

LE FORESTE MEDITERRANEE: POTENZIALITÀ, CRITICITÀ E CAPACITÀ DI RICERCA

Giovanni Di Matteo, Caterina Guidi

Riassunto

Gli ecosistemi forestali del Mediterraneo, attualmente, rappresentano la principale infrastruttura verde dell'omonima regione, con potenzialità interessanti dal punto di vista ambientale, socio-culturale ed economico. Tuttavia, diverse criticità e problematiche ne minacciano l'equilibrio ecologico e la biodiversità, a fronte di un clima in continuo cambiamento.

In questo lavoro viene presentata e discussa un'analisi della letteratura sullo stato degli ecosistemi forestali del Mediterraneo e del sistema di ricerca associato.

Specifiche analisi bibliometriche hanno fornito un quadro generale sulle attività di ricerca forestale condotte nel Mediterraneo (principalmente: biodiversità, effetto del cambiamento climatico sulle risposte eco-fisiologiche degli alberi, suolo e impatti antropogenici). Una mappatura delle capacità di ricerca forestale del Mediterraneo condotta nell'ambito del progetto europeo FORESTERRA ha fornito utili informazioni sul sistema di ricerca (ovvero: spese complessive sostenute per le attività di ricerca, numero e tipologia di infrastrutture di ricerca, numero di progetti forestali, quantificazione della comunità scientifica forestale e numero di articoli pubblicati su riviste con impact factor). Si conclude che, grazie alle innovazioni e alle soluzioni proposte, questo sistema di ricerca ha le potenzialità per reagire tempestivamente per far fronte alle sfide e alle minacce che stanno colpendo gli ecosistemi forestali del Mediterraneo.

Parole chiave: *Foreste mediterranee, Sistemi di ricerca, Minacce delle foreste, Cambiamenti climatici, Servizi ecosistemici, Valore economico delle foreste.*

Abstract

Nowadays, the Mediterranean forest ecosystems are representing the main green infrastructure of the so-called region, with interesting environmental, socio-cultural and economic potentials. They, however, are facing several challenges and threats to ensure their vitality and prosperity in a changing climate.

Here, an overview on the state of Mediterranean forest ecosystems and the related research system has been conducted and the related findings have been discussed.

A science mapping analysis has provided an overall picture on Mediterranean forest research activities (i.e., biodiversity, climate change effect on tree eco-physiological responses, soil and anthropogenic impacts). A dedicated mapping on Mediterranean forest research capacities (i.e., EU FORESTERRA project) has revealed useful information on general research expenses, infrastructures, forest projects, staff and published articles.

We have concluded that this research system is reacting promptly to address challenges and threats affecting Mediterranean forest ecosystems thanks to the innovations and solutions they are proposing.

Keywords: *Mediterranean forests, Forest research system, Forest threats, Climate change, Ecosystem services, Forest economic value.*

Introduzione

Nel 2010, la superficie forestale stimata nell'area del Mediterraneo è stata di circa 85 milioni di ettari, cioè il 2% della superficie forestale mondiale (4.033 milioni di ettari, FAO, 2010b). Tale superficie risulta in forte espansione poiché è aumentata di quasi 12 milioni di ettari tra il 1990 e 2010, con un tasso medio annuo di crescita dello 0.68%. Solo Albania, Algeria, Bosnia-Erzegovina e Israele hanno registrato una perdita netta del tasso di espansione della superficie forestale (FAO, 2010b).

Gli ecosistemi forestali mediterranei ospitano circa 25.000 specie (di cui il 50% endemiche) di piante vascolari (cioè dotate di un sistema di vasi per condurre l'acqua, in pratica tutte le piante con l'eccezione di alghe, muschi ed epatiche), caratterizzate da un elevato grado di biodiversità forestale (290 specie di alberi di cui 201 endemici) e pertanto da una straordinaria diversità genetica. L'inusuale variabilità geografica e topografica, unitamente alla presenza di un'ampia variabilità latitudinale ed altitudinale (es. coste frastagliate, presenza di numerose catene montuose e aree interne) e di una variabilità climatica stagionale

pronunciata giustificerebbe la presenza di un tale patrimonio genetico, unico al mondo in termini di biodiversità (Matesanz e Valladares, 2014; Myers *et al.*, 2000; Médail e Quézel, 1997).

Le foreste mediterranee forniscono una vasta gamma di servizi ecosistemici e prodotti; tra i più importanti si annoverano la qualità del paesaggio, la protezione del suolo e dell'acqua, il controllo dell'erosione e protezione idrogeologica, il controllo della desertificazione, il sequestro del carbonio atmosferico, la conservazione della biodiversità vegetale e animale, la produzione di prodotti forestali legnosi e non-legnosi e l'offerta di attività ricreative e turistiche.

Dal punto di vista economico, le principali attività provengono dalla produzione e vendita di prodotti legnosi, con ricavi che ammonterebbero a circa il 35% del valore economico totale ricavabile dalle foreste mediterranee, con un valore medio di 47 €/ha. Nelle regioni del nord del Mediterraneo, la produzione di legname delle foreste è relativamente significativa (€ 67/ha) grazie alle ampie aree forestali e al veloce tasso di crescita delle foreste. Al contrario, nella maggior parte dei paesi del sud (€ 12/ha) e dell'est del Mediterraneo (€ 22/ha) la produzione di legname (principalmente quello da ardere) è risultata più bassa e con un valore di mercato inferiore se comparato con i paesi del nord (Merlo e Croitoru, 2005). Tale produzione, tuttavia, non è sufficiente per soddisfare la domanda della regione, che, infatti, rimane un importatore netto di prodotti legnosi e non-legnosi (UNECE/FAO, 2012; FAOSTAT, 2010). Di conseguenza, nel 2010 i paesi del Mediterraneo hanno importato complessivamente legno e prodotti legnosi (*wood and woody products*) per un valore al di sopra di 36 miliardi €, 29 miliardi dei quali (80%) provenivano da paesi non-Mediterranei.

Altro comparto economico emergente relativo alle foreste mediterranee è costituito dalla straordinaria varietà di prodotti forestali non-legnosi (*non-wood forest products*, NWFP) utilizzati e prodotti dalle popolazioni locali (es. sughero, piante medicinali e aromatiche come il timo e il rosmarino, frutti di bosco, carrube, pinoli, tartufi, funghi e miele). Il valore economico stimato per la produzione di NWFP dalle foreste del Mediterraneo è stato di € 822.4 milioni. Circa il 90% di questo valore proviene dall'area nord-occidentale del Mediterraneo, con Spagna, Italia e Francia che rappresentano i più importanti produttori. Fuori tale area, Libano e Bosnia-Erzegovina sono i soli paesi che hanno contribuito per più del 2% sul totale del valore della produzione dei NWFP. In media, il valore economico unitario dei NWFP corrisponde a € 11.96/ha, con picchi di € 16.91/ha osservati nell'area nord-occidentale del Mediterraneo e valori minimi di € 2.52/ha nell'area del sud (Masiero *et al.*, 2013).

Per quanto riguarda il settore alimentare è stato stimato il 42% della produzione totale ritraibile dai NWFP nei paesi del Mediterraneo, per un valore economico totale di 606.176,36 € (58.9%), seguito dal settore dei pellami e attività legate alla caccia (29%) per un valore di 6.016,80 € (0.6%) e altri prodotti vegetali (15%) per un valore di 144.978,72 € (14.3%) (FAO, 2010). I paesi del nord del Mediterraneo hanno prodotto quasi il 90% di prodotti alimentari sul totale della produzione dei NWFP (645.917,4 tonnellate), per un valore economico di 562.535,78 € (21.304,53 € nel Mediterraneo nord-orientale e 541.231,71 € nel Mediterraneo nord-occidentale). I paesi dell'est nel 2005 hanno prodotto principalmente pelli, pellami e altri prodotti derivanti dalla caccia per il 31% del totale della produzione dei NWFP (352.000 tonnellate), con un valore economico di 4.565,16 €. I paesi del sud hanno prodotto principalmente prodotti medicinali e aromatici per il 22% del totale della produzione dei NWFP (58.600 tonnellate), per un valore economico di 4.565,16 €. È importante notare che tale comparto economico può generare redditi significativi, anche nella prospettiva di formare nuove figure professionali e posti di lavoro e di conseguenza promuovere una gestione forestale sostenibile (Allard *et al.*, 2013). Questi impieghi professionali genererebbero redditi diretti (beni e servizi commerciabili), redditi ombra (auto-consumo) e redditi indiretti attraverso collegamenti con altri prodotti e servizi (servizi turistici, aumento del valore delle case). Pertanto il valore economico totale di questo comparto potrebbe essere sottostimato.

Le foreste del Mediterraneo oltre a rappresentare un importante serbatoio di carbonio (Di Matteo *et al.*, 2014; Allard *et al.*, 2013), forniscono importanti servizi ecosistemici quali la regolazione dell'acqua e del clima, la fornitura di prodotti legnosi e non-legnosi, l'offerta di servizi ricreativo-naturalistici e la conservazione della biodiversità. Da una valutazione condotta nel 2005 e considerando gli scenari sui cambiamenti climatici al 2050 A1 e B2 suggeriti dall'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (Ding *et al.*, 2011), il valore economico derivato dallo stoccaggio del carbonio nelle foreste del Mediterraneo varia tra 34 e 58 miliardi €, cioè circa il 13% del valore economico totale delle foreste mondiali (circa 360 miliardi di €). Pertanto questo valore economico è inferiore a quello delle foreste del centro-nord Europa (tra 107 miliardi e 175 miliardi €), ma superiore a quello delle foreste dell'Europa settentrionale (tra 10 miliardi e 21 miliardi €) e dell'Europa scandinava (tra 29 miliardi e 32 miliardi €). In tale ambito, esistono o si stanno sviluppando diversi meccanismi e strumenti finanziari per incoraggiare le riduzioni delle emissioni dei gas serra e potenziare la capacità degli ecosistemi foresta-

li nel sequestrare carbonio atmosferico. Essi includono una implementazione congiunta tra il Meccanismo dello Sviluppo Pulito (UNFCCC, 2017), lo Schema di Commercio di Emissione dell'UE (EU Commission, 2013), e lo schema proposto per ridurre le emissioni dalla deforestazione e degradazione forestale nei paesi in via di sviluppo (REDD+) (UN-REDD, 2013). Infatti, i mercati volontari e i finanziamenti pubblici offrirebbero possibilità economiche al settore forestale, dato che gli acquirenti sono più propensi ai pagamenti del carbonio per risanare le terre e incoraggiare la forestazione su ampia scala. I pagamenti previsti nel quadro dei REDD+ per evitare la deforestazione e la degradazione delle foreste stanno suscitando un crescente interesse poiché potrebbero elargire importanti finanziamenti per le riduzioni delle emissioni di gas serra nei paesi in via di sviluppo della regione del Mediterraneo. Ulteriore aspetto da considerare è che, negli ultimi anni, è in forte crescita l'utilizzo delle biomasse forestali per produzioni bio-energetiche (ad esempio: generazione di energia elettrica e termica) le quali possono offrire valide alternative all'utilizzo dei combustibili fossili. Le energie rinnovabili (energia idroelettrica, biomassa, energia eolica, solare e geotermica) rappresentano il 6.7% della produzione energetica nella regione del Mediterraneo. Più dell'80% della domanda di energia attuale della regione del Mediterraneo è soddisfatta dai combustibili fossili e l'energia nucleare provvede per il restante 13.3% (Allard *et al.*, 2013). Tale utilizzo sarà efficiente fintanto che la biomassa forestale utilizzata per fini bioenergetici proviene da foreste gestite in modo sostenibile o da piantagioni dedicate (*Short Rotation Forestry*, Figura 1) e impiegata in stufe efficienti, quali caldaie appositamente attrezzate con sistemi di cogenerazione (es. gassificazione del legno per generazione di elettricità e di riscaldamento). In alcuni casi, tali riduzioni di emissioni sono idonee per ricevere crediti di carbonio.

Gli ecosistemi forestali mediterranei sono tuttavia soggetti a numerose minacce, tra le più importanti si annoverano gli incendi forestali, l'eccessivo sfruttamento delle sue risorse, la deforestazione e degradazione del suolo e degli habitat, e l'urbanizzazione. Queste minacce, già storicamente presenti, sono attualmente accentuate da un contesto di cambiamento del clima e cambio d'uso del suolo (Hergarten and Fröde-Thierfelder, 2013; Palahi *et al.*, 2008). Questo perché tra tutte le regioni bioclimatiche, l'area del Mediterraneo appare essere la più vulnerabile al cambiamento climatico (Lindner *et al.*, 2010; Sala *et al.*, 2000) in quanto rappresenta una zona di transizione tra le regioni aride e umide del mondo (Scarascia Mugnozza *et al.*, 2000). Fra tutti gli scenari sui cambiamenti climatici suggeriti dall'IPCC, l'aumento della



Fig. 1. Fase di raccolta di una piantagione dedicata per produzioni bioenergetiche (*Short Rotation Forestry*). Il prodotto finale è la produzione di biomassa ligno-cellulosica da utilizzare per la produzione di elettricità e di energia termica (Foto: G. Di Matteo).

temperatura è sempre associato a cambiamenti del regime pluviometrico, sebbene con una maggiore incertezza. L'incertezza nei dati sul clima proviene dalla variabilità naturale intrinseca del sistema climatico, dai limiti nella capacità di modellazione del sistema climatico e dalla comprensione di come cambieranno le future emissioni dei gas serra. Qui, recenti studi hanno evidenziato che un aumento delle precipitazioni nel nord Europa è associato ad una riduzione delle precipitazioni fino al 20% nel sud Europa, particolarmente durante la stagione estiva (Vautard *et al.*, 2014; Scarascia-Mugnozza e Matteucci, 2012). Tale scenario avrebbe effetti negativi sulla frequenza e sulla durata dei periodi di siccità, con ripercussioni sulle risorse idriche disponibili per gli ecosistemi forestali e i sistemi agricoli. Temperature più elevate e riduzione delle precipitazioni durante l'estate aumenterebbero inoltre la domanda evaporativa dell'atmosfera, impattando negativamente sugli ecosistemi forestali mediterranei, i quali attualmente mostrano valori di evapotraspirazione sopra il 90% delle precipitazioni annuali (Palahi *et al.*, 2008). Il IV rapporto dell'IPCC (2007) prevede entro la fine del secolo un aumento della temperatura media per la regione mediterranea di circa 4-6 °C e una riduzione del 20-25% delle precipitazioni durante i mesi estivi. Si prevede che uno dei principali effetti dei cambiamenti climatici sarà l'espansione del clima mediterraneo verso nuove aree del nord Europa. Questo, se associato ad un aumento di aree forestali non gestite nel nord del Mediterraneo unitamente

all'aumento del tasso di deforestazione e all'eccessivo sfruttamento delle foreste nel sud del Mediterraneo aumenterà drammaticamente il livello di rischi biotici (parassiti e malattie) e abiotici (incendi, siccità, deperimento, degrado delle terre e desertificazione) sugli ecosistemi forestali mediterranei, riducendo anche le possibilità per un loro possibile adattamento al cambiamento climatico.

La mancanza di una corretta e sistematica gestione degli ecosistemi forestali nei paesi del nord del Mediterraneo, anche dovuta all'abbandono rurale che li ha caratterizzati negli ultimi decenni, ha provocato un significativo accumulo di biomassa viva (*living biomass*) e morta (*deadwood*) che ha aumentato il rischio di infiammabilità delle foreste e la conseguente propagazione degli incendi boschivi. Inoltre, il cambiamento climatico può aumentare la frequenza di eventi meteorologici estremi (es., siccità prolungate, ondate di calore, irregolarità delle precipitazioni), di conseguenza esponendo gli ecosistemi forestali a minaccia di incendio e deperimento (FAO, 2007). In particolare, il numero di incendi violenti nella regione del Mediterraneo, tra i periodi 2003-2007 e 2006-2010 è stato simile, ovvero 342.905 (circa 70.000 per anno) per una superficie forestale complessiva bruciata di oltre 3 milioni ha (circa 600.000 ha per anno). Da notare che Portogallo e Spagna sono stati i paesi più colpiti dagli incendi boschivi.

È stato stimato che ogni anno le epidemie di insetti parassiti forestali hanno colpito e danneggiato circa 35 milioni di ettari di foreste nel mondo (FAO, 2010). Di questi, più di 5 milioni di ettari si trovano nella regione mediterranea, che rappresenta circa il 14% del danno globale e quasi il 6% dell'area forestale totale della regione.

I cambiamenti climatici possono influenzare il ciclo vitale dei parassiti delle foreste con impatto diretto sul loro sviluppo, sopravvivenza, riproduzione e diffusione, e di conseguenza sul loro grado di virulenza e aggressività; e come impatto indiretto sulle relazioni tra parassiti, il loro ambiente e relazione con le altre specie. È previsto che la regione del Mediterraneo sarà particolarmente colpita dai cambiamenti climatici. Gli effetti dei cambiamenti climatici, tra i quali l'aumento delle temperature, la riduzione delle risorse idriche (es., eccessivo sfruttamento, inquinamento delle falde acquifere, salinizzazione, riduzione delle precipitazioni) e l'aumento della richiesta di acqua da parte dei settori agricolo, urbano ed energetico, renderanno le foreste del Mediterraneo più vulnerabili ai pericoli naturali già presenti, quali parassiti e malattie.

Anche la progressiva espansione dei centri abitati può avere un impatto sugli ecosistemi forestali. Il numero di abitanti per ettaro di superficie forestale

evidenzia la pressione umana esercitata sugli ecosistemi forestali (FAOSTAT e FAO Forest Resource Assessment, 2010), specialmente nel sud del Mediterraneo dove la densità della popolazione per ettaro di foresta è molto alta (450-1202 abitanti per ettaro di foresta). La regione del Mediterraneo è, infatti, una delle più grandi aree urbanizzate del mondo e di conseguenza risulta caratterizzata da elevati tassi di urbanizzazione (Bourse, 2012). Secondo le previsioni demografiche più recenti del Plan Bleu (Plan Bleu, 2010), 507 milioni di abitanti vivono nella regione del Mediterraneo (nel 2010), cioè il 7% della popolazione globale. Il totale dovrebbe raggiungere i 570 milioni entro il 2025, con una crescita maggiore (il 95%) nei paesi del sud-est del Mediterraneo. Nonostante l'alto tasso di crescita della popolazione urbana e contrariamente con quanto osservato in altre parti del mondo, l'urbanizzazione nella regione del Mediterraneo avviene principalmente tramite l'espansione di numerosi piccoli-medi centri abitati piuttosto che in megalopoli. Nel 2010, dei 100 agglomerati urbani più grandi del mondo solo sette si trovavano nei paesi del Mediterraneo, e solo quattro di questi potevano essere considerati tali da esprimere completamente il carattere, i problemi e le opportunità di una città del Mediterraneo (Demographia World Urban Areas, 2012). Da notare che una delle caratteristiche della regione è l'alto tasso di urbanizzazione delle aree costiere, usualmente in forte espansione per soddisfare la richiesta turistica. La porzione di popolazione che vive nelle zone costiere è cresciuta dal 63% nel 1970 al 70% nel 2000 e dovrebbe raggiungere il 76.6% entro il 2025. Si stima che il 40% dei 20 000 km di costa della regione del Mediterraneo è occupato da insediamenti urbani. Secondo il Piano di Azione del Mediterraneo (UNEP/MAP, 2012), questa percentuale dovrebbe aumentare fino al 50% entro il 2025. Oltre a causare un aumento nel numero e nella densità della popolazione, l'urbanizzazione comporta occupazione della terra e uso di energia, acqua, cibo e legno come combustibile, deforestazione e produzioni agricole intensive. Le conseguenze della pressione dell'urbanizzazione sulle foreste comportano un aumento della frammentazione del paesaggio e degli habitat, aumento del rischio di incendi, degrado del suolo, desertificazione, insicurezza alimentare e incremento delle malattie umane.

Altra importante minaccia per gli ecosistemi forestali è il degrado del suolo. Qui, gli aspetti negativi da considerare sono: diminuzione della produttività agricola, compromissione dei servizi ecosistemici, riduzione della biodiversità e impoverimento delle popolazioni. A livello europeo, una direttiva quadro sulla protezione del suolo, proposta nel 2007, riferiva

che il 45% del suolo europeo è soggetto a fenomeni di degrado e di conseguenza impoverito di sostanza organica, e che il problema era particolarmente evidente nella regione mediterranea (Allard *et al.*, 2013). Il degrado del suolo è il risultato di fenomeni chimico-fisici che includono: erosione, sedimentazione, perdita di materia organica, salinizzazione, frane, perdita della biodiversità del suolo, acidificazione, desertificazione e cedimento. Tutti questi problemi potrebbero essere inaspriti dal cambiamento climatico. Tra il 1992 e il 2009, l'area di suolo arabile è diminuita di 7 milioni di ettari (13%) nei paesi del nord del Mediterraneo e di 4 milioni di ettari (9%) nei paesi del sud-est del Mediterraneo (FAOSTAT, 2012).

Il 60% della popolazione mondiale che vive in paesi caratterizzati da limitazioni idriche è concentrata nella regione del Mediterraneo. Qui, la scarsità dell'acqua è anche più accentuata, poiché le risorse idriche sono distribuite in modo non-omogeneo nella regione: nel 2009, Turchia, Francia, Italia e Spagna condividevano il 67% delle risorse idriche rinnovabili mentre quelli del sud e dell'est del Mediterraneo solo un quarto (27%). Con il cambiamento climatico, si prevede un aumento delle aree colpite dalla scarsità di acqua nelle prossimi decenni, con un impatto negativo sulle popolazioni, sugli ecosistemi forestali, i sistemi agricoli e sulle economie locali (Allen *et al.*, 2015). Tale situazione provocherebbe una maggiore pressione sull'ambiente con conseguente accelerazione dei fenomeni relativi al degrado del suolo (Figura 2).

In particolare, l'alta densità degli alberi dovuta alla mancanza di pratiche selvicolturali può aumentare la vulnerabilità delle foreste in un'ottica di scarsità di acqua associata ad altri rischi ambientali quali gli attacchi di insetti e parassiti ed incremento del rischio di incendi boschivi (Di Matteo *et al.*, 2017; Di Matteo *et al.*, 2008). La gestione forestale pertanto dovrebbe dedicarsi alle questioni che affrontano la scarsità dell'acqua, poiché può contribuire ad aumentare la resilienza forestale allo stress idrico (Figura 3).

Analisi sulle attività di ricerca condotte nelle foreste mediterranee e loro rilevanza.

È oggi possibile caratterizzare specifici sistemi di ricerca in termini di numero di pubblicazioni prodotte, principali aree di ricerca studiate, numero di autori e tipologie di riviste scientifiche utilizzate, numero di volte che ogni specifico articolo pubblicato viene citato da altri articoli (*co-citation*, *bibliographic coupling*) e di conseguenza del loro impatto sulla comunità scientifica. L'accesso a metadati bibliometrici

conservati in data base internazionali (principalmente Scopus e Web of Science) ha reso queste analisi possibili.

Partendo da questi presupposti e considerando che gran parte delle ricerche condotte sugli ecosistemi forestali mediterranei sono state pubblicate è pertanto possibile effettuare specifiche analisi bibliometriche che rivelano la mappatura di tale sistema di ricerca. Nello specifico, la mappatura di una scienza (*science mapping*) o di un sistema di ricerca è una



Fig. 2. Piantazione di Pino d'Aleppo (*Pinus halepensis* L.) ai margini del deserto del Negev (Israele) in ambiente semi-arido (200-300 mm di pioggia annuali). Obiettivo della piantagione è contrastare i fenomeni di degrado del suolo e desertificazione, incrementare la biodiversità e i servizi ecosistemici (Foto: G. Di Matteo).



Fig. 3. Esempio di gestione selvicolturale "adattativa" condotta in un bosco ceduo mediterraneo a prevalenza di leccio e corbezzolo (*Quercus ilex* L. e *Arbutus unedo* L.) della Sardegna meridionale con l'obiettivo di ridurre la competizione per l'acqua e i nutrienti attraverso l'eliminazione dello strato arbustivo e dominato (Foto: G. Di Matteo).

rappresentazione spaziale che evidenzia come discipline, aree di ricerca, specifiche ricerche, collaborazioni scientifiche, documenti e autori sono inter- e intra-connessi tra loro (Small, 1999) e mira pertanto a visualizzare gli aspetti strutturali e dinamici del sistema di ricerca investigato unitamente al loro impatto sulla comunità scientifica. Tali approcci bibliometrici sono stati recentemente utilizzati anche per ricavare nuove informazioni e avanzamenti su altri sistemi di ricerca, con l'obiettivo di identificare le ultime tendenze di ricerca, la presenza di nuove aree di ricerca e del loro impatto sulla comunità scientifica (Lee e Chen, 2012).

Un recente studio bibliometrico sulla ricerca forestale mediterranea è stato condotto attraverso l'analisi di 2698 pubblicazioni pubblicate dal 1984 al 2014 (Nardi *et al.*, 2016). Tale studio evidenzia, in particolare, che le aree di ricerca maggiormente investigate sulle foreste mediterranee (periodo tra 2010 e 2014, Figura 4) sono relative a: (i) Biodiversità forestale, in particolare tutti gli aspetti di ricerca relativi alla sua conservazione; (ii) Cambiamenti Climatici in termini di aumento ulteriore della temperatura media, aumento della frequenza e della durata di siccità estreme e aumento delle ondate di calore con particolare

attenzione ai suoi possibili impatti sugli ecosistemi forestali mediterranei. Qui, le ricerche sono state condotte per capire quali sono e saranno le risposte degli alberi e degli ecosistemi forestali mediterranei ai cambiamenti climatici, ovvero i meccanismi eco-fisiologici che regolano e regoleranno funzionalità ecologica, distribuzione geografica, riproduzione, sopravvivenza e produttività degli alberi in ambiente mediterraneo.

Altra specifica area di ricerca è rappresentata (iii) dal Suolo, ben caratterizzato da ricerche condotte per quantificare la capacità di sequestro del carbonio atmosferico nel suolo, l'analisi dei suoi nutrienti, l'analisi sulla struttura delle comunità microbiche, e la quantificazione delle emissioni di gas serra dal suolo.

Per ultimo, (iv) l'impatto antropogenico (urbanizzazione, crescita urbana e pressione umana) sul cambiamento d'uso del suolo, il degrado delle terre e sulla gestione dell'acqua negli ecosistemi forestali mediterranei.

Dall'analisi si evidenzia, inoltre, che dagli anni 2000 si sono sviluppate due tipologie di ricerca forestale nel Mediterraneo, quella applicata che quella di base. La prima ha riguardato soprattutto Biodiversità e Pressione antropogenica (paesaggio, conservazione

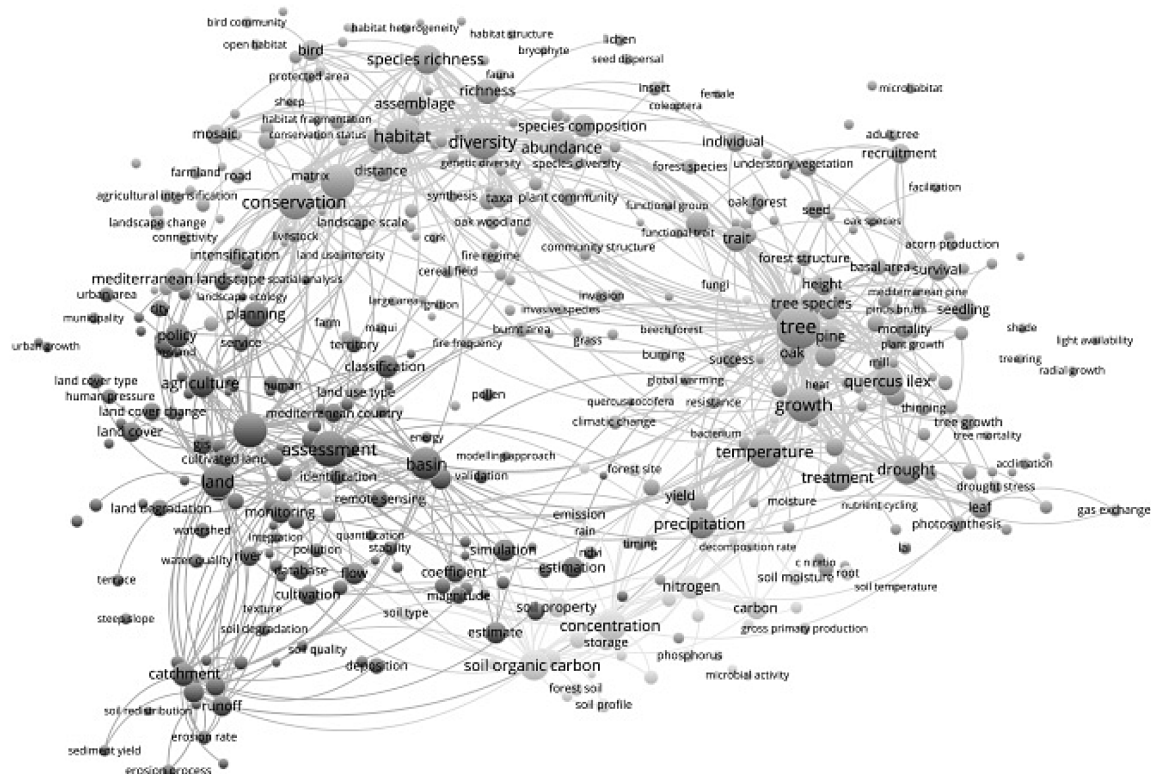


Fig. 4. Mappa dei termini di ricerca più utilizzati nella ricerca forestale mediterranea (da Nardi *et al.*, 2016). Ogni colore rappresenta un'area di ricerca (*cluster*) definita sulla base del grado di associazione di specifici termini di ricerca.

della biodiversità, incendi, erosione del suolo, gestione dell'acqua e degrado delle terre). La ricerca di base si è occupata principalmente di ecofisiologia forestale in rapporto ai Cambiamenti climatici.

Per quanto riguarda l'impatto delle ricerche in termini di numero di citazioni che hanno ricevuto nel tempo c'è da considerare che ogni specifica ricerca può essere collocata in diverse aree a secondo del periodo di tempo considerato. Un esempio in questo senso è rappresentato dalle citazioni ottenute dagli studi ecofisiologici (area di ricerca sui Cambiamenti climatici) i quali sono stati molto citati durante i periodi 2000-2004 e 2005-2009, ma al contrario, poco citati durante l'ultimo periodo di investigazione (2010-2014). Tuttavia, da un'analisi generale dei risultati è emerso che le tematiche di ricerca associate agli incendi boschivi e agli impatti del Cambiamento climatico sugli ecosistemi forestali mediterranei sono state quelle che hanno ottenuto il maggior numero di citazioni nel tempo in accordo con le recenti criticità emerse sullo stato delle foreste mediterranee (Allard *et al.*, 2013).

Altra importante considerazione è che dal 1996 al 2014, l'analisi delle mappe bibliometriche prodotte in Nardi *et al.* (2016) ha mostrato una disposizione circolare in quanto numerose ricerche associate al Cambiamento climatico (cambiamento ambientale, cambiamento climatico, cambiamento globale e riscaldamento globale) erano collocate in prossimità del centro della mappa, evidenziando in questo modo il ruolo multidisciplinare nella ricerca forestale del Mediterraneo.

Questa specifica area è stata particolarmente studiata negli ultimi anni anche in considerazione delle numerose preoccupazioni che stanno emergendo dalla letteratura internazionale (Doblas-Miranda *et al.*, 2015; EFI, 2010; Underwood *et al.*, 2009; Scarascia Mugnozza *et al.*, 2000; Lavorel *et al.*, 1998; Davis e Michaelsen, 1995). Qui, è interessante notare che il termine "*global warming*" è apparso solo nel periodo più recente dell'analisi (2010-2014), evidenziando così un interesse crescente nei confronti degli effetti del riscaldamento globale sugli ecosistemi forestali del Mediterraneo.

Simili risultati sono emersi da uno studio condotto da (Di Matteo *et al.*, 2015) nell'ambito delle attività di ricerca del progetto europeo FORESTERRA finanziato dalla Commissione Europea Enhancing Forest REsearch in the MediTERRanean through an improved coordination and integration, www.foresterra.eu. Qui le principali linee di ricerca emerse, dopo aver effettuato un censimento delle attività di ricerca di 79 istituti di ricerca forestale del Mediterraneo, sono state: (i) interazioni ecologiche, cambiamento globa-

le e climatico, adattamento e risorse genetiche forestali; (ii) inventari forestali, pianificazione forestale, selvicoltura e gestione sostenibile delle foreste; (iii) salute delle foreste, protezione delle foreste da agenti patogeni, effetti degli inquinanti e BVOC (*Biogenic Volatile Organic Compounds*); (iv) biodiversità animale e vegetale e gestione delle aree protette; e (v) produzione di biomassa, bioenergie e sistemi agroforestali. Al contrario, le aree di ricerca forestali meno studiate sono state: (i) valutazione dei rischi ecologici e naturali; (ii) botanica e tassonomia, identificazione e classificazione delle specie vegetali; (iii) selvicoltura urbana, pianificazione territoriale e architettura dell'albero e (iv) fitorimedio, fitodepurazione e uso di rifiuti trattati.

È interessante notare che le aree di ricerca più studiate in ambito forestale per entrambi i sopramenzionati articoli (Nardi *et al.*, 2016; Di Matteo *et al.*, 2015) corrispondono e si allineano con le criticità evidenziate sullo stato delle foreste del Mediterraneo (Allard *et al.*, 2013), ossia biodiversità e conservazione, cambiamento climatico, urbanizzazione, degrado del suolo, gestione delle acque, energie rinnovabili e protezione delle foreste (insetti nocivi, malattie). Viene incluso anche lo studio dell'economia forestale, la valutazione dei beni e dei servizi ecosistemici forestali e la *green economy*, sebbene non sia tra gli argomenti di maggiore attenzione.

Come affrontare criticità e minacce nelle foreste mediterranee? Forze e capacità schierate dalla ricerca forestale

La conoscenza delle capacità di ricerca di uno specifico sistema è un importante requisito per comprendere come affrontare e risolvere le numerose criticità e minacce che tale sistema studia. Qui, il termine capacità di ricerca ha un duplice significato: (i) capacità di condurre ricerche forestali in accordo con le politiche europee, e (ii) capacità nel produrre e diffondere i risultati e le innovazioni della ricerca tra gli attori che si occupano di problematiche forestali (*stakeholders*, comunità scientifica e decisori politici), anche considerando la loro ampia diversità e di conseguenza in grado di influenzare le loro attività. Il primo obiettivo viene raggiunto se esistono importanti presupposti per poter condurre una ricerca forestale, ovvero attrarre fondi di ricerca da progetti forestali utilizzando principalmente le competenze multidisciplinari dei ricercatori. Il secondo obiettivo viene raggiunto se esistono capacità e competenze specifiche per disseminare i risultati da ricerche qualitative e per produrre innovazioni. È tuttavia da considerare che tali capacità

possono interagire tra loro poiché la produttività e la disseminazione scientifica possono essere influenzate dal grado di successo che ogni ricercatore o sistema di ricerca ha conseguito nell'ottenere finanziamenti di ricerca, come peraltro il finanziamento di progetti di ricerca può essere influenzato dalla pregressa produttività scientifica.

La quantificazione delle capacità di ricerca della ricerca forestale del Mediterraneo è stato un importante obiettivo del progetto europeo FORESTERRA (Enhancing FOREst RESearch in the MediTERRanean through improved coordination and integration), nel quale rilevanti informazioni ottenute da importanti istituti e organizzazioni di ricerca forestale appartenenti a 13 paesi del Mediterraneo sono state presentate (vedi anche Di Matteo *et al.*, 2015). Nello specifico, alcuni importanti indicatori ritenuti rappresentativi della capacità di ricerca forestale del Mediterraneo sono stati sviluppati ed elaborati, ovvero: (i) personale di ricerca coinvolto; (ii) pubblicazioni internazionali prodotte; (iii) riviste scientifiche utilizzate per la disseminazione dei risultati; (iv) spese sostenute per condurre ricerche forestali; (v) finanziamenti ottenuti da progetti forestali; (vi) numero di progetti forestali finanziati; (vii) infrastrutture dedicate alla ricerca forestale (vedi anche Bajocco *et al.*, 2013); e (viii) linee di ricerca forestali più studiate (vedi capitolo precedente).

I risultati hanno rivelato che, complessivamente, il sistema di ricerca forestale del Mediterraneo è in grado di sostenere una spesa di ricerca annua pari a 259.5 M€. Tale spesa è comprensiva degli stipendi del personale di ruolo (ricercatori, tecnici e amministrativi), dei costi di funzionamento delle strutture di ricerca e dei costi dei progetti forestali considerando anche gli stipendi del personale non-permanente.

Il finanziamento annuo ottenuto dai progetti forestali attraverso bandi competitivi è stato di 72.0 M€, nel quale tre paesi (Francia, Spagna e Italia) hanno rappresentato l'80% del budget totale dei progetti forestali. Il numero totale annuo di progetti forestali finanziati è stato di 565 (esclusa la Francia), con la Turchia che ha mostrato il numero più alto di progetti di ricerca finanziati (128). La comunità di ricerca forestale nel Mediterraneo in termini di personale coinvolto consiste in circa 3.700 ricercatori. Se si considera anche il personale impiegato nelle attività tecniche e amministrative, risulta un'ampia comunità di ricerca di circa 5.600 persone. Il numero di articoli internazionali pubblicati su riviste scientifiche internazionali con *impact factor* sono state circa 1.250 all'anno, con cinque paesi (Francia, Italia, Spagna, Turchia e Grecia) che hanno rappresentato circa l'80% delle pubblicazioni.

Conclusioni

Si evidenzia una pronta reazione della ricerca forestale mediterranea nell'affrontare criticità e problematiche che interessano gli ecosistemi forestali. Dall'analisi emergerebbero infatti enormi potenzialità del sistema mediterraneo di ricerca forestale nel risolvere criticità e problematiche di un ecosistema forestale così fragile e frammentato. L'elevata produzione scientifica internazionale dimostra, inoltre, acquisite capacità di ricerca nel produrre soluzioni e innovazioni per una corretta conservazione, valorizzazione e gestione degli ecosistemi forestali mediterranei, in particolare alla luce delle nuove sfide che questi dovranno affrontare in un'ottica di cambiamento climatico e limitazione delle risorse energetiche e dei nutrienti. Per raggiungere tali obiettivi, la ricerca forestale dovrebbe utilizzare gli sviluppi e le innovazioni perseguite dalle sue discipline più rilevanti (climatologia, selvicoltura, economia forestale, politica forestale, ecofisiologia, ecologia, tecnologia dell'informazione e geomatica) e integrare le specifiche competenze tra le diverse aree scientifiche e disciplinari. La principale sfida sarà aumentare le capacità di ricerca forestale dei paesi del Mediterraneo per poi utilizzarle attraverso un meccanismo di allineamento dei programmi di cooperazione tramite *partnership* di ricerca transnazionali e transcontinentali di lungo termine, istituzione di *networking* per la condivisione delle infrastrutture di ricerca e dei siti sperimentali per la mobilitazione dei ricercatori e per lo sviluppo di capacità e misure per il trasferimento della conoscenza.

Riferimenti bibliografici

- Allard G., Nerrahmouni N., Besacier C., *et al.* (2013), *State of Mediterranean Forests 2013*.
- Allen C.D., Breshears D.D., McDowell N.G. (2015), *On underestimation of global vulnerability to tree mortality and forest die-off from hotter drought in the Anthropocene*, Ecosphere 6: 129, doi: 10.1890/ES15-00203.1.
- Bajocco S., Raparelli E., Patriarca F., *et al.* (2013), *Exploring forest infrastructures equipment through multivariate analysis: complementarities, gaps and overlaps in the Mediterranean basin*, Annals of Silvicultural Research 37:1-6.
- Bourse L. (2012), *Seaside tourism and urbanisation: environmental impact and land issues*, Blue Plan Notes 21: 1-4.
- Davis F.W., Michaelsen J. (1995), *Sensitivity of fire regime in chaparral ecosystems to climate change*, In: Moreno J.M. and Oechel W.C. (eds), *Global change and Mediterranean type ecosystems*. Springer - Verlag, New York, pp. 435-456.
- Demographia World Urban Areas (World Agglomerations): 8th Annual Edition, Version 2, July 2012. <http://www.demographia.com/db-worldua.pdf>.
- Di Matteo G., De Angelis P., Scarascia Mugnozza G. (2009), *Risposte ecofisiologiche dopo interventi di conversione ad alto*

- fusto, in: Ciancio O. (a cura di), "Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura per il miglioramento e la conservazione dei boschi italiani", Taormina, 16-19 ottobre 2008, Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, Volume I: 482-487.
- Di Matteo G., Tunno I., Nardi P., De Angelis P., Fabbio G. (2014), *C and N concentrations in different compartments of outgrown oak coppice forests under different site conditions in Central Italy*, Ann For Sci 71:885-895, doi: 10.1007/s13595-014-0390-4.
- Di Matteo G., Nardi P., Ceci P., et al. (2015), *Linking the forest research in the Mediterranean area: A framework to improve research capacities and cooperation*, For Policy Econ 50:292-301, doi: 10.1016/j.forpol.2014.08.003.
- Di Matteo G., Nardi P., Fabbio G. (2017), *On the use of stable carbon isotopes to detect the physiological impact of forest management: The case of Mediterranean coppice woodland*, For Ecol Manage 389:158-166, doi: 10.1016/j.foreco.2016.12.030.
- Ding H., Nunes P., Teluksingh S. (2011), *European forests and carbon sequestration services: an economic assessment of climate change impacts*, Ecosystem Services Economics Working Paper Series No. 9, Division of Environmental Policy Implementation.
- Doblas-Miranda E., Martínez-Vilalta J., Lloret F., Álvarez A., Ávila A., Bonet F.J., et al. (2015), *Reassessing global change research priorities in Mediterranean terrestrial ecosystems: how far have we come and where do we go from here?* Glob Ecol Biogeogr. 24: 25-43.
- EFI (2010), *A Mediterranean Forest Research Agenda - MFRA*, 2010-2020. 32.
- EU Commission (2013), *The EU Emissions Trading System (EU ETS)*, available at: https://ec.europa.eu/clima/files/factsheet_ets_en.pdf. Accessed May 2017.
- FAO (2007), *Fire management global assessment 2006*, Thematic study prepared in the framework of the Global Forest resources Assessment 2005, Rome.
- FAO (2010), *Global forest resources assessment 2010*, Main report, FAO Forestry Paper No. 163, Rome.
- FAO (2013), *State of Mediterranean Forests 2013*, FAO, Rome, <http://www.fao.org/docrep/017/i3226e/i3226e.pdf>.
- FAOSTAT database (2010), *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*, (also available at <http://www.fao.org/faostat/en/#home>).
- FAOSTAT database (2012), *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*, (also available at: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>).
- FRA (2010), National reports: España (FRA2010/196), Algérie (FRA2010/003), Maroc (FRA2010/139), Tunisie (FRA2010/213), Albania (FRA2010/002), Andorra (FRA2010/005), Bosnia and Herzegovina (FRA2010/026), Bulgaria (FRA2010/031), Croatia (FRA2010/049), Cyprus (FRA2010/051), Egypt (FRA2010/06), France (FRA2010/070), Greece (FRA2010/079), Gibraltar (FRA2010/078), Holy See (FRA2010/090), Israel (FRA2010/100), Italy (FRA2010/101), Jordan (FRA2010/105), Lebanon (FRA2010/114), Libyan Arab Jamahiriya (FRA2010/117), The former Yugoslav Republic of Macedonia (FRA2010/207), Malta (FRA2010/126), Monaco (FRA2010/135), Montenegro (FRA2010/137), Occupied Palestinian Territories (FRA2010/156), Portugal (FRA2010/167), San Marino (FRA2010/183), Serbia (FRA2010/187) (also available at: <http://www.fao.org/documents/en/>).
- IPCC (2007), *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 104.
- Hergarten M., Fröde-Thierfelder B.L.L. (2013), *Forests and Climate Change Adaptation: a twofold approach*. GIZ Regional Project *Silva Mediterranea-CPMF "Adapting Forest Policy Conditions to Climate Change in the MENA-region"*, February 2013.
- Lavorel S., Canadell J., Rambal S., Terradas J. (1998), *Mediterranean terrestrial ecosystems: research priorities on global change effects*, Glob Ecol Biogeogr. 7: 157-166.
- Lee M.R., Chen T.T. (2012), *Revealing research themes and trends in knowledge management: From 1995 to 2010*, Knowl Based Syst. 28: 47-58.
- Lindner M., Maroschek M., Netherer S., Kremer A., Barbati A., Garcia-Gonzalo J., Seidl R., Delzo S., Corona P., Kolström M., Lexer M.J., Marchetti M. (2010), *Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems*, Forest Ecology and Management 259: 698-709.
- Masiero M., Calama R., Lindner M., Pettenella D. (2013), *Traditional markets for Mediterranean forest products*, in: Lucas-Borja M.E. (eds), *Mediterranean forest management under climate change: building alternatives for the future*, Nova Science Publishers, Inc., New York, 93-118 pp.
- Matesanz S., Valladares F. (2014), *Ecological and evolutionary responses of Mediterranean plants to global change*, Environ Exp Bot 103:53-67, doi: 10.1016/j.envexpbot.2013.09.004.
- Médail F., Quézel P. (1997), *Hot-spots analysis for conservation of plant biodiversity in the Mediterranean basin*, Annals of the Missouri Botanical Garden 84: 112-127.
- Merlo M., Croitoru L. (2005), *Valuing Mediterranean forests: towards total economic value*, Wallingford, UK, CAB International.
- Myers N., Mittlemeier R.A., Mittlemeier C.G., Da Fonseca G.A.B., Kent J. (2000), *Biodiversity hotspots for conservation priorities*, Nature 403: 853-858.
- Nardi P., Di Matteo G., Palahi M., Scarascia Mugnozza G. (2016), *Structure and evolution of Mediterranean forest research: A science mapping approach*, PLoS One 11:1-20, doi: 10.1371/journal.pone.0155016.
- Palahi M., Mavsar R., Gracia C., Birot Y. (2008), *Mediterranean forests under focus*, International Forestry Review 10: 676-688.
- Plan Bleu (2009), *Etat de l'environnement et du développement en Méditerranée*, Athens, Plan Bleu.
- Sala O.E., Chapin F.S., Armesto J.J., Berlow E., Bloomfield J., Dirzo R., Huber-Sanwald E., Huenneke L.F., Jackson R.B., Kinzing A., Leemans R., Lodge D.M., Mooney H.A., Oesterheld M., LeRoy Poff N., Sykes M.T., Walker B.H., Walker M., Wall D.H. (2000), *Global biodiversity scenarios for the year 2100*, Science 287: 1770-1777.
- Scarascia Mugnozza G., Oswald H., Piussi P., Radoglou K. (2000), *Forests of the Mediterranean region: gaps in knowledge and research needs*, Forest Ecology and Management 132: 97-109.
- Scarascia-Mugnozza G., Matteucci G. (2012), *Mediterranean forest research: challenges and opportunities in a changing environment*, Energia, Ambient. e Innov. N. 1 /2012.: 58-65.
- Small H. (1999), *Visualizing science by citation mapping for Information Science*, J. Assoc. Inf. Sci. Technol., 50: 799-813.
- Underwood E.C., Viers J.H., Klausmeyer K.R., Cox R.L., Shaw M.R. (2009), *Threats and biodiversity in the Mediterranean biome*, Divers Distrib., 15: 188-197.
- UNECE/FAO (2012), *Forest Product Market Review 2011-2012*, Geneva Timber and Forestry Study Paper 30, New York and Geneva, United Nations.
- UNEP/MAP (2012), *State of the Mediterranean Marine and Coastal Environment*, United Nations Environment Programme/Mediterranean Action Plan - Barcelona Convention, Athens.
- UNFCCC (2017), *Clean Development Mechanism (CDM)*, available at: <http://cdm.unfccc.int/> Accessed May 2017.
- UN-REDD (2016), *About REDD+*, available at: <http://www.unredd.net/about/what-is-redd-plus.html>. Accessed May 2017.
- Vautard R., Gobiet A., Sobolowski S., et al. (2014), *The European climate under a 2°C global warming*, Environ Res Lett 9: 34006. doi: 10.1088/1748-9326/9/3/034006.

GIOVANNI DI MATTEO

Giovanni Di Matteo è ricercatore presso il centro di ricerca Agricoltura e Ambiente del Consiglio per la Ricerca in agricoltura e l'analisi dell'Economia Agraria (CREA-AA). Si occupa di ricerca forestale, in particolare conduce studi sulla capacità di acclimatazione di ecosistemi forestali a variazioni ambientali e indotte dall'uomo. Conduce inoltre studi eco-fisiologici per la selezione di cloni, genotipi e specie forestali da impiegare in piani di rimboschimento e in piantagioni dedicate per produzioni bioenergetiche.

CATERINA GUIDI

Caterina Guidi ha conseguito la laurea in Giurisprudenza presso l'Università di Bologna e un Master di II livello in Cooperazione

e Progettazione per lo Sviluppo presso l'Università La Sapienza di Roma. Durante le sue esperienze lavorative presso European Biomass Industry Association (EUBIA) a Bruxelles e presso Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) a Roma, ha sviluppato un profondo interesse sulle tematiche riguardanti le politiche sul cambiamento climatico, le foreste e lo sviluppo sostenibile, che sono al centro delle sue attività di ricerca.

Contatti:

*Sede: Consiglio per la Ricerca in agricoltura e l'analisi dell'Economia Agraria, Centro di ricerca Agricoltura e Ambiente (CREA-AA).
Indirizzo: via della Navicella 2-4, CAP: 00184, Città: Roma, Tel.: 06.7005413-215.
e-mail: giovanni.dimatteo@crea.gov.it.*