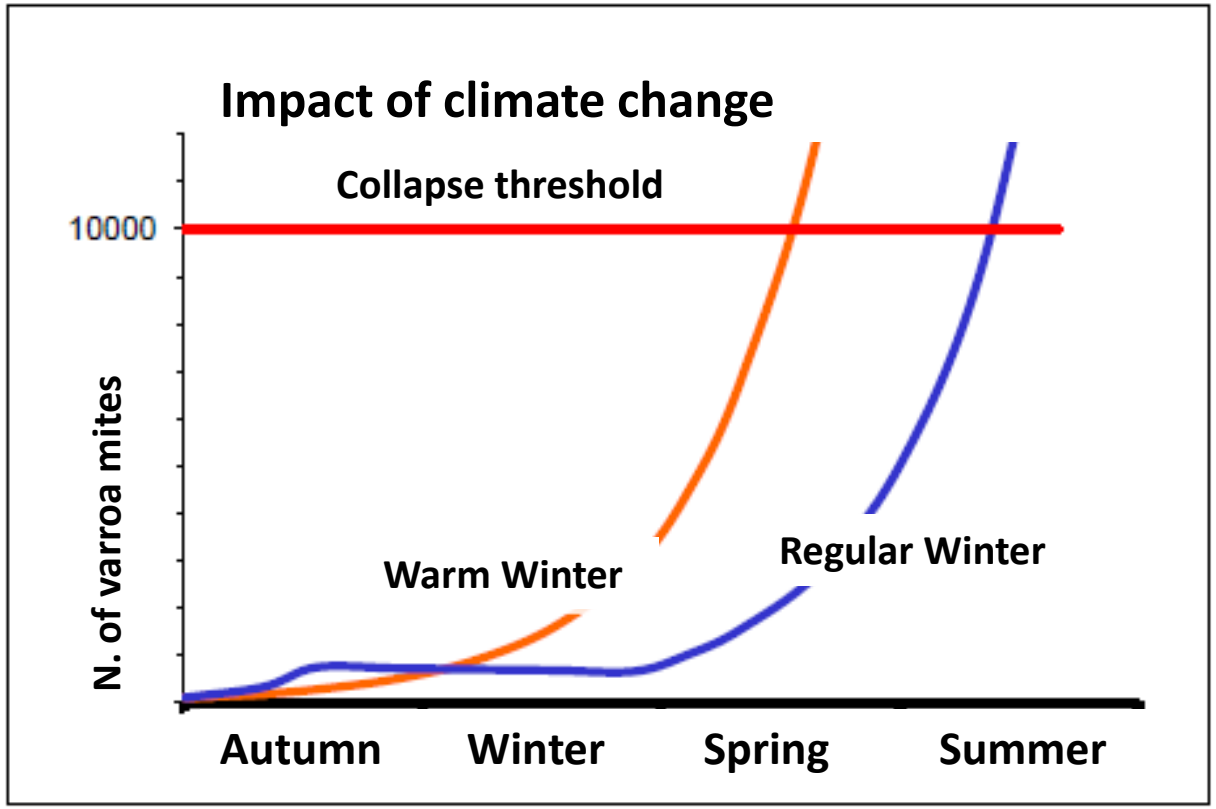


Fig. 5. Distribution of the Small Hive Beetles under future climate conditions during 2050 (SSP 126). This map presents the average of three climate models (MRI-ESM2-0, BCC-CSM2-MR and CNRM-CM6-1).

Jamal et al., 2021

Malattie e parassiti: cambiamenti nei profili e nell'incidenza delle malattie – *Varroa destructor*



Nuove strategie di controllo dell'acaro Varroa per contrastare l'effetto covata invernale:

1. CONFINAMENTO INVERNALE DELLA REGINA

2. MODIFICA DEI PERIODI DI TRATTAMENTO

Malattie e parassiti: cambiamenti nei profili e nell'incidenza delle malattie – *Nosema ceranae*

Available online at www.sciencedirect.com
SCIENCE DIRECT
Journal of Invertebrate Pathology 92 (2006) 93–95
Journal of INVERTEBRATE PATHOLOGY
www.elsevier.com/locate/yjipa

Short communication

Nosema ceranae, a new microsporidian parasite in honeybees in Europe

Mariano Higes [a,*], Raquel Martín [a], Aránzazu Meana [b]

[a] Centro Apícola Regional, Consejería de Agricultura, Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Marchamalo, 19180 Guadalajara, Spain
[b] Dpto. Sanidad Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad Complutense de Madrid, Avenida Puerta de Hierro s/n, 28040 Madrid, Spain

Received 25 November 2005; accepted 7 February 2006
Available online 29 March 2006

Available online at www.sciencedirect.com
ScienceDirect
Journal of Invertebrate Pathology xxx (2007) xxx–xxx
Journal of INVERTEBRATE PATHOLOGY
www.elsevier.com/locate/yjipa

Widespread dispersal of the microsporidian *Nosema ceranae*, an emergent pathogen of the western honey bee, *Apis mellifera*

Julia Klee [a,*], Andrea M. Besana [a], Elke Genersch [b], Sebastian Gisder [b], Antonio Nanetti [c], Dinh Quyet Tam [d], Tong Xuan Chinh [d], Francisco Pu[illegible], Dejair Message [g], Fani Hatjina [h], Seppo Korpela [i],

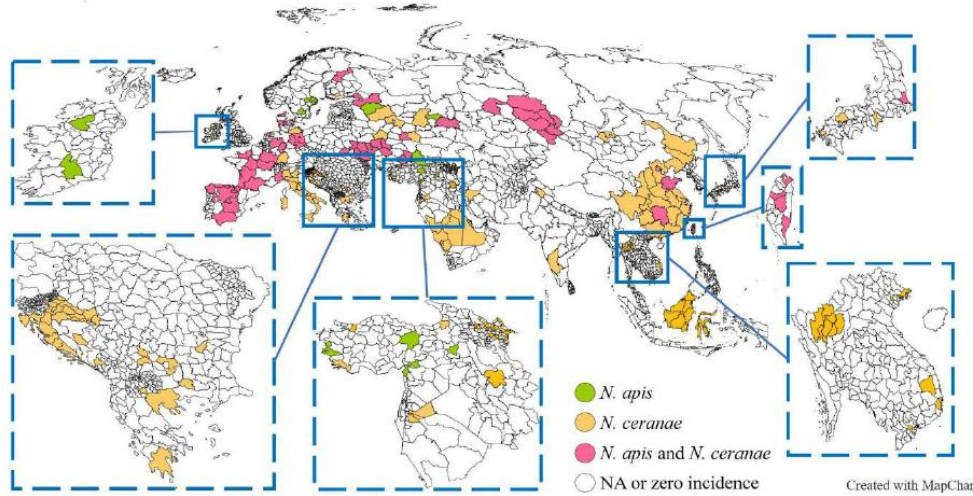
Received 12 October 2006; accepted 23

Experimental infection of *Apis mellifera* honeybees with *Nosema ceranae* (Microsporidia)

Mariano Higes [a,*], García-Palencia Pilar [b], Martín-Hernández Raquel [a], Meana Aránzazu [c]

[a] Regional Apicultural Center, Dirección General de la Producción Agropecuaria, Consejería de Agricultura, Junta de Comunidades de Castilla – La Mancha, Marchamalo, Guadalajara, Spain
[b] Department of Veterinary Medicine and Surgery, Faculty of Veterinary Medicine, Universidad Complutense de Madrid, Spain
[c] Department of Animal Health, Faculty of Veterinary Medicine, Universidad Com[illegible]

Received 29 August 2006; accepted 1 November 2006



APIDOLOGIE 38 (2007) 558-565
NOSEMA CERANAE HAS INFECTED *APIS MELLIFERA* IN E
MAY BE MORE VIRULENT THAN *NOSEMA APIS*
ROBERT J. PAXTON, JULIA KLEE, SEPPO KORPELA AND INGEMAR FRIES

Higes et al., 2008
How natural infection by *Nosema ceranae* causes honeybee colony collapse.Environ Microbiol. 10: 2659-2669, 2008

Journal of Invertebrate Pathology 103 (2010) 73–79
Contents lists available at ScienceDirect
Journal of Invertebrate Pathology
journal homepage: www.elsevier.com/locate/jip

Nosema ceranae in European honey bees (*Apis mellifera*)

Ingemar Fries *

OPEN ACCESS Freely available online
PLoS one

Exposure to Sublethal Doses of Fipronil and Thiacloprid Highly Increases Mortality of Honeybees Previously Infected by *Nosema ceranae*

Shamaev, N.D., Shuralev, E.A. & Mukminov, M.N. Current status of Nosema spp. infection cases in Apis mellifera in Eurasian countries and Ptp3 gene haplotypes in the Republic of Tatarstan, Russia. Vet Res Commun 48, 2691–2698 (2024). https://doi.org/10.1007/s11259-024-10383-3

Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie

Malattie e parassiti: cambiamenti nei profili e nell'incidenza delle malattie – *Nosema ceranae*

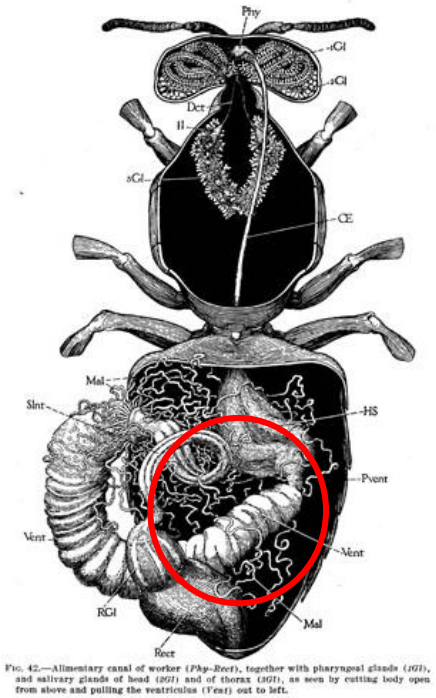


FIG. 42.—Alimentary canal of worker (*Phy–Rect*), together with pharyngeal glands (*IGl*), and salivary glands of head (*sGl*) and of thorax (*tGl*), as seen by cutting body open from above and pulling the ventriculus (*Vent*) out to left.

https://bee-health.extension.org/illustrations-from-anatomy-of-the-honey-bee-by-r-e-snodgrass/

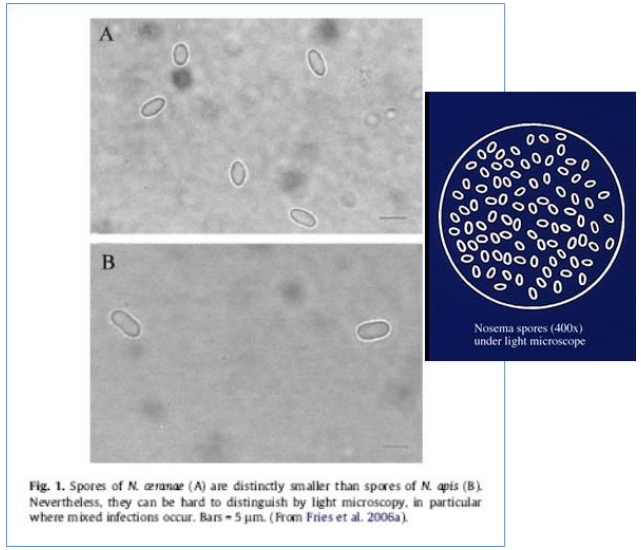
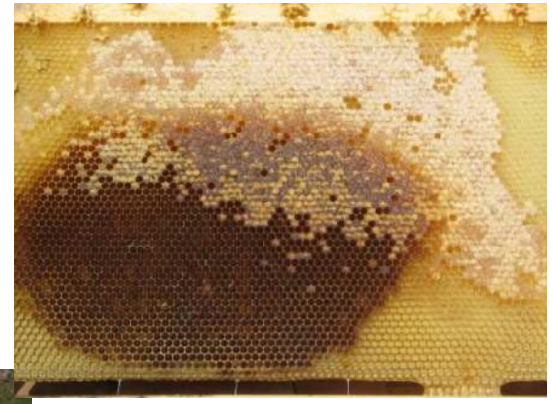


Fig. 1. Spores of *N. ceranae* (A) are distinctly smaller than spores of *N. apis* (B). Nevertheless, they can be hard to distinguish by light microscopy, in particular where mixed infections occur. Bars = 5 µm. (From Fries et al. 2006a).



Malattie e parassiti: cambiamenti nei profili e nell'incidenza delle malattie – *Nosema ceranae*

Si adatta alle temperature non ottimali

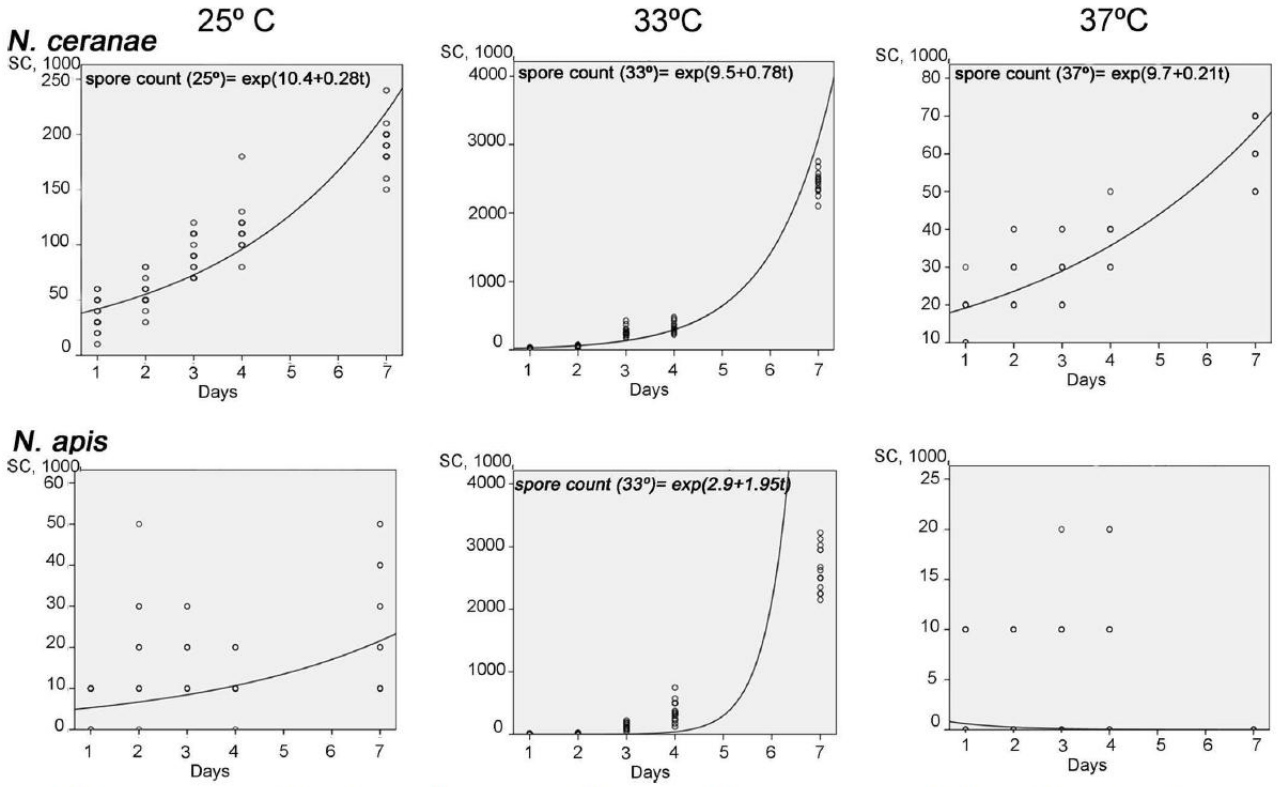
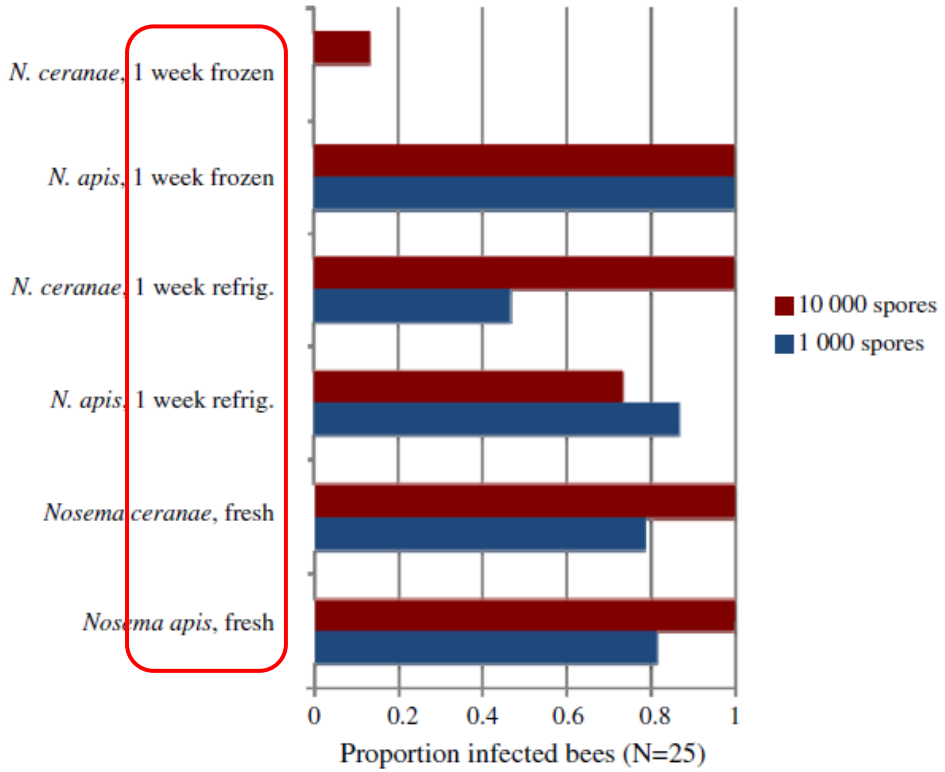


FIG. 1. Growth curves. Dependent variable: increasing of *N. ceranae* and *N. apis* spore counts (SC). Independent variable: days p.i.

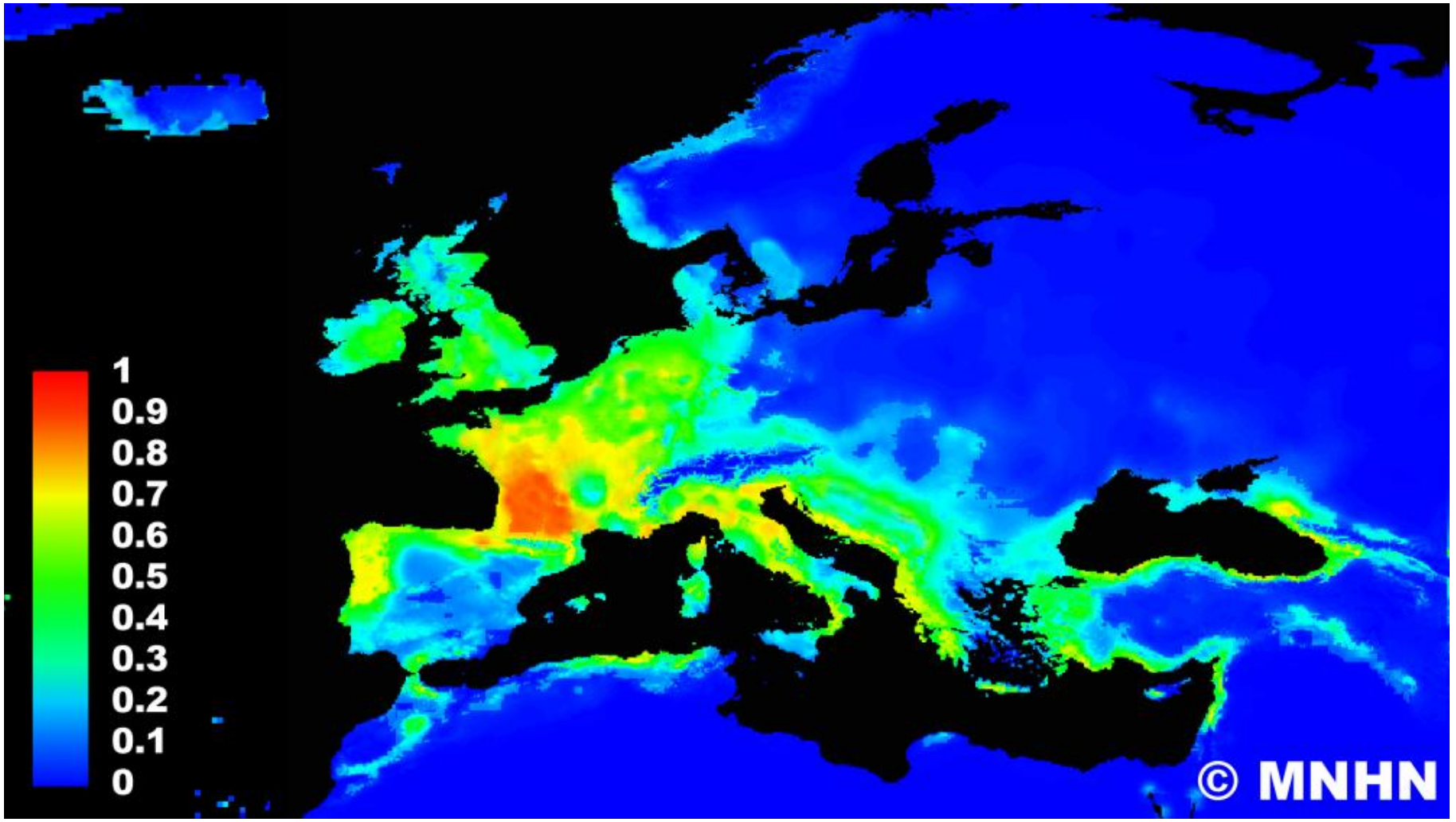
(Martin-Hernandez et al., 2009)

Sensibile alle basse temperature



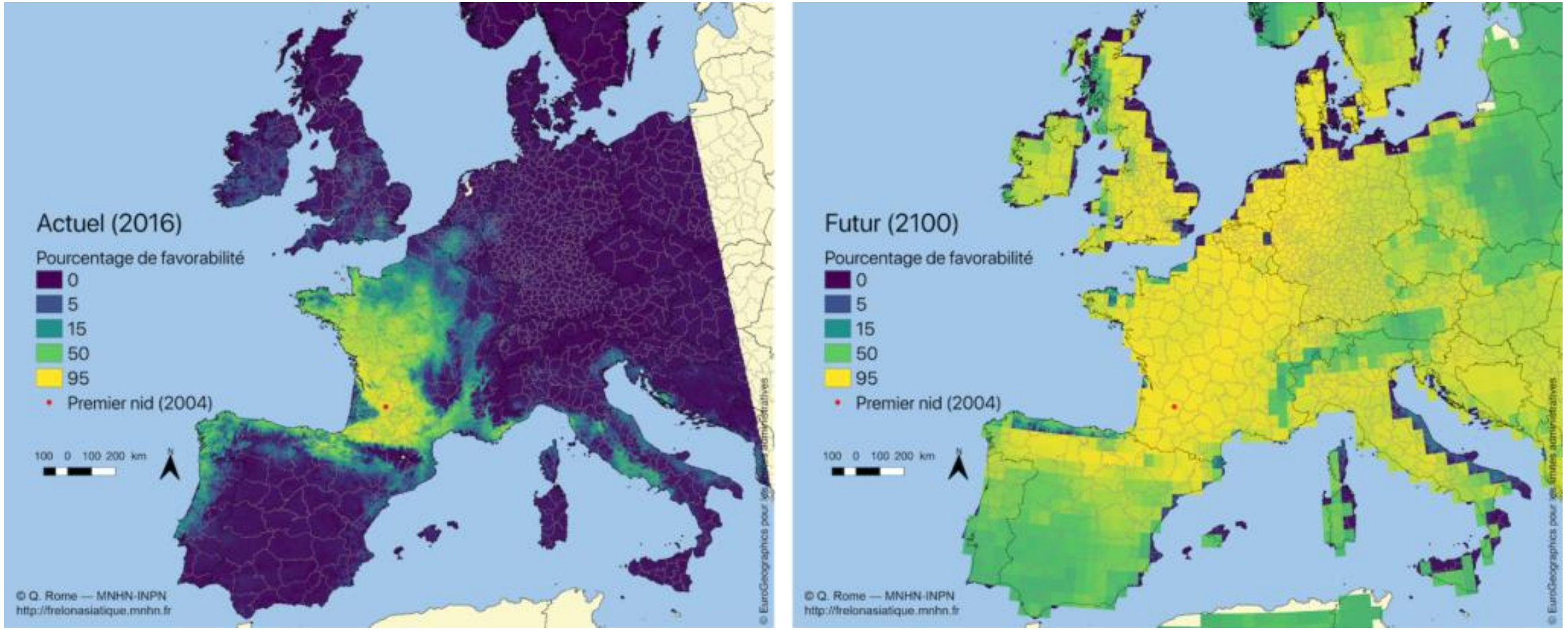
(Fries e Forsgren, 2008)

Probabilità di espansione in Europa di *Vespa velutina*



Probabilités d'expansion de *Vespa velutina* en Europe définies par des modèles de niches climatiques. Le frelon peut réussir à s'installer au dessus d'une probabilité de 0,22 (d'après Villemant *et al.*, 2011)

Probabilità di espansione in Europa di *Vespa velutina*



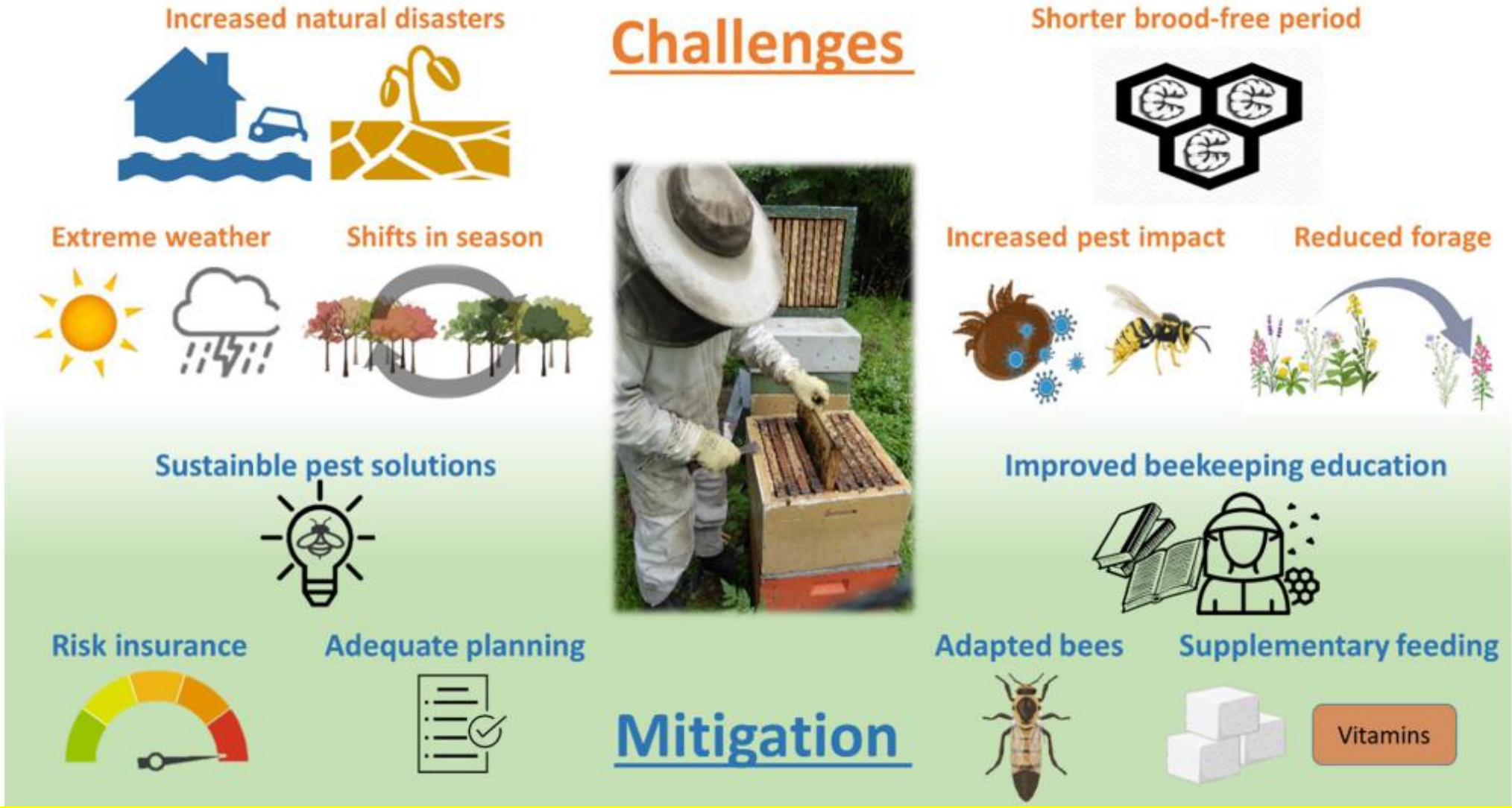
Probabilités d'expansion de *Vespa velutina* en Europe définies par des modèles de niches. Actuel (2016) à partir du climat et des habitats (d'après **Fournier *et al.*, 2017**). Futur (2100) uniquement d'après les prédictions climatiques (d'après **Barbet-Massin *et al.*, 2013**). L'échelle de couleurs va du bleu foncé (défavorable) au jaune (très favorable).

https://frelonasiatique.mnhn.fr/biologie/#CarteProgression

Conclusioni

- ✓ La diffusa mortalità dell'ape da miele in tutto il mondo dimostra la fragilità di questa specie, la cui sopravvivenza dipende da un ambiente sempre più ostile.
- ✓ Le ragioni addotte per spiegare questo fenomeno includono l'uso di pesticidi, nuove malattie, modifica dell'habitat, mutate o ridotte risorse nutritive, stress e una combinazione di questi fattori.
- ✓ Di conseguenza, **il cambiamento climatico modificherà l'equilibrio tra l'ape mellifera, il suo ambiente vegetale e le sue malattie**.
- ✓ L'ape mellifera ha dimostrato una grande capacità di colonizzare ambienti molto diversi e la sua variabilità genetica dovrebbe consentirle di adattarsi a questi cambiamenti climatici.
- ✓ Tuttavia, il timore è che lo stress indotto dal clima possa in futuro aggravare i vari fattori che già mettono in pericolo la specie in alcune regioni del mondo.
- ✓ Se l'uomo modifica l'ambiente in cui vive l'ape mellifera, ha anche il dovere di adottare misure di conservazione per evitare la perdita di questa ricca diversità genetica delle api.
- ✓ Per comprendere i fattori che favoriscono la riduzione delle api mellifere, sarà necessario condurre ricerche fondamentali volte ad accertare le cause della mortalità, nonché l'effetto dei cambiamenti ambientali indotti dall'uomo.
- ✓ Gli studi di impatto ambientale sul campo, così come l'uso dei moderni metodi di genomica resi possibili dal recente sequenziamento del genoma delle api, dovrebbero svolgere un ruolo di primo piano nella scoperta dei fattori di stress vitali per queste specie.

Prospettive



Apicoltura in condizioni di cambiamento climatico. Le sfide ambientali per le api e gli apicoltori dovute al cambiamento climatico (= area bianca) e le possibili misure di migrazione (= area verde).

Neumann e Straub, 2023

Letture

Ecological Indicators 134 (2022) 108457

Contents lists available at ScienceDirect

Ecological Indicators

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

Review

Honey bees as biomonitors of environmental contaminants, pathogens, and climate change

Morgan M. Cunningham [a,b], Lan Tran [a], Chloe G. McKee [a,c], Rodrigo Ortega Polo [d], Tara Newman [a,b], Lance Lansing [b,d], Jonathan S. Griffiths [e], Guillaume J. Bilodeau [f], Michael Rott [g], M. Marta Guarna [a,b,*]

JOURNAL OF APICULTURAL RESEARCH
2023, VOL. 62, NO. 5, 963–968
https://doi.org/10.1080/00218839.2023.2247115

REVIEW ARTICLE

Beekeeping under climate change

Peter Neumann[a] and Lars Straub[a,b,c]

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Environmental Management

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

Research article

Climate effects on honey bees can be mitigated by beekeeping management in Kenya

Malena Sibaja Leyton [a,b,**], H. Michael G. Lattorff [c], Nkoba Kiatoko [b], Fabrice Requier [a,b,*]

Received: 10 November 2023 | Revised: 15 January 2024 | Accepted: 17 January 2024
DOI: 10.1111/gcb.17219

Global Change Biology WILEY

RESEARCH ARTICLE

Advances and knowledge gaps on climate change impacts on honey bees and beekeeping: A systematic review

Germán Zapata-Hernández[1,2] | Martina Gajardo-Rojas[1,2] | Matías Calderón-Seguel[3] | Ariel A. Muñoz[1,2,4] | Karen P. Yáñez[5] | Fabrice Requier[6] | Francisco E. Fontúrbel[7] | Pablo I. Ormeño-Arriagada[2,8] | Héctor Arrieta[2]

Grazie per l’attenzione!