



نامه علمی

DOI: 10.22092/ir.2018.116433



تاریخ دریافت ۱۳۹۶/۰۶/۱۴
تاریخ پذیرش ۱۳۹۶/۱۰/۲۸

فرسایش ژنتیکی توده‌های شمشاد خزری

پروین صالحی شانجانی*

چکیده

شمشاد (*Buxus hyrcana*) از مهم‌ترین و باارزش‌ترین گونه‌های درختی پهن‌برگ و همیشه‌سبز جنگل‌های شمال کشور محسوب می‌شود. مشاهدات حاکی از بروز خشکیدگی این درخت بر اثر دو قارچ عامل بلایت (*Cylindrocladium buxicola*) و *Calonectria pseudonaviculata*) و آفت شب‌پره شمشاد (*Cydalima perspectalis*) در بسیاری از رویشگاه‌های آن است. تأثیر خشکیدگی و از بین رفتن درختان بر استمرار بقای توده‌های شمشاد موضوعی است که باید به‌دقت بررسی شود؛ زیرا کاهش تعداد نمونه‌های هر گونه‌ای با تأثیر بر تنوع و تمایز ژنتیکی باعث بروز فرسایش ژنتیکی در آن گونه می‌شود. تنوع و تمایز ژنتیکی جمعیت‌های شمشاد در مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور به‌وسیله مطالعه الگوی پروتئین‌های کل برگ درختان و پروتئین‌های ذخیره‌ای بذر درختان بررسی شد. نتایج این پژوهش نشان داد که با وجود خشکیدگی تعداد زیادی از درختان شمشاد، جمعیت‌های مختلف آن از تنوع قابل ملاحظه‌ای برخوردار هستند. با وجود تنوع ژنتیکی قابل ملاحظه جمعیت‌های شمشاد، اما تمایز جمعیت‌های درختان با تناجشان متفاوت است. این مسئله می‌تواند ناشی از قطعه‌قطعه شدن زیستگاه شمشاد خزری باشد. بررسی‌های میدانی رویشگاه‌های شمشاد نیز نشان می‌دهد که وسعت جمعیت‌های آن کاهش یافته و به‌صورت ایزوله درآمده است. در چنین شرایطی جمع‌آوری انتخابی بذر از بعضی جمعیت‌ها برای برنامه‌های حفاظتی و جنگل‌کاری، می‌تواند باعث از دست رفتن برخی ژن‌ها شده و ساختار ژنتیکی جمعیت‌های آینده را تغییر دهد. بنابراین انتخاب تعداد محدود جمعیت برای بذرگیری یا تجدیدحیات در آینده می‌تواند در درازمدت منجر به فرسایش ژنتیکی جمعیت‌ها شود. لذا توصیه می‌شود نهادهای اجرایی مسئول احیای رویشگاه‌های شمشاد به جمع‌آوری از اکوتیپ‌های محلی توجه ویژه‌ای داشته باشند.

واژه‌های کلیدی: تمایز ژنتیکی، تنوع ژنتیکی، جمع‌آوری بذر، شمشاد

Genetic erosion of Hyrcanian boxwoods

P. Salehi Shanjani*

Abstract

Boxwood (*Buxus hyrcana*) is the most important and valuable broadleaf and evergreen tree species of Hyrcanian forests. Dieback of Box trees caused by boxwood Blight (*Cylindrocladium buxicola*) and boxwood moth (*Cydalima perspectalis*) continues to be reported in the Caspian forest. The impact of trees dieback on the survival of boxwood masses is a subject that needs to be carefully investigated since the reduced number of species causes genetic erosion through influencing genetic diversity and differentiation. The genetic diversity and differentiation of box trees and their progenies were studied along Hyrcanian forests by the Research Institute of Forests and Rangeland using total protein and seed storage protein markers. Results indicated that despite the dieback of large parts of boxwood, different populations showed considerable genetic diversity. Despite the considerable genetic variation of the boxwood populations, the differentiation of trees was different from their offspring. These results can be attributed to the fragmentation of the boxwood habitat. Field surveys shows that the size of the boxwood population is decreased and isolated. In this kind of circumstances, selective seed collection from some populations for conservation and reforestation programs can cause the loss of some genes and alter the genetic structure of future populations. Therefore, the selection of a limited population for seed collection or regeneration can lead to genetic erosion of populations in the future. Therefore, it is recommended that a special attention be paid to the seed collection from local ecotypes by the organizations responsible for the restoration of boxwood habitats.

Keywords: Genetic differentiation, genetic variation, boxwood, seed collection

* دانشیار، عضو هیئت علمی بانک ژن منابع طبیعی ایران، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
پست الکترونیک: psalehi@rif-ac.ir

*Associate Professor, Natural Resources Gene Bank, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization, (AREEO), Tehran, Iran, E-mail: psalehi@rif-ac.ir

● مقدمه

شمشاد خزری که به آن شمشاد جنگلی یا شمشاد هیرکانی (*Buxus hyrcana* Pojark) نیز گفته می‌شود یکی از مهم‌ترین و باارزش‌ترین گونه‌های درختی پهن‌برگ و همیشه‌سبز جنگل‌های شمال کشور است. شمشاد خزری به‌علت تولید چوب مرغوب و باارزش، همواره مورد تعرض قاچاقچیان قرار گرفته است. به‌دلیل کاهش چشمگیر سطح جنگل‌های شمشاد، این گونه در فهرست گونه‌های گیاهی در خطر انقراض اتحادیه بین‌المللی حفظ طبیعت (IUCN) قرار گرفت (Jalili and Jamzad, 1999). براساس آمار سال ۱۳۹۲ سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، سطح رویشگاه‌های شمشاد ۷۲ هزار و ۴۵۰ هکتار در استان‌های گیلان (۳۵ هزار هکتار)، مازندران (۳۷ هزار هکتار) و گلستان (۴۵۰ هکتار) برآورد شده است. اکنون این گونه مورد تهاجم بیماری بلایت شمشاد و آفت شب‌پره شمشاد قرار گرفته به‌طوری‌که صدمات جبران‌ناپذیری به توده‌های آن در جنگل‌های شمال وارد شده است (Mirabolfathy et al., 2013). بیماری سوختگی یا بلایت شمشاد،

بیماری مخرب و خطرناکی است که سبب خزان و از بین رفتن توده‌های این درخت می‌شود. این بیماری بر اثر فعالیت دو نوع قارچ میکروسکوپی به نام‌های علمی *Cylindrocladium buxicola* و *Calonectria pseudonaviculata* به‌وجود می‌آید (Mirabolfathy et al., 2013). این بیماری بیشترین آسیب را به بافت تنه و شاخه‌های جانبی درخت وارد می‌کند و با ایجاد لکه‌های قهوه‌ای در برگ گیاه، مرگ سریع و گسترده بافت‌ها را فراهم می‌سازد (شکل ۱). نشانه‌های بیماری سوختگی شمشاد در سال ۱۳۸۹ نخستین بار در جنگل‌های آستارا و تالش در استان گیلان دیده شد و به‌دنبال آن در سال ۱۳۹۱ این بیماری همه‌گیر شد. اکنون سراسر جنگل‌های شمال را دربر گرفته است، به‌طوری‌که براساس آخرین بررسی‌ها حدود ۵۵ هزار هکتار از رویشگاه‌های شمشاد مورد حمله این بیماری قرار گرفته است. عامل آفت شب‌پره شمشاد، پروانه‌ای با نام علمی *Cydalima perspectalis* است که به‌صورت طبیعی در شرق آسیا زندگی می‌کند و از بهار ۱۳۹۵ در مناطقی از غرب استان مازندران به‌ویژه در نمک‌آبرود و پارک جنگلی بنفشه چالوس، جنگل سی‌سنگان

در نوشهر و جنگل‌های سی‌سرا و متلقو به شمشادها خسارت وارد کرد. در درختان خسارت‌دیده علائمی شامل خردگی برگ‌ها، باقی ماندن رگبرگ‌ها، تنیده شدن تارهای فراوان و وجود لاروهای در حال تغذیه و درنهایت بی‌برگی درختان به‌صورت توده‌ای مشاهده می‌شود (شکل‌های ۲ تا ۴).

به‌نظر می‌رسد تغییرات آب‌وهوایی، شرایط خوبی برای رشد عوامل بیماری‌زا ایجاد کرده و خشکسالی سال‌های اخیر موجب حساس‌تر شدن این درخت شده است. مطالعات نشان داده‌اند که تغییر اقلیم و گرم و خشک شدن محیط، عامل اصلی محرک در شیوع بیماری‌ها و آفات

شمشاد

خزری به‌علت تولید چوب مرغوب و باارزش، همواره مورد تعرض قاچاقچیان قرار گرفته است. به‌دلیل کاهش چشمگیر سطح جنگل‌های شمشاد، این گونه در فهرست گونه‌های گیاهی در خطر انقراض اتحادیه بین‌المللی حفظ طبیعت (IUCN) قرار گرفت.



شکل ۱- شمشادهای آسیب‌دیده از بیماری بلایت در رویشگاه سمندکیش گیلان (سمت چپ) و پیرهرات گیلان (سمت راست)



است (Desprez-Loustau *et al.*, 2006; Raffa *et al.*, 2008). اگرچه توصیه‌هایی برای سم‌پاشی درختان آلوده به صورت هوایی و زمینی وجود دارد، ولی سم‌پاشی گسترده به دلیل خطری که برای سایر جوامع گیاهی و جانوری دارد، قابل اجرا نیست. بروز خشکیدگی شمشاد در بسیاری از رویشگاه‌های آن، منجر به کاهش تعداد درختان زایا در این گونه شده است. از آنجایی که کاهش تعداد نمونه‌های هر گونه‌ای با تأثیر بر تنوع و تمایز ژنتیکی، باعث بروز فرسایش ژنتیکی در آن گونه می‌شود (Solbrig, 1991) در این پژوهش تنوع و تمایز ژنتیکی جمعیت‌های شمشاد در طول گستره پراکنش این گونه در جنگل‌های هیرکانی با استفاده از نشانگرهای مرفولوژیکی و ژنتیکی بررسی شد.

با وجود خشکیدگی

بخش‌های وسیعی از رویشگاه‌های شمشاد، جمعیت‌های مختلف آن از تنوع قابل ملاحظه‌ای برخوردارند. تنوع در ویژگی‌های مختلف این گیاه احتمالاً به علت هتروزیگوزیتی ناشی از دگرگشتی در شمشاد است.



شکل ۲- شمشاد مورد تهاجم قرار گرفته توسط آفت شب‌پره شمشاد در پارک جنگلی دکتر دستکار (گیلان)

● اقدامات انجام شده و یافته‌ها

تنوع و تمایز ژنتیکی جمعیت‌های شمشاد در مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور به وسیله مطالعه الگوی پروتئین‌های کل برگ درختان و پروتئین‌های ذخیره‌ای بذر درختان بررسی شد. در این پژوهش تنوع و تمایز جمعیت‌های شمشاد موجود و نیز جمعیت‌هایی که در آینده شکل خواهند گرفت (توسط نتاج بذری) برآورد شدند. به این ترتیب برگ درختان سالم و آلوده به‌عنوان نماینده جمعیت‌های شمشاد موجود و بذر درختان سالم به‌عنوان نماینده جمعیت‌های شمشاد آینده بررسی شدند. از آنجایی که فقط درختان سالم



شکل ۳- شمشاد مورد تهاجم قرار گرفته توسط لاروهای آفت شب‌پره

می‌کنند، کاهش جریان ژن بین جمعیتی و کاهش کارایی گرده‌افشانی همراه است (Dudash and Fenster, 2000; Duncan *et al.*, 2004; Huang *et al.*, 2008). نتایج این پژوهش نشان داد که با وجود خشکیدگی بخش‌های وسیعی از رویشگاه‌های شمشاد، جمعیت‌های مختلف آن از تنوع قابل ملاحظه‌ای برخوردارند. تنوع در ویژگی‌های مختلف این گیاه احتمالاً به علت هتروزیگوزیتی ناشی از دگرگشتی در شمشاد است (Sag/Eso *et al.*, 1996). سیستم گرده‌افشانی شمشاد به وسیله باد و حشرات عمل می‌کند تا حفظ بقای گیاه تضمین شود (Lazaro and Travest, 2005)؛ ولی به دلیل صدمات وسیع وارده به رویشگاه‌های شمشاد، تنوع ژنتیکی نسبتاً بالای

مشاهده شد که حاکی از تنوع ژنتیکی قابل ملاحظه در جمعیت‌های حاضر و آینده شمشاد است. با وجود تنوع ژنتیکی قابل ملاحظه جمعیت‌های شمشاد توسط هر دو آزمون، نتایج حاصل از گروه‌بندی این جمعیت‌ها براساس آزمون‌های پروتئین‌های ذخیره‌ای بذر، تفاوت زیادی با گروه‌بندی براساس پروتئین‌های کل برگ درختان داشت. نتایج حاصل از گروه‌بندی جمعیت‌ها براساس الگوی پروتئین‌های برگ درختان موجود در جنگل‌های شمشاد تا حدود زیادی منطبق بر الگوی جغرافیایی بود (شکل ۶- الف). این الگو می‌تواند ناشی از پاسخ گیاهان به گوناگونی عوامل اکولوژیکی حاکی از سازگاری گیاهان با شرایط محیطی

بذر تولید می‌کنند مطالعه پروتئین‌های ذخیره‌ای بذر می‌تواند اثر انتخاب ناشی از بروز بیماری و حمله آفات بر جمعیت‌های شمشاد و نیز تنوع و تمایز جمعیت‌های آینده شمشاد را برآورد کند. از برگ و بذر ۱۱ جمعیت شمشاد در طول گستره پراکنش شمشاد خزری برای مطالعه الگوی پروتئین‌های کل برگ و پروتئین‌های ذخیره‌ای بذر درختان نمونه‌برداری انجام شد (شکل ۵). با توجه به خشکیدگی شمشاد در بسیاری از رویشگاه‌ها، انتخاب محل جمع‌آوری بسیار دشوار بود، زیرا باید حداقل ۲۰ درخت سالم دارای بذر، در محل موجود باشد تا نمونه برگ و بذر جمع‌آوری شده نماینده ساختار ژنتیکی جمعیت باشد. مطالعه پروتئین‌های ذخیره‌ای بذر

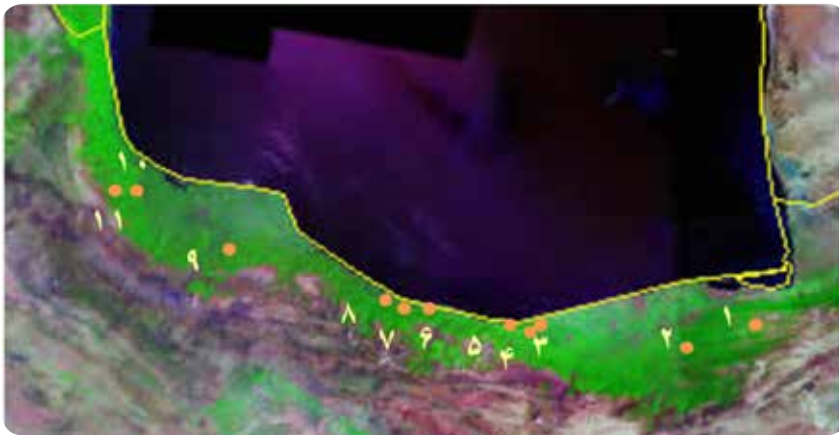


شکل ۴- لارو (سمت چپ) و حشره بالغ (سمت راست) آفت شب پره شمشاد

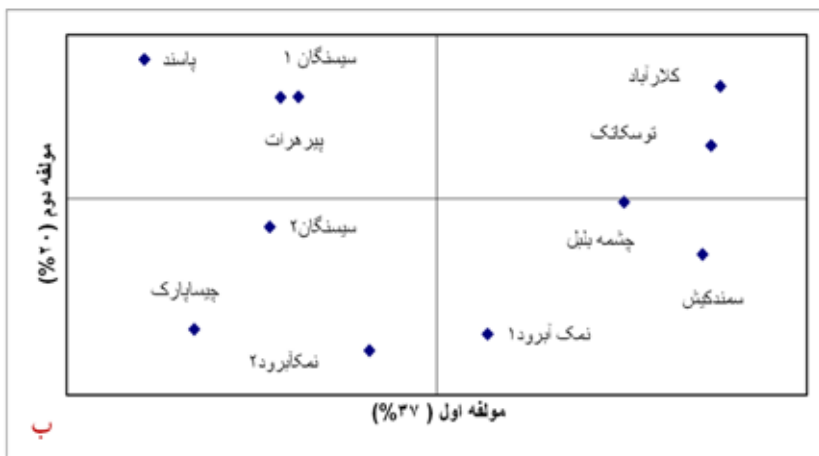
مشاهده شده در جمعیت‌های مورد مطالعه، در آینده حفظ نخواهد شد زیرا نتایج این پژوهش نشان داد که تمایز ژنتیکی بین جمعیت‌های شمشاد آغاز شده است. نتایج مطالعه در سایر گونه‌ها نیز نشان داده که بر اثر کاهش اندازه و ایزوله شدن جمعیت، تمایز ژنتیکی بین جمعیت‌ها افزایش می‌یابد (Leonardi *et al.*, 2012). بررسی‌های میدانی رویشگاه‌های شمشاد نیز نشان می‌دهد که وسعت جمعیت‌های آن کاهش یافته و به صورت ایزوله درآمده است. قطعه‌قطعه شدن رویشگاه یک گونه باعث کاهش تعداد افراد تولیدمثل‌کننده

(Maliníková *et al.*, 2013)، جریان ژن و انتخاب طبیعی (McLean *et al.*, 2015) باشد. گروه‌بندی جمعیت‌های شمشاد براساس الگوی پروتئینی بذر درختان، از الگوی جغرافیایی یا شیب خاصی پیروی نمی‌کرد (شکل ۶- ب). نبود شباهت الگوی پروتئینی بذر جمعیت‌های نزدیک (سی‌سنگان ۱ و ۲) یا شباهت الگوی پروتئینی بذر جمعیت‌های دور از هم (چشمه‌بلبل گلستان و سمندکیش گیلان) می‌تواند ناشی از قطعه‌قطعه شدن رویشگاه شمشاد باشد. قطعه‌قطعه شدن زیستگاه یک گونه با کاهش تعداد افرادی که در تولیدمثل شرکت

درختان در هر ۱۱ جمعیت امکان‌پذیر شد. ولی مطالعه پروتئین‌های کل برگ فقط در شش جمعیت انجام شد زیرا در پنج جمعیت آنالیز پروتئین‌های کل برگ درختان آلوده بی‌نتیجه بود. از آنجایی که هدف مطالعه پروتئین‌های کل برگ هر دو درختان سالم و آلوده بود به‌ناچار جمعیت‌هایی از برگ درختان آلوده که فاقد پروتئین بودند از آنالیز حذف شدند. ۵۲ نوار پروتئینی (با میانگین پلی‌مورفیسم ۷۸/۴۶ درصد) در الگوی پروتئین‌های کل برگ و ۵۵ نوار پروتئینی (با میانگین پلی‌مورفیسم ۷۳/۲۳ درصد) در الگوی پروتئین‌های ذخیره‌ای بذر



شکل ۵- موقعیت جمعیت‌های شمشاد مورد بررسی (۱: چشمه بلبل - ۲: پاسند - ۳: سی سنگان ۱ - ۴: سی سنگان ۲ - ۵: توسکاتک - ۶: نمک آبرود - ۷: کلارآباد - ۸: چیساپارک - ۹: اسکولک - ۱۰: سمندگیش - ۱۱: پیرهرات)



شکل ۶- نمودار رسته‌بندی (PCoA) جمعیت‌های شمشاد براساس داده‌های پروتئین‌های کل برگ (الف) و پروتئین‌های ذخیره‌ای بذر (ب)

شده و در مجموعه‌های ژنی هم‌سازگار اختلال ایجاد می‌شود (Dudash and Fenster, 2000). به این ترتیب در طی زمان تنوع ژنتیکی جمعیت‌های ایزوله و کوچک کاهش می‌یابد و تمایز جمعیت‌ها و به‌علت اثر مؤسس (Founder Effect) و

افزایش رانش ژنتیکی (Genetic Drift) بیشتر می‌شود (Buza et al., 2000).
● نتیجه‌گیری نهایی و پیشنهادها
 با توجه به دیرزیستی درخت شمشاد و کاهش شدید تعداد پایه‌های آن (بر

درون یک جمعیت، کاهش جریان ژن میان جمعیت‌ها (Dudash and Fenster, 2000) و کاهش بهره‌وری گرده‌افشانی (Jarne and Charlesworth, 1993, Dun-can et al., 2004) در جمعیت‌ها می‌شود. محدودیت گرده در جمعیت‌های قطعه‌قطعه و ایزوله در هر دو گونه‌هایی که با باد گرده‌افشانی می‌کنند (Knapp et al., 2001; Koenig and Ashley, 2003) یا گونه‌هایی که توسط حشرات گرده‌افشانی می‌شوند (Moody-Weis and Heywood, 2001; Rocha and Aguilar, 2001) گزارش شده است. کمیت و کیفیت گرده با تأثیر بر موفقیت تولیدمثل گیاه، نقش بسزایی در بقای آن دارد (Dudash and Fenster, 2000; Hedrick)

باید
 به جمعیت‌های موجود در هر دو برنامه‌های حفاظتی *in situ* و *ex situ*، توجه بیشتری شود تا به مرور زمان از تنوع ژنتیکی بین و درون جمعیتی شمشاد کاسته نشود. زیرا از دست دادن تنوع ژنتیکی ممکن است به کاهش توانایی گونه نسبت به تحمل تغییرات محیطی و تغییرات جمعیت‌ها در کوتاه و بلندمدت منجر شود.

and Kalinowski, 2000; Rocha and Aguilar, 2001; Byers, 2004; Colling et al., 2004). در شرایطی که جمعیت ایزوله شده باشد تمایل افراد به خودگشنی یا دگرگشنی با افراد خویشاوند (خویش‌گشنی) افزایش می‌یابد که تأثیر منفی روی سلامتی درخت (fitness) می‌گذارد (Buza et al., 2000; Kery et al., 2000). افزایش تمایل گیاه برای خودگشنی و خویش‌گشنی تدبیری است که گیاه برای استمرار بقای خود به‌کار می‌بندد؛ زیرا چنانچه تلاقی بین جمعیت‌های ایزوله صورت بگیرد، بروز پدیده فرودافت (Outbreeding Depression) باعث کاهش سازگاری به محیط در نتاج

- blowin' in the wind. Trends in Ecology and Evolution, 18: 157–159.
- La'zaro, A. and Traveset, A., 2006. Re productive success of the endangered shrub *Buxus balearica* Lam. (Buxaceae): pollen limitation, and inbreeding and outbreeding Depression. Plant Systematic and Evolution, 261: 117–128.
- Leonardi, S., Piovani, P., Scalfi, M., Piotti, A., Giannini, R. and Menozzi, P., 2012. Effect of habitat fragmentation on the genetic diversity and structure of peripheral populations of beech in Central Italy. Heredity, 103: 408–17.
- Mirabolifathy, M., Ahangaran, Y., Lombard, L. and Crous, P. W., 2013. Leaf Blight of *Buxus sempervirens* in Northern Forests of Iran Caused by *Calonectria pseudonaviculata*. Plant Disease, 97: 1121.
- Maliníková, E., Kukla, J., Kuklová, M. and Balážová, M., 2013. Altitudinal variation of plant traits: morphological characteristics in *Fragaria vesca* L. (Rosaceae). Annals of Forest Research, 56: 79–89.
- McLean, C.A., Stuart-Fox, D. and Moussalli, A., 2015. Environment, but not genetic divergence, influences geographic variation in color morph frequencies in a lizard. BMC Evolutionary Biology, 15: 156.
- Raffa, K.F., Aukema, B.H., Bentz, B.J., Carroll, A.L., Hicke, J.A., Turner, M.G. and Romme, W.H., 2008. Cross-scale drivers of natural disturbances prone to anthropogenic amplification: the dynamics of bark beetle eruptions. Bioscience, 58(6): 501–517.
- Reed, D.H. and Frankham, R. 2003. Correlation between fitness and genetic diversity. Conserve. Biol. 17: 230–237.
- Rocha, O.J. and Aguilar, G., 2001. Reproductive biology of the dry forest tree *Enterolobium cyclocarpum* (Guanacaste) in Costa Rica: a comparison between trees left in pastures and in continuous forest. American Journal of Botany, 88: 1607–1614.
- Sag'eso, z., Tosun, M. and Akgun, I., 1996. Determination of some phenological, morphological and biological characteristics of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) collected from different locations. Turkiy III. C, ayör-Mer'a ve Yembitkileri Kongresi, 17–19 Haziran, Erzurum, pp. 527–534.
- Solbrig, O.T., 1991. The origin and function of biodiversity. Environment, 33(5): 17–38.
- Scorzonera humilis* (Asteraceae). American Journal of Botany, 91: 1774–1782.
- Desprez-Loustau, M.L., Marcais, B., Nageleisen, L.M., Piou, D. and Vannini, A., 2006. Interactive effects of drought and pathogens in forest trees. Annals of Forest Science, 63: 597–612.
- Dudash, M.R. and Fenster, C.B., 2000. Inbreeding and outbreeding depression in fragmented populations. In: Young A., Clarke G. (eds.) Genetics, demography and viability of fragmented populations. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, pp. 35–53.
- Duncan, D.H., Nicotra, A.B., Wood, J.T. and Cunningham, S.A., 2004. Plant isolation reduces outcross pollen receipt in a partially self-compatible herb. Ecology, 92: 977–985.
- Ellstrand, N.C. and Elam, D.R., 1993. Population genetic consequences of small population size. Annual Review of Ecology and Systematics, 24: 217–242.
- Hawley, G.J., Schaberg, P.G., DeHayes, D.H. and Brissette, J.C., 2005. Silviculture alters the genetic structure of an eastern hemlock forest in Maine, USA. Canadian Journal of Forest Research, 35: 143–150.
- Hedrick, P.W. and Kalinowski, S.T., 2000. Inbreeding depression in conservation biology. Annual Review of Ecology and Systematics, 31: 139–162.
- Huang, Y.J.K., Jiang, Z. and Tan, G., 2008. Genetic structure of *Buxus sinica* var. *parvifolia*, rare and endangered plant. Scientia horticulturae, 116: 324–329.
- Jalili, A. and Jamzad, Z., 1999. Red data book of Iran. Research Institute of Forests and Rangelands (RIFR) Publication, Tehran, Iran, 748 p.
- Jarne, P. and Charlesworth, D., 1993. The evolution of the selfing rate in functionally hermaphrodite plants and animals. Annual Review of Ecology and Systematics, 24: 441–466.
- Kery, M., Matthies, D. and Spillmann, H.H., 2000. Reduced fecundity and offspring performance in small populations of the declining grassland plants *Primula veris* and *Gentiana lutea*. Ecology, 88: 17–30.
- Knapp, E.E., Goedde, M.A. and Rice, K.J., 2001. Pollen-limited reproduction in blue oak: implications for wind-pollination in fragmented populations. Oecologia, 128: 48–55.
- Koenig, W.D. and Ashley, M.V., 2003. Is pollen limited? The answer is
- اثر بیماری بلایت و آفت شب‌پره)، انتظار می‌رود تنوع ژنتیکی جمعیت‌های شمشاد کاهش یافته و تمایز ژنتیکی آنها افزایش یابد. برای جلوگیری از کاهش تنوع ژنتیکی باید به جمعیت‌های موجود در هر دو برنامه‌های حفاظتی *in situ* و *ex situ* توجه بیشتری شود تا به مرور زمان از تنوع ژنتیکی بین و درون جمعیتی شمشاد کاسته نشود. زیرا از دست دادن تنوع ژنتیکی ممکن است به کاهش توانایی گونه نسبت به تحمل تغییرات محیطی و تغییرات جمعیت‌ها در کوتاه و بلندمدت منجر شود.
- در برنامه‌های حفاظتی و جنگل‌کاری باید به این نکته توجه ویژه شود که با توجه به قطعه‌قطعه شدن رویشگاه‌های شمشاد، جمع‌آوری انتخابی بذر از بعضی جمعیت‌ها و جمع‌آوری نکردن بذر از برخی دیگر، می‌تواند باعث از دست رفتن برخی ژن‌ها شده و ساختار ژنتیکی جمعیت‌های آینده را تغییر دهد. حذف ژن‌ها از سیستم‌های جنگلی طی برنامه‌های جمع‌آوری بذر، به‌وسیله تغییر ساختار ژنتیکی و سطح تنوع ژنتیکی روی حاصلخیزی، پایداری اکوسیستم، استمرار طولانی‌مدت و تکامل جمعیت‌ها اثر می‌گذارد. بنابراین انتخاب تعداد محدود جمعیت برای بذرگیری یا تجدیدحیات در آینده می‌تواند در درازمدت منجر به فرسایش ژنتیکی جمعیت‌ها شود. لذا توصیه می‌شود نهادهای اجرایی مسئول احیای رویشگاه‌های شمشاد به جمع‌آوری از اکوتیپ‌های محلی توجه ویژه‌ای بکنند.

● References

- Buza, L., Young, A. and Thrall, P., 2000. Genetic erosion, inbreeding and reduced fitness in fragmented populations of the endangered tetraploid pea *Swainsona recta*. Biological Conservation, 93: 177–186.
- Byers, D.L., 2004. Pollen quantity and quality as explanations for low seed set in small populations exemplified by *Eupatorium* (Asteraceae). American Journal of Botany, 82: 1000–1006.
- Colling, G., Reckinger, C. and Matthies, D., 2004. Effects of pollen quantity and quality on reproduction and offspring vigor in the rare plant