



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
DIPARTIMENTO SCIENZE DELLA VITA E DELL'AMBIENTE

corso di laurea in scienze biologiche

**Cicale Periodiche come Impulsi di Risorse nelle Foreste
del Nord America**
**Periodical Cicadas as Resource Pulses in North
American Forests**

tesi di laurea di
Semprucci Oscar

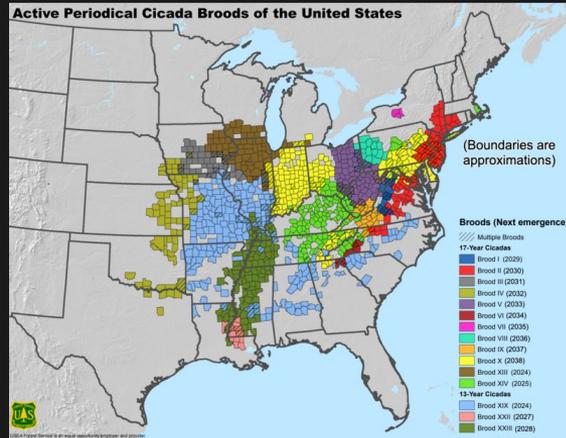
sessione: dicembre 2024
anno accademico 2023/24

docente referente:
Chiar.ma prof
Silvia Bianchelli

Cicale Periodiche

Le cicale sono una famiglia (Cicadidae, 3.200 specie) di insetti alati dell'ordine Hemiptera con apparato boccale "a stiletto" per succhiare linfa elaborata dalle radici degli alberi, famose per il frinire dei maschi.

- Ciclo vitale: stadio di ninfa (immaturo, non alato) sotterranea poi stadio adulto alato.
- **consumatori primari** (dannose se in grande quantità)
- distribuzione globale
- **risorsa per** predatori di piccole e medie dimensioni tra cui **uccelli**, rettili, mammiferi, raramente anfibi e pesci



Divise in 2 gruppi in base al periodo di ninfa:

1. **annuali**: ninfa di 1-2 anni, insorgenza annuale, non sincronizzate;
2. **periodiche** (genere *Magicicada*): ninfe di 13 o 17 anni, emergenza sincrona in stessa area (brood) in soli 2 mesi (vita adulti: circa 2 settimane)

Elevata densità di popolazione è strategia antipredatoria (**saturazione del predatore**): grande densità aumenta fitness dei singoli ("diluizione" su probabilità di morte per predazione del singolo).



1 2 Abstract:

Williams et al 1993 abstract: E' stata esaminata nel periodo di maggio-giugno 1985 in un'area di studio di 16 ettari (0,16 km²) nel nord-ovest dell'Arkansas (foresta di latifoglie) l'emergenza di cicale periodiche con ciclo di 13 anni (Brood XIX) distinguendo tra i maschi e le femmine e la loro mortalità calcolando e confrontando i relativi contributi delle diverse cause (predazione da parte di uccelli, infezione fungina di *Massospora cicadina*, fattori ambientali e senescenza). Determinando il modello temporale della popolazione e della predazione associato alla sazietà dei predatori e alla mortalità.

Sono state stimate 1.063.300 cicale emerse con maschi più sincronizzati e precoci rispetto alle femmine. La predazione è stata la principale causa di morte solo nel periodo iniziale e finale (con bassa densità di popolazione di cicale) poiché si era raggiunta la saturazione nel periodo di maggiore popolazione e non ha superato comunque il 15% considerando tutte le emergenze mentre la morte per fattori ambientali (evento stocastico ad inizio giugno, nel periodo con grande popolazione) ha inciso del 40%. Infine l'infezione fungina non era statisticamente rilevante.

Louie H. Yang 2004 abstract: Gli impulsi di risorse sono eventi occasionali di abbondanza effimera di risorse che si verificano in molti ecosistemi. I consumatori sopra il suolo, in comunità diversificate, spesso rispondono in modo forte agli impulsi di risorse, ma pochi studi hanno indagato le conseguenze nel suolo degli impulsi di risorse negli ecosistemi naturali. Questo studio mostra che gli impulsi delle cicale periodiche a intervallo di 17 anni (*Magicicada* spp.) aumentano direttamente la biomassa microbica e la disponibilità di azoto nei suoli forestali, con effetti indiretti sulla crescita e la riproduzione delle piante forestali. I risultati suggeriscono che gli impulsi delle cicale periodiche creano effetti bottom-up, determinando forti connessioni e reciproche tra i componenti sopra e sotto il suolo di un ecosistema forestale del Nord America.



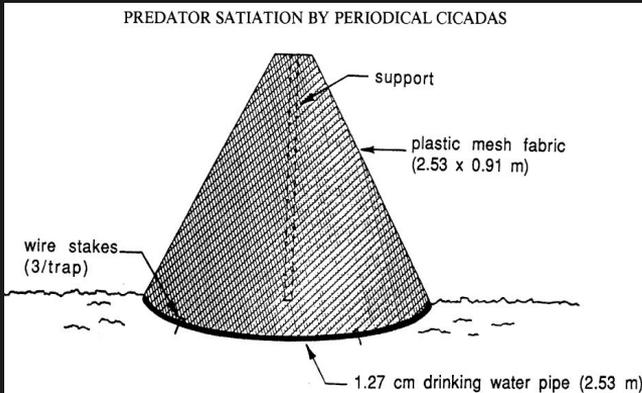
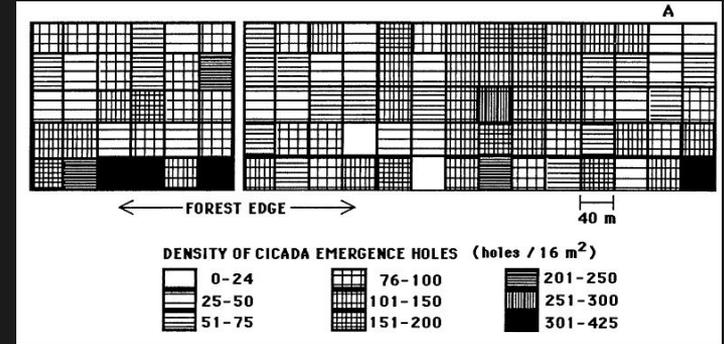
Metodi

AREA DI STUDIO:

- foresta di latifoglie dell'Ozark, delimitata da pascoli vicini al fiume White
- rettangolare di **16 ettari**, divisa in **100 subplot** di 0,16 ettari (1600 m²)
- confini delimitati da corde nella chioma degli alberi e etichette nelle intersezioni

Da **media buchi delle emergenze (Xst)**, contati in 16 unità casuali di 1 m² in ogni subplot (**N**), si ottiene **numero totale cicale emerse (Nemerged)**:

$$Nemerged = N \cdot Xst = 160\ 000 \cdot Xst$$



EMERGENZE GIORNALIERE: ninfe emergenti in trappole di 0,5 m², sotto gli alberi, controllate ogni 2 giorni (**t**) per conteggiare e identificare adulti (**Emergence Rate (ER)** e **Daily Emergence (DE)**)

MORTALITÀ: numero di corpi di cicale in trappole di mortalità, a cono rovesciato, aperte in alto e su pali (**Mortality Rate (MR)**, **Daily Mortality (DE)**, **Nmortality = totale morti**)

$$Rt = \text{individui in } t / \text{totale individui} \quad (\text{frazione})$$

$$Dt = Rt \cdot Nx \quad (\text{num individui})$$

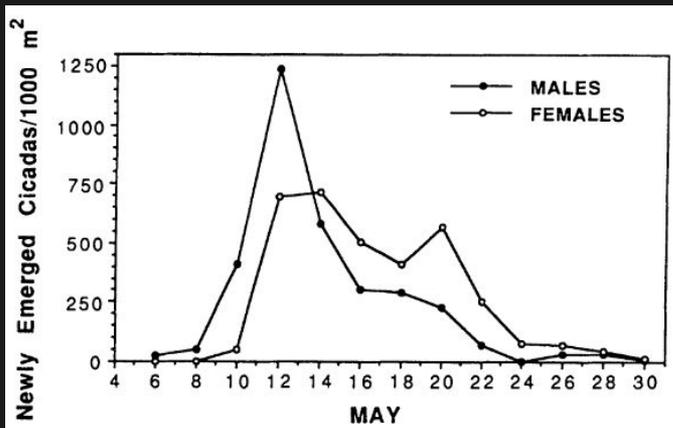
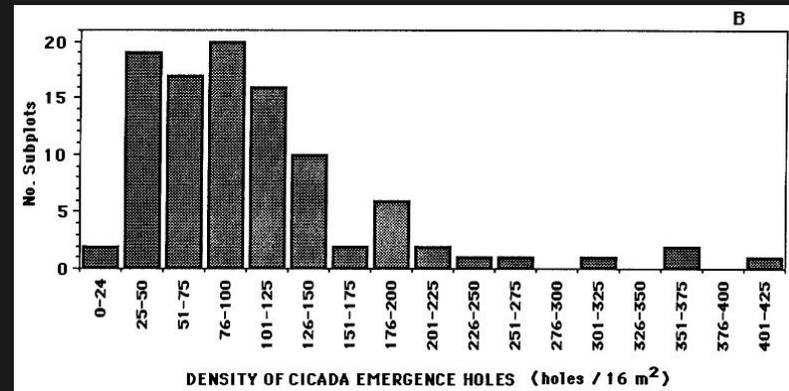
Emergenze

Densità media buchi $X_{st} = 6,65$ tane di emergenza/m²

(buchi nel terreno intorno agli alberi da cui le ninfe emergono, univoci per ogni individuo)

Individui totali $N_{emerged} = 1.063.300$ cicale

Circa il 50% della popolazione emerse durante quattro notti consecutive, e la massima abbondanza di adulti si verificò a fine maggio.



I maschi sono apparsi per primi nelle trappole di emergenza all'inizio di maggio e furono più sincronizzati rispetto alle femmine



Popolazione e Cause di Morte

3 classi per distinguere i relativi contributi a DMt delle diverse cause:

- individui infetti dal fungo (F, FR, DF),
- le paia di ali o le ali spaiate sul terreno erano individui predati (P, PR, DP)
- “morti naturali” (sia senescenza sia per fattori ambientali) (NatD, BR, DB)

In generale: $R_t = a / \text{totale morti}$ (frazione) dove $a = F$ o P o $NatD$

$D_t = R_t \cdot DM_t$ (num individui)

La **dimensione giornaliera** della **popolazione di cicale adulte** (DA_t) stimata con mortalità totale giornaliera (DM_t) e emergenza totale giornaliera (DE_t):

$DA_t = DE_t - DM_t$

La **standing crop** o biomassa giornaliera (SC_t), numero di cicale disponibili per predatori nel giorno t, calcolata aggiungendo la predazione giornaliera (DP_t) a DA_t :

$SC_t = DA_t + DP_t$



Predazione e Saturazione

Efficienza giornaliera di predazione calcolata come percentuale di cicale disponibili (SC_{\square}) predate ogni giorno (DP_{\square}):

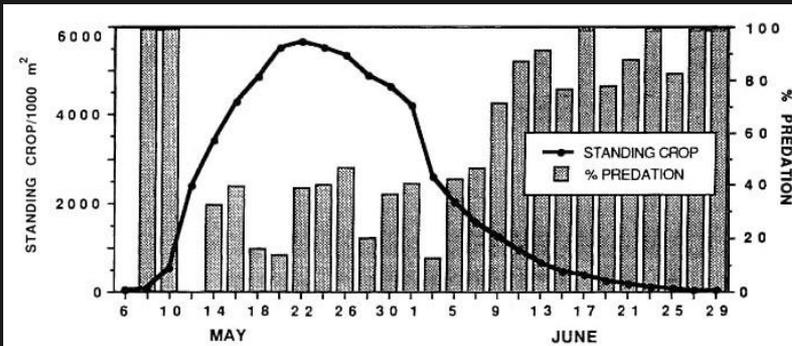
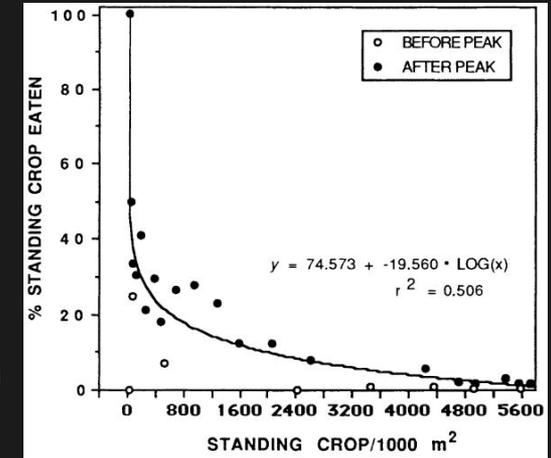
efficienza giornaliera di predazione = $(DP/SC) \times 100$ (%)

INIZIO MAGGIO: prime cicale, basse densità, solo predazione

MAGGIO: alta densità (> 24.000 cicale/ettari), rapida saturazione/sazietà predatori per settimane

INIZIO GIUGNO: alta densità in diminuzione

FINE GIUGNO: ultime cicale, basse densità, attività di foraggiamento aumentate per nutrire piccoli (predazione aumentata fino a 100%)



- Predazione importante solo ad inizio e fine emergenza (consumo 15-40% a basse densità)
- **Predazione totale = 14,8%** (considerando zona di attività cicale)
- **Efficienza media predatori = 14,2 ± 2,8%** (escluso ultimo giorno efficienza 100%)

Le emergenze sincronizzate ed esplosive delle cicale periodiche sono esempi di saturazione dei predatori.

Morti Naturali

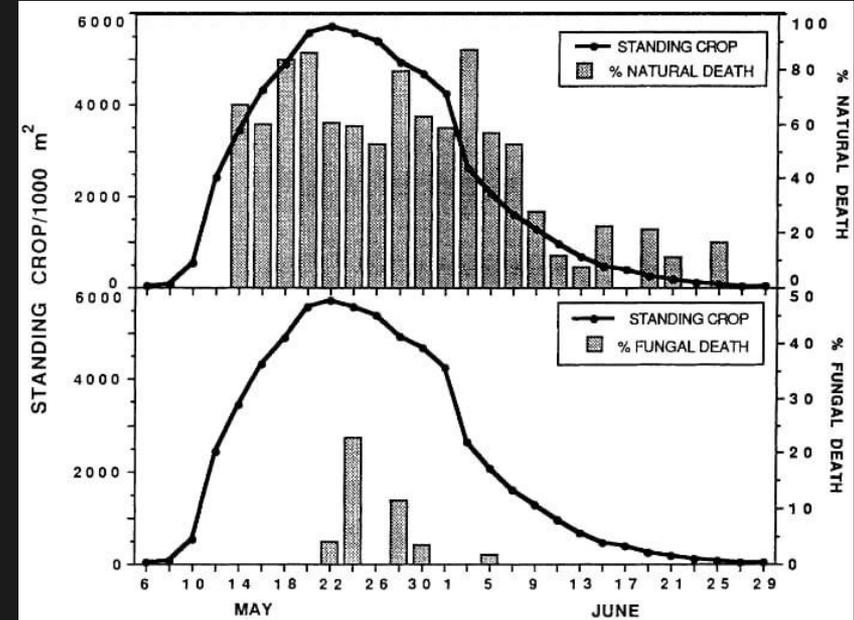
Le morti naturali (**senescenza** e **cause ambientali**) aumentate con l'aumentare di densità cicale:

- contribuito di più a mortalità di predazione durante picchi di abbondanza
- poche fino ai **2 temporali** di INIZIO GIUGNO (evento stocastico), in cui il **40%** della popolazione è morta

I **fattori stocastici** possono avere grandi effetti sulle popolazioni (magari portando dimensione a livelli per cui generazioni dopo non saturano predatori, estinzione se troppo ridotte).

L'**infezione fungina** non fu causa principale di mortalità:

- max morti in picco di abbondanza (forse dipendenza dell'infezione da densità o al ciclo vitale del fungo).



Decompositori: Batteri e Funghi

ARTICOLO 2:

Il secondo articolo indaga gli effetti della deposizione di carcasse di cicale su:

1. biomassa microbica nel suolo
2. disponibilità di azoto
3. crescita e riproduzione delle piante forestali (effetti bottom-up).

DECOMPOSITORI MICROBICI NEL SUOLO:

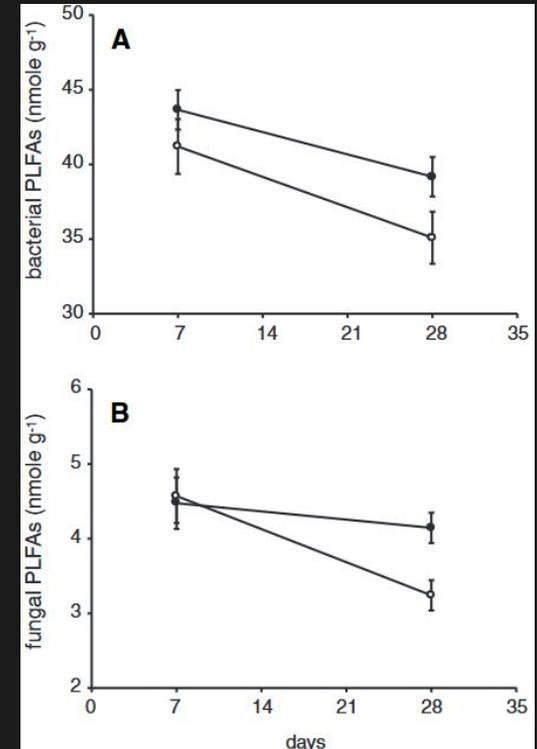
Carcasse di cicale posizionate in terreni forestali per simulare densità naturali di cicale nella lettiera (litterfall), monitorando concentrazione **acidi grassi derivati da fosfolipidi (PLFA) batterici e fungini** (rendono biodisponibili alcuni elementi decomponendo detrito)

PRIMI 7 GIORNI: **no differenze** tra PLFA dei terreni di controllo (0 cicale/m²) e dei terreni di trattamento (120 cicale/m²).

DOPO 28 GIORNI:

- **PLFA batterici maggiori del 12%** nei trattamenti rispetto ai controlli (aumento biomassa batterica)
- **PLFA fungini maggiori del 28%** nei trattamenti (aumento biomassa fungina)
- **Rapporto funghi-batteri non aumentato**

Si mostra una classica crescita microbica rapida e ampia dopo breve fase di latenza in risposta alle carcasse di cicale.



Azoto inorganico

Nella zona, azoto inorganico è **fattore limitante** per produzione primaria. Carcasse di cicale periodiche ne sono ricche (**contenuto N = 10,4%**), poste a densità naturali per replicare terreni forestali durante due emergenze.

Nel 2002: correlazione tra aggiunta cicale e indici di **ammonio (NH₄⁺)** nel suolo (R^2 adjusted = 0,21) e di **nitrate (NO₃⁻)** (R^2 adjusted = 0,11) durante esperimento di 100 giorni:

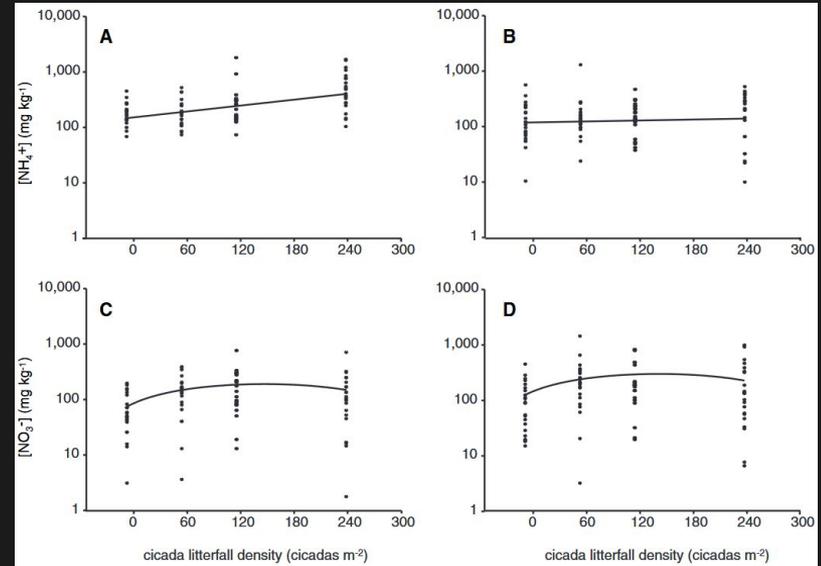
- **NH₄⁺ superiori del 412%** in terreni con max concentrazione (**300 cicale/m²**) rispetto ai controlli
- **NO₃⁻ superiori del 199%**

Nel 2003: correlazione NH₄⁺ (R^2 adjusted = 0,25) e NO₃⁻ (R^2 adjusted = 0,06):

- **NH₄⁺ aumento del 306%** in terreni con max concentrazione (**240 cicale/m²**) rispetto a controlli
- **NO₃⁻ aumento del 249%**

Effetto su **disponibilità NH₄⁺**:

- primi 30 giorni: **limitato**
- successivi 70: **nullo**



Effetto su **disponibilità NO₃⁻**:

- primi 30 giorni: **forte**
- 70 dopo: **continuato**

Effetti su Produttori Primari

Effetti dell'arricchimento su crescita e riproduzione della *campanula americana* (*Campanulastrum americanum*), erbacea annuale/biennale di sottobosco di questa area, per cui ambiente incentiva dimensione dei semi, influenzando germinazione e performance piantine. Si è testato che un litterfall di cicale aumenti contenuto **N nel fogliame** e **dimensione semi**.



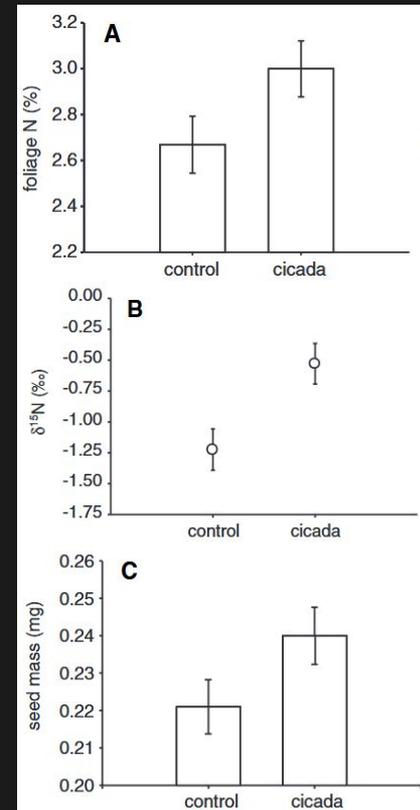
A: piante arricchite con cicale (140 cicale/m^2) hanno prodotto fogliame con un **contenuto N superiore del 12%** rispetto a controlli e **rapporto C/N diminuito dell'11%**.

B: analisi **isotopi stabili (^{15}N)** in fogliame mostra $\delta^{15}\text{N}$ maggiore in piante arricchite ($\delta^{15}\text{N}_{\text{trattamento}} - \delta^{15}\text{N}_{\text{controllo}} = 0,695\text{‰}$). Arricchimento $\delta^{15}\text{N}$ con cicale = $1,56\text{‰}$ (ritenzione preferenziale isotopo più pesante in consumatori).

C'è legame tra fonte di N (cicale) e incremento assimilazione di N nelle piante.

C: piante hanno prodotto **semi più grandi del 9%** rispetto a controlli.

Gli effetti sotterranei degli impulsi delle cicale sono rapidamente utilizzati in crescita e riproduzione piante durante anno di emergenza e influenzano i loro processi.



Bibliografia:

articoli: Williams et al 1993, Louie H. Yang 2004;

immagini:

1: <https://www.deviantart.com/aaronmk/art/Cicada-236973449>

2: USDA Forest Service su https://en.wikipedia.org/wiki/Periodical_cicadas

3: foto di C. Simon. doi:10.1371/journal.pone.0000892.g003

4: ritaglio da One-punch man (disegni di Yusuke Murata, storia di One), diritti in italia di Panini Comics panini.it

5,6,7,8,12,13,14 : Williams et al 1993 su <http://www.jstor.org/action/showPublisher?publisherCode=esa>

9: pexels.com

10 Copyright 2021, G. Edward Johnson. CC-BY Attribution (<http://edwardjohnson.com/>)

11: foto di Julian Robinson su flickr.com

15,16,18: Louie H. Yang 2004 su www.sciencemag.org

17: [Photo](#) su inaturalist.org