

## SPECIE INVASIVE, RISCHI DI INTRODUZIONE E GESTIONE DELLE EMERGENZE

(\*) Dipartimento di Valorizzazione e Protezione delle Risorse Agroforestali, Patologia Vegetale, Università di Torino

(\*\*) Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali, Università di Padova

(\*\*\*) Dipartimento di Biotecnologie Agrarie, Sezione Patologia Vegetale, Università di Firenze

L'introduzione di nuove specie invasive e i cambiamenti climatici stanno determinando un incremento delle emergenze fitosanitarie forestali. Inoltre alcuni parassiti, condizionati da fattori ambientali che esaltano la loro aggressività e riducono la resistenza delle piante, si sono mostrati in grado di modificare anche i loro areali di diffusione e i biocicli. Emblematici sono i casi di *Phytophthora* spp. nei castagneti e della processionaria del pino nelle pinete.

Il passato è ricco di casi d'introduzione di parassiti esotici come il cancro del castagno, la grafiosi dell'olmo e il cancro colorato del platano. Recente è il caso di introduzione di *Phytophthora ramorum*, agente della moria improvvisa delle querce, e di una popolazione nord americana di *Heterobasidion annosum*, agente di marciume e carie sulle conifere. Il fungo esotico, introdotto nel 1944, ha finora colonizzato le pinete litoranee del centro Italia dove si è ibridato con la specie autoctona.

Nel settore entomologico si possono ricordare le recenti introduzioni di fitofagi quali *Corythucha arcuata* su querce, *Dryocosmus kuriphilus* su castagno, e i coleotteri *Rhynchophorus ferrugineus* su palme e *Anoplophora chinensis* e *Megaplatypus mutatus* polifagi su latifoglie.

Tra i parassiti di temuta introduzione in Europa e nel nostro Paese [lista di quarantena EPPO (A1) e D.L. 214/2005], si possono invece ricordare l'agente di tracheomicosi *Ceratocystis fagacearum* (su quercia e castagno), le ruggini dei pini *Cronartium fusiforme* e *C. quercuum*, la tracheomicosi da *Ophiostoma wagneri* su pini, ed il nematode *Bursaphelenchus xylophilus*. Fra gli insetti è temuto l'arrivo di alcuni lepidotteri defogliatori (*Dendrolimus sibiricus*, *Malacosoma disstria*, *M. americanum* e *Orgyia pseudotsugata*), di scolitidi (*Pseudopityophthorus*, *Ips* e *Dendroctonus*) nonché del buprestide *Agrilus planipennis*.

Tra le Fanerogame emiparassite, particolare attenzione meritano alcune specie nord americane di vischio nano (*Arceuthobium* spp.) con spettro di ospiti assai ampio e causa di scopazzi, riduzione della crescita e morte di molte conifere.

*Parole chiave:* parassiti, funghi, insetti, quarantena, cambiamenti climatici.

*Key words:* parasites, fungi, insects, quarantine, global change.

*Mots clés:* parasites, champignon, insectes, quarantaine, changement globale.

### 1. INTRODUZIONE

In Europa le foreste coprono una vasta superficie – oltre il 45% dell'intero territorio (FAO, 2001) – assolvendo fondamentali funzioni legate al sequestro del carbonio, alla protezione dei suoli, alla conservazione della biodiversità e allo svolgimento di importanti attività industriali. La gestione del patrimonio forestale implica anche la necessità di affrontare, e ove possibile evitare o limitare, eventuali danni diretti o indiretti indotti dall'attività di organismi invasivi introdotti da altri ambienti. Sebbene alcuni di questi giungano attraverso percorsi naturali, la maggior parte è tuttavia favorita dalle attività dell'uomo. Una delle più comuni vie di introduzione di microrganismi e insetti è infatti rappresentata dal commercio internazionale di materiale vegetale di vario tipo, quali gli imballaggi, o le piante destinate ai vivai e alla forestazione. Risulta però importante anche il "trasporto turistico" di materiale vegetale, assai meno controllato del trasporto commerciale. Gli organismi esotici possono in vari casi risultare estremamente dannosi per le specie europee, soprattutto per la mancanza di co-evoluzione fra parassiti allogenici e nuovi ospiti indigeni (Evans e Oszako, 2007). Alcuni fra gli esempi più noti interessano la diffusione mondiale - spesso avvenuta attraverso i porti fra gli anni '20 e '50 - di microrganismi fungini re-

sponsabili di epidemie catastrofiche come quelle del cancro del castagno da *Cryphonectria parasitica*, del cancro del cipresso da *Seiridium cardinale* e della grafiosi dell'olmo da *Ophiostoma ulmi* e *novo-ulmi*.

La velocità di diffusione di specie esotiche e la gravità dei danni da queste causati negli ultimi decenni, hanno indotto la Comunità Europea ad intraprendere specifiche azioni per regolare, controllare e certificare i materiali di origine vegetale soggetti a commercio internazionale. Al riguardo varie organizzazioni (IUCN, World Conservation Union; EPPO, European Plant Protection Organization) sono state incaricate di condurre iniziative finalizzate all'individuazione e monitoraggio di specie esotiche dannose di recente o temuta introduzione, con la relativa predisposizione di liste di quarantena (Accademia dei Georgofili, 2005).

L'introduzione di organismi esotici può inoltre presentare aspetti inattesi o sottovalutati, come recentemente osservato con la comparsa di casi di ibridazione in vivaio fra specie di *Phytophthora* che hanno dato luogo a *Phytophthora alni* (Brasier *et al.*, 1999), o in foresta fra specie di *Heterobasidion annosum* di origine europea e nord americana (Gonthier *et al.*, 2007) venuti in contatto nelle pinete laziali e ancora oggetto di studio (D'Amico *et al.*, 2007; Gonthier *et al.*, 2007).

Il cambiamento globale e i risvolti climatici ad esso collegati hanno aperto di recente nuovi scenari legati alle modificazioni degli areali e dei biocicli di molti parassiti, non solo esotici, e al conseguente rischio che specie autoctone possano cambiare ospite, lasciando quello abituale per colonizzare piante finora non ritenute suscettibili. In questo contesto si avverte anche una maggiore incidenza di quegli agenti patogeni e parassiti definiti “di debolezza”, fortemente condizionati da fattori ambientali. Le sempre meno abbondanti precipitazioni annue e le miti temperature invernali riducono la resistenza dei popolamenti forestali ed esaltano l’attività di patogeni e fitofagi. Emblematico è il caso dell’espansione dell’areale di distribuzione di *Phytophthora cambivora* nei castagneti e, analogamente, della processionaria del pino, il cui areale sta progressivamente espandendosi in latitudine e altitudine, e alle sempre più frequenti infestazioni di scolitidi nei boschi italiani di conifere.

In questa nota vengono presentati alcuni casi fra quelli di maggior interesse per i nostri popolamenti forestali, suddividendoli fra quelli dovuti a organismi recentemente introdotti – considerati invasivi ed in fase di espansione – ed altri potenzialmente dannosi ma non ancora segnalati in Italia o in Europa.

## 2. PARASSITI DI TEMUTA INTRODUZIONE

### 2.1 Funghi

#### – *Ceratocystis fagacearum*

Si tratta di un agente di tracheomicosi indigeno degli Stati Uniti (costa est e Stati del centro) dove colpisce le querce. Nessuna specie americana risulta essere immune. Su tutte le querce del sottogenere *Erytrobalanus* (querce rosse) il decorso della malattia è fulminante con la morte che sopraggiunge entro poche settimane dall’infezione. Sulle querce appartenenti al sottogenere *Lepidobalanus* (*Q. robur*, *Q. petraea*, *Q. suber*, e *Q. ilex*), più resistenti, il decorso è di tipo cronico e comunque non sempre letale. Questo perché la presenza del fungo nello xilema dell’ultimo anello di accrescimento è più limitata rispetto alle querce rosse, pertanto, se la pianta riesce a sopravvivere, l’anello infetto viene compartimentalizzato dalla crescita del nuovo anello e perde gran parte della sua efficacia come fonte d’inoculo.

*C. fagacearum* è un tipico patogeno vascolare che colonizza lo xilema funzionale, si diffonde molto rapidamente all’interno dell’ospite, grazie anche ad un intenso trasporto linfatico delle spore. Morta la pianta, il patogeno colonizza i tessuti sottocorticali dove produce abbondanti stromi miceliari con intenso profumo fruttato (fungal mats) (Figura 1), contenenti endoconidiofori e periteci. La pressione esercitata dagli stromi sulla corteccia determina la formazione di piccole ma evidenti spaccature (Figura 2).

I sintomi in chioma iniziano a manifestarsi in primavera con avvizzimenti molto evidenti (generalizzati sulle querce rosse, settoriali sulle querce bianche), le foglie poi disseccano rapidamente e, alcune di queste possono rimanere attaccate in chioma per lunghi periodi. Il legno colonizzato dal fungo si presenta azzurrato.

La diffusione della malattia a livello locale è molto lenta ed avviene per contatto radicale, raramente per via entomata, ad opera di insetti scolitidi. La diffusione su larga scala è normalmente dovuta al trasporto di legname infetto

non scortecciato. A tal proposito, recenti disposizioni comunitarie (2005/359/CE del 29 aprile 2005) regolano l’importazione e il trattamento di tronchi non scortecciati provenienti dall’America, che possono transitare solo attraverso determinati porti dotati di impianti per il trattamento e l’ispezione delle merci (Venezia, Livorno, Napoli e Salerno). La Direttiva 2006/14/CE posticipa dal 1° marzo 2006 al 1° Gennaio 2009 l’obbligo di ottenere imballaggi da legname scortecciato.

Il potenziale impatto di questa malattia sugli ecosistemi forestali europei sarebbe devastante sia per la mancata coevoluzione tra il patogeno e le specie europee di quercia, sia per la presenza di possibili vettori efficaci (*Scolytus intricatus*).

#### – *Cronartium fusiforme* e *C. quercuum*

Le specie di *Cronartium* a rischio d’introduzione in Europa sono 6 (*Cronartium coleosporioides*, *C. comandrae*, *C. comptoniae*, *C. fusiforme*, *C. himalayense*, *C. quercuum*). Tra queste particolare attenzione meritano *C. fusiforme* e *C. quercuum*, entrambe ruggini macrocicliche con importanti ospiti primari appartenenti al genere *Fagaceae* e ospiti secondari appartenenti al genere *Pinus*.

Il *Cronartium fusiforme* è segnalato in diversi Stati della costa est degli Stati Uniti dove colpisce il sottogenere *Erytrobalanus* (querce rosse) ed il castagno americano (ospiti primari), mentre infetta, come ospiti secondari, molte specie di pini americani oltre al *P. pinea*, al pino d’Aleppo, nero, mugo e marittimo. Il silvestre non è riportato tra le specie suscettibili.

Spermogoni ed ecidiosori compaiono sui pini in primavera ed inizio estate dopo un lungo periodo di incubazione (da uno a più anni dopo l’infezione). Le ecidiospore sono disseminate dal vento su lunghe e lunghissime distanze ed infettano l’ospite primario mentre i teleutosori compaiono a tarda estate. Le infezioni dei pini ad opera delle basidiospore avvengono in estate o autunno sugli aghi dell’anno (generalmente entro 1,5 km di distanza). Le infezioni su piante adulte si evolvono in cancri con crescita di circa 7-12 cm/anno che possono determinare disseccamento o rottura del cimale mentre le infezioni su giovani piantine determinano la comparsa di scopazzi. Su querce e castagni l’infezione si manifesta sotto forma di necrosi fogliari.

Il potenziale rischio d’introduzione in Europa sarebbe rappresentato dalle infezioni urediche e teleutiche su specie di querce e castagni di cui non si conosce la suscettibilità. Per quanto riguarda la modalità di introduzione, più concreto sembra il rischio di importazione di materiale infetto asintomatico (come avvenne per il *C. ribicola*). Poco probabile sembra essere la diffusione intercontinentale mediante disseminazione anemofila delle ecidiospore. Quindi la miglior forma di prevenzione è la quantena post-entrata per i pini e l’importazione di querce e castagni in dormienza (senza foglie).

Il *Cronartium quercuum* è presente in tutto il continente nord americano, in centro America e in Asia (Cina, India, Giappone e Corea). Ospiti primari sono ancora castagno e querce (soprattutto la quercia rossa) mentre ospiti secondari sono molte specie di pini americani oltre al pino silvestre e al pino nero.

Il ciclo biologico di questa ruggine, i sintomi sui diversi ospiti e le modalità di un’eventuale introduzione sono molto simili a quelli sopradescritti del *C. fusiforme*.

– *Ophiostoma wageneri*

Importante agente di tracheomicosi, segnalato negli Stati Uniti (Stati della costa occidentale) e in Canada. *O. wageneri* è la forma teleomorfa mentre l'anamorfo afferisce a *Leptographium wageneri* e conta 3 varietà che colpiscono diverse specie di pino e *Pseudotsuga menziesii*. In Europa e nell'area mediterranea le specie potenzialmente a rischio potrebbero essere *Pinus sylvestris* e *P. contorta*.

I sintomi sono microfillia, ingiallimento e caduta anticipata degli aghi. Talvolta la pianta geme resina nella parte basale del tronco. Il legno colonizzato dall'agente di tracheomicosi si presenta azzurrato con evidenti venature scure determinate dall'intensa pigmentazione delle ife del fungo (Figura 3).

Giovani piante e semenzali vengono uccisi nell'arco di poche settimane dall'infezione mentre piante adulte possono soccombere entro due anni.

In foresta si possono osservare centri d'infezione che si allargano a macchia d'olio grazie alla sorprendente capacità di questo fungo di crescere liberamente nel terreno e quindi di passare da una radice infetta ad una sana, di una pianta vicina, senza che vi sia necessariamente contatto radicale. La diffusione su larga scala è invece garantita da scolitidi (*Hylaster* spp.) e da insetti del genere *Pissodes* e *Steremnius*.

La modalità d'introduzione più probabile in Europa è rappresentata dal commercio di piantine infette mentre poco probabile sembra essere l'introduzione mediante trasporto di legname. Il rischio che questa malattia possa essere causa di un'epidemia in Europa è legato sia alle attuali condizioni climatiche sia alla presenza di un potenziale vettore europeo appartenente sempre al genere *Hylaster*.

## 2.2 Insetti

Il commercio di prodotti dalle regioni intertropicali sembra per ora avere scarse ricadute sulle possibilità di introduzione di organismi alloigeni, soprattutto grazie ai rigori invernali del nostro Paese in grado di ridurre i rischi di acclimatazione di parassiti provenienti da climi caldi; il cambiamento climatico in corso potrà però forse mutare l'assetto di questo delicato equilibrio. Il costante monitoraggio del territorio e il controllo del materiale vegetale proveniente da Paesi posti a latitudini simili a quelle italiane è tuttavia di fondamentale importanza per una tempestiva segnalazione ed intercettazione di specie esotiche di temuta introduzione. Fra queste non vi sono solo funghi ed insetti ma anche altri organismi, quali i nematodi, in grado di provocare seri danni alle foreste italiane.

Al riguardo, il nematode neartico *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda Aphelenchoididae), coinvolto in quello che viene definito "pine decline", sta provocando estese morie di pini sia nel continente americano sia in Asia, dove è stato introdotto attraverso piante o legname infestato. In Europa, registrato come organismo da quarantena, *B. xylophilus* è stato intercettato numerose volte in imballaggi di legno grezzo provenienti dal nord-America e dalla Cina, finché nel 1999 è stato rinvenuto in Portogallo in pinete di pino marittimo. *Bursaphelenchus xylophilus* svolge il suo ciclo vitale a carico dei tessuti legnosi della pianta ospite. Nell'ambiente si diffonde invece grazie a cerambicidi del genere *Monochamus*, che prevedono un ciclo di sviluppo altalenante fra piante deperienti e piante sane. Durante

l'estate i *Monochamus* depongono le uova sotto la corteccia di piante deperienti perché infette dal nematode. Nell'anno successivo, le larve ormai mature affrontano la metamorfosi durante la quale le pupe vengono invase dal nematode che penetra al loro interno attraverso gli spiracoli tracheali. I nuovi adulti sfarfallati si spostano poi alla ricerca di piante sane e vigorose dove compiere delle morsicature di maturazione svolte a carico di germogli e rametti. In quel momento parte dei nematodi abbandona il vettore per penetrare nella nuova pianta ospite, che inizierà a debilitarsi e nel giro di pochi mesi diverrà idonea ad accogliere il cerambicide in fase riproduttiva. L'azione combinata di insetto e nematode determina una progressiva sofferenza vegetativa con appassimento e ingiallimento degli aghi che rapidamente evolve portando a morte l'albero. Elevate temperature estive associate a stress idrici e nutrizionali favoriscono la rapida moltiplicazione del nematode il cui effetto sull'ospite risulta devastante.

Fra gli insetti, il coleottero buprestide *Agrilus planipennis* (Coleoptera Buprestidae) riveste indubbiamente un posto di primo piano fra le specie di temuta introduzione. Si tratta di un parassita di origine asiatica, dal 2002 introdotto anche in Canada e Stati Uniti, che vive a carico di varie specie del genere *Fraxinus*, sebbene segnalato occasionalmente anche su *Juglans*, *Pterocarya* e *Ulmus*. L'insetto è particolarmente temuto in quanto capace di attaccare piante di diversa età, poste in diverse condizioni vegetative e in varie situazioni ecologiche, aggredendo anche piante vigorose. Le uova sono deposte individualmente in primavera all'interno di fratture corticali. Per tutta l'estate le larve scavano nel cambio lunghe gallerie serpentine che in poche settimane inducono un progressivo ingiallimento e impoverimento del fogliame, morte di branche, deperimento diffuso e infine morte dell'intera pianta. Gli adulti sfarfallati nella primavera successiva vivono tra le chiome delle piante ospiti nutrendosi di fogliame (Figura 4). La diffusione della specie su grandi distanze avviene grazie al commercio di giovani piante utilizzate in piantagioni, e di prodotti legnosi freschi e non scortecciati. L'ampia coltivazione e presenza in Europa di specie del genere *Fraxinus*, utilizzate sia a fini forestali che ornamentali, comporta un alto rischio di infestazione derivante dalla possibile introduzione di questo insetto.

Negli ultimi anni, almeno 12 specie esotiche di coleotteri scolitidi (Coleoptera Scolytidae) si sono acclimate nel nostro paese, circa il 10% della fauna italiana. La polifagia di molti generi, come gli americani *Pseudopityophthorus* a carico di latifoglie o i numerosi *Ips* e *Dendroctonus* su conifere, le piccole o piccolissime dimensioni di molte specie – gli *Pseudopityophthorus* raggiungono a stento i 2 mm – e il loro sviluppo sottocorticale aumentano le possibilità di diffusione passiva e rendono difficile il loro rinvenimento durante le ispezioni doganali. Il rischio di introduzione è inoltre aggravato dalla ormai dimostrata capacità di molti scolitidi di trasmettere funghi patogeni, come nel caso degli *Pseudopityophthorus* vettori di *Ceratocystis fagacearum*.

Pericoli possono infine arrivare anche da altri gruppi di insetti forestali, quali i defogliatori. Benché in genere la loro azione non determini direttamente la morte della pianta, la continua privazione degli organi fotosintetizzanti indebolisce progressivamente gli alberi, riducendo la produzione di legno ed esponendoli all'attacco di parassiti cosid-

detti secondari, quali appunto gli xilofagi. Anche in questo caso sono numerose le specie per le quali si teme una prosima introduzione, come ad esempio *Dendrolimus sibiricus* e *Orgyia pseudotsugata* polifagi su conifere o *Malacosoma disstria* e *M. americanum* polifaghe su latifoglie.

### 2.3 Fanerogame

Tra le specie invasive di temuta introduzione un'attenzione particolare merita il genere *Archeutobium* che comprende un gran numero di specie esotiche dei cosiddetti vischi nani delle conifere. Negli USA (costa ovest) e in Messico sono presenti 10 specie che parassitizzano *Abies*, *Picea*, *Pseudotsuga*, *Tsuga* e *Pinus*. Solo alcune sono specie-specifiche mentre la maggior parte ha un ampio spettro di ospiti (Anselmi, 1992). In Europa Centro meridionale è per ora segnalato solo *A. oxycedri* su ginepro comune. Da metà estate al tardo autunno i semi vengono espulsi dalle bacche mature fino a 15 metri di distanza. Gli uccelli invece sono responsabili della diffusione delle infezioni su vasta scala. I semi aderiscono alle foglie e alle gemme. Qui svernano oppure germinano immediatamente. Dopo l'infezione dell'ospite la porzione di seme esterna cade ed ha inizio la fase interna del processo infettivo che può durare anche più di un anno. I danni su conifere sono dovuti ad una forte riduzione di crescita, minore produzione di seme, danni tecnologici al legno e talvolta morte.

## 3. NUOVI PARASSITI SEGNALATI IN ITALIA

### 3.1 Funghi

#### – *Phytophthora ramorum*

Si tratta di un organismo inserito nella Alert list EPPO, quindi già presente in alcune nazioni europee, ma di cui si sta valutando la reale pericolosità. Lo spettro d'ospiti di questa *Phytophthora* aerea è molto vasto: negli Stati Uniti è presente su *Lithocarpus densiflorus*, *Quercus agrifolia*, *Q. kelloggii*, *Q. parvula* var. *shrevei*, *Vaccinium ovatum*, *Rhododendron* spp., *Sequoia sempervirens* e *Pseudotsuga menziesii*; in Europa è stata finora segnalata su specie ornamentali in vivaio (*Rhododendron* spp., *Viburnum* spp., *Arbutus*, *Camelia*) e su specie arboree in parchi e giardini (*Quercus falcata*, *Q. Ilex*, *Q. cerris*, *Castanea sativa*, *Aesculus hippocastanum*, *Q. rubra*, *Fagus sylvatica*) (Giltrap *et al.*, 2007; Herrero *et al.*, 2006).

È conosciuta come agente della morte improvvisa delle querce (Sudden Oak Death).

Le sue infezioni sono aeree, i sintomi sono molto simili tra le diverse specie arboree ed arbustive colpite: su *Lithocarpus densiflorus* si osserva dapprima un avvizzimento dei getti, le foglie più vecchie iniziano ad ingiallire e, nell'arco di 2-3 settimane, imbruniscono. Sul tronco, fino ad alcuni metri in altezza, si osservano gemiture di liquido rosso-bruno sul tronco in corrispondenza di cancretti sottocorticali.

L'infezione e la diffusione nell'ambiente avvengono tramite zoospore e clamidospore trasportate dal vento in minuscole goccioline d'acqua o tramite trasporto di materiale vegetale o suolo infetti.

Non è ancora stata definita la gravità del possibile passaggio di questa *Phytophthora* dall'ambiente vivaistico e ornamentale ai boschi planiziali di querce o alle faggete. Tuttavia, considerata lo stato di declino in cui si trovano le

querce in Europa, l'avvento di questo parassita potrebbe avere un impatto importante sulla composizione vegetazionale dei nostri boschi di latifoglie.

#### – *Heterobasidion annosum* ISG P nord americano

Agente di marciume radicale e di carie del fusto delle conifere, in Italia è presente con tutte e tre le specie Eurasiatiche (*H. annosum* sensu stricto, *H. parviporum* e *H. abietinum*) e il loro areale di distribuzione è ormai ben noto (Capretti *et al.*, 1994; Capretti, 1998). Nel 2004, però, in alcuni centri di mortalità di pino domestico (*Pinus pinea* L.) nella Tenuta Presidenziale di Castelporziano venne segnalata la presenza di individui del gruppo intersterile (ISG) P nordamericano del fungo (Gonthier *et al.*, 2004). La segnalazione assume una certa rilevanza non solo perché le specie di *H. annosum*, tutte patogene, sono causa di alcune tra le più dannose malattie di conifere a livello globale, ma anche per via della modalità di introduzione e della particolare biologia di invasione.

L'introduzione è stata datata al 1944, associandola al trasporto di cassetame, costruito con legno infetto, da parte di alcune divisioni della V armata USA, che occuparono quei luoghi durante la seconda guerra mondiale. L'analisi filogenetica delle sequenze di quattro diversi loci genetici non solo dimostrò che gli individui di Castelporziano appartenevano alla specie nordamericana ISG P ma ne restrinse inoltre l'origine ad alcune regioni degli Stati Uniti sud orientali (Gonthier *et al.*, 2004; Warner *et al.*, 2005).

È noto che non tutti gli organismi esotici sono invasivi, anzi, solamente una piccola parte di essi riesce ad affermarsi e una parte ancor più piccola riesce a diffondersi nel nuovo habitat (Vander Zanden, 2005). La specie esotica nordamericana di *Heterobasidion* in Italia non si è solo affermata localmente ma si è già diffusa in un'area di circa 100 km di costa laziale (D'Amico *et al.*, 2007; Gonthier *et al.*, 2007). I dati raccolti indicano che la specie si è diffusa ad una velocità di circa 1,5 chilometri l'anno, invadendo sia foreste dove la specie autoctona *H. annosum sensu stricto* era già presente sia foreste dove questa era assente o presente ma in modo sporadico. A giudicare dalla concentrazione di spore nell'aria, la specie esotica sembra ben adattata e ancor più competitiva di quella autoctona negli ecosistemi forestali dell'Italia centrale e, attualmente, è la specie di *Heterobasidion* dominante nel suo areale di invasione (Gonthier *et al.*, 2007). La specie esotica si è inoltre ibridata naturalmente con la specie eurasiatica *H. annosum sensu stricto*. Tuttavia, l'entità dei fenomeni di ibridazione in natura tra le due specie, così come le possibili conseguenze rimangono in gran parte ignote.

Pur non essendo al momento in grado di poter fare previsioni circa l'evoluzione dell'invasione di questo parassita, soprattutto verso le foreste di abete bianco e di douglasia dell'Appennino toscano e circa la capacità dell'ibrido generatosi in natura di affermarsi e di competere, la presenza nel nostro Paese di questa nuova specie impone grande attenzione nello studio dell'impatto di questo organismo sugli ecosistemi forestali italiani e dei connessi aspetti epidemiologici.

#### – *Fusarium circinatum*

Segnalato per la prima volta in Italia nel 2007 in Puglia, nei pressi di Foggia, (Carlucci *et al.*, 2007), Il *Fusarium circinatum* è una specie patogena che ha come ospiti principali alcune specie del genere *Pinus* tra le quali *Pinus radiata*, *Pinus halepensis* e *Pinus pinea*.

Il patogeno conosciuto come *Giberella circinata*, forma anamorfa *Fusarium circinatum* (in passato *Fusarium subglutinans* f. sp. *pini*), è originario del continente americano, probabilmente della California, da dove si è diffuso inizialmente verso Sud Africa, Iraq e Giappone per poi giungere in Europa attraverso la Spagna.

*Giberella circinata* potrebbe rappresentare un serio problema sia per i boschi naturali o d'impianto sia per i vivai, dato che porta inevitabilmente a morte le piante. Attualmente non si conoscono rimedi se non la distruzione dei focolai e del materiale infetto.

Il patogeno causa copiose resinazioni sulla superfici legnose colpite (getti, rami, tronco e radici fuori terra). Gli aghi virano velocemente di colore passando da giallo a rosso per poi disseccare e cadere. La morte della pianta si manifesta con il disseccamento progressivo della chioma. In vivaio, la malattia causa danni all'apparato radicale delle giovani plantule. Il patogeno può essere veicolato da insetti del genere *Ips* e *Pityophthorus* (<http://meta.arsia.toscana.it/>).

### 3.2 Insetti

Numerosi sono gli insetti di recente introduzione che stanno causando seri problemi selvicolturali in diversi ambienti. In ambiente urbano, l'incalzante diffusione in Italia settentrionale del cerambicide asiatico *Anoplophora chinensis* (Coleoptera Cerambycidae) (Figura 5), assai simile all'affine *A. glabripennis*, sta ad esempio ponendo gravi problemi di pubblica incolumità. L'estrema polifagia di tale specie a carico di svariate latifoglie facilita la diffusione del parassita, ne riduce le possibilità di eradicazione e accresce in modo esponenziale il rischio di danni a cose e persone. Le larve scavano infatti profonde gallerie alla base del fusto e nelle radici affioranti, causando in pochi anni il progressivo deperimento della pianta e la sua morte, accompagnata da gravi alterazioni della stabilità dell'albero. L'introduzione in Italia avvenuta da circa 10 anni sembra probabilmente legata all'importazione di materiale vegetale infestato proveniente dalla Cina, in particolare imballaggi lignei non trattati e bonsai. Nonostante i notevoli sforzi compiuti nel tentativo di limitare la diffusione del parassita, la sua eradicazione presenta numerosi problemi principalmente legati allo sviluppo delle larve nelle ceppaie e nelle radici, materiale di difficile bonifica. Fortunatamente per ora non vi sono segnalazioni di infestazioni in foresta.

Anche in Italia centro-meridionale un grave problema affligge l'ambiente urbano: il grosso e colorato punteruolo delle palme, *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera Curculionidae). La specie, originaria dell'Asia meridionale, è stata introdotta per la prima volta in Italia nel 2005 dove si è rapidamente diffusa in molte regioni tirreniche e ioniche a carico delle palme ornamentali, *Phoenix canariensis* e *Ph. dactylifera*. L'insetto si sviluppa all'interno del fusto della palma, dove compie l'intero ciclo vitale. L'infestazione è riconoscibile dal caratteristico aspetto della chioma che appare divaricata "ad ombrello aperto". Benché le larve di *R. ferrugineus* coprano circa il 30% del fabbisogno proteico di alcune popolazioni della Nuova Guinea, ad oggi gli insetti non rientrano nella dieta delle genti europee, rendendo di fatto il punteruolo delle palme solo l'ennesimo dannoso parassita esotico. L'eradicazione della specie dal territorio italiano non sembra ormai più proponibile; le azioni da intraprendere dovranno quindi

essere finalizzate al contenimento dei danni e alla riduzione dell'espansione verso aree non ancora infestate.

Anche le foreste sono interessate dall'arrivo di parassiti da altri continenti. L'ormai nota *Corythucha ciliata*, il tingide del platano introdotto in Italia alla fine degli anni '60, è stata ad esempio raggiunta dalla congenera *Corythucha arcuata* (Heteroptera Tingidae), il tingide americano della quercia. La specie, assai simile nella biologia e morfologia al tingide del platano, fu segnalata per la prima volta in Europa nel 2000, in provincia di Milano, nei pressi dell'aeroporto di Malpensa. Da allora si è lentamente ma costantemente diffusa in molte province lombarde e del vicino Piemonte a carico di farnia, rovere e roverella. L'insetto si insedia sulla pagina inferiore del lembo fogliare dove, nutrendosi a carico dei contenuti cellulari, determina il progressivo disseccamento della foglia e la conseguente filloptosi anticipata. La sua azione contribuisce quindi a peggiorare ed accelerare il tanto temuto deperimento delle querce. Nella primavera del 2007 *C. arcuata* è stata segnalata anche in Veneto e Friuli Venezia Giulia.

Dopo le drammatiche vicende imposte dal diffondersi di più o meno aggressivi ceppi di funghi patogeni, la castanicoltura da frutto – lentamente ritornata ai passati livelli di qualità e produzione – è oggi nuovamente minata dalla perniciosa introduzione del piccolo imenottero galligeno *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera Cynipidae). Questo cinipide, originario della Cina, ha fatto la sua comparsa per la prima volta in Europa nel 2002 in un'area pedemontana in provincia di Cuneo, da dove ha progressivamente invaso molte regioni italiane attraverso il commercio di materiale vivaistico, con prevedibili danni sia agli impianti di produzione sia alle formazioni naturali di castagno (ad oggi è presente anche in varie località dell'Appennino toscano emiliano e nel viterbese). *Dryocosmus kuriphilus* provoca la formazione di galle fogliari – all'interno delle quali si nutrono e sviluppano le larve (Figura 6) – che determinano l'arresto dello sviluppo vegetativo delle parti colpite e quindi la riduzione della fruttificazione dovuta alla mancata o ridotta fioritura. Forti infestazioni diradano la chioma riducendo la vigoria delle piante, ma solo raramente ne causano la morte. Anche in questo caso l'eradicazione della specie sembra oramai un obiettivo improponibile; esperimenti preliminari di controllo biologico condotti mediante l'uso di nemici naturali introdotti dai paesi d'origine hanno tuttavia fornito risultati estremamente incoraggianti nella limitazione dei danni causati da questo nuovo parassita del castagno.

Dal 2000 numerosi impianti da legno dell'Italia centrale soffrono crescenti danni dovuti al diffondersi del platipodide sudamericano *Megaplatypus mutatus* (= *Platypus sulcatus*) (Coleoptera Platypodidae), polifago su latifoglie arboree da legno (*Eucalyptus*, *Populus*, *Quercus*, *Robinia*, *Ulmus*, *Acer*, *Fraxinus*), da frutto (*Citrus*, *Prunus*, *Pyrus*, *Malus*, *Corylus*) e ornamentali (*Laurus*, *Magnolia*, *Platanus*, *Tilia*, *Salix*). Gli adulti sono parassiti primari, infestando tronchi di alberi sani e vigorosi entro i quali – a circa 4 m da terra – ovidepongono in gallerie di circa 3 mm di diametro. Le larve sono micetofaghe, nutrendosi di funghi simbionti introdotti nell'albero dagli adulti. Il ciclo di sviluppo è annuale, e l'insetto sverna allo stadio larvale. L'azione dell'insetto non determina direttamente la morte della pianta, ma la presenza di centinaia di gallerie poste alla stessa altezza aumenta il rischio di stroncature da vento. In Italia si sono registrati

gravi danni sulle colture industriali di *Populus* (in particolare *P. deltoides*). La qualità del legno inoltre peggiora per la presenza dei funghi simbionti cromogeni che “macchiano” il legno. Sebbene sulle brevi distanze gli adulti possono garantire la dispersione della specie, su grandi distanze il materiale vivaistico e i prodotti legnosi semilavorati provenienti da paesi di origine dell’insetto rappresentano le più efficaci vie di disseminazione.

#### 4. CONCLUSIONI

La gestione delle emergenze fitosanitarie implica in primo luogo la valutazione del potenziale rischio (PRA: “Pest Risk Analysis”) che comprende la conoscenza delle specie aliene, della loro biologia e delle possibili vie d’ingresso (pathways) (Accademia dei Georgofili, 2005). Un approccio scientifico al PRA dovrebbe anche includere una serie di analisi relative alle condizioni ambientali delle aree ritenute a rischio di nuove introduzioni, e ai fenomeni legati al cambiamento climatico e dei suoi effetti sia sulle specie di recente o temuta introduzione sia sui loro potenziali antagonisti.

Escludendo l’ingresso di specie aliene attraverso percorsi naturali, molta attenzione andrebbe dedicata al controllo delle “introduzioni non intenzionali” attraverso il materiale da imballaggio e il commercio di specie ornamentali, ma anche tramite i flussi turistici. Sotto questo aspetto, risultati positivi a livello preventivo si otterrebbero anche attraverso una massiccia opera di informazione e di sensibilizzazione negli stessi aeroporti turistici e presso le associazioni di categoria maggiormente coinvolte nel commercio di materiale “a rischio”. Peraltro è ormai noto che alcune specie aliene prediligono il mezzo aereo per la loro diffusione, come il cimicione nord americano delle conifere introdotto nel nord Italia (Bernardinelli e Zandigiacomo, 2001).

Le misure da intraprendere per la salvaguardia dei popolamenti forestali da nuovi rischi comprendono in primo luogo il potenziamento e il coordinamento dell’attività di monitoraggio delle foreste, attività purtroppo finora svolta solo a livello regionale o locale. L’applicazione delle normative che regolano l’importazione/esportazione da Paesi terzi (cer-

tificazione del materiale, rispetto dei materiali e delle aree di quarantena, tracciabilità dei prodotti e degli imballi), in particolare in riferimento a materiale vivaistico e ai materiali da imballaggio provenienti da latitudini simili a quelle italiane, rappresenta un altro punto fondamentale della prevenzione delle invasioni biologiche. Da ciò emerge la necessità di introdurre sostanziali modifiche in molte delle attuali pratiche commerciali, e di promuovere un adeguamento dei controlli fitosanitari a livello comunitario. Il tutto è comunque sempre finalizzato ad una intercettazione quanto più rapida possibile delle specie esotiche di insetti e patogeni forestali che quotidianamente premono sulle nostre frontiere.

In alcuni casi tali specie riescono tuttavia ad insediarsi sul territorio. Anche in queste situazioni la precoce segnalazione delle infestazioni rappresenta l’unica possibilità per il successo dei programmi di eradicazione. A tal fine risultano indispensabili specifiche conoscenze relative alla corretta classificazione dell’organismo, alla sua bioecologia, all’attuale distribuzione geografica e al potenziale insediamento e diffusione, anche in relazione alle condizioni ambientali e climatiche. Nel caso di scoperta tardiva dell’arrivo di nuove specie dannose una possibilità di intervento è quella di assecondare l’azione della natura, sostituendo ove possibile, temporaneamente o permanentemente, la specie ospite colpita; questo è ciò che stato fatto in passato con il castagno colpito da cancro e sostituito con douglasia, robinia e altre specie. Esistono comunque altre opzioni – che tuttavia richiedono degli investimenti nel campo della ricerca – come l’individuazione di elementi di resilienza e di resistenza da sviluppare attraverso incroci, come è stato fatto per cipressi e olmi (Moriondo, 1998), o un’accurata gestione della rinnovazione spontanea. Ogni esperimento ed ogni attività andrà comunque valutata alla luce di un confronto aperto e costruttivo fra ricercatori, studiosi e gestori del patrimonio forestale. Solo in questi modi sarà possibile procedere con mirati tentativi di eradicazione o specifici interventi di controllo, e alla valutazione del potenziale impatto economico e sociale derivato dall’acclimatazione di specie esotiche.

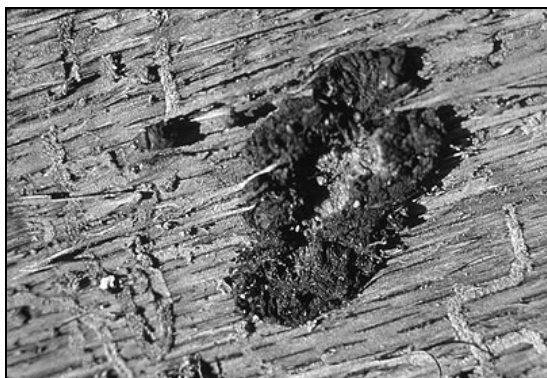


Figura 1. Stroma miceliare di *C. fagacearum* sotto la corteccia di una *Quercus coccinea* colpita (C.E. Seliskar (US)).

Figure 1. Mature mycelial mat of *C. fagacearum* just under the bark of a wilted *Quercus coccinea* tree (C.E. Seliskar (US)).

Figure 1. Stroma mycélien de *C. fagacearum* au-dessous de l’écorce d’une chêne attachée (C.E. Seliskar (US)).



Figura 2. Cancri corticali da *C. fagacearum* su quercia (EPPO).

Figure 2. Opening bark by *C. fagacearum* on oak (EPPO).

Figure 2. Chancre cortical d’une chêne infectée par *C. fagacearum* (EPPO).



Figura 3. Fiammature del legno e azzurrimento su tronco di pino colpito da *Ophiostoma wagneri* (da Forestry Images).  
 Figure 3. Wood blue staining caused by the dark hyphae of *Ophiostoma wagneri* (from Forestry Images).  
 Figure 3. Bleuissement du bois du pin infecté par les hyphes de *Ophiostoma wagneri* (Forestry Images).



Figura 4. Adulto del coleottero buprestide *Agrilus planipennis* (Coleoptera Buprestidae). Foto di David Cappaert, Michigan State University, United States, Bugwood.org.  
 Figure 4. Adult of the “Emerald Ash Borer” *Agrilus planipennis* (Coleoptera Buprestidae). Image by David Cappaert, Michigan State University, United States, Bugwood.org.  
 Figure 4. Adulte de *Agrilus planipennis* (Coleoptera Buprestidae). Photo de David Cappaert, Michigan State University, United States, Bugwood.org.

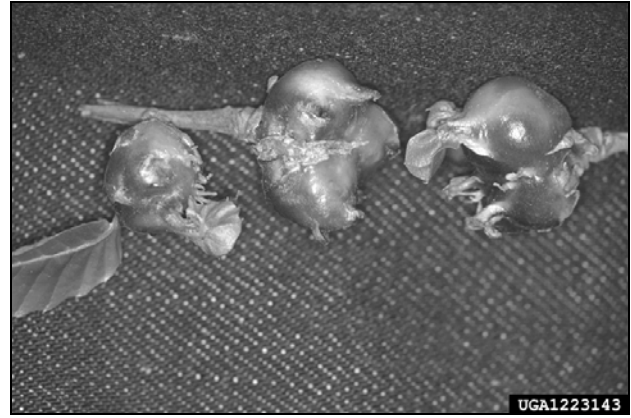


Figura 5. Adulto di *Anoplophora chinensis* (Coleoptera Cerambycidae). Foto di Art Wagner, USDA APHIS PPQ, Washington State Department of Agriculture Archive, United States, Bugwood.org.  
 Figure 5. Adult of the “Citrus Long-Horned Beetle” *Anoplophora chinensis* (Coleoptera Cerambycidae). Image by Art Wagner, USDA APHIS PPQ, Washington State Department of Agriculture Archive, United States, Bugwood.org.  
 Figure 5. Adulte de *Anoplophora chinensis* (Coleoptera Cerambycidae). Photo de Art Wagner, USDA APHIS PPQ, Washington State Department of Agriculture Archive, United States, Bugwood.org.



Figura 6. Galle di *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera Cynipidae) su germogli di castagno. Foto di Jerry A. Payne, USDA Agricultural Research Service, United States, Bugwood.org.  
 Figure 6. Galls of the “Oriental Chestnut Gall Wasp” *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera Cynipidae). Image by Jerry A. Payne, USDA Agricultural Research Service, United States, Bugwood.org.  
 Figure 6. Galles de *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera Cynipidae) au niveau des jeunes rameaux de châtaignier. Photo de Jerry A. Payne, USDA Agricultural Research Service, United States, Bugwood.org.

## SUMMARY

### ALIEN PARASITES, INTRODUCTION RISK, PHYTOSANITARY EMERGENCIES AND THEIR MANAGEMENT

Both the introduction and spread of dangerous pests and diseases (plant quarantine) and global change are responsible for increasing risks of biological invasions. Variation in the climatic conditions can also increase fungus pathogenicity and host susceptibility or it can modify pathogen and pest distribution and natural history.

This is, for instance, the case of *Phytophthora* spp.

outbreak in the chestnut forests and pine processionary moth. The best-known cases of past introduction of alien species concern the Chestnut blight, that wiped out the American Chestnut, the Dutch Elm Disease in both Europe and North America, the Canker stain of Plane and, most recently (2001), the Sudden Oak Death due to *Phytophthora ramorum*. Very recent is also the report of the introduction of an ISG P North American population of *Heterobasidion annosum*. The exotic root rot agent was introduced in Italy in 1944 during the WW II and hybridized with the indigenous species.

Recent introductions of forest pests concern *Corythucha arcuata* on oaks, *Dryocosmus kuriphilus* on chestnut,

*Rhynchophorus ferrugineus* on palms, *Anoplophora chinensis* and *Megaplatypus mutatus* polyphagous on broadleaves.

The most dangerous fungi and pests listed as quarantine forest parasites in Italy [A1 EPPO quarantine list and D.L. 214/2005] include the oak and chestnut wilt caused by *Ceratocystis fagacearum*, the pine rusts *Cronartium fusiforme* and *C. quercuum*, the black stain root disease by *Ophiostoma wagneri* on pines and the nematode *Bursaphelenchus xylophilus* on pines, some defoliators (*Dendrolimus sibiricus*, *Malacosoma disstria*, *M. americanum* and *Orgyia pseudotsugata*), some bark beetle species of the genus *Pseudopityophthorus*, *Ips* and *Dendroctonus*, and the Jewel beetle *Agrilus planipennis*.

Among the hemiparasites phanerogams, the introduction of the dwarf mistletoes North American species (*Arceuthobium* spp.) could represent a serious risk for many conifers, causing witches' brooms, growth rate reduction, top dieback and even death.

## RÉSUMÉ

### ESPECES INVASIVES, RISQUES DE NOUVELLES INTRODUCTIONS ET AMENAGEMENT DES EMERGENCES

L'introduction d'espèces invasives et les changements climatiques sont en train de produire une augmentation des émergences phytosanitaires en forêt. Quelques parasites, conditionnés par des facteurs environnementaux qui exaltent leur agressivité et en même temps affaiblissent les arbres, modifient leurs aires de diffusion et leurs cycles biologiques. Assez emblématiques sont les cas de *Phytophthora* spp. dans les châtaigniers et de la chenille processionnaire du pin sur les conifères.

Pour ce qui concerne l'introduction de pathogènes exotiques, le passé est riche d'exemples, voire les agents du chancre du châtaigner, de la graphiose de l'orme, du chancre du platane et, plus récemment (2001), de *Phytophthora ramorum*, agent de la mort brutale du chêne. Très récente est aussi la nouvelle de l'introduction de souches nord-américaines de l'agent de pourridié des racines *Heterobasidion annosum*. Ce champignon exotique, introduit en 1944, a colonisé les pinèdes côtières de l'Italie centrale où il a réussi à s'hybrider avec une des espèces natives de *Heterobasidion*. Pour ce qui est des insectes exotiques, il faut rappeler les récentes introductions de phytophages comme *Corythucha arcuata* sur le chêne, *Dryocosmus kuriphilus* sur le châtaigner et les coléoptères *Rhynchophorus ferrugineus* sur la palme et *Anoplophora chinensis* et *Megaplatypus mutatus* sur feuillues.

Parmi les parasites dont l'on craint l'introduction en Europe et Italie [liste de quarantaine EPPO (A1) et D.L. 214/2005], il faut rappeler l'agent de maladie vasculaire *Ceratocystis fagacearum* (sur chêne et châtaigner), les rouilles des pins *Cronartium fusiforme* et *C. quercuum*, *Ophiostoma wagneri*, agent de trachéomycose, et le nématode *Bursaphelenchus xylophilus*. Parmi les insectes, l'on craint surtout l'introduction de lépidoptères ravageurs (*Dendrolimus sibiricus*, *Malacosoma disstria*, *M. americanum* et *Orgyia pseudotsugata*), de quelques scolytes (*Pseudopityophthorus*, *Ips* et *Dendroctonus*) et du bupreste *Agrilus planipennis*.

Parmi les phanérogames hémiparasites, l'introduction des espèces nord américaines du gui nain (*Arceuthobium* spp.) peut représenter un risque grave pour beaucoup des conifères sur les quelles ils causent déformations permanentes et dessèchement des sommet des chevelures, jusqu'à la mort.

## BIBLIOGRAFIA

- Accademia dei Georgofili, 2005 - *Parassiti e patogeni a rischio di introduzione e di quarantena*. I Georgofili, Quaderni 2004-IV, Società Editrice Fiorentina, 160 pp.
- Anselmi N., 1992 - *Agenti patogeni di piante forestali osservati in Nord America. Quale rischio per l'Italia?* Annali dell'Accademia Italiana di Scienze forestali, 73: 343-370.
- Bernardinelli I., Zandigiacomo P., 2001 - *Leptoglossus occidentalis Heidemann (Heteroptera, Coreidae): a Conifer seed bug recently found in northern Italy*. J. Forest Science, 47 (n. spec. 2): 56-58.
- Brasier C.M., Cooke D.E.L., Dunkan J.M., 1999 - *Origin of a new Phytophthora pathogen through interspecific hybridization*. Proc. of the National Academy of Science of USA. 96: 5878-5883.
- Carlucci A., Colatruglio L., Frisullo S., 2007 - *First Report of Pitch Canker Caused by Fusarium circinatum on Pinus halepensis and P. pinea in Apulia (Southern Italy)*. Plant Disease, 91 (12): 1683.
- Capretti P., 1998 - *Italy*. In: *Heterobasidion annosum: Biology, Ecology, Impact and Control*. Woodward S., Stenlid J., Karjalainen R., Hüttermann A. (eds), CAB International, Wallingford, p. 377-385.
- Capretti P., Goggioli V., Mugnai L., 1994 - *Intersterility groups of Heterobasidion annosum in Italy: distribution, hosts and pathogenicity tests*. In: Johansson M., Stenlid J., eds., Proc. 8th IUFRO Conference on Root and Butt Rots. Sweden/Finland, August 1993. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden, p. 218-226.
- D'Amico L., Motta E., Annesi T., Scirè M., Luchi N., Hantula J., Korhonen K., Capretti P., 2007 - *The North American P group of Heterobasidion annosum is widely distributed in Pinus pinea forests of the western coast of central Italy*. Forest Pathology, 37 (5): 303-320.
- Evans H., Oszako T. (eds), 2007 - *Alien Invasive Species and International Trade*. Forest Research Institute, Warsaw. ISBN 978-83-87647-64-3, 179 pp.
- Giltrap P.M., Hugues K.J.D., Barton V.C., Hobden E., Barber P., Izzard K., 2007 - *Phytophthora ramorum on three new hosts detected using on-site diagnostics*. Plant Pathology, 56 (4): 728.
- Gonthier P., 2006 - *Prima segnalazione di una specie di Homobasidiomycetes di origine nearctica introdotta in Europa*. Micologia Italiana, 35 (1): 16-24.
- Gonthier P., Nicolotti G., Linzer R., Guglielmo F., Garbelotto M., 2007 - *Invasion of European pine stands by a North American forest pathogen and its hybridization with a native interfertile taxon*. Molecular Ecology, 16 (7): 1389-1400.
- Gonthier P., Warner R., Nicolotti G., Mazzaglia A., Garbelotto M.M., 2004 - *Pathogen introduction as a collateral effect of military activity*. Mycological Research, 108: 468-470.

- Gonthier P., Nicolotti G., Linzer R., Guglielmo F., Garbelotto M., 2007 - *Invasion of European pine stands by a North American forest pathogen and its hybridization with a native interfertile taxon*. *Molecular Ecology*, 16 (7): 1389-1400.
- Herrero M.L., Toppe B., Klemsdal S.S., Stensvand A., 2006 - *First report of Phytophthora ramorum in ornamental plants in Norway*. *Plant Disease*, 90 (11): 1458.
- Moriondo F., 1998 - *Introduzione alla patologia forestale*. UTET. Torino, 252 pp.
- Vander Zanden M.J., 2005 - *The success of animal invaders*. *Proceedings of the National Academy of Science, USA*, 102, p. 7055-7056.
- Warner R., Gonthier P., Otrosina W., Laflamme G., Bussieres G., Bruhn J., Garbelotto M., 2005 - *Intracontinental phylogeography of Heterobasidion annosum P-ISG*. In: Malgorzata M., Łakomy P. (Eds.), *Root and Butt Rots of Forest Trees*. *Proceedings of the 11th International Conference on Roots*. The August Cieszkowski Agricultural University Poznań, Poland, p. 64-72.