



di **C. Silva Pereira ***
M. Carvalho* - I. Martins*
I.S. McLellan***
A.S. Hursthouse***
M.C. Basílio* - C. Morrison***
P. Tatner* - M.V. San Romão* o ****

* Ibet/Itqb-Unl, Instituto de Biologia Experimental e Tecnológica/Instituto de Tecnologia Química e Biológica - Universidade Nova de Lisboa, Oeiras, Portugal.
 ** Evn Estação Vitivinícola Nacional, Dois Portos, Portugal.
 *** School of Engineering and Science, University of Paisley, Paisley, UK.

Scorcio della sughereta sperimentale di "Cusseddu - Miali - Parapinta", di proprietà della Stazione Sperimentale del Sughero e situata in comune di Tempio Pausania (Ss), nel cui territorio verranno effettuate attività di ricerca inerenti il progetto.

Strategie per l'eliminazione di policlorofenoli dalla foresta

La foresta di querce da sughero (*Quercus suber* L.) si estende per un totale di circa 2,3 milioni di ettari in Portogallo (leader mondiale nella produzione e trasformazione del sughero), Spagna e altri paesi mediterranei quali Tunisia, Marocco e Algeria e costituisce uno dei migliori esempi di ambiente forestale sostenibile. Sebbene il sughero ne rappresenti la principale risorsa, le foreste di querce da sughero significano anche pascoli per animali, coltivazioni e produzione di miele, ciò che contribuisce a sostenere la foresta, a scongiurare la desertificazione e a preservare la biodiversità e gli

ecosistemi indigeni. I tappi in sughero possono essere soggetti alla comparsa di gusti/odori di terra o di muffa (*cork taint*), che possono riguardare l'1-5% delle bottiglie di vino e che sono associati essenzialmente a contaminazione da cloroanisoli. I cloroanisoli possono essere prodotti nel sughero per metabolizzazione fungina dei corrispondenti clorofenoli, tramite un passaggio di detossificazione, dal momento che gli anisoli sono meno tossici dei fenoli. È dimostrato che certi funghi filamentosi isolati da planche di sughero sono in grado di dare questo metabolismo.

La longevità della quercia da sughero (160-200 anni) consente l'accumulo nella corteccia di pesticidi organoclorurati e di altri Pop, ad alta lipofilità. L'analisi di sughero di diversa provenienza ha mostrato la presenza di pesticidi organoclorurati, probabilmente legata alle pratiche d'u-

IN POCHE PAROLE

- Il progetto Nato "Scienza per la pace" (Esp.Md.Sfpp 981674) studia la contaminazione della foresta.
- Il pentaclorofenolo (Pcp) è un buon modello per valutare il comportamento dei policlorofenoli in suoli ed acque sotterranee.
- Lo studio riguarda le dinamiche di decadimento e di eliminazione del Pcp nella foresta di querce da sughero.



Aree di rimboscimento nella sughereta sperimentale di "Cusseddu - Miali - Parapinta", di proprietà della Stazione Sperimentale del Sughero e situata in comune di Tempio Pausania (Ss), nel cui territorio verranno effettuate attività di ricerca inerenti il progetto.



Scorcio di una delle sugherete tunisine, in cui si svolgerà parte del progetto Nato.

so dei pesticidi nelle varie regioni in cui gli alberi sono cresciuti. È pertanto ragionevole supporre che la presenza di Pcp nella foresta di querce da sughero sia correlabile alla comparsa di cloroanisoli nei vini imbottigliati. In definitiva, sembra che il Pcp possa essere spesso associato al *cork taint* e che la contaminazione del sughero possa essere legata all'uso del Pcp in foresta o ad una contaminazione indiretta dovuta ad esempio ad attività agricole o industriali svolte nelle vicinanze. Recenti studi hanno dimostrato che la maggior parte degli ecosistemi sono contaminati da Pcp, ma nessuna ricerca è mai stata condotta sinora sulle foreste di querce da sughero. Il rischio di contaminazione ambientale aumenta in funzione di caratteristiche della regione mediterranea, quali i brevi periodi di pioggia, le alte variazioni stagionali e annuali e le alte perdite di acqua per irrigazione. La situazione ambientale del Sud del Mediterraneo è spesso critica, per l'eccessivo sfruttamento delle acque sotterranee e la continua diminuzione della qualità dell'acqua a causa di inquinamento industriale, inefficacia dei trattamenti e mancato monitoraggio dell'impatto degli inquinanti. Inoltre

manca tuttora una strategia di monitoraggio "multifunzionale" che colleghi tra loro siti urbani, rurali e globali.

L'inquinamento ambientale

La contaminazione ambientale da Pop rappresenta una particolare minaccia in molte parti d'Europa, dato che queste sostanze persistono nell'ambiente, sono in grado di migrare e si accumulano nei tessuti degli organismi viventi a livelli potenzialmente dannosi. Nell'ambiente naturale, la loro migrazione è attenuata da fenomeni di assorbimento, azione capillare, assunzione da parte delle radici, bioaccumulo, ossidazione e degradazione microbica; ciò fa aumentare l'eterogeneità dei processi di contaminazione.

Ad esempio, il rischio di contaminazione delle acque sotterranee a causa dell'inquinamento forestale dipende dalle proprietà chimiche del contaminante, da fattori climatici (es. distribuzione, durata ed abbondanza delle piogge) e dalle proprietà geologiche del suolo e del sottosuolo (es. permeabilità, materia organica, pH). L'inquinamento agricolo è stato spesso oggetto di studi, non così le foreste che sono considerate

comunemente ambienti non contaminati, pur ricevendo alte quantità di pesticidi e conservanti del legno. Nella foresta, il suolo è il più esteso e più attivo comparto ambientale, permette la diluizione e la dispersione degli inquinanti ed è un fattore critico, a causa del forte assorbimento di Pop sulla materia organica presente; la biodisponibilità e la tossicità dei Pop sono controllate dalle proprietà chimico-fisiche del suolo. La trasformazione dei Pop da parte di microrganismi endogeni è un aspetto fondamentale del ciclo di questi composti; tra le specie microbiche del suolo, i funghi sono responsabili della tappa più importante del ciclo del carbonio: la decomposizione enzimatica della struttura ligno-cellulosica, molto poco reattiva. La struttura chimica dei Pop si avvicina a quella della lignina, cosa che potrebbe spiegare la capacità dei funghi di degradare/trasformare questi contaminanti.

Il pentaclorofenolo (Pcp)

Il Pcp è impiegato dal 1936, prima come conservante del legno e poi come insetticida, fungicida, erbicida non selettivo da contatto e disinfettante generico. Esso può anche

essere rilasciato durante l'incenerimento dei rifiuti urbani ed i trattamenti di clorurazione dell'acqua. Tutto ciò ha portato ad un'estesa contaminazione ambientale.

Insieme a numerosi prodotti di trasformazione, il Pcp è bioaccumulabile nell'uomo, negli organismi acquatici e terrestri e può impedire la germinazione dei semi e le reazioni di fotosintesi. Il Pcp antropico può venire trasportato nell'atmosfera su lunghe distanze, causando la contaminazione indiretta di alimenti ed acqua potabile. Nell'uomo il Pcp può provocare aberrazioni cromosomiche e comparsa di carcinomi; livelli di 5-1 microg/kg/giorno inducono effetti rispettivamente acuti e cronici per la salute (Profilo tossicologico del Pcp, Epa, 1987). La variazione della tossicità del Pcp nel tempo è dovuta alla formazione/distruzione dei prodotti tossici di trasformazione: ad esempio il 2,3,4,5-tetraclorofenolo e il 3,4,5-triclorofenolo sono più tossici per batteri e funghi rispetto al Pcp. Il Pcp può causare disturbi endocrini, rinforzando le preoccupazioni sulle conseguenze a lungo termine dell'esposizione da parte dell'uomo, degli animali e delle piante. Alcuni suoi prodotti di degradazione

(es. 2,3,6-triclorofenolo) sono inclusi nella lista delle sostanze prioritarie, nel quadro della Direttiva europea 76/464. Nell'Unione Europea il Pcp viene usato come riferimento per la valutazione della qualità dell'ambiente acquatico ed è stato inserito nell'elenco delle sostanze prioritarie come "sostanza pericolosa"; esso è incluso nella lista dei 12 pesticidi più pericolosi del Pesticide Action Network statunitense e dal 2004 è considerato dall'Oms come una delle sostanze più pericolose. Pertanto in Europa il Pcp è attualmente consentito solo per uso professionale e industriale, in condizioni molto controllate (Dir. Marketing ed Impiego 76/769/Eec e 9° emendamento 91/173/Eec). L'uso agricolo è stato sospeso o ristretto, tra l'altro, in Canada, Danimarca, ex Repubblica Democratica Tedesca, Giappone. Sorprendentemente, la restrizione all'uso non ha portato alla completa eliminazione del Pcp da suolo, acqua ed alimenti. Anzi numerosi dati dimostrano la dimensione mondiale di questo problema, benchè i livelli di contaminazione riscontrati in Europa nelle acque marine e dolci stiano diminuendo, grazie soprattutto alle normative nazionali. Il Pcp e altri cloro-

fenoli (prodotti di trasformazione) sono stati identificati, ad esempio, in fiumi italiani e portoghesi, nei quali si sono trovati livelli più alti tra aprile e agosto, periodo che coincide con l'uso nelle regioni agricole. Il Pcp è stato rilevato quasi nel 100% dei campioni di urina raccolti in modo casuale da individui statunitensi e canadesi; in aghi di pino si sono trovati livelli ben correlati con quelli presenti nell'atmosfera; questi ultimi danno un contributo stimato nel 30-70% alla quantità di Pop trovati nei paesi dell'Unione Europea. Pratiche agricole inidonee possono portare alla contaminazione delle acque sotterranee: ad esempio in Cina si suppone che il Pcp utilizzato in agricoltura sia la causa di contaminazione nei vivai ittici.

I Pop trovati nell'Artico derivano da sorgenti distanti e vengono trasportati attraverso l'atmosfera e l'oceano a partire dalle latitudini più basse; ad esempio i clorofenoli, prodotti dalla degradazione microbica del Pcp, appaiono in sedimenti datati 1940, poco dopo l'introduzione del Pcp. È stato suggerito che i nuovi impieghi dei pesticidi clorurati ancora autorizzati (ed occasionalmente anche dei pesticidi proibiti



Parte del progetto Nato si svolgerà nelle sugherete tunisine.



Sughereta portoghese situata nella regione di Estremoz (Alentejo).



Scorcio di una sughereta portoghese situata nella regione di Estremoz (Alentejo).

ti) stiano ancora contribuendo alla contaminazione dell'Artico.

Consorzio del progetto Nato

“Scopo del programma Nato è di contribuire alla sicurezza, alla stabilità ed alla solidarietà tra le nazioni, applicando la scienza alla soluzione di problemi. Grazie alla sua universalità, la scienza civile ha dato prova di essere un mezzo altamente efficace per stimolare il dialogo internazionale” (www.nato.int/science).

Il consorzio unisce gruppi di ricerca di tre paesi Nato (Portogallo, Inghilterra, Italia) e di due nazioni del Dialogo mediterraneo (Tunisia e Marocco).

La dr.ssa Cristina Silva Pereira, coordinatrice del progetto, appartiene al gruppo portoghese dell'Ibet (Istituto de Biologia Experimental e Tecnologi-

ca) che ha realizzato numerosi studi sulle funzioni microbiche di diversi ecosistemi e possiede conoscenze multidisciplinari sul sughero, a partire da dati tassonomici e biochimici sul consorzio fungino che lo colonizza, fino a dati chimici e microbiologici riguardanti il *cork taint*. Un ruolo chiave nel progetto è svolto dal gruppo inglese diretto dal prof. Andrew Hursthouse (Laboratorio di Geochimica dell'Università di Paisley), esperto in geochimica ambientale, applicata all'analisi del rischio di contaminazione dei suoli e dei sedimenti. Il gruppo italiano è coordinato dalla prof. Valeria Mazzoleni e dalla dr. M. Daria Fumi (Istituto di Enologia e Ingegneria agro-alimentare dell'Università Cattolica), esperte nello studio dei caratteri microbiologici, chimici e fisici del sughero per uso enologico. Gli aspetti di carattere idrologico saranno affrontati dal gruppo tunisino del Certe (Centre de Recherche et des Technologies des Eaux), coordinato dal prof. Abdennaceur Hassen, e dall'ing. Hamadi Kallali del Laboratorio per il Trattamento ed il Riciclaggio delle Acque Reflue. Il gruppo marocchino analizzerà il ruolo dei batteri nel decadimento ambientale del Pcp, coor-

dinato dal prof. Mohamed Blaghen (Laboratorio di Microbiologia, Biotecnologie e Ambiente, Università Hassan II), esperto nell'impiego di processi batteriologici per il trattamento di acque contaminate.

Nel periodo 2007-2009, il consorzio parteciperà ad attività scientifiche complementari: i ricercatori intraprenderanno dapprima una revisione delle pratiche di gestione della foresta nella regione mediterranea, compresa una piattaforma iniziale per descrivere la situazione corrente delle politiche forestali in tutta la regione. La valutazione del rischio da Pcp fornirà la base per il rafforzamento di una politica comune tra Ue e paesi mediterranei ed avrà forti implicazioni per le pratiche agricole correnti e future destinate a preservare gli ecosistemi forestali. Il consorzio auspica di contribuire alla creazione di linee programmatiche comuni per la gestione agro-forestale. Nota: traduzione effettuata dalla prof. Valeria Mazzoleni, dell'Università Cattolica del Sacro Cuore di Piacenza. Riferimenti bibliografici sono disponibili su domanda all'autore corrispondente. Cristina Silva Pereira (spereira@itqb.unl.pt)

SUMMARY

Strategies for elimination of poly-chlorinated phenols from forests

The Nato project, focusing on preventive and remediation strategies for elimination of poly-chlorinated phenols from forest soils and ground waters, identifies a critical problem, which correlates the *cork taint* defect in bottled wines with the occasional presence of pentachlorophenol (Pcp) in *Quercus suber* forest. Though legal restrictions on Pcp use are widely applied, they have not lead to its elimination from the environment. It is vital to identify the existence of alternative routes for Pcp formation and contamination and to understand the contamination status of oak forests.