

## Resilienza, plasticità e dinamiche delle pinete di pino d'Aleppo

Marco Borghetti,  
Nicola Moretti

*Resilience, plasticity and dynamics of Aleppo pine forests*

Post-fire natural regeneration of Aleppo pine forest in the Gargano promontory (Southern Italy) is documented by means of photographs taken soon after fire and some years later. The potential of pine for adaptation to climate change and fire disturbance through its phenotypic plasticity is highlighted, and future dynamics of Aleppo pine forests and management perspectives are considered.

**Keywords:** Wildfire, Natural Regeneration, Climate Change, Forest Management

### Resilienza

Il pino d'Aleppo (*Pinus halepensis* Mill.) è fra le principali specie della vegetazione forestale mediterranea (Di Castri & Mooney 1973, Pignatti 1998). In Italia le pinete di maggior rilievo, di origine naturale, si trovano sulla costa ionica (per la maggior parte in provincia di Taranto) e sul litorale del Gargano (in provincia di Foggia); degne di nota anche le popolazioni che vegetano in Umbria nella fascia del querceto a roverella; in Liguria il pino d'Aleppo lo si ritrova per lo più a piccoli nuclei (Magini 1954). Specie dal comportamento pioniero, frugale nei confronti del suolo, con notevole resistenza alla siccità, il pino d'Aleppo è dotato di efficaci meccanismi di risposta al passaggio del fuoco (Saracino et al. 1997, Borghetti et al. 1998, Leone et al. 2000).

Attraverso fotografie prese subito dopo l'incendio e a distanza di anni, documentiamo qui un caso di rinnovazione naturale post-incendio in pinete di pino d'Aleppo che vegetano lungo le coste del promontorio del Gargano (provincia di Foggia). Si tratta di un caso che testimonia la resilienza della pineta a un disturbo, presente da secoli nel bacino del Mediterraneo, che tende a diventare più frequente e intenso in seguito al riscaldamento climatico. Una resilienza che sconsiglia, nella maggior parte dei casi, di procedere con interventi di ricostituzione artificiale del bosco dopo il passaggio del fuoco (Fig. 1, Fig. 2).

### Plasticità

Le specie forestali possono rispondere in diversi modi al cambiamento climatico. Una possibilità, che richiede tempi lunghi, è quella della selezione genetica. Nel corso delle generazioni, all'interno delle popolazioni si selezionano individui con caratteristiche funzionali e strutturali compatibili con il nuovo ambiente (Jump & Peñuelas 2005). In confronto ad altre specie forestali, il pino d'Aleppo è però caratterizzato da una variabilità non elevata all'interno delle popolazioni. Questa condizione sarebbe la conse-

guenza di fenomeni di deriva genetica avvenuti durante l'ultima glaciazione e di un'espansione post-glaciale partita da poche aree rifugio ubicate nella parte meridionale della penisola balcanica (Morgante et al. 1998).

Un altro modo di rispondere al cambiamento climatico è quello della migrazione: una "fuga" delle popolazioni arboree, generazione dopo generazione, dalle zone che stanno diventando inospitali verso quelle con un clima ancora favorevole. Anche questa è una risposta che richiede parecchio tempo se avviene in modo esclusivamente naturale, mentre può essere più rapida se viene favorita dall'uomo attraverso le tecniche della migrazione assistita (Benito-Garzón & Fernández-Manjarrés 2015).

Vi è poi la risposta che consiste nell'acclimatazione fisiologica e strutturale. Questa è resa possibile dalla plasticità fenotipica delle specie arboree. Si tratta di una risposta più rapida in quanto avviene a scala di individuo. Gli alberi modificano la loro struttura e il loro funzionamento per adattarsi alle nuove condizioni climatiche (Magnani et al. 2002). Il pino d'Aleppo mostra una notevole capacità di acclimatazione. Ad esempio, è in grado di modificare la struttura del sistema di trasporto idraulico per far fronte a condizioni di stress idrico e anche di modulare, nel corso della stagione, la resistenza alla cavitazione dei condotti xilematici. Anche i tassi di assimilazione fotosintetica e di traspirazione possono essere adattati a condizioni climatiche molto contrastanti fra loro. Questi processi di acclimatazione garantiscono sia la conservazione dell'acqua sia il suo uso efficace a fini produttivi (Klein et al. 2011, Tatarinov et al. 2016, Feng et al. 2023). Degno di nota il fatto che, nella risposta alla siccità e alle alte temperature, la plasticità fisiologica della specie appaia dominante rispetto agli effetti della variabilità ecotipica (Baquedano et al. 2008).

### Dinamiche e gestione

Dalle conoscenze disponibili e da quanto si osserva in natura, quali dinamiche si possono prevedere per le pinete di pino d'Aleppo? E quali possono essere le conseguenze sul piano gestionale? Facciamo qualche ragionamento riguardo a questi aspetti.

Come effetto del cambiamento climatico c'è da aspettarsi che siano avvantaggiate le specie termo-mediterranee della macchia bassa e della gariga (rosmarino, cisti, ginepri, ecc.), rispetto a quelle meno xero-tolleranti della macchia-foresta (mirto, leccio, corbezzolo, ecc.). Si tratta di specie del sottobosco con minor potere di competizione nei confronti della rinnovazione naturale di una specie eliofila come il pino. Per questo motivo, la successione

□ Scuola di Scienze Agrarie, Forestali, Alimentari e Ambientali (SAFE), Università della Basilicata, viale dell'Ateneo Lucano 10, 85100 Potenza (Italy)

@ Marco Borghetti ([marco.borghetti@unibas.it](mailto:marco.borghetti@unibas.it))

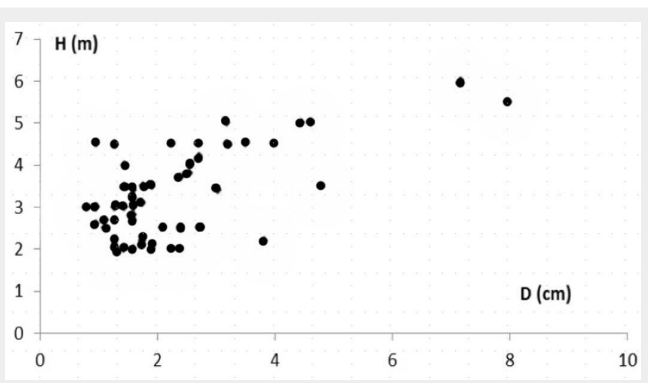
**Citazione:** Borghetti M, Moretti N (2023). Resilienza, plasticità e dinamiche delle pinete di pino d'Aleppo. *Forest@* 20: 48-51. - doi: 10.3832/efor0045-019 [online 2023-04-02]



**Fig. 1** - La pineta di pino d'Aleppo nella zona della baia dell'Arco di San Felice sul Gargano (Comune di Vieste, provincia di Foggia). Nel pannello a sinistra, la pineta com'era prima dell'incendio dell'estate del 2007 (foto: Roberto Del Favero); in quello mediano, come si presentava qualche giorno dopo l'incendio (foto: Vittorio Leone); in quello a destra, com'era a fine autunno 2022: in piena fase di ricostituzione grazie alla rinnovazione naturale post-incendio (foto: Nicola Moretti).



**Fig. 2** - Il 24 luglio del 2007 un grande incendio devastò il litorale del Gargano nel Comune di Peschici (Foggia). Ci furono vittime umane, danni alle infrastrutture e buona parte della vegetazione forestale, rappresentata soprattutto dalla pineta di pino d'Aleppo, venne distrutta. Le fotografie documentano la situazione alla spiaggia di Calalunga: a sinistra (foto: Orazio La Marca) l'insenatura da ripresa aerea poco dopo l'incendio del 24 luglio 2007. È ancora evidente, in mare, la cenere scura prodotta dalla combustione della biomassa; nell'immagine di mezzo e in quella a sinistra (foto: Nicola Moretti, fine autunno 2022) il versante dell'insenatura ricoperto dal popolamento di pino d'Aleppo derivante dalla rinnovazione naturale post-incendio. Qualche giorno dopo l'incendio ci fu un temporale molto violento. Lo scorrimento superficiale che ne seguì trascinò molto del seme disperso dalle piante di pino dopo l'incendio. Per questo motivo la rinnovazione naturale si presenta spesso più fitta nelle zone di impluvio rispetto a quelle di versante.



**Fig. 3** - Relazione fra diametro del fusto a 1.3 m (D) e altezza delle piante (H) nel popolamento (spessina) derivante da rinnovazione naturale post-incendio. Le misure sono state fatte su una sessantina di piante campionate con criteri casuali. L'altezza è stata misurata con un'asta graduata, il diametro del fusto con un cavalletto dendrometrico.

della pineta d'Aleppo verso la macchia sempreverde dominata dal leccio (Di Castri & Mooney 1973, Pignatti 1998) potrebbe risultare rallentata o anche bloccata. Da formazione pioniera con caratteri di transitorietà, la pineta potrebbe assumere un assetto più stabile in consociazione con le specie xerofile della macchia bassa.

Il riscaldamento del clima esporrà a crescenti condizioni di siccità la fascia di vegetazione forestale sopra-mediterranea e sub-montana. Specialmente i querceti potrebbero trovarsi in condizioni di difficoltà, con possibili regressioni verso boschi lacunosi a fisionomia arboreo-arbustiva. Nel passato, il pino d'Aleppo è stato frequentemente impiegato, sui versanti collinari della regione mediterranea, per il rimboscimento a scopo di protezione idrogeologica. In condizioni di ridotta competizione da parte delle latifoglie, si potrebbe assistere a una diffusione naturale del pino all'interno di querceti che si trovino in crisi a causa delle ondate di siccità e calore. Si tratta di un processo che può anche essere accelerato artificialmente, nel quadro di una gestione forestale di adattamento al cambiamento climatico. La diffusione assistita del pino d'Aleppo (che può essere programmata e attuata con i metodi del-

**Fig. 4** - Nel popolamento (spessina) post-incendio, diverse piante di pino portano strobili sulla chioma. La riduzione della competizione attraverso interventi di sfollamento può stimolare ulteriormente i processi riproduttivi, aumentando così la resilienza della popolazione al passaggio del fuoco.



la selvicoltura di precisione) nell'ambito di boschi sopra-mediterranei può rappresentare una strategia per conservare la fisionomia forestale e per contrastare i processi di degradazione del suolo. Ci sarebbe così un ampliamento, in parte naturale e in parte favorito dall'uomo, della distribuzione del pino d'Aleppo, che potrebbe spingersi a quote più alte di quelle attuali, come si osserva sui rilievi del nord-Africa.

Nelle pinete di pino d'Aleppo, sia quelle naturali sia quelle derivate da rimboschimento, dovrebbe trovare applicazione una selvicoltura di adattamento alla siccità (Borghetti et al. 2021), così come una selvicoltura di prevenzione dell'incendio. La realtà delle pinete di pino d'Aleppo è stata, in molti casi, quella dell'abbandono colturale. Lo si scriveva in anni lontani (Magini 1954), e in seguito la situazione non è molto cambiata. Alcuni lavori mettono in evidenza l'importanza della gestione forestale per migliorare il bilancio idrico stagionale. In particolare, l'effetto positivo dei diradamenti sulla resilienza allo stress idrico della pineta e sulla sua produttività (Ungar et al. 2013, Manrique-Alba et al. 2020).

Di fronte al cambiamento climatico e al rischio d'incendio, il tipo di pineta più resiliente è quella che si ottiene con trattamenti selvicolturali che diano origine a una fustaia disetanea a gruppi, nella quale sia sempre presente un'aliquota di piante in grado di disseminare (Magini 1954).

I popolamenti (spessine) da rinnovazione post-incendio che abbiamo esaminato sono molto densi: dalle 3 alle 5 mila piante per ettaro, con diametri del fusto fino a 8 cm e altezze fino a 6 metri (Fig. 3). In queste spessine è opportuno intervenire con gli sfollamenti. La riduzione della competizione per la luce determina infatti un'accelerazione dei processi riproduttivi, con la formazione di una banca del seme nella chioma (Verkaik & Espelta 2006) (Fig. 4). In questo modo si aumenta la resilienza della popolazione al passaggio del fuoco.

## Bibliografia

Baquedano FJ, Valladares F, Castillo FJ (2008). Phenotypic plasticity blurs ecotypic divergence in the response of *Quercus coccifera* and *Pinus halepensis* to water stress. *European Journal of Forest research* 127: 495-506. - doi: [10.1007/s10342-008-0232-8](https://doi.org/10.1007/s10342-008-0232-8)

Benito-Garzón M, Fernández-Manjarrés JF (2015). Testing scenarios for assisted migration of forest trees in Europe. *New Forests* 46: 979-994. - doi: [10.1007/s11056-015-9481-9](https://doi.org/10.1007/s11056-015-9481-9)

Borghetti M, Cinnirella S, Magnani F, Saracino A (1998). Impact of long-term drought on xylem embolism and growth in *Pinus halepensis* Mill. *Trees - Structure and Function* 12: 187-195. - doi: [10.1007/PL00009709](https://doi.org/10.1007/PL00009709)

Borghetti M, Colangelo M, Ripullone F, Rita A (2021). Ondate di siccità e calore, spunti per una selvicoltura adattativa. *Forest@* 18: 49-57. - doi: [10.3832/efor0054-018](https://doi.org/10.3832/efor0054-018)

Di Castri F, Mooney HA (1973). *Mediterranean type ecosystems: origin and structure*. Springer, Heidelberg - New York.

Feng F, Wagner Y, Klein T, Hochberg U (2023). Xylem resistance to cavitation increases during summer in *Pinus halepensis*. *Plant, Cell and Environment* 1-11. - doi: [10.1111/pce.14573](https://doi.org/10.1111/pce.14573)

Jump AS, Peñuelas J (2005). Running to stand still: adaptation and the response of plants to rapid climate change. *Ecology Letters* 8: 1010-1020. - doi: [10.1111/j.1461-0248.2005.00796.x](https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00796.x)

Klein T, Cohen S, Yakir D (2011). Hydraulic adjustments underlying drought resistance of *Pinus halepensis*. *Tree Physiology* 31: 637-648. - doi: [10.1093/treephys/tpq047](https://doi.org/10.1093/treephys/tpq047)

Leone V, Borghetti M, Saracino A (2000). Ecology of post-fire recovery in *Pinus halepensis* in Southern Italy. In: "Life and Environment in the Mediterranean" (Trabaud L ed). *Advances in Ecological Sciences* 3, WIT Press, Southampton, UK.

Magini E (1954). Pinete di pino d'Aleppo. In: "Atti del Congresso Nazionale di Selvicoltura". Tipografia Coppini, Firenze, vol. I, pp. 49-68.

Magnani F, Grace J, Borghetti M (2002). Adjustment of tree structure in response to the environment under hydraulic constraints. *Functional Ecology* 16: 385-393. - doi: [10.1046/j.1365-2435.2002.00630.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.2002.00630.x)

Manrique-Alba A, Beguería S, Molina AJ (2020). Long-term thinning effects on tree growth, drought response and water use efficiency at two Aleppo pine plantations in Spain. *Science of The Total Environment* 728 (12): 138536. - doi: [10.1016/j.scitotenv.2020.138536](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138536)

Morgante M, Felice N, Vendramin GG (1998). Analysis of hyper-variable chloroplast microsatellites in *Pinus halepensis* reveals a dramatic genetic bottleneck. In: "Molecular Tools For Screening Biodiversity" (Karp A, Issac PG, Ingram DS eds). Springer, Dordrecht, pp. 407-412. - doi: [10.1007/978-94-009-0019-6\\_73](https://doi.org/10.1007/978-94-009-0019-6_73)

Pignatti S (1998). I boschi d'Italia. *Sinecologia e biodiversità*. Col-

Istituto di Scienze forestali e ambientali, UTET, Torino, pp. XVI-680.

Saracino A, Pacella R, Leone V, Borghetti M (1997). Seed dispersal and changing seed characteristics in a *Pinus halepensis* Mill. forest after fire. *Plant Ecology* 130: 13-19. - doi: [10.1023/A:1009765129920](https://doi.org/10.1023/A:1009765129920)

Tatarinov F, Rotenberg E, Maseyk K, Ogée J, Klein T, Yakir D (2016). Resilience to seasonal heat wave episodes in a Mediterranean pine forest. *New Phytologist* 210: 485-496. - doi: [10.1111/nph.13791](https://doi.org/10.1111/nph.13791)

Ungar ED, Rotenberg E, Raz-Yaseef N, Cohen S, Yakir D, Schiller G (2013). Transpiration and annual water balance of Aleppo pine in a semiarid region: implications for forest management. *Forest Ecology and Management* 298: 39-51. - doi: [10.1016/j.foreco.2013.03.003](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.03.003)

Verkaik I, Espelta JM (2006). Post-fire regeneration thinning, cone production, serotiny and regeneration age in *Pinus halepensis*. *Forest Ecology and Management* 231: 155-163. - doi: [10.1016/j.foreco.2006.05.041](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.05.041)