



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN:

SCIENZE FORESTALI E AMBIENTALI

TAPPETI ERBOSI: EFFICACIA DELLE FASCE VERDI TAGLIAFUOCO NELLA  
LOTTA AGLI INCENDI

EXTENDED LAWN SURFACES: EFFECTIVENESS OF GREEN FIREBREAKS  
IN THE FIGHT AGAINST FIRES

TIPO TESI: compilativa

Studente:

ANDREA REPETTO

Relatore:

PROF. RODOLFO SANTELOCCHI

ANNO ACCADEMICO 2020-2021

# SOMMARIO

CAPITOLO 1 DEFINIZIONE DI TAPPETO ERBOSO	1
1.1 CARATTERISTICHE VISIVE/FUNZIONALI	1
1.2 UTILIZZO DEL TAPPETO ERBOSO	2
1.3 ACQUISIZIONE DATI E CAUSA DI POSSIBILE FALLIMENTO	4
CAPITOLO 2 INERBIMENTI A SCOPO PROTETTIVO	4
2.1 INERBIMENTI IN ARBORICOLTURA	4
2.2 INERBIMENTI PER RECUPERO DI CAVE DISMESSE	5
CAPITOLO 3 INTRODUZIONE AL LAVORO DI TESI	6
FASCE VERDI TAGLIAFUOCO	6
3.1 GREEN FIREBREAKS A MANAGEMENT TOOL FOR WILDFIRES: LESSONS FROM CHINA	6
3.1.1 INTRODUZIONE	6
3.1.2 PREMESSA	7
3.1.3 COSTRUZIONE DI FASCE TAGLIAFUOCO VERDI IN CINA	8
3.1.4 SELEZIONE DI SPECIE PER FASCE TAGLIAFUOCO VERDI	10
3.1.5 INDAGINE SULL'AREA BRUCIATA	11
3.1.6 TEST EMPIRICO SUL CAMPO	12
3.1.7 COSTRUZIONE DELLE FASCE VERDI TAGLIAFUOCO	13
3.1.8 LARGHEZZA DELLE FASCE VERDI TAGLIAFUOCO	15
3.1.9 POSIZIONAMENTO DELLE FASCE TAGLIAFUOCO VERDI	16
3.1.10 IL MICROCLIMA FORMATO DA FASCE TAGLIAFUOCO VERDI	18
3.1.11 STRUTTURA E DISPOSIZIONE DELLE FASCE VERDI TAGLIAFUOCO	18
3.1.12 CONCLUSIONI	19
3.2 AN INTEGRATED APPROACH TO IDENTIFY LOW-FLAMMABILITY PLANT SPECIES FOR GREEN FIREBREAKS	20

CAPITOLO 4 CONCLUSIONI	25
BIBLIOGRAFIA	26
SITOGRAFIA	32

## ELENCO DELLE FIGURE

Figura 1 TABELLA SUCCESSO FASCE VERDI TAGLIAFUOCO	10
Figura 2 GRAFICO SPECIE IDEALI	11
Figura 3 TABELLA AMPIEZZA FASCE VERDI TAGLIAFUOCO	15
Figura 4 COMPOSIZIONE FASCE VERDI TAGLIAFUOCO	20
Figura 5 ACCENDIBILITA', COMBUSTIBILITA', PERSISTENZA	24

# Capitolo 1

## DEFINIZIONE DI TAPPETO ERBOSO

Il tappeto erboso è una tipologia di prato di solito costruito artificialmente, che si trova presso abitazioni, parchi, impianti sportivi o boschi. Si distingue dal prato in senso generico per svolgere differenti funzioni specifiche.

È, di fatto, una coltivazione non a scopo produttivo ma che viene allestita per adempiere ad una funzione.

### 1.1 Utilizzo del tappeto erboso

Relativamente all'espletamento della loro funzione, un inerbimento ornamentale ad esempio deve essere caratterizzato dalla capacità di vegetare sia ad alte che a basse temperature, adattarsi all'ombreggiamento, legarsi bene al paesaggio ed avere ovviamente un alto valore estetico.

Un inerbimento ricreazionale dovrà avere bassi costi di manutenzione e resistere al calpestio, uno sportivo elevate capacità di resistenza, resilienza ed elasticità nonché un apparato radicale vigoroso.

Le superfici in erba, oltre a costituire la base di molte attività ricreative ed essere un gradevole elemento ornamentale, riescono a svolgere, se correttamente gestite e utilizzate, una funzione ambientale di non poca importanza. Tale funzione ambientale è riconducibile alla capacità del tappeto erboso di ridurre gli estremi termici, il rumore del traffico, la polvere, il livello d'inquinamento e anche l'erosione del terreno. In Italia è sempre più frequente il ricorso a coperture erbacee per scopi agricoli e di tutela ambientale. I tappeti erbosi costituiscono un particolare tipo di coltura agraria, dove il prodotto non è ciò che si asporta, ma ciò che rimane sul campo.

I tappeti erbosi sono classificati in base alla funzione che devono assolvere:

1. ornamentali;
2. funzionali;
3. sportivi;
4. ricreativi

1) Tappeti erbosi ornamentali

Hanno una funzione prevalentemente estetica ottenuta mediante un'intensa gestione colturale e in alcuni casi possono svolgere anche una funzione ricreazionale. Sono utilizzati in parchi e giardini pubblici o privati, nelle aree urbane intorno agli edifici, nelle strutture commerciali o nelle scuole, allo scopo di creare un ambiente piacevole in cui vivere e lavorare. Tali superfici generalmente vengono calpestate con bassa frequenza. In conformità a questa tipologia di utilizzo assumono importanza alcuni parametri qualitativi tra cui: l'uniformità, la densità e l'intensità del colore, legati soprattutto all'aspetto estetico, che riveste qui un ruolo centrale.

## 2) Tappeti erbosi funzionali

Quando sono sfruttate le caratteristiche del tappeto erboso per il controllo del fenomeno erosivo, in generale per la stabilizzazione del suolo o a scopo protettivo di beni, persone od ambiente. La funzione anti-erosiva del tappeto erboso è dovuta principalmente al sistema radicale fibroso denso ed esteso delle specie che lo compongono che aiuta a mantenere una maggiore porosità del suolo e rifornisce il terreno di sostanza organica, migliorando la struttura del terreno e favorendo così la percolazione dell'acqua mentre la parte epigea riduce l'erosione superficiale ad opera dell'acqua e del vento. I tappeti erbosi funzionali sono spesso utilizzati al margine delle strade o come fasce inerbite negli aeroporti dove, oltre a dividere le piste asfaltate, possono essere utilizzate per l'atterraggio di aerei ultraleggeri. Le fasce tagliafuoco verdi che tratterò in seguito fanno parte di questa categoria

.

## 3) Tappeti erbosi sportivi

Il calcio, il tennis, il rugby, l'equitazione, il baseball e il golf sono solo alcuni degli sport che si praticano su superfici inerbite. Il tappeto erboso per uso sportivo ha delle esigenze di manutenzione particolari a causa dell'intenso calpestamento che compatta il substrato e determina l'usura del tappeto erboso. In questo caso le caratteristiche delle specie e del substrato devono essere tali da soddisfare i parametri richiesti dallo sport che è praticato. Si possono notare le differenze tra le tre tipologie di tappeto erboso: ornamentale, funzionale e sportiva per quanto concerne l'altezza di taglio la densità. I tappeti erbosi funzionali sono caratterizzati da un'altezza di taglio maggiore rispetto a quelli ornamentali e sportivi, mentre questi ultimi sono caratterizzati da una maggiore densità.

## 4) Tappeti erbosi con funzione ricreativa

Per tappeti erbosi ricreazionali s'intendono quelli atti ad attività socio-ricreazionali come ad esempio i parchi gioco. Queste superfici vengono a volte definite come tappeti "rustici", perché hanno minor valore estetico, più simile alla cenosi più naturali e in grado di sopportare anche un uso piuttosto intenso. La gestione di queste aree è direttamente proporzionata all'uso cui sono sottoposte.

### **1.1 Caratteristiche visive/funzionali**

Un inerbimento, o tappeto erboso, può essere messo in atto per impianti sportivi, aree manomesse, coltivazioni legnose, bande parafuoco e molto altro.

Un tappeto erboso porta vari benefici ambientali, quali riduzione del rumore, mitigazione del clima grazie all'evapotraspirazione, ombreggiamento, assorbimento degli agenti inquinanti ed ovviamente produzione di ossigeno.

A livello visivo, le caratteristiche principali di un tappeto erboso sono: densità (numero dei germogli), tessitura (trama del tessuto), uniformità, finezza (reazione al taglio), habitus (strisciante o cespitoso), modalità di crescita, colore, levigatezza.

A livello funzionale, le caratteristiche principali sono: rigidità, elasticità, resilienza (capacità della pianta di tornare eretta dopo lo schiacciamento verticale), vegetazione residua al taglio, sviluppo radicale, produzione (macro-microterma).

### **1.3 Acquisizione dati e cause di possibile fallimento**

E' di fondamentale importanza svolgere, prima dell'insediamento del tappeto erboso stesso, dei sopralluoghi ed acquisire dei dati (topografici, climatici, riguardanti le caratteristiche pedologiche fisiche e chimiche, riguardanti l'approvvigionamento idrico e soprattutto la finalità stessa dell'impianto valutando se fattibile o meno), stilare un progetto di massima tenendo ben chiari i costi di realizzazione e manutenzione e successivamente un progetto definitivo che riporta un computo metrico.

Un tappeto erboso può fallire per problemi legati ad una incorretta preparazione del letto di semina, a seguito dell'utilizzo di semente di scarsa qualità o errate concimazioni o tagli, compattamento causato da eccessive rullature o molte altre ragioni.

Nel caso di tappeti a scopo protettivo si può fallire per problematiche legate a specie infestanti, per incuria, per utilizzo di varietà inadatte al luogo o al contesto.

## **Capitolo 2**

### **INERBIMENTI A SCOPO PROTETTIVO**

Si tratta di tappeti erbosi che servono a svolgere funzioni protettive per il suolo o per l'ambiente.

Ne sono un esempio gli inerbimenti anti erosivi per cave dismesse, quelli per le piste d'atterraggio o quelli delle piste da sci, ma anche inerbimenti in arboricoltura in terreni declivi o, come approfondirò in seguito, le fasce verdi tagliafuoco al margine dei boschi.

Porterò ora un paio di esempi sugli inerbimenti in arboricoltura e in cave dismesse per poi concentrarmi sul lavoro di tesi, analizzando il caso delle fasce verdi tagliafuoco.



## **2.1 inerbimenti in arboricoltura**

In arboricoltura il suolo può essere gestito con lavorazioni, diserbo, inerbimenti e queste scelte possono essere applicate su tutta la superficie, solo sotto il filare, ad interfilari alterni.

Generalmente i difetti di una lavorazione aggiuntiva unicamente per la gestione del suolo in arboricoltura prevalgono sui difetti e dunque si tende ad optare più per un diserbo o un inerbimento.

Lo scopo di queste operazioni, ricordiamo essere l'eliminazione di specie infestanti evitando la competizione con la coltura in atto e la presenza di parassiti che potrebbero essere da queste portati, limitando il costo delle operazioni e il dispendio di forza lavoro al massimo.

La tendenza attuale è di inerbire le interfile e passare il diserbo sulle file. L'inerbimento aumenta la biodiversità e apporta sostanza organica al suolo creando una competizione naturale con le infestanti. Le problematiche sono legate principalmente alla scelta di una specie che non sia competitiva anche per le colture arboree e ai discreti costi di impianto. Si possono utilizzare anche inerbimenti naturali ma hanno come difetto che la loro copertura del suolo è più lenta e quindi possono risultare meno efficaci.

Per inerbimenti artificiali di solito si usano miscugli di *Lolium Perenne*, ma anche leguminose, seminati in autunno o primavera, poi sfalciati per fare pacciamatura.

Il diserbo invece è logicamente molto più rapido e meno costoso ma si tratta di prodotti tossici e per quanto possibile è bene limitarne l'utilizzo, inoltre può essere dilavato dalla pioggia battente; quindi, è bene programmare gli interventi in base alle condizioni atmosferiche.

## **2.2 Inerbimenti per recupero di cave dismesse**

Problematiche evidenti di cave dismesse sono l'impatto visivo, l'erosione del suolo e la difficoltà di recupero della biodiversità originaria. Gli obiettivi principali delle operazioni di ripristino sono il ritorno all'aspetto naturale originale della comunità biologica, ottenendo questi risultati in tempi brevi, che altrimenti l'evoluzione naturale svilupperebbe in tempi troppo lunghi, proteggendo il suolo dall'erosione, salvaguardando il paesaggio, mitigando l'impatto ambientale.

Trattandosi di aree declivi l'intervento può essere svolto attraverso la risagomatura delle pareti, la creazione di vasche con terreno fertile, l'idrosemina, impiantando anche specie arboree e arbustive.

Ogni operazione va però svolta tenendo conto della destinazione d'uso finale, delle risorse economiche e dei vincoli ambientali del sito, il quale ha differenti caratteristiche geomorfologiche di caso in caso.

## Capitolo 3

### INTRODUZIONE AL LAVORO DI TESI

Il lavoro che ho svolto si basa principalmente sullo studio di due articoli, selezionati utilizzando il database Web of Science fornito da UNIVPM e si concentra su un particolare tipo di inerbimento a scopo protettivo, ovvero le fasce tagliafuoco.

#### FASCE VERDI TAGLIAFUOCO

Un importante utilizzo dei tappeti erbosi è quello nella difesa da incendi in aree boschive, dove vengono utilizzate, in sostanza, interruzioni ai margini o all'interno del bosco stesso per evitare che l'incendio trovi materiale facilmente combustibile e non si espanda ulteriormente. Ho approfondito questo argomento e trovato due articoli molto interessanti a riguardo.

#### **3.1 GREEN FIREBREAKS A MANAGEMENT TOOL FOR WILDFIRES: LESSONS FROM CHINA (Xinglei Cuia, Md Azharul Alama , George LW. Perryb, Adrian M. Patersona , Sarah V. Wysec , Timothy J. Currana)**

#### **Fasce verdi tagliafuoco come strumento di controllo per incendi: lezioni dalla Cina**

##### 3.1.1 INTRODUZIONE

Gli incendi sono un pericolo naturale diffuso che si prevede aumenterà in estensione areale, gravità e frequenza con i cambiamenti in corso nel clima e nell'uso del territorio. Uno strumento che è stato usato nel tentativo di ridurre i danni causati dagli incendi selvaggi sono

le fasce tagliafuoco verdi: strisce di vegetazione a bassa infiammabilità coltivate in punti strategici del paesaggio. Le fasce tagliafuoco verdi sono sempre più raccomandate per la gestione degli incendi e sono state implementate in molti paesi. L'approccio è particolarmente diffuso in Cina, dove sono stati piantati più di 364.000 km di fasce tagliafuoco verdi e altri 167.000 km sono previsti per la costruzione prima del 2025.

In Cina è stata testata l'efficacia delle fasce tagliafuoco verdi e ne sono state fornite linee guida per la loro costruzione, tuttavia, la maggior parte di questa ricerca è stata riportata nella letteratura cinese e quindi è inaccessibile a molti lettori. Qui esaminiamo la vasta ricerca sulla costruzione e l'efficacia delle fasce tagliafuoco verdi in Cina ed esaminiamo come le lezioni apprese da questa ricerca potrebbero contribuire all'implementazione efficace di questa tecnica di difesa da incendi a livello globale.

Vengono analizzati tre punti di vista: ecologico, selvicolturale ed economico. Le fasce tagliafuoco verdi, in particolare con una struttura multistrato, hanno il potenziale per essere uno strumento efficace, a lungo termine, rispettoso della biodiversità e a basso costo per la soppressione del fuoco, anche se completano piuttosto che sostituire altri approcci più tradizionali di soppressione del fuoco.

### 3.1.2 PREMESSA

La gestione del combustibile (ad esempio attraverso manipolazioni come il diradamento dei residui vegetali) è una strategia comune di soppressione degli incendi, poiché i combustibili forniscono l'energia fondamentale necessaria per la propagazione di un incendio.

Tutte le specie di piante possono essere combustibile per il fuoco, ma la vegetazione a bassa infiammabilità di cui le fasce in questione sono costituite può ostacolare la diffusione dell'incendio selvaggio perché spesso richiede un tempo di accensione più lungo e a rilascia meno calore.

La ricerca scientifica di specie a bassa infiammabilità è stata iniziata negli Stati Uniti nel 1928 e ha recentemente attirato una rinnovata attenzione.

Le fasce tagliafuoco verdi sono state istituite negli Stati Uniti nel 1936, quando l'erba di grano crestato (*Agropyron cristatum* (Poaceae)), una specie a bassa infiammabilità, fu seminata lungo la Highway 30 in Oregon per ridurre gli incendi lungo la strada (Platt e Jackman, 1946). Nel 1944, un grande incendio fu fermato da fasce tagliafuoco di Gramigna pettinata (Platt e

Jackman, 1946). Da allora, molti luoghi negli Stati Uniti hanno implementato piante a bassa infiammabilità per la soppressione degli incendi.

Le fasce tagliafuoco verdi sono state usate o raccomandate anche in Europa, Asia, Africa, Australia, Nuova Zelanda e Sud America.

Questi inerbimenti protettivi inizialmente piantati in Cina durante gli anni '50 sono diventati un metodo comune di gestione degli incendi selvaggi in tutto il paese ma a livello globale, ci sono stati pochi test sulla loro efficacia, rendendo le informazioni ricavate dagli studi cinesi di grande importanza per i responsabili degli incendi. Qui riassumiamo la ricerca chiave sulle fasce tagliafuoco verdi in Cina al fine di colmare la lacuna di conoscenza su questa promettente gestione degli incendi

### 3.1.3 COSTRUZIONE DI FASCE TAGLIAFUOCO VERDI IN CINA

Nel 2016, la superficie forestale in Cina era di 2.076.873 km<sup>2</sup>, che rappresenta il 21,63% della superficie del paese e circa il 5% della foresta mondiale (Ufficio Nazionale di Statistica della Cina, 2000-2016). Gli incendi sono una minaccia fondamentale per queste foreste. Dal 2000 al 2016, 124.139 incendi si sono verificati in aree forestali in tutta la Cina, che hanno danneggiato circa 15.241 km<sup>2</sup> di foresta (Ufficio Nazionale di Statistica della Cina, 2000-2016). L'incendio di Daxing'anling del 1987, che è durato quasi un mese e ha bruciato un'area di circa 10.100 km<sup>2</sup> (di cui 7.000 km<sup>2</sup> di foresta), è considerato uno dei più grandi eventi di incendio del mondo. Circa 50.000 persone sono rimaste senza casa dopo l'incendio e 211 persone sono state uccise e 266 ferite.

Il fuoco è stato a lungo motivo di preoccupazione per il popolo cinese e l'idea di usare la vegetazione a bassa infiammabilità per la protezione dal fuoco può essere datata alla dinastia Song (997-1279 d.C.) (Cheng et al., 2004). A quel tempo, gli alberi con proprietà resistenti al fuoco erano piantati intorno agli edifici di legno e di paglia e crescevano fino all'altezza del tetto per la protezione dagli incendi.

L'allestimento di fasce verdi tagliafuoco è stato intrapreso negli anni '50 quando gli agricoltori della Cina meridionale scoprirono che *Schima superba* (Theaceae), una specie di albero sempreverde con foglie larghe, era meno infiammabile e più efficace nell'ostacolare la diffusione del fuoco rispetto agli alberi con foglie più piccole.

Il concetto di fasce tagliafuoco verdi è stato divulgato come metodo di gestione degli incendi boschivi nei libri di testo universitari nel 1959 (Wen, 1997), e negli anni '80 le fasce tagliafuoco verdi erano considerate un metodo standard di soppressione degli incendi boschivi

(Zhou, 2007). Nel luglio 1995, una conferenza intitolata "Protezione nazionale dagli incendi biologici: costruzione di cinture forestali" è stata ospitata dal Dipartimento forestale cinese nella provincia di Fujian (Chen, 1995). Il "Programma di costruzione di foreste per la protezione biologica dagli incendi" è stato pubblicato nel marzo 1998 e in tutta la Cina la costruzione di fasce tagliafuoco verdi è stata vigorosamente incoraggiata. Sono state costruite molte fasce tagliafuoco verdi, che hanno dato un utile contributo alla soppressione degli incendi (Tabella 1). Entro il 2016, sono stati costruiti più di 364.000 km di fasce tagliafuoco verdi e 337.000 km di altre fasce tagliafuoco (strade tagliafuoco, canali artificiali, fasce tagliafuoco su suolo nudo, ecc.). Inoltre, altri 167.000 km di fasce tagliafuoco verdi sono pianificati per essere costruiti prima del 2025 al fine di migliorare il sistema di isolamento del fuoco nella foresta, che è uno dei programmi fondamentali nel piano di gestione degli incendi della foresta cinese.

Rispetto alle comuni fasce tagliafuoco o "strade tagliafuoco", le fasce tagliafuoco verdi richiedono minori costi di manutenzione a lungo termine, sono particolarmente efficaci e possono migliorare la biodiversità.

Per esempio, anche se le strade tagliafuoco sono comunemente usate nella soppressione degli incendi boschivi, il numero di incendi boschivi è aumentato in alcune aree con strade tagliafuoco, a causa della cattiva gestione (Chen, 1995). Al contrario, le barriere tagliafuoco verdi si sono dimostrate particolarmente efficaci. Per esempio, un incendio che si è verificato nel Fujian, Cina, nel 2000, è stato fermato dalle barriere tagliafuoco verdi di *Schima superba* (Theaceae), ma non è stato fermato da una strada larga 12 m.

Oltre alla loro efficacia nella soppressione degli incendi, le fasce tagliafuoco verdi richiedono meno manutenzione delle strade tagliafuoco, con conseguente riduzione dei costi di manutenzione (Chen, 1994). I ricercatori hanno anche scoperto che le fasce tagliafuoco verdi di *Schima wallichii* (Theaceae) e *Acacia confusa* (Fabaceae) possono sopprimere la diffusione della falena *Dendrolimus*, che è uno dei principali parassiti delle piantagioni di pino nella Cina centrale e meridionale, e possono anche attirare gli uccelli.

Piuttosto che agire semplicemente come barriere alla diffusione del fuoco, le fasce tagliafuoco verdi sono state usate anche per ridurre l'infiammabilità delle comunità vegetali modificando la loro composizione di specie. Per esempio, la Cina ha cominciato a piantare piantagioni di foreste di conifere a foglia larga (*Pinus massoniana* (Pinaceae) e *Michelia macclurei* (Magnoliaceae)) negli anni '40 per ridurre l'infiammabilità della foresta (Chen, 1995). Il microclima nella foresta mista di conifere e latifoglie era più umido e più fresco di quello della

foresta di conifere, il carico di combustibile era più basso e il tasso di decomposizione della lettiera era aumentato (Kou e Tian, 1997).

In Fujian, una specie a bassa infiammabilità, *Amomum villosum* (Zingiberaceae), è stata piantata nella foresta di conifere e ha coperto la maggior parte della superficie del terreno, riducendo significativamente l'infiammabilità della foresta (Chen, 1994). Inoltre, i ricercatori hanno scoperto che la comunità di microrganismi è cambiata e la velocità di decomposizione della lettiera è aumentata, riducendo i carichi di combustibile e quindi l'infiammabilità dell'ecosistema.

**Table 1**

Examples where green firebreaks stopped fire spread successfully in China. The species column lists the main tree species planted in the relevant green firebreaks (Forest Fire Management Office of State Forestry Administration, 2003). In all the examples listed, the green firebreaks stopped the fire completely. We found no examples in the literature where a green firebreak failed to stop a fire, although this may simply mean that such cases were not reported. Fires with an intensity 4000–10,000 kW m<sup>-1</sup> are generally described as fast spread speed and possibly continuous crowning fires, while fires with an intensity > 10,000 kW m<sup>-1</sup> are described as continuous crowning fires with extreme fire behavior and extremely rapid spread rate (Hirsch, 1996). Empty cells indicate the relevant information was not provided.

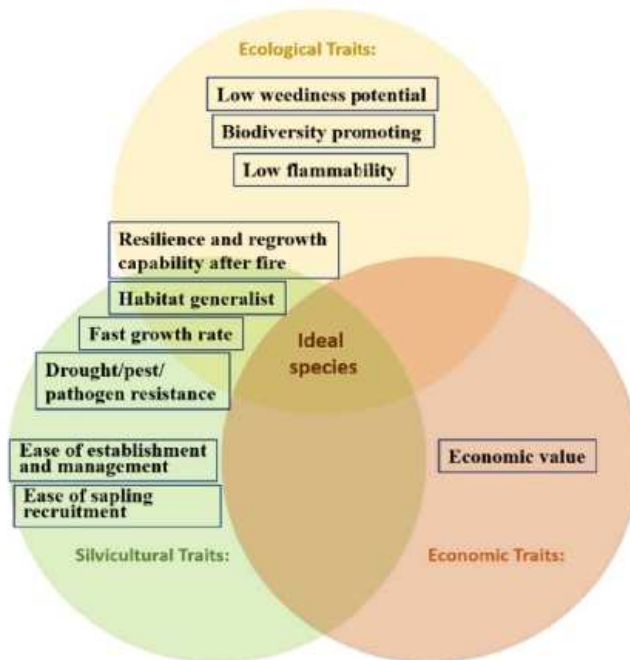
Location	Date	Species	Age of the green firebreaks (yr)	Width of the green firebreaks (m)	Height of the green firebreaks (m)	Wind speed (m s <sup>-1</sup> )	Height of flame (m)	Fire intensity (kW m <sup>-1</sup> )	Number of fires
Gaofeng forest, Guangxi	10/1982	<i>Schima wallichii</i> (Theaceae)	17			Up to 10	Up to 7		3
Huajji, Guangdong	1984–1985	<i>Schima superba</i> (Theaceae)	20	10	9	0.8–4.9	11.5–15	14066.7–34438.6	3
Shunchang, Fujian	02/1993	<i>Schima superba</i> (Theaceae)	29	10	8.6	1.0–2.3	3.3–5.4	5688.3–8490.0	2
Youxi, Fujian	10/1985	<i>Schima superba</i> (Theaceae)	10	10	8.2	2.0	10.6	4586.1–5591.2	2

### 3.1.4 SELEZIONE DI SPECIE PER FASCE TAGLIAFUOCO VERDI

L'efficacia delle fasce tagliafuoco verdi nel ridurre i danni del fuoco o nell'inibire la diffusione del fuoco dipende in gran parte dalla selezione delle specie vegetali adatte (Shu et al., 1999b). Il Technology Standard of Forest Fire Protection Engineering (LYJ127-91, 1991), ha fornito raccomandazioni sulle specie candidate per le barriere tagliafuoco verdi in Cina. La selezione delle specie che hanno maggiori probabilità di essere efficaci nelle fasce tagliafuoco verdi richiede la considerazione delle caratteristiche funzionali attraverso tre categorie: tratti ecologici, selvicolturali ed economici (Chen, 2008; Wen, 1992; Zhang, 2008) (Fig. 2).

Una quarta categoria, i tratti biologici, è stata identificata da questi ricercatori; sono state collocate tali caratteristiche nella categoria dei tratti ecologici. Diverse metodologie sono state

applicate dai ricercatori cinesi per identificare le specie vegetali ideali da includere nelle fasce tagliafuoco verdi (Chen, 1994; Tian e Shu, 2000; Wen, 1992). Questi metodi includono: indagine sull'area bruciata, misurazione dell'infiammabilità, misurazione dei tratti delineati nella Fig. 2 e test empirici sul campo.



**Fig. 2.** Common traits used by Chinese researchers for green firebreaks species selection. In this sense, ecological traits include functional traits such as growth rate, drought resistance and re-sprouting ability after fire, traits that affect the surrounding environment (such as flammability, weediness potential, and biodiversity promotion – i.e. provision of habitat or resources for other species) and habitat preferences (generalist vs specialist). Silvicultural traits: any feature that affects cultivation of a plant species. Economic traits: the economic value of a plant species.

### 3.1.5 INDAGINE SULL'AREA BRUCIATA

Le aree bruciate di recente sono siti utili per gli studi che informano la selezione delle specie da includere nelle fasce tagliafuoco verdi. Le aree bruciate di recente forniscono l'opportunità di osservare le condizioni delle specie vegetali dopo l'incendio e permettono ai ricercatori di identificare le specie con alta resistenza al fuoco e rapida capacità di recupero (Wen, 1992). Tuttavia, poiché l'indagine avviene dopo l'incendio, questo metodo può essere limitato sia spazialmente che temporalmente, e le specie che possono essere studiate sono limitate a quelle presenti prima dell'incendio e identificabili dopo l'evento incendio. Inoltre, una data specie può apparire meno impattata da un incendio in funzione di altri controlli sul comportamento del fuoco (ad esempio, una posizione topografica favorevole, come a valle

dell'incendio, o nei calanchi; un microclima umido; sforzi antincendio diretti a quel luogo; raffiche di vento favorevoli o altri cambiamenti nelle condizioni atmosferiche), piuttosto che la loro intrinseca infiammabilità.

### 3.1.6 TEST EMPIRICO SUL CAMPO

I test empirici sul campo sono il metodo migliore e più affidabile per valutare l'efficacia delle fasce tagliafuoco verdi. Un test empirico sul campo è stato effettuato nel Guangdong nel novembre 1985 per valutare il potenziale di soppressione del fuoco delle barriere tagliafuoco verdi di *Schima superba* (Theaceae) di 20 anni (Tabella 1). In condizioni in cui la velocità del vento era di 4,9 m s<sup>-1</sup> e l'altezza della fiamma raggiungeva i 15 m, il fuoco è stato estinto dalle fasce tagliafuoco verdi di 10 m di larghezza dopo aver danneggiato le due file di alberi. Un anno dopo, gli alberi di *Schima superba* danneggiati dall'incendio si erano ripresi (Forest Fire Management Office of State Forestry Administration, 2003). Questa prova di soppressione del fuoco, che ha avuto successo, è stata notevole a causa dell'intensità molto alta dell'incendio (Tabella 1), collocandolo in una classe di comportamento del fuoco estrema (> 10.000 kW m<sup>-1</sup>), che generalmente mostra una velocità di diffusione estremamente rapida e fiamme continue della corona (Hirsch, 1996).

L'alta intensità del fuoco in altri due test li ha collocati in una classe di comportamento del fuoco che normalmente ha una rapida velocità di diffusione e possibilmente fiamme di corona continue (Tabella 1). Il successo delle fasce tagliafuoco verdi nell'estinguere incendi così intensi evidenzia il loro potenziale come strumento di soppressione del fuoco.

Tali prove sul campo sono state condotte raramente altrove nel mondo, aumentando il valore di questi studi cinesi per i gestori di incendi a livello globale nel dimostrare l'efficacia delle fasce tagliafuoco verdi come strumento di gestione degli incendi.

Quando si costruiscono le fasce tagliafuoco verdi, più di una specie dovrebbe essere usata e si mira alla formazione di fasce multistrato composte da alberi, arbusti e in particolare specie erbacee, poiché queste hanno dimostrato di avere un maggiore potenziale di soppressione rispetto alle fasce tagliafuoco monostrato (Hong, 2007; Zheng, 1990), che risultano ormai obsolete.

Le specie selezionate non dovrebbero solo avere i tratti richiesti dalle tre categorie (Fig. 2), ma dovrebbero anche completarsi a vicenda. Inoltre, la selezione delle specie per le fasce tagliafuoco verdi è di solito limitata a livello regionale, poiché le specie di una regione



potrebbero non essere adatte ad altre regioni a causa delle diverse condizioni ambientali e del rischio di invasione biologica. Di conseguenza, i ricercatori di diverse regioni dovrebbero identificare il proprio pool di specie candidate per la costruzione di fasce tagliafuoco verdi.

Altri paesi hanno condotto ricerche in questo senso ed hanno riportato altre specie adatte all'adempimento di questo compito protettivo.

Le specie erbacee sono particolarmente importanti per la costruzione di barriere tagliafuoco verdi in quanto possono aiutare a inibire la diffusione degli incendi al suolo (come dimostrato per *Amomum villosum* (Zingiberaceae)), ma purtroppo sono stati riportati pochi studi sulla loro infiammabilità.

### 3.1.7 COSTRUZIONE DELLE FASCE VERDI TAGLIAFUOCO

L'efficacia delle fasce tagliafuoco verdi nel ritardare il fuoco è influenzata dalla loro struttura orizzontale e verticale (Tian e Shu, 2000). Le barriere tagliafuoco verdi possono essere sia monostratificate (costituite da una sola specie, di solito una specie arborea) o, più frequentemente, multistrato (che consiste di specie arboree e di specie arbustive ed erbacee). È stato dimostrato che le fasce tagliafuoco verdi multistrato sono più efficaci nel fermare la diffusione del fuoco, in quanto possono mantenere un microclima più umido, più fresco e meno ventoso rispetto alle fasce tagliafuoco verdi monostrato (Chen, 1994; Hong, 2007; Lin e Wang, 2012). Con riferimento alla tabella 2, diversi autori hanno suggerito la larghezza delle barriere tagliafuoco verdi e si è concordi nel dire che si debba avere un'ampiezza minima di una decina di metri e che ci debba essere una larghezza maggiore sui pendii. Anche se le fasce tagliafuoco verdi monostrato sono efficaci nell'ostacolare gli incendi di chioma e anche nel ridurre la diffusione degli incendi al suolo quando sono accompagnate dalla rimozione della lettiera, sono molto meno efficaci come ritardanti d'incendio rispetto alle fasce tagliafuoco multistrato (Chen, 1994). Le fasce tagliafuoco verdi monostrato hanno anche elevati requisiti di manutenzione in termini di costi e di lavoro, dato che la rimozione della lettiera diventa rapidamente proibitiva con l'aumentare dell'estensione della fascia stessa (Chen, 1994).

La costruzione di barriere tagliafuoco verdi multistrato è ora considerata la scelta ottimale, tuttavia, se le fasce tagliafuoco verdi multistrato devono essere implementate efficacemente, è necessario che i ricercatori si concentrino non solo sull'identificazione di specie arboree adatte, ma anche su arbusti e specie erbacee a bassa infiammabilità.

Funghi e microrganismi possono anche essere inclusi nella costruzione in quanto alcuni di questi taxa possono cambiare l'ecologia microbica e aumentare la velocità di decomposizione

della lettiera, riducendo i carichi di combustibile a livello del suolo (Chen, 1994) tuttavia, la ricerca che considera l'utilità delle specie erbacee, dei funghi e dei microrganismi nelle fasce tagliafuoco verdi rimane scarsa. Inoltre, le difficoltà nella costruzione di fasce tagliafuoco verdi multistrato risiedono non solo nella selezione delle specie adatte, ma anche nel valutare se le specie possono persistere l'una accanto all'altra.

Perfino la densità delle piante è un altro fattore importante da considerare quando si progettano le fasce tagliafuoco verdi. Storicamente, si raccomandava che la densità delle piante nelle fasce tagliafuoco verdi fosse la più alta possibile (Deng et al., 2004), e molte fasce tagliafuoco verdi compatte e impermeabili sono state costruite in alcune aree, tuttavia ricerche successive hanno dimostrato che la velocità del vento in cima alle chiome dense era significativamente aumentata (fino al 30%-40%), il che potrebbe aumentare la produzione e la diffusione delle braci durante gli eventi di incendio (Deng et al., 2004, 2005). Deng et al. (2005) hanno trovato che le fasce tagliafuoco verdi con una struttura più rada (coefficiente di ventilazione di 0,3-0,5, dove il coefficiente di ventilazione è il rapporto tra la velocità media del vento al bordo della foresta sottovento e la velocità media del vento nell'area complessiva) hanno funzionato meglio nell'inibire la diffusione del fuoco rispetto alle fasce tagliafuoco con strutture più compatte (coefficiente di ventilazione < 0,3).

Il Forest Fire Management Office of State Forestry Administration (2003) ha suggerito che il coefficiente di ventilazione delle chiome dovrebbe essere 0,43-0,5 e il coefficiente di ventilazione dei tronchi dovrebbe essere superiore a 0,7 per massimizzare la capacità di soppressione del fuoco. Sulla base dei video di due incendi avvenuti nell'aprile 2007 e nell'aprile 2010 nella provincia di Shanxi, Sun et al. (2013) hanno scoperto che le fasce tagliafuoco verdi con struttura rada sono più efficaci nel controllo degli incendi e possono ridurre il verificarsi di "incendi spot", mentre sono più comuni dove le fasce tagliafuoco verdi sono dense.

**Table 2**  
Suggested width of green firebreaks.

References	Description
Forest Fire Management Office of State Forestry Administration (2003)	10–30 m. Firebreaks on slopes should be wider.
Zhang and Yang (2015)	20–30 m
Chen (1994)	Main firebreaks should be 20–30 m
Xiao et al. (2008)	12–15 m on slopes < 30°
Sun et al. (2013)	At least $V_m \times (2H/G)^{1/2}$ , $V_m$ represents the maximum wind speed in green firebreaks, H is the average height of flame, G is the gravitational constant.
Wen (1997)	12 m
Fan et al. (2012)	20–30 m
Lin and Wang (2012)	1.5 times the average height of the forest

### 3.1.8 LARGHEZZA DELLE FASCE TAGLIAFUOCO VERDI

La larghezza delle fasce tagliafuoco verdi è un altro fattore importante che influenza le loro proprietà ignifughe (Liu et al., 2012). Una fascia tagliafuoco verde stretta ha meno probabilità di fermare la propagazione di un incendio. Tuttavia, mentre le fasce tagliafuoco più larghe sono più efficaci, tendono ad occupare più terreno e costano di più da implementare e mantenere.

La larghezza delle fasce tagliafuoco verdi dovrebbe essere maggiore nei siti suscettibili di condizioni estreme di incendio, come un clima secco e caldo, frequenti venti forti, pendii ripidi e dove ci sono foreste o infrastrutture altamente infiammabili nella zona protetta. Per esempio, nelle zone collinari, la larghezza di una fascia tagliafuoco verde dovrebbe essere aumentata man mano che il pendio diventa più ripido, perché gli incendi viaggiano più velocemente in salita. Miller (2006) ha suggerito che una larghezza della fascia tagliafuoco verde di 9 m è adeguata in aree pianeggianti di pascoli dominati da specie infestanti invasive soggette al fuoco, ma su pendii ripidi, le fasce tagliafuoco verdi dovrebbero essere larghe fino a 60 m.

Fasce tagliafuoco verdi più larghe saranno anche necessarie adiacenti alla vegetazione dominata da specie più infiammabili (Forest Fire Management Office of State Forestry Administration, 2003). Alcuni ricercatori hanno suggerito che la larghezza delle fasce tagliafuoco verdi dovrebbe essere di almeno 10–12 m, mentre altri raccomandano almeno 20 m di larghezza (Tabella 2). L'esperienza di eventi di incendio nelle foreste della Cina

meridionale ha dimostrato che una fascia tagliafuoco verde di 10 m potrebbe arrestare efficacemente la diffusione del fuoco (Wen, 1997). Sun et al. (2013) ha raccomandato che la larghezza delle fasce tagliafuoco verdi dovrebbe essere superiore alla distanza alla quale la brace ardente può essere trasportata dal vento. Mentre questo suggerimento pecca accuratezza, in alcuni eventi di incendio, la brace può viaggiare per molti chilometri producendo successivamente incendi in spot lontani sottovento (Hall et al., 2015; Koo et al., 2010), rendendo questa raccomandazione impraticabile in molte circostanze.

### 3.1.9 IL POSIZIONAMENTO DI FASCE TAGLIAFUOCO VERDI

Lo scopo di qualsiasi barriera tagliafuoco è quello di isolare un incendio e fermarne la diffusione. Pertanto, le fasce tagliafuoco verdi dovrebbero essere posizionate strategicamente per collegare le fasce di combustibile naturale, come strade, fiumi, laghi e creste, per isolare le aree a rischio di incendio (Chen, 1994). Alcune comunità vegetali a bassa infiammabilità, come le foreste sempreverdi, possono essere collegate con fasce tagliafuoco verdi. La disposizione netta di un sistema di isolamento può compartimentare una foresta in piccole aree al fine di fermare la diffusione del fuoco ed evitare che un'area forestale più grande venga danneggiata. Secondo lo standard cinese per le foreste piantate (LYJ127-91, 1991), le piccole aree isolate da fasce tagliafuoco verdi dovrebbero essere 1-2 km<sup>2</sup>, e per le foreste vergini le aree dovrebbero essere 30-50 km<sup>2</sup>. Zhan e Wei (1993) hanno suggerito che le aree isolate dovrebbero essere 0,3-0,5 km<sup>2</sup> e l'area delle fasce tagliafuoco verdi dovrebbe rappresentare il 5-10% di una comunità vegetale.

Le foreste dovrebbero anche essere isolate da fasce tagliafuoco (verdi) da fattorie, aree urbane e infrastrutture, sia per proteggere le foreste da possibili fonti di accensione di origine umana sia per proteggere queste case e infrastrutture da incendi che iniziano nelle foreste. L'esperienza in Cina ha dimostrato che le fasce tagliafuoco verdi sui crinali sono efficaci nel fermare il fuoco, poiché i venti vicino ai crinali di solito subiscono un maggiore attrito (Wen, 1992). Poiché le condizioni ambientali sui crinali possono essere più impegnative per le piante (ad esempio, terreni più secchi e poco profondi, luoghi più esposti), si suggerisce che gli arbusti dovrebbero essere collocati sui crinali e gli alberi su entrambi i lati dei crinali (Chen,

1994). La direzione delle fasce tagliafuoco verdi dovrebbe essere perpendicolare alla direzione prevalente del vento durante la stagione degli incendi (Wang et al., 2012) (Fig. 3).

Le fasce tagliafuoco verdi mature possono essere efficaci nella soppressione del fuoco, ma quelle immature sono molto meno efficaci nel fermare il fuoco e possono esserne facilmente distrutte. Di conseguenza, quando si costruiscono le fasce tagliafuoco verdi, altre misure di gestione degli incendi e un'adeguata protezione dovrebbero essere implementate per proteggerle quando immature (Pellant, 1992; Zhan e Wei, 1993), per esempio, l'accesso degli animali da pascolo dovrebbe essere limitato almeno fino a maturità (John e Ogle, 2009). Alcuni ricercatori hanno suggerito sarebbe bene effettuare degli interventi selvicolturali atti alla protezione delle fasce giovani, perché necessari per i primi anni dopo la creazione delle fasce tagliafuoco verdi.

#### ULTERIORE MECCANISMO DI SOPPRESSIONE DEL FUOCO DELLE FASCE TAGLIAFUOCO VERDI

Le interazioni tra questi fattori rendono gli incendi boschivi difficili da prevedere e gestire (Tian, 2000). Oltre alla presenza di specie a bassa infiammabilità, altri due meccanismi permettono alle fasce tagliafuoco verdi di agire come ritardanti d'incendio: il microclima e la struttura.

### 3.1.10 IL MICROCLIMA FORMATO DA FASCE TAGLIAFUOCO VERDI

Il microclima in una fascia tagliafuoco verde matura di solito differisce dalla foresta adiacente che si intende proteggere (Shu et al., 1999b; Tian, 2000). In primo luogo, la temperatura dell'aria in una fascia tagliafuoco verde matura è solitamente più bassa di quella della vegetazione circostante (Shu et al., 1999a). La fascia tagliafuoco verde matura è di solito composta da corone strette e alberi a foglia larga, che riducono la quantità di luce solare che raggiunge il suolo. Inoltre, poiché la luce del sole non penetra molto in una fascia tagliafuoco verde, le erbacce che crescono nelle fasce tagliafuoco verdi sono più tolleranti all'ombra, con alto contenuto di umidità e bassa infiammabilità (Tian, 2000).

In secondo luogo, l'umidità nelle fasce tagliafuoco verdi è spesso alta (Shu et al., 1999a; Tian, 2000), a causa delle temperature più basse e della loro struttura ombreggiata (Jia et al., 2014). Inoltre, l'evaporazione del suolo è ridotta, per cui il contenuto di umidità della lettiera di foglie è elevato. La lettiera fogliare è più compatta rispetto ad una lettiera con caratteristiche fogliare simili ma con un basso contenuto di umidità (Jia et al., 2014), ed è quindi meno infiammabile a causa della bassa aerazione (Cornwell et al., 2015).

Questo alto contenuto di umidità aumenterà anche la velocità del decadimento della lettiera fogliare, riducendo i carichi di combustibile della lettiera (Chen, 1995). Ni et al. (2015) hanno trovato che il peso secco del combustibile sotto le fasce tagliafuoco verdi di *Schima superba* (Theaceae) era inferiore a quello di una foresta di *Cunninghamia lanceolata* (Cupressaceae), e che il contenuto di umidità nel suolo sotto *Schima superba* era superiore a quello di *Cunninghamia lanceolata*. Inoltre, Wang et al. (2008) ha trovato che i carichi di combustibile delle piante erbacee sono diminuiti con la crescita degli alberi circostanti poco infiammabili

### 3.1.11 STRUTTURA E DISPOSIZIONE DELLE FASCE VERDI TAGLIAFUOCO

La distribuzione dei combustibili infiammabili influenza direttamente il comportamento del fuoco (Green, 1983). Le funzioni principali delle barriere tagliafuoco verdi sono quelle di rendere discontinuo il letto di combustibile infiammabile e di bloccare fisicamente il vento, assorbire il calore radiante prima del fronte di fiamma e fermare il fronte di fiamma stesso. Anche se le piante nelle fasce tagliafuoco verdi sono di bassa infiammabilità, si dovrebbe riconoscere che anche queste specie probabilmente aumenteranno i carichi di combustibile; quindi, le fasce tagliafuoco verdi dovrebbero idealmente essere usate insieme

ad altre fasce di combustibile (come le fasce tagliafuoco di terreno nudo, strade e fiumi) e integrate da altri approcci antincendio (per esempio l'accesso di attrezzature e personale antincendio).

Nella loro distribuzione orizzontale, le fasce tagliafuoco verdi dividono un'area potenzialmente grande di foresta infiammabile in aree più piccole e isolate (Chen, 2008). Nella loro distribuzione verticale, entrambi i carichi di combustibile superiori e inferiori di una fascia tagliafuoco verde dovrebbero essere a bassa infiammabilità (Hong, 2007). In questo modo, il fuoco non può muoversi facilmente tra il terreno e le chiome degli alberi.

Le fasce tagliafuoco verdi possono prevenire l'accensione a macchia rallentando il vento ed estinguendo le fiamme, dato che di solito non riescono ad accendere le piante poco infiammabili.

### 3.1.12 CONCLUSIONI

Rispetto alle tradizionali fasce tagliafuoco non vegetate (come strade tagliafuoco, canali creati dall'uomo, fasce tagliafuoco in terra nuda), le fasce tagliafuoco verdi sono efficaci, possono proteggere e migliorare la biodiversità, produrre prodotti preziosi e ridurre i costi di manutenzione a lungo termine (Chen, 1995; Jolly e Guild, 1974; Shu et al., 1999b; Xaud et al., 2007). Le fasce tagliafuoco verdi possono anche bloccare il trasferimento di calore radiante, e servire come rifugi, che facilitano i vigili del fuoco nell'avvicinarsi a un incendio (Davison e Smith, 1997; Wang, 2017). Il concetto potrebbe anche essere utilizzato nella progettazione urbana per ridurre il rischio di incendio (Murray et al., 2018; Syphard et al., 2014). Per esempio, le specie a bassa infiammabilità dovrebbero essere preferite nelle piantagioni di interfaccia selvaggia-urbana e nei paesaggi domestici.

C'è un urgente bisogno di segnalare quando e dove le fasce tagliafuoco verdi non sono riuscite a fermare gli incendi, poiché questo sarà altrettanto informativo dei casi in cui hanno avuto successo. Inoltre, testare l'efficacia delle fasce tagliafuoco verdi in una gamma più ampia di ecosistemi e condizioni di incendio fornirà le garanzie necessarie sulla loro idoneità in altre parti del mondo. Le fasce tagliafuoco verdi dovrebbero essere usate insieme ad altri approcci antincendio per massimizzare la probabilità di soppressione del fuoco; quindi, sarebbe utile valutare come meglio impiegare congiuntamente diversi metodi antincendio. Poiché il cambiamento climatico porta ad un aumento delle temperature e a condizioni più secche in molte parti del mondo, la probabilità di incendi selvaggi è destinata ad aumentare.

Si vedano le fasce tagliafuoco verdi come uno strumento utile per la gestione degli incendi e della biodiversità che ha il potenziale per essere usato in molti differenti scenari (Fig. 3). Le linee guida e il corpo di ricerca prodotti dagli scienziati cinesi aiuteranno molto a raggiungere questo obiettivo.

X. Cai et al.

Journal of Environmental Management 233 (2019) 329–336

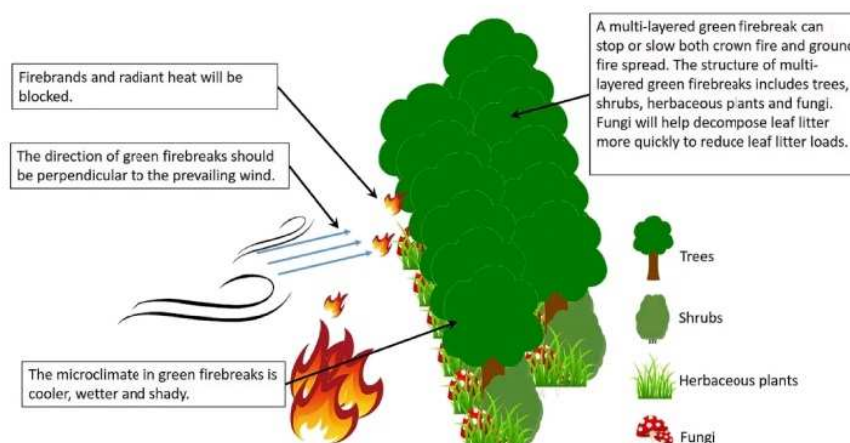


Fig. 3. The mechanisms by which green firebreaks aid in fire suppression

### 3.2 AN INTEGRATED APPROACH TO IDENTIFY LOW-FLAMMABILITY PLANT SPECIES FOR GREEN FIREBREAKS (Brad R. Murray, Colin Brown, Megan L. Murray, Daniel W. Krix, Leigh J. Martin, Thomas Hawthorne, Molly I. Wallace, Summer A. Potvin and Jonathan K. Webb)

**Un approccio integrale per identificare specie di piante a bassa infiammabilità per le fasce verdi tagliafuoco.**

Questo articolo studia ed analizza l'uso di piante a bassa infiammabilità per costruire barriere tagliafuoco verdi.

Viene ricercato un approccio per identificare le specie di piante a bassa infiammabilità che integra tre attributi fondamentali e relativamente facili da misurare - infiammabilità, persistenza e combustibilità - in un modo che elimina la confusione sul concetto di infiammabilità delle piante.

Una specie ideale a bassa infiammabilità è quella che è lenta ad accendersi, sostiene la combustione per un breve periodo di tempo e brucia con bassa intensità.



Altri attributi importanti sono quelli che influenzano il volume di combustibile disponibile per gli incendi e la diffusione verticale e orizzontale degli incendi. C'è urgente bisogno di più lavoro in tutto il mondo per identificare le specie di piante a bassa infiammabilità usando protocolli di misurazione standardizzati, l'approccio integrato studiato in questo articolo fornisce un modo trasparente per garantire che stiamo selezionando le specie giuste, per la giusta posizione, nelle fasce tagliafuoco verdi.

L'Australia ha subito spaventosi incendi selvaggi su vasti tratti del paesaggio durante l'estate 2019-2020. La perdita di vite umane, la distruzione di case e le conseguenze ecologiche per la biodiversità nativa possono essere descritte solo come catastrofiche.

La WUI, l'interfaccia terra selvaggia-urbana (Wild-Urban-Interface), copre le aree del paesaggio in cui le popolazioni umane, le loro case e le loro infrastrutture si trovano nelle immediate vicinanze della vegetazione naturale. Dato che la WUI è la prima linea delle interazioni uomo-incendio, è un obiettivo primario per l'applicazione di strategie di mitigazione per ridurre tali rischi di incendio. La WUI contiene uno sviluppo urbano di basso livello posto all'interno di una regione più ampia di vegetazione selvatica prevalentemente naturale. Per proteggere vite, case e infrastrutture nella WUI, la selezione strategica di piante a bassa infiammabilità per costruire barriere tagliafuoco verdi è un approccio paesaggistico fondamentale che ha il potenziale di rallentare o fermare il progresso degli incendi selvaggi. Un problema riscontrato è che alcune specie (per esempio, *Dodonea Viscosa*) sono descritte come a bassa infiammabilità in una fonte mentre sono elencate come ad alta infiammabilità in un'altra.

Si è pertanto stabilito tre misure fondamentali di infiammabilità per identificare potenziali specie di piante "ideali" (Figura 1).

Queste proprietà includono il tempo necessario a una pianta per infiammarsi (accendibilità), la durata del tempo in cui una pianta brucia (persistenza) e quanto bene una pianta brucia (combustibilità). L'accendibilità, la persistenza e la combustibilità descrivono quelli che possono essere definiti attributi intrinseci di infiammabilità, in quanto caratterizzano le proprietà primarie di combustione delle piante. La variazione di questi tre attributi di infiammabilità è determinata dalle caratteristiche delle piante che includono, tra l'altro, il contenuto di umidità del combustibile, la massa fogliare per area, il contenuto di materia secca delle foglie e i composti volatili.

Per una specie vegetale ideale a bassa infiammabilità, come mostrato nello scenario ipotetico della Figura 1, gli attributi di infiammabilità si relazionano tra loro in modo tale che la specie sia lenta ad accendersi, sostenga la combustione per un breve periodo di tempo e bruci con

bassa intensità (specie codificate in blu). Al contrario, le specie che si infiammano rapidamente, bruciano a lungo e bruciano con alta intensità sono le specie più infiammabili e "non ideali" (specie colorate in rosso).

Vengono dunque così identificate sia le specie vegetali ideali a bassa infiammabilità per le fasce tagliafuoco verdi sia, allo stesso tempo, le specie più infiammabili che dovrebbero essere evitate. Usare l'infiammabilità e la sostenibilità per identificare le specie a bassa infiammabilità è importante perché il tempo è una considerazione critica durante gli eventi di incendio selvaggio nella WUI. In termini di infiammabilità, una specie che impiega molto tempo per infiammarsi può alla fine non infiammarsi affatto.

Per quanto riguarda la persistenza, una specie che si accende ma che non brucia per un lungo periodo di tempo limita ulteriormente le opportunità di diffusione degli incendi selvaggi. La combustibilità è allo stesso modo una misura importante dell'infiammabilità delle piante, perché le specie che bruciano con bassa intensità ed emettono poco calore saranno fondamentali per rallentare o addirittura prevenire la diffusione degli incendi.

È necessario prendere in considerazione anche gli attributi secondari delle piante - al di là delle proprietà intrinseche di infiammabilità - che contribuiscono al comportamento del fuoco, in modo da perfezionare la selezione di specie vegetali a bassa infiammabilità per le fasce tagliafuoco. I tipi di attributi secondari che devono essere considerati sono quelli che influenzano il volume di combustibile disponibile per gli incendi e che contribuiscono alla diffusione verticale e orizzontale degli incendi. Questi includono il volume della lettiera prodotta, la presenza di cortecce decorticanti, la densità delle piante e la produzione di ambra. Per quanto riguarda questi attributi secondari, le specie di piante a bassa infiammabilità si distinguono per la produzione di basse quantità di combustibile da lettiera, il possesso di cortecce non decorticanti, la capacità di immagazzinare acqua e di non seccare rapidamente, avendo una bassa densità di massa e avendo la produzione di poche (o nessuna) braci in grado di viaggiare facilmente su grandi distanze.

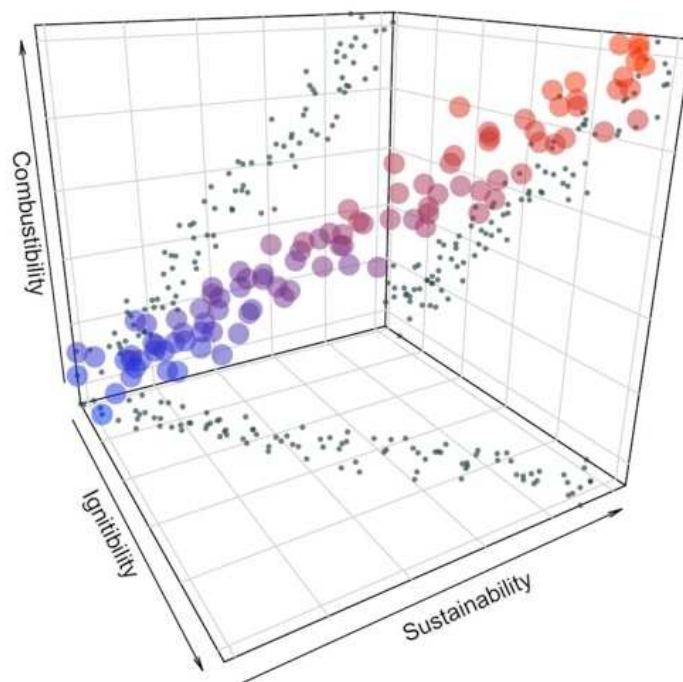
La ricerca sull'infiammabilità su scala fogliare ha dimostrato che la sostenibilità e la combustibilità sono correlate in modo tale che le specie che bruciano per brevi periodi hanno anche una bassa combustibilità, coerente con le caratteristiche di una specie ideale a bassa infiammabilità (60 specie di piante dei boschi a rischio di incendio dell'Australia orientale). Tuttavia, in quello studio, l'infiammabilità era correlata negativamente con la sostenibilità, in modo tale che le specie che non bruciavano a lungo erano in realtà le più veloci ad infiammarsi.

A livello dei germogli, sono state trovate relazioni positive tra l'alta persistenza e l'alta combustibilità, così come l'infiammabilità veloce e l'alta combustibilità, tuttavia, come per il livello delle foglie, sembra esserci un disaccoppiamento tra sostenibilità e infiammabilità.

Jaureguiberry ha descritto un dispositivo per la misurazione standard dell'infiammabilità dei germogli.

In alcuni casi, alcune coppie di attributi di infiammabilità (per esempio, l'infiammabilità e la sostenibilità) non si allineano per produrre specie a bassa infiammabilità ideale significa che le specie a bassa infiammabilità possono avere bisogno di essere selezionate sulla base di un attributo di infiammabilità preferito. In altre parole, la specie ideale a bassa infiammabilità che possiede tutti e tre gli attributi all'estremità inferiore dei loro intervalli di infiammabilità può non esistere in alcune circostanze. In questo caso, le specie che si infiammano rapidamente potrebbero essere selezionate perché non bruciano a lungo e quindi è improbabile che contribuiscano alla continua diffusione del fuoco. Al contrario, le specie che impiegano molto tempo per accendersi potrebbero essere selezionate perché forniscono una finestra di tempo più lunga per estinguere la fiamma, nonostante brucino a lungo una volta accese.

Tutto sta dunque nel trovare il miglior compromesso tra i valori descritti sopra.



**Figure 1.** An integrated approach to identify low-flammability plant species using three intrinsic plant-flammability attributes. In this hypothetical scenario, each coloured circle represents the position of species based on relationships among ignitibility, sustainability and combustibility. Ideal low-flammability species (blue) have slow ignitibility, short sustainability and low combustibility. Non-ideal high-flammability species (red) have fast ignitibility, long sustainability and high combustibility.

## Capitolo 4 CONCLUSIONI

In questo lavoro di tesi si è cercato di approfondire l'importanza legata ai tappeti erbosi ad uso protettivo, facendone conoscere l'importanza anche legata alla lotta contro la problematica degli incendi. Di fatti la lotta ad un incendio attraverso l'inserimento di specie vegetali potrebbe essere, a livello concettuale, controintuitiva, ma è invece una pratica che, come si è evinto dagli articoli mostrati, si dimostra molto efficace e contribuisce al tempo stesso a migliorare la biodiversità.

Purtroppo però la ricerca in questo ambito è ancora minima e andrebbe assolutamente svolto uno studio maggiore per applicare questa tecnica con più frequenza e per adoperare piante

locali tipiche onde evitare problemi causati da specie non autoctone, le quali potrebbero diventare invasive.

Inoltre dalla ricerca si evince chiaramente che la fascia tagliafuoco monostrato, tipicamente arborea ma nel nostro caso anche erbosa, è un metodo di lotta contro l'incendio in realtà meno efficace rispetto ad una fascia multistrato, perché questa presenta caratteristiche funzionali migliori anche se richiede uno studio più approfondito e può andare incontro a problematiche di gestione diverse.

## BIBLIOGRAFIA

**GREEN FIREBREAKS A MANAGEMENT TOOL FOR WILDFIRES: LESSONS FROM CHINA (Xinglei Cuia, Md Azharul Alama , George LW. Perryb, Adrian M. Patersona , Sarah V. Wysec , Timothy J. Currana)**

**Fasce verdi tagliafuoco come strumento di controllo per incendi: lezioni dalla Cina**

References Andres, F.R., Joseph, V.W., Holzapfel, C., Moloney, K.A., 2016. Spreaders, igniters, and burning shrubs: plant flammability explains novel fire dynamics in grass-invaded deserts. *Ecol. Appl.* 26, 2311–2322. Batista, A.C., Biondi, D., Tetto, A.F., De Assunção, R., Tres, A., Travenisk, R.C.C., Kovalsyki, B., 2013. Evaluation of the flammability of trees and shrubs used in the implementation of green barriers in southern Brazil. In: González-Cabán, Armando, Tech. Coord. Proceedings of the Fourth International Symposium on Fire Economics, Planning, and Policy: Climate Change and Wildfires. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-245 (English). US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station: 256-264, Albany, CA, pp. 256–264. Behm, A.L., Long, A.J., Monroe, M.C., Randall, C.K., Zipperer, W.C., Hermansen-Baez, L.A., 2004. Fire in the Wildland-urban Interface: Preparing a Firewise Plant List for WUI Residents. University of Florida, IFAS Extension. Bowman, D.M., Williamson, G.J., Abatzoglou, J.T., Kolden, C.A., Cochrane, M.A., Smith, A.M., 2017. Human exposure and sensitivity to globally extreme wildfire events. *Nature Ecol. Evol.* 1, 0058. Chen, C., 1994. Study on the

application of biological fire-prevention in South China forest areas (in Chinese). *J. Fujian College For.* 14, 146–151. Chen, C., 1995. The biological fire prevention research in China (in Chinese). *Fire Saf. Sci.* 4, 42–48. Chen, C., Shi, X., Hu, H., Deng, S., Hang, T., 1988. A study on species choice for fire protection forest belt (in Chinese). *J. Fujian College For.* 8, 1–12. Chen, F., 2008. A study on mechanism and technology of biological fire-resistant forest belt (in Chinese). *Shanxi For. Sci. Technol.* 14–16. Cheng, W.Y.G., Lo, S.M., Fang, Z., Cheng, C.X., 2004. A view on the means of fire prevention of ancient Chinese buildings – from religious belief to practice. *Struct. Surv.* 22, 201–209. Ching, F.F., Stewart, W.S., 1962. Research with slow burning plants. *J. For.* 60, 796–798. Cornwell, W.K., Elvira, A., van Kempen, L., van Logtestijn, R.S., Aptroot, A., Cornelissen, J.H.C., 2015. Flammability across the gymnosperm phylogeny: the importance of litter particle size. *New Phytol.* 206, 672–681. Curran, T., Perry, G., Wyse, S., Alam, M., 2018. Managing fire and biodiversity in the wildland-urban interface: a role for green firebreaks. *Fire* 1, 3. Davison, J., Smith, E., 1997. Greenstrips: another tool to manage wildfire. *Fact Sheet* 97-36. Della Rocca, G., Danti, R., Raddi, P., Moya, B., Moya, J., 2014. Implementation of the «cypress System» as a Green Firewall. *Project CypFire* 3, 275–280. Deng, W., Wen, D., Shen, C., He, J., Liu, H., Tang, G., 2005. Wind speed distribution in the weather of the firebreak tree belt in a wind tunnel experiment (in Chinese). *Sci. Silvae Sin.* 41, 114–118. Deng, X., Kang, W., Wen, D., Liu, H., 2004. Effective structure of the firebreak tree belt in the ridge of a mountain (in Chinese). *Fire Saf. Sci.* 13, 214–218. Detweiler, A.J., Fitzgerald, S.A., 2006. Fire-resistant Plants for Home Landscapes: Selecting Plants that May Reduce Your Risk from Wildfire. Dunn, A., Milne, G., 2004. Modelling wildfire dynamics via interacting automata. In: *International Conference on Cellular Automata*. Springer, pp. 395–404. Eamor, C., Nord, L.R.G., 1977. Low-volume and slow-burning vegetation for planting on clearings in California chaparral. *Res. Paper PSW-RP-124* In: *Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, Forest Service. U.S. Department of Agriculture, Berkeley, CA*, pp. 41. Etherington, T., Curran, T., Long, P., Wyse, S., 2017. Global Land-cover Change – Wildfires. Chapter 8 in: *the State of the World's Plants Report – 2017*. Royal Botanic Gardens, Kew., pp. 50–57. Fan, S., Dong, S., Zhang, X., 2012. Preliminary study on tree species selection for fire protection and afforestation technique of fire prevention forest (in Chinese). *Hebei J. For. Orchard Res.* 27, 408–410. Fernandes, P.M., Cruz, M.G., 2012. Plant flammability experiments offer limited

insight into vegetation–fire dynamics interactions. *New Phytol.* 194, 606–609.

Flannigan, M., Cantin, A.S., de Groot, W.J., Wotton, M., Newbery, A., Gowman, L.M., 2013. Global wildland fire season severity in the 21st century. *For. Ecol. Manag.* 294, 54–61.

Flannigan, M.D., Krawchuk, M.A., de Groot, W.J., Wotton, B.M., Gowman, L.M., 2009. Implications of changing climate for global wildland fire. *Int. J. Wildland Fire* 18, 483–507.

Forest Fire Management Office of State Forestry Administration, 2003. *The Construction of Fuelbreak in China*. China Forestry Publishing House, Beijing.

Gill, A.M., Stephens, S.L., Cary, G.J., 2013. The worldwide “wildfire” problem. *Ecol. Appl.* 23, 438–454.

Green, D.G., 1983. Shapes of simulated fires in discrete fuels. *Ecol. Model.* 20, 21–32.

Hall, J., Ellis, P.F., Cary, G.J., Bishop, G., Sullivan, A.L., 2015. Long-distance spotting potential of bark strips of a ribbon gum (*Eucalyptus viminalis*). *Int. J. Wildland Fire* 24, 1109–1117.

Harrison, R.D., Waldron, B.L., Jensen, K.B., Page, R., Monaco, T.A., Horton, W., Palazzo, A.J., 2002. Forage kochia helps fight range fires. *Rangelands Archives* 24, 3–7.

Hirsch, K.G., 1996. *Canadian Forest Fire Behavior Prediction (FBP) System: User's Guide*.

Hong, C., 2007. Fire retardant mechanism of the non-managed and partly managed multilayer firebreak forests (in Chinese). *For. Res.* 26, 859–863.

Hu, H., Ju, L., 2008. Fire resistance of eight broadleaf woody species in Xiaoxing'an mountain (in Chinese). *Sci. Silvae Sin.* 44, 90–95.

Jia, B., Zhang, L., Zou, L., Zhong, A., Xiao, J., 2014. A study of temperature and relative humidity in the biological fire prevention forest (in Chinese). *Acta Agric. Univ. Jiangxiensis* 36, 802–810.

Jiang, Y., 1987. Talk about the huge forest fire in the Daxing'anling mountains in China (in Chinese). *Biol. Bull.* 11, 012.

John, L.S., Ogle, D., 2009. *Green Strips or Vegetative Fuel Breaks*. Tech. Note TN Plant Materials No. 16. Boise, ID. US Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Salt Lake City, UT, pp. 16.

Jolly, A., Guild, D.W., 1974. Lucerne cropping on firebreaks. *N. Z. J. For.* 19, 134–137.

Kalabokidis, K.D., Koutsias, N., Konstantinidis, P., Vasilakos, C., 2007. Multivariate analysis of landscape wildfire dynamics in a Mediterranean ecosystem of Greece. *Area* 39, 392–402.

Koo, E., Pagni, P.J., Weise, D.R., Woycheese, J.P., 2010. Firebrands and spotting ignition in large-scale fires. *Int. J. Wildland Fire* 19, 818–843.

Kou, J., Tian, X., 1997. Fire prevention mechanism of two kinds of mixed coniferous and broad-leaved forests (in Chinese). *J. Beijing For. Univ.* 19, 11–18.

Li, S., Luo, W., Shu, Q., Ma, C., Ma, A., Zhang, Q., 2009. Combustibility of 25 woody plants for selection of fire-resistant tree species in Kunming area (in Chinese). *J. Zhejiang For. Coll.* 26, 351–357.

Lin,

A., Wang, X., 2012. Technological tests of biological fireproofing forest belt in mountainous areas of south Zhejiang (in Chinese). *East China Forest Manag.* 26, 5–9.

Liu, G., Sui, Q., Li, H., Wang, Z., 2012. Construction of evaluation system for fireproof effect of biological fire belt by transformed cultivation (in Chinese). *J. Nanjing For. Univ.* 40, 106–109.

Liu, Y., Stanturf, J., Goodrick, S., 2010. Trends in global wildfire potential in a changing climate. *For. Ecol. Manag.* 259, 685–697.

LYL127-91, 1991. The Technology Standard of Forest Fire Protection Engineering.

Matsypura, D., Prokopyev, O.A., Zahar, A., 2018. Wildfire fuel management: networkbased models and optimization of prescribed burning. *Eur. J. Oper. Res.* 264, 774–796.

Miller, D., 2006. Controlling Annual Bromes: using rangeland “greenstrips” to create natural fire breaks. *Rangelands* 28, 22–25.

Montgomery, K.R., 1973. Green Belts for Brush Fire Protection and Soil Erosion Control in Hillside Residential Areas. County of Los Angeles, Department of Arboreta and Botanic Gardens.

Murray, B., Martin, L., Brown, C., Krix, D., Phillips, M., 2018. Selecting low-flammability plants as green firebreaks within sustainable urban garden design. *Fire* 1, 15.

National Bureau of Statistics of China, 2000–2016. *China Statistical Yearbook*. China Statistics Press, Beijing.

Ni, R., Song, Q., Wu, Y., Wang, J., Du, G., 2015. Comparison on fuel load under *Schima superba* and *Cunninghamia lanceolata* stands (in Chinese). *J. Zhejiang For. Sci. Technol.* 35, 45–48.

North, M.P., Stephens, S.L., Collins, B.M., Agee, J.K., Aplet, G., Franklin, J.F., Fulé, P.Z., 2015. Reform forest fire management. *Science* 349, 1280–1281.

Paulsamy, S., Kil, B.-S., Arumugasamy, K., Padmathy, S., 2003. Strategy to control surface fire using vegetational fire breaks in rangelands of Nilgiris, southern India. *Kor. J. Entomol.* 26, 251–254.

Pausas, J.G., Keeley, J.E., Schwilk, D.W., 2017. Flammability as an ecological and evolutionary driver. *J. Ecol.* 105, 289–297.

Pellant, M., 1992. History and applications of the Intermountain greenstripping program. *Proc.: Ecol. Manag. Annual Rangelands* 18–21.

Platt, K., Jackman, E.R., 1946. The Cheatgrass Problem in Oregon. *Ext. Bull.* 668.

Prior, L.D., Murphy, B.P., Williamson, G.J., Cochrane, M.A., Jolly, W.M., Bowman, D.M.J.S., 2017. Does inherent flammability of grass and litter fuels contribute to continental patterns of landscape fire activity? *J. Biogeogr.* 44, 1225–1238.

Román-Cuesta, R., Salinas, N., Asbjornsen, H., Oliveras, I., Huaman, V., Gutiérrez, Y., Puelles, L., Kala, J., Yabar, D., Rojas, M., 2011. Implications of fires on carbon budgets in Andean cloud montane forest: the importance of peat soils and tree resprouting. *For. Ecol. Manag.* 261, 1987–1997.

Ryu, S.-R., Choi, H.-T., Lim, J.-H., Lee, I.-K., Ahn, Y.-S.,



2017. Post-fire restoration plan for sustainable forest management in South Korea. *Forests* 8, 188. X. Cui et al. *Journal of Environmental Management* 233 (2019) 329–336 335 Shu, L., Tian, X., Li, H., 1999a. The development of fire-resistance forest belts research (in Chinese). *Sci. Silvae Sin.* 35, 80–85. Shu, L., Tian, X., Lin, Q., 1999b. The theory and application of fire-resistant forest belts (in Chinese). *J. Northeast For. Univ.* 27, 71–75. State Forestry Administration of the People's Republic of China, 2016. National Forest Fire Prevention Plan (2016-2025). (in Chinese). Sun, Y., Wei, L., Liu, S., Yao, L., 2013. Effective structure and width of the biological firebreak belt (in Chinese). *J. Northwest For. Univ.* 28, 139–142. Swaine, M., 1992. Characteristics of dry forest in West Africa and the influence of fire. *J. Veg. Sci.* 3, 365–374. Syphard, A.D., Brennan, T.J., Keeley, J.E., 2014. The role of defensible space for residential structure protection during wildfires. *Int. J. Wildland Fire* 23, 1165–1175. Terauchi, M., 2001. Grassland Preservation and Management Issues in the Aso Area, Kumamoto Prefecture [Japan], 2: a Case Study of Aso Town (In Japanese). *Journal of the Rural Life Society of Japan (Japan)*. Tian, X., 2000. Study on Mechanism of Fire-preventing Forest Belts (In Chinese). Beijing Forestry University, Beijing. Tian, X., Shu, L., 2000. Application and research status of firebreak belt (in Chinese). *World Forestry Research* 13, 20–26. Wang, H., 2017. The Importance of Developing Biological Fire Prevention Technology in Current Situation (In Chinese). *Forest Fire Prevention*, pp. 47–53. Wang, M., Zhou, R., Ren, Y., 2012. Key parameters and methods of forest fire prevention forest belt design in North China (in Chinese). *Forest Fire Preven.* 4, 54–57. Wang, Y., Wei, Z., Gao, G., 2008. Dynamic changes of herbs under fire control belt of Liaodong alder (in Chinese). *J. Shenyang Agric. Univ.* 39, 197–200. Wen, D., 1992. Discussion on several problems of firebreak belt (in Chinese). *Forest Fire Prevention* 4, 22–23. Wen, D., 1997. Research status on firebreak belt (in Chinese). *Forest Fire Prevention* 2, 23–24. Wen, D., 1998. Investigation and discussion on present situation of forest fire belt in South China (in Chinese). *Forest Fire Prevention* 4, 38–39. Westman, W.E., 1976. Vegetation conversion for fire control in Los Angeles. *Urban Ecol.* 2, 119–137. White, R.H., Zipperer, W.C., 2010. Testing and classification of individual plants for fire behaviour: plant selection for the wildlandurban interface. *Int. J. Wildland Fire* 19, 213–227. Wyse, S.V., Perry, G.L.W., O'Connell, D.M., Holland, P.S., Wright, M.J., Hosted, C.L., Whitelock, S.L., Geary, I.J., Maurin, K.J.L., Curran, T.J., 2016. A quantitative assessment of shoot flammability for 60 tree and shrub species supports

rankings based on expert opinion. *Int. J. Wildland Fire* 25, 466–477. Xanthopoulos, G., Caballero, D., Galante, M., Alexandrian, D., Rigolot, E., Marzano, R., 2006. Forest fuels management in Europe. In: Andrews, Patricia L., Butler (Eds.), Bret W., Comps. 2006. *Fuels Management-how to Measure Success: Conference Proceedings*. 28-30 March 2006; Portland, OR. Proceedings RMRS-P-41. US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, CO, pp. 29–46. Xaud, M., Xaud, H., Mourão Jr., M., Bendahan, A., Carvalho, A., 2007. Evaluation of pineapple crop used as firebreak in Roraima, Amazonia. In: VI International Pineapple Symposium. Vol. 822. pp. 245–250. Xiao, H., Liu, L., Xiang, S., Liu, D., Wang, W., 2008. Effective width model of fire-preventing forest belts for *Pinus massoniana* (in Chinese). *J. Northeast For. Univ.* 23, 134–137. Xu, X., Xu, J., Gu, L., 2007. Scientific selection of fire-resistant tree species and the technology of biological fire-protection forest belt construction. *J. Hebei For. Sci. Technol* 58-58. Zhan, C., Wei, H., 1993. The construction and management of firebreak forest in forest region of southern China (in Chinese). *Forest Fire Prev.* 2, 32–34. Zhang, H., 2008. The Study Situation about Fire-resistant Species in the South of China (In Chinese). *East China Forest Management*, pp. 18–23. Zhang, Y., Yang, D., 2015. Forest fire belt and its fire tree species selection (in Chinese). *Horticultural For.* 3, 181. Zheng, H., 1990. *Integrated Forest Fire Prevention System*. Northeast China forestry university press, Harbin. Zhou, Y., 2007. Study on Mechanism of Fire-preventing Forest Belts of *Schima superba* (In Chinese). Zhejiang A&F University

**AN INTEGRATED APPROACH TO IDENTIFY LOW-FLAMMABILITY PLANT SPECIES FOR GREEN FIREBREAKS (Brad R. Murray, Colin Brown, Megan L. Murray, Daniel W. Krix, Leigh J. Martin, Thomas Hawthorne, Molly I. Wallace, Summer A. Potvin and Jonathan K. Webb)**

**Un approccio integrale per identificare specie di piante a bassa infiammabilità per le fasce verdi tagliafuoco.**

1. Nolan, R.H.; Boer, M.M.; Collins, L.; de Dios, V.R.; Clarke, H.; Jenkins, M.; Kenny, B.; Bradstock, R.A. Causes and consequences of eastern Australia’s 2019–20 season of mega-fires. *Glob. Chang. Biol.* 2020. [CrossRef] [PubMed] 2. Pickrell, J. Australia’s vulnerable species hit hard by fires. *Science* 2019, 366, 1427–1428. [CrossRef] [PubMed] 3. Phillips, N.; Nogrady, B. The race to decipher how climate change influenced Australia’s record fires. *Nature* 2020, 577, 610–612. [CrossRef]

[PubMed] 4. Moritz, M.A.; Batllori, E.; Bradstock, R.A.; Gill, A.M.; Handmer, J.; Hessburg, P.F.; Leonard, J.; McCaffrey, S.; Odion, D.C.; Schoennagel, T.; et al. Learning to coexist with wildfire. *Nature* 2014, 515, 58–66. [CrossRef] [PubMed] 5. Michael, Y.; Lensky, I.; Brenner, S.; Tchetchik, A.; Tessler, N.; Helman, D. Economic assessment of fire damage to urban forest in the wildland–urban interface using planet satellites constellation images. *Remote Sens.* 2018, 10, 1479. [CrossRef] 6. Curran, T.J.; Perry, G.L.W.; Wyse, S.V.; Alam, M.A. Managing fire and biodiversity in the wildland-urban interface: A role for green firebreaks. *Fire* 2018, 1, 3. [CrossRef] 7. Murray, B.R.; Martin, L.J.; Brown, C.; Krix, D.W.; Phillips, M.L. Selecting low-flammability plants as green firebreaks within sustainable urban garden design. *Fire* 2018, 1, 15. [CrossRef] 8. Cui, X.; Alam, M.A.; Perry, G.L.W.; Paterson, A.M.; Wyse, S.V.; Curran, T.J. Green firebreaks as a management tool for wildfires: Lessons from China. *J. Environ. Manag.* 2019, 233, 329–336. [CrossRef] [PubMed] 9. Ozbreed. Fire Retardant Plants: Literature Review and Plant List. Available online: [https://www.ozbreed.com.au/download/fire\\_retardant\\_plants.pdf](https://www.ozbreed.com.au/download/fire_retardant_plants.pdf) (accessed on 9 March 2020). 10. TFS. Fire Retardant Garden Plants for the Urban Fringe and Rural Areas. Tasmania Fire Service. Available online: <https://www.fire.tas.gov.au/publications/1709%20Brochure.pdf> (accessed on 9 March 2020). 11. Pérez-Harguindeguy, N.; Díaz, S.; Garnier, E.; Lavorel, S.; Poorter, H.; Jaureguiberry, P.; Bret-Harte, M.S.; Cornwell, W.K.; Craine, J.M.; Gurvich, D.E.; et al. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Aust. J. Bot.* 2013, 61, 167–234. [CrossRef] 12. Anderson, H.E. Forest fuel ignitibility. *Fire Technol.* 1970, 6, 312–319. [CrossRef] 13. Murray, B.R.; Hardstaff, L.K.; Phillips, M.L. Differences in leaf flammability, leaf traits and flammability-trait relationships between native and exotic plant species of dry sclerophyll forest. *PLoS ONE* 2013, 8, 79205. [CrossRef] [PubMed] 14. Alam, M.A.; Wyse, S.V.; Buckley, H.L.; Perry, G.L.W.; Sullivan, J.J.; Mason, N.W.H.; Buxton, R.; Richardson, S.J.; Curran, T.J. Shoot flammability is decoupled from leaf flammability, but controlled by leaf functional traits. *J. Ecol.* 2020, 108, 641–653. [CrossRef] 15. Gill, A.M.; Zylstra, P. Flammability of Australian forests. *Aust. For.* 2005, 68, 87–93. [CrossRef] 16. Schwilk, D.W. Dimensions of plant flammability. *New Phytol.* 2015, 206, 486–488. [CrossRef] [PubMed] 17. Sharma, S.; Ochsner, T.E.; Twidwell, D.; Carlson, J.D.; Krueger, E.S.; Engle, D.M.; Fuhlendorf, S.D. Nondestructive estimation of standing crop and fuel moisture content in Tallgrass

Prairie. Rangel. Ecol. Manag. 2018, 71, 356–362. [CrossRef] 18. Wyse, S.V.; Perry, G.L.W.; Curran, T.J. Shoot-level flammability of species mixtures is driven by the most flammable species: Implications for vegetation-fire feedbacks favouring invasive species. Ecosystems 2018, 21, 886–900. [CrossRef] 19. Krix, D.W.; Phillips, M.L.; Murray, B.R. Relationships among leaf flammability attributes and identifying low-leaf-flammability species at the wildland-urban interface. Int. J. Wildland Fire 2019, 28, 295–307. [CrossRef] 20. Jaureguiberry, P.; Bertone, G.; Diaz, S. Device for the standard measurement of shoot flammability in the field. Austral Ecol. 2011, 36, 821–829. [CrossRef]

## SITOGRAFIA

-Web of science

## RINGRAZIAMENTI

*Ringrazio immensamente tutti coloro che mi hanno sostenuto in questo difficile periodo durato fin troppo, in particolare il dottor Matteo Mancinelli, che mi ha aiutato molto nella conclusione del mio percorso universitario.*

*Ringrazio inoltre i professori del corso di Scienze Forestali: se oggi ho imparato il significato dei termini “incassare”, “ingoiare”, “subire” e “mentire”, nonché il significato di “rabbia” o di “impotenza” lo devo in gran parte a voi.*

*Grazie perché ora sono più forte di prima e posso sfoggiare le mie cicatrici come un trofeo.*