



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

DIPARTIMENTO SCIENZE DELLA VITA E DELL' AMBIENTE

Corso di Laurea
Scienze Biologiche

**LE DIFESE ANATOMICHE E CHIMICHE DELLA CORTECCIA DELLE CONIFERE PER CONTRASTARE
I COLEOTTERI DELLA CORTECCIA E ALTRI PARASSITI**

**ANATOMICAL AND CHEMICAL DEFENSES OF CONIFER BARK AGAINST BARK BEETLES
AND OTHER PESTS**

Tesi di Laurea di:
Ilaria Battistelli

Docente Referente
Chiar.ma Prof.ssa Cecilia Maria Totti

Sessione Autunnale
Anno Accademico 2019/2020

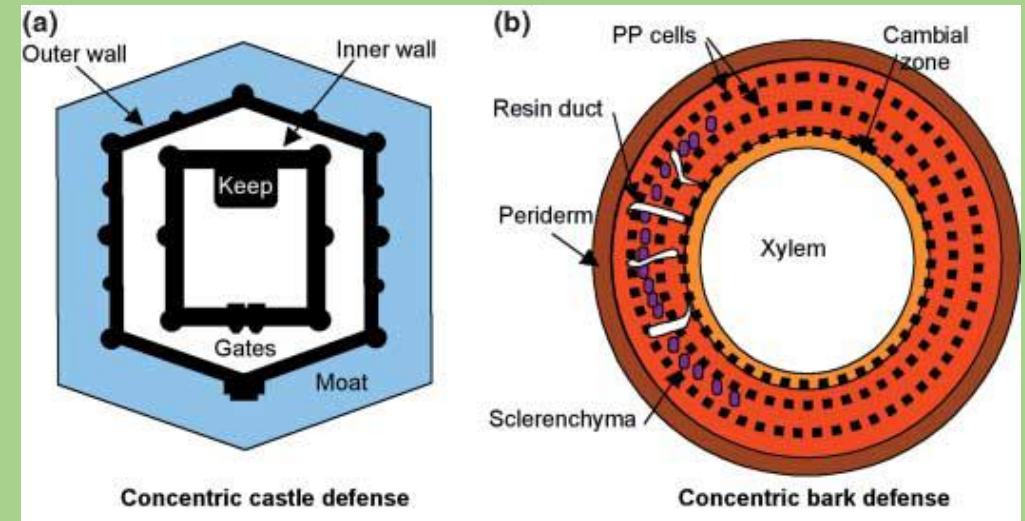
Le conifere durante la loro lunga vita, possono essere attaccate da un'ampia varietà di organismi invasori.

A tale scopo hanno sviluppato differenti meccanismi di difesa:

➤ le difese costitutive

➤ le difese inducibili

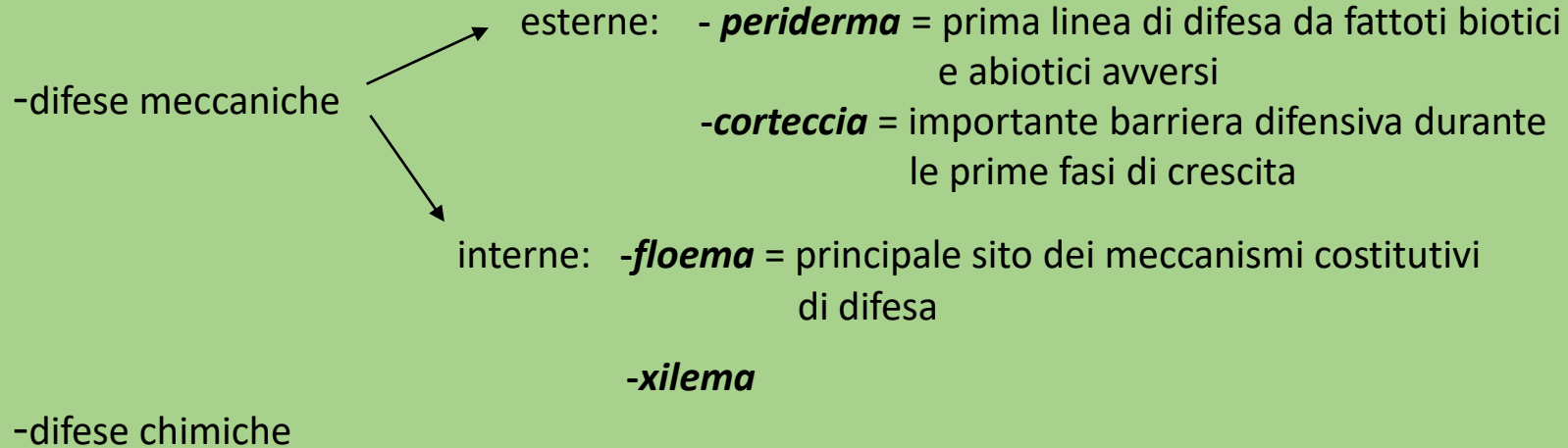
L'utilizzo di queste due difese in una sequenza temporale fornisce un sistema di difesa a più livelli.



- La difesa è un'impresa costosa, ma il costo è giustificato dalla potenziale distruzione che può verificarsi in assenza di tali difese.
- Le difese **costitutive** rappresentano un costo fisso per la pianta che può essere mitigato attraverso dei meccanismi che aggiungono valore alla struttura della pianta (fibre, cristalli di ossalato di calcio).
- Le difese **inducibili** sono risposte costose e adattative che possono essere perfezionate in base alla gravità dell'attacco.
- Inoltre esiste un costo di fitness associato alle difese inducibili quando la pianta sfugge ad un attacco.

Le difese costitutive

Tra le difese costitutive distinguiamo:



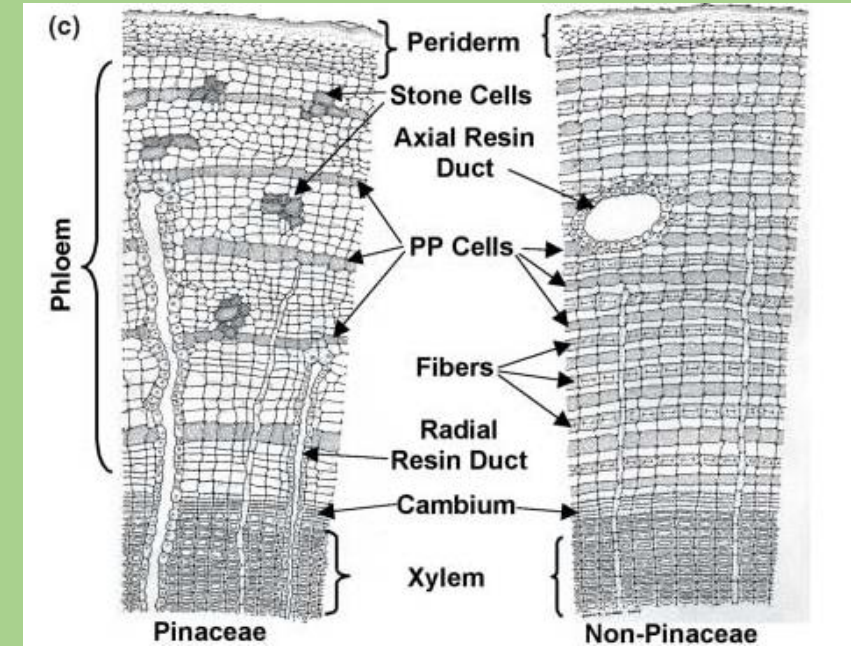
Il floema è costituito generalmente da 4 componenti:

1. Corpi fenolici

- presenti all'interno di vacuoli nelle cellule parenchimatiche polifenoliche (cellule PP)
- fungono da deterrenti alimentari e agenti funginei

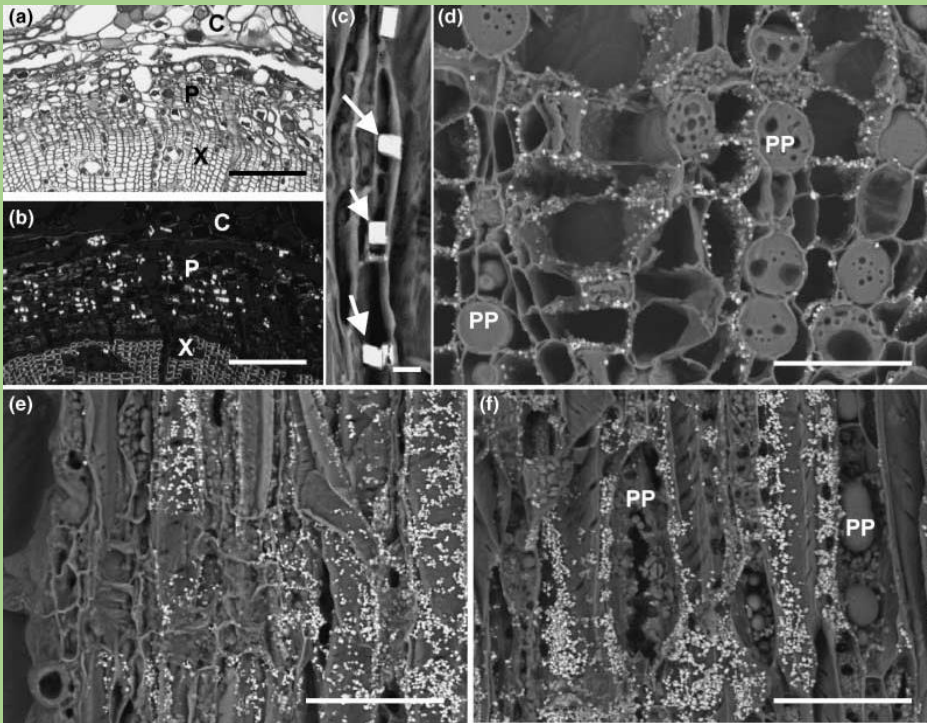
2. Sclerenchima

- costituito da 2 tipologie di cellule: sclereidi e fibre
- generalmente nel floema maturo non sono presenti contemporaneamente (le sclereidi sono più abbondanti nelle Pinaceae, le fibre in altre famiglie di conifere)



3. Cristalli di ossalato di calcio

- si presentano come depositi intracellulari (nelle Pinaceae) o come depositi nelle pareti extracellulari o nel periderma (nelle non Pinaceae)

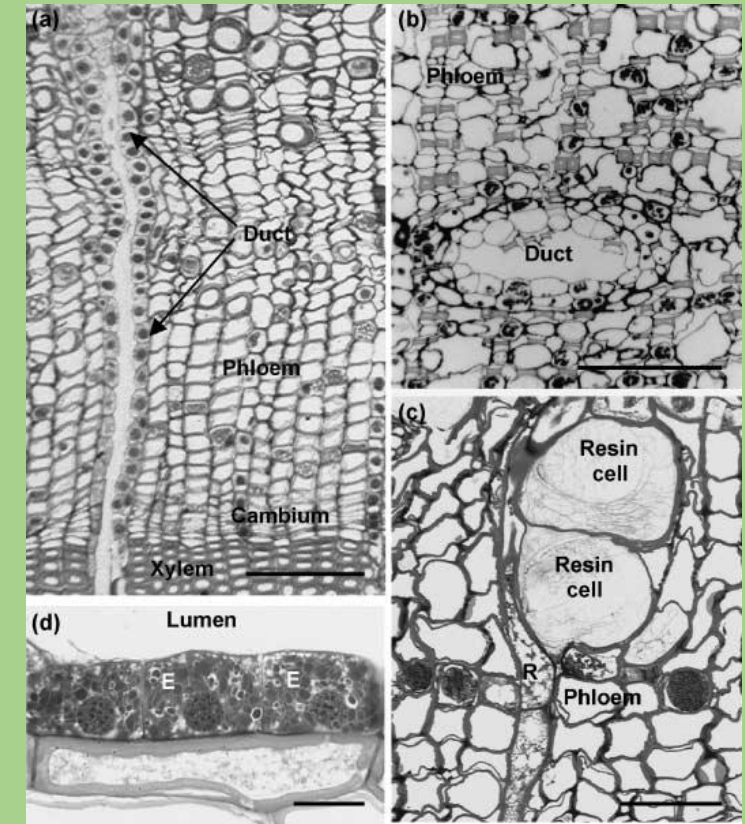


4. Sistema di strutture che producono e conservano resina

- dotti assiali e radiali della resina: rivestiti all'interno da cellule epiteliali in grado di sintetizzare resine terpeniche
- celle e vescicole di resina al cui interno si accumula resina sottopressione
- si trovano in tutte le Pinaceae, al contrario non si trovano in modo costitutivo nel floema di altri taxa

Lo **xilema** è costituito da:

- parenchima coinvolto nella sintesi e nella secrezione di lignani (nel duramen forniscono una difesa contro i funghi del legno e altri organismi)
- dotti costitutivi assiali della resina (solo in alcune conifere)



Difese inducibili

- Tra le difese inducibili
- risposte relativamente rapide (risposta ipersensibile)
 - risposte a lungo termine (dotti di resina traumatici)

Difese inducibili strutturali

- **periderma cicatriziale**: prodotto dall'attivazione delle cellule PP, si forma attorno ad una regione invasa o danneggiata
- **lignificazione precoce delle fibre**: possono essere indotte a diventare lignificate, se trattate con jamsonato di metile
- **dotti di resina traumatici**: si formano 2-3 settimane dopo l'attacco
 - nelle Pinaceae si formano nello xilema, nelle altre specie di conifere si formano nel floema
 - la loro formazione porta ad un aumento della produzione e dell'accumulo di resina

Difese chimiche inducibili

1. **proteiche**: sono altamente specifiche per un particolare organismo

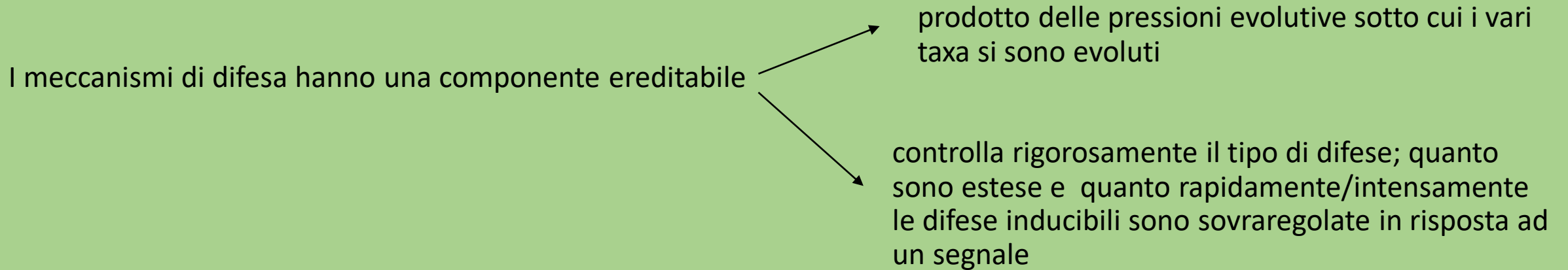
- **enzimi** (chitinasi e glucanasi; perossidasi e laccasi)
- **proteine tossiche** (porine, lectine)
- **inibitori di enzimi** (inibitori delle proteasi e amilasi)

2. **non proteiche**: prodotte più rapidamente; efficaci contro un'ampia gamma di organismi

- **Fenoli**
 - agiscono come agenti funginei, deterrenti alimentari e riducono il valore nutritivo del t. vegetale per l'organismo invasore
 - sono più tossici e specifici dei fenoli costitutivi
- **Resine terpeniche**
 - indotte dall'attacco
 - in parte immagazzinate in strutture esistenti
- **Alcaloidi**

Componenti genetiche e fisiologiche delle difese

Le capacità di difesa sono influenzate dalla genetica e dallo stato fisiologico dell'individuo.



Per mantenere le difese costitutive ed esprimere quelle inducibili sono richieste risorse sotto forma di Carbonio e Azoto.

Vari fattori abiotici e attacchi di agenti biotici possono alterare le risorse disponibili per le risposte di difesa, a tal punto che anche i genotipi relativamente resistenti diventano sensibili.

Poiché la resistenza fisiologica dipende dalla disponibilità delle risorse, una strategia utile sarebbe quella di investire al massimo in difese costitutive quando le condizioni sono buone, ma non è sempre così.

I coleotteri della corteccia: minuscoli ma mortali

Delle oltre 5800 specie descritte, meno di una dozzina, principalmente appartenenti ai generi *Dendroctonus* e *Ips*, sono aggressive.

Nel ciclo vitale dei coleotteri della corteccia si distinguono tre fasi:

1. dispersione
2. colonizzazione
3. sviluppo

Quando gli scarabei della corteccia attaccano un albero sano possono verificarsi due probabili esiti:

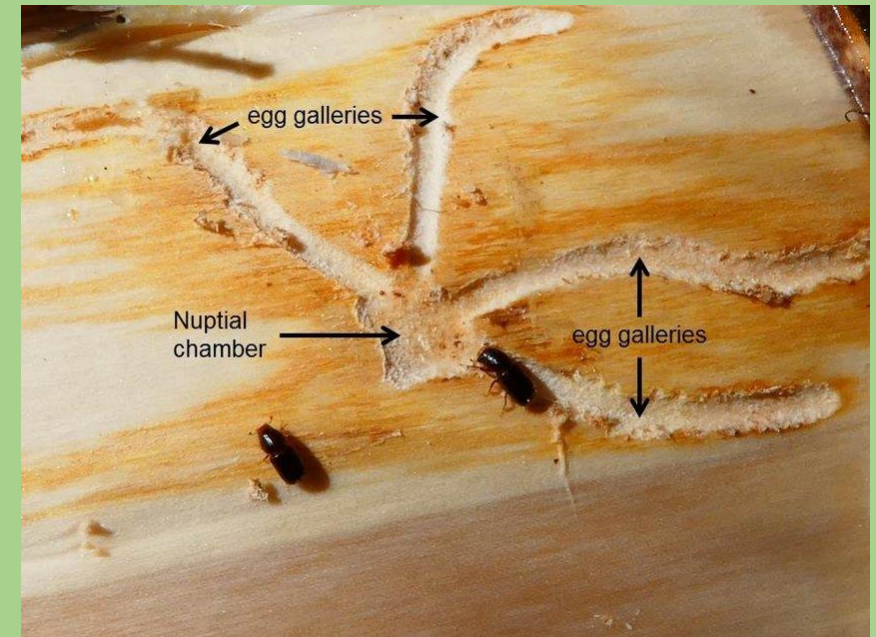
- l'albero si difende con successo
- gli scarabei colonizzano l'albero provocandone la morte o di parte di esso



<i>Dendroctonus ponderosae</i>	stati nord-occidentali USA	1979-1983	80 milioni di pini
<i>Dendroctonus frontalis</i>	stati meridionali USA	1979-1983	17,4 milioni di m ³ di pini
<i>Ips typographus</i>	Europa	anni '40	50 milioni di m ³ di Abete rosso della Norvegia

Per superare le potenti difese delle conifere hanno sviluppato strategie complementari:

- Feromoni di aggregazione (alcoli secondari, chetali biciclici)
- Tolleranza nei confronti delle difese chimiche dell'ospite
- Associazione con funghi patogeni



Coevoluzione tra le difese delle conifere e le strategie degli scarabei

- Le conifere e gli scarabei hanno convissuto sin dall'inizio del Mesozoico: si assiste ad una coevoluzione di queste due specie.

Ad es i feromoni di aggregazione hanno avuto origine come prodotti per la detossificazione dei monoterpeni dell'ospite e solo successivamente incorporati in un sistema di comunicazione intraspecifico.

- I feromoni non sono sempre essenziali per l'aggregazione.

*Infatti l'*Hylurgopinus rufipes* e il *Tomicus piniperda* non producono feromoni di aggregazione, ma riescono comunque a raggiungere elevate densità di attacco, purché la loro popolazione sia numerosa e l'attrazione indotta dall'ospite sia forte.*

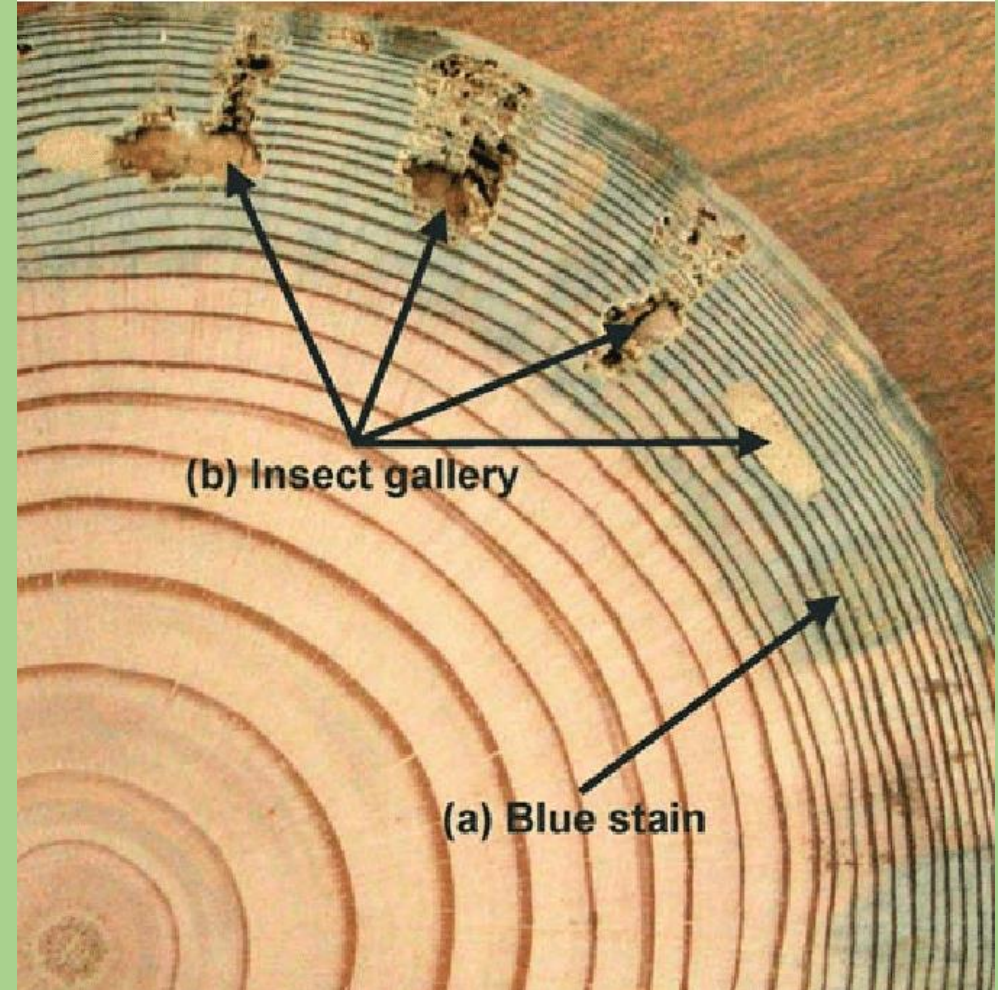
- L'attrazione indotta dall'ospite si basa su terpenoidi volatili, questo dimostra come una difesa chimica primaria diventi una debolezza.
- I monoterpeni e le oleoresine presenti nelle conifere sono tossici per i vari coleotteri, pertanto questi ultimi hanno sviluppato come preadattamento evolutivo un basso livello di tolleranza alle resine terpeniche.
- Gli efficienti feromoni di aggregazione inoltre sono in grado di ridurre la necessità di tolleranza alla resina.
- In seguito ad un gran numero di aggressori richiamati sull'ospite dai feromoni, si esauriscono rapidamente le difese della resina andando quindi a ridurre l'esposizione ai terpenoidi dell'ospite.

Attacchi multipli contro difese multiple

- Molto spesso gli scarabei della corteccia sono associati a funghi cromogeni (gen. *Ophiostoma*, *Ceratocystis*, *Leptographium*)
- Da questa associazione, i funghi e i coleotteri possono trarne dei vantaggi, ma allo stesso tempo competono per gli stessi nutrienti nel floema.
- Sono state effettuate delle prove sperimentali per stabilire il ruolo che i funghi hanno nella morte dell'albero.

*Andando ad inoculare il micelio fungineo, è stato dimostrato che il n. di inoculazioni di *Ceratocystis polonica* necessarie per uccidere un Abete rosso norvegese, corrisponde approssimativamente al n. di attacchi dell'*Ips typographus* richiesti per uccidere lo stesso albero.*

- Dunque il complesso scarabeo della corteccia-fungo va a potenziare la forza complessiva dell'assalto, infatti interagiscono sinergicamente per superare le potenti difese della corteccia.



Riassunto

Le conifere, essendo minacciate da una grande varietà di organismi, hanno evoluto nel corso della loro lunga vita efficienti meccanismi di difesa.

La principale strategia adottata è quella di sovrapporre le difese costitutive alle difese inducibili. Le prime, sempre presenti, comprendono sia gli elementi strutturali che forniscono spessore e resistenza (periderma, corteccia ecc.) sia un pool di sostanze immagazzinate, che possono essere rilasciate in caso di attacco (tossine, deterrenti alimentari, proteine ed enzimi di difesa); le seconde invece si generano sulla percezione dell'attacco. Pertanto mentre le difese costitutive tentano d'inibire un attacco iniziale, i meccanismi di difesa inducibili garantiscono che l'invasione iniziale sia percepita e difendono attivamente l'albero.

Le difese costitutive hanno una forza prestabilita, determinata dalle componenti genetiche dell'albero, a differenza delle inducibili, la cui forza è variabile e dipende prevalentemente dalla natura dell'attacco e dalla storia precedente.

Si può avere una terza strategia di difesa detta difesa acquisita o sistemica, che si verifica ad una certa distanza dall'attacco, infatti una volta individuato un organismo invasore si possono ottenere risposte inducibili più specializzate, in modo da potersi difendere più facilmente da attacchi futuri.

Tuttavia a causa della coevoluzione delle conifere con i suoi più temibili aggressori cioè gli scarabei della corteccia, hanno portato quest'ultimi a sviluppare delle strategie per sopraffare queste difese.

Grazie all'utilizzo di feromoni di aggregazioni gli scarabei della corteccia sono in grado di realizzare attacchi di massa, necessari per esaurire rapidamente le difese degli alberi sani.

Gli scarabei della corteccia molto spesso si associano ai funghi cromogeni e da questa associazione mutualistica entrambi ne traggono dei vantaggi. Mentre gli scarabei fungono da vettore per inoculare i funghi, che da soli non sarebbero in grado di violare la corteccia, i funghi li aiutano ad esaurire le difese dell'albero quindi ad impedire all'ospite di esprimere la sua potenziale resistenza.

Pertanto il complesso scarabeo-fungo potenzia la forza complessiva dell'assalto per sopraffare le potenti difese delle conifere.

Dunque è necessario comprendere al meglio queste difese, l'interazione e la coevoluzione tra i meccanismi di difesa e gli organismi invasori. Questo è fondamentale, ad esempio, per sviluppare strategie gestionali e genetiche che hanno come scopo principale quello di migliorare la salute delle foreste di conifere.