

Le aree marginali come importanti serbatoi di biodiversità

PIERO BELLETTI*

Riassunto. La biodiversità è un fattore essenziale nel consentire il funzionamento degli ecosistemi e la sopravvivenza delle specie. Le popolazioni marginali, che crescono ai limiti dell'areale di diffusione di una specie oppure in condizioni ecologiche particolari, rappresentano un importante serbatoio di biodiversità intraspecifica. La loro importanza è resa drammaticamente attuale dai cambiamenti climatici in atto, cui le specie viventi potranno adattarsi solo se dotate di elevati livelli di biodiversità. In Italia, e in particolare nei rilievi collinari del Piemonte, esistono popolazioni marginali di numerose specie. Viene descritto il caso specifico del pino silvestre (*Pinus sylvestris*).

Abstract. Marginal areas as important biodiversity reservoirs. Biodiversity is a crucial factor, essential to allow the persistence of the ecosystems and species survival. Marginal populations are located at the limits of the diffusion area of a species or grow in peculiar ecological environments: they represent a very valuable source of intraspecific diversity, increasingly important as climatic change shows its dramatic effects. The hilly areas of Piedmont are rich of marginal populations of many species and their protection is a goal of the utmost importance. A case study concerning Scots pine (*Pinus sylvestris*) is presented.

La biodiversità

Il termine biodiversità è senz'altro uno di quelli più utilizzati in questi ultimi anni: anzi, come succede in questi casi, spesso se ne abusa e lo si utilizza in contesti a volte del tutto fuori luogo. Il termine *biodiversità* è stato utilizzato per la prima volta dal biologo statunitense Edward Osborne Wilson (tuttora vivente) nel 1988 e ha sostituito la definizione di *diversità biologica* (Dasmann, 1968) che veniva utilizzata in precedenza. La biodiversità può essere definita come "... la varietà degli organismi a tutti i livelli, da quello delle varianti genetiche all'interno della stessa specie, fino alla gamma delle varie specie, dei generi, delle famiglie, e ai livelli tassonomici più alti; comprende anche la varietà degli ecosistemi...". Un concetto molto ampio quindi, il quale, a fini didattici, può essere meglio compreso se lo si considera nei vari livelli in cui si manifesta:

- biosfera: rappresenta tutta la varietà di informazioni genetiche presenti nel complesso delle forme di vita esistenti sul nostro pianeta;
- ecosistemico: identifica le differenze esistenti tra ecosistemi diversi e rappresenta il fondamento grazie al quale gli esseri viventi sono in grado di colonizzare la maggior parte degli ambienti del nostro pianeta, anche quelli in cui le condizioni ambientali sono particolarmente ostili (profondità marine, aree circumpolari, deserti, ecc.);
- interspecifico: individua la presenza di specie diverse nell'ambito di un determinato ecosistema: ciascun sistema ecologico è caratterizzato da uno specifico livello di biodiversità, tendenzialmente in aumento andando da aree temperate verso l'equatore;

* Ricercatore presso l'Università di Torino, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari (DISAFA) - Genetica Agraria (piero.belletti@unito.it)

- intraspecifico: gli individui che costituiscono una specie non sono tutti uguali, ma presentano un livello più o meno ampio di diversità genetica tra di essi;
- genico: in ultima analisi la biodiversità identifica la presenza di informazioni diverse presenti a livello del materiale ereditario e quindi dei vari geni (alleli).

L'importanza della biodiversità

La biodiversità è funzionale alla presenza e soprattutto alla continuità della vita sul nostro pianeta. È infatti accertato come essa sia strettamente legata alla stabilità degli ecosistemi, e quindi alla capacità di tollerare situazioni sfavorevoli, quali ad esempio modificazioni climatiche oppure eventi particolarmente impattanti (incendi, alterazioni ambientali, ecc.): tale concetto viene solitamente indicato come resilienza (Oliver *et al.*, 2015). Tuttavia, come ricordato in precedenza, ogni ecosistema è caratterizzato da un proprio livello di biodiversità, e anche il superamento di tale livello porta a conseguenze negative, se non nell'immediato quanto meno nel lungo periodo. È per questo motivo che l'introduzione, e comunque la presenza, di specie alloctone crea forti preoccupazioni dal punto di vista del mantenimento degli equilibri ambientali (Gurevitch e Padilla, 2004). A tale proposito, gli esempi che si possono fare sono numerosi: secondo le ultime stime dell'Unione Europea, nel nostro continente sono presenti più di 12.000 specie di provenienza alloctona, di cui non meno del 15% sono causa della comparsa di problematiche a livello ecologico, a livello economico, o su entrambi i piani (Sundseth, 2014). Di queste specie, oltre 2200 si trovano anche nel nostro Paese: limitandoci a una mera elencazione delle più comuni, reperibili anche nelle aree collinari piemontesi, citiamo lo scoiattolo grigio (*Sciurus carolinensis*), la nutria (*Myocastor coypus*), la tartaruga americana (*Trachemys scripta elegans*), il pesce siluro (*Silurus glanis*), il gambero rosso della Louisiana (*Procambarus clarkii*), il cerambice dalle lunghe antenne (*Anoplophora chinensis*), la coccinella asiatica (*Harmonia axyridis*), la zanzara tigre (*Aedes albopictus*), l'ailanto (*Ailanthus altissima*), il ciliegio tardivo (*Prunus serotina*), fino ad arrivare ai più recenti casi del cinipide del castagno (*Dryocosmus kuriphilus*), del calabrone asiatico (*Vespa velutina*) e della pianta acquatica invasiva del Po millefoglio d'acqua (*Myriophyllum aquaticum*).

La biodiversità intraspecifica

Un aspetto della biodiversità che viene spesso sottovalutato è quello che riguarda le differenze esistenti tra individui appartenenti alla stessa specie. Tale concetto risulta invece di fondamentale importanza, perché è strettamente correlato con la capacità delle popolazioni di sopravvivere anche in presenza di condizioni non ottimali (cioè con la loro adattabilità) e quindi con la continuazione dei processi evolutivi (Kramer e Havens, 2009). In altre parole, mentre tutti si preoccupano allorché si percepisce che il numero di individui di una specie scende al di sotto di determinati livelli, spesso vengono accettate situazioni in cui, pur a fronte di un apparentemente rassicurante numero di individui, la loro variabilità genetica appare ridotta o addirittura nulla. È quanto succede, ad esempio, negli interventi di riforestazione, in cui si utilizzano individui provenienti dalla stessa fonte genetica: in taluni casi addirittura appartenenti a un unico clone (individui, cioè, ottenuti per moltiplicazione vegetativa da un unico genitore).

La conservazione della biodiversità intraspecifica, ovviamente a fianco di quella a livello ecosistemico, rappresenta uno dei più importanti strumenti a nostra disposizione per contrastare gli effetti dei cambiamenti climatici, ormai scientificamente accertati e potenzialmente devastanti per gli equilibri naturali (Dawson *et al.*, 2011).

Le popolazioni marginali

Le popolazioni collocate ai margini dell'areale di diffusione delle specie presentano, da questo punto di vista, un interesse particolare. Infatti, alla marginalità geografica si associa

spesso anche quella ecologica, cioè la presenza di condizioni ambientali diverse da quelle presenti laddove la specie è diffusa con continuità. Tale fatto determina una pressione selettiva diversa da quella che si verifica nel cuore della distribuzione della specie e, di conseguenza, porta a una differenziazione più o meno accentuata delle popolazioni che crescono in condizioni di marginalità. Questo fenomeno è accentuato dal fatto che, di solito, tali popolazioni si trovano isolate e quindi il flusso genico con gli individui che crescono dove la specie è più diffusa risultano ridotti, se non addirittura impossibili. Le popolazioni sono quindi una sorta di laboratorio naturale per lo studio e la comprensione di come i processi demografici e genetici agiscano sulla diffusione delle specie e sulle dinamiche che presiedono a tale fenomeno (Abeli *et al.*, 2014; Lira-Noriega *et al.*, 2014). Poiché il nostro Paese rappresenta, per molte specie, il limite meridionale di diffusione, ne consegue che le popolazioni marginali che si trovano in ambito mediterraneo presentano di solito un maggior adattamento a condizioni climatiche più calde e asciutte di quelle che si verificano più a nord (Fady e Conord, 2010). L'informazione genetica in esse contenute diventa quindi di fondamentale importanza per garantire la sopravvivenza e la diffusione delle specie nel prossimo futuro (Hampe e Petit, 2005). Le popolazioni marginali possono quindi essere considerate un vero e proprio serbatoio di biodiversità, cui le specie possono attingere per garantire la propria sopravvivenza in mutate condizioni ambientali (Valladares *et al.*, 2014).

In fig. 1 sono presentate alcune caratteristiche genetiche e demografiche in funzione della diffusione delle specie: si può osservare come le popolazioni marginali, soprattutto se isolate e localizzate verso il retro della migrazione dovuta ai cambiamenti climatici, presentano maggiori livelli di adattamento e potenziale adattabilità a scenari futuri, anche se i loro effettivi sono ridotti e soggetti a fenomeni di erosione genetica, tra i quali in particolare deriva genetica (perdita di alleli per motivi casuali e non legati a un loro ridotto potenziale adattativo) ed *inbreeding* (incrocio tra individui imparentati o, nei casi estremi, autofecondazione).

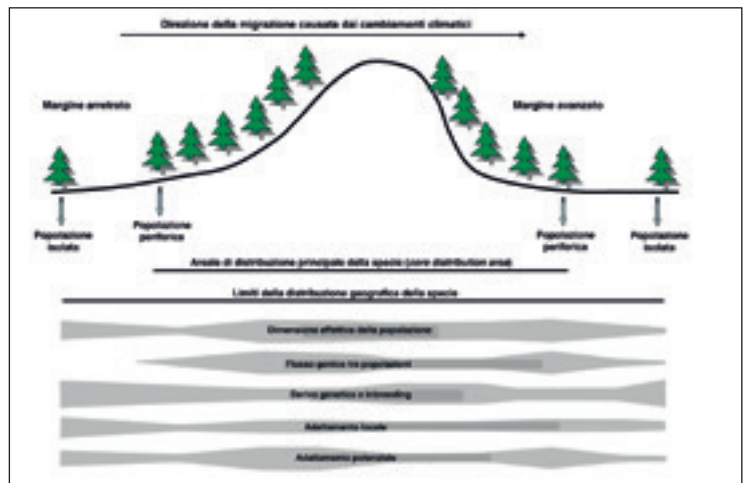


Fig. 1 - Caratteristiche demografiche e genetiche di una popolazione lungo il suo areale di distribuzione, il quale copre i due versanti di una catena montuosa. Da Fady *et al.*, 2016a (modificato).

La conservazione delle risorse genetiche presenti nelle popolazioni marginali assume quindi un'importanza fondamentale nelle strategie volte a mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici e a garantire la sopravvivenza nel lungo periodo di numerose specie viventi, nonché la conservazione degli habitat di cui esse fanno parte (Laikre, 2010). Per raggiungere tale obiettivo è possibile adottare strategie di salvaguardia *in situ* oppure *ex situ*. Le prime prevedono la tutela dell'intero contesto ambientale nel quale le popolazioni sopravvivono; di conseguenza in queste ultime i processi evolutivi possono proseguire e nuove varianti geniche, più adatte alle mutate condizioni, possono quindi affermarsi (Lefèvre *et al.*, 2013). Con la conservazione *ex situ*, al contrario, gli individui vengono trasferiti al di fuori del loro ambiente naturale e spesso, nel caso di piante, conservati in condizioni di quiescenza (semi). In tal caso, ogni processo evolutivo viene bloccato e la situazione genetica del momento del prelievo viene in qualche modo cristallizzata. Le modalità di conservazione della variabilità genetica *in situ* traggono ovvi benefici quando vengono associate

a più generali obiettivi di salvaguardia ambientale: le due finalità, infatti, per quanto concettualmente diverse, interagiscono in modo molto stretto e possono esercitare un'azione sinergica nel reperimento delle risorse indispensabili per l'attuazione dei programmi (Fady *et al.*, 2016b).

Le popolazioni marginali dei rilievi collinari del Piemonte: il caso del pino silvestre

L'Italia, come detto, rappresenta per molte specie il limite meridionale del proprio areale di diffusione: è quindi evidente come il numero di popolazioni che possono essere considerate marginali sia particolarmente elevato, anche in considerazione del ruolo di barriera fisica al flusso genico rappresentato dalla catena alpina.

Viene in questa sede illustrato un caso esemplificativo, sul quale l'Università di Torino ha effettuato numerosi studi, anche se poi, purtroppo, è mancata l'applicazione pratica delle proposte da essi scaturite. La specie oggetto di studio è il pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.).

Si tratta di una specie allogama, a impollinazione e dispersione dei semi anemofila, molto rustica, amante della luce e resistente al freddo, ma in grado di tollerare anche temperature estive elevate. Colonizza con facilità terreni in passato coltivati e poi abbandonati e presenta un elevato valore paesaggistico, grazie ai suoi colori, grigio-verde nella chioma e arancio nei rami, che risaltano in particolare durante la stagione invernale. In passato è stato impiegato per il consolidamento di terreni collinari e montani, grazie alle sue caratteristiche di specie pioniera, con apparato radicale robusto e radici profonde.

In Italia l'areale di diffusione del pino silvestre raggiunge la parte più meridionale di quello naturale della specie, il quale si estende dal circolo polare artico in Scandinavia fino alla Spagna meridionale e alla parte settentrionale degli Appennini nel nostro Paese, e dalla Scozia occidentale fino alla Siberia orientale (fig. 2). In Italia, il pino silvestre è presente su tutto l'arco alpino, ove si trova sia in pinete pure sia in boschi misti, prevalentemente nella fascia montana. Predilige le grandi valli continentali a clima secco e ben soleggiate, mentre è più sporadico in quelle con clima suboceanico. Alcuni popolamenti disgiunti si trovano nelle aree collinari interne del Piemonte, nell'alta pianura padana (Baragge novaresi e Brianza), sull'Appennino ligure ed emiliano, fino alla provincia di Reggio-Emilia (Fenaroli e Gambi, 1976). La diffusione quasi continua in tutto l'areale di distribuzione e l'elevata dispersione di polline e semi consentono un elevato flusso genico tra le popolazioni, con la conseguente comparsa di variazione clinale all'interno della specie, soprattutto per quanto riguarda i caratteri adattativi. La grande capacità di migrazione effettiva della specie è in grado di conservare considerevoli livelli di diversità genetica all'interno delle popolazioni. Diversi studi condotti con marcatori biochimici e molecolari confermano la presenza di elevati livelli di diversità genetica interni ai popolamenti italiani di pino silvestre, piuttosto che tra di essi (Belletti *et al.*, 2002; Belletti *et al.*, 2012). Nelle aree collinari interne del Piemonte è tuttavia verosimile che, a seguito della frammentazione determinata dalle diverse condizioni ambientali e geografiche, si verifichino con maggior facilità fenomeni di isolamento delle popolazioni, con conseguente erosione genetica, deriva genetica ed evoluzione finalizzata all'adattamento a condizioni ambientali locali. Di conseguenza, la salvaguardia di tali popolazioni potrebbe assumere un notevole interesse in programmi di miglioramento genetico della specie e di individuazione di popolazioni più adatte ai cambiamenti climatici, con conseguente valorizzazione della specie in impianti e recuperi ambientali. Tuttavia, in queste aree, con l'eccezione forse della parte più alta delle Langhe, la diffusione della specie è in costante contrazione, soprattutto a causa delle mutate modalità di utilizzazione del territorio. In particolare, l'abbandono delle aree boschive ha creato condizioni sfavorevoli al pino silvestre, il quale non riesce a superare la competizione con specie più adattabili e vigorose nella fase giovanile. Ne deriva una mancata rinnovazione del pino, con conseguente impossibilità di rimpiazzare le piante che, per i più svariati motivi, vengono eliminate. La situazione è particolarmente preoccupante in provincia di

Asti, ove gli effetti dell'abbandono dei boschi risultano particolarmente evidenti. D'altra parte, proprio in tale zona il pino silvestre ha sempre rivestito una grande importanza, anche dal punto di vista culturale, come testimoniano numerosi toponimi locali, quali ad esempio il Comune di Pino d'Asti, oppure quelli limitrofi di Pecetto e Pino Torinese. In tutti questi casi, nello stemma ufficiale dei Comuni compare proprio un esemplare di pino.

La salvaguardia delle popolazioni relitte collinari di pino silvestre appare pertanto un'esigenza prioritaria nell'ambito di progetti volti alla conservazione della biodiversità e del paesaggio rurale. In tale ottica, è stato effettuato un ampio studio finalizzato alla conoscenza dei livelli di variabilità genetica presenti tra popolazioni alpine e collinari di pino silvestre del Piemonte (Belletti *et al.*, 2002; Belletti *et al.*, 2012). Si è anche proceduto a valutare il grado di differenziazione genetica nell'ambito delle popolazioni collinari e tra queste e quelle alpine, al fine di stabilire se, e fino a che punto, il pino silvestre che cresce nei rilievi interni è geneticamente diverso da quello alpino. In prospettiva, i risultati dello studio potrebbero rivelarsi di grande utilità anche nell'individuazione di Boschi da Seme, da cui trarre materiale propagativo per favorire la diffusione della specie ove l'intervento antropico sia risultato più pesante e ove sia necessario ricolonizzare con vegetazione spontanea aree abbandonate o degradate.

Tra le popolazioni collinari inserite nello studio vi è stata quella di Passerano Marmorito, localizzata a sud della strada provinciale che da Castelnuovo Don Bosco porta a Gallareto, nei pressi del confine con il Comune di Cerreto. Si tratta, in realtà, di un querceto di roverella, nel quale, oltre al pino silvestre, è possibile trovare anche alcuni esemplari di robinia, ornio, nocciolo, ginepro ed evonimo. La stabilità della popolazione di pino silvestre (peraltro piuttosto ridotta e quantificabile in una cinquantina di esemplari) è molto incerta, come confermato dalla rinnovazione praticamente assente.

La variabilità genetica del materiale in esame è stata stimata studiando il polimorfismo presente nell'ambito di appositi marcatori, nel caso specifico proteine enzimatiche estratte da semi in germinazione e tratti di DNA prelevati da giovani foglie. Lo studio ha consentito di evidenziare una considerevole diversità genetica tra popolazioni collinari e popolazioni alpine di pino silvestre, con il caso singolare di quella di Passerano Marmorito, che ha

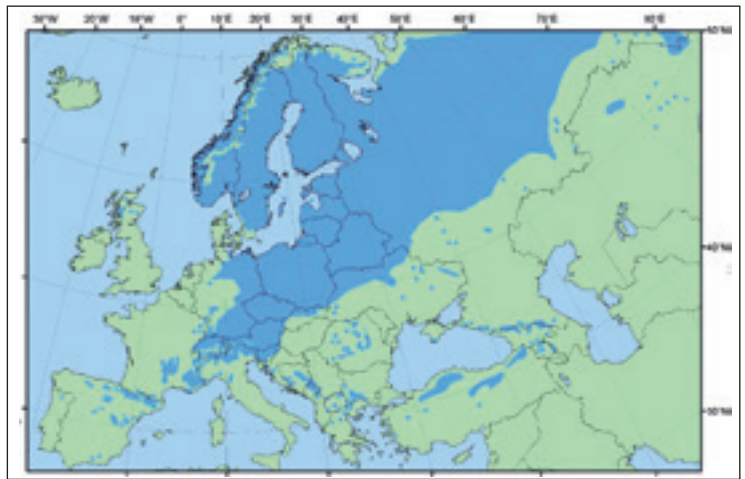


Fig. 2 - Areale di diffusione europea del pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.). Da EUFORGEN, 2009.

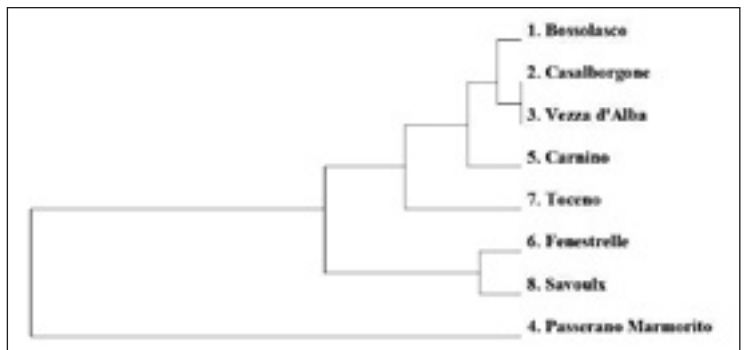


Fig. 3 - Il dendrogramma costruito sulla base delle distanze genetiche tra le popolazioni di pino silvestre analizzate in uno studio sulla variabilità genetica della specie. Quanto prima si uniscono le linee che indicano i vari popolamenti, tanto più elevata è la loro similitudine genetica. I popolamenti di Bossolasco, Casalborgone, Vezza d'Alba e Passerano Marmorito sono localizzati nei rilievi collinari interni del Piemonte, i rimanenti in ambito alpino.

presentato caratteristiche del tutto peculiari e distintive e una marcata differenziazione genetica non solo dalle popolazioni alpine, ma anche dalle altre che si trovano in ambito collinare (fig. 3). In tale popolazione, inoltre, è stato misurato il più elevato livello di biodiversità interna. Questo dato assume particolare importanza alla luce di una struttura genetica del tutto particolare, in cui è possibile ravvisare un considerevole eccesso di omozigoti, presumibilmente dovuto ad autofecondazione o comunque a incrocio tra individui imparentati. Questa situazione, per quanto di grande interesse, non può non preoccupare: infatti il rischio di erosione genetica a seguito della scomparsa degli individui portatori dei caratteri meno comuni risulta di particolare e drammatica attualità.

In conclusione, lo studio ha fornito risultati di indubbio interesse, sia per la salvaguardia specifica delle popolazioni collinari piemontesi di pino silvestre sia per l'impostazione di programmi più generali tendenti a preservare la biodiversità della specie. In particolare, è evidente come le popolazioni collinari presentino caratteristiche genetiche peculiari e necessitino quindi di concrete e immediate misure di salvaguardia. Particolare attenzione dovrà essere dedicata al popolamento di Passerano Marmorito, che rappresenta un considerevole serbatoio di biodiversità. Una proposta potrebbe riguardare la trasformazione dell'area dove maggiore è la concentrazione degli alberi sopravvissuti in riserva biogenetica. Tale area dovrebbe essere gestita in modo da favorire la sopravvivenza e la rinnovazione della specie. Molto utile risulterebbe anche diffondere artificialmente (ad esempio mediante semina o trapianto) altri individui che crescono nella stessa area, ma a distanza tale da impedire un adeguato flusso genico. In tal modo si potrebbe incrementare il livello di eterozigoti della popolazione, rafforzando così la conservazione della biodiversità presente.



Fig. 4 - Pini silvestri delle colline alto-astigiane (foto F. Correggia).

Bibliografia

- ABELI T., GENTILI R., MONDONI A., ORSENIGO S., ROSSI G., 2014, *Effects of marginality on plant population performance*, Journal of Biogeography, 41, pp. 239-249.
- BELLETTI P., MONTELEONE I., TERZUOLO P.G., BRENTA P.P., 2002, *Variabilità genetica e differenziazione tra popolazioni alpine e collinari di pino silvestre in Piemonte*, Monti e Boschi, 2, pp. 25-30.
- BELLETTI P., FERRAZZINI D., PIOTTI A., MONTELEONE I., DUCCI F., 2012, *Genetic variation and divergence in Scots pine (Pinus sylvestris L.) within its natural range in Italy*, European Journal of Forest Research, 131, pp. 1127-1138.
- DASMANN R.F., 1968, *A different Kind of Country*, Collier McMillan, London.
- DAWSON T.P., JACKSON S.T., HOUSE J.I., PRENTICE I.C., MACE G.M., 2011, *Beyond Predictions: Biodiversity Conservation in a Changing Climate*, Science, 332, pp. 53-58.
- EUFORGEN, 2009, *Distribution map of Scots pine (Pinus sylvestris)*, www.eufirgen.com.
- FADY B., CONORD C., 2010, *Macroecological patterns of species and genetic diversity in vascular plants of the Mediterranean basin*, Diversity and Distribution, 16, pp. 53-64.
- FADY B., ARAVANOPoulos F.A., ALIZOTI P., MÁTYÁS C., VON WÜHLISCH G., WESTERGREN M., BELLETTI P., CVJETKOVIC B., DUCCI F., HUBER G., KELLEHER C.T., KHALDI A., DAGHER KHARRAT M.B., KRAIGHIER H., KRAMER K., MÜHLETHALER U., PERIC S., PERRY A., ROUSI M., SBAY H., STOJNIC S., TIJARDOVIC M., TVETKOV I., VARELA M.C., VENDRAMIN G.G., ZLATANOV T., 2016a, *Evolution-based approach needed for the conservation and silviculture of peripheral forest tree populations*, Forest Ecology and Management, 375, pp. 66-75.

- FADY B., COTTRELL J., ACKZELL L., ALIA R., MUYS B., PRADA A., GONZALEZ-MARTINEZ S.C., 2016b, *Forests and global change: what can genetics contribute to the major forest management and policy challenges of the twenty-first century?* Regional Environmental Change, 16, pp. 927-939.
- FENAROLI L., GAMBI G., 1976, *Alberi, Dendroflora italiana*, Museo tridentino di scienze naturali, Trento.
- GUREVITCH J., PADILLA D.K., 2004, *Are invasive species a major cause of extinctions?* Trends in Ecology & Evolution, 19, pp. 470-474.
- HAMPE A., PETIT R.J., 2005, *Conserving biodiversity under climate change: the rear edge matters*, Ecology Letters, 8, pp. 461-467.
- KRAMER A.T., HAVENS K., 2009, *Plant conservation genetics in a changing world*, in Special Issue: *Plant Science Research in Botanic Gardens* (Ed. Crane P.R., Hopper S.D., Raven P.H., Stevenson D.W.), Trends in Plant Science, 14.11, pp. 599-607.
- LAIKRE L., 2010, *Genetic diversity is overlooked in international conservation policy implementation*, Conservation genetics, 11, pp. 349-354.
- LEFÈVRE F., KOSKELA J., HUBERT J., KRAIGHER H., LONGAUER R., OLRİK D.C., SCHÜLER S., BOZZANO M., ALIZOTTI P., BAKYS R., BALDWIN C., BALLIAN D., BLACK-SAMUELSSON S., BEDNAROVA D., BORDÁCS S., COLLIN E., DE CUYPER B., DE VRIES S.M.G., EYSTEINSSON T., FRÝDL J., HAVERKAMP M., IVANKOVIC M., KONRAD H., KOZIOL C., MAATEN T., NOTIVOL PAINO E., ÖZTÜRK H., PANDEVA I.D., PARNUTA G., PILIPOVIĆA., POSTOLACHE D., RYAN C., STEFFENREM A., VARELA M.C., VESSELLA F., VOLOSYANCHUK R.T., WESTERGREN M., WOLTER F., YRJÄNÄ L., ZARINA I., 2012, *Dynamic conservation of forest genetic resources in 33 European countries*, Conservation Biology, 27, pp. 373-384.
- LIRA-NORIEGA A., MANTHEY J.D., 2014, *Relationship of genetic diversity and niche centrality: a survey and analysis*, Evolution, 68, pp. 1082-1093.
- OLIVER T.H., HEARD M.S., ISAAC N.J.B., ROY D.B., PROCTER D., EIGENBROD F., FRECKLETON R., HECTOR A., ORME C.D.L., PETCHEY O.L., PROENCA V., RAFFAELLI D., BLAKE SUTTLE K., MACE G.M., MARTIN-LOPEZ B., WOODCOCK B.A., BULLOCK J.M., 2015, *Biodiversity and Resilience of Ecosystem Functions*, Trends in Ecology & Evolution, 30, pp. 673-684.
- SUNDSETH K., 2014, *Invasive Alien Species: a European response*, European Union, Luxembourg (disponibile a: <http://ec.europa.eu/environment/nature/invasivealien/docs/ias-brochure-en-web.pdf>).
- VALLADARES F., MATESANZ S., GUILHAUMON F., ARAUJO M.B., BALAGUER L., BENITO-GARZON M., CORNWELL W., GIANOLI E., VAN KLEUNEN M., NAYA D.E., NICOTRA A.B., POORTER H., ZAVALA M.A., 2014, *The effect on phenotypic plasticity and local adaptation of forecasts of species range shifts under climate change*, Ecology Letters, 17, pp. 1351-1364.
- WILSON E.O., 1988, *Biodiversity*, National Academies Press, Washington.