

"E' vietata la copia e la riproduzione dei contenuti e immagini in qualsiasi forma. E' inoltre vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore o dall'Università di Modena e Reggio Emilia"

**L'allevamento degli insetti: opportunità,
prospettive, contesto normativo e Novel Food**

Montesilvano (PE) 24 ottobre 2025

Sala Majella - Hotel Promenade

Allevare l'efficienza: insetti bioconvertitori per valorizzare le risorse

Lara Maistrello



**Dipartimento di Scienze della Vita
Centro BIOGEST-SITEIA**



Allevare l'efficienza: insetti bioconvertitori per valorizzare le risorse

- Perché gli insetti?
- Quali insetti si allevano e perché
- Problemi di sostenibilità dell'attuale sistema agroalimentare
- Insetti raccolti in natura VS insetti allevati
- Candidati migliori come “minilivestock”
- Insetti bioconvertitori ed economia circolare: valorizzazione di scarti organici in prodotti di alto valore aggiunto
- Uso agronomico del “frass”
- Sostenibilità e convenienza dell'allevamento di insetti
- Impieghi industriali e tecnologici di proteine, lipidi e chitina da insetti
- “ENTOMOREMEDIATION” di inquinanti



NUMERO DI SPECIE BIOLOGICHE

N° totale specie **conosciute**: > 2.000.000

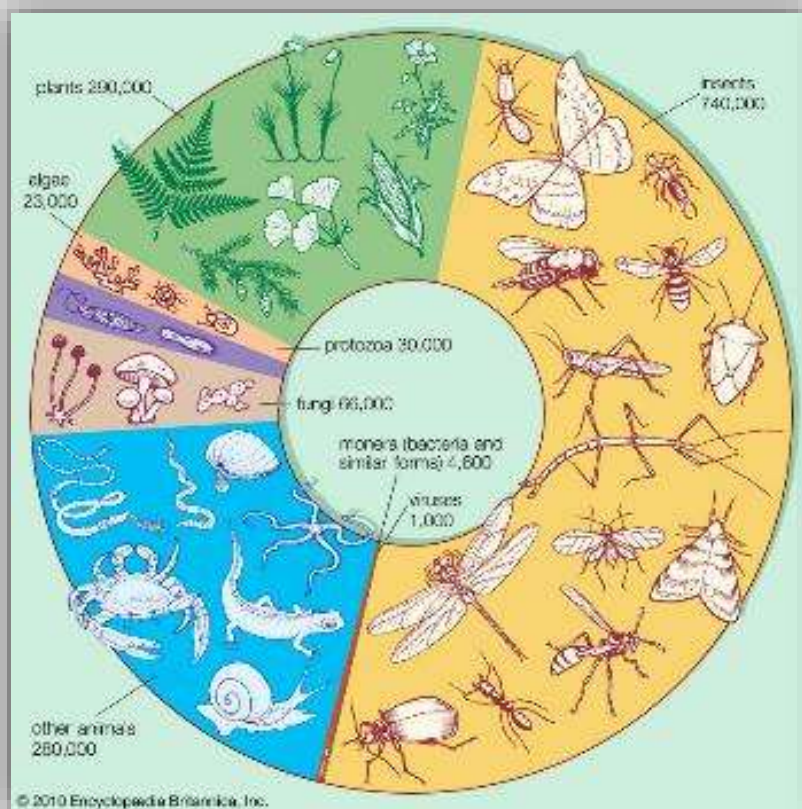
INSETTI = 53% di tutte le specie conosciute
ossia il 73% di TUTTE le specie di ANIMALI

Annual Review of Entomology

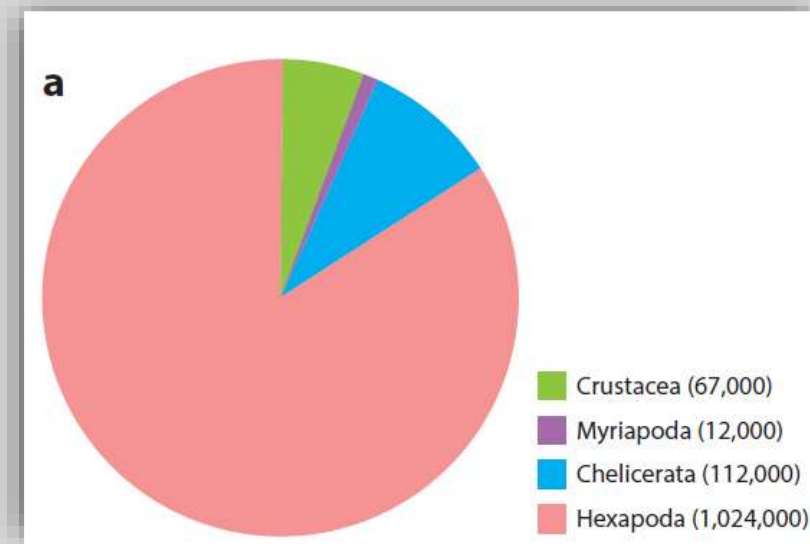
How Many Species of Insects and Other Terrestrial Arthropods Are There on Earth?

Nigel E. Stork

Annu. Rev. Entomol. 2018. 63:31–45



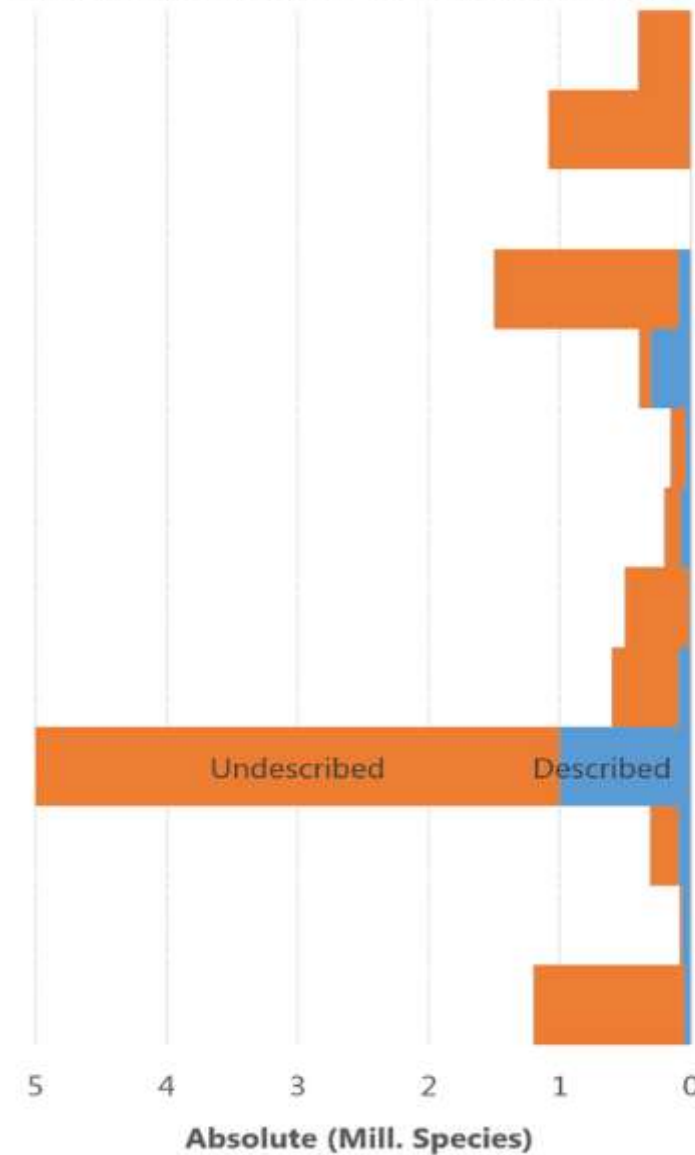
N° specie insetti **descritte**:
1.024.000



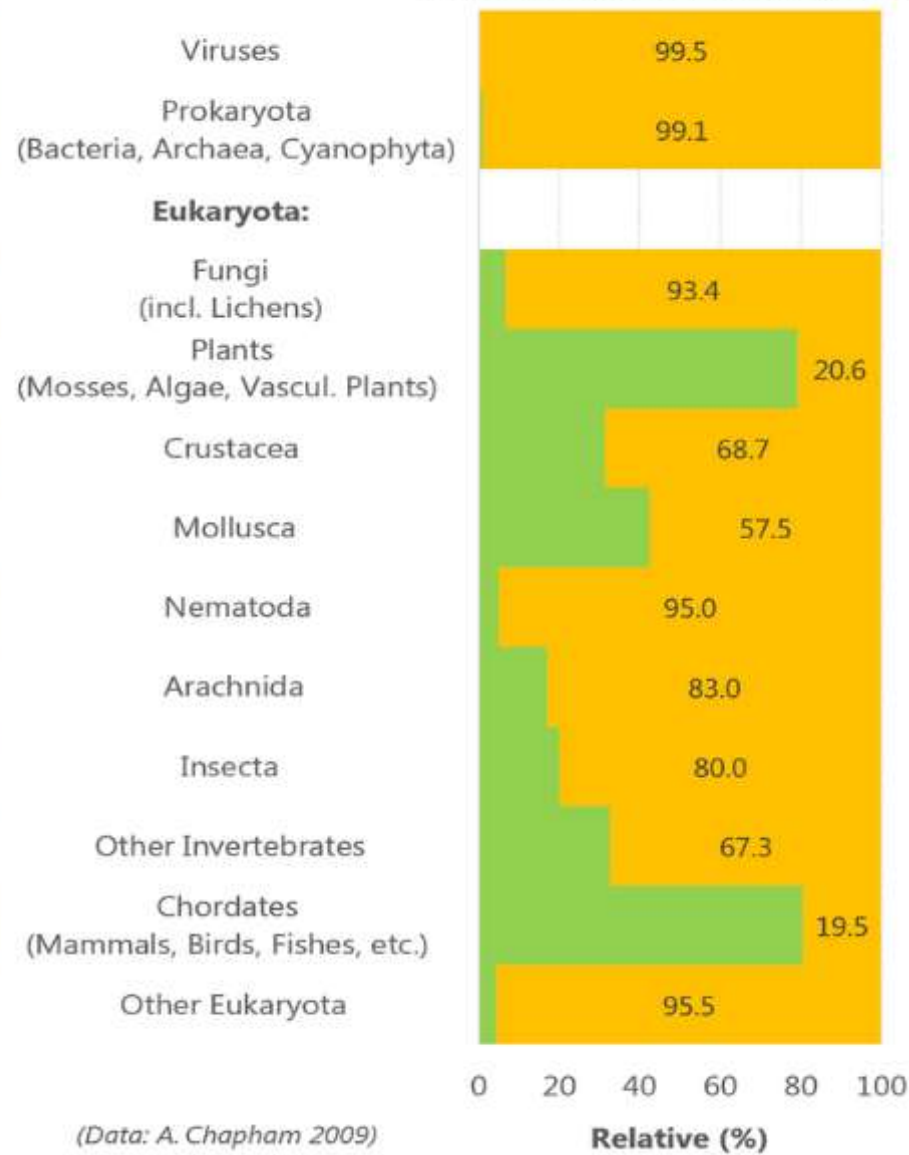
Stima più affidabile su biodiversità insetti: 5,5 milioni di specie

Biodiversità globale

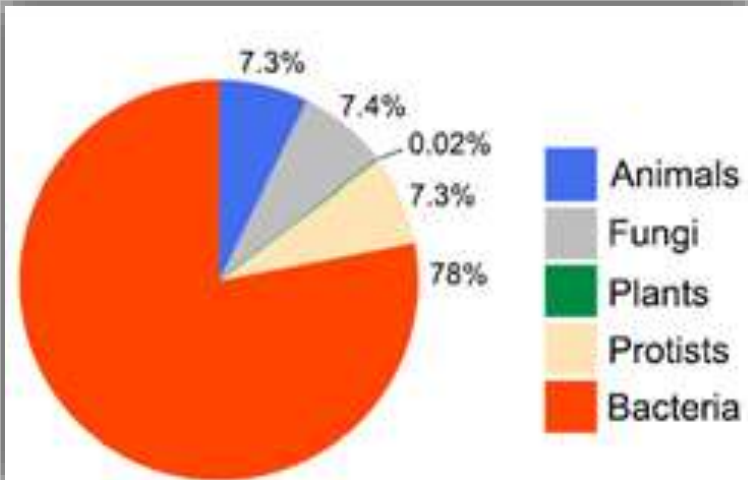
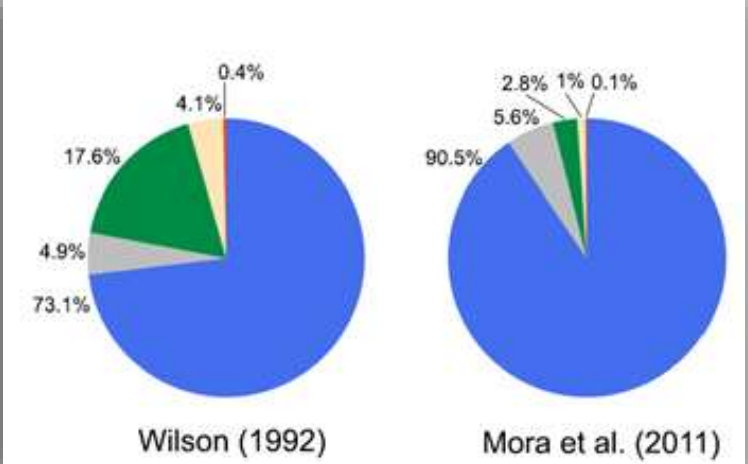
Species Richness by Taxonomic Groups



Percentage Yet To Be Studied



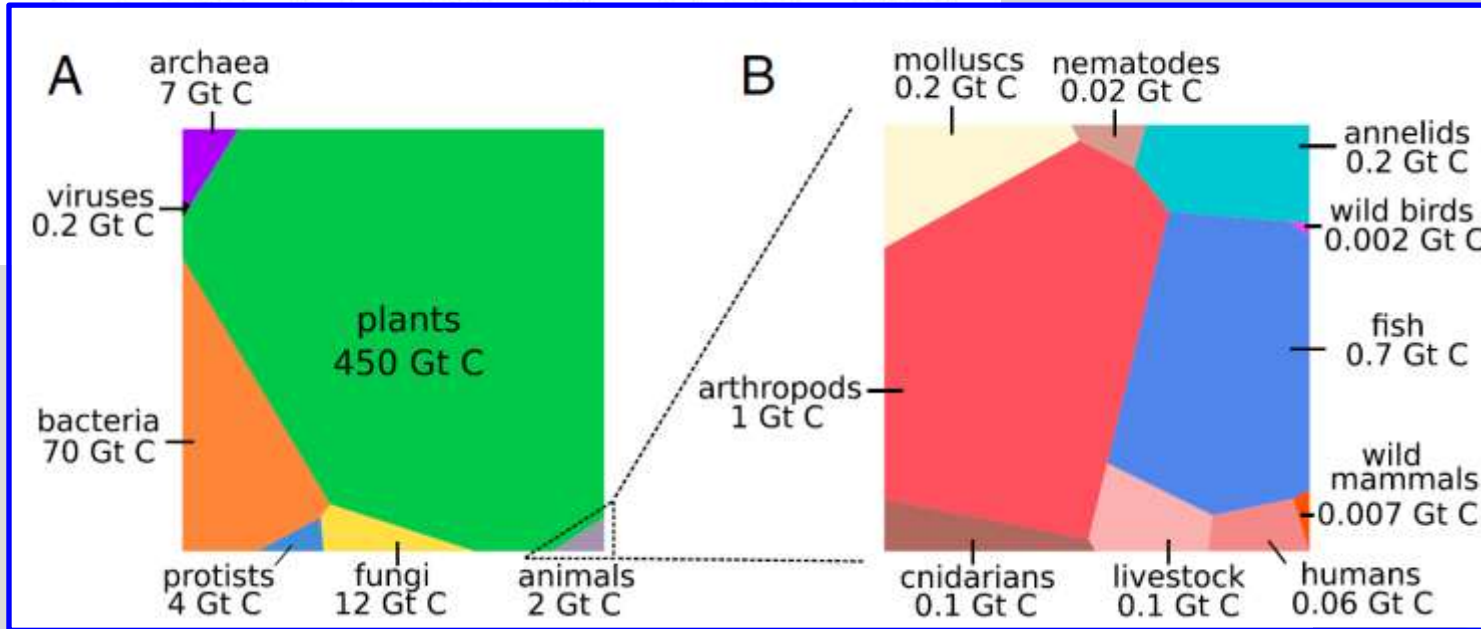
(Data: A. Chapham 2009)



Larsen et al, Inordinate Fondness Multiplied and Redistributed: the Number of Species on Earth and the New Pie of Life, The Quarterly Review of Biology (2017). DOI: 10.1086/693564

Yinon M. Bar-On^a, Rob Phillips^{b,c}, and Ron Milo^{a,1}

BIOMASSA ANIMALE



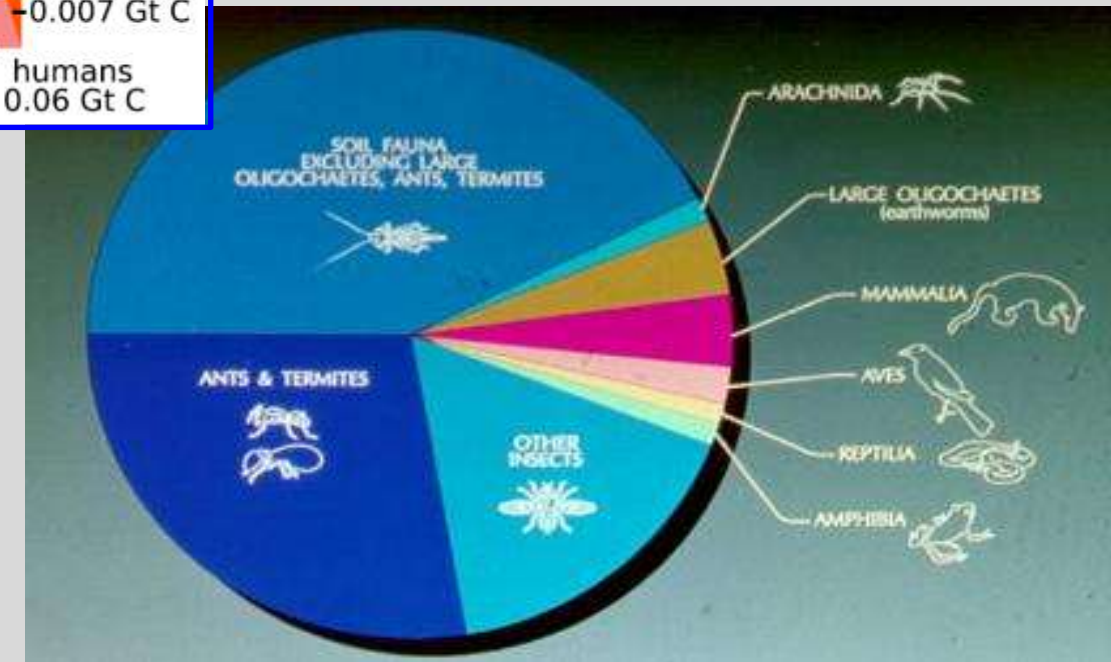
Gli INSETTI rappresentano il 45% della biomassa animale totale su terraferma e acque dolci

Peso mammiferi = 5%

Peso uccelli = 2%

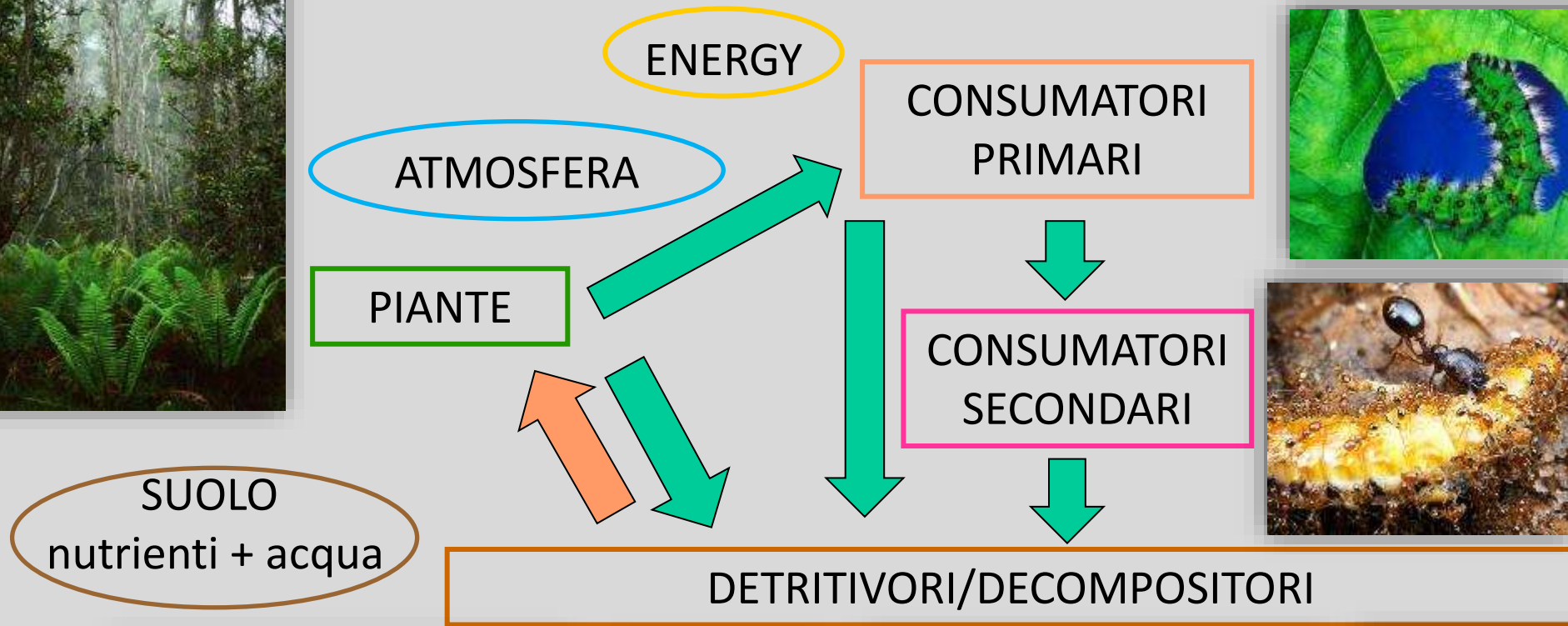
Peso rettili = 1%

Peso anfibi = 1%



- In ogni momento ci sono 1×10^{18} insetti vivi sul pianeta
- Per ogni uomo vivente ci sono 200 milioni di insetti
- Per ogni Kg di uomo ci sono 135 kg di insetti

ECOSISTEMI NATURALI



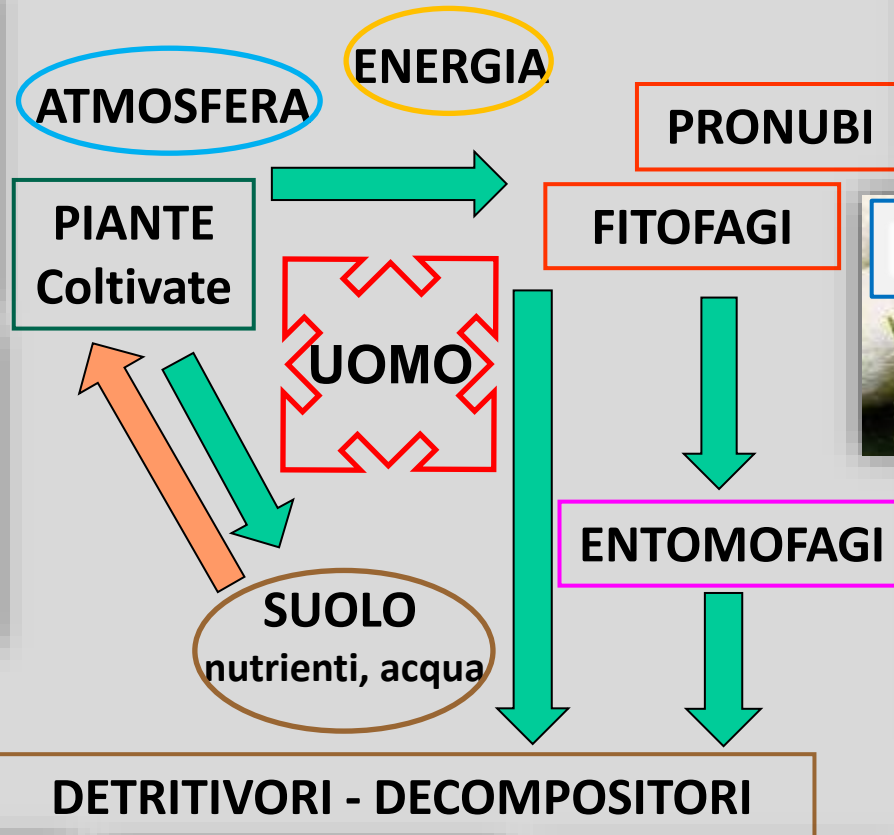
IN NATURA NON ESISTONO RIFIUTI!

QUALI INSETTI SI ALLEVANO? PERCHÈ?

AGRO-ECOSISTEMA



ECOSISTEMA URBANO



A) Impollinazione

B) Ottenere materiali (non edibili)

C) Ottenere cibo/mangimi

D) Lotta biologica

E) Scopi medici/scientifici

Apis mellifera



PRONUBI ALLEVATI

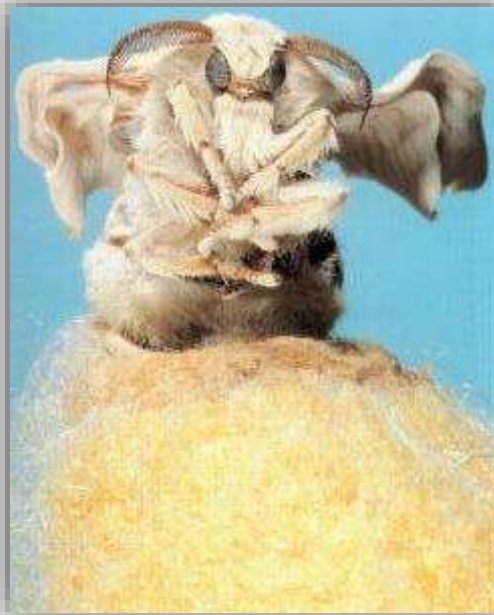
Bombus spp.



Insetti allevati per ottenere tessuti



Bombyx mori (Baco da seta)



Antheraea assamensis (Lepidoptera, Saturnidae)



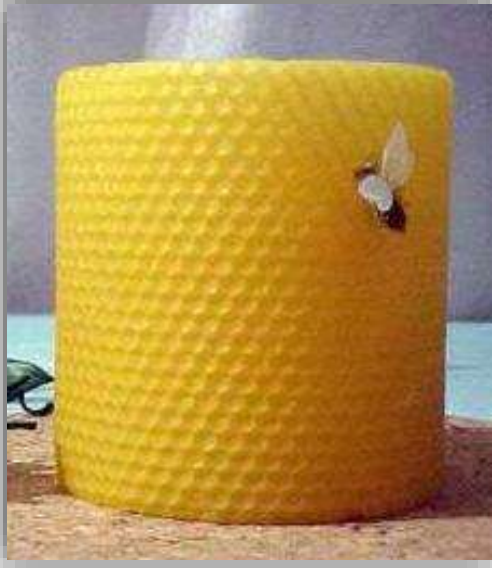
L'allevamento di bachi da seta ha **origine in Cina nel Neolitico** (5000-3000 a.C.)



Pregiata seta di Tussar



Insetti allevati per ottenere altri materiali



Apicoltura: produzione di miele, cera, polline, pappa reale, propoli e veleno



Dalle Cocciniglie:

- Rosso carminio: colorante prodotto da *Dactylopius coccus* usato per industria alimentare e cosmetica
- Cera lacca: resina prodotta da *Kerria lacca*
- Manna: melata prodotta da *Trabutina mannipara*



Dactylopius coccus



Kerria lacca



Trabutina mannipara

ENTOMOFAGI ALLEVATI per lotta biologica



Coccinellidae



Anthocoris nemoralis



Trissolcus japonicus

E. Costi

Sphalangia cameroni



S. D'Arco



Chrisoperla spp.



Trichogramma spp.

Da decompositori a ...microchirurghi benefici



Lucilia sericata adulto e pupe



Lucilia sericata larva matura



Capo di larva di *Lucilia sericata*

➤ Alcune **larve di ditteri** (es. *Lucilia sericata*) vengono allevate in condizioni sterili e utilizzate come **microchirurghi**, che **rimuovono selettivamente i tessuti morti ed eliminano i batteri patogeni**, favorendo la guarigione di ferite particolarmente difficili, come quelle da diabete o da ustioni, **facilitando la guarigione di infezioni altrimenti incurabili**.

➤ Non è consentito in Italia, ma è diffuso negli USA, nel Regno Unito e in altri paesi.



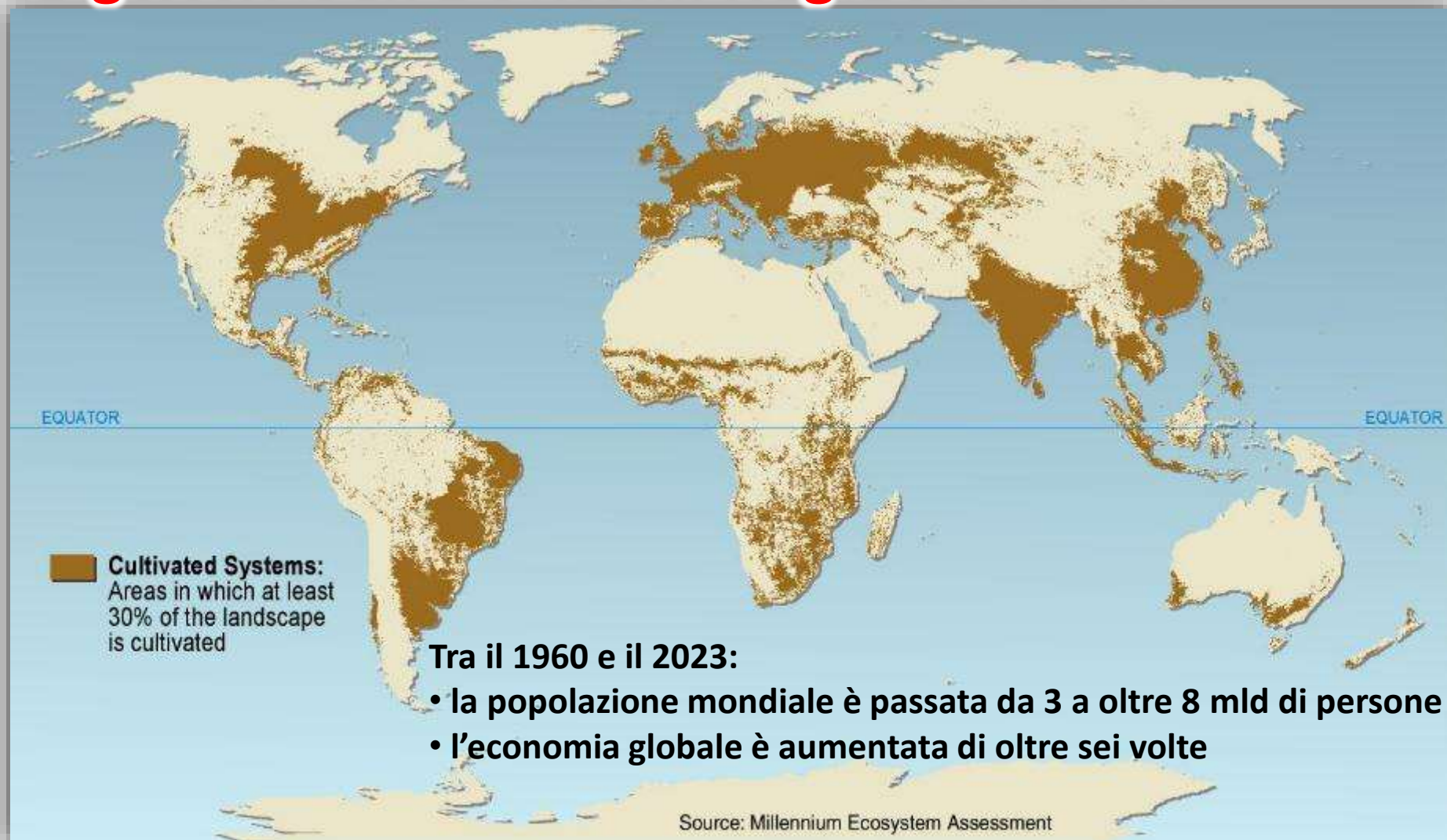
Come l'agricoltura ha trasformato gli ecosistemi

Molto più terreno è stato convertito in terre coltivate nei 30 anni dopo il 1950 rispetto ai 150 anni tra il 1700 e il 1850.

➤ **I sistemi coltivati*** coprono oltre il 30% della superficie terrestre totale

➤ **Il 70% di questi è usato per l'allevamento di bestiame**

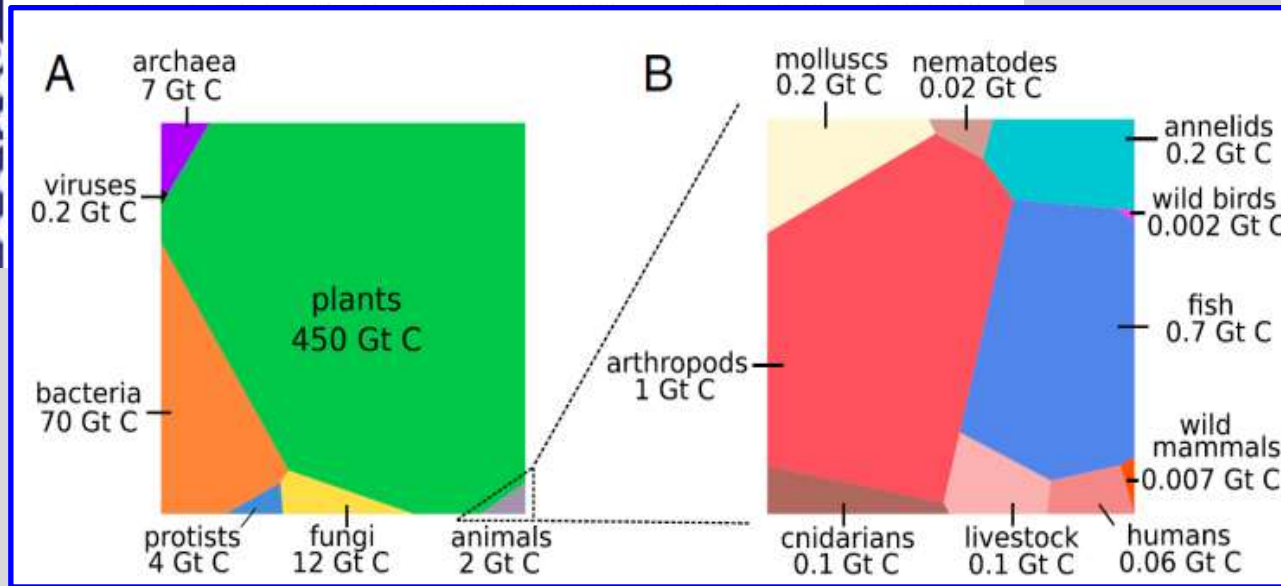
*Definiti come aree in cui almeno il 30% del paesaggio è gestito dall'uomo, includendo sia le aree coltivate, che quelle in cui si ha allevamento di animali in ambienti terrestri o acquatici confinati (acquacoltura)



Il cambiamento degli ecosistemi ha apportato benefici sostanziali, ma anche una serie di conseguenze negative...

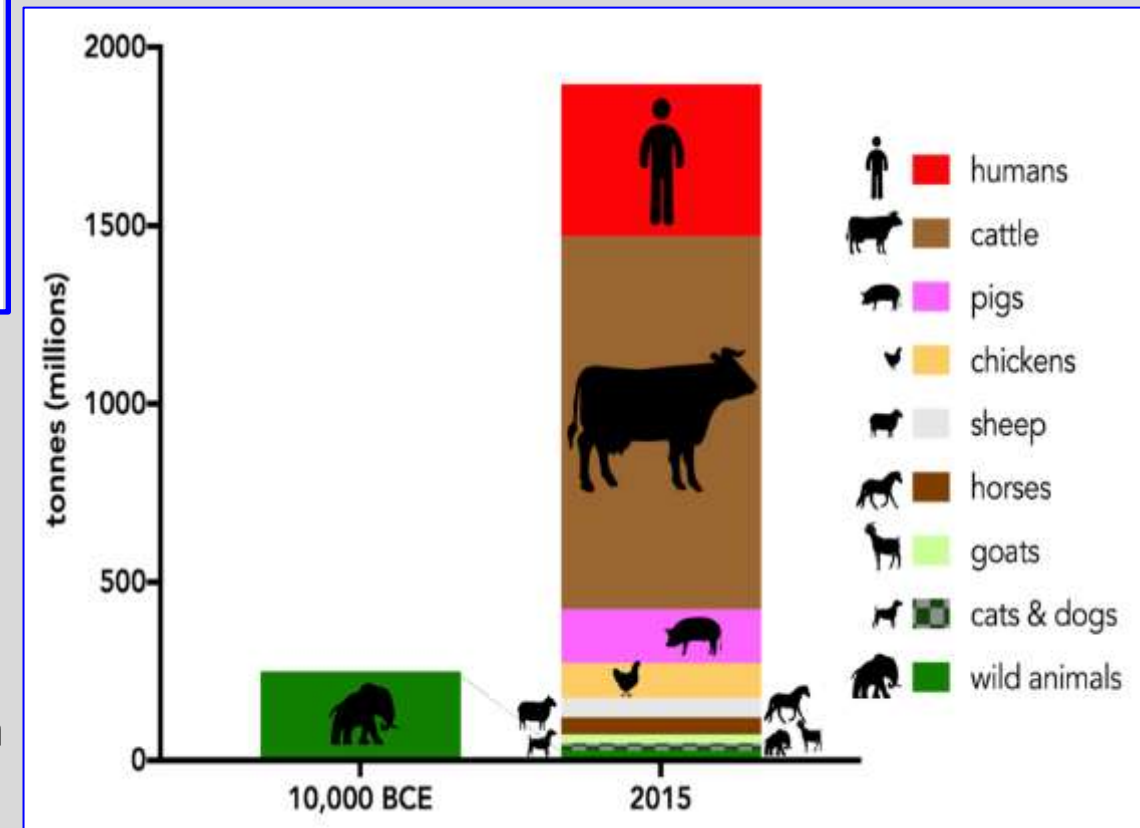
The biomass distribution on Earth

Yinon M. Bar-On^a, Rob Phillips^{b,c}, and Ron Milo^{a,1}



UNA SOLA SPECIE STA PORTANDO AL DECLINO DI MIGLIAIA DI ALTRE

- 8 miliardi di persone = 0,01% di tutti gli organismi viventi
- L'umanità ha causato la perdita di biomassa dell'83% di tutti i mammiferi selvatici e della metà delle piante
- Bovini e suini d'allevamento = 60% di tutti i mammiferi
- Pollame d'allevamento = 70% di tutti gli uccelli del pianeta
- Uccelli e mammiferi selvatici = 4%

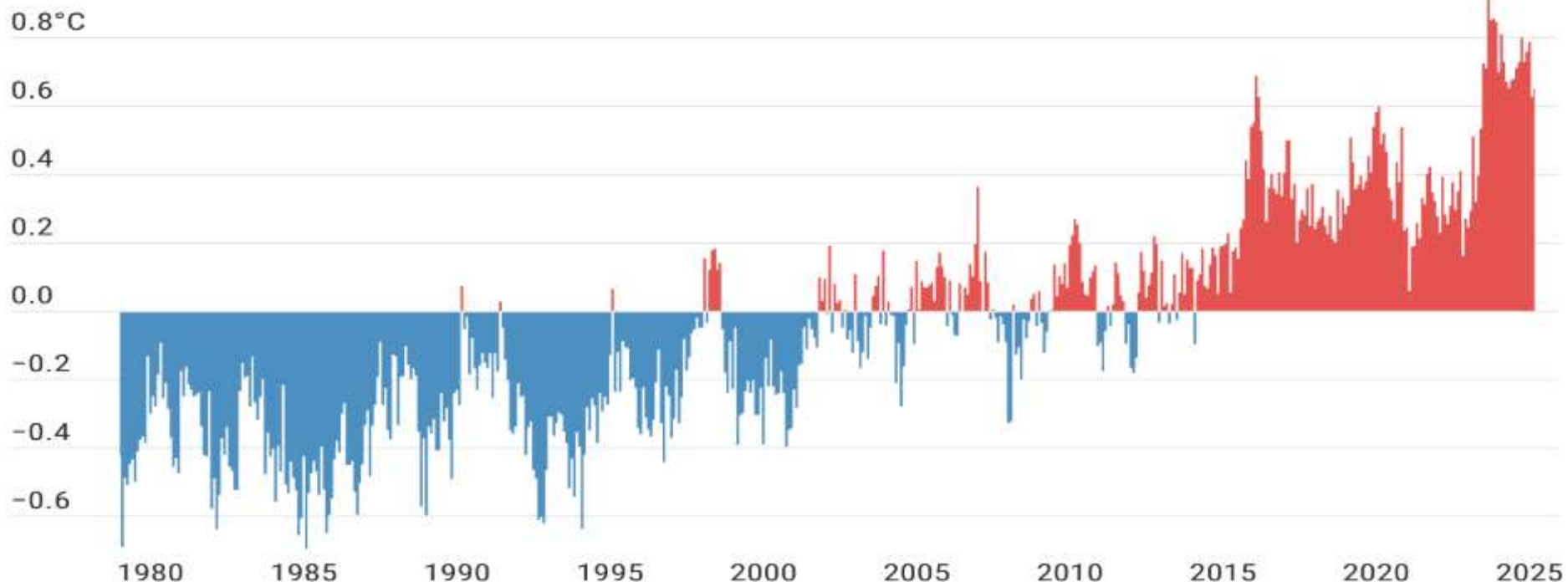


CRISI CLIMATICA: anomalie di temperatura



Global surface air temperature anomalies

Data source: ERA5 • Reference period: 1991–2020 • Credit: C3S/ECMWF



Select one option for:

☐ March ☒ all months ☐ 12-month average



PROGRAMME OF
THE EUROPEAN UNION

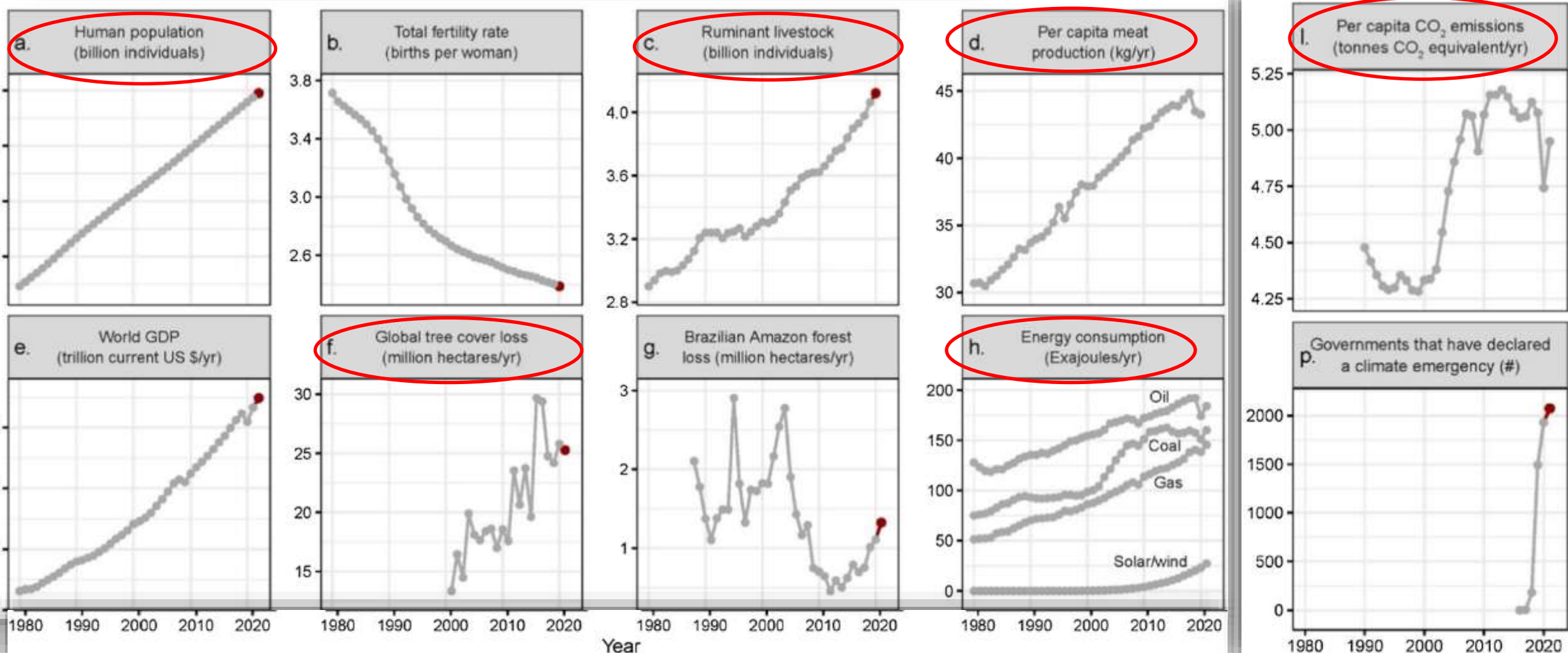


INFRASTRUCTURE



World Scientists' Warning of a Climate Emergency 2022

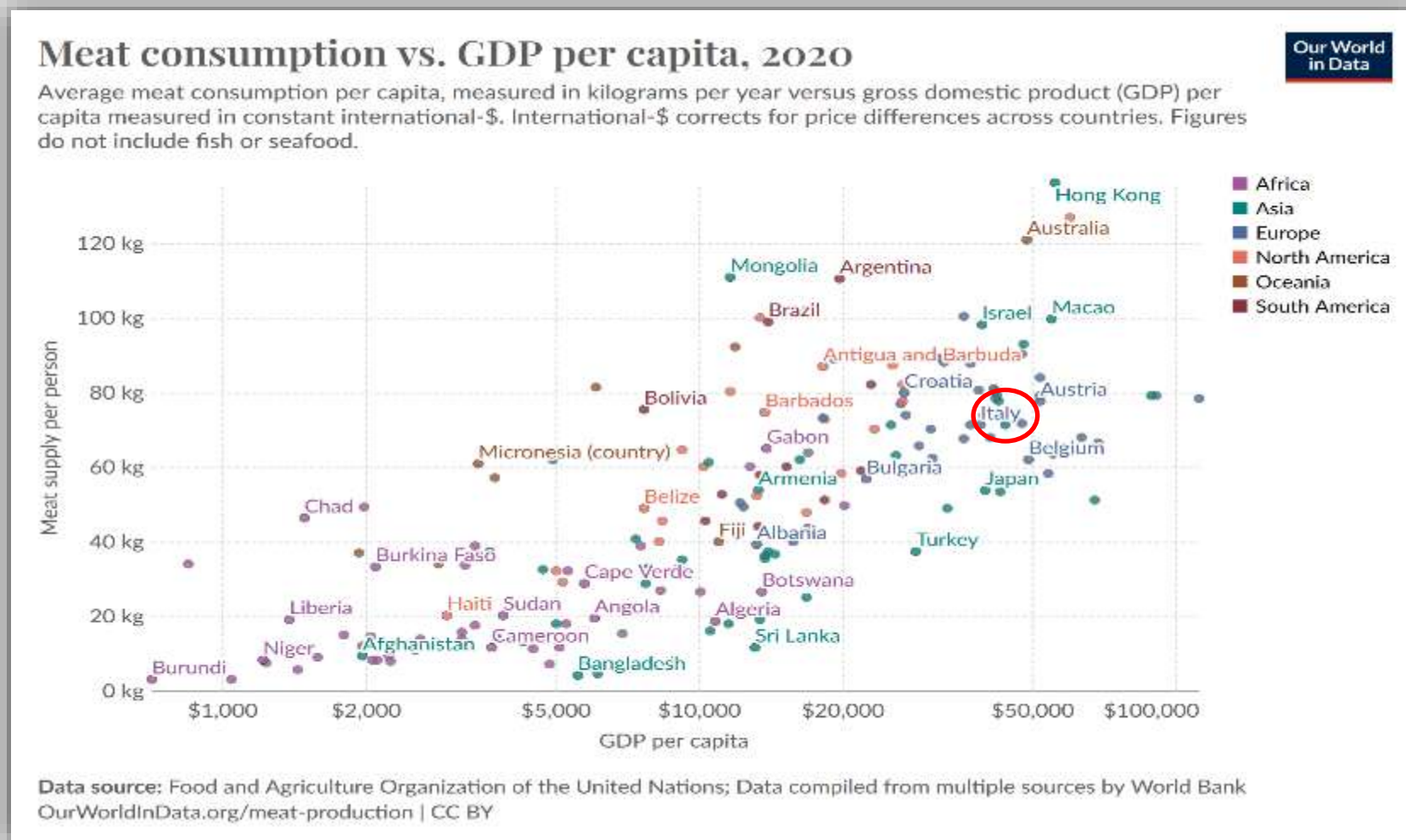
Change in global human activities (1979-2021)



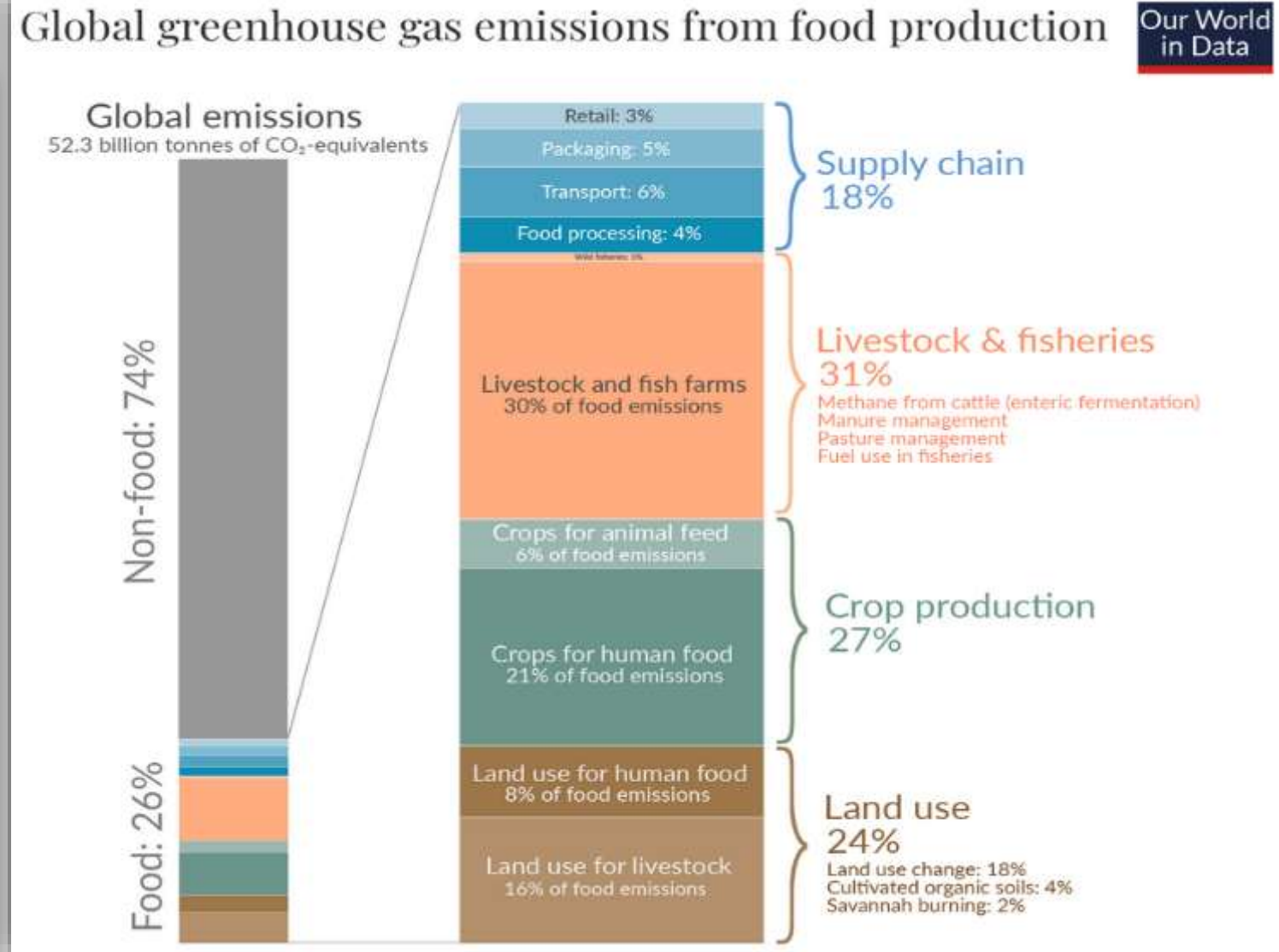
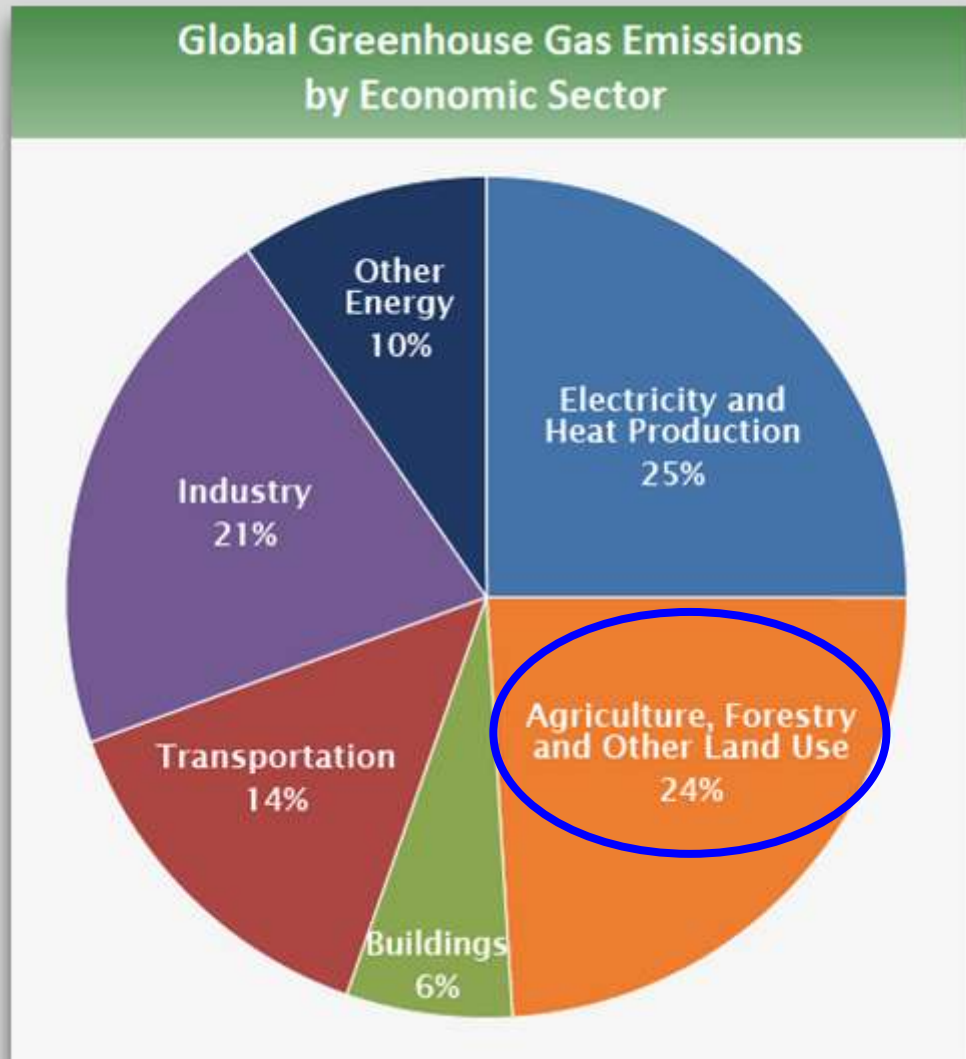
Ripple et al., 2022, *BioScience*, <https://doi.org/10.1093/biosci/biac083>

Consumo di carne nel mondo

Sebbene produca fino a 58 milioni di tonnellate di proteine animali all'anno, il bestiame consuma più di 77 milioni di tonnellate di proteine vegetali.



Emissioni di GHG globali e dall'agricoltura

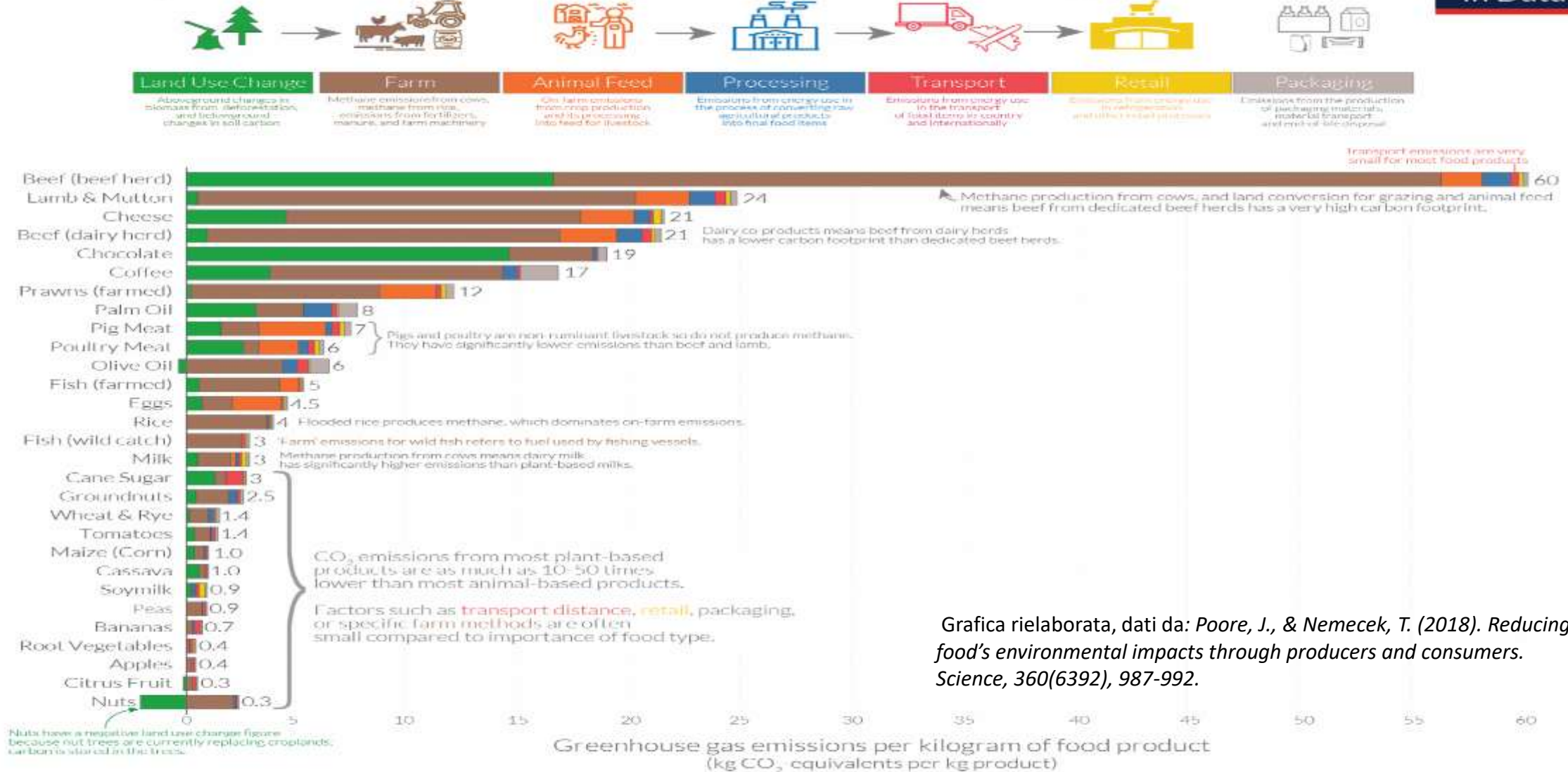


Grafica rielaborata, dati da: Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987-992.

Emissioni di gas serra per tipo di cibo

Food: greenhouse gas emissions across the supply chain

Our World
in Data



Grafica rielaborata, dati da: Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987-992.

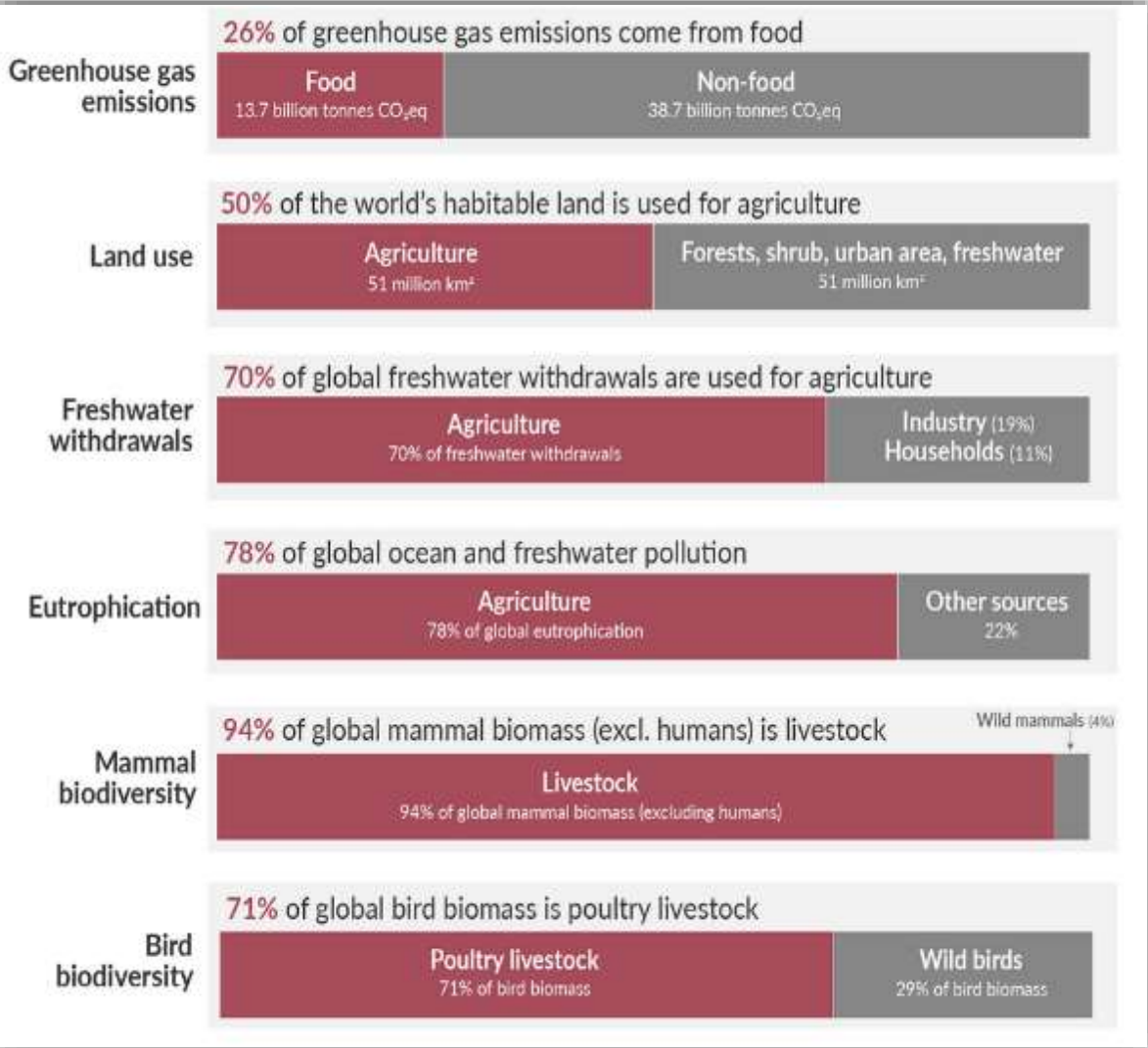
Note: Greenhouse gas emissions are given as global average values based on data across 38,700 commercially viable farms in 119 countries.

Data source: Poore and Nemecek (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*. Images sourced from the Noun Project.

OurWorldinData.org - Research and data to make progress against the world's largest problems.

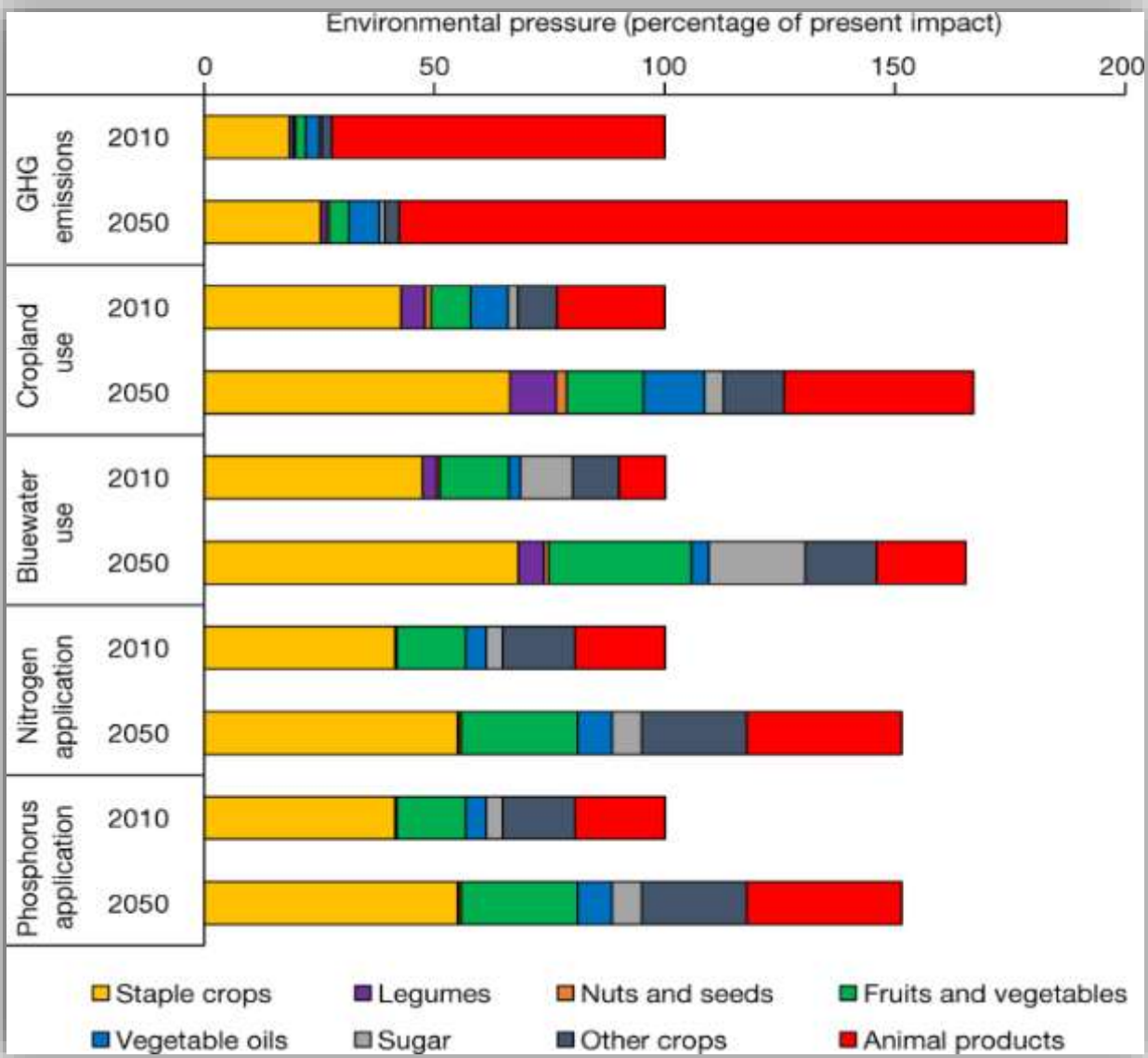
Licensed under CC-BY by the author Hannah Ritchie.

Impatti ambientali di agricoltura e cibo



Grafica rielaborata, dati da: Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. Science, 360(6392), 987-992.

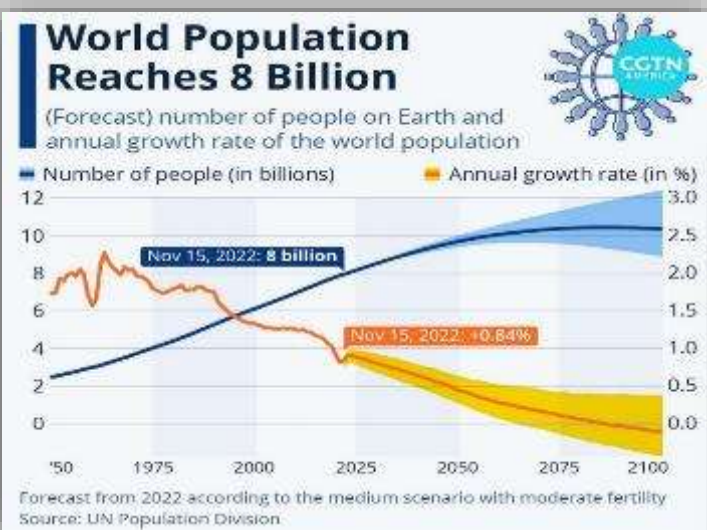
Pressioni ambientali attuali (2010) e previste (2050) su cinque domini ambientali, divisi per gruppo alimentare



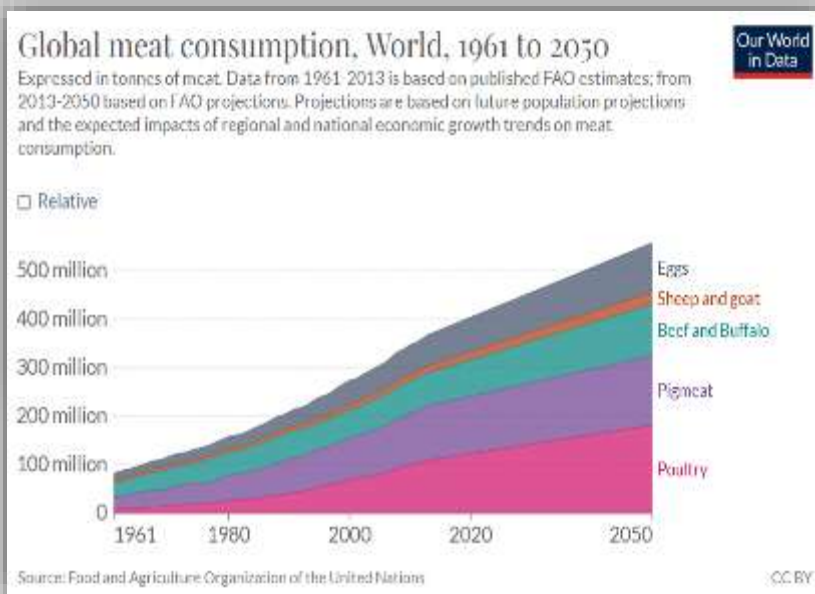
Springmann, M., Clark, M., Mason-D'Croz, D. et al. Options for keeping the food system within environmental limits. Nature 562, 519–525 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0594-0>

Le stime per il futuro

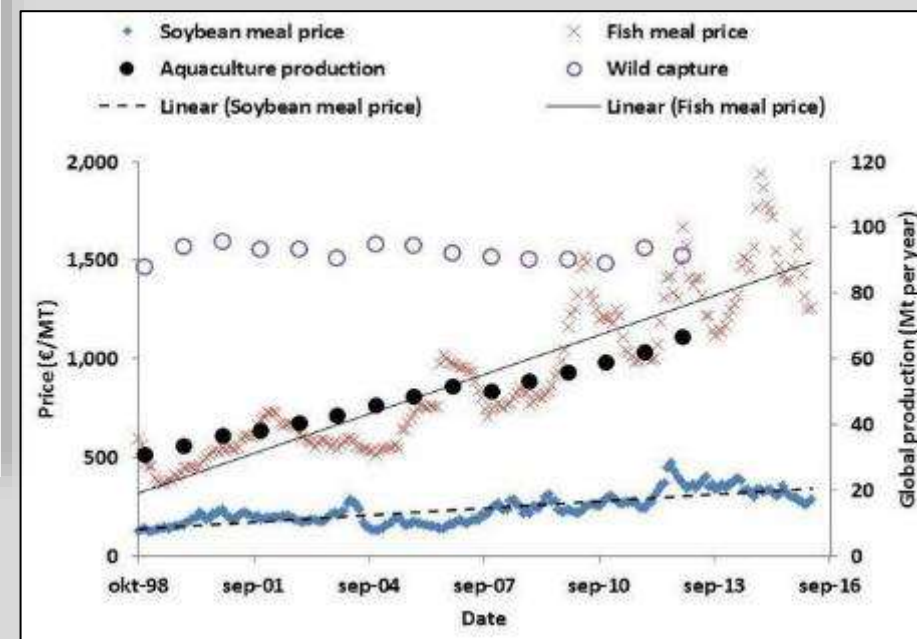
Incremento della popolazione



Incremento dei consumi di carne



Incremento dei prezzi dei mangimi



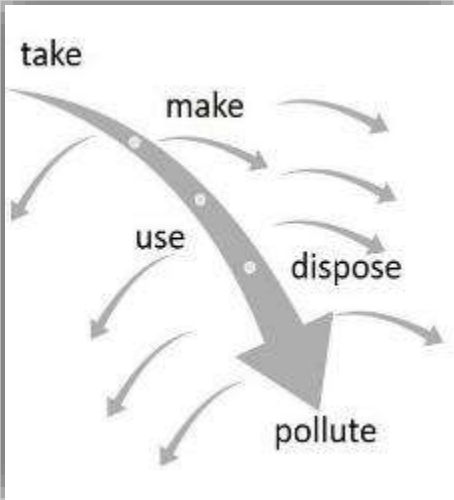
Prezzi di farina di pesce e farina di soia nel tempo e cattura globale di pesci selvatici e produzione di acquacoltura (FAO, IndexMundi)

Secondo la FAO entro il 2050:

- il consumo di carne/pesce è destinato ad aumentare del 50-76%
- il consumo di mangime aumenterà del 70%
- la disponibilità di materie prime per mangimi diminuirà sempre più.
- la superficie terrestre non sarà più sufficiente per sostenere tutto il bestiame da cui ricavare la carne

ECOSISTEMI GESTITI DALL'UOMO

ECONOMIA LINEARE



PIANTE

ATMOSFERA

ENERGIA

UOMO

ERBIVORI

CONSUMATORI
SECONDARI,
ONNIVORI

PRODOTTI LAVORATI

MATERIALI ORGANICI
DI SCARTO

TERRENO
nutrienti + acqua

SOTTOPRODOTTI

RIFIUTI ALIMENTARI

LETAME

CARCASSE

RECUPERO PARZIALE

BIOGAS

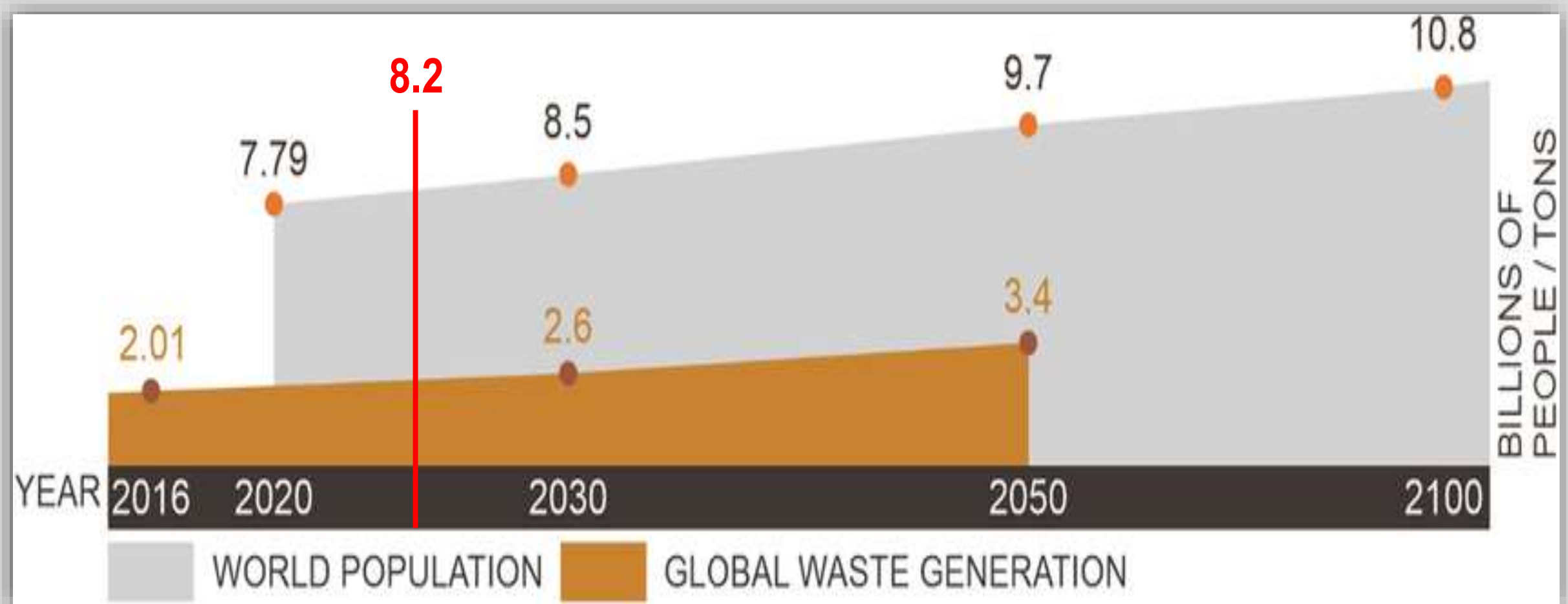
DISCARICA

INCENERITORE

DECOMPOSITORI?



Popolazione umana nel mondo e generazione di rifiuti solidi urbani



Leite R. et al. <https://doi.org/10.1007/s42824-021-00032-4>, with data from UN (2020) and World Bank Group (2018)

I numeri della vergogna...

The world
wasted **1.05 billion tonnes**
of food in
2022.

That is **1/5 of all**
the food available
to consumers.

UN
environment
programme

Status in 2019

Food available for
consumption

5.3 billion tonnes

Food waste

931

mn tonnes

(17% of

available

food)

Global annual per
capita food wastage
at household level



74
kg

Status in 2022

Food available for
consumption

5.5 billion tonnes

Food waste

1.05

bn tonnes

(19% of

available

food)

Global annual per
capita food wastage
at household level



79
kg

Food Waste Index Report 2024

HOUSEHOLDS WASTE THE MOST

Food available for
consumption:

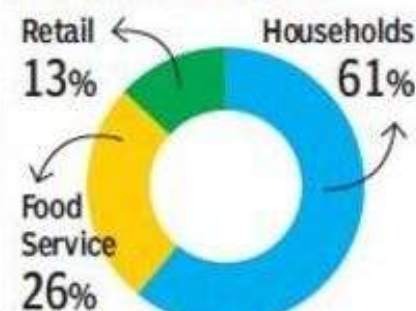
5.3 billion tonnes

Food waste:

931 million tonnes
(17% of available food)

(weight roughly equals that of 23
million fully loaded 40-tonne trucks
– bumper-to-bumper, enough to
circle the Earth 7 times)

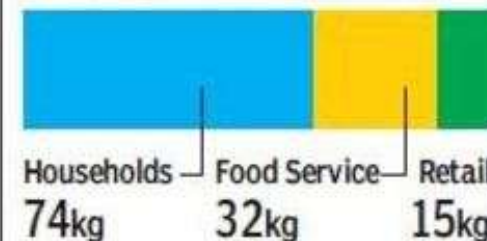
SOURCE OF GENERATED WASTE
AND % OF TOTAL WASTE



ANNUAL PER CAPITA FOOD
WASTAGE (GLOBALLY):

121kg

Annual per capita food wastage at:



COUNTRY-WISE ANNUAL PER CAPITA FOOD WASTAGE AT HOUSEHOLDS (Country and kg/capita/year)

GLOBAL (worst five)

Nigeria	189
Rwanda	164
Greece	142
Bahrain	132
Malta	129

Other Countries

Israel	100
UAE	95
South Korea	71
China	64
Russia	33

G-7 Countries

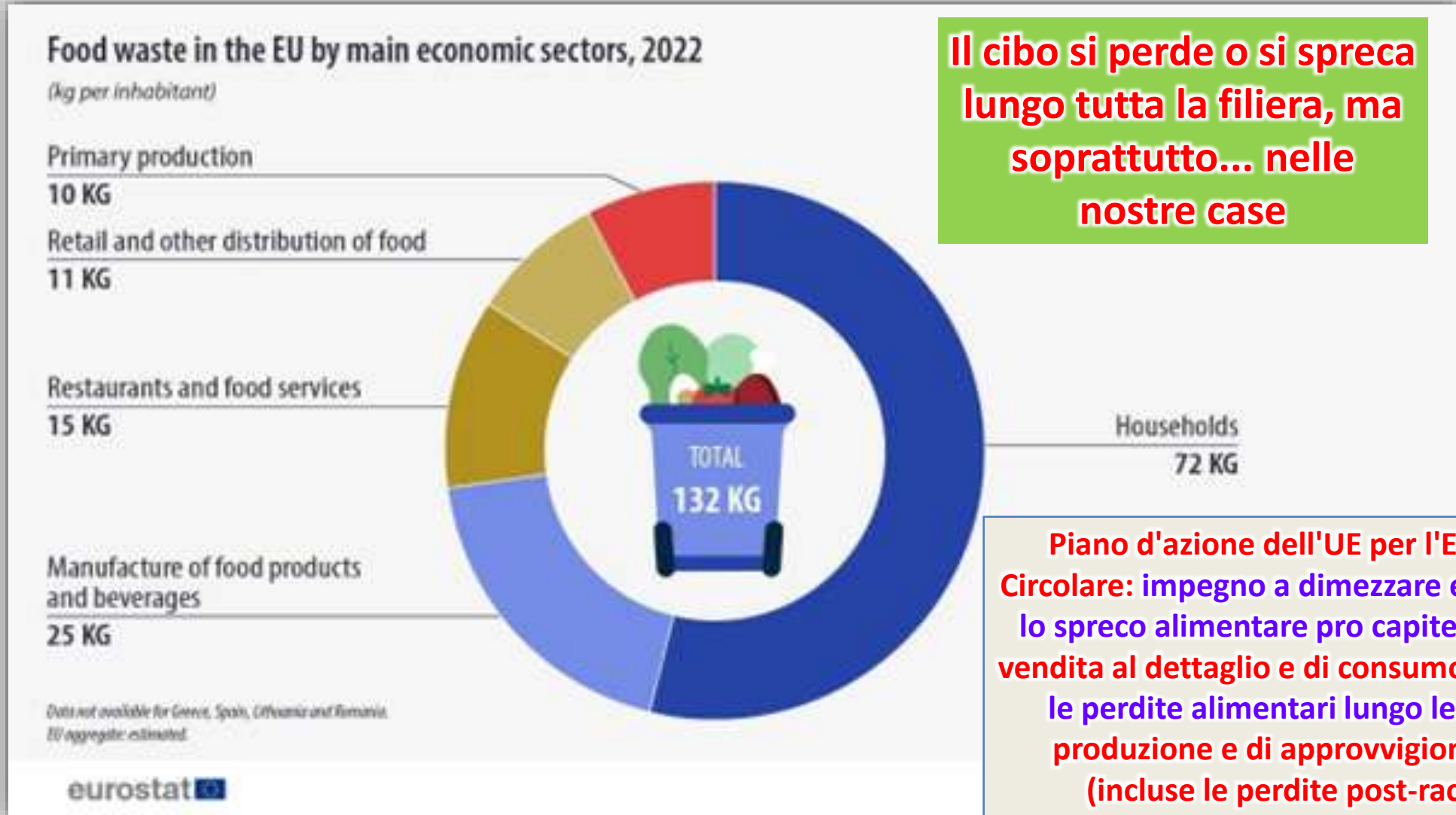
France	85
Canada	79
UK	77
Germany	75
Italy	67
Japan	64
USA	59

SOUTH ASIA

Afghanistan	82
Bhutan	79
Nepal	79
Sri Lanka	76
Pakistan	74
Maldives	71
Bangladesh	65
India	50

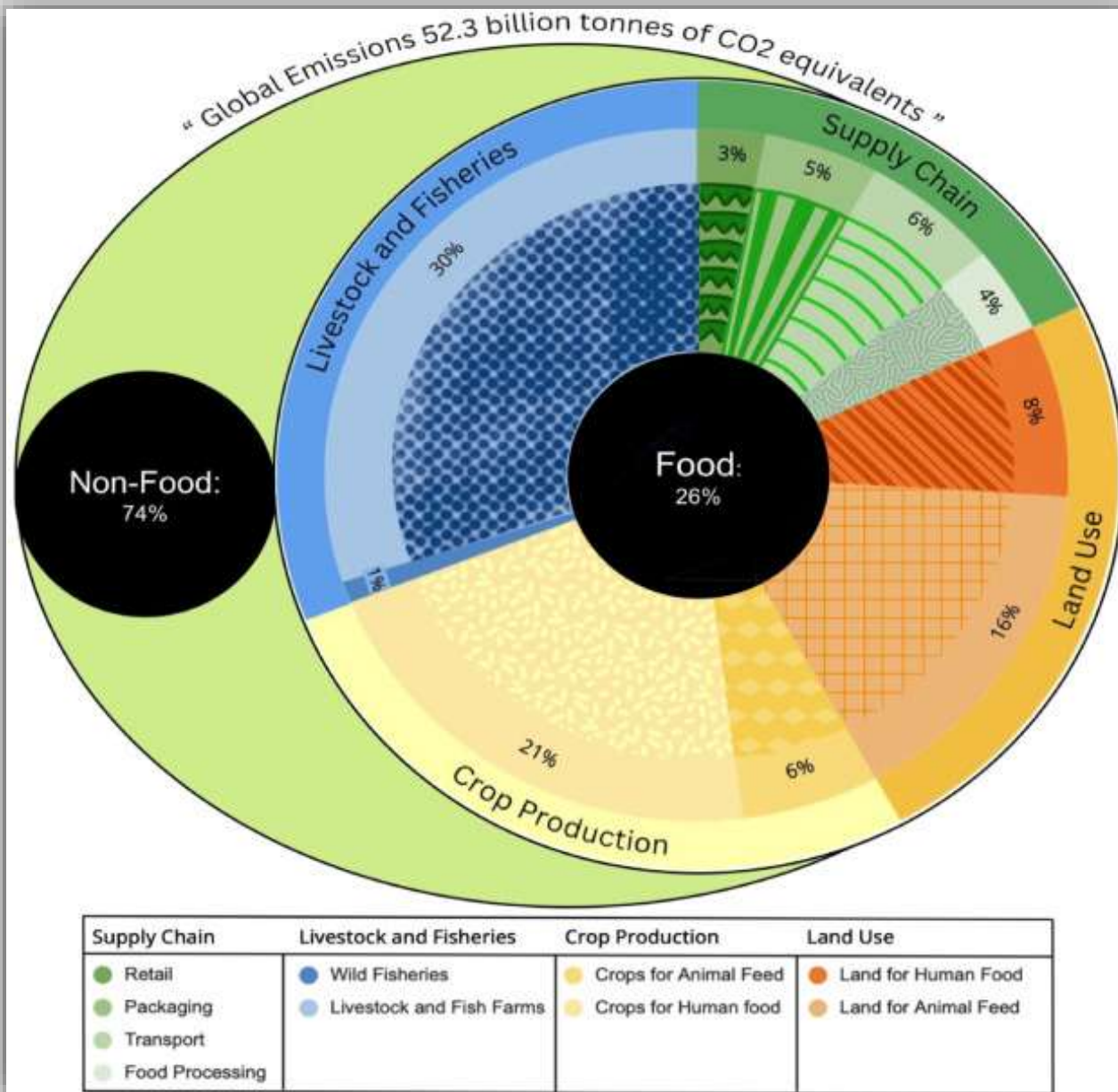
...mentre 783 milioni di persone soffrono la fame
e 1/3 della popolazione globale vive una
condizione di insicurezza alimentare

Lo spreco alimentare in Europa



https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Food_waste_and_food_waste_prevention_-_estimates

Spreco alimentare e cambiamento climatico



Food loss and waste also amount to a major squandering of resources, including:



water



land



energy

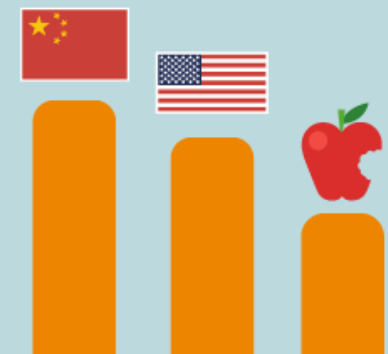


labour and capital

and needlessly produce
GREENHOUSE GAS EMISSIONS, contributing to
GLOBAL WARMING and **CLIMATE CHANGE**.

www.fao.org/save-food

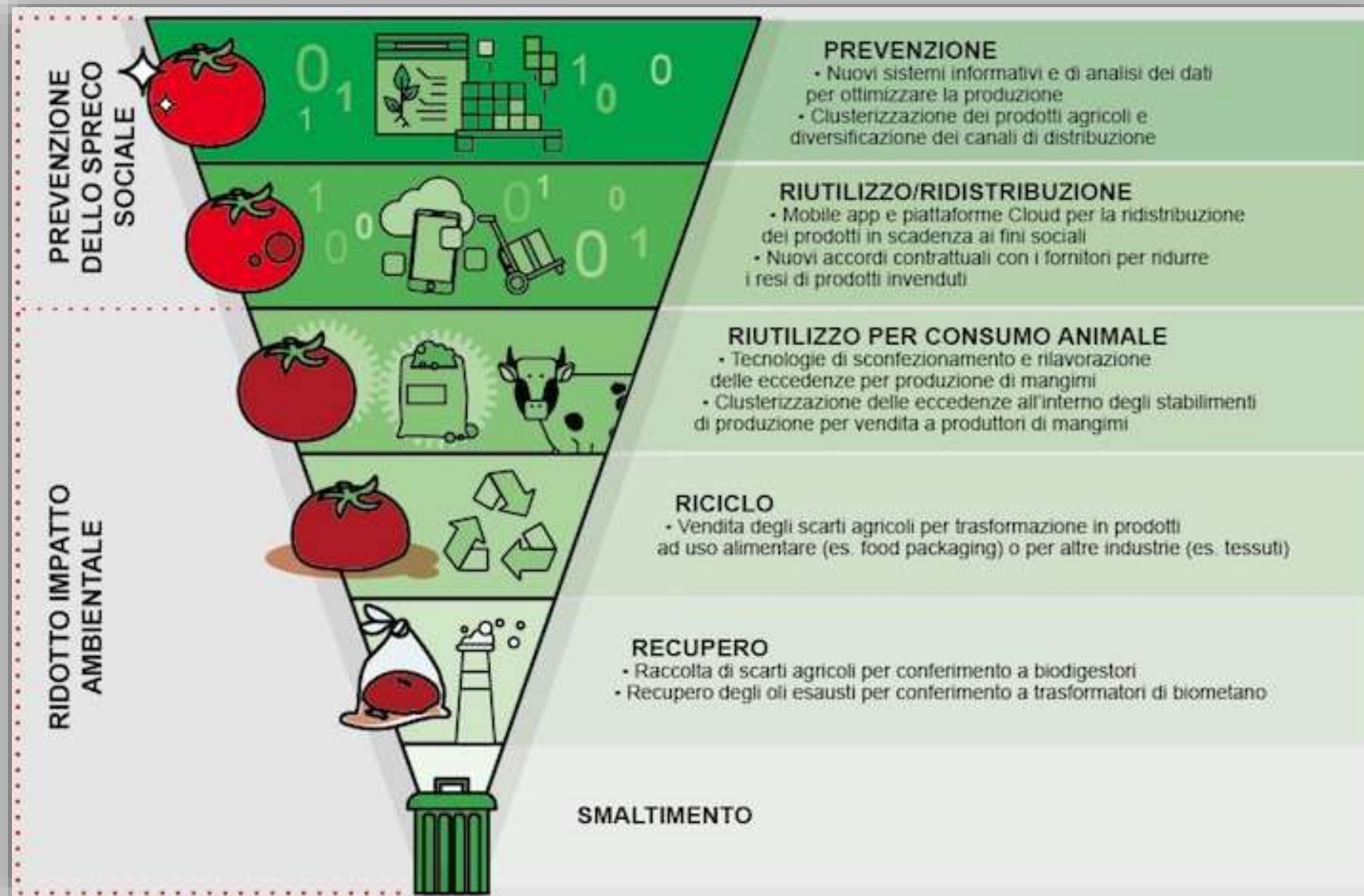
SAVE FOOD: Global Initiative on Food Loss and Waste Reduction



If food loss & waste were a country, it would be the **3rd biggest** source of greenhouse gas emissions.

Varjani S. et al., 2024. Nexus of food waste and climate change framework: Unravelling the links between impacts, projections, and emissions. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.123387>.

La gerarchia del recupero alimentare



Alternative che valorizzino gli scarti organici???

GARANTIRE LA SOSTENIBILITÀ AGROALIMENTARE: SFIDE DA AFFRONTARE

GESTIRE RAZIONALMENTE GLI
ORGANISMI "INFESTANTI"

CARENZA DI PROTEINE
CARENZA DI LIPIDI

RIDURRE IL CONSUMO
DI SUOLO

NUTRIRE UNA
POPOLAZIONE IN CRESCITA

FERTILIZZARE IL SUOLO IN
MODO EFFICIENTE

RIDURRE IL CONSUMO
DI ENERGIA

RIDURRE IL CONSUMO
DI ACQUA

RIDURRE LE EMISSIONI DI
ANIDRIDE CARBONICA

RIDURRE/VALORIZZARE GLI
SCARTI E RIFIUTI (ORGANICI)

QUALI SOLUZIONI?

LE 10 soluzioni chiave per mitigare la crisi climatica

COME?

Necessario cambiare il modo in cui ci alimentiamo!!!

- Ridurre il consumo di cibi di origine animale
- Incrementare il consumo di vegetali (soprattutto ortaggi, legumi, frutta secca oleosa)

NECESSARIO INDIVIDUARE FONTI PROTEICHE ALTERNATIVE

- Carne coltivata
- Micoproteine
- Alghe (micro e macroalghe)
- **Insetti**



Source: IPCC AR6.



WORLD RESOURCES INSTITUTE

Specie di insetti usati come cibo per l'uomo nel mondo

Recorded edible insect species, by country



Source: Centre of Geo Information by Ron van Lammeren, Wageningen University, based on data compiled by Yde Jongema, 2017

version: 170402

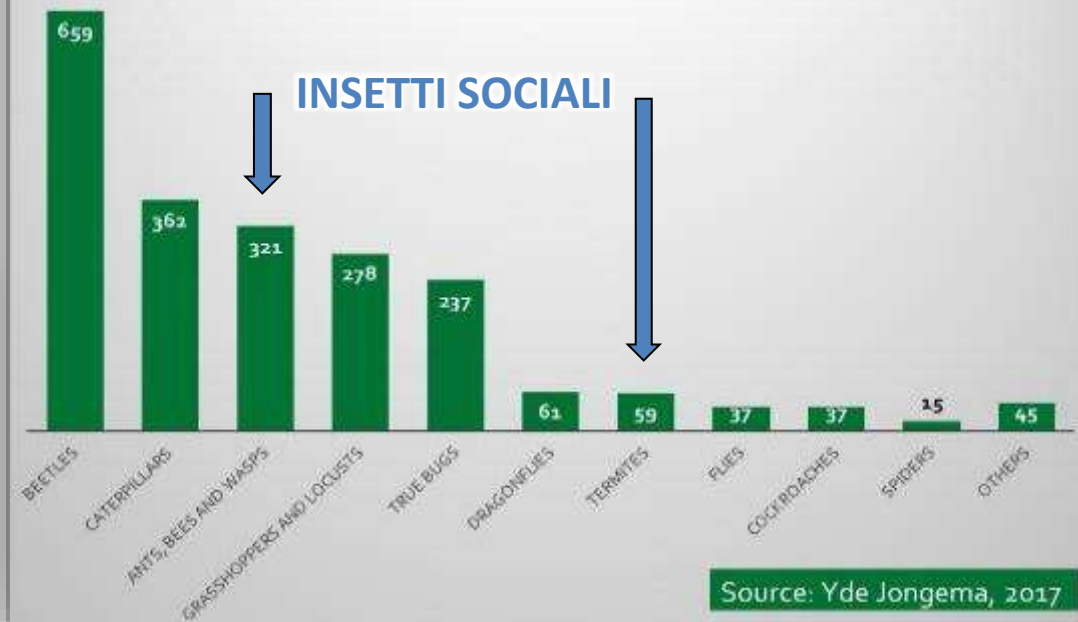


Formiche otri *Myrmecocystus* spp.



Grilli e cavallette di diverse specie

Number of recorded edible insect species per group in the world (number: 2111)



Il verme del Mopane
Gonimbrasia belina



Rhyncophorus spp.



Sciamatura di alati di termiti

Antropo-entomofagia nel mondo

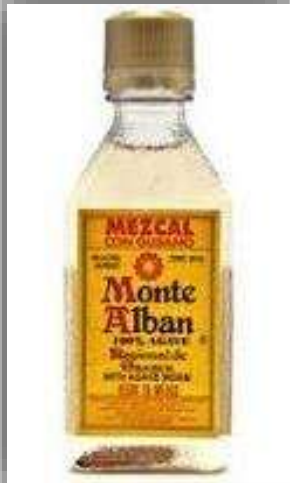
RACCOLTA DI INSETTI DALLA NATURA



Le cimici d'acqua giganti (Belostomatidae, come *Lethocerus indicus*), sono tradizionalmente consumate in vari modi in **Tailandia, Vietnam, Filippine**.



I "Chapulines" sono (*Sphenarium spp.*), sono raccolte e preparate con agave, sale, spezie e comunemente mangiate in **Messico** come snacks



MEZCAL con Gusano: in Messico questo distillato di agave è prodotto con il bruco *Comadia redtenbacheri* (gusano rojo, che dà il tipico colore rosato



"Chicatanas" in Messico e "Hormigas culonas" in **Colombia** sono le femmine alate sciamanti di formiche tagliafoglie (*Atta spp.*), che sono considerate vere e proprie prelibatezze e vengono cucinate in molti modi (fritte, in salsa, con cioccolato, ecc.)

Annals of the Entomological Society of America, 112(6), 2019, 552-559

doi: 10.1093/aesa/saz018

Advance Access Publication Date: 11 September 2019

Special Collection

Special Collection: Insects as Food and Feed

The Cultural Importance of Edible Insects in Oaxaca, Mexico

Kayla J. Hurd,¹ Shruti Shertukde,² Trevor Toia,³ Angelina Trujillo,⁴ Ramona L. Pérez,^{3,4} David L. Larom,⁵ John J. Love,⁶ and Changqi Liu^{2,7}

Valori nutritivi (porzione di 100 grammi)

GRILLI
Calories: 121
Protein: 12.9 g
Fat: 5.5 g
Carbohydrates: 5.1 g
Ca: 75.8 mg
Fe: 9.5 mg

CAVALLETTE
Calories: 104
Protein: 14.3 g
Fat: 3.3 g
Carbohydrates: 3.9 g
Ca: 35.2 mg
Fe: 5.0 mg

BRUCHI
Calories: 370
Protein: 28.2 g
Fat: 40 g
Carbohydrates: 0 g
Fe: 13.1 mg

BACO da SETA - Pupe
Calories: 100
Protein: 9.6 g
Fat: 5.6 g
Carbohydrates: 0 g
Ca: 41.7 mg
Fe: 1.8 mg

TERMITI
Calories: 613
Protein: 14.2 g
Fat: 61.8 g
Carbohydrates: 0 g
Fe: 35.5 mg

FORMICHE ROSSE
Calories: 121
Protein: 13.9 g
Fat: 3.5 g
Carbohydrates: 2.9 g
Ca: 47.8 mg
Fe: 5.9 mg

CURCULIONIDI - Larve
Calories: 370
Protein: 6.7 g
Fat: 38 g
Carbohydrates: 0 g

COLEOTTERI STERCORARI
Calories: 131
Protein: 17.2 g
Fat: 4.3 g
Carbohydrates: 5.1 g
Ca: 30.9 mg
Fe: 7.7 mg

MANZO
Calories: 293
Protein: 16 g
Fat: 25 g
Carbohydrates: 0 g
Ca: 21 mg
Fe: 1.9 mg

MERLUZZO
Calories: 82
Protein: 17.81 g
Fat: 0.67 g
Carbohydrates: 0 g
Ca: 16 mg
Fe: 0.4 mg

GAMBERETTI
Calories: 106
Protein: 20.31 g
Fat: 1.73 g
Carbohydrates: 0.91 g
Ca: 52 mg
Fe: 2.41 mg

CALAMARI
Calories: 92
Protein: 15.58 g
Fat: 1.38 g
Carbohydrates: 3.08 g
Ca: 32 mg
Fe: 0.68 mg

Quanti insetti mangiate???

Si calcola che ogni anno indirettamente (e senza saperlo!)
ognuno di noi ingerisca 500-1000 g di insetti!!!

Svantaggi della raccolta di insetti dalla natura

- Si tratta di **risorse imprevedibili e non continue nel tempo**:
 - Stagionalità
 - Fluttuazioni demografiche
 - Sovra-sfruttamento
 - Difficile conservazione
- **Gli habitat per gli insetti raccolti sono spesso in pericolo** (frammentazione dell'habitat, inquinamento, cambiamento climatico) e le popolazioni in calo
- La **sicurezza alimentare è difficile da garantire**: gli **insetti raccolti** potrebbero essere **contaminati da sostanze chimiche nocive e/o agenti patogeni**

Migliore soluzione:
ALLEVAMENTI DI INSETTI



INSECT FARMING: caratteristiche dei candidati ottimali

Caratteristiche biologiche

- Devono avere un tasso di riproduzione elevato e buona percentuale di sopravvivenza
- Elevato numero di generazioni/anno (no diapausa)
- Non essere facilmente soggetti a malattie
- La loro biologia e comportamento devono essere studiati accuratamente

Caratteristiche di qualità e sicurezza

- Avere un ottimo valore nutritivo in termini di contenuto di proteine, grassi, vitamine e sali minerali
- Non devono contenere sostanze tossiche/contaminanti
- Dovrebbero essere appetibili da parte di uomo e animali

Caratteristiche "industriali"

- Si possono alimentare con materiali organici di scarto non attualmente utilizzati come alimenti o mangimi (scarti/sottoprodotti agro-alimentari)
- Essere facili da allevare negli impianti industriali
- Il loro allevamento deve chiedere poco spazio (es. su scaffali impilabili), poca acqua, poca energia

INSETTI PER VALORIZZARE SCARTI ALIMENTARI



Insect farming: i candidati ottimali

Coleoptera, Tenebrionidae

"vermi gialli della farina": MEALWORMS



Tenebrio molitor



DE GRUYTER

Z. Naturforsch. 2017; 72(9–10)c: 337–349

Thorben Grau, Andreas Vilcinskas and Gerrit Joop*

Sustainable farming of the mealworm *Tenebrio molitor* for the production of food and feed

Insects 2021, 12, 40. <https://doi.org/10.3390/insects12010040>



Article

Use Them for What They Are Good at: Mealworms in Circular Food Systems

Hartmut Derler ^{1,2,*}, Andrea Lienhard ¹, Simon Berner ¹, Monika Grasser ¹, Alfred Posch ² and René Rehorska ¹



agriculture



Agriculture 2020, 10, 599; doi:10.3390/agriculture10120599

Article

Growth Potential of Yellow Mealworm Reared on Industrial Residues

Anna Bordiean ¹, Michal Krzyżaniak ^{2,*}, Mariusz J. Stolarski ³ and Dumitru Peni ⁴

Annals of the Entomological Society of America, 112(6), 2019, 533–543

doi: 10.1093/aesa/saz024

Advance Access Publication Date: 11 September 2019

Special Collection

Special Collection: Insects as Food and Feed

Crude Protein, Amino Acid, and Iron Content of *Tenebrio molitor* (Coleoptera, Tenebrionidae) Reared on an Agricultural Byproduct from Maize Production: An Exploratory Study

Valerie J. Stull ^{1,6}, Marjorie Kersten ², Rachel S. Bergmans ³, Jonathan A. Patz ^{1,4} and Susan Paskewitz ⁵

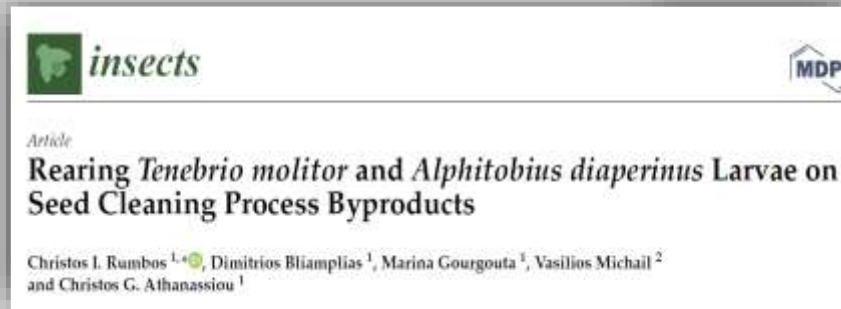
Insect farming: i candidati ottimali

Coleoptera, Tenebrionidae: MEALWORMS

Zophobas morio



Alphitobius diaperinus



Mealworm farming



Insect farming: i candidati ottimali

Orthoptera, Gryllidae: CRICKETS

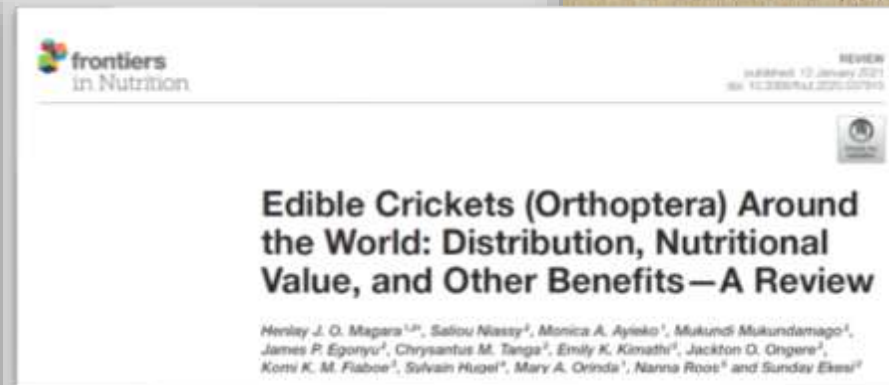
Acheta domesticus



Gryllodes sigillatus



Gryllus assimilis



Journal of Insect Science, (2020) 20(2): 10; 1–10
doi: 10.1093/jisesa/ieaa014
Research

Effect of Diet on the Growth Performance, Feed Conversion, and Nutrient Content of the House Cricket

M. Bawa,¹ S. Songsempong,^{1,3} C. Kaewtapee,² and W. Chanput¹

SCARTI? RIFIUTI? NO! UNA RISORSA!



DITTERI: ruolo cruciale nel riciclo dei rifiuti organici

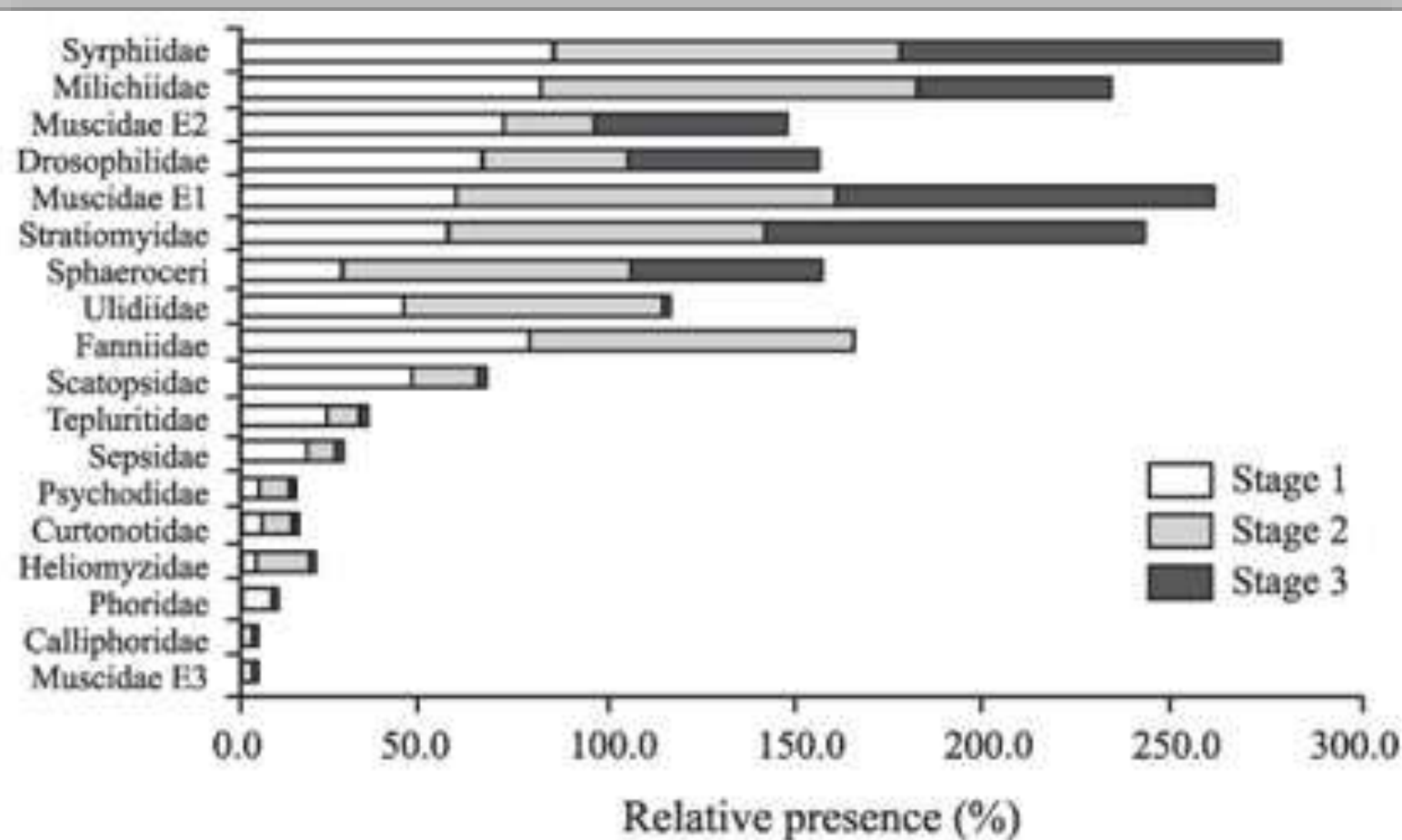


Fig. 4. Relative presence of Diptera larvae during composting process stages. (E1: *S. calcitrans*, E2: *M. domestica*, E3: *O. aenescens*).

Questo articolo valuta la successione degli insetti associata alla **decomposizione dei rifiuti solidi urbani** separati alla fonte.

Lo studio è stato condotto nella città di Medellin, in Colombia.

Sono stati determinati un totale di 11.732 individui, appartenenti alle classi Insecta e Arachnida. Sono state identificate specie di tre ordini di Insetti: Diptera, Coleoptera e Hymenoptera.

I Ditteri, corrispondenti al 98,5% del totale, sono risultati il gruppo più abbondante e diversificato.

Morales & Wolff, 2010. Insects associated with the composting process of solid urban waste separated at the source
<https://doi.org/10.1590/S0085-56262010000400017>

DITTERI (e COLEOTTERI) Sarco-saprofagi e necrofagi: i bioconvertitori per eccellenza



- **Pionieri della cascata di decomposizione:** Agiscono come fattori chiave nel riciclo dei nutrienti negli ecosistemi.
- **Rapida riduzione della biomassa:** Avviene grazie ai tassi di alimentazione voraci delle larve e ai cicli di vita accelerati (principalmente nei Ditteri).
- **Processo a Doppia Azione:** Bioturbazione meccanica del substrato combinata con la degradazione biochimica tramite enzimi.
- **L'intestino larvale come potente bioreattore:** Ospita un microbioma specializzato che scompone la materia organica complessa.
- **Eccellono nell'upcycling di substrati a basso valore:** Li trasformano in due distinti prodotti ad alto valore: biomassa ricca di proteine e lipidi, e frass ricco di nutrienti.

Il ruolo fondamentale del microbiota intestinale nella bioconversione

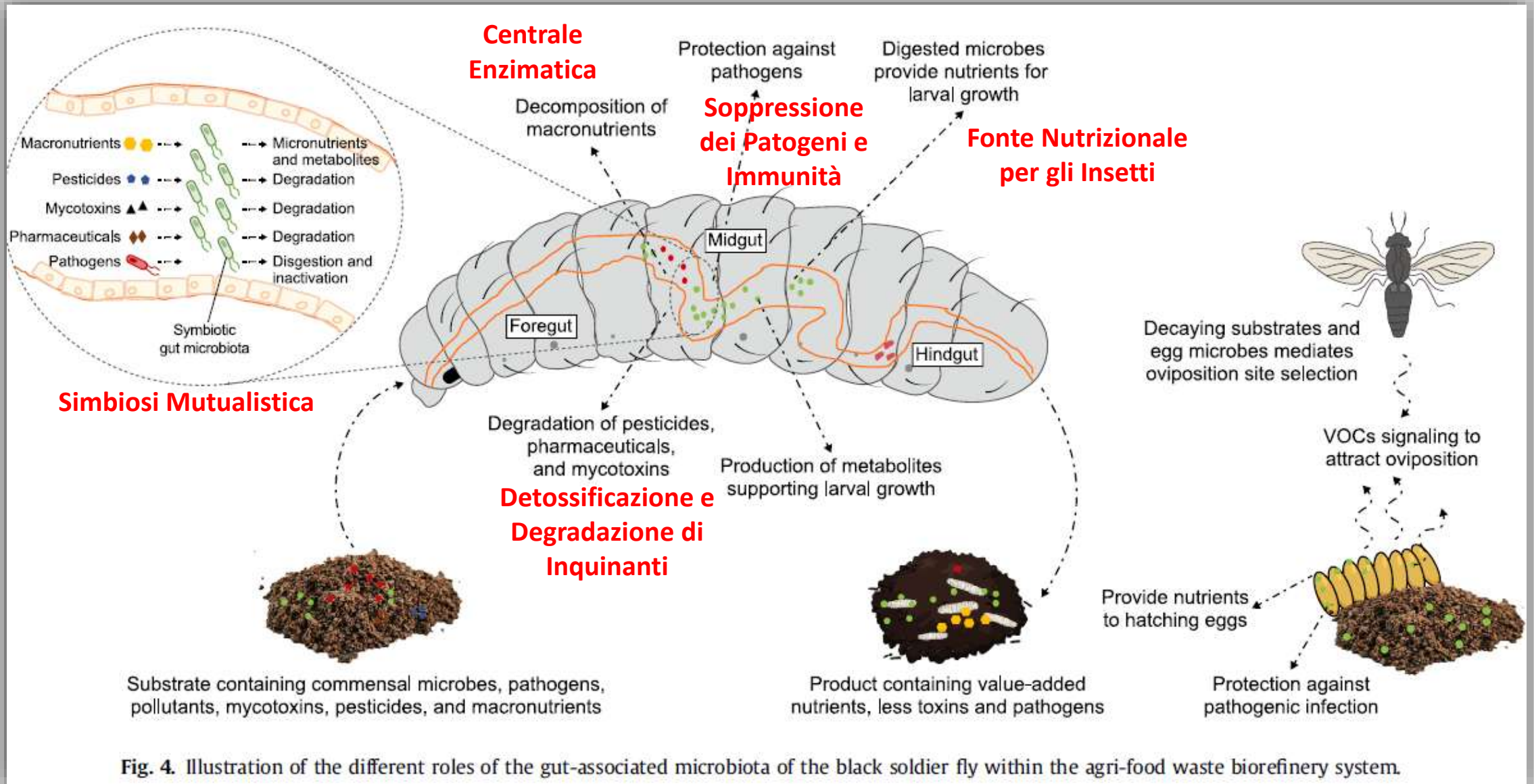


Fig. 4. Illustration of the different roles of the gut-associated microbiota of the black soldier fly within the agri-food waste biorefinery system.

Mannaa M. et al. 2024. Insect-based agri-food waste valorization: agricultural applications and roles of insect gut microbiota. Environmental Science and Ecotechnology, 17, 100287. <https://doi.org/10.1016/j.es.2023.100287>

Mosca domestica VS Mosca soldato



ADULTI



**FREQUENTA AMBIENTI
DOMESTICI**

SI ALIMENTA

VIVE OLTRE 1 MESE

VEICOLO DI PATOGENI

**NON FREQUENTA
AMBIENTI DOMESTICI**

NON SI ALIMENTA

VIVE 1-2 SETTIMANE

**RENDONO IL
SUBSTRATO
INADATTO ALLA
CRESCITA DI MOSCA
DOMESTICA**

LARVE



INFESTANTE

UTILE

Insetti per scopi alimentari/mangimistici: i candidati ottimali

Uova



Diptera Brachicera "mosche": FLIES

MOSCA SOLDATO - BLACK SOLDIER FLY

Hermetia illucens L.

Diptera,
Stratiomyidae



Adulti



Larve

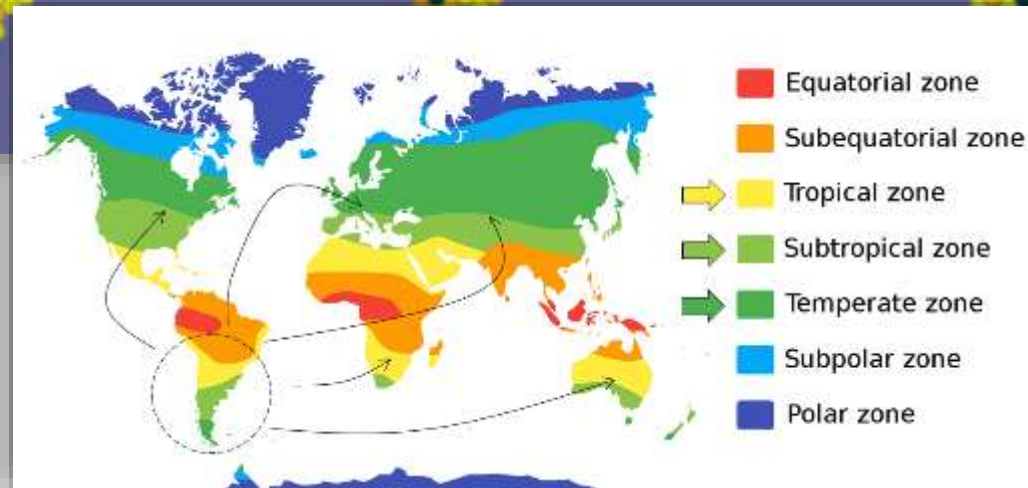


Pupe



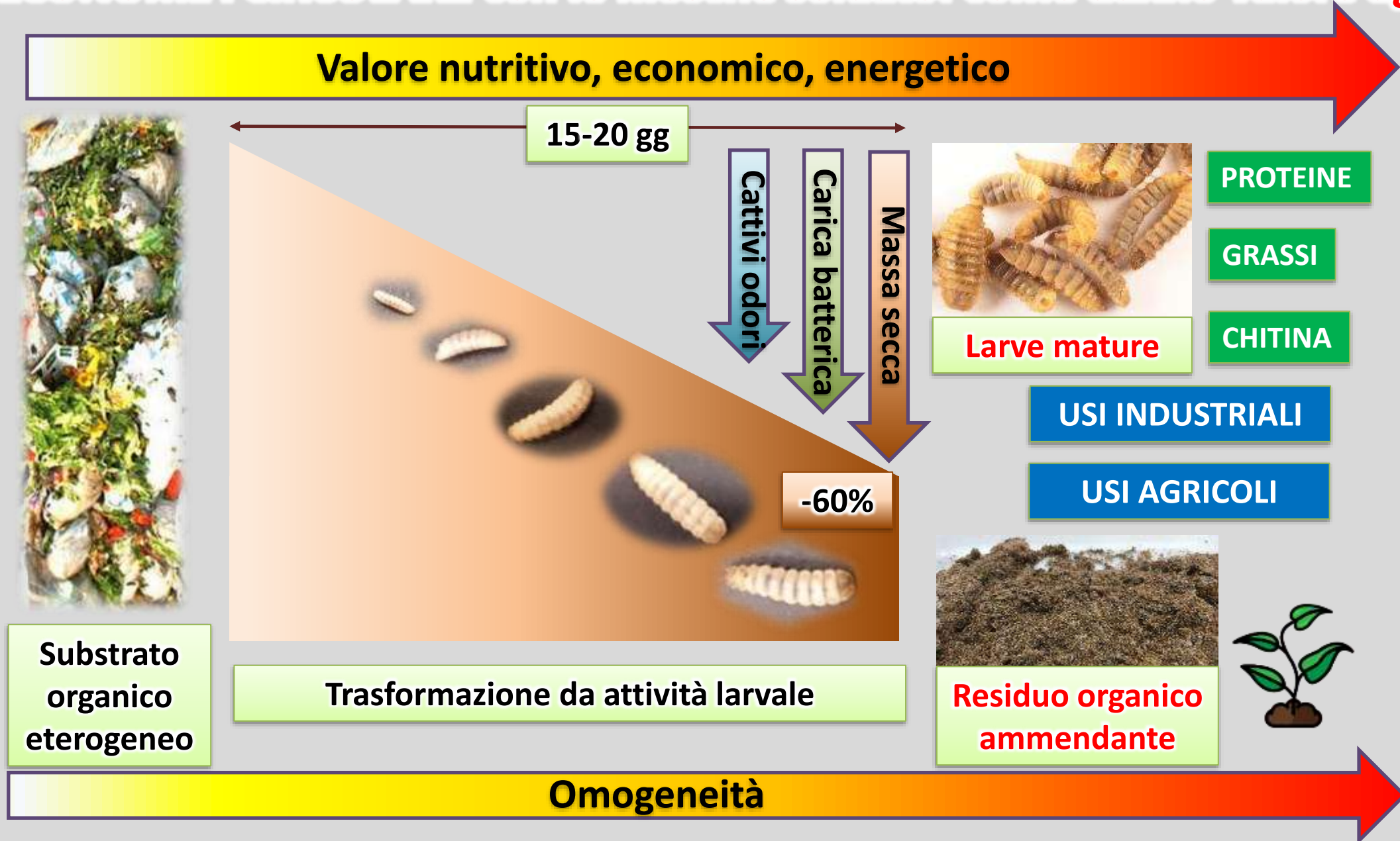
MOSCA SOLDATO NERA

Il terzo insetto più allevato nel mondo (dopo api e bachi da seta), il primo tra gli insetti bioconvertitori



Insetti bioconvertitori - Maistrello

ECONOMIA CIRCOLARE con le mosche soldato: come danno valore aggiunto



Hermetia illucens: Un Capolavoro Evolutivo per la Bioconversione

L'Adulto: unità riproduttiva sicura e gestibile

- Non si alimenta in modo significativo e non è sinantropica: non è un parassita né un veicolo per patogeni.
- Ciclo Riproduttivo Altamente Gestibile: L'accoppiamento è spesso innescato da specifiche condizioni di luce e le uova vengono deposte in agglomerati in fessure asciutte, consentendo una raccolta efficiente e centralizzata



La Larva: il “motore” della bioconversione

- **Efficiente Processazione del Substrato:** Le larve, voraci divoratrici di un'ampia gamma di substrati, assicurano una rapida e significativa riduzione dei rifiuti.
- **Duplice valorizzazione** dei substrati iniziali: Il processo consente di convertire gli scarti in due preziosi output:
 - Biomassa larvale, ricca di proteine, lipidi, chitina.
 - Frass, un fertilizzante organico altamente nutriente.
- **Sanificazione Attiva del Substrato:** Le larve sopprimono attivamente i patogeni e riducono gli odori sgradevoli, contribuendo a un processo più stabile e igienico.
- **Comportamento di "Autoraccolta":** L'innata migrazione prepupale facilita una separazione semplice e automatizzata delle larve dal frass residuo.

Italian Industrial
Invention Patent No.
102018000003261
filed on 05/03/2018

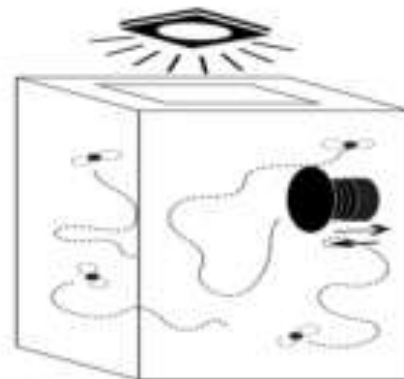
BREVETTO UIBM

DISPOSITIVO PER LA RACCOLTA INDUSTRIALE DI UOVA DI INSETTI



DESCRIZIONE:

La struttura per l'allevamento industriale di adulti della mosca soidato *Hermetia illucens* include un dispositivo per facilitare la deposizione/raccolta di uova. Tale dispositivo include un serbatoio che attraverso un'apertura emana un composto attrattivo per le femmine ed è connesso ad un corpo dotato di una pluralità di lamelle distanziate da intercapedini atte a favorire l'inserimento delle uova. Il dispositivo ha una struttura particolarmente efficiente, compatta, di semplice costruzione e, grazie al peculiare meccanismo di estrazione/inserimento impedisce la fuoriuscita degli insetti adulti limitando al minimo la manomissione delle uova. Tale dispositivo risulta quindi un utile strumento per la produzione industriale di insetti che possano essere impiegati per valorizzare rifiuti organici, convertendo in modo efficiente substrati organici eterogenei in una biomassa ad alto valore aggiunto ricca in proteine e grassi.



VANTAGGI:

- facilitare la raccolta delle uova;
- evitare danneggiamenti alle uova;
- ridurre il tempo di raccolta delle uova;
- evitare il contatto uomo-insetto;
- permettere una maggiore scalabilità del processo di allevamento;
- evitare fuoriuscite delle mosche adulte dalla gabbia di allevamento.

APPLICAZIONI:

- Produzione industriale di insetti;
- Produzione di mangimi proteici per l'allevamento intensivo di pesci e pollami;
- Valorizzazione efficiente di rifiuti organici e sottoprodotti organici industriali;
- Produzione di proteine, grassi e chitina per uso industriale (es. bioplastiche e biodiesel).

Industrial Union Office

UNIMORE

Le mosche soldato: eccellenti bioconvertitori POLIFUNZIONALI

Rethinking organic wastes bioconversion: Evaluating the potential of the black soldier fly (*Hermetia illucens* (L.)) (Diptera: Stratiomyidae) (BSF)

K.C. Surendra^a, Jeffery K. Tomberlin^b, Arnold van Huis^c, Jonathan A. Cammack^b, Lars-Henrik L. Heckmann^d, Samir Kumar Khanal^{a,*}



K.C. Surendra et al. / Waste Management 117 (2020) 58–80

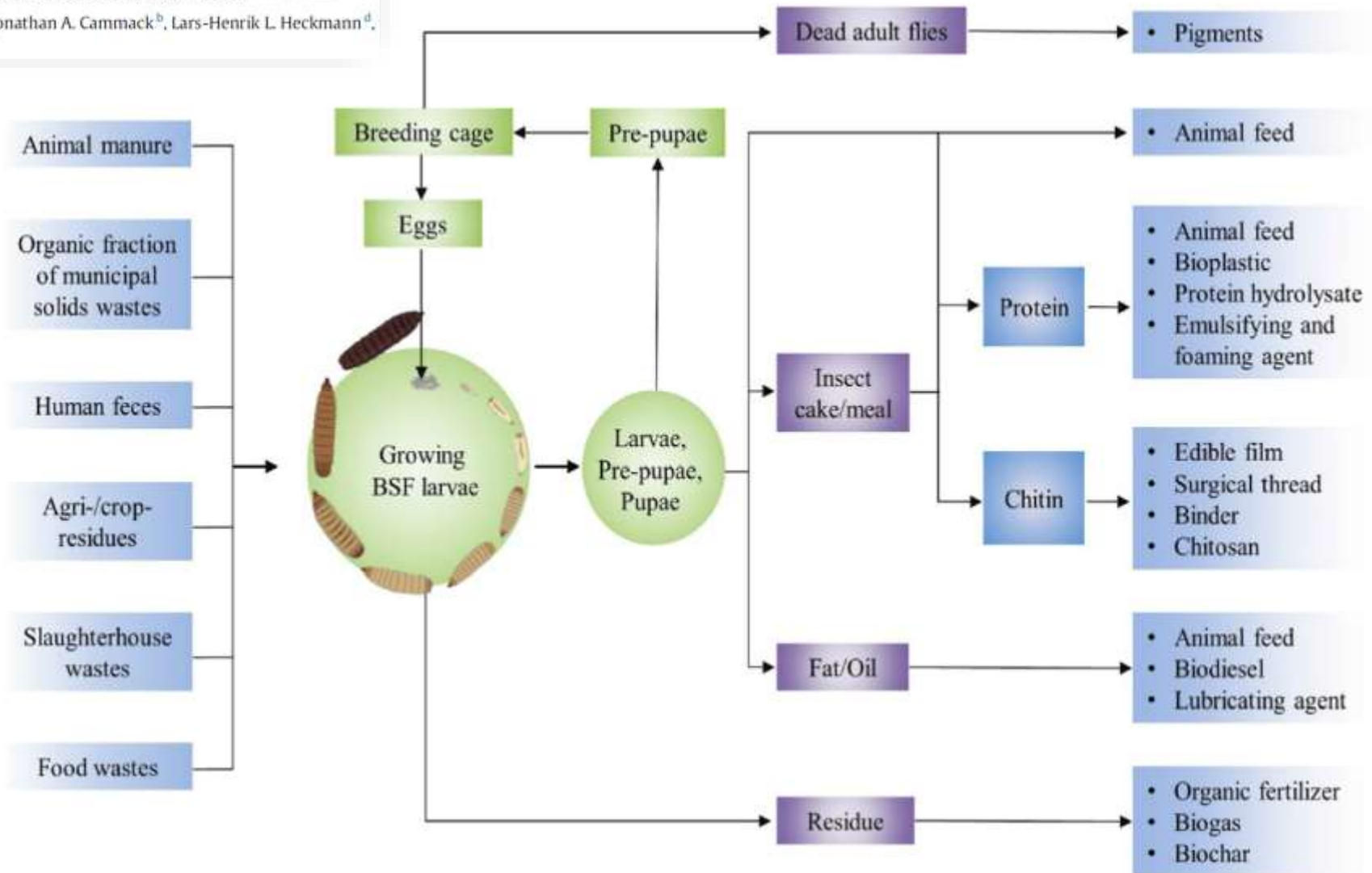


Fig. 2. A schematic of a BSF-based biorefinery for producing value-added products with concurrent valorization of organic bioresources.

Le mosche soldato: eccellenti bioconvertitori

Waste to Value: Insect bioconversion

Fruit and vegetable wastes are crushed and conditioned to at least 70% moisture.

Insect bioconversion

Larvae and frass are the outputs emerging from the bioconversion process.

1000 kg of waste F&V substrate



Converted by BSFL
14 to 21 days

Yields 125 kg of fresh BSFL
and
250 kg of frass



1000 kg of F&V waste

Moisture content – 739
Protein – 39
Lipids – 28
Total carbohydrates – 175

*All values in kilograms

Nutrition

Upcycling

40 kg of dry BSFL

Protein – 13
Lipids – 15
Total carbohydrates – 6
Chitin – 1

*All values in kilograms

- The waste substrates undergo bioconversion mediated by insects and are further processed to obtain high-value products suitable for various applications.
- Insect meal provides energy, high quality proteins and lipids for animal nutrition.

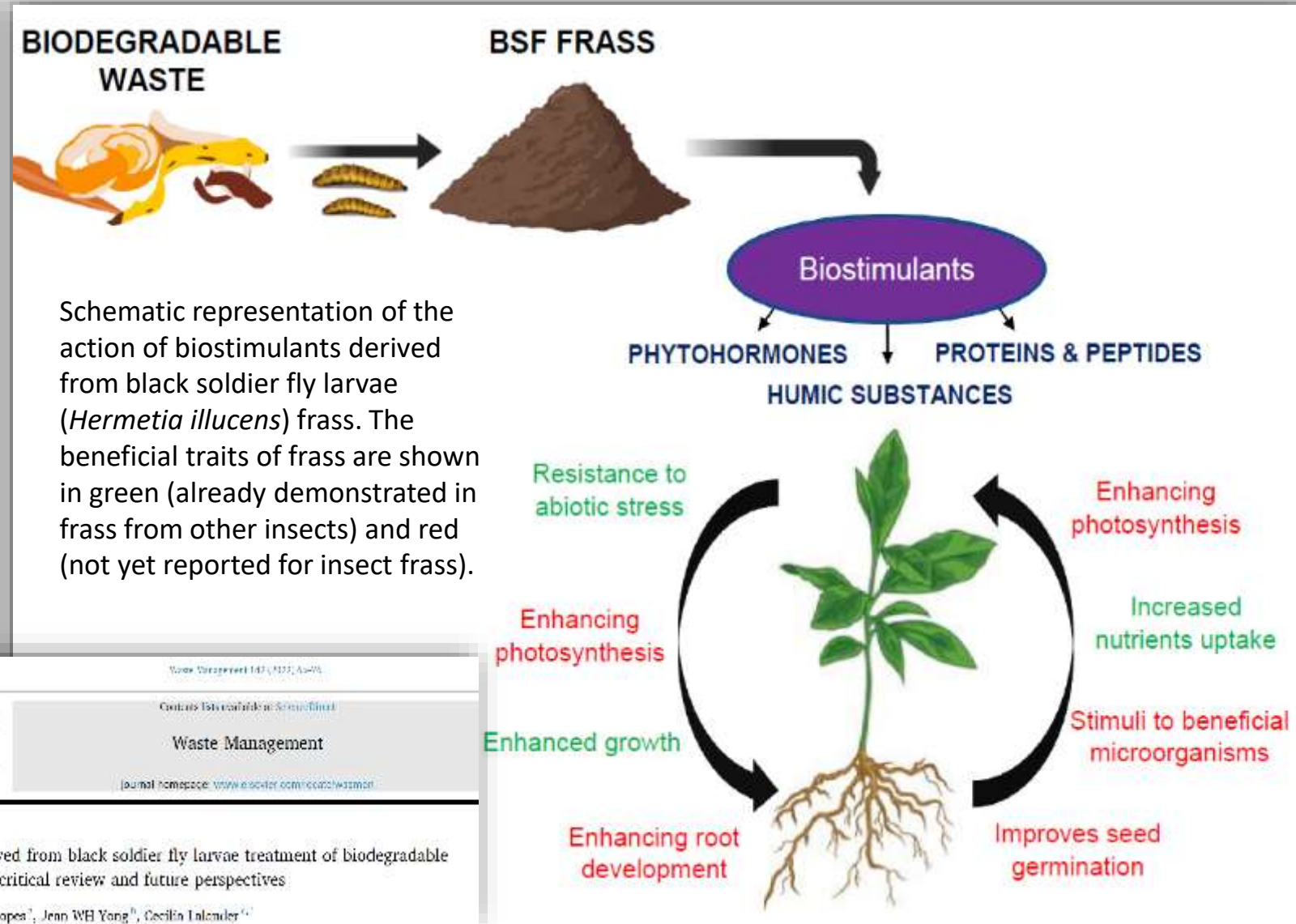
Industrial applications of lipid, protein, chitin fractions and frass



da: Ravi et al. 2020, Larvae Mediated Valorization of Industrial, Agriculture and Food Wastes: Biorefinery Concept through Bioconversion, Processes, Procedures, and Products. Processes 2020, 8, 857; doi:10.3390/pr8070857

Frass: un bio-fertilizzante e bio-stimolante sostenibile

- **Cosa è:** Un mix of escrementi ed esuvie larvali, insetti morti e materiale organico residuo dopo il processo di bioconversione del substrato iniziale
- Naturalmente ricco di chitina, il frass è un **potente biostimolante che rafforza il sistema immunitario delle piante e favorisce la proliferazione di microrganismi benefici nel suolo.**
- **Migliora la struttura del suolo, fornisce nutrienti essenziali** alle piante e ha un basso impatto ambientale poiché è prodotto dal riciclo dei rifiuti.
- Richiede un breve **periodo di compostaggio** per stabilizzarsi e liberare tutto il suo potenziale come ammendante.



USI AGRONOMICI DEL FRASS



Exploring Black Soldier Fly Frass as Novel Fertilizer for Improved Growth, Yield, and Nitrogen Use Efficiency of Maize Under Field Conditions

Front. Plant Sci. 11:574592. doi: 10.3389/fpls.2020.574592
 Dennis Beesigamukama^{1,2,3*}, Benson Mochoge², Nicholas K. Korir², Komi K. M. Fiaboe^{1,4}, Dorothy Nakimbugwe⁵, Fathiya M. Khamis¹, Sevgan Subramanian¹, Thomas Dubois¹, Martha W. Musyoka¹, Sunday Ekesi¹, Segenet Kelemu¹ and Chrysantus M. Tanga^{1*}

Journal of Insects as Food and Feed, 2021; 7(5): 683-694
SPECIAL ISSUE: Advancement of insects as food and feed in a circular economy

Insect left-over substrate as plant fertiliser

M. Chavez^{1,2*} and M. Uchanski^{1,2}



MicrobiologyOpen, 2025; 14:e70020

<https://doi.org/10.1002/mbo3.70020>

ORIGINAL ARTICLE OPEN ACCESS

Heat Treatment and Storage of Frass From Black Soldier Fly Larvae and Yellow Mealworm Production: Compliance With EU Regulation on Microbiological Quality and Safety

Ann De Volder^{1,2}, Jeroen De Smet¹, Lotte Froominckx³, David Deruytter⁴, Johan Ceusters², Dries Vandeweyer¹

Viti et al. BMC Plant Biology (2025) 25:1075
<https://doi.org/10.1186/s12871-025-01086-5>

BMC Plant Biology

RESEARCH

Open Access

Exploring the agronomic traits, antioxidant and antifungal properties of *Hermetia illucens* frass extract in durum wheat (*Triticum durum* Desf.)

Antonella Viti^{1,2*}, Leonardo Covicello¹, Patrizia Falabella^{3,4}, Stefania Mirela Mang¹, Carmen Scicuzo^{3,4}, Francesco Iannielli³, Domenico Ronga^{2*} and Maria Nuzzaci¹



JOURNAL OF INSECTS AS FOOD AND FEED (2024) DOI:10.1163/23524588-00001224



J Insects Food Feed.

<https://doi.org/10.1163/23524588-00001224>

REVIEW ARTICLE

Exploring potential uses of insect frass for agricultural production considering its nutrients, and chemical and microbiological safety

R.A. Safitri¹, D. Vandeweyer², D. Deruytter³, N. Meijer¹, C.L. Coudron³, J.L. Banach¹ and H.J. van der Fels-Klerx^{1*}

Regolamento EU sull'uso del frass

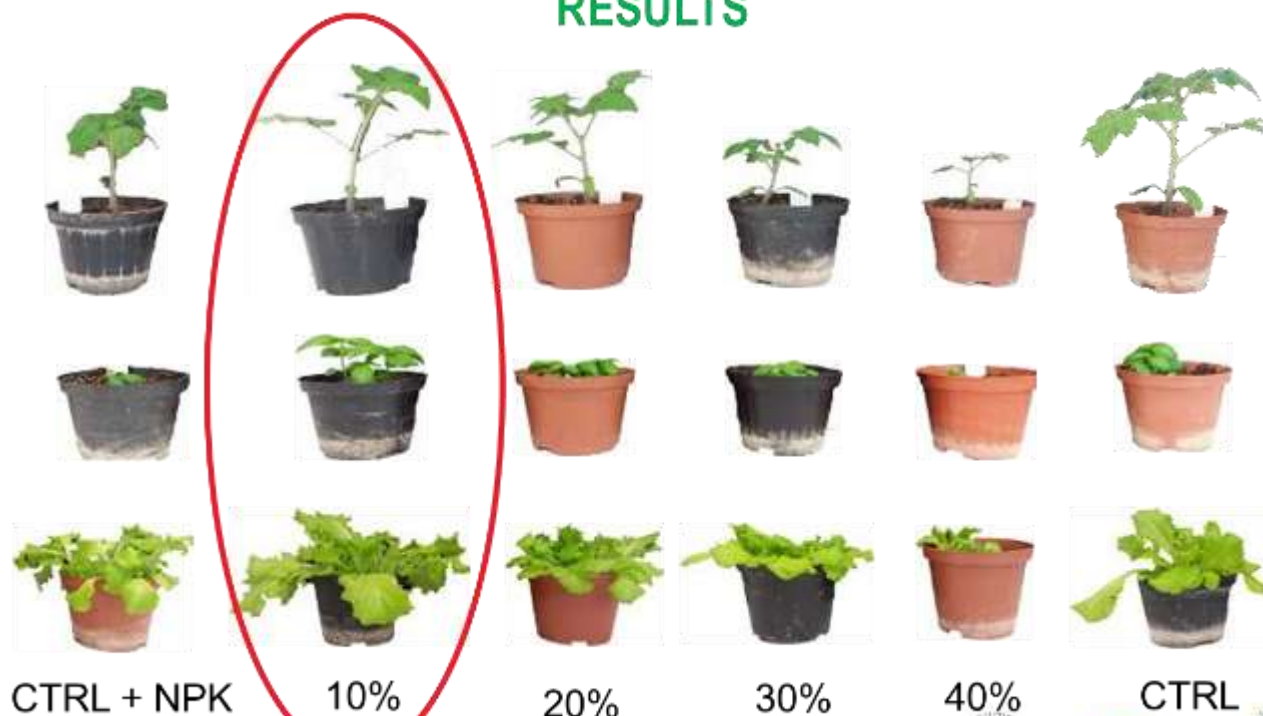
Per poter essere legalmente immesso sul mercato nell'Unione Europea, il **frass da insetti** deve **soddisfare una serie di criteri di qualità**, incentrati principalmente **sulla sicurezza e sulla composizione**. Tali criteri sono stabiliti e armonizzati attraverso i regolamenti dell'UE e allineano il trattamento termico e altre norme pertinenti per gli escrementi di insetti a quelli applicabili al “letame animale trasformato”. La recente **legislazione dell'UE (Reg. 2021/1925)** integra le prime norme relative agli escrementi di insetti come prodotto fertilizzante. Gli escrementi trasformati possono essere utilizzati nell'agricoltura biologica dell'UE (Reg. 2021/1165). I produttori devono essere approvati dalle autorità locali/nazionali.

1. **Composizione:** deve essere costituito principalmente da escrementi di insetti e residui di substrato alimentare, con limiti molto bassi per gli insetti morti (max 5% in volume, 3% in peso).
2. **Trattamento termico:** ad almeno 70 °C per un'ora per uccidere gli agenti patogeni.
3. **Sicurezza microbiologica:** il frass deve essere conforme alle norme microbiologiche pertinenti di cui all'allegato XI, capitolo I, sezione 2, lettera d) [del regolamento (UE) n. 142/2011]. Questi includono **limiti specifici per agenti patogeni** come *Salmonella* spp. (assenza), *Escherichia coli* o Enterococcaceae (livelli accettabili per grammo), *Clostridium perfringens* (livelli accettabili per grammo) e altri parametri specifici a seconda dell'uso previsto e della fonte
4. **Limiti di contaminanti:** deve rispettare i limiti per i metalli pesanti e gli inquinanti organici al fine di prevenire la contaminazione del suolo e della catena alimentare.
5. **Etichettatura e tracciabilità:** sebbene non sia un criterio di qualità diretto del prodotto stesso, una corretta etichettatura è un requisito normativo che garantisce la trasparenza sull'origine, la lavorazione e l'uso previsto del prodotto. Anche i sistemi di tracciabilità sono fondamentali per dimostrare la conformità a tutte le norme pertinenti.





RESULTS



Applicazione Ottimale di Frass

- In generale, il **2-8% di frass** di mosca soldato nera (BSFF) migliora il suolo e le rese agricole.
- **Dosi di 1.3-2.5 tonnellate per ettaro o 10-15%** (volume/volume) sono spesso sufficienti per **migliorare la salute del suolo e la produzione delle colture.**
- Per i pascoli, meglio non superare il 6%

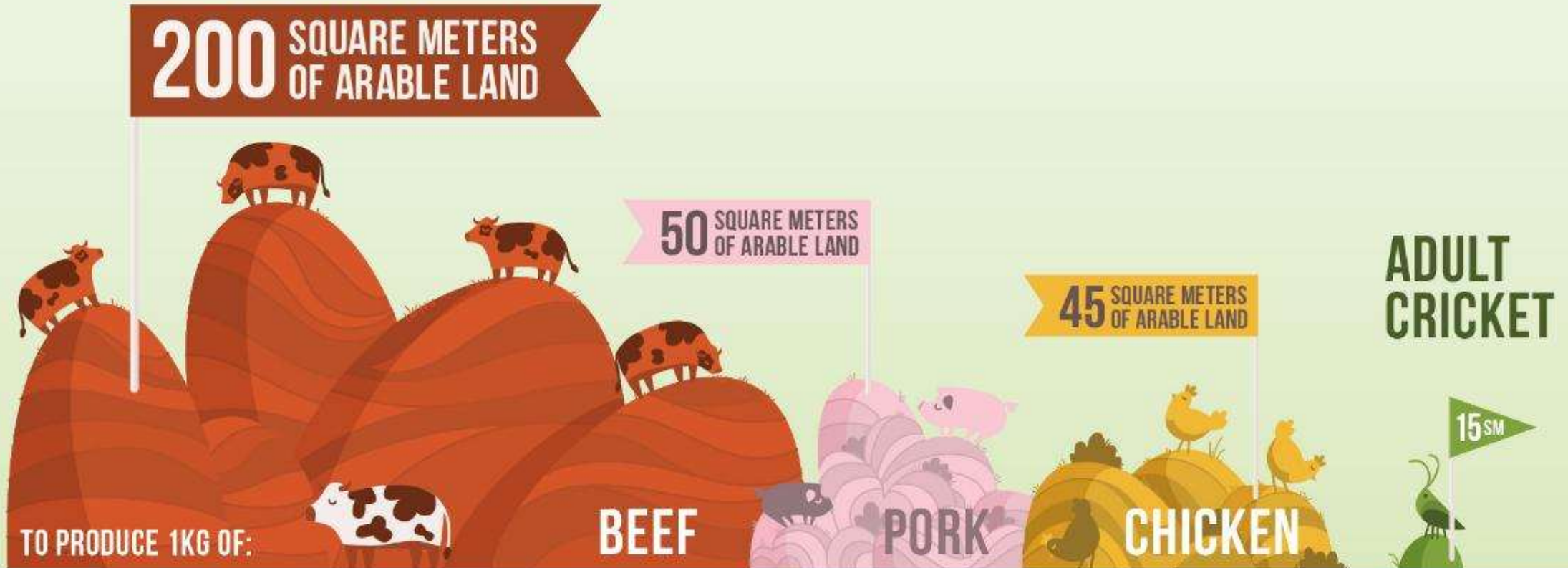
SOSTENIBILITÀ E CONVENIENZA DELL'ALLEVAMENTO DI INSETTI





A SMARTER WAY TO UTILIZE LAND

70% OF ARABLE LAND GOES TO MEAT PRODUCTION, EITHER DIRECTLY FOR PASTURE LAND OR FOR GROWING FEED FOR LIVESTOCK. INSECT FARMING ON AVERAGE REQUIRES MUCH LESS LAND DUE TO MANY INNOVATIONS INCLUDING VERTICAL FARMING TECHNIQUES



RESEARCH PROVIDED BY: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. EDIBLE INSECTS: FUTURE PROSPECTS FOR FOOD AND FEED SECURITY.
INFOGRAPHIC BY JUSTINKYLE.NET FOR LITTLE HERDS.ORG

PARAMETRI DELL'ALLEVAMENTO DI INSETTI

- **Feed Conversion Ratio (FCR)** - Tasso di Conversione del Substrato
- Definizione: **Quantità di substrato (kg) necessaria per produrre 1 kg di biomassa larvale**
- $FCR = \text{kg substrato alimentato} / \text{kg larve prodotte}$
- Indica direttamente quanto efficacemente gli insetti trasformano la materia prima in prodotto di valore. **Un FCR basso è sinonimo di alta efficienza.**
- **Waste Reduction Rate (WRR)** - Tasso di Riduzione del Volume dei Rifiuti
- Definizione: **Percentuale della massa iniziale del substrato di rifiuto organico che viene degradata e ridotta dall'attività bioconversione degli insetti.**
- $WRR = [(massa\ iniziale - massa\ finale) / massa\ iniziale] \times 100$
- Fondamentale per la gestione dei rifiuti. Indica la capacità degli insetti di detrarre massa dai flussi di scarto, riducendo il volume destinato a discarica e minimizzando l'impatto ambientale del rifiuto stesso

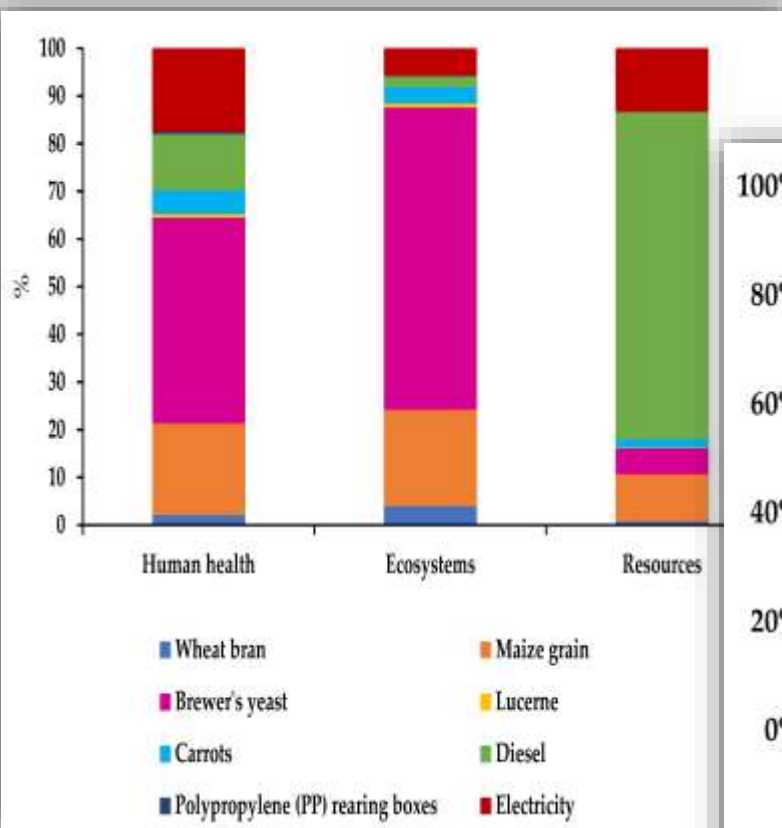
Fattori che Influenzano l'Efficienza

- **Composizione del Substrato:**
 - o Qualità nutrizionale: Contenuto di proteine, carboidrati, grassi.
 - o Parametri chimico-fisici: Rapporto Carbonio/Azoto (C/N), pH, contenuto di umidità, dimensione delle particelle.
 - o Contaminanti: Presenza di metalli pesanti o altri inquinanti (rilevante per l'entomoremediation).
- **Condizioni di Allevamento:**
 - o Temperatura e Umidità: Condizioni ambientali ottimali per la crescita e l'attività larvale.
 - o Tasso di Alimentazione e Densità Larvale: Quantità di cibo fornita e affollamento delle larve.
- **Specie e Stadio di Vita dell'Insetto:**
 - o Diverse specie e diversi stadi di vita (larva, pupa, adulto) mostrano efficienze e profili nutrizionali variabili.
- **Pre-trattamento del Substrato e Microbiota:**
 - o L'aggiustamento delle proprietà del substrato (es. pH, umidità) o l'inoculazione con microbi benefici può migliorare significativamente la bioconversione e la salute dell'insetto.

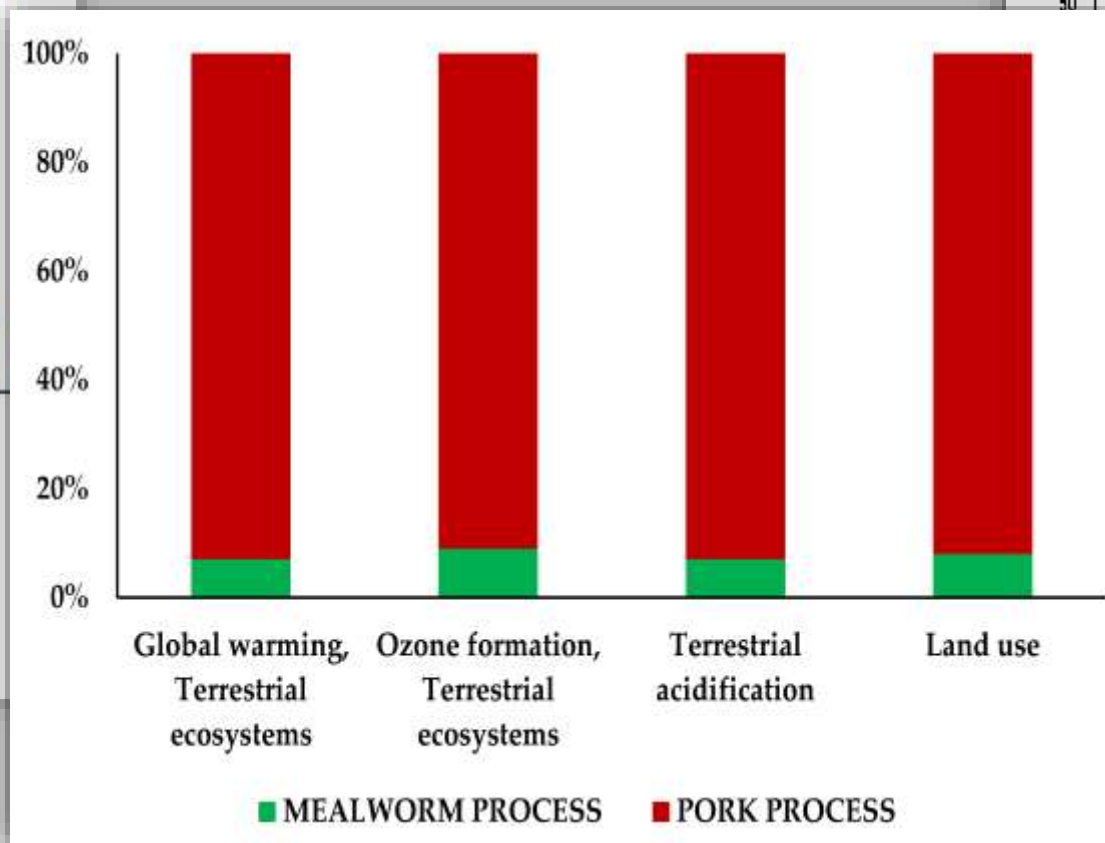
SOSTENIBILITÀ E CONVENIENZA DELL'ALLEVAMENTO DI INSETTI

Parametro	Bovini	Suini	Pollame	Insetti (Mealworm/BSF)
Feed Conversion Ratio (kg feed/kg product)	8–14	2.5-3.5	1.7–2	1.1–4.0
Tempo produzione	18-24 mesi	150-180 gg	35-42 gg	10-14 gg
Proteine prodotte	18-22%	15-18%	18-22%	35-63%
Greenhouse Gas Emissions (kg CO ₂ eq/kg)	35	7	6	0.3–3
Ammonia Emissions	Elevate	Medio-elevate	Medie	Basse
Uso di Acqua (litri/kg product)	2,000 – 22,000	~1,000 – 6,000	~500 – 4,000	400 – 800
Uso di suolo (m ² /kg product)	23	6	5	0.36 – 3.6
Uso di Energia (MJ/kg product)	104	28	24	0.36 – 21.2

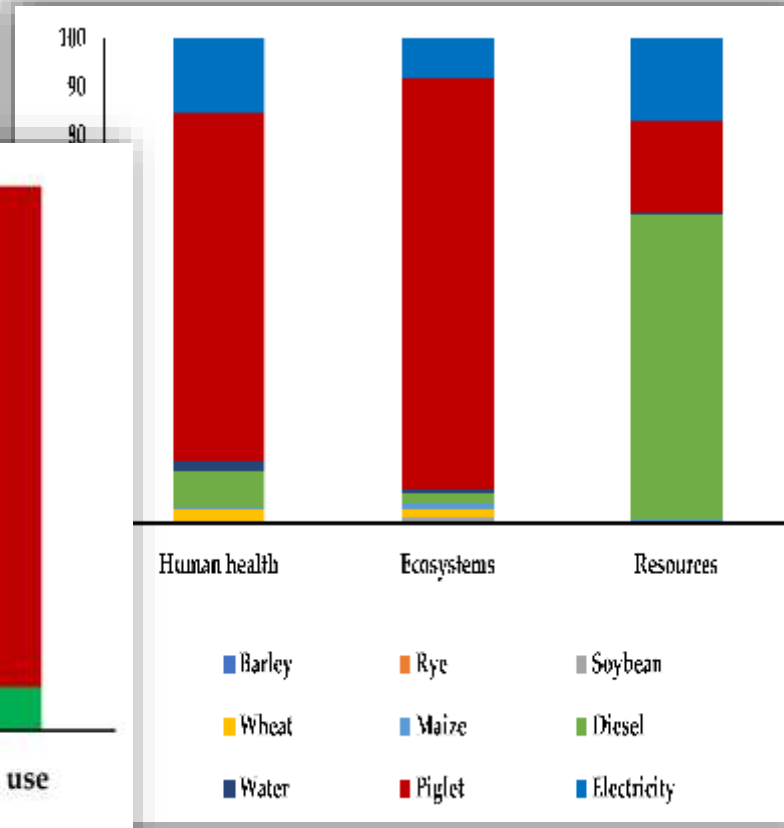
Mealworm production



LCA: produzione di proteine da *T. molitor* VS maiale



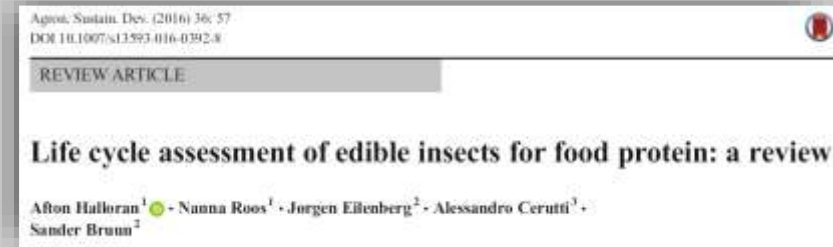
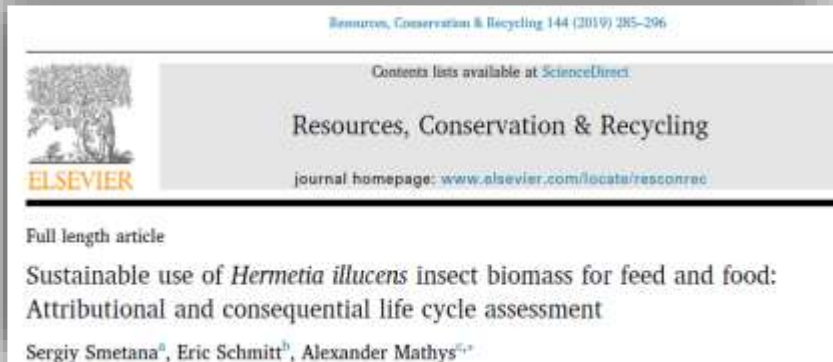
Pork meat production



Vinci, G. et al.
<https://doi.org/10.3390/earth3030054>

- La produzione di proteine da *T. molitor* ha un impatto ambientale significativamente inferiore in tutte le principali categorie rispetto alla produzione di carne suina.
- Sebbene entrambi i sistemi abbiano un impatto in termini di energia e mangimi, l'entità di tale impatto è molto diversa, con i vermi della farina che dimostrano costantemente un'impronta ambientale molto più leggera.

SOSTENIBILITÀ E CONVENIENZA DELL'ALLEVAMENTO DI INSETTI



➤ La **LCA** (Life Cycle Assessment) che valuta l'impatto ambientale associato a tutti gli stadi di vita di un prodotto, **per gli insetti commestibili è stimata come assai inferiore a quella delle proteine ottenute da allevamenti di animali tradizionali.**

Feature Article

Environmental impact potential of insect production chains for food and feed in Europe

Sergiy Smetana,^{†,*} Anita Bhatia,[†] Uday Batta,[†] Nisrine Mouhrim,[‡] and Alberto Tonda^{†,||}

Animal Frontiers, 13: 112–120, <https://doi.org/10.1093/af/vfad033>

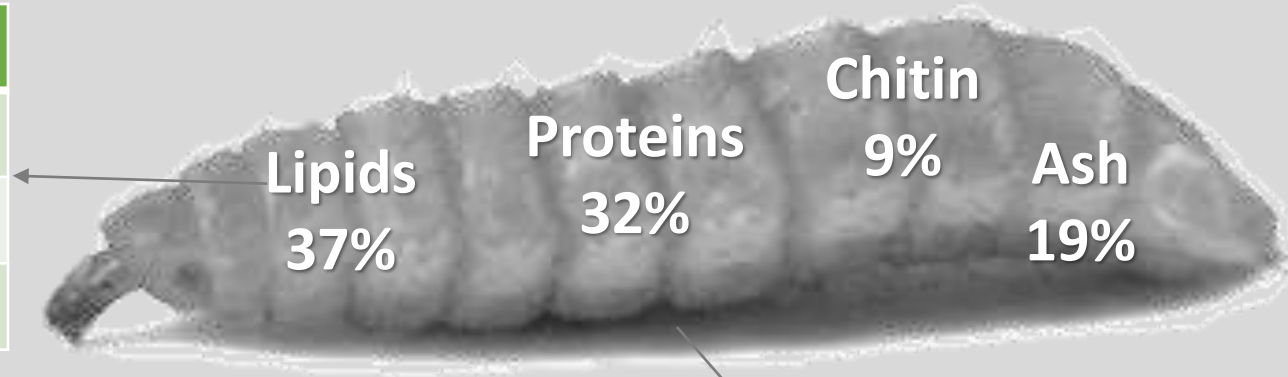
➤ Le filiere degli insetti possono ridurre significativamente l'impatto ambientale della produzione zootecnica europea, sostituendo la carne convenzionale con biomassa di insetti (Emissioni GHG: Riduzione potenziale del 72-97%, Uso del suolo: riduzione potenziale del 58-96%; Energia fossile non rinnovabile: riduzione potenziale del 45-99%.)

➤ Condizione: **questi benefici sono massimizzati con sistemi di produzione di insetti altamente efficienti, in cui gli insetti sono alimentati con rifiuti e vengono utilizzate energie rinnovabili**

- Inoltre, rispetto ai tradizionali allevamenti di animali, l'allevamento di insetti pone:
- molti **meno problemi in termini di benessere degli animali**;
- molto **meno rischio per la trasmissione di zoonosi**.

Composizione chimica delle prepupe di mosca soldato

Fatty acids	%
Saturated	82
Monounsaturated	9
Polinsaturated	9



2018. 105: 812–820. DOI: 10.1016/j.foodres.2017.12.012



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Food Research International

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

Composition of black soldier fly prepupae and systematic approaches for extraction and fractionation of proteins, lipids and chitin

Augusta Caligiani^{a,b}, Angela Marseglia^b, Giulia Leni^a, Stefania Baldassarre^b, Lara Maistrello^{c,d}, Arnaldo Dossena^{a,b}, Stefano Sforza^{a,b,*}

^a Department of Food and Drug, University of Parma, Parma, Italy



Essential aminoacids	BSF (mg/g protein)	Reference protein FAO/WHO 1985 (mg/g protein)
His	33	15
Thr	42	23
Val	66	39
Lys	65	45
Ile	41	30
Leu	75	59
Trp	9	6
Phe+Tyr	110	38
Cys + Met	47	22

I nutrienti degli insetti: effetti sulla salute

SALUTE UMANA

- Profilo nutrizionale ben bilanciato per le esigenze dietetiche dell'uomo
- Elevato contenuto in proteine ed alto valore biologico degli aminoacidi
- I grassi sono il secondo principale nutriente, alta variabilità in relazione alla specie, stadio, sesso e alla dieta degli insetti
- Carboidrati quasi assenti, la fibra è costituita principalmente da chitina e proteine sclerotizzate
- Alto contenuto di sostanze antiossidanti e peptidi antimicrobici
- Alto contenuto in Ferro e Zinco, vit. D, E e carotenoidi variabili
- I grilli sono assai ricchi in vitamina B12
- Effetti assai positivi sul microbiota intestinale
- Utili per contrastare il diabete e pressione alta, ridurre colesterolo e trigliceridi
- Utili per contrastare anemia e scarsa crescita in bimbi denutriti
- Favoriscono incremento di massa muscolare e forza



SALUTE di ANIMALI DA ALLEVAMENTO e da COMPAGNIA

- Gli insetti sono molto appetibili per gli animali
- Sono ricchi in aminoacidi essenziali
- Elevata digeribilità
- Sono un'ottima soluzione per gli animali con allergie alimentari
- La chitina migliora la risposta immunitaria quindi gli animali resistono meglio alle malattie
- Elevato contenuto in acido laurico (>> larve di mosca soldato), che ha proprietà antimicrobiche, antiinfiammatorie e antiossidanti





	mix 1	mix 2	mix 3	mix 4
Tomato ground	35	45	40	60
Chickpeas	20	25		
Bran	35	20	30	30
Borlotti beans		5		
Green beans	10	5	30	10

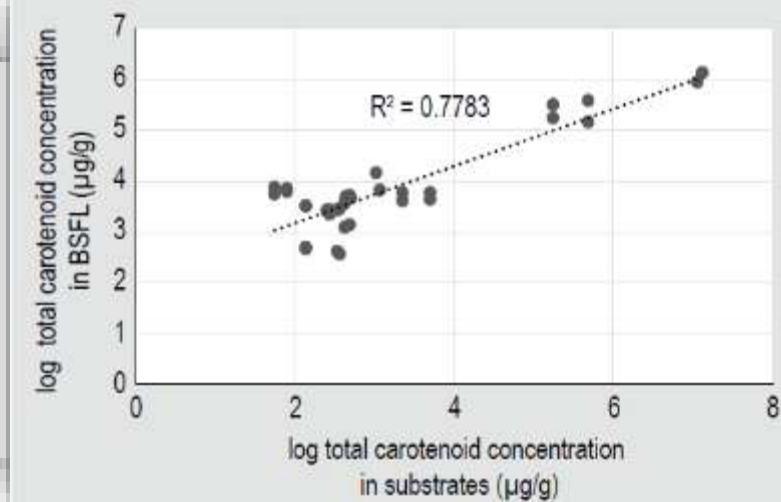
+ SCOTTA

Journal of Insects as Food and Feed: 9 (2): 171-181



Production of carotenoid-rich *Hermetia illucens* larvae using specific agri-food by-products

G. Leni^{1*}, L. Maistrello², G. Pinotti², S. Sforza^{3,4} and A. Caligiani^{3,4}



PROTEINE di BSF per sviluppare BIOPLASTICHE

Materiali plastici biodegradabili con un contenuto di proteine di BSF pari ad almeno il 50%

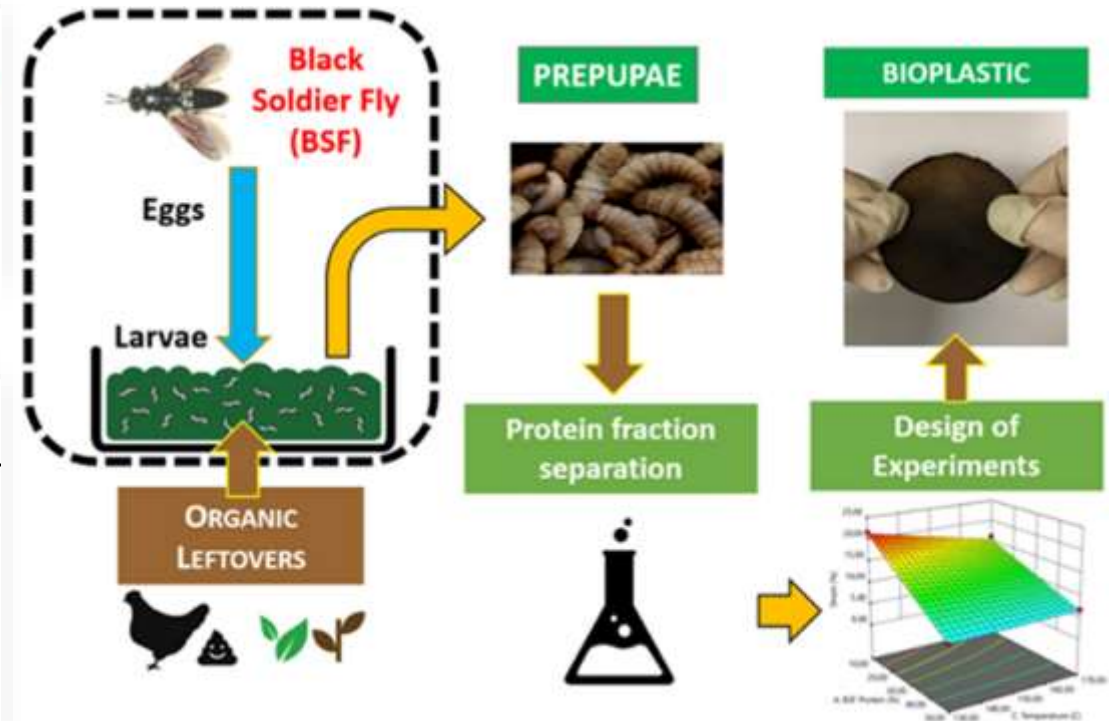


Waste and Biomass Valorization
<https://doi.org/10.1007/s12649-021-01376-3>

SHORT COMMUNICATION

From Food Processing Leftovers to Bioplastic: A Design of Experiments Approach in a Circular Economy Perspective

Silvia Barbi¹ | Laura I. Macavei² | Augusta Caligiani³ | Lara Maistrello^{2,4} | Monia Montorsi^{1,5}



Lipidi da BSF come ingredienti farmaceutici e cosmetici

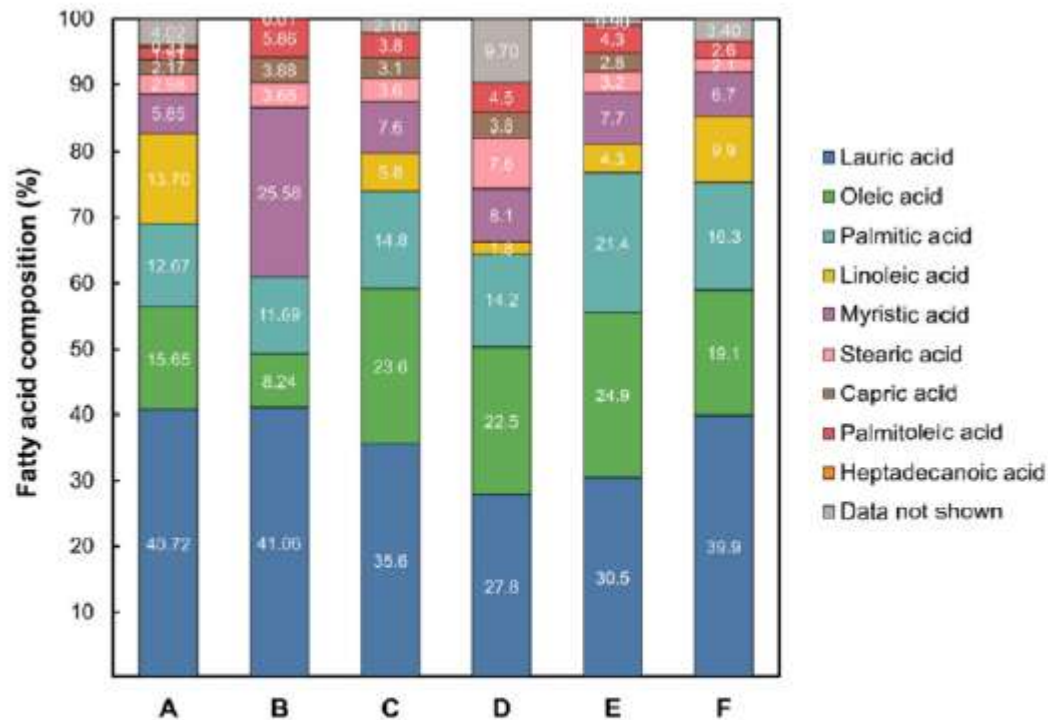


Fig. 1. Comparison of composition of fatty acids extracted from BSFL. A: Data from Kim et al. (2021). B: Data from Ishak and Kamari (2019); C: Data from (Li et al., 2011a); D: Data from Zheng et al. (2012a); E: Data from Nguyen et al. (2018a); F: Data from Ewald et al. (2020).

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

CellPress

Heliyon

journal homepage: www.cell.com/heliyon

Research article

Characterization of lipid extracts from the *Hermetia illucens* larvae and their bioactivities for potential use as pharmaceutical and cosmetic ingredients

Cíntia Almeida ^{a,b}, Daniel Murta ^{c,d,e}, Rui Nunes ^c, André Rolim Baby ^f, Ângela Fernandes ^g, Lillian Barros ^g, Patricia Rijo ^{a,*}, Catarina Rosado ^{a,1}



COLLECTION | RESEARCH PAPER
<https://doi.org/10.1016/j.anp.2024.101008>

ANIMAL PRODUCTION SCIENCE

Antibacterial properties of oil extracts of black soldier fly larvae reared on bread waste

Mung Kwan Shu ^A, Cheuk Ming Li ^B, William Eduardo Furtado ^A, Qianjun Huang ^A, Sophie St-Hilaire ^B and Ákos Kenéz ^{B,*}

Journal of Agriculture and Food Research 15 (2024) 101008



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Journal of Agriculture and Food Research

journal homepage: www.sciencedirect.com/journal/journal-of-agriculture-and-food-research

Exploring the potential of black soldier fly larvae oil: Supercritical CO₂ extraction, physicochemical analysis, antioxidant properties, shelf life, and keratinocyte growth inhibition

Rattana Muangrat ^{a,b,*}, Supachet Pannasai ^{a,b}



Double the biodiesel yield: Rearing black soldier fly larvae, *Hermetia illucens*, on solid residual fraction of restaurant waste after grease extraction for biodiesel production

Longyu Zheng^a, Qing Li^{a,b}, Jibin Zhang^{a,*}, Ziniu Yu^{a,*}



From organic waste to biodiesel: Black soldier fly, *Hermetia illucens*, makes it feasible

Qing Li^{a,b}, Longyu Zheng^a, Hao Cai^a, E. Garza^c, Ziniu Yu^{a,*}, Shengde Zhou^{c,*}



Bioconversion of organic wastes into biodiesel and animal feed via insect farming

K.C. Surendra^a, Robert Olivier^b, Jeffery K. Tomberlin^c, Rajesh Jha^d, Samir Kumar Khanal^{a,*}



Research article

From insect lipids to biodiesel through the bioconversion process of vegetable by-products

Ilaria Caivano^{a,*,}, Valentina Pucciarelli^{a,}, Antonio Franco^{a,b,}, Giovanni Lomonaco^{a,}, Lucia Chiummiento^{a,}, Rocco Rossano^{a,}, Fulvia Bovera^{c,}, Angela De Bonis^{a,}, Carmen Scieuzo^{a,b,}, Patrizia Falabella^{a,b,}



Bioconversion of dairy manure by black soldier fly (*Diptera: Stratiomyidae*) for biodiesel and sugar production

Qing Li^{a,c}, Longyu Zheng^{a,b}, Ning Qiu^a, Hao Cai^a, Jeffery K. Tomberlin^{b,*}, Ziniu Yu^{a,*}



Review

Black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae as potential feedstock for the biodiesel production: Recent advances and challenges

Kannan Mohan^a, Palanivel Sathishkumar^{b,*}, Durairaj Karthick Rajan^c, Jayakumar Rajarajeswaran^d, Abirami Ramu Ganesan^{e,*}

Peptidi antimicrobici e altre sostanze bioattive da BSF



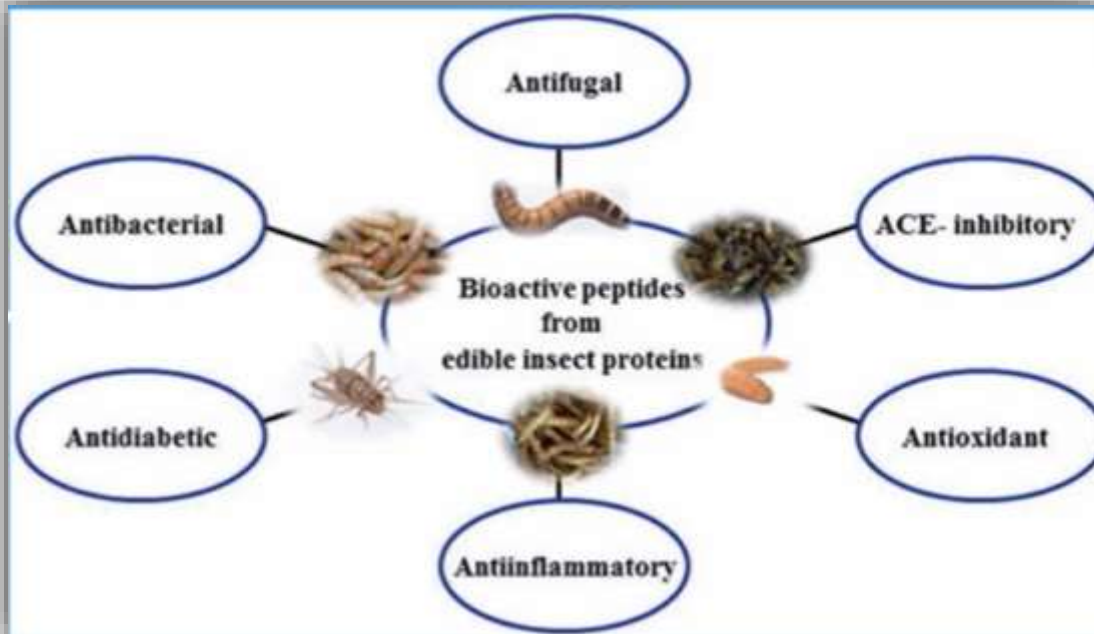
Entomological Research

Entomological Research 48 (2018) 237–247

RESEARCH PAPER

Novel antibacterial peptides induced by probiotics in *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) larvae

Won Hyung CHOI¹, Hyo-Jick CHOI², Tae Won GOO³ and Fu-Shi QUAN¹



DE GRUYTER

Z. Naturforsch. 2017; 72(9–10)c: 351–363

Ariane Müller*, Diana Wolf and Herwig O. Gutzeit

The black soldier fly, *Hermetia illucens* – a promising source for sustainable production of proteins, lipids and bioactive substances

Probiotics and Antimicrobial Proteins

<https://doi.org/10.1007/s12602-025-10697-x>

RESEARCH



Antibacterial and Antifungal Potential of *Hermetia illucens* Hemolymph Contained-Peptides

Fabiana Giglio¹ · Federica De Stefano¹ · Alessandra Fusco^{2,3} · Rosanna Salvia^{1,4} · Carmen Scieuzo^{1,4} · Paul Cos⁵ · Giovanna Donnarumma² · Patrizia Falabella^{1,4}

Trends in Food Science & Technology 122 (2022) 40–48

Contents lists available at ScienceDirect



Trends in Food Science & Technology

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



A critical review of intrinsic and extrinsic antimicrobial properties of insects

Jasmine Hady Saadoun, Giovanni Sogari^{*}, Valentina Bernini, Chiara Camorali, Flavia Rossi, Erasmo Neviani, Camilla Lazzi^{*}



International Journal of
Molecular Sciences



Article

Peptide Fractions Extracted from the Hemolymph of *Hermetia illucens* Inhibit Growth and Motility and Enhance the Effects of Traditional Chemotherapeutics in Human Colorectal Cancer Cells

Donatella Lucchetti^{1,2}, Roberta Rinaldi^{3,4,†}, Giulia Artemi^{1,†}, Rosanna Salvia^{3,5}, Federica De Stefano³, Carmen Scieuzo^{3,5}, Patrizia Falabella^{3,5,†} and Alessandro Sgambato^{1,2,*,†}

Chitina & Chitosano da BSF per molteplici scopi industriali

International Journal of Biological Macromolecules 304 (2022) 140903

Contents lists available at ScienceDirect

International Journal of Biological Macromolecules

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

Hermetia illucens-derived chitosan as a promising sustainable biomaterial for wound healing applications: development of sponge-like scaffolds

Micaela Giani^a, Caterina Valentino^a, Barbara Vigani^a, Marco Ruggeri^a, Anna Guarnieri^b, Rosanna Salvia^{b,c}, Carmen Scieuzo^{b,c}, Patrizia Falabella^{b,c}, Giuseppina Sandri^a, Silvia Rossi^{a,*}

BioMACROMOLECULES

Biomacromolecules 2025, 26, 5, 3224–3233.
<https://doi.org/10.1021/acs.biomac.5c00362>

This article is licensed under [CC-BY 4.0](#)

pubs.acs.org/Biomac

Article

Hermetia illucens-Derived Chitosan: A Promising Immunomodulatory Agent for Applications in Biomedical Fields

Alessandra Fusco,¹ Anna Guarnieri,¹ Carmen Scieuzo,^{*} Micaela Triunfo, Rosanna Salvia, Giovanna Donnarumma,[#] and Patrizia Falabella^{*,#}



ACS Omega 2021 6 (13), 8884-8893
DOI: 10.1021/acsomega.0c06040

<http://pubs.acs.org/journal/acsomega>

Sustainable Superheated Water Hydrolysis of Black Soldier Fly Exuviae for Chitin Extraction and Use of the Obtained Chitosan in the Textile Field

Parag S. Bhavsar, Giulia Dalla Fontana,^{*} and Marina Zoccola[#]

HHS Public Access
Author manuscript
Int J Adv Res (Indore). Author manuscript; available in PMC 2017 March 01.

Published in final edited form as:
Int J Adv Res (Indore). 2016 March ; 4(3): 411–427.

Chitin and Chitosan: Production and Application of Versatile Biomedical Nanomaterials

Daniel Elieh-Ali-Komi¹ and Michael R Hamblin^{2,3,4}

Process Safety and Environmental Protection 189 (2024) 1342–1367

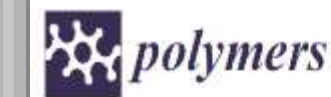
Contents lists available at ScienceDirect

Process Safety and Environmental Protection

journal homepage: www.journals.elsevier.com/process-safety-and-environmental-protection

The potential of chitin and chitosan from dead black soldier fly (BSF) (*Hermetia illucens*) for biodegradable packaging material – A critical review

Shahida Anusha Siddiqui^{a,1}, Liske van Greunen^{b,2}, Asma Zeiri^{c,3}, Bara Yudhistira^{d,4}, Ali Ahmad^{e,*}, Mabelebele Monnye^{e,4,5}



Polymers **2021**, 13, 818. <https://doi.org/10.3390/polym13050818>

Isolation of Chitin from Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) and Its Usage to Metal Sorption

Katarzyna Zlotko¹, Adam Waśko², Daniel M. Kamiński³, Iwona Budziak-Wieczorek⁴, Piotr Bulak¹ and Andrzej Bieganski^{1,*}

BSF PER LA GESTIONE DI RIFIUTI URBANI E LIQUAMI ZOOTECNICI

Waste Management 82 (2018) 302–318



Contents lists available at ScienceDirect

Waste Management

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

Decomposition of biowaste macronutrients, microbes, and chemicals in black soldier fly larval treatment: A review

Moritz Gold^{a,b}, Jeffery K. Tomberlin^c, Stefan Diener^d, Christian Zurbrugg^b, Alexander Mathys^{a,*}



RIDUZIONE DI CATTIVI ODORI

Waste Management 74 (2018) 213–220



Contents lists available at ScienceDirect

Waste Management

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

Larval digestion of different manure types by the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) impacts associated volatile emissions

Kelly V. Beskin^{a,*}, Chelsea D. Holcomb^a, Jonathan A. Cammack^a, Tawni L. Crippen^b, Anthony H. Knap^c, Stephen T. Sweet^c, Jeffery K. Tomberlin^a



Journal of Environmental Management 217 (2018) 668–676



Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Environmental Management

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

Research article

Efficient co-conversion process of chicken manure into protein feed and organic fertilizer by *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae) larvae and functional bacteria

Xiaopeng Xiao^a, Lorenzo Mazza^{a,b}, Yongqiang Yu^a, Minmin Cai^a, Longyu Zheng^a, Jeffery K. Tomberlin^c, Jeffrey Yu^d, Arnold van Huis^e, Ziniu Yu^a, Salvatore Fasulo^b, Jibin Zhang^{a,*}

Tropical Medicine and International Health

doi:10.1111/tmi.12228

VOLUME 19 NO 1 PP 14–22 JANUARY 2014

Growth rates of black soldier fly larvae fed on fresh human faeces and their implication for improving sanitation

Ian J. Banks¹, Walter T. Gibson² and Mary M. Cameron¹

Waste Management 117 (2018) 58–60



Contents lists available at ScienceDirect

Waste Management

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

Rethinking organic wastes bioconversion: Evaluating the potential of the black soldier fly (*Hermetia illucens* (L.)) (Diptera: Stratiomyidae) (BSF)

K.C. Surendra^a, Jeffery K. Tomberlin^b, Arnold van Huis^c, Jonathan A. Cammack^b, Lars-Henrik L. Heckmann^d, Samir Kumar Khanal^{a,*}



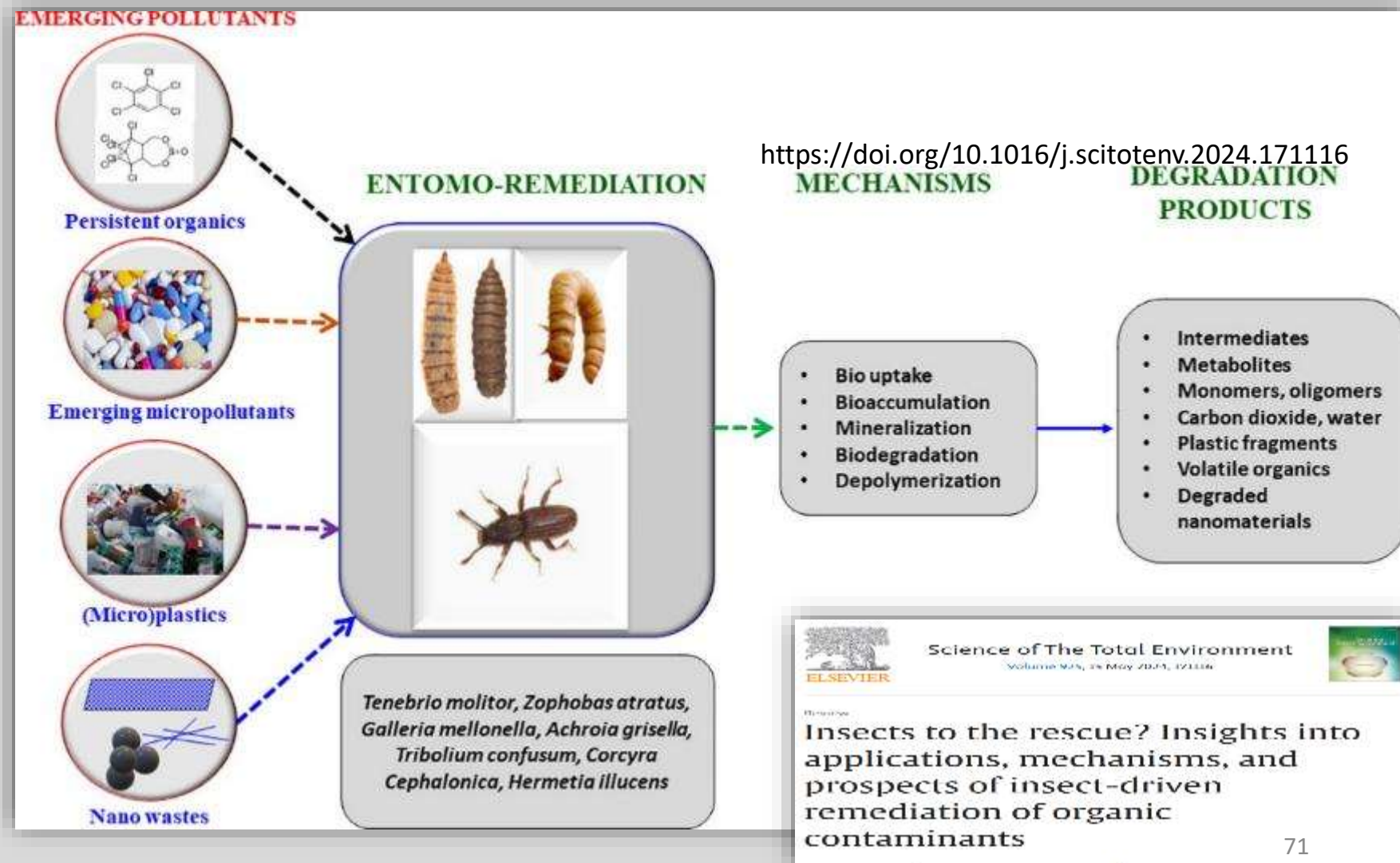
ENTOMOREMEDIATION di sostanze inquinanti

Entomoremediation= sfrutta l'azione di insetti specializzati (e dei microbi associati al loro intestino) per utilizzare, estrarre, sequestrare o detossificare le sostanze contaminanti presenti in suoli, sedimenti, acque o rifiuti organici inquinati.

In sintesi, è l'uso degli insetti come "operatori ecologici" per la bonifica ambientale.

Principali insetti coinvolti: BSFL, vermi della farina, supervermi e tarme della cera sono i candidati principali.

Contaminanti target: gli insetti possono affrontare un'ampia gamma di inquinanti: **Contaminanti storici:** inquinanti organici persistenti (POP) come pesticidi (ad esempio clorpirifos) e idrocarburi policiclici aromatici (IPA). **Contaminanti emergenti:** Microplastiche (MP), nanomateriali, microinquinanti organici (ad esempio farmaci, antibiotici, interferenti endocrini).



ENTOMOREMEDIATION di sostanze inquinanti



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

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

Fate of pharmaceuticals and pesticides in fly larvae composting

C. Lalander ^{a,*}, J. Senecal ^a, M. Gros Calvo ^a, L. Ahrens ^b, S. Josefsson ^b, K. Wiberg ^b, B. Vinnerås ^a

- Degradation of pharmaceuticals and pesticides in fly larvae composting (FLC).
- Half-life considerably shorter in FLC than in control with no larvae.
- Half-life of carbamazepine was less than two days in FLC.
- No bioaccumulation in larvae detected.
- FLC could impede the spreading of pharmaceuticals and pesticide in the environment.



toxins



Article

Tolerance and Excretion of the Mycotoxins Aflatoxin B₁, Zearalenone, Deoxynivalenol, and Ochratoxin A by *Alphitobius diaperinus* and *Hermetia illucens* from Contaminated Substrates

Louise Camenzuli ^{1,2}, Ruud Van Dam ², Theo de Rijk ², Rob Andriessen ³, Jeroen Van Schelt ⁴ and H. J. (Ine) Van der Fels-Klerx ^{2,*}

No differences were observed between larvae reared on mycotoxins individually or as a mixture with regards to both larvae development and mycotoxin accumulation/excretion. None of the mycotoxins accumulated in the larvae and were only detected in BSF larvae several orders of magnitude lower than the concentration in feed. Mass balance calculations showed that BSF and LMW larvae metabolized the four mycotoxins to different extents. Metabolites accounted for minimal amounts of the mass balance, except for zearalenone metabolites in the BSF treatments, which accounted for an average maximum of 86% of the overall mass balance. Both insect species showed to excrete or metabolize the four mycotoxins present in their feed. Hence, safe limits for these mycotoxins



toxins



Article

Impact of Naturally Contaminated Substrates on *Alphitobius diaperinus* and *Hermetia illucens*: Uptake and Excretion of Mycotoxins

Giulia Leni ¹, Martina Cirlini ^{1,*}, Johan Jacobs ², Stefaan Depraetere ², Natasja Gianotten ³, Stefano Sforza ¹ and Chiara Dall'Asta ¹

and FB2) and zearalenone (ZEN) were found in those based on wheat and/or corn. No mycotoxins were detected in BSF larvae, while quantifiable amount of DON and FB1 were found in LM larvae, although in lower concentration than those detected in the growing substrates and in the residual fractions. Mass balance calculations indicated that BSF and LM metabolized mycotoxins in forms not yet known, accumulating them in their body or excreting in the faeces. Further studies are required in this direction due to the future employment of insects as feedstuff.



toxins



Article

Aflatoxin B₁ Tolerance and Accumulation in Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens*) and Yellow Mealworms (*Tenebrio molitor*)

Guido Bosch ^{1,*}, H. J. van der Fels-Klerx ^{2,*}, Theo C. de Rijk ² and Dennis G. A. B. Oonincx ³

The AFB₁ in the feed did not affect survival and body weight in the BSF and YMW larvae ($p > 0.10$), indicating a high tolerance to aflatoxin B₁ in both species. Furthermore, AFB₁ and aflatoxin M₁ (AFM₁) were below the detection limit (0.10 µg/kg) in BSF larvae, whereas the YMW had AFB₁ levels that were approximately 10% of the European Union's legal limit for feed materials and excreted AFM₁. It is concluded that both BSF larvae and YMW have a high AFB₁ tolerance and do not accumulate AFB₁.

BIOREMEDIATION di PLASTICHE e BIOPLASTICHE

Environmental Science and Pollution Research (2021) 28:52689–52701
https://doi.org/10.1007/s11356-021-15944-6

REVIEW ARTICLE

***Tenebrio molitor* in the circular economy: a novel approach for plastic valorisation and PHA biological recovery**

Front. Environ. Sci. Eng. 2024, 19(6): 78
https://doi.org/10.1007/s11783-024-1838-x

REVIEW ARTICLE

Radical Innovation breakthroughs of biodegradation of plastics by Insects: history, present and future perspectives

Comparative Biochemistry and Physiology, Part C 248 (2021) 109117

Contents lists available at ScienceDirect

Comparative Biochemistry and Physiology, Part C

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



Graphical review

A toxicological perspective of plastic biodegradation by insect larvae

Juan C. Sanchez-Hernandez



Review
Recent Advances in Degradation of Polymer Plastics by Insects Inhabiting Microorganisms

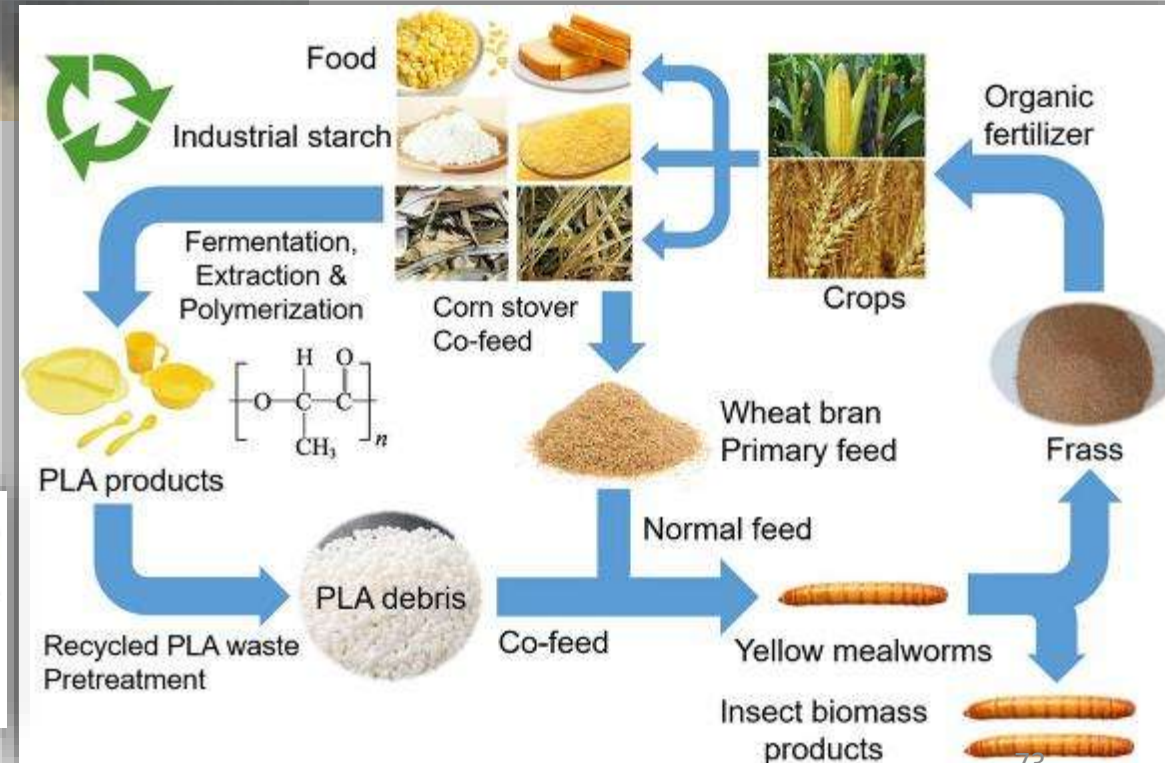


Journal of Hazardous Materials

Volume 416, 15 August 2021, 125803



Biodegradation of polylactic acid by yellow mealworms (larvae of *Tenebrio molitor*) via resource recovery: A sustainable approach for waste management





BIO-R&R

Progetto realizzato grazie ai Fondi Europei della regione Emilia-Romagna.

CUP - E87G22000640003



Cofinanziato
dall'Unione europea



LABORATORI PARTNER



PARTNER INDUSTRIALI

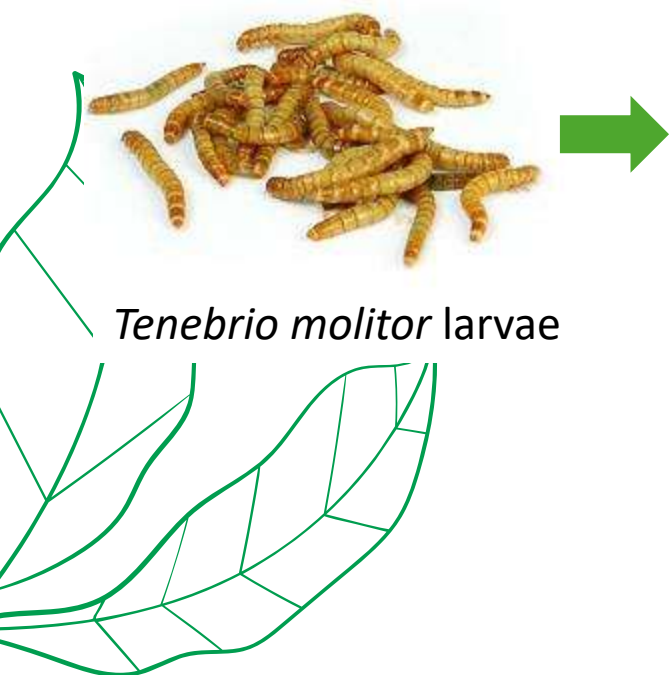


Insetti bioconvertitori - Maistrello

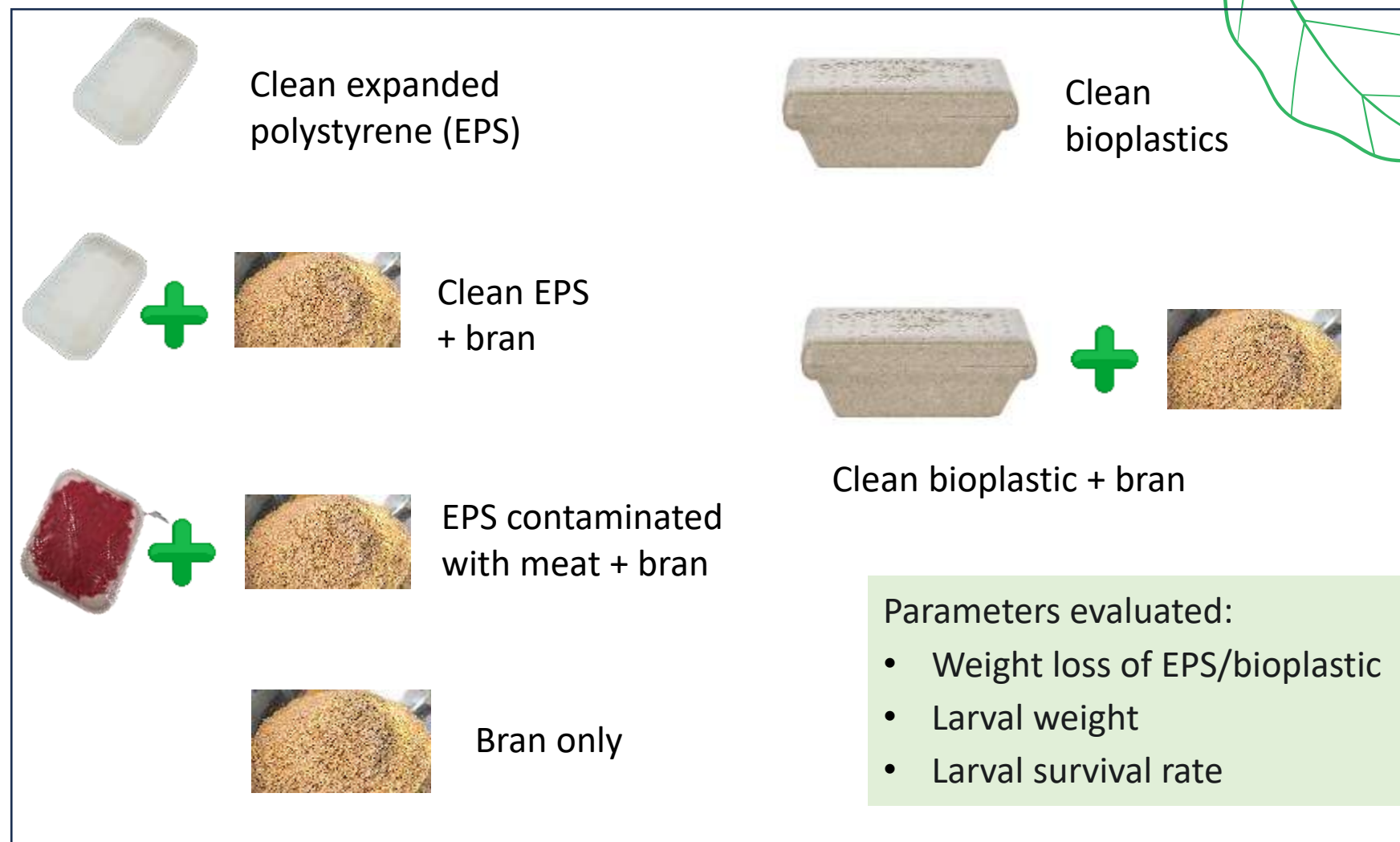


Assessing Packaging Bioconversion by *Tenebrio molitor* Larvae

Substrates used



Tenebrio molitor larvae



Parameters evaluated:

- Weight loss of EPS/bioplastic
- Larval weight
- Larval survival rate

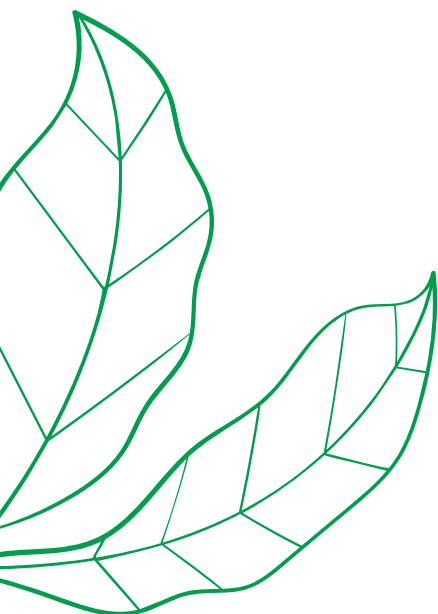
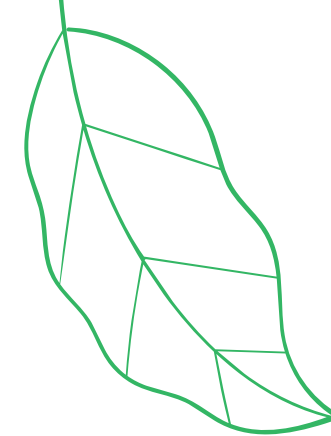


Assessing Packaging Bioconversion by *Tenebrio molitor* Larvae





Assessing Packaging Bioconversion by *Tenebrio molitor* Larvae



- *Tenebrio molitor* can feed on EPS without compromising growth and survival.
- The presence of meat exudates, water, and high environmental humidity highly promotes the consumption and degradation of EPS (>92%).

GARANTIRE LA SOSTENIBILITÀ AGROALIMENTARE: SFIDE DA AFFRONTARE

GESTIRE RAZIONALMENTE GLI
ORGANISMI "INFESTANTI"

CARENZA DI PROTEINE

RIDURRE IL CONSUMO DI
SUOLO

NUTRIRE UNA POPOLAZIONE
IN CRESCITA

CARENZA DI LIPIDI

FERTILIZZARE IL SUOLO IN
MODO EFFICIENTE

RIDURRE IL CONSUMO DI
ENERGIA

RIDURRE IL CONSUMO DI
ACQUA

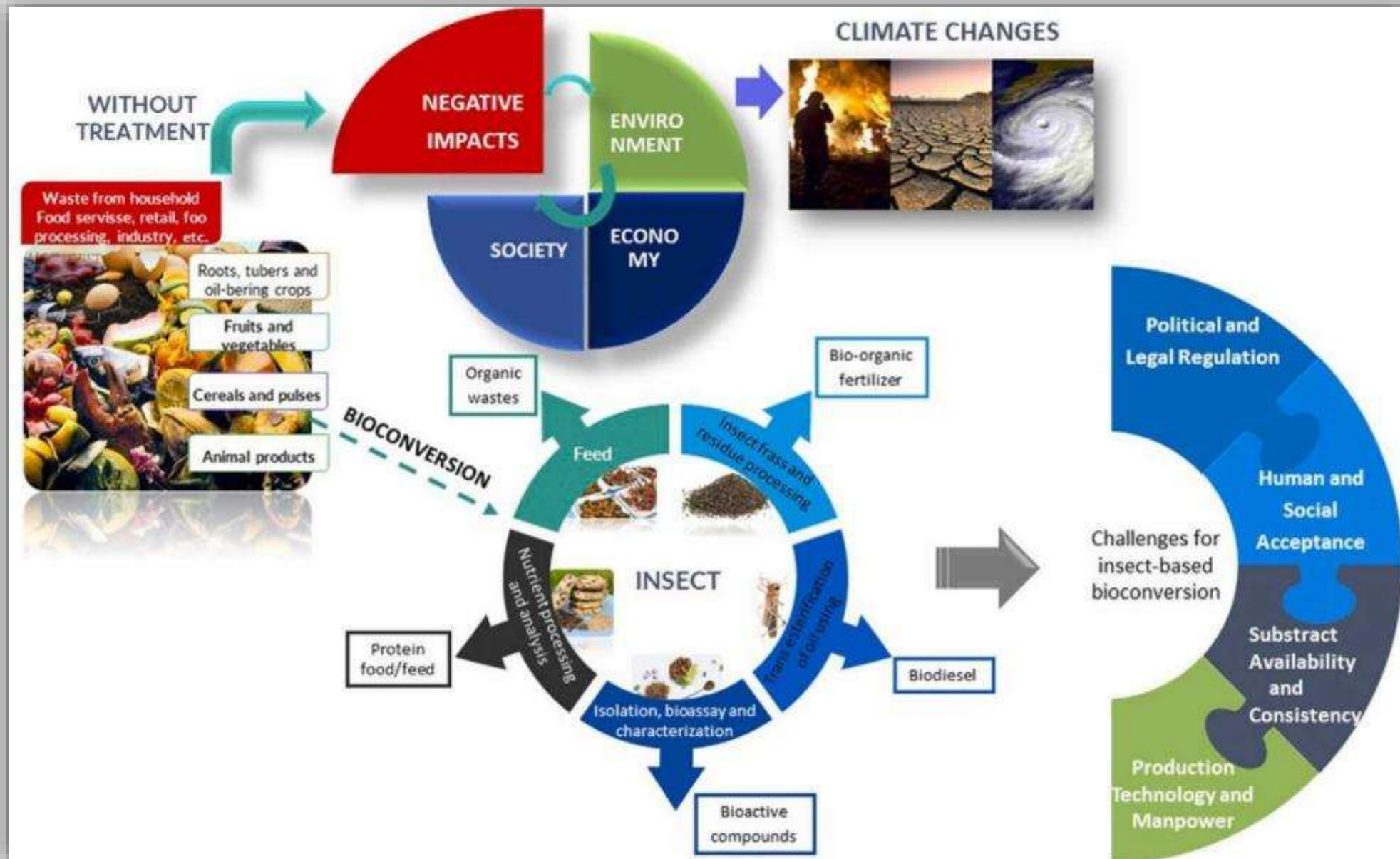
RIDURRE GLI SCARTI E RIFIUTI
(ORGANICI)

RIDURRE LE EMISSIONI DI
ANIDRIDE CARBONICA

L'ALLEVAMENTO DI INSETTI AFFRONTA TUTTE LE SFIDE!

- L'allevamento di insetti è un potente strumento di economia circolare per valorizzare sottoprodotti di filiere agroalimentari e scarti organici ed ottenere ammendanti/fertilizzanti di alto valore
- Gli insetti allevati sono la fonte più sostenibile di proteine e grassi alimentari
- Proteine, lipidi e chitina da insetti possono essere usati per svariati scopi industriali
- Prospettive di uso degli insetti anche per valorizzare vari rifiuti organici, normativa permettendo

BSF Bioconversion: potential and challenges



Ganesan A.R. et al. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2024.01.084>

Grazie!

Lara Maistrello
lara.maistrello@unimore.it

