



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Territorio e sistemi agro-forestali – TESAF

Corso di Laurea Triennale in Tecnologie forestali e ambientali

Classe: L-25 - Scienze e tecnologie agrarie e forestali

Tesi di Laurea

***Effetto della concentrazione di etanolo sulla cattura di coleotteri
scolitidi xilematici***

*Effect of ethanol concentration on ambrosia beetle catches in
traps*

Relatore

Prof. Davide Rassati

Correlatore

Dott. Giacomo Cavaletto

Laureando

Davide Maistrello

n° matricola 1202186

Anno Accademico 2021/2022

INDICE

RIASSUNTO	4
ABSTRACT	5
1. INTRODUZIONE	6
1.1 GLI SCOLITIDI XILEMATICI	6
1.1.1 <i>Biologia e simbiosi con funghi</i>	6
1.1.2 <i>Sistemi riproduttivi</i>	7
1.1.3 <i>La tribù degli Xileborini</i>	8
1.1.4 <i>Le specie target</i>	9
1.2 I MECCANISMI DI SELEZIONE DELLA PIANTA OSPITE NEGLI SCOLITIDI XILEMATICI	13
1.2.1 <i>La selezione dell'ospite</i>	13
1.2.2 <i>Il ruolo e la produzione dell'etanolo</i>	14
1.2.3 <i>L'influenza della concentrazione di etanolo</i>	15
1.3 LE METODOLOGIE PER IL CONTROLLO DEGLI SCOLITIDI XILEMATICI	15
1.3.1 <i>Gli scolitidi xilematici come specie esotiche</i>	15
1.3.2 <i>Metodi di controllo</i>	16
1.3.3 <i>Trappole attivate con etanolo ed alberi-trappola</i>	18
2. OBIETTIVI	21
3. MATERIALI E METODI	21
3.1 TEMPISTICHE DELLA PROVA SPERIMENTALE	21
3.2 COSTRUZIONE DELLE TRAPPOLE	21
3.3 POSA DELLE TRAPPOLE IN CAMPO	22
3.4 MANUTENZIONE E RIPIPIAMENTO DELLE TRAPPOLE	24
3.5 RIMOZIONE RECIPIENTI E PULIZIA DEL CONTENUTO	25
3.6 ANALISI IN LABORATORIO	26
3.7 ANALISI STATISTICA	27
4. RISULTATI	28
4.1 RISULTATI GENERALI	28
4.2 NUMEROSITÀ DELLE SPECIE TROVATE	28
4.3 L'EFFETTO DEL TASSO DI RILASCIO SULLE DIVERSE SPECIE CATTURATE	29
5. DISCUSSIONE	33
6. BIBLIOGRAFIA	35
7. SITOGRAFIA	38
RINGRAZIAMENTI	39

RIASSUNTO

Gli scolitidi xilematici (Coleoptera; Curculionidae; Scolytinae) sono di particolare interesse come esempio di simbiosi insetto-fungo e per la loro abilità di attaccare una vasta selezione di ospiti, inclusi alberi forestali, piante ornamentali e frutteti. L'intensificarsi della globalizzazione, unito al cambiamento climatico, ha portato ad una rapida diffusione di numerose specie di scolitidi xilematici al di fuori del proprio areale di origine. Tali invasioni hanno in alcuni casi compromesso la stabilità ecologica e la biodiversità nei paesi di introduzione, creando importanti impatti negativi a livello forestale. Gli scolitidi xilematici prediligono l'attacco di piante stressate ed indebolite identificandole con segnali olfattivi, specialmente la presenza di etanolo. Tale sostanza è il risultato della respirazione anaerobica delle piante e viene prodotto in caso di stress abiotico o biotico. Non è ancora chiaro però se la concentrazione di etanolo influisca sui meccanismi di ricerca della pianta ospite. Lo scopo di questo studio è stato quello di testare come il tasso di rilascio di etanolo può influenzare la capacità attrattiva di trappole verso scolitidi xilematici nativi ed esotici. A tale scopo, trappole a pannelli attivate con etanolo a diverse quantità di rilascio sono state posizionate in vari siti nel Parco Regionale dei Colli Euganei nel periodo compreso tra marzo e luglio 2021. Gli esemplari catturati sono stati poi contati ed identificati con l'utilizzo di stereoscopi nel laboratorio di entomologia. I risultati mettono in evidenza come la risposta al tasso di rilascio dell'etanolo varia a seconda della specie analizzata. *Xyleborinus saxesenii* e *Xylosandrus crassiusculus* sembrano preferire tassi di rilascio elevati, anche se per questa seconda specie il trend non è risultato essere evidente durante tutta la stagione di campionamento. *Xylosandrus germanus* e *Ambrosiophilus atratus* non sono stati influenzati dal tasso di rilascio. Infine, *Anisandrus dispar* ha fatto registrare un trend non lineare all'aumentare del tasso di rilascio, con un incremento seguito da un decremento. Questi risultati rappresentano un primo passo per meglio comprendere il ruolo dell'etanolo durante la selezione della pianta ospite in scolitidi xilematici.

ABSTRACT

Ambrosia beetles (Coleoptera; Curculionidae; Scolytinae) are of particular interest as an example of insect-moth symbiosis and for their ability to attack a wide selection of hosts, including forest trees, ornamental plants and orchards. The intensification of globalization, coupled with climate change, has led to the rapid spread of many species of ambrosia beetles outside their native range. These invasions have in some cases compromised ecological stability and biodiversity in the countries of introduction, creating significant negative impacts on forests. Ambrosia beetles prefer to attack stressed and weakened plants by identifying them with olfactory signals, especially the presence of ethanol. This substance results from the anaerobic respiration of plants and is produced in the event of abiotic or biotic stress. However, it is not yet clear whether the ethanol concentration influences the host plant's search mechanisms. The aim of this study was to test how the rate of ethanol release can influence the attractiveness of traps towards native and exotic ambrosia beetles. For this purpose, panel traps activated with ethanol at different release rates were placed at various sites in the Euganean Hills Regional Park between March and July 2021. Trapped specimens were then counted and identified using stereoscopes in the entomology laboratory. The results show a species-specific response of different ambrosia beetle species to the tested ethanol release rates. *Xyleborinus saxesenii* and *Xylosandrus crassiusculus* seem to prefer high release rates, despite the trend was not evident during the last sampling period for the latter species. *Xylosandrus germanus* and *Ambrosiophilus atratus* were not affected by ethanol release rate. Finally, *Anisandrus dispar* showed a non-linear response, with an increase followed by a slight decrease with increasing ethanol release rate. This study represents a first step to better understand the role of ethanol during host selection in ambrosia beetles.

1. INTRODUZIONE

1.1 Gli scolitidi xilematici

Gli scolitidi xilematici, chiamati anche ambrosia beetles, sono un gruppo di insetti non definito tassonomicamente, ma descritto in base ad una comune strategia ecologica che si basa sulla coltivazione nelle gallerie di funghi simbiotici appartenenti principalmente al genere *Ambrosiella* e *Raffaelea* (Dzurenko e Hulcr 2022).

Gli scolitidi xilematici appartengono a due sottofamiglie, Scolytinae e Platypodinae, e contano circa 5000 specie. Sono insetti generalmente di piccole dimensioni comprese tra i 2 e 6 mm di lunghezza; gli adulti nella gran parte dei casi possiedono una colorazione scura che può variare dal bruno al nero, la forma del corpo risulta allungata con appendici brevi e antenne per lo più clavate. Le larve invece sono apode, chiare e assumono la tipica forma a C, abbastanza comune nell'intero ordine dei Coleotteri (Faccoli et. al 2015).

1.1.1 Biologia e simbiosi con funghi

A differenza degli scolitidi floematici, gli scolitidi xilematici non si nutrono direttamente del legno ma hanno sviluppato una simbiosi con alcune tipologie di funghi, i quali vengono trasportati dalle femmine adulte in apposite invaginazioni dell'esoscheletro chiamati micangi (Dzurenko e Hulcr 2022) Tali funghi vengono coltivati all'interno delle gallerie scavate nell'albero ospite, e rappresentano il nutrimento delle larve e degli adulti neoformati (Faccoli et al. 2015). Questa tipologia di simbiosi è definita “ mutualismo”, dove entrambi i soggetti coinvolti traggono vantaggio; gli scolitidi si alimentano del fungo simbiote, mentre il fungo ha la possibilità di essere trasportato dagli insetti su nuove piante potendo così trovare il substrato ideale dove riprodursi e germinare (Dzurenko e Hulcr 2022). Nello specifico le femmine di scolitidi penetrano nella pianta ospite in profondità diffondendo contemporaneamente le spore fungine e creando una serie di gallerie che si ramificano o dilatano a formare vere e proprie camere entro le quali vengono deposte le uova (Faccoli et al. 2015). Le larve una volta nate si nutrono dei funghi presenti sulle pareti delle gallerie, ma ne acquisiscono le spore solo da adulti e prima dello sfarfallamento. Il vantaggio di nutrirsi di funghi simbiotici consente a questi insetti di attaccare un gran numero di piante differenti (a differenza degli scolitidi

floematici che sono spesso genere- o specie-specifici), principalmente latifoglie ma in alcuni casi anche conifere.

1.1.2 Sistemi riproduttivi

I sistemi riproduttivi degli scolitidi in generale sono molto diversificati e caratteristici, venendo comunemente utilizzati dagli studiosi per la determinazione delle specie.

Alcune tra le tipologie principali sono quelle appartenenti ai generi *Xyleborus*, *Xyloterus* e *Xylosandrus*:

-xilematico sinuoso (Fig. 1): Gallerie irregolari che non seguono uno schema specifico; al termine di ognuna di essa si sviluppano 2-3 larve.

-xilematico a pioli (Fig. 2): alcune gallerie che entrano seguendo l'orientamento degli anelli e dalle quali si diramano poi ortogonalmente numerose gallerie cieche all'interno di ciascuna delle quali viene deposto un solo uovo.

-xilematico a camera (Fig. 3): si tratta di gallerie espanse dove numerose uova sono deposte simultaneamente; le larve quindi crescono insieme, aggregate in zone specifiche.



Fig. 1: Sistema riproduttivo xilematico sinuoso di *Xyleborus affinis*. Si può notare uno schema disordinato delle gallerie con al loro interno delle larve.

(Fonte: Entomology and Nematology Department and School of Forest Resources and Conservation, University of Florida).



Fig. 2: Sistema riproduttivo xilematico a pioli di *Xyloterus domesticus*. In questo caso si nota perfettamente la forma a pioli con una galleria principale ed altre gallerie trasversali più o meno alterne.

(Fonte: https://wiki.bugwood.org/Archive:Xylophagus/Xyloterus_domesticus_Linnaeus,_1758).



Fig. 3: Sistema riproduttivo xilematico a camera di *Xylosandrus crassiusculus*. In questo caso sono evidenti gli spazi più ampi che ospitano numerosi scolitidi in fase pupale.

(Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/Xylosandrus_crassiusculus).

1.1.3 La tribù degli Xileborini

Tra gli scolitidi xilematici, la tribù degli Xileborini è quella che annovera il più alto numero di specie esotiche, tra le quali *Xylosandrus germanus* e *Xylosandrus crassiusculus*, due specie originarie dall'Asia che rappresentano una problematica nei frutteti e vivai degli Stati Uniti (Dzurenko e Hulcr 2022).

Le caratteristiche che contraddistinguono questo gruppo di scolitidi xilematici dagli altri sono: aploidismo e sib-mating, con gli individui maschi che sono in numero inferiore, più piccoli, incapaci di volare (Fig. 4), e che si accoppiano con le loro

sorelle. Questa strategia di accoppiamento velocizza la diffusione delle femmine già gravide che possono uscire dall'ospite e cercare altre piante da colonizzare senza aver bisogno di accoppiarsi all'esterno (Dzurenko e Hulcr 2022).



Fig. 4: Distinzione visiva di *Hadrodemius globus* tribù Xyleborini, la femmina a sinistra e il maschio a destra, si nota l'accentuato dimorfismo sessuale.

(Fonte: <https://xyleborini.myspecies.info/taxonomy/term/27> Creator: Jiri Hulcr).

1.1.4 Le specie target

La tribù degli Xyleborini descritta nel precedente sottocapitolo comprende numerosi generi e specie diffusi anche nella penisola italiana. Alcuni di questi scolitidi sono nativi del continente europeo mentre altri sono stati accidentalmente introdotti per lo più da paesi orientali. Le specie obiettivo di questa ricerca sono state essenzialmente 6, appartenenti a 5 differenti generi: *Xylosandrus*, *Xyleborinus*, *Xyleborus*, *Anisandrus* e *Ambrosiophilus*.

Xyleborinus saxesenii

Xyleborinus saxesenii è un membro della tribù Xyleborini, la sua capacità di attaccare un gran numero di piante rende questo scolitide un problema di interesse mondiale, la specie è nativa dell'Eurasia, ma a causa della globalizzazione e del trasporto internazionale si è diffusa in tutti i continenti della terra, in particolar modo negli Stati Uniti d'America.

Le femmine di questa specie misurano circa 2 mm di lunghezza, la forma del corpo risulta allungata e stretta. Il colore delle elitre varia dal bruno al nero con una punteggiatura fine

e poco profonda, il pronoto è lungo circa il doppio della larghezza (Fig. 5).



Fig. 5: Vista laterale e dorsale di *Xyleborinus saxesenii*, si nota la colorazione per lo più scura e la lunghezza accentuata.

Fonte: <https://xyleborini.myspecies.info/taxonomy/term/1219>.

Xylosandrus germanus

Xylosandrus germanus è originario dall'Asia orientale ma è stato accidentalmente introdotto in vari paesi del mondo, tra cui Nord America ed Europa. Questa specie come una buona parte degli Xileborini presenta un basso numero di esemplari maschi e l'accoppiamento tra fratelli è una strategia diffusa; quindi, l'introduzione anche di pochi individui può portare alla creazione di una nuova popolazione attiva. Questa specie presenta un corpo più tozzo, lungo circa 2,0 - 2,3 mm. La colorazione può essere marrone tendente al nero, le elitre scarsamente punteggiate presentano dei peli fini di lunghezza moderata, arrotondate nella parte finale. Il pronoto tozzo lungo quanto largo (Fig. 6).



Fig. 6: Vista laterale e dorsale di *Xylosandrus germanus*, si notano il pronoto e l'addome molto ricurvi, la colorazione è scura tendente al nero.

Fonte: <https://xyleborini.myspecies.info/taxonomy/term/1176>.

Xylosandrus crassiusculus

Questa specie originaria dall'Asia si è diffusa in molti paesi a seguito dei numerosi scambi commerciali. È una delle specie di scoltidi più comuni nella foresta pluviale africana, si è stabilito anche nel sud-est degli Stati Uniti, in Europa ed Oceania.

Xylosandrus crassiusculus può essere confuso con *X. germanus* a causa della forma generale del corpo piuttosto simile. Anche in questo caso la lunghezza è poco più di 2 mm, il pronoto è particolarmente ricurvo come la parte finale dell'addome. Si può distinguere per la colorazione più rossastra che tende a divenire più scura verso la parte finale delle elitre (Fig.7).



Fig. 7: Vista laterale e dorsale di *Xylosandrus crassiusculus*, la forma molto simile a *X. germanus* ma distinguibile per la diversa colorazione.

Fonte: <https://xyleborini.myspecies.info/taxonomy/term/1168>.

Anisandrus dispar

Anisandrus dispar è uno scoltide diffuso ampiamente in tutta Europa, in buona parte dell'Africa, Medio Oriente ed è stato introdotto accidentalmente anche nel continente americano. La sua pericolosità è dovuta all'ampia gamma di ospiti che è in grado di infestare, dalle piante forestali fino ai frutteti o alberature ornamentali.

Anisandrus dispar è di facile riconoscimento grazie soprattutto alle dimensioni più importanti, le femmine infatti possono misurare dai 3,2 a 3,7 mm. La colorazione delle elitre è sempre scura dal marrone al nero, il pronoto molto ampio è più largo che lungo, scarsamente punteggiato (Fig. 8).



Fig. 8: Vista laterale e dorsale di *Anisandrus dispar*, le dimensioni rendono facile il riconoscimento rispetto le altre specie trovate.

Fonte: <https://xyleborini.myspecies.info/taxonomy/term/179>.

Xyleborus monographus

Xyleborus monographus, chiamato anche “piralide della quercia mediterranea”, è uno scoltide nativo dalle regioni circostanti il mar Mediterraneo. Infesta tipicamente querce danneggiate o morenti ed è stato introdotto da poco negli Stati Uniti, tanto che viene studiato per prevenire danni alle specie di querce locali.

Questa specie presenta una lunghezza di circa 3 mm, tre volte più lunga che larga, la colorazione è tendente al marrone/rosso. Il corpo presenta una rada punteggiatura con qualche setola, la forma generale è piuttosto snella e allungata (Fig. 9).



Fig. 9: Vista laterale e dorsale di *Xyleborus monographus* la forma è simile a *Xyleborinus saxesenii*, in questo caso però le dimensioni sono maggiori e la colorazione leggermente differente.

Fonte: http://www.boldsystems.org/index.php/Taxbrowser_Taxonpage?taxid=162269.

Ambrosiophilus atratus

Ambrosiophilus atratus è una specie originaria dell'Asia Orientale temperata, in modo accidentale è stata introdotta e si è stabilita in Nord America ed Europa.

Presenta delle dimensioni leggermente più grandi rispetto alle altre specie, arriva a misurare 3,3 – 3,5 mm di lunghezza, circa il triplo rispetto la larghezza. La colorazione è per lo più scura tendente al nero, sono presenti setole interstiziali piuttosto lunghe (Fig. 10).



Fig. 10: Vista laterale e dorsale di *Ambrosiophilus atratus*, le dimensioni e la forma consentono di distinguerlo facilmente dalle altre specie rinvenute.

Fonte: <https://xyleborini.myspecies.info/taxonomy/term/169>.

1.2 I meccanismi di selezione della pianta ospite negli scolitidi xilematici

1.2.1 La selezione dell'ospite

Gli scolitidi xilematici spesso prediligono piante stressate o morenti. Ciononostante, questi coleotteri sono in grado di attaccare una vasta gamma di specie legnose, incluse piante forestali in bosco, alberature dei frutteti, fino alle piante ornamentali ed orticole. L'ospite può essere attaccato in tutti i suoi organi: ramoscelli, rami, fusti, tronchi e radici esposte (Greco e Wright 2015; Ranger et al. 2016). Nel caso degli *Xylosandrus*, si può notare un filamento in corrispondenza del punto di ingresso dello scolitide di segatura compattata che viene creata dalle femmine durante lo scavo delle gallerie. Negli alberi vivi i danni sono rappresentati anche dal flusso di linfa che esce dal foro d'entrata, l'appassimento dei ramoscelli seguito dal deperimento della chioma e la necrosi di rami e tronchi (Gugliuzzo et al. 2021).

1.2.2 Il ruolo e la produzione dell'etanolo

Gli scolitidi utilizzano dei segnali olfattivi per localizzare le piante stressate, le quali, in particolari condizioni fisiologiche, producono etanolo. Nei casi di stress come alluvioni, incendi, forte vento, siccità e gelo, le piante possono passare da una condizione di respirazione cellulare aerobica ad una respirazione anaerobica definita fermentazione alcolica. Nella fermentazione alcolica l'acido piruvico prodotto dalla glicolisi viene convertito parzialmente in acetaldeide e anidride carbonica; l'acetaldeide riceve poi elettroni ed idrogeno dal NADH trasformandosi in etanolo (Fig. 11) che viene poi trasportato dalle radici lungo il fusto ed espulso tramite le foglie, fungendo da attrattivo per i coleotteri scolitidi.

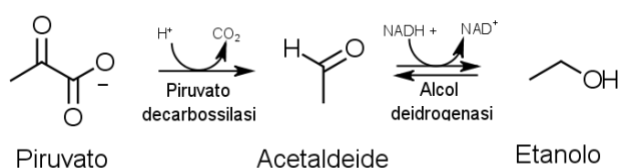


Fig. 11: Step e fasi della fermentazione alcolica, dal piruvato all'etanolo

(Fonte: <https://biologiawiki.it/wiki/fermentazione-alcolica/>).

Anche stress biotici, come attacchi di funghi, batteri o virus, possono determinare la situazione vista in precedenza. Per esempio, è stato dimostrato che alberi infettati da *Phytophthora ramorum*, l'agente causale della malattia della quercia, erano più attrattivi nei confronti degli scolitidi xilematici rispetto agli alberi non infetti come risultato di una più alta concentrazione di etanolo nei tessuti del legno (McPherson *et al.*, 2005, 2008; Kelsey *et al.*, 2013). L'etanolo non funge soltanto da attrattivo, ma la sua presenza nell'albero influenza anche il successo nella crescita dei funghi simbiotici e inibisce la crescita di funghi antagonisti (Lehenberger *et al.* 2021; Ranger *et al.* 2018).

Diversi studi hanno messo in evidenza come scolitidi xilematici del genere *Xylosandrus* siano particolarmente attratti da piante sottoposte a stress abiotici o biotici (Ranger *et al.* 2021) quali la sommersione (Ranger *et al.* 2015a) o il congelamento

(Ranger et al. 2021). L'effetto dello stress da siccità sulla selezione dell'ospite è invece meno chiaro e sono necessari ulteriori studi per capire come tale stress possa influenzare la scelta dell'ospite e il successo di colonizzazione (Ranger et al. 2021).

1.2.3 L'influenza della concentrazione di etanolo

Nonostante il ruolo dell'etanolo come attrattivo nei confronti degli scolitidi xilematici sia ormai chiaro, l'influenza della concentrazione di etanolo è ancora poco studiata. Degli studi suggeriscono che alcuni scolitidi possano preferire piante molto stressate e quindi associate ad alte concentrazioni di etanolo, mentre altri potrebbero prediligere piante leggermente stressate o quasi sane nelle quali la concentrazione di etanolo prodotta sarebbe minima. Il motivo per il quale certe specie di scolitidi xilematici possano ricercare piante più o meno stressate è correlato anche alla specie di fungo simbionte che essi trasportano. Alcune tipologie di funghi potrebbero crescere meglio in tessuti legnosi molto danneggiati, quindi in alberi morenti, mentre altri potrebbero avere una capacità riproduttiva e germinativa migliore su tessuti freschi o lievemente deteriorati.

Uno studio, che aveva l'obiettivo di indurre l'attacco e la colonizzazione da parte di coleotteri scolitidi su tronchetti appartenenti ad 8 diverse specie di piante arboree riempiti con concentrazioni di alcool etilico rispettivamente del 5 % e del 90 %, ha già dimostrato che la concentrazione di etanolo e le specie di alberi ospiti possono influenzare la suddivisione della nicchia ecologica tra le specie di coleotteri dell'ambrosia (Cavalletto et al. 2021).

1.3 Le metodologie per il controllo degli scolitidi xilematici

1.3.1 Gli scolitidi xilematici come specie esotiche

Una buona parte degli scolitidi xilematici più dannosi attualmente presenti in Europa sono esotici. Il progressivo sviluppo e la globalizzazione che contraddistingue il XX secolo ha infatti portato ad un aumento esponenziale del commercio globale di prodotti legnosi e di conseguenza anche l'introduzione di specie alloctone. Anche il cambiamento climatico che negli ultimi anni interessa fortemente l'intero pianeta continua a contribuire all'espansione e diffusione di insetti esotici al di fuori del loro paese d'origine (Gugliuzzo et al. 2021).

Tra gli Xileborini che creano maggiori problemi e che hanno dimostrato un'elevata capacità di diffusione nell'areale di introduzione si evidenziano le specie appartenenti al genere *Xylosandrus*, in particolare *X. compactus*, *X. crassiusculus* e *X. germanus*. Queste tre specie sono originarie dall'Asia sub-tropicale ma si sono insediate stabilmente in diversi altri paesi del mondo (Gugliuzzo et al. 2021) (Fig. 12).

Xylosandrus compactus è attualmente ampiamente distribuita in Africa, Asia, Stati Uniti sud-orientali e Sud America. Introduzioni di *X. compactus* sono avvenute anche nelle isole del Pacifico e più recentemente in Europa (EPPO 2020a).

Xylosandrus crassiusculus, è diffuso negli Stati Uniti, in America centrale e meridionale, in Africa, in Oceania ed in Europa (EFSA 2020).

Xylosandrus germanus è ora stabilito in 21 paesi europei, insieme alla Russia, 35 stati americani e sei province canadesi (Bousquet et al. 2013; Ranger et al. 2016a; Gomez et al. 2018; Galko et al. 2019; Rabaglia et al. 2019; Webster et al. 2020).

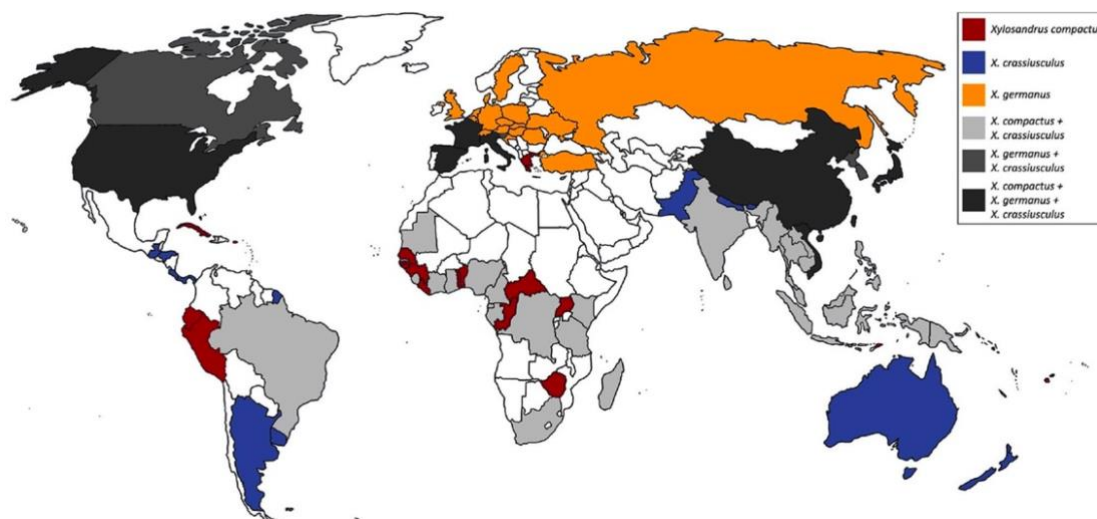


Fig. 12: Distribuzione globale (11 gennaio 2021) di *Xylosandrus compactus*, *Xylosandrus crassiusculus* e *Xylosandrus germanus*.

Fonte: (Recent advances toward the sustainable management of invasive *Xylosandrus* ambrosia beetles, Gugliuzzo et al. 2021).

1.3.2 Metodi di controllo

In generale, non tutti i generi come non tutte le specie appartenenti alla tribù degli Xileborini creano danni a livello globale. Solo alcuni di essi, come per esempio le specie

elencate nel precedente sottocapitolo, causano o hanno causato danni importanti. Nel caso di tali specie, l'ampia gamma di ospiti, l'efficienza nel localizzare e colonizzare alberi sotto stress fisiologico e la mancanza di nemici naturali efficaci negli ambienti di introduzione rendono la gestione impegnativa e spesso inefficace (Gugliuzzo et al. 2021). In aggiunta, il cambiamento climatico e le drastiche fluttuazioni della temperatura e delle precipitazioni in diverse parti del mondo, contribuiscono ad indebolire le piante ospiti portando a situazioni di stress più frequenti e quindi a maggiori attacchi da parte di scolitidi xilematici (Urvois et al. 2021).

Considerando come gli scolitidi siano attratti e riescano a riconoscere un ospite stressato o indebolito, il primo passo per ridurre il rischio di infestazioni è di carattere preventivo e consiste essenzialmente nel mantenimento e nella cura degli alberi in tal modo da evitare che subentrino situazioni di stress. Per esempio, il monitoraggio dei livelli di umidità del suolo nelle regioni in cui si verificano potenziali ospiti potrebbe consentire la previsione del rischio di infestazioni e fornire un possibile strumento preventivo (Gugliuzzo et al. 2021). Oltre a questo metodo di controllo colturale vengono utilizzate altre strategie o tecniche che consentono di combattere o monitorare le popolazioni di scolitidi xilematici, dall'utilizzo di trappole o alberi-esca attivati con etanolo, alla strategia basata sulla combinazione di sostanze attrattive e repellenti, fino al controllo biologico con l'utilizzo di funghi o batteri antagonisti, tecniche riassunte nell'immagine sottostante (Fig. 13).

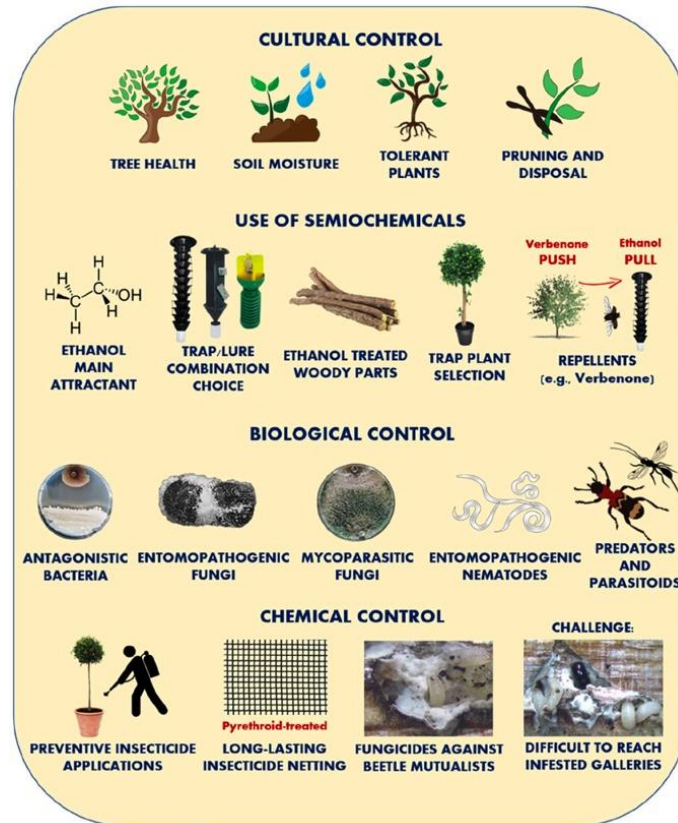


Fig. 13: Immagine che riassume i metodi di controllo e monitoraggio di scolitidi xilematici, si nota il controllo colturale di carattere preventivo, l'utilizzo di agenti chimici solitamente a base di etanolo, il controllo biologico e chimico (Fonte: Review Gugliuzzo et al. 2021).

1.3.3 Trappole attivate con etanolo ed alberi-trappola

Un metodo rilevatosi efficace per la cattura e il monitoraggio di scolitidi xilematici consiste nell'utilizzo di alberi-trappola trattati con etanolo (Gugliuzzo et al. 2021). Anche il trattamento con etanolo di sezioni del fusto degli alberi si è dimostrato provocare un aumento degli attacchi da parte degli scolitidi xilematici. Per esempio, Rassati et al. (2020) e Cavaletto et al. (2021) hanno dimostrato che la concentrazione di etanolo nei tessuti dei bulloni imbevuti con questa sostanza influenza la selezione dell'ospite e il successo di colonizzazione di *Xylosandrus spp.*

Le trappole attivate con etanolo risulta però il metodo predominante per il monitoraggio delle popolazioni di scolitidi xilematici (Gugliuzzo et al. 2021). La trappola può essere costruita anche con materiali d'uso quotidiano come bottiglie di plastica o

imbuti e l'etanolo funge da attrattivo per gli adulti che vanno a sbattere sulle pareti plastiche e cadono all'interno di un contenitore di raccolta dove è presente del glicole propilenico, una sostanza a bassa tossicità che uccide e conserva gli insetti. In generale, le trappole vanno posizionate vicino al suolo, altezza alla quale gli scolitidi xilematici sono generalmente molto abbondanti (Reding et al. 2010). Quello che però è ancora poco chiaro è l'effetto del tasso di rilascio di etanolo. Nella maggior parte degli studi sono stati utilizzati diffusori standard presenti sul mercato e con un determinato tasso di rilascio. Considerando però che la concentrazione di etanolo sembra avere un effetto sulla selezione dell'ospite e il successo di colonizzazione, diventa interessante capire se tassi di rilascio diversi siano più o meno attrattivi nei confronti di specie diverse di scolitidi xilematici.

2. OBIETTIVI

L'obiettivo del presente lavoro è stato quello di analizzare come il tasso di rilascio dell'etanolo influenzi le catture delle specie native ed esotiche più diffuse in Europa al fine di aumentare l'efficacia dei protocolli di monitoraggio esistenti.

3. MATERIALI E METODI

3.1 Tempistiche della prova sperimentale

La seguente attività di ricerca si è svolta nel periodo marzo-luglio 2021 per quanto riguarda la fase di lavoro di campo. L'analisi in laboratorio e il riconoscimento delle specie si è svolta invece nel periodo autunnale.

3.2 Costruzione delle trappole

Per la cattura degli scolitidi sono state utilizzate delle trappole a pannelli (Fig. 14), composte principalmente da due contenitori avvitati tra loro, uno dei quali (quello superiore) profondamente inciso per consentire il passaggio degli insetti e l'altro (inferiore) con la funzione di raccogliitore. L'intera struttura era coperta da un classico sottovaso che aveva il compito di protezione dalle intemperie. Nel contenitore superiore sono stati incollati dei pannelli di plastica rigida incisi in modo da poter incastrare al suo interno la provetta contenente l'etanolo. Tali provette (Fig. 8) sono state forate nella zona apicale formando buchi di diverso numero e diametro, in modo tale da ottenere diversi tassi di rilascio. In particolare, le 5 combinazioni e i relativi tassi di rilascio presenti nelle provette erano:

- 20 fori, diametro ca. 5 mm con un tasso di circa 15,3 mg/gg.
- 12 fori, diametro ca. 5 mm con un tasso di circa 10,3 mg/gg.
- 4 fori, diametro ca. 5 mm con un tasso di circa 7,3 mg/gg.
- 3 fori, diametro ca. 1 mm con un tasso di circa 1,8 mg/gg.
- 1 foro, diametro ca. 1 mm con un tasso di circa 0,1 mg/gg.



Fig. 14: trappola (a sinistra) e Falcon forate (a destra) utilizzate nella prova sperimentale.

3.3 Posa delle trappole in campo

Sessanta trappole attivate con etanolo sono state posizionate in 4 siti diversi dei Colli Euganei: Tramonte (comune di Teolo), Monteortone (comune di Abano Terme) e due nel comune di Torreglia (Fig. 15). Ogni sito è stato diviso in 3 zone separate (blocchi), all'interno delle quali sono state posizionate 5 trappole (una per ciascun tasso di rilascio testato) mantenendo una distanza di circa 10/15 metri tra loro. Le trappole sono rimaste attive, alternate appunto con qualche settimana di pausa in cui venivano rimosse per consentire le prime analisi sulle catture. I tre periodi sono stati: 24 marzo – 10 aprile, 17 aprile – 14 maggio, 22 giugno- 20 luglio.

Le trappole venivano legate con fascette plastiche ai rami degli alberi ad un'altezza compresa tra uno e due metri, strato dove gli scolitidi xilematici risultano più abbondanti (Fig. 16). Prima di legare la struttura ai rami si è proceduto con il riempimento della bottiglia sottostante utilizzando glicole propilenico trasportato nei siti con apposite taniche. Sono stati versati circa 6 cm di prodotto che aveva la funzione di uccidere gli scolitidi e allo stesso tempo conservarli. Si è proceduto poi a riempire le provette Falcon con etanolo utilizzando delle bottiglie a spruzzetta. L'etanolo è una sostanza che evapora velocemente, ed è stato quindi necessario tornare nei siti più volte a settimana e riempire tutte le provette delle trappole con l'etanolo che era evaporato

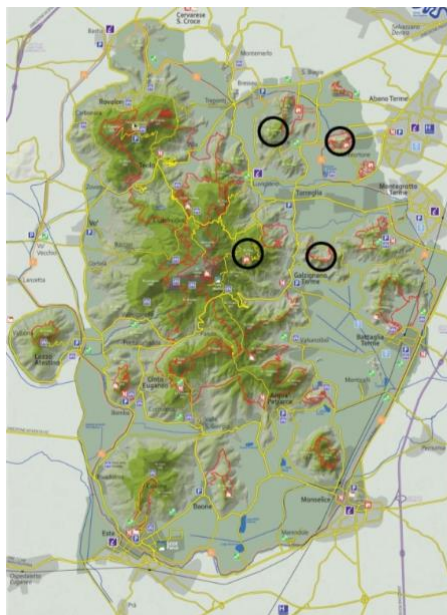


Fig. 15: Mappa dei Colli Euganei fornita dal Parco, sono evidenziati i 4 siti dove sono state posizionate le trappole. Fonte: <http://www.parcocollieuganei.com/pagina.php?id=81>



Fig. 16: Foto di una trappola appena collocata (sinistra) e delle 5 trappole collocate per ciascun sito (a destra).

3.4 Manutenzione e riempimento delle trappole

Terminato il lavoro di collocamento delle 60 trappole, si è provveduto a controllarle periodicamente per rabboccare le provette Falcon con l'etanolo (Fig. 17) e per controllare che tutte le strutture fossero ancora presenti e funzionanti.



Fig. 17: Fase di rabbocco delle trappole con classica spruzzetta contenente etanolo.

Durante le giornate di riempimento e controllo delle trappole è stato possibile osservare le prime catture della stagione, le trappole infatti essendo svitabili, consentivano di rimuovere il recipiente contenente il glicole e osservare al suo interno se fossero presenti scolitidi (Fig. 18). I primi giorni sono stati caratterizzati da quantitativi scadenti e bassi ma già dal mese di aprile le catture sono aumentate esponenzialmente (Fig. 12)



Fig. 18: Foto del fondo del contenitore di raccolta con all'interno i primi scolitidi catturati al termine di marzo (sinistra) e nella la prima settimana di aprile (destra).

3.5 Rimozione recipienti e pulizia del contenuto

Al termine di ciascun periodo di campionamento, i contenitori di raccolta sono stati rimossi e portati nel laboratorio di entomologia per la fase di svuotamento e pulizia delle catture effettuate (Fig. 19a). Il lavoro consisteva nel filtrare il contenuto con degli appositi colini a rete caratterizzati da fori di diametro molto basso, così da trattenere gli esemplari di scolitidi più piccoli (Fig. 19b). Successivamente il contenuto del colino è stato versato in specifiche provette con dell'alcool, permettendo di conservare gli insetti per le analisi future in laboratorio (Fig. 19c). Tutte le provette ottenute sono state divise differenziando il sito, il numero del blocco e il numero dei fori presenti nella provetta Falcon (Fig. 19d). I recipienti sono stati risciacquati e riposti in appositi sacchi, pronti per essere trasportati e riattivati nelle parti di trappole rimaste appese nei 4 siti.



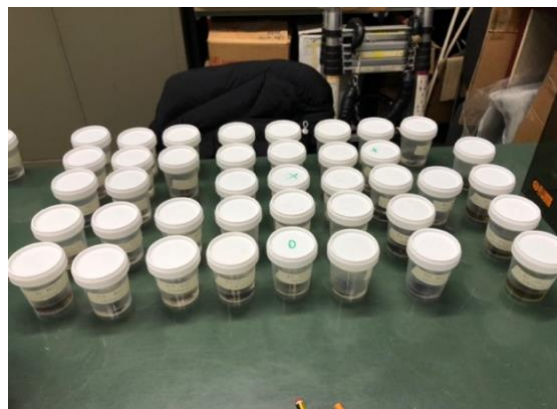
a



b



c



d

Fig. 19: Fasi di pulizia e rimozione degli esemplari per la preparazione all'analisi in laboratorio.

3.6 Analisi in laboratorio

Terminato il lavoro di pulizia ed estrazione del contenuto il passo successivo è stato quello dell'analisi in laboratorio con l'utilizzo di uno stereoscopio (Fig. 20).

Come primo passaggio il contenuto di una provetta è stato versato in apposite piastre petri; successivamente, con l'utilizzo di una classica pipetta da laboratorio è stato risucchiato l'alcool, lasciando così nella piastra soltanto gli insetti (Fig. 21a).

Servendosi di pinzette sono stati divisi tutti gli scolitidi dagli insetti non-target, si è poi proceduto all'identificazione e alla conta degli esemplari suddividendoli nelle diverse specie (Fig 21b).



Fig. 20: (Stereoscopio elettronico)



Fig. 21a e 21b: In alto una piastrina contenente vari insetti, in basso un ingrandimento di scolitidi della stessa specie.

3.7 Analisi statistica

Gli effetti del tasso di rilascio di etanolo (variabile continua), della data di campionamento (variabile categorica) e della loro interazione sulla numerosità di cattura delle specie target di scolitidi xilematici è stato testato utilizzando un modello lineare con la funzione “lm” disponibile per il software statistico R. Il numero medio di individui è stato trasformato in logaritmo per rispettare le assunzioni di omogeneità della varianza.

4. RISULTATI

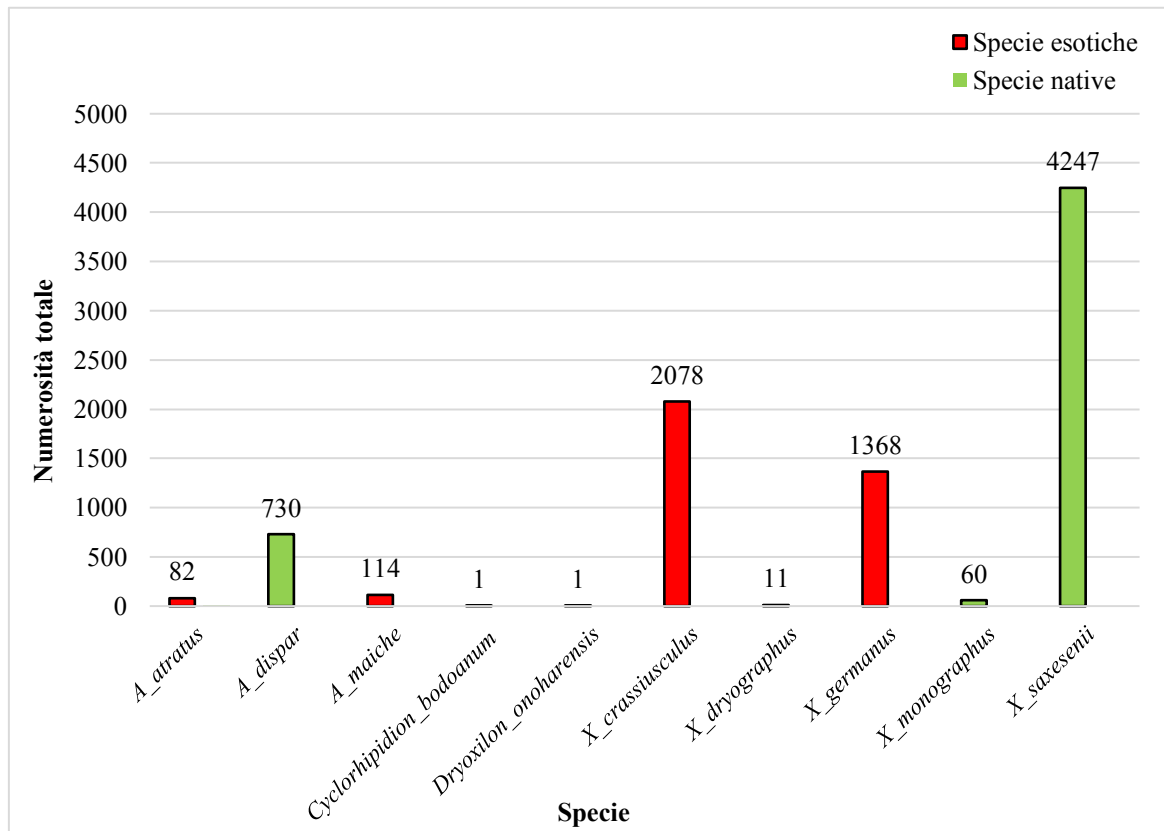
4.1 Risultati generali

Dalle analisi in laboratorio sono state identificate 10 specie di scolitidi xilematici più o meno abbondanti: *Ambrosiophilus atratus*, *Anisandrus dispar*, *Anisandrus maiche*, *Cyclorhipidion bodoanum*, *Dryoxilon onoharensis*, *Xylosandrus crassiusculus*, *Xyleborus dryographus*, *Xylosandrus germanus*, *Xyleborus monographus*, *Xyleborinus saxesenii*.

4.2 Numerosità delle specie trovate

In totale sono stati trovati circa 8700 esemplari, la specie più abbondante è stata *Xyleborinus saxesenii* (4247), seguita da *Xylosandrus crassiusculus* (2078) e *Xylosandrus germanus* (1368); anche *Anisandrus dispar* ha riscontrato un discreto successo di catture (730). Le specie meno numerose sono state: *Cyclorhipidion bodoanum*, *Dryoxilon onoharensis* e *Xyleborus dryographus* (Grafico 1).

Grafico 1: Numerosità totale delle specie



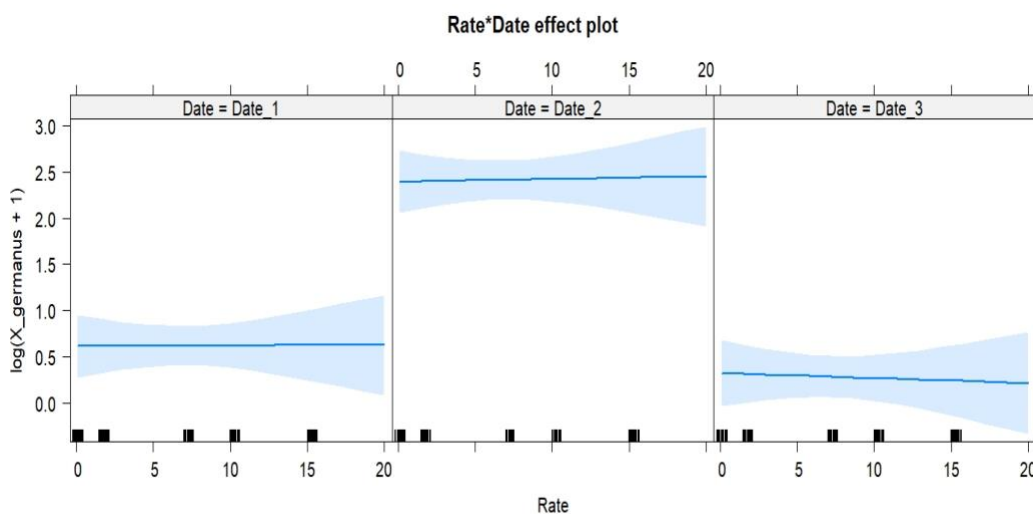
Le specie prese in esame, su cui è stato analizzato l'effetto del tasso di rilascio di etanolo sono state: *Xyleborinus saxesenii*, *Xylosandrus germanus*, *Xylosandrus crassiusculus*, *Anisandrus dispar* ed *Ambrosiophilus atratus*. *Anisandrus maiche*, nonostante il numero di esemplari catturati sia stato maggiore rispetto *A. atratus*, non è stato considerato per lo studio perché tutte le catture degli individui si sono verificate nel terzo periodo di campionamento, impedendo quindi un'analisi omogenea e coerente con le altre specie.

4.3 L'effetto del tasso di rilascio sulle diverse specie catturate

Xylosandrus germanus

Per quanto riguarda *Xylosandrus germanus*, il tasso di rilascio di etanolo non ha avuto effetto ($F=0.02$; $P=0.96$) sul numero di individui catturati come si può osservare dall'andamento lineare in tutti e tre i periodi di campionamento. Al contrario, la data di campionamento ha avuto un effetto significativo sulle catture ($F=111.63$; $P<0.001$), con un picco osservato durante il secondo periodo di campionamento. Infine, l'interazione tra data di campionamento e tasso di rilascio non è risultata essere significativa ($F=0.04$; $P=0.95$) come dimostrato dal fatto che la risposta al tasso di rilascio è stata la medesima in tutte le date di campionamento (Grafico 2).

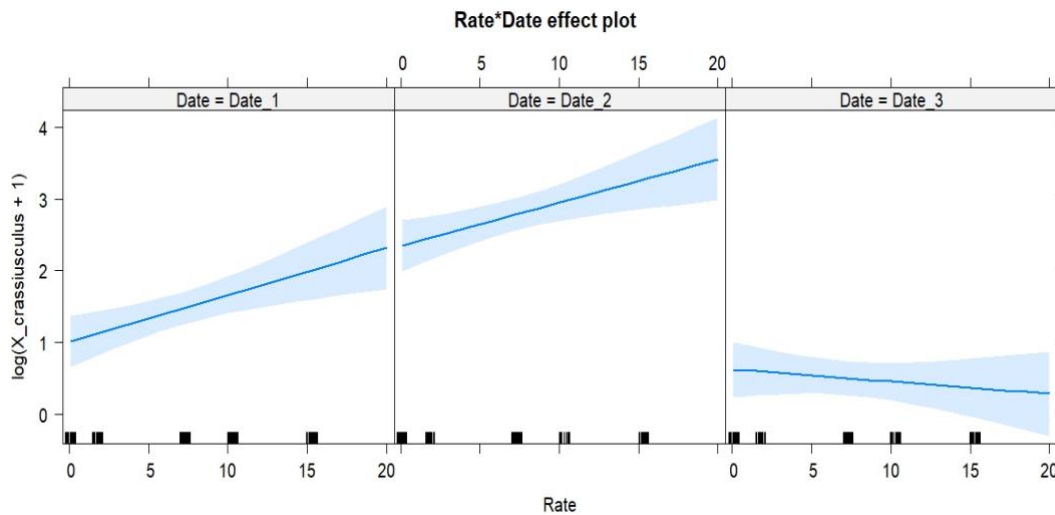
Grafico 2: Andamento delle catture di *X. germanus* nelle diverse date e ai diversi tassi di rilascio dell'etanolo



Xylosandrus crassiusculus

Per quanto riguarda *Xylosandrus crassiusculus* si nota che il tasso di rilascio di etanolo ha avuto un effetto significativo ($F=9.96$; $P=0.002$) sul numero di individui catturati. Anche la data di campionamento ha avuto un effetto significativo ($F=96.97$; $P<0.001$) con un numero di catture maggiore nel secondo periodo rispetto al primo e al terzo. L'interazione tra data di campionamento e tasso di rilascio è anch'essa significativa ($F=4.82$; $P=0.009$), con una numerosità crescente all'aumentare del tasso di rilascio nei primi due periodi ma non nel terzo. (Grafico 3).

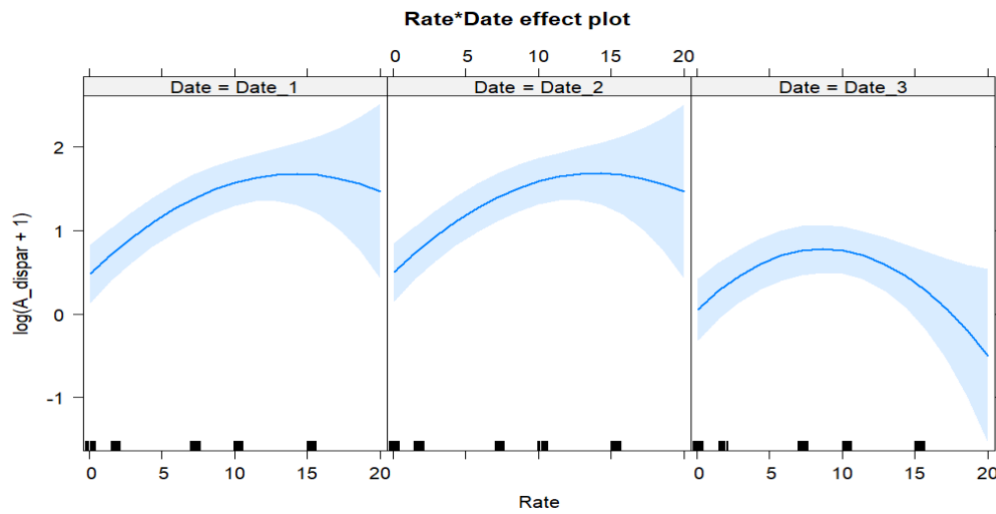
Grafico 3: Andamento delle catture di *X. crassiusculus* nelle diverse date e ai diversi tassi di rilascio



Anisandrus dispar

Dall'analisi relativa ad *Anisandrus dispar* si osserva che il tasso di rilascio dell'etanolo ha avuto un effetto non-lineare significativo ($F=10.48$; $P=0.001$) sul numero di individui catturati, come rappresentato dall'incremento seguito da un leggero decremento all'aumentare del tasso di rilascio. Anche la data ha influito significativamente ($F=14.87$; $P<0.001$) con i primi due periodi che hanno registrato un numero di individui catturati maggiore rispetto al terzo. Infine, l'interazione tra data di campionamento e tasso di rilascio ha avuto un effetto significativo ($F=2.96$; $P=0.05$) come dimostrato dal fatto che la risposta al tasso di rilascio è cambiata nel terzo periodo rispetto ai primi due (Grafico 4). In particolare, si nota come il picco di numerosità degli individui si sia registrato a tassi di rilascio inferiori nel terzo periodo rispetto al primo e secondo.

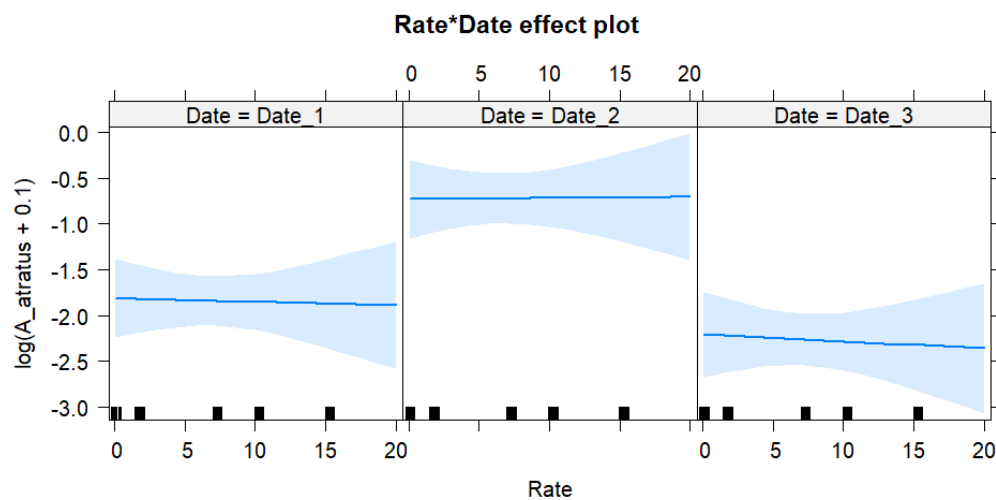
Grafico 4: Andamento delle catture di *A. dispar* nelle diverse date e ai diversi tassi di rilascio



Ambrosiophilus atratus

L'analisi di *Ambrosiophilus atratus* ha riscontrato risultati simili a *X. germanus*. Il tasso di rilascio di etanolo non ha influito ($F=0.05$; $P=0.81$) sul numero di esemplari catturati. La data ha invece avuto un effetto significativo ($F=32.57$; $P=<0.01$) con un aumento di esemplari catturati nel secondo periodo rispetto al primo e al terzo. L'interazione tra data di campionamento e tasso di rilascio non è risultata significativa ($F=0.03$; $P=0.97$) con la risposta al tasso di rilascio che è rimasta la stessa in tutti i periodi di campionamento (Grafico 5).

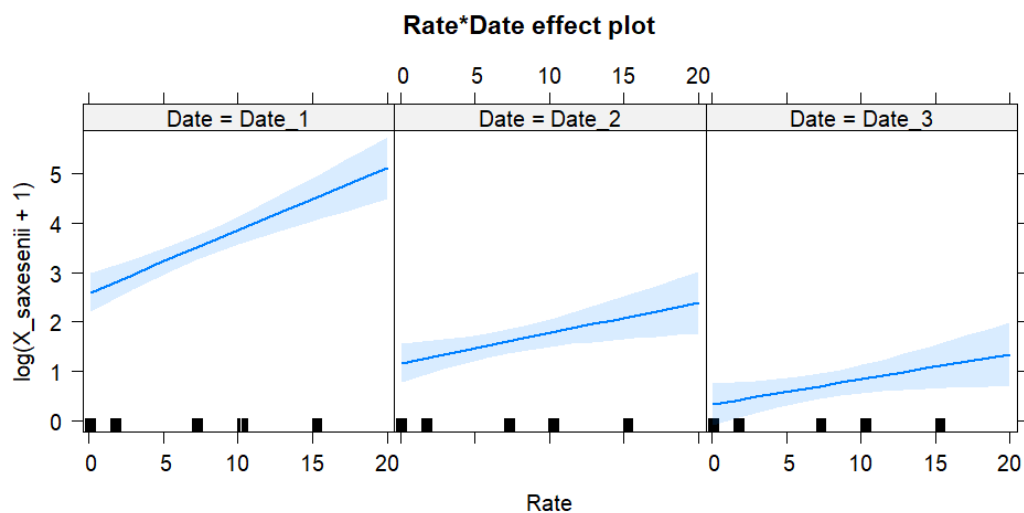
Grafico 5: Andamento delle catture di *A. atratus* nelle diverse date e ai diversi tassi di rilascio



Xyleborinus saxesenii

Per quanto riguarda *X. saxesenii*, il tasso di rilascio di etanolo ha influito in modo significativo ($F=37.60$; $P=<0.001$) sul numero di esemplari catturati. In linea generale il numero degli esemplari catturati è aumentato all'aumentare del tasso di rilascio. Anche la data ha influito in modo significativo ($F=126.64$; $P=<0.001$) con una diminuzione visibile del numero di esemplari catturati nei tre periodi di campionamento. Infine, anche l'interazione tra data di campionamento e tasso di rilascio è risultata significativa ($F=3.23$; $P=0.04$), come dimostrato dal fatto che la risposta al tasso di rilascio è risultata via via meno evidente passando dal primo al terzo periodo di campionamento (Grafico 6).

Grafico 6: Andamento delle catture di *X. saxesenii* nelle diverse date e ai diversi tassi di rilascio



5. DISCUSSIONE

Il commercio internazionale e la globalizzazione hanno fatto sì che migliaia di specie di insetti si siano spostate al di fuori del loro areale di origine (Brockerhoff e Liebhold, 2017; Meurisse et al. 2019), problema destinato ad aumentare col tempo e che potrà provocare danni non solo ecologici ma anche economico-sanitari. In particolare, le specie appartenenti alla tribù degli Xileborini (Scolytinae) risultano possedere una serie di caratteristiche che rendono questi scolitidi estremamente invasivi e di difficile controllo. Tra queste si distingue il sib-mating, nonché l'accoppiamento tra fratelli e sorelle della stessa specie, strategia che consente loro di accoppiarsi direttamente nella pianta ospite così da diffondere le femmine già gravide, risparmiando tempo e velocizzando la dispersione nel nuovo ambiente. La caratteristica principale degli scolitidi xilematici si basa però sulla coltivazione di funghi simbionti all'interno dell'ospite, i quali fungono da nutrimento per le future larve e adulti neoformati (Faccoli 2015).

Gli scolitidi xilematici normalmente prediligono piante stressate o morenti, dove i tessuti già deteriorati possono rappresentare un ottimo substrato di germinazione per i funghi che gli insetti stessi trasportano; per identificare un'ospite da attaccare gli scolitidi utilizzano dei segnali olfattivi, specialmente la presenza di etanolo, sostanza prodotta dalle piante con la respirazione anaerobica in caso di stress.

Che l'etanolo sia una sostanza attrattiva è un dato di fatto, mentre è ancora poco chiaro se specie di scolitidi xilematici diverse sono attratte da tassi di rilascio dell'etanolo differenti.

Nel nostro studio sono state catturate 10 specie, anche se solo cinque di esse presentavano una numerosità sufficiente per consentire di testare l'effetto del tasso di rilascio di etanolo da un punto di vista statistico: in particolare *Xyleborinus saxesenii* è stata in assoluto la specie con il più alto numero di esemplari catturati (4247), seguita da *Xylosandrus crassiusculus* (2078), *Xylosandrus germanus* (1368), *Anisandrus dispar* (730) e *Ambrosiophilus atratus* (82). La specie *Anisandrus maiche* con 114 esemplari catturati non è stata considerata perché tutte le catture si sono verificate nell'ultimo periodo e non consentivano quindi un'analisi omogenea con le altre specie. Le altre 4 specie rinvenute con un'abbondanza troppo bassa per svolgere un'analisi statistica sono state: *Cyclorhipidion bodoanum* (1), *Dryoxilon onoharensis* (1), *Xyleborus dyographus* (11) e *Xyleborus monographus* (60).

Dalle analisi effettuate è emerso che le specie rispondono in modo differente in relazione ai diversi tassi di rilascio di etanolo. Il tasso di rilascio non ha influito sulle catture di *X. germanus* o *A. atratus* in nessuna data di campionamento, risultato in contrasto con precedenti lavori per quanto riguarda la prima specie. Per esempio, in uno studio svolto con tronchetti imbevuti a diverse concentrazioni di etanolo era emerso che il numero di fori di entrata da parte di *X. germanus* diminuiva con l'aumentare della concentrazione (Rassati et al. 2020). Non sono invece disponibili in letteratura informazioni su *A. atratus*.

Xylosandrus crassiusculus ha evidenziato un incremento delle catture all'aumentare del tasso di rilascio, trend che però è risultato evidente solo nei primi due periodi di campionamento. Studi precedenti avevano messo in evidenza trend diversi. Per esempio, Cavaletto et al. (2021) aveva mostrato come *X. crassiusculus* preferisce tronchetti infusi con etanolo al 5% rispetto a quelli infusi con il 90%.

Xyleborinus saxesenii ha mostrato in tutte le date di campionamento una preferenza per concentrazioni di etanolo elevato con una risposta lineare all'aumentare del tasso di rilascio. Tale risultato è in linea con quanto riportato in uno studio precedente (es. Rassati et al. 2020).

Anisandrus dispar ha risposto invece in modo non lineare, con un incremento seguito da un successivo decremento. Il picco è risultato essere però spostato verso i tassi maggiori nelle prime due date di campionamento e verso i tassi intermedi nel terzo periodo di campionamento. Tale risultato è parzialmente in linea con studi precedenti, dove veniva messo in evidenza come *A. dispar* tenda a preferire alte concentrazioni di etanolo (es. Cavaletto et al. 2021).

In generale le analisi effettuate su queste 5 specie hanno portato a risultati concordanti o contrastanti ai precedenti lavori. Le diverse metodologie utilizzate nei diversi studi considerati rappresentano una prima possibile spiegazione. È necessario inoltre considerare come le temperature, l'umidità e la copertura vegetale possono aver influito sul tasso di rilascio dell'etanolo che era stato inizialmente validato in laboratorio. Ulteriori studi sono necessari per meglio comprendere i meccanismi di selezione dell'ospite da parte di scoltidi xilematici e l'effettiva funzione della concentrazione di etanolo come stimolo olfattivo per individuare la pianta ospite da colonizzare.

6. BIBLIOGRAFIA

Bousquet Y., Bouchard P., Davies AE., Sikes D. (2013). Checklist of beetles (Coleoptera) of Canada and Alaska. Second edition Zookeys 360:1–44.

Brockerhoff E.G., and Liebhold A.M. (2017). Ecology of forest insect invasions. *Biological Invasions*, **19**, 3141–3159.

Cavaletto G., Faccoli M., Ranger C.M., Rassati D. (2021). “Ambrosia beetle response to ethanol concentration and host tree species”. *Journal of Applied Entomology*.

EFSA (European Food Safety Authority), Hoppe B., Wilstermann A., Schrader G., et al. (2020). Pest survey card on *Xylosandrus crassiusculus*. EFSA Supporting Publication, Parma. <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2020.EN-1903>.

EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) (2020a). Mini data sheet on *Xylosandrus compactus*. https://gd.eppo.int/download/doc/1435_minids_XYLSCO.pdf. Accessed 11th Dec 2020.

Faccoli M. (2015). “European bark and ambrosia beetles: types, characteristics and identification of mating systems”. *WBA Handbooks*, 5, Verona: 1-160.

Galko J., Dzurenko M., Ranger C.M., Kulfan J., Kula E., Nikolov C., Zúbrík M., and Zach P. (2019). Distribution, habitat preference, and management of the invasive ambrosia beetle *Xylosandrus germanus* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) in European forests with emphasis on the West Carpathians. *Forests*, 10: 10.

Gomez D.F., Rabaglia R. J., Fairbanks K.E., and Hulcr J. (2018). North American Xyleborini north of Mexico: a review and key to genera and species (Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae). *ZooKeys*, 768: 19.

Greco E.B. and Wright M.G. (2015). Ecology, biology, and management of *Xylosandrus compactus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) with emphasis on coffee in Hawaii. *Journal of Integrated Pest Management*, 6:7.

Gugliuzzo A., Biedermann P.H.W., Carrillo D., Castrillo L. A., Egonyu J.P., Gallego D., Haddi K., Hulcr J., Jactel H., Kajimura H., Kamata N., Meurisse N., Li Y., Oliver J. B., Ranger C. M., Rassati D., Stelinski L.L., Sutherland R., Tropea Garzia G., Wright M.G., Biondi A. (2021). “Recent advances toward the sustainable management of invasive *Xylosandrus ambrosia* beetles”. *Journal of Pest Science*, 94: 615–637.

Hulcr J. e Dzurenko M. (2022). Quick guide Ambrosia beetles, *Current Biology* 32, R55-R71.

Hulcr J. and Stelinski L.L. (2017). The ambrosia symbiosis: from evolutionary ecology to practical management. *Annual Review of Entomology*, 62: 285–303.

Kelsey R.G., Beh M.M., Shaw D.C. and Manter D.K. (2013). Ethanol attracts scolytid beetles to *Phytophthora ramorum* cankers on coast live oak. *Journal of Chemical Ecology*, 39: 494–506.

Lehenberger M., Benkert M., Biedermann P.H. (2020). Ethanol-enriched substrate facilitates ambrosia beetle fungi, but inhibits their pathogens and fungal symbionts of bark beetles. *Front Micro- biol* 11:3487.

McPherson B.A., Mori S.R., Wood D.L. et al (2005). Sudden oak death in California: disease progression in oaks and tanoaks. *For Ecol Manag* 213:71–89.

Meurisse N., Rassati D., Hurley B.P. et al (2019). Common pathways by which non-native forest insects move internationally and domestically. *J Pest Sci* 92:13–27

Rabaglia R.J., Cognato A.I., Hoebeke E.R., Johnson C.W., LaBonte J.R., Carter M.E. and Vlach J.J. (2019). Early detection and rapid response: a 10-year summary of the USDA

forest service program of surveillance for non-native bark and ambrosia beetles. *American Entomologist*, 65: 29–42.

Ranger C.M., Reding M.E., Adesso K., Ginzel M., Rassati D. (2020). “Semiochemical-mediated host selection by *Xylosandrus* spp. ambrosia beetles (Coleoptera: Curculionidae) attacking horticultural tree crops: a review of basic and applied science”. *The Canadian Entomologist*.

Ranger C.M., Reding M.E., Schultz P.B., et al (2016a). Biology, ecology, and management of nonnative ambrosia beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in ornamental plant nurseries. *J Integr Pest Manag* 7(1).

Ranger C.M., Biedermann P.H.W., Phuntumart V., Beligala G.U., Ghosh S., Palmquist D.E., Mueller R., Barnett J., Schultz P. B., Reding M.E., and Benz J.P. (2018). Symbiont selection via alcohol benefits fungus farming by ambrosia beetles. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115: 4447–4452.

Ranger C.M., Reding M.E., Schultz P.B., Oliver J.B., Frank S.D., Adesso K.M., Chong J.H., Sampson B., Werle C., Gill S. and Krause C. (2016). Biology, ecology, and management of non- native ambrosia beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in ornamental plant nurseries. *Journal of Integrated Pest Management*, 7: 1–23.

Ranger C.M., Schultz P.B., Frank S.D., Chong J.H. and Reding M.E. (2015a). Non-native ambrosia beetles as opportunistic exploiters of living but weakened trees. *PLOS ONE*, 10: e0131496.

Rassati D., Contarini M., Ranger C.M., Cavaletto G., Rossini L., Speranza S., Faccoli M. and Marini L. (2020). Fungal pathogen and ethanol affect host selection and colonization success in ambrosia beetles. *Agricultural and Forest Entomology*, 22: 1–9.

Reding M.E., Oliver J.B., Schultz P. and Ranger C.M. (2010). Monitoring flight activity of ambrosia beetles in ornamental nurseries with ethanol-baited traps: influence of trap height on captures. *Journal of Environmental Horticulture*, 28: 85–90.

Urvois T., Auger-Rozenberg M.A., Roques A. et al (2021). Climate change impact on the potential geographical distribution of two invading *Xylosandrus* ambrosia beetles. *Sci Rep* 11:1339.

Webster R.P., de Tonnancour P., Sweeney J.D. et al (2020). New Coleoptera records from eastern Canada, with additions to the fauna of Manitoba, British Columbia and Yukon Territory. *Zookeys* 946:53–112.

7. SITOGRAFIA

https://entnemdept.ufl.edu/creatures/trees/beetles/Xyleborus_affinis.htm

https://wiki.bugwood.org/Archive:Xylophagus/Xyloterus_domesticus_Laeus_1758

https://en.wikipedia.org/wiki/Xylosandrus_crassiusculus

<https://xyleborini.myspecies.info/>

http://www.boldsystems.org/index.php/Taxbrowser_Taxonpage?taxid=162269

<https://biologiawiki.it/wiki/fermentazione-alcolica/>

<http://www.parcocollieuganei.com/pagina.php?id=81>

<https://www.agraria.org/entomologia-agraria/scolitide.htm>

<https://www.cabi.org/ISC>

Ringraziamenti

A conclusione di questo percorso mi sento in dovere di ringraziare tutte le persone che mi hanno sostenuto e accompagnato fino al raggiungimento di questo obiettivo.

Ringrazio prima di tutto il mio relatore Davide Rassati, che in questi anni ha saputo guidarmi, con consigli teorici e pratici, nella stesura dell'elaborato.

Spero di riuscire a collaborarci ancora in un futuro e acquisire anche solo metà delle sue conoscenze entomologiche.

Ringrazio il dottor Giacomo Cavaletto, che mi ha accompagnato condividendo la sua esperienza nel lavoro svoltosi in campo, una persona gentile con cui ho passato bellissimi momenti di professionalità e piacere nelle lunghe giornate a posizionare trappole sui Colli Euganei.

Un grazie di cuore ai miei genitori che dal principio mi hanno sostenuto e convinto ad intraprendere il percorso universitario, probabilmente senza di loro non avrei avuto la forza e il coraggio nemmeno di iniziare gli studi.

Un grazie sincero ad Aurora che mi ha supportato e sopportato in questi anni di studio, un grazie a Giovanni, compagno fedele de Il'università e dei mille esami svolti insieme, ringrazio tutti gli amici, che mi hanno permesso di affrontare il percorso universitario con un tocco di leggerezza e di serenità, passando giornate di puro divertimento.

Ringrazio anche tutti i parenti, conoscenti, persone vicine che hanno avuto il modo di incoraggiarmi o strapparmi un sorriso.

Infine, non posso che ringraziare me stesso, per i sacrifici effettuati non solo in questi anni ma in tutta la vita, per aver coltivato e portato avanti la mia passione per la natura, passione che continuerò a sostenere fino alla fine.

Grazie a tutti voi sono riuscito a concludere questo bellissimo percorso, un futuro ricordo del mio passato.