

Come fanno gli inquilini e le vespe parassitoidi a individuare le galle che utilizzano?

Orientamento, segnali chimici, caratteristiche delle galle, vibrazioni ed esempi dal mondo delle vespe galligene

L'idea centrale

Una vespa minuscola non cerca semplicemente «una determinata galla» utilizzando un unico senso. La ricerca è probabilmente un processo in più fasi: orientamento a lunga distanza mediante la pianta ospite e gli odori, ricerca a breve distanza mediante caratteristiche visibili e chimiche della galla e, infine, valutazione dell'ospite nascosto attraverso segnali di contatto, meccanici o chimici.

1. Lunga distanza Quercia / pianta Scia odorosa	2. Breve distanza Galla Forma • colore • posizione	3. Contatto Antenne Tatto • odore	4. Valutazione Ovopositore Vibrazioni	5. Decisione Ospite adatto? Ovideposizione
---	--	---	---	--

Un'importante limitazione: per molte comunità di galle di quercia, il meccanismo preciso con cui le galle vengono individuate non è ancora stato stabilito sperimentalmente. In particolare, per gli inquilini come *Synergus*, le evidenze dirette relative ai singoli segnali di localizzazione sono molto più limitate rispetto a quelle disponibili per i parassitoidi meglio studiati.

1. Che cosa deve trovare realmente una vespa minuscola?

Una vespa galligena produce una galla che nasconde lo stadio larvale nei tessuti vegetali. Per un parassitoide che arriva in seguito, la situazione è quindi insolita: l'ospite vero e proprio è invisibile e spesso misura solo pochi millimetri. La galla è contemporaneamente un rifugio, una fonte di nutrimento e un punto di riferimento.

Due modi di vita – due problemi di ricerca

- **Parassitoidi / vespe parassitoidi:** la larva deve utilizzare un ospite animale. Perciò, innanzitutto, bisogna trovare la galla come «struttura che ospita l'ospite»; successivamente bisogna localizzare e accettare l'ospite nascosto.
- **Inquilini:** vivono all'interno di una galla prodotta da un'altra vespa galligena e utilizzano principalmente i suoi tessuti o le risorse fornite dalla galla. La loro ricerca è quindi rivolta più verso una galla adatta che verso una singola larva ospite.

Nelle vespe galligene delle querce, la ricerca è determinata da un mosaico particolarmente complesso
Le galle di quercia differiscono per tipo di galla, parte della pianta, forma, dimensioni, superficie, stadio di sviluppo, specie arborea e stagione. La comunità associata di parassitoidi e inquilini non è quindi assemblata casualmente. Per le galle di quercia del Paleartico occidentale è documentato che la fauna associata è fortemente influenzata dalla morfologia della galla, dalla sua posizione sull'albero, dal momento dello sviluppo e dall'albero ospite.

Ciò non significa automaticamente che la vespa «identifichi» consapevolmente ciascuna di queste caratteristiche. Alcune possono semplicemente agire come preferenze innate: determinati odori, forme o strutture vegetali possono innescare il comportamento di ricerca.

2. Il primo livello: odore e pianta ospite

Molti parassitoidi utilizzano composti organici volatili (COV). Questi possono provenire direttamente dalla pianta, dalla galla o da tessuti vegetali modificati dall'infestazione. Nei sistemi delle vespe galligene, la formazione della galla può modificare il profilo olfattivo della pianta, creando una sorta di «impronta chimica».

Che cosa potrebbe percepire con l'olfatto?

- **Sostanze odorose prodotte dalla pianta ospite stessa.**
- **Odori vegetali modificati dalla formazione della galla o dall'alimentazione/manipolazione.**
- **Composti volatili provenienti dai tessuti della galla.**
- **In alcuni sistemi, indizi indiretti della presenza di un ospite vivo all'interno della galla.**

Esempio ben documentato: *Quadrastichus mendeli* e la vespa galligena dell'eucalipto *Leptocybe invasa*
In uno studio sperimentale, il parassitoide *Quadrastichus mendeli* ha preferito gli odori provenienti da piante di eucalipto danneggiate dalla vespa galligena rispetto agli odori di piante danneggiate meccanicamente o non danneggiate. Diversi singoli composti odorosi hanno inoltre provocato risposte misurabili nelle antenne. Ciò dimostra chiaramente che un parassitoide può rilevare un'infestazione attraverso segnali odorosi della pianta senza dover vedere la larva della vespa galligena.

Ma con le galle di quercia è necessaria cautela

Nei cinipidi delle querce si sospetta da tempo che l'odore, la forma, le dimensioni e la posizione della galla svolgano un ruolo nella sua localizzazione. Tuttavia, la letteratura sottolinea esplicitamente che si sa ancora relativamente poco sui segnali specifici di orientamento utilizzati dalle vespe galligene delle querce. Studi recenti confermano che almeno alcuni parassitoidi sono in grado di percepire composti volatili associati ai cinipidi.

3. Il secondo livello: vista, forma, colore e posizione

Quando una vespa raggiunge le vicinanze di una pianta adatta, la ricerca diventa molto più precisa dal punto di vista spaziale. In questa fase possono assumere importanza le caratteristiche visive e strutturali della galla.

Perché la forma della galla è così utile?

- Molte specie di galle hanno una forma molto caratteristica.
- La galla si trova su una parte della pianta caratteristica della specie: gemma, foglia, amento, ramo, frutto, ecc.
- Il colore e la struttura della superficie cambiano durante lo sviluppo.
- Le dimensioni e il grado di maturazione possono indicare se è effettivamente presente un ospite adatto.
- La posizione sulla pianta riduce drasticamente il numero dei possibili «candidati».

Questo è particolarmente interessante nelle querce

Le due generazioni di molte vespe galligene delle querce possono produrre galle completamente diverse. Una specie di parassitoide specializzata in una determinata generazione, o che la preferisce, non trova quindi semplicemente «la specie di vespa galligena», ma potenzialmente un tipo di galla molto specifico in un determinato periodo dell'anno e su una particolare parte della pianta.

Gli studi sulle comunità di galle delle querce mostrano che le generazioni sessuata e asessuata ospitano spesso comunità di parassitoidi differenti. Questo costituisce una forte indicazione del fatto che il periodo e il tipo di galla siano importanti filtri ecologici.

Un possibile percorso di ricerca

Lunga distanza	Albero / chimica della pianta	«Vale la pena cercare qui.»
Distanza intermedia	Tipo di galla / posizione / forma	«Questa galla corrisponde.»
Breve distanza	Antenne / tatto / odore	«Qui c'è qualcosa di interessante.»
Contatto	Ovopositore / segnali meccanici	«L'ospite è qui.»

4. Il terzo livello: tatto, vibrazioni e «picchiettamento»

Alcune vespe parassitoidi possono localizzare ospiti nascosti utilizzando informazioni meccaniche. Ciò non significa necessariamente che «sentano» una vibrazione prodotta dall'ospite stesso. In alcune specie, la vespa genera un segnale picchiettando o facendo vibrare il substrato e valuta la risposta meccanica. Questo comportamento è noto come vibrational sounding, cioè «sondaggio vibratorio».

Come funziona l'idea di base?

La vespa tocca o picchietta un substrato come un fusto, il legno o un tessuto vegetale. Le onde meccaniche si propagano attraverso di esso e vengono modificate dalle strutture interne. Organi sensoriali specializzati sulle zampe e antenne modificate possono essere coinvolti nella localizzazione. Il metodo è particolarmente interessante per ospiti nascosti e immobili.

Importante: questo non è automaticamente il meccanismo utilizzato da tutte le vespe associate alle galle

Il sondaggio vibratorio è ben studiato nelle vespe parassitoidi in generale, ma da ciò non si può dedurre che, per esempio, tutti i *Torymus* o tutti gli *Eulophidae* trovino una galla in questo modo. Nei cinipidi delle querce, il contributo preciso dei diversi canali sensoriali è ancora meno studiato.

Un buon esempio comparativo

Pimpla turionellae può localizzare ospiti nascosti e immobili nelle strutture vegetali mediante segnali meccanici. Gli esperimenti mostrano che questa forma di localizzazione è influenzata dalla temperatura e dalle proprietà fisiche del substrato. Ciò dimostra quanto possa essere finemente regolato un sistema di localizzazione meccanica.

Su una galla, una vespa potrebbe quindi, in teoria, combinare diverse informazioni: dove si trova la galla? – Qual è la sua struttura? – C'è un ospite adatto al suo interno? Questi livelli devono essere distinti dal punto di vista biologico.

5. Che cosa succede direttamente sulla galla?

Una volta trovata una galla sospetta, inizia un secondo tipo di decisione: questa galla è davvero adatta? Nei parassitoidi, la vespa può esplorare la galla con le antenne, inserire l'ovopositore oppure esaminarne deliberatamente la superficie.

L'ovopositore è più di un «trapano»

- Può perforare la parete della galla.
- Permette di deporre l'uovo in un punto scelto con grande precisione.
- In alcune vespe parassitoidi, le strutture chemiorecettive dell'ovopositore possono fornire informazioni sul substrato e/o sull'ospite.
- Nelle specie con un ovopositore lungo, la vespa può raggiungere ospiti situati più in profondità; altre strategie consistono nel deporre le uova molto presto durante lo sviluppo della galla.

Esempio dalle galle di quercia

Nei cinipidi delle querce, i parassitoidi differiscono, tra l'altro, per la profondità alla quale riescono a raggiungere un ospite. Un ovopositore lungo può facilitare l'accesso alle larve situate in profondità. Un'altra strategia consiste nell'ovideporre molto presto durante lo sviluppo della galla e attendere che l'ospite si sviluppi. In questo modo, la vespa non deve successivamente attraversare la parete della galla, ormai più spessa.

Perché questo è interessante per identificare i tuoi esemplari

Per le galle di quercia che stai studiando, la combinazione tipo di galla + generazione + specie di quercia + periodo di sviluppo è quindi preziosa non solo per la successiva identificazione della vespa emersa. Può anche aiutare a spiegare perché determinati inquilini e parassitoidi compaiano proprio in quella galla e in quel momento.

6. E come trovano le loro galle gli inquilini come *Synergus*?

Qui è necessaria una maggiore cautela dal punto di vista scientifico. Per molti inquilini, la fisiologia sensoriale specifica alla base della localizzazione delle galle è meno studiata rispetto a quella dei parassitoidi classici. Esistono tuttavia solide indicazioni ecologiche che mostrano che gli inquilini non colonizzano le galle in modo casuale.

Ciò che i dati mostrano chiaramente

- Le specie di *Synergus* possono essere associate a determinati gruppi di galle di quercia.
- Negli inquilini delle querce, l'albero ospite, il tipo di galla e la morfologia della galla svolgono un ruolo importante negli spettri di ospiti osservati.
- La composizione delle comunità di inquilini e parassitoidi dipende fortemente dalla specie di galla, dalla sua posizione sull'albero e dalla stagione.
- La domanda diretta «Quale molecola una femmina di *Synergus* percepisce con l'olfatto e la induce a volare precisamente verso questa galla?» rimane senza risposta per molte specie.

La formulazione scientificamente più rigorosa è quindi questa

Sappiamo che la galla adatta viene localizzata e utilizzata in modo mirato; tuttavia, per ogni specie di inquilino non sappiamo quali segnali sensoriali controllino l'intero processo di ricerca. Probabilmente anche qui è coinvolta una combinazione di più segnali.

Collegamento con *Andricus grossulariae*

Per il tuo sistema specifico, l'informazione «*Andricus grossulariae*, generazione bisessuale» è particolarmente preziosa. Nei cinipidi delle querce, le comunità associate alle due generazioni differiscono spesso notevolmente. Un inquilino specializzato in un determinato tipo di galla deve quindi coincidere con precisione, sia nel tempo sia nello spazio, con la comparsa di quella galla.

Ciò non significa necessariamente che la vespa possa «riconoscere» la galla da grande distanza. Potrebbe piuttosto trattarsi di un processo graduale: quercia adatta → stagione adatta → parte adatta della pianta → galla adatta → valutazione chimica/fisica.

7. Quattro esempi a confronto

Esempio 1 – *Quadrastichus mendeli*: orientamento chimico

Questo eulofide parassitizza la vespa galligena invasiva dell'eucalipto *Leptocybe* invasiva. Gli esperimenti hanno mostrato una preferenza per gli odori delle piante danneggiate dalla vespa galligena. È un esempio particolarmente chiaro dell'uso di segnali chimici mediati dalla pianta.

Esempio 2 – cinipidi delle querce e i loro *Calcidoidei*: il tipo di galla come filtro ecologico

Nei parassitoidi delle vespe galligene delle querce, la comunità nel suo insieme è fortemente influenzata dalla morfologia della galla, dalla sua posizione sull'albero, dalla stagione e dall'albero ospite. Questo dimostra che una vespa non cerca semplicemente «la quercia», ma seleziona all'interno di un insieme complesso di galle.

Esempio 3 – sondaggio vibratorio: localizzazione meccanica dell'ospite

In alcune vespe parassitoidi, il substrato viene esaminato attivamente dal punto di vista meccanico. In questo modo la vespa può ottenere informazioni sugli ospiti nascosti. Questa strategia è particolarmente interessante perché l'ospite non deve essere visibile dall'esterno.

Esempio 4 – vespe galligene dei fichi e i loro parassitoidi: odore + valutazione chimica diretta

Nei sistemi associati ai fichi, il ruolo dei composti volatili e della valutazione chimica è stato studiato particolarmente bene. I parassitoidi possono rispondere agli odori dei siconi che contengono i loro ospiti galligeni; nella decisione successiva, le informazioni chimiche percepite attraverso l'ovopositore possono svolgere un ruolo. Questo sistema mostra in modo esemplare come i segnali a lunga e a corta distanza possano agire insieme.

Punto chiave

Quanto più lontana è la vespa dalla galla, tanto più generali sono le informazioni a sua disposizione.

Avvicinandosi, i segnali diventano più specifici: pianta → tipo di galla → superficie → ospite nascosto. Non si tratta di una procedura rigida, ma di un sistema di ricerca multimodale.

8. Ciò che sappiamo – e ciò che resta da chiarire

Domanda	Stato delle conoscenze
I parassitoidi utilizzano gli odori?	Sì, questo è ben documentato per molti parassitoidi; anche i COV vegetali associati alle galle possono essere rilevanti.
I tipi di galla di quercia sono importanti?	Sì. La morfologia della galla, la posizione, la stagione e l'albero ospite influenzano chiaramente la fauna associata.
Le vespe utilizzano le vibrazioni?	È ben documentato in alcuni parassitoidi; non può essere generalizzato a tutte le vespe associate alle galle.
La localizzazione delle galle in <i>Synergus</i> è completamente compresa?	No. Gli spettri di ospiti e le associazioni ecologiche sono meglio conosciuti dei meccanismi sensoriali specifici coinvolti nella localizzazione delle galle.
Una vespa riconosce «la specie giusta» sulla base di un unico segnale?	Probabilmente no, nella maggior parte dei casi. Un processo di ricerca multimodale e gerarchico costituisce il modello più plausibile.

Per la raccolta e l'allevamento in pratica

- Documenta sempre la galla insieme alla pianta ospite esatta, alla località, alla data e alla parte della pianta.
- Per le vespe galligene, annota quando possibile la generazione (sessuata/bisessuale o asessuata).
- Fotografa la forma della galla e il suo stadio di maturazione prima di conservarla.
- Documenta separatamente gli inquilini e i parassitoidi emersi dal tipo di galla originale.
- Per i ritrovamenti insoliti, la combinazione ospite + galla + generazione + data è spesso più preziosa di una semplice somiglianza fotografica.

Soprattutto per *Synergus*, un allevamento accuratamente documentato può quindi avere un enorme valore tassonomico: la galla fornisce il contesto ecologico, mentre la vespa adulta fornisce i caratteri morfologici; solo insieme permettono un'identificazione realmente solida.

Fonti e bibliografia di approfondimento

- Broad, G. R. & Quicke, D. L. J. (2000/2001). The adaptive significance of host location by vibrational sounding in parasitoid wasps. *Proceedings of the Royal Society B* 267: 2403–2409. DOI: 10.1098/rspb.2000.1298
- Meyhöfer, R. & Casas, J. (1999). Vibratory stimuli in host location by parasitic wasps. *Journal of Insect Physiology* 45: 967–971. DOI: 10.1016/S0022-1910(99)00060-8
- Stone, G. N. et al. (2009). Host Niches and Defensive Extended Phenotypes Structure Parasitoid Wasp Communities. *PLoS Biology* 7(8): e1000179.
- Askew, R. R. et al. (2013). Catalogue of parasitoids and inquilines in cynipid oak galls in the West Palaearctic. *Zootaxa* 3643: 1–133. DOI: 10.11646/zootaxa.3643.1.1
- Stone, G. N. & Schönrogge, K. (Review literature, 2003/2005). Oak gall wasp communities: evolution and ecology.
- Borges et al. / *Frontiers review* (2018). The Galling Truth: Limited Knowledge of Gall-Associated Volatiles in Multitrophic Interactions. *Frontiers in Plant Science* 9:1139.
- *Quadrastichus mendeli* – *Leptocybe invasa* study (2022). Electroantennographic and olfactory responses of *Quadrastichus mendeli* to eucalyptus volatiles induced by the gall-forming insect *Leptocybe invasa*.
- Fischer, S. et al. (2001). Interaction of vibrational and visual cues in parasitoid host location. *Journal of Comparative Physiology A* 187: 785–791. DOI: 10.1007/s00359-001-0249-7

Nota sull'interpretazione scientifica

Nella letteratura sulla localizzazione delle galle bisogna distinguere tra parassitoidi in generale, parassitoidi delle vespe galligene e inquilini. Un meccanismo dimostrato sperimentalmente in una singola specie di vespa parassitoide non deve essere automaticamente esteso a tutte le vespe parassitoidi o a *Synergus*.