Zeitschrift: Bollettino della Società ticinese di scienze naturali

Herausgeber: Società ticinese di scienze naturali

Band: 95 (2007)

Artikel: Effetto di un incendio di superficie sulla crescita di castagni e ontani neri sul versante sudalpino Svizzero

Autor: Brugger, Sarah / Fonti, Patrick / Kaiser, Klaus F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1003183

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Effetto di un incendio di superficie sulla crescita di castagni e ontani neri sul versante sudalpino Svizzero

Sarah Brugger[1,2], Patrick Fonti[3], Klaus F. Kaiser[2,3] e Marco Conedera[1]

[1] **WSL Istituto Federale di Ricerca su Foresta, Neve e Paesaggio, Unità di ricerca Limiti degli ecosistemi, Gruppo ecosistemi insubrici, via Belsoggiorno 22, CH-6500 Bellinzona.**
[2] **Istituto di Geografia dell'Università di Zurigo, Winterthurerstrasse 190, CH-8057 Zurich**
[3] **WSL Istituto Federale di Ricerca su Foresta, Neve e Paesaggio, Unità di ricerca Scienze dendrocronologiche, Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf.**

Riassunto: L'effetto del fuoco sulla crescita degli alberi è un aspetto poco conosciuto. In questo studio è stato eseguito un incendio sperimentale in un castagneto da frutto abbandonato, per poi analizzare la crescita diametrica post-incendio di esemplari di castagno (*Castanea sativa*) e di ontano nero (*Alnus glutinosa*). All'interno della superficie sperimentale il carico di lettiera è stato modulato in modo da simulare due intensità di fuoco superficiale: bassa e medio-bassa. Il passaggio del fuoco ha causato una riduzione dell'incremento in diametro degli alberi colpiti. Questo effetto è maggiore per l'ontano nero (specie sensibile agli incendi) rispetto al castagno (relativamente resistente) e negli alberi con ferite aperte rispetto a quelli intatti. Le riduzioni sono più evidenti nella parte del tronco rivolta a monte. L'analisi di dettaglio di altri possibili fattori di influenza quali il diametro dell'albero o il carico di combustibile offrono invece un quadro assai incerto. In generale i nostri risultati sembrano confermare l'eterogeneità degli effetti del fuoco all'interno di un'area bruciata e suggerire un ruolo predominante del tempo di permanenza delle temperature al di sopra delle soglie letali più che dei valori massimi assoluti raggiunti dalla termica.

Effects of a surface fire on tree ring growth in chestnut and alder trees in southern Switzerland

Abstract: Knowledge about how forest tree growth responds to fire is still incomplete. In this study we analysed the radial growth response of the chestnut tree (*Castanea sativa*) and the common alder (*Alnus glutinosa*) from a low to medium-intensity surface fire in the lowlands of the southern slope of the Swiss Alps. The experimental fire was designed in order to simulate two different fire intensities by manipulating the fuel load. Trees in the burnt area showed a reduced growth with respect to the control trees. The reduction was higher in the common alder, highlighting the fire-sensitivity of the species in comparison to chestnut. A more pronounced radial growth was observed on scarred trees and in the up-hill part of the stems. No clear relationship was found between diameter growth and other factors such as stem diameter and fuel load. Our results confirm the heterogeneity of fire effects in a forest stand. In addition, the residence time of the temperature above a lethal threshold seems to be more determinant for growth response than the absolute temperature of the fire front.

Keywords: Fire effects, dendroecology, radial growth, fire experiment, fuel load

INTRODUZIONE

L'incendio di bosco è un fattore di disturbo che interessa tutte le componenti dell'ecosistema (PYNE *et al.* 1996; MORETTI & CONEDERA 2005).
L'effetto più diretto è il consumo della biomassa (necromassa quale lettiera e ramaglia a terra in particolare, ma anche biomassa viva e in piedi). Attraverso la sua azione distruttiva, il fuoco esercita una pressione selettiva sulla vegetazione, favorendo gli individui in grado di proteggersi dalle alte temperature o in grado di rinnovarsi per via vegetativa (per esempio riscoppio pollonifero e ricrescita delle parti aeree lese) o di rinnovarsi per via gamica (per esempio germinazione o colonizzare dei suoli nudi da parte dei semi delle specie pioniere) (DELARZE *et al.* 1992; BOND & VAN WILGEN 1996; HOFMANN *et al.* 1998). Dove il fuoco è frequente, le comunità vegetali si specializzano e sono dominate da specie pirotolleranti, in grado di sfruttare il passaggio del fuoco e lo choc termico che ne deriva per attivare i meccanismi di fioritura, di fruttificazione, di rilascio o di germinazione dei semi (MAZZOLENI 1993; PYNE *et al.* 1996).

Gli effetti del passaggio del fuoco per la fauna superiore sono invece meno drammatici, grazie anche alla mobilità che caratterizza questi animali. Inverso il discorso per gli invertebrati poco mobili che, durante la stagione di massimo pericolo di incendi, colonizzano lo strato di lettiera (isopodi, miriapodi, molluschi, collemboli, pseudoscorpioni e molte famiglie di coleotteri): il passaggio del fuoco provoca di solito una drastica riduzione di queste popolazioni (SAINT-GERMAIN *et al.* 2005; WIKARS & SCHIMMEL 2001), che possono perdere fino al 90% dei loro effettivi come è stato dimostrato nelle condizioni di incendi di superficie tipici del Sud delle Alpi della Svizzera (HERZOG 1998; MORETTI & CONEDERA 2005). L'eliminazione della biomassa in superficie, la messa a nudo del terreno e la formazione di uno strato più o meno consistente di cenere in superficie hanno conseguenze importanti anche per le caratteristiche fisico-chimiche del suolo. Dopo il passaggio del fuoco, la superficie del suolo assume temporaneamente caratteristiche di idrorepellenza (dovuti probabilmente all'azione combinata dello strato di cenere che sigilla fisicamente i pori del suolo e del maggiore disseccamento superficiale del suolo, LETEY 2001). Aumenta così il deflusso superficiale e l'azione erosiva dell'acqua: effetto che si manifesta in modo proporzionale all'intensità del fuoco e soprattutto nel corso del primo anno postincendio (ROBISCHAUD & BROWN 1999; PROVIDOLI *et al.* 2000; MARXER 2003). Deflusso superficiale ed erosione provocano a loro volta un generale dilavamento delle sostanze nutritive (sali minerali) presenti nel suolo e nelle ceneri di combustione, sia in forma solida sia sciolte nell'acqua di deflusso, con conseguente progressivo impoverimento del terreno (GIOVANNINI 1994; SOTO *et al.* 1994; MARXER 2003). Un ulteriore effetto del passaggio del fuoco è rappresentato da un aumento significativo dell'attività dei microrganismi del suolo. Anche questa reazione, come il deflusso maggiorato delle acque meteoriche e l'erosione, è temporaneo (durata di qualche mese fino a un anno) e proporzionale all'intensità degli incendi (WÜTHRICH *et al.* 2002).

Un aspetto poco studiato e per certi versi ancora controverso è invece l'effetto del fuoco sulla crescita diametrica degli alberi che sopravvivono al passaggio dell'incendio. Le osservazioni fin qui condotte hanno evidenziato come gli alberi possono reagire sia riducendo, sia aumentando la crescita radiale e come questa reazione dipende dalla specie arborea colpita, dalle ferite riportate dai singoli alberi (lesioni al tronco, alle radici e perdita di massa fogliare), dalle alterazioni provocate dal fuoco all'ecosistema e in particolare dalla frequenza con cui la stazione viene percorsa dagli incendi, (EUGENIO *et al.* 2006; PY *et al.* 2006). SUTHERLAND *et al.* (1991) hanno per esempio trovato riduzioni di crescita in pini ponderosa fino a due anni dopo il passaggio di un fuoco prescritto. PY *et al.* (2006), al contrario, hanno dimostrato come gli individui di alcune specie di pino delle stazioni semi-aride (*Pinus monophylla* e *Pinus ponderosa*) reagiscano positivamente agli incendi allorquando non subiscono ferite rilevanti al passaggio del fuoco. A simili conclusioni è arrivato anche uno studio riferito alle sequoie giganti (MUCH 1994, citato in PY *et al.* 2006). Gli autori riconducono il maggior vigore vegetativo di questi individui sostanzialmente all'effetto diradante del fuoco (eliminazione di concorrenti diretti all'interno del popolamento) e all'abbondanza di sostanze nutritive disponibili nelle ceneri di combustione. LAGERARD *et al.* (2000) suggeriscono addirittura di considerare l'aumento repentino del ritmo di crescita degli anelli annuali come uno dei possibili indicatori del passaggio di incendio nel passato.

Lo studio presentato in questo articolo ha lo scopo di verificare la reazione al passaggio di un incendio di superficie di intensità medio-bassa nella crescita diametrica di due specie arboree tipiche dell'orizzonte collinare del Sud delle Alpi della Svizzera (*Castanea sativa* e *Alnus glutinosa*) in funzione del loro diametro, della quantità di combustibile e delle ferite riportate.

MATERIALI E METODI

Area di studio

L'area di studio è situata sulle pendici del versante nord del Monte Ceneri, in territorio del Comune di San Antonino. Il suolo di tipo criptopodzolico è molto sabbioso (meno di 15% di componente argillosa) e caratterizzato da una presenza uniforme di sostanze organiche fino in profondità (MARXER 2003). Come nella maggior parte dei criptopodsoli umici del Sud delle Alpi, la porosità del suolo e la capacità di infiltrazione dell'acqua sono molto alte e il pH del suolo è acido (pH di 3.65 in superficie e di 4.80 a un metro di profondità) (BLASER *et al.* 2006).

Il clima è di carattere insubrico (AMBROSETTI 1995) con precipitazioni annuali medie di 1825 mm e una temperatura annuale media di 9.9 °C (stazione meteorologica della WSL di Copera, 645 m slm, periodo 1972-1998).

La copertura arborea è costituita da un castagneto da frutto abbandonato. Oltre agli esemplari di castagni (*Castanea sativa*) da frutto originari, la superficie è occupata da alberi di neocolonizzazione quali castagni selvatici, ontani neri (*Alnus glutinosa*), betulle (*Betula pendula*) e ciliegi (*Prunus avium*). Da un punto di vista ecologico l'area si presenta eterogenea, con una dominanza dell'unità vegetazione *Phyteumo-betonicifoliae-Quercetum castanosum* nelle parti meno umide e dell'unità *Arunco-Fraxinetum castanosum* nelle zone più fertili (KELLER *et al.* 1998).

Caratteristiche dell'incendio sperimentale

La mattina del 28 marzo 1998 è stato dato fuoco a un'area di 0.25 ha di bosco nell'ambito di un esperimento condotto dal WSL nel quadro del progetto di ricerca Europeo Prometheus sv. L'esperimento è stato disegnato in modo da poter simulare due differenti intensità di incendio: un'intensità bassa nella parte superiore (lettiera naturale del bosco di castagno corrispondente a un carico di combustibile di 1.15 ± 0.23 kg/m^2 di materia secca) e un'intensità medio-bassa nella parte inferiore con carico doppio di lettiera (fig. 1).

Le temperature sviluppate dal passaggio del fuoco sono

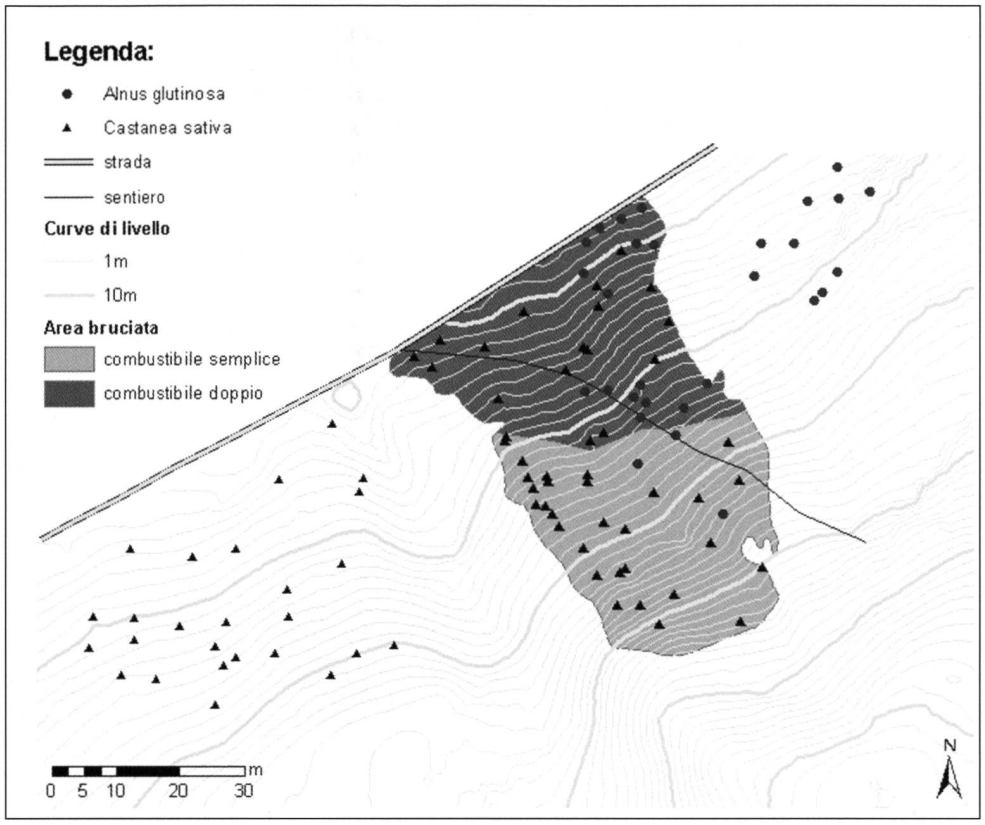

Fig. 1 – Piano di situazione della superficie sperimentale.

state misurate durante l'incendio per mezzo di 31 termocoppie (7 punti nel combustibile a +10 cm di altezza dal suolo e 8 gradienti verticali a rispettivamente +10, -2.5 e -5 cm dal suolo) e da una telecamera agli infrarossi che ha rilevato la temperatura superficiale (radiazione) su una superficie di 300 m^2 ca. La velocità e la direzione di propagazione del fuoco è invece stata rilevata con osservazione da terra e per mezzo di una telecamera agli infrarossi (Forward Looking IR–Camera – FLIR 2000) montata su un elicottero Aluette dell'Esercito Svizzero.
Le temperature massime sviluppate dal fuoco all'interno del combustibile variavano tra 400 e 660 °C nella variante a maggiore intensità e tra 210 e 500 °C nella variante a bassa intensità. La temperatura si è mantenuta sopra i 100 °C per 2–6 minuti nel combustibile e 5–15 minuti alla superficie del suolo. Sotto la superficie del suolo, le temperature hanno subito oscillazioni minime, raggiungendo un massimo di 30 °C a -2.5 cm e di 15 °C a -5 cm. La velocità media di propagazione lungo l'asse di massima pendenza è stata stimata a 0.04 m/s, mentre verso i lati le fiamme si sono propagate molto più lentamente (0.007 m/s).
Per ulteriori dettagli sul disegno sperimentale e sulle misure effettuate si rimanda a MARXER & CONEDERA (1999).

Scelta degli alberi campione

La scelta delle specie da considerare in questo studio è stata effettuata sulla base di criteri quantitativi (presenza di un numero sufficiente di individui sia all'interno dell'area bruciata, sia nella superficie testimone adiacente) e qualitativi (visibilità degli anelli, differente capacità di cicatrizzazione e di reazione al fuoco). La scelta è caduta su castagno e ontano nero, la prima specie notoriamente resistente, la seconda sensibile al fuoco (HOFMANN *et al.* 1998). In totale sono stati analizzati 98 alberi (69 castagni, 29 ontani neri, fig. 1, tab. 1).

Rilievo dei dati dendrologici

I dati sull'incremento diametrico degli alberi campione

specie	categoria di diametro (cm)	numero totale	ferita		combustibile		controllo
			con	senza	doppio	semplice	
castagno	≤ 30	21	15	6	5	16	15
	> 30	22	17	5	11	11	11
	totale	43	32	11	16	27	26
ontano nero	totale	19	15	4	16	3	10

Tab. 1 – Numero di alberi campione analizzati.

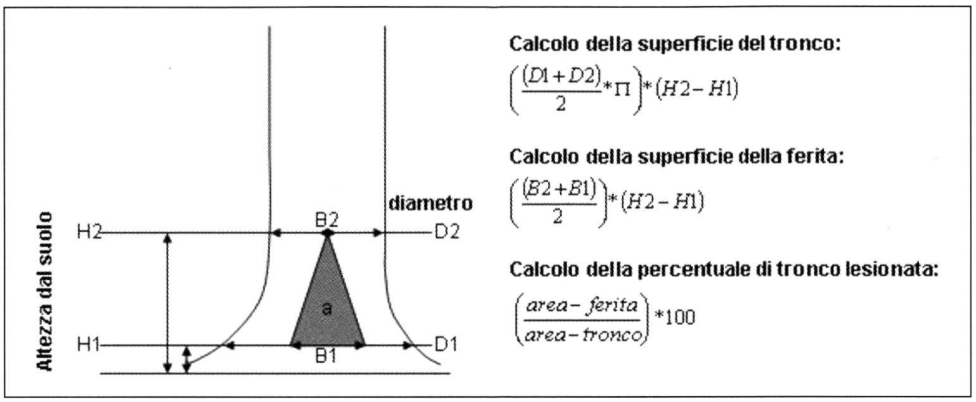

Fig. 2 – Illustrazione schematica del metodo di calcolo della parte di tronco lesionata.

sono stati ottenuti mediante il prelevamento nell'estate 2004 di carote con il succhiello di Pressler. Per ogni albero campione sono state prelevate due carote a 1.3 m di altezza, una a valle e una a monte rispetto alla linea di massima pendenza. Le carote così ottenute sono state montate su appositi supporti legnosi, lisciate in modo da rendere visibile la struttura dell'anello e misurate. Le curve di incremento radiale sono state interdatate visivamente e la loro correttezza verificate con l'ausilio di strumenti statistici (Cofecha).

La ferita da fuoco è stata rilevata in modo esatto secondo lo schema proposto da HOFMANN *et al.* (1998), leggermente modificato (fig. 2).

Per la verifica dell'effetto del diametro sulle reazioni dell'albero, i castagni sono stati divisi in due categorie diametriche, prendendo come soglia il diametro a petto d'uomo di 30 cm. Gli alberi sopra questo diametro presentano infatti una corteccia tendenzialmente ruvida, mentre gli alberi di diametro inferiore hanno ancora una corteccia tendenzialmente liscia e quindi più sensibile a lesioni dovute alla termica del fuoco (dati non mostrati).

RISULTATI E DISCUSSIONE

La figura 3 mostra la variazione degli incrementi in diametro del castagno e dell'ontano nero nei tre anni immediatamente successivi all'incendio sperimentale rispetto al triennio precedente. Rispetto agli alberi controllo, gli alberi dell'area bruciata manifestano una riduzione di crescita, più marcata per l'ontano nero che per il castagno. L'ontano sembra quindi confermare una sua maggiore sensibilità al fuoco, anche se, viste le forti riduzioni di incremento anche negli esemplari dell'area di controllo, gli alberi sembrano aver sofferto in modo generale. Gli alberi colpiti entrano quindi temporaneamente in un

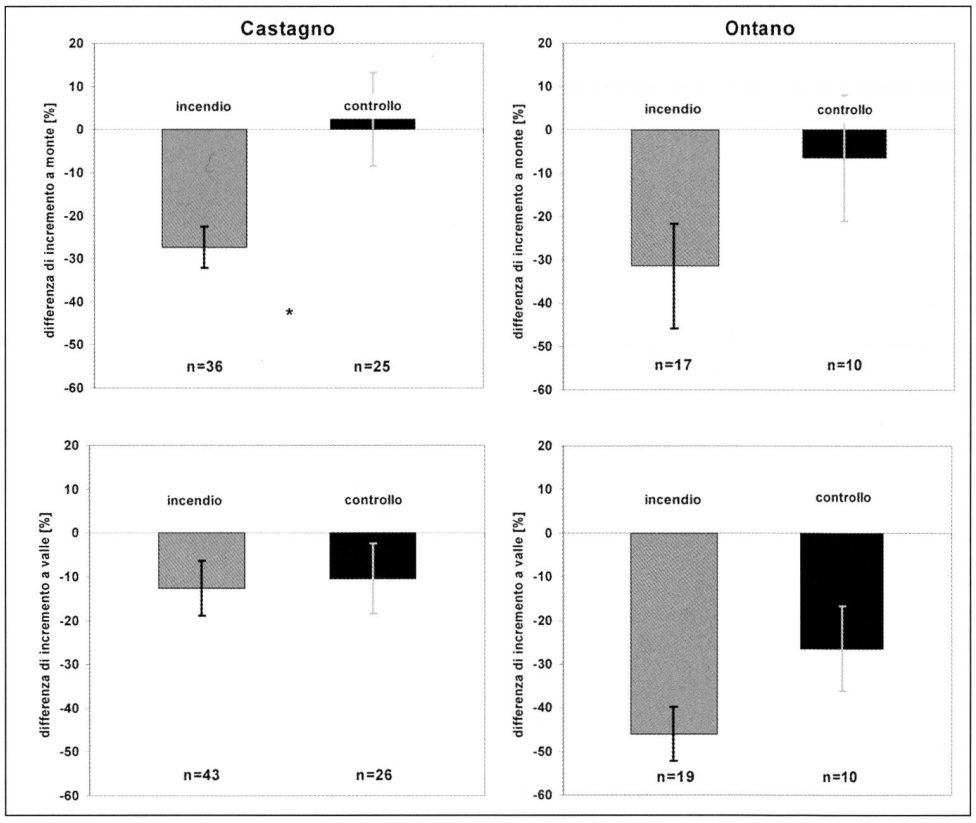

Fig. 3 – Differenze nell'incremento diametrico a monte e a valle nei tre anni successivi all'incendio (1998–2000) rispetto al triennio precedente (1995-1997) in funzione della specie (castagno e ontano nero). Le barre indicano l'errore standard. Test di significatività: t-test; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$.

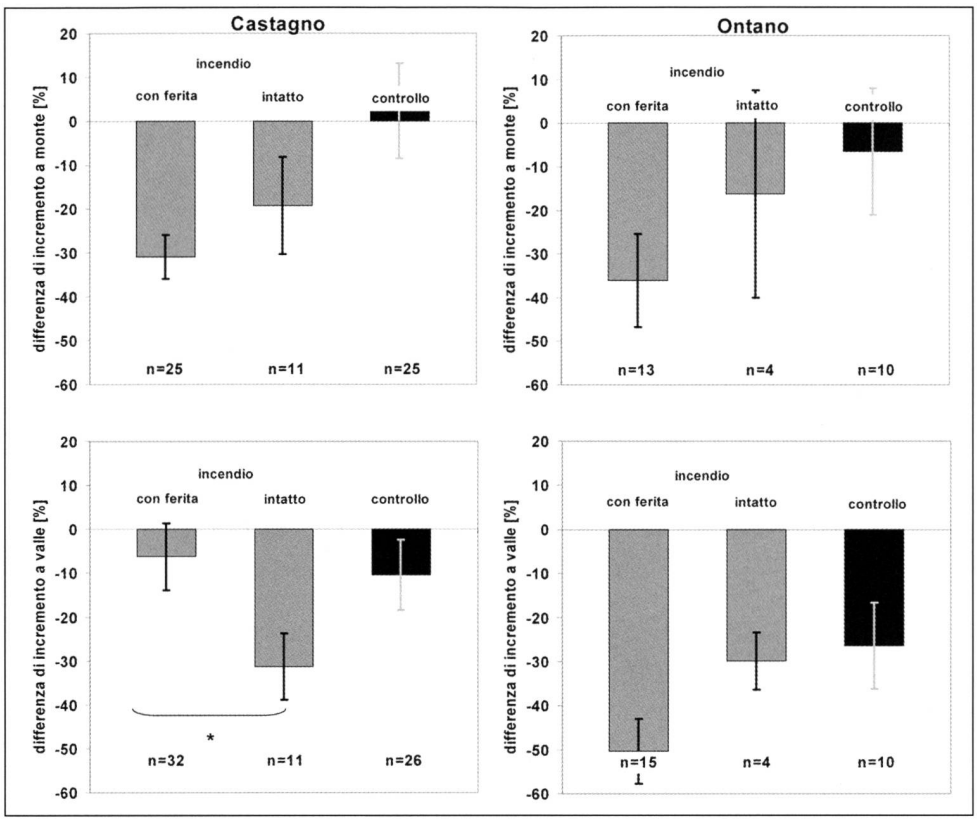

Fig. 4 – Differenze nell'incremento diametrico a monte e a valle nei tre anni successivi all'incendio (1998-2000) rispetto al triennio precedente (1995-1997) in funzione della specie (castagno e ontano nero) e dell'incidenza dell'incendio (albero ferito dall'incendio, albero in area bruciata ma intatto, albero nell'area di controllo). Le barre indicano l'errore standard. Test di significatività: t-test; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$.

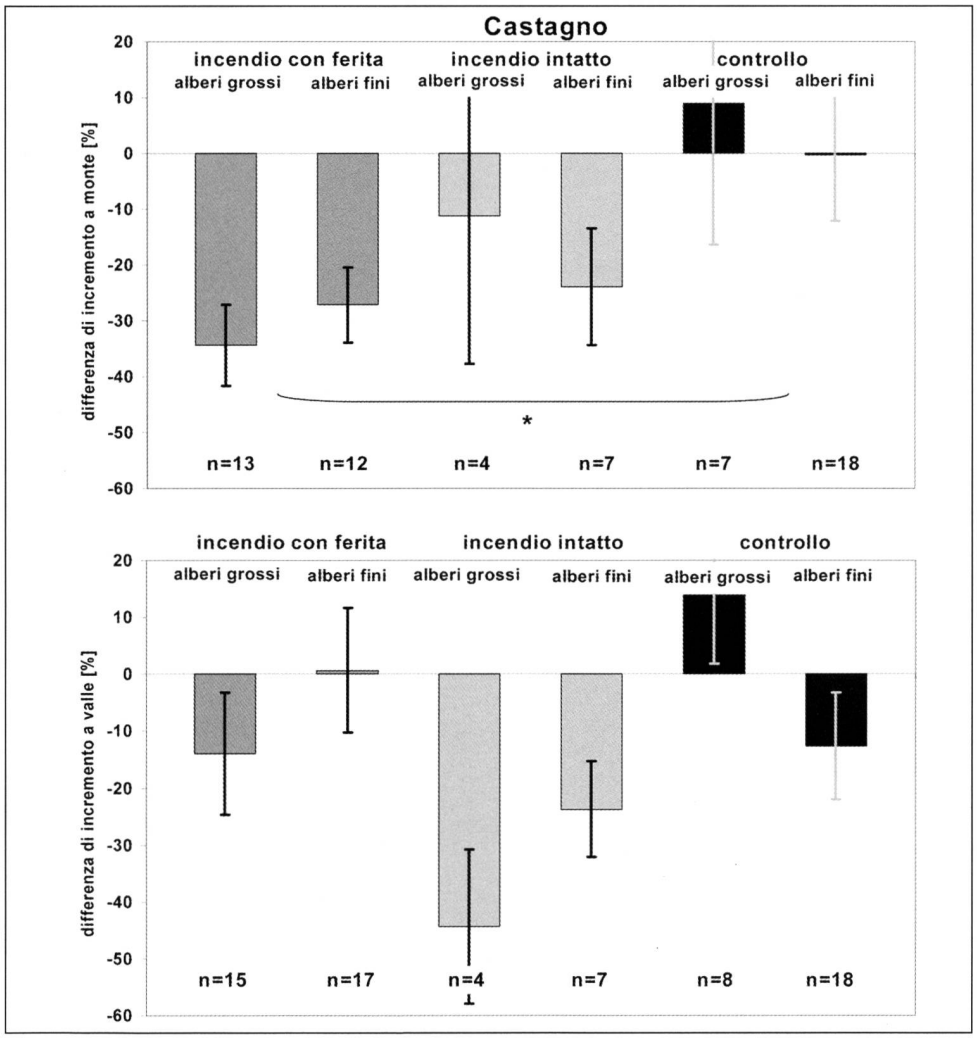

fig. 5 – Differenze nell'incremento diametrico a monte e a valle del castagno nei tre anni successivi all'incendio (1998-2000) rispetto al triennio precedente (1995-1997) in funzione dell'incidenza dell'incendio (albero ferito dall'incendio, albero in area bruciata ma intatto, albero nell'area di controllo) e del diametro dell'albero (alberi grossi con DPU > 30 cm, alberi fini con DPU ≤ 30 cm. Le barre indicano l'errore standard. Test di significatività: Anova, f-test; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$.

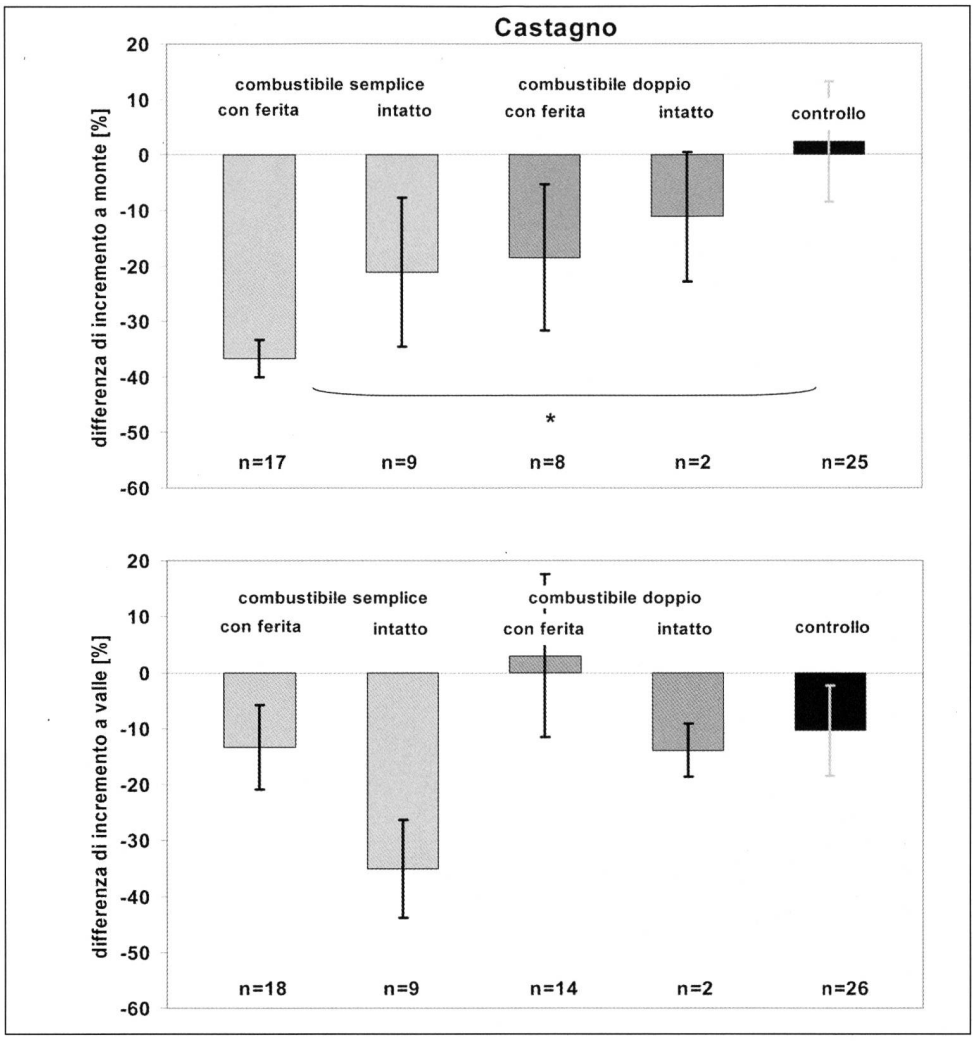

Fig. 6 – Differenze nell'incremento diametrico a monte e a valle del castagno nei tre anni successivi all'incendio (1998-2000) rispetto al triennio precedente (1995-1997) in funzione del combustibile. Le barre indicano l'errore standard. Test di significatività: Anova, f-test; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$.

diffuso stato di sofferenza. Questo risultato conferma le osservazioni fatte da SUTHERLAND *et al.* (1991) sul pino ponderosa dopo il passaggio di un fuoco prescritto. Dal canto suo BRUGGER (2006), paragonando due singoli castagni ubicati rispettivamente nell'area di controllo e nella zona bruciata, ha trovato una riduzione anche nelle cacciate annuali dell'albero che ha subito l'incendio. In generale, la riduzione di crescita appare più manifesta nella parte del tronco rivolta a monte (fig. 3), vale a dire dal lato dove di solito la termica del fuoco provoca le lesioni del cambio. Nel caso del castagno, la differenza è significativa (t–test, $p < 0.01$).

La riduzione di crescita osservata nelle piante situate nell'area colpita dall'incendio non sembra essere unicamente imputabile alla presenza di un danno diretto (ferita aperta) del fuoco. Anche le piante intatte hanno manifestato una riduzione di crescita più marcata rispetto alle piante dell'area di controllo, anche se minore rispetto agli esemplari con ferita aperta (fig. 4). La riduzione di crescita tra piante dell'area bruciata con e senza ferita non sono significative (t–test, $p < 0.05$) eccetto per il castagno, nella parte del tronco rivolta a valle.

Il diametro della pianta non sembra avere effetti particolari, anche se tendenzialmente sono gli alberi più grossi (e quindi meno giovani) e feriti a mostrare i segni di maggior sofferenza (fig. 5). Questo non vale per gli accrescimenti verso valle del tronco che sono minori negli alberi senza ferite dell'area bruciata.

Per quanto riguarda l'effetto del carico di combustibile, sorprendono le riduzioni tendenzialmente più consistenti dell'accrescimento nei castagni situati nell'area con minore copertura di combustibile (fig. 6). Questo dato è difficilmente interpretabile, tanto più che sia il diametro degli alberi (29.83 cm contro 37.67 cm), sia la porzione di tronco ferito (5.09% contro 10.67%) è minore nell'area con un carico normale di combustibile. Anche l'erosione e quindi il dilavamento delle sostanze nutritive è stato tendenzialmente maggiore nell'area con un carico doppio di combustibile (MARXER 2003). Un fattore che invece potrebbe aver deposto a favore di una maggior riduzione della crescita degli alberi nella zona con un carico normale di combustibile è la velocità nettamente minore di propagazione del fuoco e quindi la possibilità che gli alberi siano stati esposti per un periodo maggiore all'influenza diretta del fuoco.

CONCLUSIONI

Il passaggio del fuoco causa una riduzione dell'incremento in diametro degli alberi. Questo effetto è maggiore per

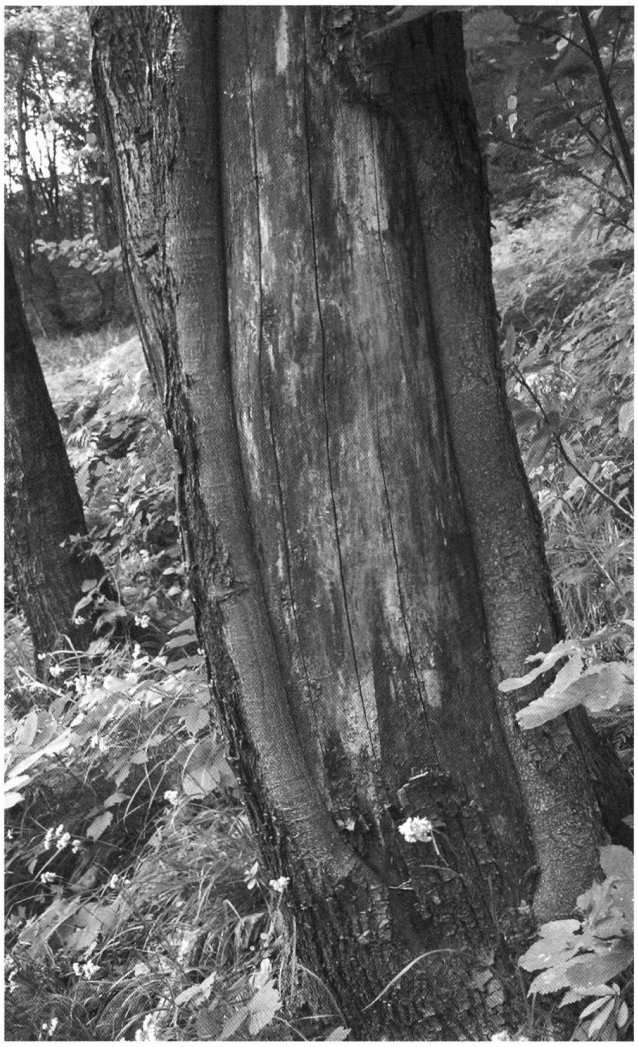

Fig. 7 – Castagno con ferita e cicatrizzazione post-incendio.

l'ontano nero (specie sensibile agli incendi) rispetto al castagno (relativamente resistente) e negli alberi con ferite aperte rispetto a quelli intatti. Le riduzioni sono più evidenti nella parte del tronco rivolta a monte. L'analisi di dettaglio di altri possibili fattori di influenza quali il diametro dell'albero o il carico di combustibile offrono un quadro ancora assai incerto. In generale i nostri risultati sembrano confermare l'eterogeneità degli effetti del fuoco all'interno di un bosco e l'importanza del tempo di permanenza delle temperature al di sopra delle soglie letali più che dei valori assoluti delle temperature massime raggiunte dalla termica. Incendi di superficie di modesta intensità e a lenta propagazione possono quindi, a parità di intensità di ferite, influenzare la crescita degli alberi in maniera maggiore rispetto a incendi relativamente più intensi ma a propagazione più rapida.

Da un punto di vista del metodo di ricerca, l'eterogeneità riscontrata nella risposta degli alberi consiglia, per eventuali studi futuri di approfondimento, il prelievo di rotelle intere su un numero sufficientemente alto di alberi campione o, dove questo non fosse possibile, il prelievo in prima priorità di carote nella parte a monte del tronco.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano Franco Fibbioli per l'aiuto fornito in campo e il Servizio Forestale del Cantone Ticino per il permesso di eseguire l'esperimento e di carotare gli alberi.
Il fuoco sperimentale è stato eseguito nell'ambito del progetto europeo Prometheus s.v. (contratto no. PL971037) ed è stato sostenuto finanziariamente dall'Ufficio federale per l'Educazione e la Scienza (contratto no. 97.0058).

BIBLIOGRAFIA

AMBROSETTI P., 1995. Il clima della Regione Insubrica. Forestaviva, 13: 18–24.

BOND W.J., VAN WILGEN B.W., 1996. *Fire and Plants*. Chapman & Hall, 263 p.

BRUGGER S., 2006. Effekte eines Waldbrandes. Dendrochronologische Analysen nach einem experimentellen Brand auf der Alpensüdseite. Lavoro di diploma all'Istituto di geografia dell'Università di Zurigo, 97 pp.

DELARZE R., CALDELARI D., HAINARD P., 1992. Effects of fire on forest dynamics in southern Switzerland. Journal of Vegetation Science, 3, 55–60.

EUGENIO M., VERKAIK I., LLORET F., ESPELT M., 2006. Recruitment and growth decline in *Pinus halepensis* populations after recurrent wildfires in Catalonia (NE Iberian Peninsula). For. Ecol. Manage. 231: 47–54.

KELLER W., WOHLGEMUTH T., KUHN N., SCHÜTZ M., WILDI O., 1998. Waldgesellschaften der Schweiz auf floristischer Grundlage. Statistisch überarbeitete Fassung der «Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz» von Heinz Ellenberg und Frank Klötzli (1972). Mitt. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch. 73, 2: 91–357.

GIOVANNINI G., 1994. The effect of fire on soil quality. In Soil Erosion as a consequence of forest fires, Sala M, Rubio JL (eds.). Geoforma Ediciones, Logroño; 15–27.

HERZOG S., 1998. Der direkte Einfluss des Feuers auf die Arthropodenfauna bei einem Waldbrandexperiment im Kanton Tessin. Zurigo, Lavoro di diploma ETHZ.

HOFMANN C., CONEDERA M., DELARZE R., CARRARO G., GIORGETTI P., 1998. Effets des incendies de forêt sur la végétation au Sud des Alpes suisses. Mitt. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch. 73, 1: 1–90.

LAGEARD J.G.A., THOMAS P.A., CHAMBERS F.M., 2000. Using fire scars and growth release in subfossil Scots pine to reconstruct prehistoric fires. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 164: 87–99.

LETEY J., 2001. Causes and consequences of fire-induced soil water repellency. Hydrol. Process. 15: 2867–2875.

MARXER P., 2003. Einfluss von Waldbränden auf Oberflächenabfluss und Bodenerosion am Beispiel des Kastanienwaldgürtels der Südschweiz. Physiogeographica, 33, 1–217.

MARXER P., CONEDERA M., 1999. Prometheus s.v. Fire Experiment in Switzerland (S. Antonino, 28 March 1998). Int. For. Fire News, 20, 93–96.

MAZZOLENI S., 1993. Incendi e vegetazione mediterranea. In: Mazzoleni S., Aronne G. (eds) Introduzione all'ecologia degli incendi. Liguori Editore, Napoli, 43–72.

MORETTI M., CONEDERA M., 2005. Ecologia degli incendi nella Svizzera sudalpina: effetti su suolo, vegetazione e fauna. Schweiz. Z. Forstwes. 156(9): 338–344.

PY C., BAUER J., WEIBERG P.J., BIONDI F., 2006. Radial growth responses of single leaf pinyon (*Pinus monophylla*) to wildfire. Dendrochronologia 24: 39–46.

PYNE S.J., ANDREWS P.L., RICHARD D.L., 1996. Introduction to Wildland Fire. John Wiley & Sons Inc., New York, 769 p.

PROVIDOLI I., ELSENBEER H., CONEDERA M., 2002. Post-fire management and splash erosion in a chestnut coppice in southern Switzerland. For. Ecol. Manage. 162: 219–229.

ROBICHAUD P.R., BROWN R.E., 1999. What happened after the smoke cleared: Onsite erosion rates after a wildfire in Eastern Oregon. In Wildland Hydrology, Olsen DS, Potyondy JP (eds.), American Water Resources Association, Bozmann: 419–426.

SAINT-GERMAIN M., LARRIVÉE M., DRAPEAU P., FAHRIG L., BUDDLE C.M., 2005. Short-term response of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) to fire and logging in a spruce-dominated boreal landscape. For. Ecol. Manage. 212: 118–126.

SOTO B., BASANTA R., BENITO E., PÉREZ R., DIAZ-FIERROS F., 1994. Runoff and erosion from burnt soils in Northwest Spain. In Soil Erosion as a consequence of forest fires, Sala M, Rubio JL (eds.). Geoforma Ediciones, Logroño: 91–98.

SUTHERLAND E.K., COVINGTON W.W., ANDARIESE S., 1991. A model of ponderosa pine growth response to prescribed fire. For. Ecol. Manage. 44: 161–173.

WÜTHRICH C., SCHAUB D., WEBER M., MARXER P., CONEDERA M., 2002. Soil respiration and soil microbial biomass after fire in a sweet chestnut forest in southern Switzerland. - Catena 48: 201–215.

WIKARS L.-O., SCHIMMEL, J., 2001. Immediate effects of fire-severity on soil invertebrates in cut and uncut pine forests. For. Ecol. Manage. 141: 189–200.

WYNIGER D., MORETTI M., DUELLI P., 2002. *Aradus lugubris* Fallen, 1807 (Hemiptera, Heteroptera, Aradidae) in a chestnut forest of Southern Switzerland after a fire experiment. Mitt. Schweiz. Entomol. Ges. 75(1–2): 61–64.