

PIETRO LUCIANO (*) (°) - ANTONIO FRANCESCHINI (**)

EMERGENZE FITOSANITARIE E STRATEGIE DI DIFESA NELLE FORMAZIONI FORESTALI DELLA SARDEGNA

(*) Professore ordinario di Entomologia generale e applicata, Dipartimento di Agraria - Sezione di Patologia vegetale ed Entomologia, Università degli Studi di Sassari.

(**) Professore ordinario di Patologia vegetale, Dipartimento di Agraria - Sezione di Patologia vegetale ed Entomologia, Università degli Studi di Sassari.

(°) Autore corrispondente; pluciano@uniss.it

*Sono state esaminate le emergenze fitosanitarie di natura patologica ed entomologica che interessano attualmente i boschi sardi e delineate le possibili strategie d'intervento. Le emergenze fitopatologiche riguardano principalmente gli attacchi di *Biscogniauxia mediterranea*, agente del "cancro carbonioso", e di *Diplodia corticola*, responsabile di cancri e disseccamenti della chioma, su roverella, leccio e sughera e di altre *Botryosphaeriaceae* su querce e nuovi ospiti della macchia mediterranea (erica, corbezzolo e ginepro). Inoltre, assumono rilevanza per la preoccupante recrudescenza in termini di gravità e diffusione in tutto il territorio forestale regionale, gli attacchi di *Phytophthora* spp., agenti di marciumi radicali e del colletto e di cancri corticali, sia in formazioni di castagno, sia in nuovi patosistemi su querce e su varie specie della macchia mediterranea. Per quanto concerne le emergenze di natura entomologica si riferisce sui danni e sui programmi di lotta per controllare le infestazioni di *Lymantria dispar*, *Malacosoma neustria* e *Tortrix viridana* nei querceti e di *Thaumetopoea pityocampa* nelle pinete. Fra i coleotteri xilofagi si segnala la pericolosità di *Platypus cylindrus* per le sugherete e di *Tomicus destruens* per le pinete. Si riportano i risultati di programmi di lotta biologica contro *Dryocosmus kuriphilus* nei castagneti, *Ophelimus maskelli* e *Glycaspis brimblecombei* negli eucalipteti. Si descrivono infine gli interventi svolti per controllare *Rhynchophorus ferrugineus* e impedire che invada i popolamenti di palma nana. La situazione descritta rende necessario realizzare un sistema informativo sulla sanità delle foreste sarde per ampliare le conoscenze, potenziare l'attività di ricerca e pianificare ed eseguire gli interventi di difesa.*

Parole chiave: insetti dannosi; patogeni invasivi; malattie emergenti; lotta integrata.

Key words: pests; invasive pathogens; emerging diseases; integrated control.

Citazione - LUCIANO P., FRANCESCHINI A., 2013 – *Emergenze fitosanitarie e strategie di difesa nelle formazioni forestali della Sardegna*. L'Italia Forestale e Montana, 68 (3): 123-136. <http://dx.doi.org/10.4129/ifm.2013.3.03>

1. INTRODUZIONE

La superficie forestale della Sardegna si estende per oltre 1,2 milioni di ettari, pari a circa la metà del suo territorio. È occupata in gran parte da formazioni a macchia mediterranea (640.000 ha) e da boschi di latifoglie (500.000 ha) costituiti soprattutto da specie quercine: leccio, roverella e quercia da sughero. Su circa 49.000 ettari si estendono boschi di conifere, distribuiti in larga misura lungo la fascia

costiera, e su oltre 25.500 ettari insistono castagneti, eucalipteti e impianti di pino insigne.

In passato, i principali problemi sanitari dei popolamenti forestali erano rappresentati dagli attacchi epidemici di *Cryphonectria parasitica* (Murrill) M.E. Barr nei castagneti e dalle periodiche infestazioni di insetti defogliatori nelle sugherete. Tuttavia, fin dagli inizi degli anni '90 del secolo scorso, le condizioni sanitarie dei boschi sardi, in particolare di quelli quercini, sono via via peggiorate con la diffusione

di forme di degrado progressivo e conseguente moria delle piante, riconducibili a quel particolare fenomeno ben conosciuto in ambito mediterraneo come “deperimento del bosco”. Un fenomeno complesso di difficile definizione e soluzione a causa dei molteplici fattori avversi di natura biotica e abiotica che vi sono coinvolti. Fattori, per di più, che possono variare per tipo, frequenza e intensità nelle diverse situazioni stazionali in seguito all’influenza esercitata dall’uomo, direttamente (variazioni di governo o incuria del bosco) o indirettamente (urbanizzazione dell’agro), e agli ormai conclamati mutamenti globali del clima che hanno comportato un incremento delle temperature medie stagionali e modificazioni sensibili nel regime delle precipitazioni annuali con aumento in frequenza di eventi meteorici estremi. In queste condizioni le piante sono soggette più spesso a stress vegetativi anche intensi che ne limitano la funzionalità e le predispongono a rinnovati attacchi da parte dei parassiti, funghi endofiti e insetti fitofagi, normalmente presenti nei vari ecosistemi. Tali parassiti vengono definiti “opportunisti” in quanto approfittano della ridotta reattività delle piante in stress per colpire i vari organi o aggredire quelli che già li ospitano, causando disfunzioni e disseccamenti che rendono irreversibile il degrado vegetativo delle stesse verso un esito letale.

In epoca più recente, la situazione sanitaria si è ulteriormente aggravata in diverse formazioni forestali in seguito alla recrudescenza di attacchi causati da patogeni e/o insetti fitofagi, definiti “invasivi” o “emergenti”, sia endemici sia esotici. Questi, infatti, si avvantaggiano delle mutate condizioni climatiche per riprodursi copiosamente e, soprattutto in assenza di limitatori naturali, per estendere il loro areale di distribuzione e ampliare lo spettro d’ospiti, originando attacchi epidemici che preludono alla semplificazione degli ecosistemi.

Attualmente si assiste ad un preoccupante aumento proprio di questi eventi epidemici e a conseguenti perdite importanti in termini di consistenza dei popolamenti sia arborei che arbustivi e, quindi, di biodiversità. Di fatto, in molti comprensori silvani si stanno delineando situazioni di vera emergenza fitosanitaria,

tanto da rendere urgente la programmazione di misure straordinarie volte a preservare dal degrado e conservare il cospicuo patrimonio forestale della Sardegna che, oggigiorno costituisce al centro del Mediterraneo una riserva di biodiversità di indubbio valore naturalistico e socio-economico.

Di seguito, vengono illustrate brevemente le emergenze fitosanitarie di natura patologica ed entomologica riscontrate finora nei boschi sardi e delineate le possibili strategie d’intervento per prevenirne l’ulteriore insorgenza e diffusione.

2. EMERGENZE DI NATURA FITOPATOLOGICA

Sono causate principalmente da patogeni fungini appartenenti alle famiglie delle *Xylariaceae* Tul. & C. Tul. e *Botryosphaeriaceae* Theiss. & Syd. e da Oomiceti del genere *Phytophthora* de Bary.

Tra le *Xylariaceae*, molto dannosa nei boschi dell’Isola risulta la specie *Biscogniauxia mediterranea* (De Not.) Kuntze, ben noto fungo endofita agente del “cancro carbonioso” delle querce e di altre specie forestali, sia latifoglie sia conifere. Esso, nelle piante che vegetano in condizioni di stress, aggredisce i tessuti legnosi dei rami e del fusto che lo ospitano causandone il disseccamento. È tipicamente diffuso in ambiente mediterraneo, ma proprio in seguito all’innalzamento termico globale, sta progressivamente estendendo il suo areale di distribuzione anche verso le regioni più settentrionali (JURC e OGRIS, 2006). In Sardegna attacca roverella e leccio, ma provoca i danni maggiori nei boschi di quercia da sughero (Figura 1a). Infatti, nelle piante di sughera infette completa il suo ciclo biologico producendo di norma una gran quantità d’inoculo, rappresentato non solo dalle ascospore di origine sessuata, come nelle altre due specie quercine, ma anche dai conidi della sua forma agamica (*Nodulisporium* sp.) (FRANCESCHINI *et al.*, 2002). Le ascospore si diffondono nel bosco soprattutto ad opera della pioggia o di vettori animali, praticamente durante tutto l’anno. I conidi, prodotti in abbondanza di solito a fine estate inizio autunno, si diffondono facilmente per via anemofila mol-

tiplicando i centri d'infezione sulle stesse piante infette e su quelle limitrofe (LINALDEDDU *et al.*, 2005). Pertanto, gli interventi volti a prevenire le infezioni di questo patogeno devono essere indirizzati prioritariamente: i) ad abbattere il carico d'inoculo presente nel bosco mediante l'asportazione dei rami in via di disseccamento o con evidenti "cancri carboniosi" nelle piante parzialmente colpite, e/o il taglio raso di quelle ormai compromesse; ii) a bruciare tutto il materiale di risulta sul posto, oppure in luoghi di raccolta avendo però cura di coprire con un telone il carico durante l'esbosco. Se i centri d'infezione nel bosco sono ancora limitati, dopo gli interventi di risanamento è consigliabile procedere ad una "apertura" del bosco per creare condizioni meno favorevoli alla diffusione del patogeno; in caso contrario è preferibile strutturare il bosco in modo da mantenere un tenore di umidità ambientale il più elevato possibile per evitare/limitare lo stress idrico delle piante e la conseguente colonizzazione dei loro organi da parte del fungo.

Le *Botryosphaeriaceae* annoverano diverse specie agenti di "cancri" e disseccamenti dei rami di numerosi ospiti vegetali, latifoglie e conifere di interesse sia agrario che forestale (SLIPPERS e WINGFIELD, 2007). In Europa e soprattutto nelle regioni mediterranee, negli ultimi anni sono aumentate le segnalazioni di rinnovati attacchi di questi patogeni anche su ospiti nuovi. In Sardegna, in particolare, di recente sono stati descritti per la prima volta attacchi di *Diplodia africana* Damm & Crous e *Neofusicoccum australe* (Slippers, Crous & M.J. Wingf.) Crous, Slippers & A.J.L. Phillips su formazioni di ginepro feniceo (LINALDEDDU *et al.*, 2011; ANDOLFI *et al.*, 2012), di *Diplodia scrobiculata* J. de Wet, Slippers & M.J. Wingf. su corbezzolo (LINALDEDDU *et al.*, 2010) e di *Neofusicoccum luteum* (Pennycook & Samuels) Crous, Slippers & A.J.L. Phillips su erica arborea (LINALDEDDU *et al.*, 2012). Queste segnalazioni si aggiungono a quelle già note relative ad attacchi di *Botryosphaeria dothidea* (Moug.) Ces. & De Not., *Diplodia corticola* A.J.L. Phillips, A. Alves & J. Luque, *Diplodia seriata* De Not. e *Neofusicoccum parvum* (Pennycook & Samuels) Crous, Slippers & A.J.L.

Phillips su quercia da sughero e leccio (FRANCESCHINI *et al.*, 1999; LINALDEDDU *et al.*, 2007; FRANCESCHINI *et al.*, 2012) Tra queste specie, *D. corticola* è senza dubbio quella più diffusa e dannosa. Essa colpisce le piante sia giovani che adulte, provocando il progressivo disseccamento della chioma a cominciare dalla parte periferica della stessa. Le infezioni si rendono poi manifeste, soprattutto sulle grosse branche e sul fusto, con lesioni cancerose localizzate, spesso umide per la fuoriuscita di abbondanti essudati (Figura 1b). I tessuti interni legnosi imbruniscono e quelli vascolari divengono necrotici in seguito all'azione di metaboliti fitotossici prodotti dal fungo (EVIDENTE *et al.*, 2003). Le piante colpite subiscono forti squilibri fisiologici, con compromissione del bilancio idrico e del carbonio (LUQUE *et al.*, 1999; LINALDEDDU *et al.*, 2009). Danni gravi sotto il profilo economico si hanno soprattutto nelle piante di quercia da sughero in produzione che vengono infettate al fusto subito dopo l'estrazione del sughero (LUQUE e GIRBAL, 1989). In questi casi, infatti, le infezioni compromettono la rigenerazione del sughero nelle porzioni di fusto colpite, pregiudicando anche la qualità delle plance che saranno ottenute con le successive estrazioni. Il fungo produce facilmente le strutture riproduttive, più di frequente quelle agamiche rappresentate da picnidi e conidi, su tutti gli organi colonizzati, finanche sulle ghiande. Non di rado i conidi prodotti nelle lesioni localizzate lungo il fusto possono essere veicolati con l'acqua di percolazione verso la base della pianta dove penetrano attraverso soluzioni di continuità nei tessuti corticali e originano nuove infezioni a carico del colletto e delle grosse radici, compromettendo anche la capacità della stessa di generare nuovi polloni. In ogni caso le piante colpite costituiscono pericolosi focolai dai quali il fungo può diffondere i propri propaguli con la pioggia, il vento, o tramite insetti e vettori animali.

Anche la lotta contro *D. corticola* ha carattere essenzialmente preventivo e si basa sulla riduzione/eliminazione del carico d'inoculo del patogeno mediante asportazione dei rami sintomatici dalle piante parzialmente attaccate e taglio raso di quelle ormai compromesse, con

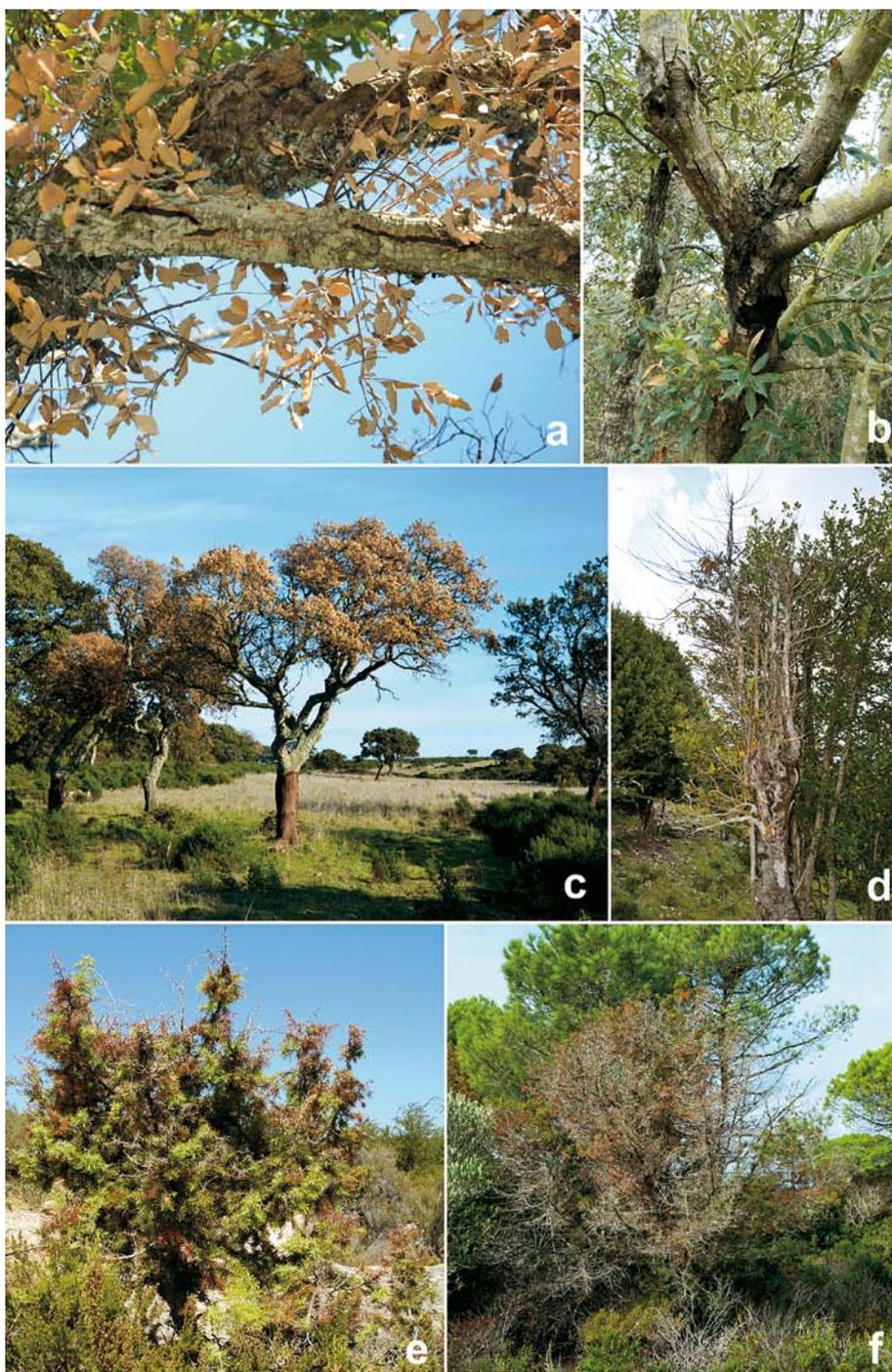


Figura 1 – Sintomi di “cancro carbonioso” da *Biscogniauxia mediterranea* su quercia da sughero (a); cancri da *Diplodia corticola* su leccio (b); morte repentina di piante di sughera attaccate da *Phytophthora cinnamomi* (c); parziale defogliazione di pianta di agrifoglio attaccata da *Phytophthora ilicis* (d); sintomi di infezione di *Neofusicoccum australe* su ginepro rosso (e); ginepro fenicio con chioma disseccata a seguito di infezione da *Phytophthora* spp. (f).

– Symptoms of “charcoal disease” caused by *Biscogniauxia mediterranea* on cork oak tree (a); branch cankers caused by *Diplodia corticola* on holm oak tree (b); “sudden death” symptoms caused by *Phytophthora cinnamomi* on mature cork oak trees (c); partial defoliation of a bolly tree infected by *Phytophthora ilicis* (d); symptoms on prickly juniper caused by *Neofusicoccum australe* (e); tree of phoenicean juniper with dieback of the whole crown caused by *Phytophthora* spp. (f)

abbruciamento del materiale di risulta. Inoltre, soprattutto nelle sugherete situate in zone ad elevato rischio d'infezione, dovrebbe essere posta molta attenzione durante l'estrazione del sughero per non provocare ferite che oltre a danneggiare la pianta costituiscono facili vie di penetrazione per i propaguli del patogeno. A tal riguardo, è stato dimostrato che l'applicazione di fungicidi (per es., tiofanato-metile) sul fusto subito dopo l'estrazione del sughero può ridurre significativamente le infezioni di questo patogeno (LUQUE *et al.*, 2008).

Oggigiorno i patogeni invasivi che destano maggiore preoccupazione sono quelli appartenenti al genere *Phytophthora*, ben noti agenti di marciumi radicali e del colletto, ma anche di cancri corticali, su numerose specie vegetali sia arboree che arbustive (ERWIN e RIBEIRO, 1996). Di fatto in questi ultimi anni si sono moltiplicate le segnalazioni di loro attacchi epidemici negli ecosistemi forestali mediterranei, vuoi in seguito alla globalizzazione dei mercati e conseguente movimentazione di materiale vegetale infetto, che ha permesso l'introduzione di specie di *Phytophthora* in ambienti nuovi con esiti spesso devastanti, vuoi in seguito ai mutamenti del clima che hanno favorito sia la sopravvivenza delle forme di conservazione di queste specie ad habitus terricolo, normalmente impedita dall'abbassamento delle temperature invernali, sia la riproduzione massiva e conseguente diffusione del loro inoculo infettivo (BRASIER e JUNG, 2006).

Per quanto riguarda più da vicino la Sardegna, da alcuni anni a questa parte sono stati rilevati nei boschi del comprensorio castanicolo della Barbagia-Mandrolisai alle falde del Genargentu, attacchi rinnovati di "mal dell'inchiostro" causato da *Phytophthora cambivora* (Petri) Buisman; una malattia ben conosciuta da tempo ma che finora non aveva mai destato eccessive preoccupazioni. Ciò, probabilmente, anche perché le piante colpite, in mancanza di specifiche evidenze sintomatologiche, venivano comunque ascritte all'altra grave malattia del castagno, il "cancro della corteccia" causata da *Cryphonectria parasitica*, ampiamente diffusa nel comprensorio. Attualmente però, mentre quest'ultima malattia è in fase di regressione

grazie alla progressiva diffusione naturale di ceppi ipovirulenti del patogeno, è aumentata l'incidenza del "mal dell'inchiostro" che arrecava danni ben più gravi perché le piante sono attaccate all'apparato radicale, si disseccano e non sono in grado di rigenerarsi con nuovi polloni; possibilità che invece sussiste per le piante infette da *C. parasitica*. Altro aspetto preoccupante è il fatto che nei castagneti del comprensorio sono state rinvenute associate al "mal dell'inchiostro" oltre che *P. cambivora* altre tre specie di *Phytophthora*: *P. gonapodyides* (H.E. Petersen) Buisman, *P. plurivora* T. Jung & T.I. Burgess e *P. pseudosyringae* T. Jung & Delatour, che rendono il patosistema più complesso. Di *P. pseudosyringae*, mai segnalata nei boschi di castagno (SCANU *et al.*, 2010), è stata accertata sia la patogenicità sia la capacità di produrre in vitro metaboliti secondari fitotossici che potrebbero essere coinvolti nella patogenesi della malattia.

Altrettanto preoccupante è il rinvenimento in popolamenti di quercia da sughero e di leccio distribuiti in tutta la Sardegna di attacchi gravi di *Phytophthora cinnamomi* Rands (FRANCESCHINI *et al.*, 2012; SCANU *et al.*, 2013). Un patogeno noto per la sua elevata virulenza e polifagia, ma la cui presenza non era stata ancora segnalata nei boschi di queste querce né in Sardegna né nel resto d'Italia, molto probabilmente a causa della sua scarsa capacità di sopravvivere a temperature invernali intorno allo zero termico. Il suo frequente rinvenimento in Sardegna costituisce pertanto motivo di allarme serio perché dimostra che questo pericoloso patogeno – *P. cinnamomi* è ritenuto il principale responsabile della distruzione di boschi di querce sia in Europa, in particolare nella penisola iberica (BRASIER, 1992, SANCHEZ *et al.*, 2002), sia nel continente americano, soprattutto in Messico (TAINTER *et al.*, 2000) e in California (GARBELOTTO *et al.*, 2006) – è ampiamente diffuso nella regione e che, a seguito dei mutamenti climatici intervenuti, non solo riesce a sopravvivere più facilmente ma trova anche condizioni favorevoli per causare attacchi devastanti. Le piante colpite possono manifestare una sindrome cronica o acuta. Nel primo caso le piante mostrano i sintomi di un

graduale declino vegetativo con disseccamenti sparsi nella chioma e sviluppo eccessivo di rami epicormici nel fusto e nelle branche. Inoltre, nelle grosse radici, al colletto e/o lungo il fusto, manifestano aree depresse, imbrunite, con cancri dai quali spesso fuoriescono essudati nerastri. Non di rado si riscontrano piante con quadri sintomatologici più complessi per la concomitante presenza di infezioni causate da *Diplodia corticola* e/o di *Biscogniauxia mediterranea*. Nel caso delle sindromi acute, invece, le piante manifestano un disseccamento repentino e uniforme della chioma con foglie che restano a lungo attaccate ai rami (Figura 1c). Tali eventi si verificano per lo più a fine estate - inizio autunno quando le piante non riescono più a utilizzare le scarse risorse idriche del terreno a causa dell'alterata funzionalità dell'apparato radicale attaccato dal patogeno.

Di minore importanza come estensione dei fenomeni, ma di certo di rilevanza notevole per le conseguenze sulla biodiversità degli ecosistemi, appaiono gli attacchi di *Phytophthora* spp. rilevati in sistemi ripari ad ontano nero, in formazioni di agrifoglio e di varie specie tipiche della macchia mediterranea. Dalla rizosfera di piante deperenti di ontano sono state isolate quattro specie di *Phytophthora* finora mai segnalate su questo ospite in Italia. Su piante di agrifoglio sono state rinvenute per la prima volta in ambiente forestale mediterraneo infezioni da *Phytophthora ilicis* Buddenhagen & Young, agente di cancri e necrosi su rami e foglie, che determina il progressivo disseccamento della chioma (Figura 1d). Per quanto riguarda le specie di macchia sono state rilevate morie di piante di ginepro, di asparago e di lentisco dalle quali sono state isolate diverse specie di *Phytophthora*, alcune delle quali del tutto insolite in ambiente mediterraneo, tutt'ora in fase di studio (Figura 1e, f). Di particolare interesse è il rinvenimento di una nuova specie, *Phytophthora taxon parvispora*, agente di marciume del colletto e delle radici di corbezzolo.

Tali rinvenimenti, distribuiti in diversi ambienti forestali della Sardegna, oltre a confermare l'ampia gamma di ospiti suscettibili alle infezioni di questi pericolosi patogeni, evidenziano l'esistenza nei suoli sardi di un'altrettanta ampia

diversità di specie di *Phytophthora*. Emblematico a tal proposito è il risultato di indagini effettuate nell'isola di Caprera, parte integrante e area protetta del Parco Nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena. Ebbene, in una zona boschiva di appena 300 ettari, popolata da leccio e da specie tipiche della macchia mediterranea, è stato rinvenuto oltre il 10% di tutte le specie di *Phytophthora* finora conosciute nel mondo (SCANU B., com. pers.).

Pertanto, le strategie di difesa contro gli attacchi di questi patogeni non possono prescindere da un'attenta e capillare azione di monitoraggio del territorio regionale al fine di individuare i focolai d'infezione e predisporre tempestivamente adeguati programmi di intervento. Questi dovranno essere indirizzati a:

- prevenire lo sviluppo di nuove infezioni impedendo la diffusione delle forme di conservazione del patogeno che albergano nel terreno;
- eradicare la malattia per ridurre la carica d'inoculo del patogeno;
- regimare il deflusso delle acque al fine di evitare ristagni idrici che favoriscono l'insorgenza delle infezioni;
- migliorare le condizioni vegetative delle piante per stimolarne le difese naturali.

Specialmente laddove la malattia ha assunto caratteri epidemici sarebbe opportuno delimitare le aree infette per impedire il passaggio di animali selvatici e regolamentare la fruizione delle stesse da parte delle persone, prevedendo nei punti di accesso la realizzazione di zone attrezzate per il lavaggio con acqua a pressione e disinfezione con soluzioni di ipoclorito di sodio delle scarpe e delle ruote dei veicoli. Le piante morte o infette devono essere abbattute, avendo cura se possibile di asportare anche le ceppaie; il materiale di risulta deve essere bruciato e le eventuali buche vanno trattate prima delle piogge primaverili con solfato di rame e calce in eguali proporzioni. A fini curativi è possibile effettuare trattamenti sulle piante o direttamente al terreno con fosfito di potassio, un ammendante che stimola la reattività delle piante nei confronti degli attacchi di questi patogeni.

In conclusione, è appena il caso di sottoli-

neare che la precarietà della situazione fitosanitaria degli ecosistemi forestali della Sardegna, anche alla luce dei mutamenti climatico-ambientali in atto, impone prioritariamente un'attenta rivisitazione del sistema vivaistico forestale sotto il profilo strutturale e gestionale. Ciò al fine di garantire l'effettiva sanità del materiale vegetale prodotto in loco o di importazione da destinare alla costituzione di nuovi impianti o all'infittimento di quelli esistenti. È del tutto evidente che se si utilizzano piante, seppure asintomatiche ma già infette, qualsiasi intervento di protezione fitosanitaria in bosco viene vanificato, aggiungendo per di più al danno esistente quello che deriva dalla perdita di tempo e di risorse economiche investite.

3. EMERGENZE DI NATURA ENTOMOLOGICA

Le formazioni boschive sarde soggiacciono anche ad attacchi di natura entomologica che possono comprometterne non solo la produttività ma anche la vitalità. In particolare le formazioni quercine risultano esposte a gravi infestazioni di lepidotteri defogliatori quali *Tortrix viridana* (L.) (Tortricidae), *Malacosoma neustrium* (L.) (Lasiocampidae) e *Lymantria dispar* (L.) (Erebidae). In Sardegna proprio su questi lepidotteri sono stati compiuti studi di lungo periodo sulle fluttuazioni di popolazione e sui fattori che ne regolano le gradazioni (LUCIANO *et al.*, 1982; PROTA *et al.*, 1991 e 1992). In particolare per *L. dispar* è stata predisposta una rete di monitoraggio della densità di popolazione allo stadio di uovo che consente annualmente di conoscere quali aree forestali saranno esposte alle sue infestazioni. La rete è stata messa in piedi e gestita dal 1980 al 1998 dall'allora Istituto di Entomologia dell'Università di Sassari ed era costituita da circa 300 stazioni; dal 1999 è stata affidata al Corpo forestale e di vigilanza ambientale che l'ha implementata portandola ad oltre 600 stazioni che coprono tutti i boschi di querce dell'Isola (LUCIANO *et al.*, 2002; COCCO *et al.*, 2010). La disponibilità annuale di un'ingente mole di dati ha anche permesso l'avvio di un'ampia sperimentazione sull'efficacia della lotta microbiologica per il conteni-

mento dei danni causati dai lepidotteri. Infatti, dopo lunghi anni di prove di laboratorio e di campo, si è giunti ad individuare le formulazioni insetticide a base di *Bacillus thuringiensis kurstaki* più tossiche e persistenti, i dosaggi più adeguati e le modalità di distribuzione aerea più efficaci per ottenere l'abbattimento delle popolazioni larvali in fase di progradazione e di culmine, evitando così i danni da defogliazione soprattutto nelle sugherete. In dieci anni, dal 2001 al 2010, sono stati trattati 100.000 ettari di sugherete grazie al supporto finanziario di alcune Province e dell'Assessorato della Difesa dell'Ambiente della Regione Sardegna, dietro preventiva autorizzazione del Ministero della Salute e il supporto tecnico e operativo del Corpo Forestale e dell'Ente Foreste (LUCIANO *et al.*, 2003; LUCIANO e LENTINI, 2012).

I rischi di infestazioni entomologiche vanno accrescendosi anche per gli anormali andamenti climatici che si registrano ormai da alcuni anni. Ad esempio per le sugherete va attentamente valutato se è il caso o meno di procedere alle decortiche durante le annate siccitose. In particolare si è osservato come si abbia uno stretto legame fra le infestazioni di *Platypus cylindrus* Fabricius (Coleoptera Platypodidae) e la riduzione della piovosità primaverile. Infatti, nel 2003 si è rilevato come sia stata sufficiente una riduzione di 120 mm delle piogge nel periodo marzo-maggio per consentire a questo piccolo coleottero di attaccare in modo massivo fino al 24% delle piante decorticate nell'Altopiano di Orune (Figura 2) (CAO e LUCIANO, 2005). L'attacco ha determinato non solo dei danni gravissimi sulla scorza che sarebbe andata formandosi, ma soprattutto ha veicolato all'interno dei tronchi diversi funghi patogeni che potranno compromettere nel lungo periodo la vitalità stessa delle piante (LUCIANO *et al.*, 2006).

Recenti indagini hanno anche dimostrato come le conoscenze sull'entomofauna dannosa alle sugherete, nonostante i lunghi anni di studio, non siano assolutamente esaustive. Si è infatti potuta rilevare per la prima volta in Sardegna la presenza di *Stomaphis quercus* Linnaeus (Hemiptera Aphidoidea), specie fra le più grosse al mondo e caratterizzata dall'avere un rostro lunghissimo, che gli consente di

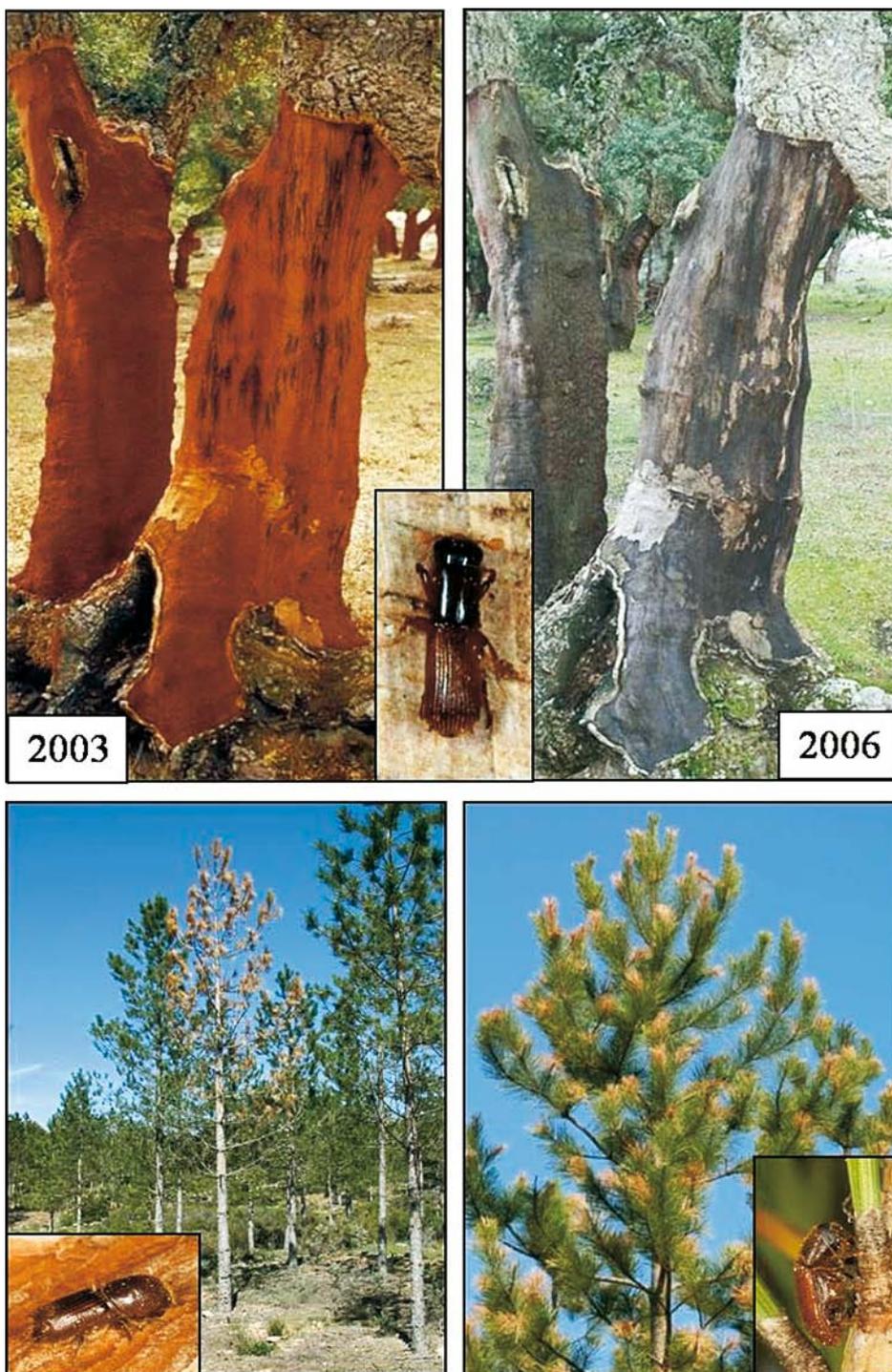


Figura 2 – Adulto di *Platypus cylindrus* e quercia da sughero con i sintomi dell'infestazione nel 2003, anno di decortica, e dopo tre anni dalla stessa (in alto); adulto di *Ips sexdentatus* ed esemplare di pino morto in seguito al suo attacco (in basso a sinistra); adulto di *Tomicus destruens* e chioma di pino gravemente infestata durante il periodo estivo (in basso a destra).

– Adult of *Platypus cylindrus* and specimen of cork oak attacked in 2003, year of debarking, and after three years (up); adult of *Ips sexdentatus* and specimen of pine dead after its infestation (down left); adult of *Tomicus destruens* and canopy of pine heavily infested during the summer (down right).

alimentarsi sui tessuti floematici anche stando al di fuori della scorza suberosa. Esso è stato reperito nelle sugherete di Alà dei Sardi dove vive assistito dal suo trofobionte *Lasius brunneus* Latreille (Hymenoptera Formicidae), che scava i suoi nidi nel sughero gentile, all'interno dei quali vive e si riproduce anche l'afide. Neanche la presenza di questo piccolo formicide era stata finora segnalata in sughereta e pertanto non si erano potuti attribuire ad esso le escavazioni e lo sfaldamento delle plance di sughero che si verificano all'atto della decortica, con grave deprezzamento del principale prodotto delle sughere, che non può che essere destinato alla macina. Le osservazioni condotte nel 2011 sulla diffusione dei due trofobionti hanno permesso di reperirli, oltre che ad Alà dei Sardi, a Tempio Pausania, Aggius, Buddusò, Orune e Nuoro in sugherete vegetanti fra 450 e 780 metri s.l.m., con una piovosità media annua uguale o maggiore a 800 mm e una temperatura media del mese più caldo di non oltre 24 °C, quindi con condizioni climatiche tipiche, secondo la classificazione fitoclimatica del Pavari, della sottozona fredda del *Lauretum* di II tipo con siccità estiva. Nelle sugherete osservate l'infestazione interessava dal 7 al 20% delle piante e si localizzava di preferenza su quelle di maggiori dimensioni, scelte dal formicide probabilmente perché possono ospitare colonie più numerose (LOI *et al.*, 2012). Tuttavia, nonostante l'obiettiva dannosità di questi insetti, la loro simbiosi, facilmente osservabile all'inizio della primavera, quando parte degli afidi emerge sulle cortecce e va ad insediarsi al fondo delle fenditure del sughero, meriterebbe di essere almeno in qualche sughereta adeguatamente protetta e valorizzata. Ciò sarebbe proficuo sia sotto il profilo didattico che naturalistico, dato che in altre aree geografiche, come la Gran Bretagna, l'afide è considerato specie rara da salvaguardare, e questo potrebbe essere realizzato proprio in un territorio dell'Ente Foreste.

Anche sulle formazioni forestali a conifere si è attualmente impegnati a combattere diverse avversità. In particolare una positiva sinergia è al momento in atto fra diverse amministrazioni pubbliche per giungere ad eradicare dalla

Sardegna la processionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa* Denis & Schiffermüller, Lepidoptera Thaumetopoeidae). Questa specie è stata riscontrata per la prima volta nel 2006 nel territorio di Sanluri e da allora è stata realizzata una serie integrata d'interventi di lotta. In particolare è stata annualmente predisposta una rete di trappole di monitoraggio su buona parte della Provincia del Medio Campidano per individuare le aree dove sono presenti e volano gli adulti. In esse si procede poi durante l'autunno ad eseguire trattamenti aerei con *Bacillus thuringiensis kurstaki* e all'asportazione da terra dei nidi. Inoltre, se le pinete sono all'interno di centri abitati, si provvede ad effettuare trattamenti chimici per ridurre al minimo gli effetti negativi sull'uomo della dispersione nell'aria dei peli urticanti di cui sono dotate le larve del lepidottero.

Il coleottero *Tomicus destruens* (Wollaston) (Curculionidae) deve essere considerato per le pinete sarde la più importante avversità. Infatti, la dannosità della specie è andata accrescendosi negli ultimi lustri con il progressivo invecchiamento degli impianti a pino domestico; ciò si è verificato soprattutto nelle aree restituite ai proprietari privati o nei terreni di proprietà pubblica non gestiti dall'Ente Foreste della Sardegna dove sono venute a mancare le minime cure colturali. Si sono così registrate estese morie nelle pinete litoranee di Alghero, Sorso e Siniscola con la perdita di buona parte del soprasuolo forestale. Anche in rimboschimenti ricadenti in terreni demaniali è stato possibile osservare elevate popolazioni dello scolitino, come a Pixinamanna (Pula) alla fine degli anni '80, che neanche il diradamento periodico della pineta ha limitato. Attacchi particolarmente intensi sono in atto anche a Tempio Pausania in pinete di pino domestico impiantate da oltre 70 anni e vegetanti intorno ai 500 m s.l.m., come anche in quelle vegetanti lungo la costa del comune di Aglientu. Pullulazioni dello scolitino sono state osservate anche in giovani impianti di pino radiata e pino nero, posti a dimora a partire dal 1980, in agro di Bitti a oltre 700 m s.l.m. (foresta demaniale di Crastazza). Spesso incaute pratiche forestali, come l'allestimento di cataste di legname non scortecciato e la loro

permanenza in campo per diversi mesi, hanno favorito la sua moltiplicazione e dato luogo ad imponenti infestazioni (Figura 2).

Anche l'*Ips sexdentatus* (Borner) (Coleoptera Curculionidae) si avvantaggia delle condizioni create dagli operatori. Infatti, pini attaccati da quest'altro scoltino sono stati in genere rinvenuti nelle parcelle forestali in cui qualche tempo prima erano stati effettuati diradamenti geometrici con l'asportazione del 50% del soprasuolo; non si esclude quindi che le mutate condizioni microclimatiche abbiano determinato l'indebolimento di alcuni soggetti esponendoli all'attacco dello xilofago (Figura 2) (LUCIANO, 2010). Per quanto concerne le misure di contenimento delle popolazioni dei due scoltini si ritiene che debba essere regolarmente e generalmente applicata la lotta con i tronchi-esca. In particolare per quanto riguarda *Tomicus destruens*, ritenuto nella gran parte degli ambienti il fitofago "chiave", le esche devono essere preparate almeno due volte all'anno: la prima a fine agosto-inizio settembre, la seconda nel corso dell'inverno, per attrarre gli adulti durante il lungo periodo del loro trasferimento dai getti ai siti di moltiplicazione. Esse dovranno quindi essere allontanate dal campo rispettivamente durante i mesi di gennaio e marzo. L'efficacia delle esche potrebbe essere accresciuta ricorrendo al loro trattamento con piretroidi, che consentirebbe di abbattere gli adulti che dovessero anche solo venire a contatto con esse. Per quanto concerne la quantità di piante-esca e le modalità di predisposizione, si ritengono valide le indicazioni fornite da SANTINI e PRESTININZI (1991) di 15 piante per ettaro appezzate in segmenti di tronco e di grosse branche di circa 2 m di lunghezza. L'applicazione costante e puntuale di questa tecnica di lotta comporta certamente un aggravio di lavoro e una profonda revisione della sua organizzazione. In sostanza si deve passare da una gestione forestale che generalmente prevede la suddivisione delle aree pinetate in parcelle nelle quali si pratica il diradamento a turni di 8-10 anni, a interventi annuali su tutta la superficie forestata. Si ritiene che la costante applicazione di tale pratica fitosanitaria sia fondamentale in particolare negli ambienti nei quali le pinete sono state im-

piantate in condizioni edafiche molto difficili, sia per la scarsa profondità dei suoli sia per la loro limitata fertilità, che accentuano gli effetti delle ricorrenti siccità ed espongono le piante a frequenti periodi di deficit idrico, di cui gli xilofagi si avvantaggiano prontamente. Proprio la fragilità degli equilibri ambientali e gli ormai affermati cambiamenti climatici dovrebbero quindi suggerire una maggiore accortezza nella gestione di tutti gli aspetti fitosanitari per preservare un patrimonio boschivo che in gran parte è aperto alla pubblica fruizione ed è il risultato di un notevole impiego di manodopera e di ingenti risorse finanziarie pubbliche.

Fra i numerosi insetti esotici che con crescente frequenza stanno stabilendosi in Sardegna, taluni hanno avuto un impatto di rilievo su alcune colture forestali. Fra essi certamente il più dannoso è stato il cinipide del castagno (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, Hymenoptera Cynipidae) la cui presenza è stata rilevata nel 2007 nella Barbagia di Belvì. Sulla base delle informazioni raccolte la sua introduzione sarebbe avvenuta fra il 2003 e il 2005 con materiale vivaistico proveniente dal Piemonte (PANTALEONI *et al.*, 2007). I suoi attacchi hanno compromesso la produzione castanicola nei comuni di Aritzo, Belvì e Tonara. Contro questo fitofago si è predisposto un piano di lotta biologica con l'introduzione del parassitoide *Torymus sinensis* (Kamijo) (Hymenoptera Torymidae), che viene progressivamente diffuso in tutta la Barbagia di Belvì. Tuttavia le indagini condotte sull'efficacia del parassitoide esotico hanno messo in evidenza come anche diverse specie di parassitoidi indigeni attacchino il galligeno e concorrano a contenerne le popolazioni, riducendone in modo significativo l'iniziale dannosità (Pantaleoni, comunicazione personale).

Anche gli impianti di eucalipto negli ultimi anni hanno subito pesanti danni dall'introduzione di fitofagi esotici. Infatti, al coleottero cerambicide *Phoracanta semipunctata* (Fabricius), la cui presenza nell'Isola è stata segnalata per la prima volta nel 1969 (CAVALCASELLE e CONTINI, 1973), si sono aggiunti il congenere *Phoracanta recurva* Newman, i due imenotteri eulofidi *Ophelimus maskelli* (Ashmead) e *Leptoclybe invasa* Fisher & La Salle ed infine nel

2010 l'emittero psillide *Glycaspis brimblecombei* Moore. I due cerambicidi costituiscono una vera emergenza laddove gli impianti sono indeboliti per effetto di fattori abiotici, come la localizzazione su terreni poco idonei e soprattutto le ricorrenti siccità. Gli attacchi dei due eulofidi, che con le loro punture determinano la formazione di numerose galle rispettivamente sulle foglie (*O. maskelli*) e sui rametti e i piccioli fogliari (*L. invasa*), si sono rivelati particolarmente dannosi nei giovani impianti causando ritardi notevoli nello sviluppo degli stessi. Per il controllo di *O. maskelli* si è fatto ricorso con buon successo all'introduzione in Sicilia, Sardegna e Calabria del suo antagonista *Closterocerus chamaeleon* (Girault) (Hymenoptera, Eulophidae) (CALECA *et al.*, 2009); per contenere i danni prodotti da *L. invasa* è prevista la liberazione del parassitoide *Selitrichodes neseri* Kelly & La Salle (Hymenoptera Eulophidae). Anche per limitare le infestazioni di *G. brimblecombei*, che si sono tradotte, a causa dell'abbondante produzione di melata, in precoce filloptosi, deperimento delle piante e compromissione della fioritura in tutti gli eucalipteti sardi, con il conseguente grave allarme degli apicoltori che vedevano compromessa un'importante sorgente nettariana, si era pensato di adottare un approccio di lotta biologica. Recentemente, invece, si è riscontrata in Sicilia e Sardegna la presenza di *Psyllaephagus bliteus* Riek (Hymenoptera Encyrtidae), parassitoide specifico del psillide (LONGO, 2012), che si sta dimostrando molto ben adattato e particolarmente attivo nel contenere le popolazioni del fitomizo entro livelli di non dannosità.

Altri gravi problemi al patrimonio arboreo sono attualmente causati dal coleottero curculionide *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier, che sta attaccando e distruggendo, se non più decisamente contrastato, nel volgere di qualche anno buona parte delle palme presenti nel territorio. Infatti questo fitofago, segnalato per la prima volta in Sardegna nel 2007 in Ogliastra (Bariardo), si è rapidamente diffuso prima nel sud dell'Isola per giungere nel 2012 nel Sassarese. Al di là degli ingenti danni provocati al verde ornamentale di numerosi centri abitati per la diffusa moria di palme da datteri e delle Cana-

rie, ciò che più preoccupa è il possibile insediamento del coleottero nel nord-ovest dell'Isola dove la vegetazione spontanea è caratterizzata dalla presenza della palma nana. Il suo pervenire in tale contesto ambientale, compreso nel territorio del Parco naturale regionale di Porto Conte (Alghero), oltre ai temuti possibili danni diretti sulla specie indigena, vanificherebbe qualunque possibilità di eradicazione del rincoforo. Infatti, risulterebbe molto difficile praticare efficaci interventi di lotta sia per l'estensione della superficie, tra l'altro non facilmente ispezionabile e percorribile, sia per le limitazioni all'impiego di insetticidi chimici di sintesi in un'area protetta, col rischio quindi che il coleottero divenga componente stabile dell'entomofauna sarda. Per evitare tale rischio si ritiene necessario potenziare ulteriormente gli interventi di lotta, aumentando la tempestività con la quale si procede all'abbattimento e alla cippatura delle palme attaccate, e valutando se non valga la pena creare una fascia di vuoto biologico intorno al territorio del Parco eliminando rapidamente tutte le palme esotiche presenti nel raggio di alcuni chilometri.

Quanto esposto non esaurisce l'elenco delle problematiche fitosanitarie indotte dagli insetti nelle foreste sarde; per ragioni di spazio non si è ad esempio trattato degli attacchi della cimice americana delle conifere (*Leptoglossus occidentalis* Heidemann, Heteroptera Coreidae) negli impianti di pino domestico che, anche in Sardegna, come in altre regioni italiane (SANTINI, 2010), di fatto annullano la produzione di pinoli.

La situazione descritta potrebbe inoltre ulteriormente complicarsi se dovesse verificarsi l'accidentale introduzione di *Matsucoccus feytaudi* Ducasse (Homoptera Margarodidae), noto come cocciniglia corticicola del pino marittimo, che rappresenta la più importante avversità delle pinete mediterranee di *Pinus pinaster*, che ne è l'ospite esclusivo (ROVERSI *et al.*, 2010). Questo fitomizo è ormai presente in Toscana e Corsica e ciò dovrebbe spingere le autorità competenti ad assumere diverse misure di profilassi, volte sia ad impedire l'ingresso di legname infestato sia ad avere una tempestiva conoscenza dell'eventuale comparsa del mar-

garodide. Il primo obiettivo potrebbe essere perseguito vietando l'importazione in Sardegna di legname di pino non scortecciato; per conseguire il secondo obiettivo sarebbe necessario predisporre una rete di monitoraggio con l'impiego di trappole a feromoni da dislocare nei popolamenti di pino marittimo, nelle aree portuali, dove stazionano i rimorchi carichi di legname importato, e nelle segherie, dove lo stesso viene depositato prima di essere appezzato e avviato al commercio al minuto.

4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il quadro fitosanitario esposto ha caratteri di allarme che non dovrebbero essere sottovalutati e che potrebbero essere affrontati con la giusta impostazione e determinazione in una regione, come la Sardegna, che impiega migliaia di uomini nel settore forestale e ambientale. Si ritiene quindi che già oggi ci siano personale e risorse più che sufficienti per creare un sistema informativo sulla sanità delle foreste sarde. In particolare si tratta di trovare le opportune sinergie fra le diverse istituzioni pubbliche che operano in ambito forestale per perseguire alcune finalità:

- mettere a sistema le conoscenze già disponibili con la raccolta di tutti i dati esistenti (ad es.: i dati annuali di monitoraggio delle reti di rilevamento attive, le cartografie delle aree nelle quali si sono praticati interventi di lotta, pubblicazioni scientifiche, relazioni tecniche, etc.) e il loro inserimento nel Sistema Informativo Regionale Ambientale (SIRA);
- potenziare l'attività di ricerca e d'innovazione (ad es.: con lo studio di modellistica su base geo-spaziale per l'ottenimento di carte di rischio, la definizione semi-automatica delle superfici d'intervento e l'acquisizione di conoscenze specialistiche presso altre istituzioni nazionali o internazionali);
- pianificare e programmare gli interventi di difesa (ad es.: con la realizzazione di reti di monitoraggio di tutte le principali avversità e la creazione di un sistema di supporto alle decisioni funzionale alla definizione delle priorità e al dimensionamento degli interventi).

La proposta di un sistema informativo con tali finalità è già stata avanzata all'Assessorato della Difesa dell'Ambiente dal Dipartimento di Agraria dell'Università di Sassari, tuttavia essa non potrà essere concretizzata se le due grandi istituzioni pubbliche che operano in ambito forestale nella regione Sardegna, il Corpo Forestale e l'Ente Foreste, non si orienteranno a formare gruppi di specialisti che lavorino a tempo pieno in quest'ambito e che affianchino il Servizio Fitosanitario regionale, che già di per se stesso necessiterebbe di un notevole potenziamento, stante le sempre più frequenti e gravi emergenze che è chiamato a contrastare. Si auspica quindi da parte di tutti i soggetti interessati una maggiore lungimiranza al fine di garantire la sanità e la salvaguardia di un patrimonio forestale di inestimabile valore per poterlo trasmettere, nella sua estensione e con la notevole biodiversità che lo caratterizza, alle future generazioni.

SUMMARY

Phytosanitary emergencies and control strategies in forest ecosystems in Sardinia

Phytosanitary emergencies concerning Sardinian forests and their possible control strategies are examined. Emerging diseases are mainly attacks of *Biscogniauxia mediterranea*, the causal agent of "charcoal disease", *Diplodia corticola*, a pathogen causing branch canker and dieback on downy oak, holm oak and cork oak, and other *Botryosphaeriaceae* species, involved in the etiology of oak decline and new hosts in the Mediterranean maquis (tree heath, strawberry tree and juniper). Furthermore, the occurrence of several *Phytophthora* spp., casual agents of root and collar rot and canker in chestnut and oak stands and on several species of the Mediterranean maquis, are becoming significant and alarming in terms of disease severity and spread throughout the regional forest area. As far as the pests are concerned, damage and control programs against infestations of *Lymantria dispar*, *Malacosoma neustria* and *Tortrix viridana* in oak forests and *Thaumetopoea pityocampa* in pine stands, are reported. Concerning xylophagous beetles, *Platypus cylindrus* and *Tomicus destruens* are pointed out as a threat to cork oak and pine stands, respectively. Results of biological control programs against *Dryocosmus kuripbilus* in chestnut stands, and *Ophelimus maskelli* and *Glycaspis brimblecombei* in eucalyptus stands are also reported. Finally, the control strategies against *Rhynchophorus ferrugineus* to avoid its spreading to dwarf fan palm systems are described. The present phytosanitary situation underlines the urgent need to develop an information system on the health status of Sardinian forests in order to increase knowledge, improve research activity and develop adequate control strategies.

BIBLIOGRAFIA

- ANDOLFI A., MADDAU L., CIMMINO A., LINALDEDDU B.T., FRANCESCHINI A., SERRA S., BASSO S., MELCK D., EVIDENTE A., 2012 – *Cyclobotryoxide, a phytotoxic metabolite produced by the plurivorous pathogen Neofusicoccum australe*. Journal of Natural Products, 75 (10): 1785-1791. <http://dx.doi.org/10.1021/np300512m>
- BRASIER C.M., 1992 – *Oak tree mortality in Iberia*. Nature, 360: 539. <http://dx.doi.org/10.1038/360539a0>
- BRASIER C.M., JUNG T., 2006 – *Recent developments in Phytophthora diseases of trees and natural ecosystems in Europe*. In: Brasier C.M., Jung T., Oswald W., eds. Progress in Research on Phytophthora Diseases of Forest Trees. Farnham, UK: Forest Research, p. 5-16.
- CALECA V., RIZZO M. C., LO VERDE G., RIZZO R., BUCCELLATO V., LUCIANO P., CAO O., PALMERI V., GRANDE S. B., CAMPOLO O., 2009 – *Diffusione di Closterocercus chamaeleon (Girault) introdotto in Sicilia, Sardegna e Calabria per il controllo biologico di Ophelimus maskelli (Ashmead) (Hymenoptera, Eulophidae), galligeno esotico degli eucalpti*. In: Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (ME), 16-19 ottobre 2008, Firenze, Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, vol. II, p. 638-642. <http://dx.doi.org/10.4129/CNS2008.088>
- CAO O.V., LUCIANO P., 2005 – *Gravi infestazioni di Platypus cylindrus Fabricius (Coleoptera Platypodidae) in alcune sugherete della Sardegna*. Informatore Fitopatologico, 3: 39-44.
- CAVALCASELLE B., CONTINI C., 1973 – *Osservazioni preliminari sugli insetti xilofagi dell'eucalipto in Italia*. Boll. Soc. Sarda Sci. Nat., XII: 125-136.
- COCCO A., COSSU A. Q., ERRE P., NIEDDU G., LUCIANO P., 2010 – *Spatial analysis of gypsy moth populations in Sardinia using geostatistical and climate models*. Agricultural and Forest Entomology, 12 (4): 417-426. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-9563.2010.00488.x>
- ERWIN D.C., RIBEIRO O.K., 1996 – *Phytophthora diseases worldwide*. American Phytopathological Society Press, St. Paul, Minnesota, Stati Uniti, 562 p.
- EVIDENTE A., MADDAU L., SPANU E., FRANCESCHINI A., LAZZARONI S., MOTTA A., 2003 – *Diplopyrone a new phytotoxic tetrahydropyranpyran-2-one produced by Diplodia mutila, a fungus pathogen of cork oak*. Journal of Natural Products, 66: 313-315. <http://dx.doi.org/10.1021/np020367c>
- FRANCESCHINI A., CORDA P., MADDAU L., MARRAS F., 1999 – *Observations sur Diplodia mutila, pathogene du chêne-liège en Sardaigne (Italie)*. IOBC/wprsb Bulletin 22 (3): 5-12.
- FRANCESCHINI A., LINALDEDDU B.T., SCANU B., 2012 – *Serious outbreak of holm oak decline on Caprera Island Italy*. IOBC/wprsb Bulletin, 76: 101-108.
- FRANCESCHINI A., MADDAU L., MARRAS F., 2002 – *Endophytic incidence of fungi involved in the cork oak decline*. IOBC/wprsb Bulletin, 25 (5): 29-36.
- GARBELOTTO M., HUBERLI D., SHAW D., 2006 – *First report on an infestation of Phytophthora cinnamomi in natural oak woodlands of California and its differential impact on two native oak species*. Plant Disease, 90: 685-685. <http://dx.doi.org/10.1094/PD-90-0685C>
- JURC D., OGRIS N., 2006 – *First reported outbreak of charcoal disease caused by Biscogniauxia mediterranea on Turkey oak in Slovenia*. Plant Pathology, 55: 299. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3059.2005.01297.x>
- LINALDEDDU B.T., FRANCESCHINI A., LUQUE J., PHILLIPS A.J.L., 2007 – *First report of canker disease caused by Botryosphaeria parva on cork oak trees in Italy*. Plant Disease, 91 (3): 324. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-91-3-0324A>
- LINALDEDDU B.T., FRANCESCHINI A., PULINA M. A., 2005 – *Epidemiological aspects of Biscogniauxia mediterranea in declining cork forest in Sardinia (Italy)*. IOBC/wprsb Bulletin, 28 (8): 75-81.
- LINALDEDDU B.T., SCANU B., FRANCESCHINI A., 2010 – *First report of Diplodia scrobiculata causing canker and branch dieback on strawberry tree (Arbutus unedo) in Italy*. Plant Disease, 94: 919. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-94-7-0919C>
- LINALDEDDU B.T., SCANU B., MADDAU L., FRANCESCHINI A., 2011 – *Diplodia africana causing dieback disease on Juniperus phoenicea: a new host and first report in the northern hemisphere*. Phytopathologia Mediterranea, 50: 473-477.
- LINALDEDDU B.T., SEDDAIU S., SCANU B., DEIDDA A., MADDAU L., FRANCESCHINI A., 2012 – *A new disease of Erica arborea in Italy caused by Neofusicoccum luteum*. Atti del XVIII Convegno Nazionale della Società Italiana di Patologia Vegetale, 24-26 settembre 2012 Sassari, (Italia).
- LINALDEDDU B.T., SIRCA C., SPANO D., FRANCESCHINI A., 2009 – *Physiological responses of cork oak and holm oak to infection by pathogens involved in oak decline*. Forest Pathology, 39 (4): 232-238. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0329.2008.00579.x>
- LOI A., LUCIANO P., GILIOI G., BODINI A., 2012 – *Lasius brunneus (Formicidae Formicinae) and Stomaphis quercus (Aphidoidea Aphididae): trophobionts harmful to cork oak forest in Sardinia (Italy)*. Redia, 95: 21-29.
- LONGO S., 2012 – *Psyllaephagus bliteus efficace parassitoide della psilla*. Apitalia, 10: 38-41.
- LUCIANO P., 2010 – *Problematiche fitosanitarie e difesa delle pinete della Sardegna*. I Georgofili - Quaderni 2009-IV: 53-69.
- LUCIANO P., DELRIO G., PROTA R., 1982 – *I defogliatori delle foreste a Quercus suber L.* Studi Sass., sez. III, Ann. Fac. Agr. Univ. Sassari, 29: 321-365.
- LUCIANO P., LENTINI A., 2012 – *Ten years of microbiological control program against lepidopterous defoliators in Sardinian cork oak forests*. IOBC wprsb Bull., vol. 76: 175-178.
- LUCIANO P., LENTINI A., CAO O.V., 2003 – *La lotta ai defogliatori delle sugherete in Provincia di Sassari*. Industria grafica Poddighe, Sassari, 72 p.
- LUCIANO P., LENTINI A., CAO O.V., 2006 – *Indagini sulla frequenza e intensità degli attacchi entomatici in sugherete della Provincia di Nuoro*. In: Ricerca e Sughericoltura. Ed. da P. Luciano e A. Franceschini, Composita, Sassari: 57-66.
- LUCIANO P., LENTINI A., GIANNASI M.P., BRUNDU G., 2002 – *La previsione delle infestazioni nelle sugherete della Sardegna*. In: Il monitoraggio fitosanitario delle foreste. Quaderno ARSIA 2/2002: 67-73.
- LUQUE J., COHEN M., SAVÉ R., BIEL C., ÁLVAREZ I.F., 1999 – *Effects of three fungal pathogens on water relations, chlorophyll fluorescence and growth of Quercus suber*

- L. *Annals of Forest Science*, 56: 19-26. <http://dx.doi.org/10.1051/forest:19990103>
- LUQUE J., GIRBAL J., 1989 – *Dieback of cork oak (Quercus suber) in Catalonia (NE Spain) caused by Botryosphaeria stevensii*. *European Journal Forest Pathology*, 19: 7-13. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0329.1989.tb00764.x>
- LUQUE J., PERA J., PARLADE J., 2008 – *Evaluation of fungicides for the control of Botryosphaeria corticola on cork oak in Catalonia (NE Spain)*. *Forest Pathology*, 38: 147-155. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0329.2007.00526.x>
- PANTALEONI R.A., LORU L., SASSU A., LODDO C., 2007 – *Il cinipide del castagno in Sardegna*. *Notiziario sulla Protezione delle Piante*, 21 (2007): 203-206.
- PROTA R., FLORIS I., LENTINI A., LUCIANO P., 1991 – *Aspetti entomologici della quercia da sughero e prospettive di protezione in Sardegna*. *Atti Convegno "Problematiche fitopatologiche del genere Quercus in Italia"*, Firenze, 19-20 novembre 1990, p. 284-304.
- PROTA R., LUCIANO P., FLORIS I., 1992 – *La protezione delle foreste dai Lepidotteri defogliatori. Elementi per la conoscenza dell'entomofauna nociva e suggerimenti di difesa in chiave ecologica*. La Celere Editrice, Alghero: 91 p.
- ROVERSI P.F., MARZIALI L., MARIANELLI L., SQUARCINI M., 2010 – *Impatto dell'invasione biologica di Matsucoccus feytaudi nelle pinete di pino marittimo dell'alta Toscana*. *I Georgofili - Quaderni 2009-IV*: 37-52.
- SANCHEZ M.E., CAETANO P., FERRAZ J., TRAPERO A., 2002 – *Phytophthora disease of Quercus ilex in southwestern Spain*. *Forest Pathology*, 32: 5-18. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1439-0329.2002.00261.x>
- SANTINI L., 2010 – *La cimice americana delle conifere (Leptoglossus occidentalis Heidemann) (Heteroptera Coreidae) e fruttificazione del pino domestico*. *I Georgofili - Quaderni 2009-IV*: 15-36.
- SCANU B., LINALDEDDU B.T., FRANCESCHINI A., 2010 – *First report of Phytophthora pseudosyringae associated with ink disease of Castanea sativa in Italy*. *Plant Disease*, 94: 1068-1068. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-94-8-1068B>
- SCANU B., LINALDEDDU B.T., FRANCESCHINI A., ANSELMINI N., VANNINI A., VETTRAINO A.M., 2013 – *Occurrence of Phytophthora cinnamomi in cork oak forests in Italy*. *Forest Pathology*, doi: 10.1111/efp.12039. <http://dx.doi.org/10.1111/efp.12039>
- SLIPPERS B., WINGFIELD M.J., 2007 – *Botryosphaeriaceae as endophytes and latent pathogens of woody plants: diversity, ecology and impact*. *Fungal Biology Reviews*, 21: 90-106. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbr.2007.06.002>
- TAINTER F.H., O'BRIEN J. E., HERNANDEZ A., OROZCO F., REBOLLEDO O., 2000 – *Phytophthora cinnamomi as a cause of oak mortality in the state of Colima, Mexico*. *Plant Disease*, 84: 394-398. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS.2000.84.4.394>