

[INSETTI] L'irradiazione a 2.45 GHz induce temperature letali per la larva ma non per la pianta

Punteruolo rosso delle palme La soluzione delle microonde

[DI RITA MASSA¹, EMILIO CAPRIO², MARCO DONALD MIGLIORE³, GAETANO PANARIELLO³, DANIELE PINCHERA¹, RAFFAELE GRIFFO⁴]

R*hynchophorus ferrugineus*, comunemente conosciuto come Punteruolo rosso delle palme, è stato segnalato per la prima volta in Italia nel 2004 su alcune piante di *Phoenix canariensis* ubicate in un vivaio del pistoiese. Queste piante furono immediatamente distrutte e da quel momento non sono state più riportate segnalazioni ufficiali in Toscana. A fine 2005 l'insetto è stato segnalato in Sicilia e in Campania, negli anni successivi si è rapidamente diffuso nei territori dove c'è la presenza, più o meno estesa, di *P. canariensis*, con la conseguente rapida morte di migliaia di piante (Tab. 1). Tali dati sono probabil-

mente sottodimensionati rispetto agli esemplari realmente compromessi dal curculionide in quanto, pur vigendo l'obbligo di comunicare ai Servizi fitosanitari competenti la presenza di piante attaccate dall'insetto, le segnalazioni molte volte non sono state effettuate dai proprietari per non essere assoggettati alle misure ufficiali dell'abbattimento, della distruzione o semplicemente dei trattamenti, preferendo interventi meno costosi ma poco curanti del pericolo di diffusione del *R. ferrugineus*.

Tali comportamenti hanno contribuito fortemente alla proliferazione dell'insetto insieme alla:

Nuove possibilità applicative per il controllo di *Rhynchophorus ferrugineus* in *Phoenix canariensis*.

I primi risultati

- mancanza di conoscenze adeguate sull'etologia dell'insetto nei nostri areali;
- mancanza di adeguati strumenti di lotta, soprattutto nei primi anni della sua presenza;
- difficoltà di adottare misure fitosanitarie comprensoriali;

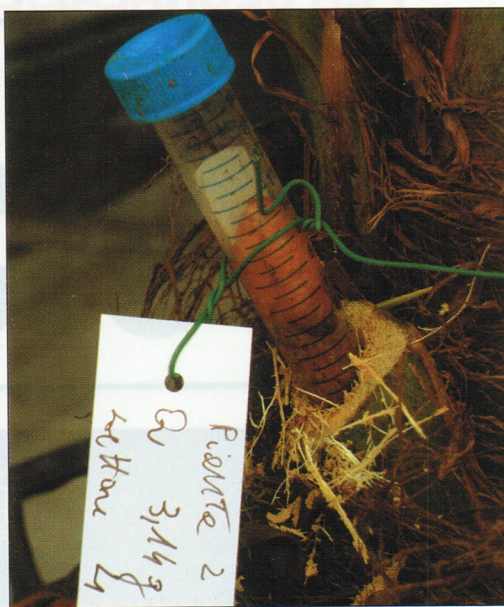
■ comportamento molto più aggressivo su *P. canariensis* rispetto alle altre piante sensibili tipiche degli areali di origine dove l'insetto convive con la pianta ospite anche per diversi anni;

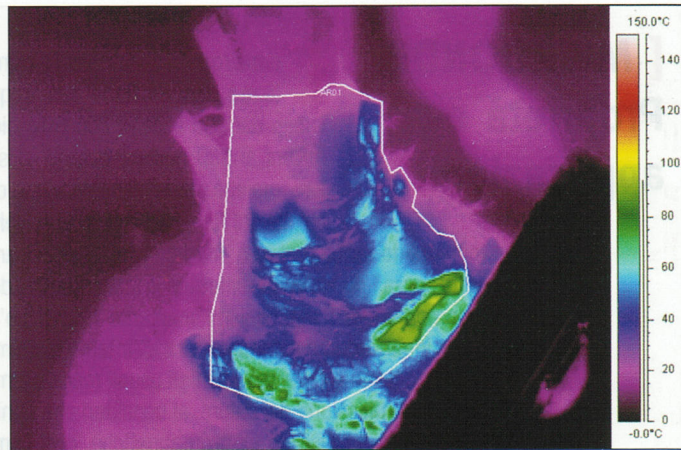
■ contiguità delle piante sensibili con interessamento di un gran numero di proprietari pubblici e privati la cui sensibilità, rispetto alla problematica, è stata ed è molto eterogenea.

In questi anni notevoli sono stati gli sforzi per ricercare un metodo di lotta al *R. ferrugineus* efficace, poco costoso ed ecocompatibile ma, purtroppo, allo stato attuale non si è ancora giunti all'individuazione di un sistema risolutivo. L'emergenza è controllabile solo abbinando le diverse tecniche di difesa che vanno valutate ed applicate, di volta in volta, in base al singolo caso: sorveglianza visiva, interventi preventivi anche con eventuali prodotti chimici regolarmente registrati e distribuiti in modo localizzato alla chioma o in endoterapia, trattamenti curativi con dendrochirurgia associata a trattamenti chimici o con nematodi entomopatogeni, abbattimento delle piante irrimediabilmente compromesse, ecc.

[1. Palme infestate.

Trattamenti con microonde di *P. canariensis* presso le serre del Servizio fitosanitario della Regione Campania.





[2. Le temperature esterne. Applicatore a microonde e palma esposta (a sx) e termogramma della superficie esterna della palma dopo 30 min di trattamento a microonde (a dx).

Per cercare di far fronte all'emergenza fitosanitaria la ricerca, oltre alla valutazione dell'efficacia delle diverse tecniche sopracitate, ha anche esplorato strategie di difesa con tecnologie innovative. Tra queste ha suscitato particolare interesse quella dell'impiego delle microonde, già peraltro utilizzate per il controllo di altri insetti che si nutrono di legno.

Dopo aver osservato l'efficacia di alcuni trattamenti a

microonde effettuati con la macchina "Ecopalm Ring", prototipo sperimentale a fascia circolare, la Regione Campania, al fine di valutare la reale efficacia delle microonde, ha promosso uno specifico progetto di ricerca multidisciplinare coinvolgendo agronomi, fisici, ingegneri ed entomologi.

[L'ANALISI PRELIMINARE]

Obiettivo della ricerca è di ottenere mediante riscaldamen-

to a microonde le temperature stimate letali per le forme vitali del *R. Ferrugineus*, che, però, non danneggino le piante ospiti. Alla base di questi studi vi è la conoscenza delle caratteristiche e.m. (ϵ , σ - si veda box) dei materiali coinvolti nel processo, proprietà che dipendono da parametri quali frequenza, temperatura, grado di umidità, e, per quanto riguarda l'insetto, dallo stadio di sviluppo (uova, larva o adulto), nonché

dalle modifiche dell'ambiente prodotte dall'insetto stesso (ad es. marcescenza dei tessuti della palma).

La Tab. 2 riporta i parametri e.m. misurati a 2.45 GHz per i tessuti della palma (sana o marcescente e per diversi gradi di umidità) e dell'insetto (larva, adulto) nonché, per confronto, quelli relativi all'acqua distillata e al legno di pino. Si noti che i tessuti della palma, contrariamente ai dati riportati per altri tipi di legni, hanno elevate conducibilità equivalenti (σ) di conseguenza al suo interno il campo e.m. si attenua rapidamente e solo la zona superficiale della palma è direttamente coinvolta dall'azione diretta delle microonde; nel caso dell'insetto invece la potenza è quasi uniformemente dissipata al suo interno. Il riscaldamento indotto dalle microonde riguarderà, pertanto, solo la zona esterna della palma mentre le zone più interne subiranno un incremento termico dovuto a fenomeni di conduzione termica; negli insetti irradiati è prevedibile un rapido innalzamento della temperatura, mentre quelli che non interagiranno direttamente con le microonde saranno soggetti a un riscalda-

[TAB. 1 - PRIME SEGNALAZIONI REGIONALI E RELATIVE PIANTE ABBATTUTE]

REGIONE	ANNO PRIMA SEGNALAZIONE	2004	2005	2006	2007	2008	2009/ 2010	TOTALI
Abruzzo	2007	-	-	-	30	120	350	500
Calabria	2007	-	-	-	6	35	200	241
Campania	2005	-	8	241	5069	4272	3421	13011
Lazio	2006	-	-	30	120	204	713	1067
Liguria	2007	-	-	-	3	21	87	111
Marche	2007	-	-	-	20	63	439	522
Puglia	2006	-	-	34	725	867	2579	4205
Sardegna	2007	-	-	-	30	418	309	757
Sicilia	2005	-	73	120	4811	7506	6464	18974
Molise	2007	-	-	-	-	22	97	119
Basilicata	2010	-	-	-	-	-	1	1
Toscana	2004	3	-	-	-	-	-	3
ITALIA	2004	3	81	425	10814	13528	14660	39511

[MICROONDE Proprietà e applicazioni

Le microonde sono campi elettromagnetici (e.m.) che oscillano con frequenze che vanno dai 300 MHz ai 300 GHz (cioè dai 300 milioni ai 300 miliardi di volte al secondo). Il loro impiego per la disinfestazione delle palme colpite dal *R. ferrugineus* si basa nell'induzione di un incremento termico al loro interno tale da provocare la morte dell'insetto senza tuttavia compromettere lo stato di salute della pianta.

Per comprendere i meccanismi mediante i quali un'onda e.m. produce un innalzamento di temperatura all'interno di un materiale, e le principali analogie e differenze con gli usuali meccanismi di riscaldamento per trasmissione del calore, si consideri che ogni materiale possiede particolari proprietà elettromagnetiche, così come peraltro

diverse proprietà termiche o meccaniche. In particolare, per i casi che interessano, le proprietà dei diversi materiali differiscono per due parametri: la permittività dielettrica (ϵ) e la conducibilità elettrica equivalente (σ). La prima è legata alla diversa attitudine dei materiali ad immagazzinare energia elettrica, la seconda misura la capacità di un mezzo a dissipare l'energia elettromagnetica trasformandola in calore. Ad es. l'aria ha una σ praticamente nulla, mentre per l'acqua distillata (a 20°C e a 2.45 GHz) $\sigma = 1.3$ S/m.

Nel caso di riscaldamenti convenzionali (con fonte di calore esterna) l'innalzamento termico è collegato al flusso di calore che dalla superficie riesce a penetrare nel materiale. In effetti il flusso di calore è proporzionale al gradiente termico attraverso la conducibilità termica che per materiali non metallici può essere molto bassa e per ottenere flussi di calore

mento dovuto all'innalzamento della temperatura nell'ambiente circostante.

[PROVE IN SEMICAMPO

Dopo l'analisi preliminare sono state effettuate delle prove di semicampo, trattando con microonde palme opportunamente infestate. Il trattamento, attuato presso le serre del Laboratorio del Servizio fitosanitario della Regione Campania, ha riguardato n. 4 *P. canariensis* del diametro di circa 20 cm ed è stato eseguito dopo 20 giorni dalla avvenuta infestazione con 4 larve cadauna (foto 1). Le piante sono state esposte alle microonde (generate da un magnetron a 2.45 GHz, 1 kW) ed il riscaldamento indotto è stato valutato mediante termocamera ad infrarossi (IR).

Al fine di acquisire velocemente immagini termografiche all'interno del tessuto, prima dell'esposizione le palme sono state sezionate trasversalmente e poi accuratamente ricomposte.

La temperatura ambiente era di circa 10°C e le palme sono state trattate con esposizioni variabili dai 2 min ai 30 min.

Condizioni di sicurezza degli operatori, relativamente all'esposizione al campo e.m., sono state assicurate mediante misure di campo elettrico (valore efficace del campo elettrico < 20 V/m) effettuate con un *radiation monitor* e sonda di campo elettrico.

Nonostante la limitata potenza impiegata, la breve durata delle esposizioni e la ridotta superficie irradiata, dal-

le foto 2 e 3 si evince che alcune zone dei tessuti esterni (spot) hanno raggiunto temperature superiori a 80°C, mentre nei tessuti posti all'interno della palma sono stati osservati incrementi termici nell'intervallo 40°C-60°C.

Le larve poste nella immediatezza delle sezioni di taglio sono morte in seguito al trattamento (foto 4).

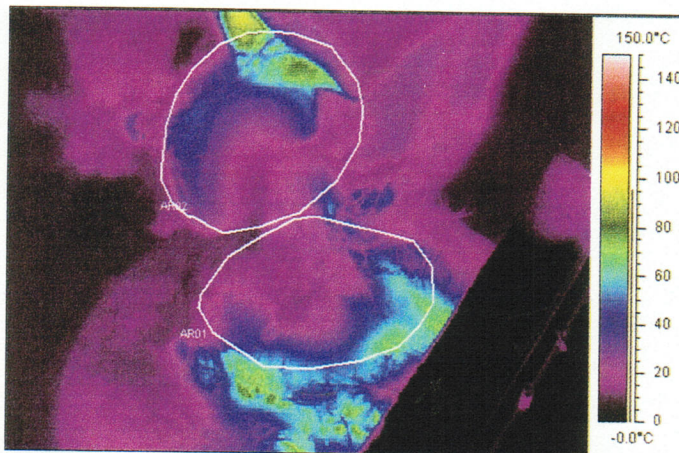
[CONCLUSIONI

I risultati preliminari sull'efficacia delle microonde nella lotta al *R. ferrugineus* sono incoraggianti. L'irradiazione della palma con un magnetron a 2.45 GHz produce un rapido innalzamento della temperatura, che raggiunge anche i 70°C in alcune zone dopo soli 2 minuti; trattamenti più pro-

lungati aumentano la dimensione dell'area riscaldata, ma gli spot ad alta temperatura non sembrano aumentare eccessivamente; probabilmente ciò è dovuto al fatto che il riscaldamento del legno produce la contemporanea evaporazione di parte del proprio contenuto d'acqua; con la variazione del contenuto d'acqua diminuiscono la permittività e la conducibilità equivalente del legno, permettendo così al campo elettromagnetico di penetrare più in profondità.

Il riscaldamento a microonde può quindi indurre un incremento termico tale da raggiungere la temperatura letale per le larve (oggetto di altro lavoro) senza danneggiare il tessuto interno della palma.

La tecnica proposta in que-



[3. Le temperature interne. Palma sezionata e relativi termogrammi delle superfici interne dopo 30 min di trattamento a microonde.

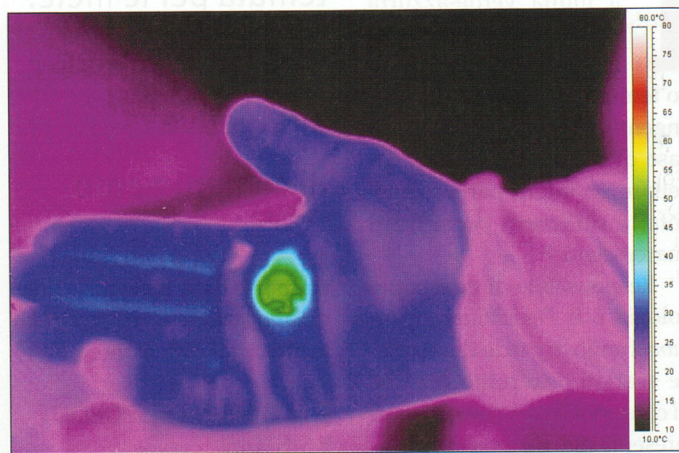
adeguati ad aumentare la temperatura interna sono necessarie elevate temperature alla superficie esterna.

Nel caso di riscaldamento a microonde i meccanismi fisici con i quali l'energia e.m. si trasforma in calore sono legati alla natura stessa dei materiali che, essendo costituiti da molecole formate a loro volta da cariche elettriche, risentono della presenza del campo e.m. (spostandosi, ruotando o oscillando). È il loro movimento a indurre il riscaldamento del materiale mediante una sorta di attrito tra ogni molecola e le molecole circostanti.

In sintesi un'onda e.m. incidente su un mezzo materiale in parte si rifletterà e in parte penetrerà all'interno del mezzo stesso trasferendo in esso energia e.m. che, in presenza di una conducibilità elettrica (σ), verrà dissipata. Il processo di dissipazione, durante la propagazione dell'onda nel mezzo materiale, sottrarrà potenza al campo e.m. che quindi si attenuerà tanto più rapidamente

quanto maggiore è la conducibilità elettrica; pertanto, la sorgente di calore non è esterna al mezzo, ma interna, producendo così un innalzamento di temperatura **diretto**, in tutta la zona dove penetra il campo e.m., e **per diffusione** del calore, con meccanismi analoghi a quelli del riscaldamento termico convenzionale, nelle regioni circostanti non raggiunte dal campo e.m. In tal modo si riescono a raggiungere, nelle regioni interessate dal campo e.m. temperature sufficientemente elevate e uniformi con temperature superficiali più basse.

La possibilità di utilizzare nel settore agroalimentare il campo e.m. per la disinfestazione di derrate alimentari (grano, riso), frutta (fresca o secca), legno, ecc., è stata proposta in diversi lavori. Negli ultimi anni l'efficacia di questa tecnica ha suscitato sempre maggiore interesse, ed è in via di valutazione da parte dell'International Plant Protection Convention (Ippc) per il trattamento dei materiali da imballaggio in legno in conformità all'Isprm - 15 della Fao. ■



4. Disinfestazione mediante microonde. Larva di *R. ferrugineus* trovata a circa 5 cm dalla superficie della palma dopo 15 min di esposizione: immagine ottica e relativo termogramma.

sto lavoro non intende sostituire le strategie utilizzate finora, ma è da considerarsi un va-

lido supporto per la lotta al curculionide; allo stato attuale nessuna tecnica è, purtroppo,

in grado di garantire la "non-reinfestazione", ma l'utilizzo delle microonde, eventual-

mente impiegate in sinergia ad altre metodologie, potrebbe risolvere il problema della disinfestazione. ■

TAB. 2 - PARAMETRI ELETTROMAGNETICI MISURATI A 2.45 GHZ

	PERMITTIVITÀ DIELETTICA RELATIVA	CONDUCIBILITÀ ELETTRICA EQUIVALENTE	PROFONDITÀ DI PENETRAZIONE ¹
	ϵ	σ [S/m]	δ [m]
Palma sana (alta densità di fibre)	30.3	1.17	0.025
Palma sana (bassa densità di fibre)	46.0	1.40	0.026
Marcescenza	50.7	2.93	0.013
<i>R. ferrugineus</i> (larva)	35.3	1.04	0.031
<i>R. ferrugineus</i> (adulto)	9.3	0.38	0.043
Legno (pino silvestre)	3.1	0.07	0.134
Acqua distillata	73.6	1.29	0.035

Valori medi della permittività (ϵ), della conducibilità elettrica (σ) e della profondità di penetrazione (δ) dei materiali alla frequenza di 2.45 GHz e a temperatura ambiente (20°C).
¹Convenzionalmente si definisce profondità di penetrazione (δ) del campo e.m. la distanza dall'interfaccia in cui la potenza del campo e.m. si riduce di circa 7.4 volte.

¹Dip. Scienze Fisiche – Facoltà di Ingegneria – Università di Napoli "Federico II" – email: massa@unina.it

²Dip. Entomologia e Zoologia Agraria – Facoltà di Agraria – Università di Napoli "Federico II"

³Dip. Automazione Elettromagnetismo, Ingegneria dell'Informazione e Matematica industriale – Università di Cassino

⁴Servizio fitosanitario della Regione Campania

Nota: Ecopalm Ring è un marchio registrato.

Bibliografia disponibile a richiesta.