مجلهٔ جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران
سال هفدهم، شمارهٔ ۱، بهار ۱۴۰۴
ص ۸۶-۷۳
مقاله پژوهشی

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22034/ijf.2025.442629.1975
CC BY 4.0

ارزیابی و مقایسهٔ ژنوتیپ‌های تشکیل‌دهندهٔ باغ بذر سیاه‌تاغ (*Haloxylon aphyllum* (Minkw.) Iljin) در سه نسل متوالی

عباس پورمیدانی[1*] و حسین توکلی نکو[2]

[1]استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی قم، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قم. ایران.
[2]استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی قم، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قم. ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۰۸)

چکیده

مقدمه: گونه‌های جنس تاغ (*Haloxylon* sp.) از گیاهان سازگار با خاک‌های شنی و ضعیف هستند که در برنامه‌های تثبیت شن‌های روان نتایج رضایت‌بخشی داشته‌اند. بیشتر تاغزارهای دست‌کاشت کشور، دچار پژمردگی و زردی شاخ و برگ هستند و مشکلات زیادی مانند آلودگی شدید به آفات و بیماری‌ها گریبانگیر آنها شده است. یکنواختی و نبود تنوع در بین نهال‌های کشت‌شدهٔ تاغ و فاصلهٔ کم و تراکم کشت از دلایل این مسئله بیان شده است. باغ بذر با تولید بذرهای مناسب و متنوع یکی از راه‌های حل مشکل و اصلاح گونه‌های جنگلی است. لازمهٔ تشکیل باغ بذر، ارزیابی اولیهٔ جمعیت‌های مختلف و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر است.

مواد و روش‌ها: این تحقیق در ادامهٔ یک پروژه ملی که در آن در دو نسل متوالی جمعیت‌های مختلف سیاه‌تاغ ارزیابی شدند، در سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۹۶ در ایستگاه تثبیت شن بعثت شهرستان قم انجام گرفت. در نسل اول ۲۷ جمعیت در پنج سال و سپس در نسل دوم ۱۸ جمعیت برتر انتخابی در پنج سال ارزیابی شدند و در نهایت ۹ جمعیت برتر و متنوع برای تشکیل باغ بذر در نسل سوم انتخاب شدند. ابتدا در هر جمعیت برتر با حفظ شجره، تعدادی از پایه‌ها انتخاب و بذرگیری شدند. بذرهای پایه‌های منتخب در گلدان پلاستیکی کاشته شده و در اواخر اسفند ۱۳۹۶ پنج تا هفت پایهٔ مناسب از نه جمعیت انتخابی برتر در عرصهٔ اصلی کشت شدند. به‌منظور ممانعت از درون‌زادآوری و تلاقی‌های خویشاوندی، بین نهال‌هایی که از یک ژنوتیپ مادری بودند، بیشترین فاصلهٔ ممکن داده شد. در طول پنج سال صفات رشد طولی نهال‌ها، رشد قطری تنهٔ اصلی و شادابی نهال‌ها و از سال سوم تا پنجم قطر تاج‌پوشش اندازه‌گیری شد. تجزیهٔ واریانس مرکب صفات به تفکیک در هر نسل و نیز مقایسهٔ میانگین صفات با استفاده از روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن به تفکیک در هر نسل و برای میانگین پنج‌ساله و سال پنجم صورت گرفت. همچنین واریانس ژنوتیپی و فنوتیپی صفات به تفکیک هر نسل و براساس نتایج حاصل از تجزیهٔ مرکب آنها محاسبه شد.

یافته‌ها: نتایج تجزیهٔ واریانس مرکب صفات تحت بررسی در نسل‌های اول تا سوم سیاه‌تاغ نشان داد که در صفات رشد طولی و قطری درختچه‌ها و نیز قطر تاج‌پوشش، اثر ژنوتیپ و سال در سطح احتمال اشتباه ۱ یا ۵ درصد در هر سه نسل معنی‌دار بود. همچنین اثر ژنوتیپ در نسل دوم و اثر سال در نسل‌های اول و سوم در نمرهٔ شادابی معنی‌دار بود. اثر متقابل ژنوتیپ در سال در صفات رشد طولی و قطر تاج‌پوشش در نسل دوم و نیز رشد قطری تنهٔ اصلی در نسل سوم معنی‌دار بود که نشان می‌دهد روند تغییر این صفات در سال‌های مختلف یکسان نبوده است. مقایسهٔ میانگین صفات در ژنوتیپ‌های مختلف در نسل‌های اول تا سوم نیز نشان داد که جمعیت‌های ۸، ۹، ۵ و ۳ در بیشتر سال‌ها و نسل‌ها از نظر صفات تحت بررسی برتر از بقیه بودند. میانگین صفات ارتفاع درختچه‌ها و قطر تنه در طی سه نسل افزایش یافته بود، به‌طوری که میانگین این صفات در نسل سوم به‌طور معمول بیشتر از نسل‌های قبل بود. در نسل اول وراثت‌پذیری رشد طولی و قطری نهال‌ها به‌ترتیب ۰/۳۴ و ۰/۲۹ بود. در نسل دوم مقدار وراثت‌پذیری عمومی صفات کمتر از نسل اول و در نسل سوم وراثت‌پذیری عمومی صفات از ۰/۲۷ برای قطر تاج تا ۰/۴۳ برای رشد طولی درختچه‌ها در نوسان بود.

نتیجه‌گیری: با توجه به تنوع مناسب ژنوتیپ‌های تشکیل‌دهندهٔ باغ بذر، بذرهای حاصل می‌تواند تنوع لازم را در عرصه‌های کشت این گونه ایجاد کند. بررسی روند تغییر صفات در ژنوتیپ‌های به‌کاررفته و وضعیت واریانس ژنوتیپی و وراثت‌پذیری در طی سه نسل نشان داد که پایداری مطلوبی از نظر بروز صفات در بین ژنوتیپ‌ها وجود دارد. پایداری صفات در ژنوتیپ‌ها کمک زیادی به پایداری تولید بذر و نیز پایداری وضعیت نهال‌های تولیدی از این بذرها در عرصه‌های طبیعی خواهد کرد که از اهداف اصلی احداث باغ بذر درختان جنگلی است. همچنین ارزیابی روند تغییر واریانس ژنوتیپی و وراثت‌پذیری آنها در ژنوتیپ‌های تشکیل‌دهندهٔ باغ بذر نشان‌دهندهٔ بهبود میانگین صفات مهم در آنها بود. نتایج این تحقیق به‌خوبی اهمیت و کارکرد مناسب احداث باغ بذر در گونه‌های جنگلی و به‌ویژه بیابانی را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: تثبیت شن، تنوع ژنتیکی، جمعیت برتر، سیاه‌تاغ.

مقدمه

حدود ۵۰ میلیون هکتار از سطح ایران در شرایط بیابانی است که ۱۲ میلیون هکتار آن شنزارهای روان است. بارندگی در این نواحی نامنظم و به‌طور متوسط کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر در سال است و در نقاط بسیار بحرانی به ۵۰ میلی‌متر هم نمی‌رسد. ریزش این باران هم بسیار نامنظم است. ۱۷ استان کشور و ۹۷ شهرستان از جمله تهران، قم، اصفهان، شیراز، کرمان، مشهد، سمنان، بیرجند، زاهدان و اهواز توسط این بیابان‌ها احاطه شده‌اند و در هر ثانیه ۳۵۰ مترمربع جنگل و ۴۵۰ مترمربع مرتع از بین می‌رود (Pourmeidani &Tavakoli Neko, 2018). استفاده از گیاهان سازگار با اقلیم بیابانی به‌منظور جلوگیری از روند تخریب و سیر قهقرایی طبیعت، از دههٔ چهل مورد توجه برنامه‌ریزان کشور بوده است. گونه‌های مختلف تاغ (*Haloxylon* spp.) از مهم‌ترین گیاهان سازگار در برنامه‌های تثبیت شن بوده‌اند که کاشت آنها نتایج رضایت‌بخشی داشته است. این موضوع سبب شد که توجه به گونه‌های تاغ بیش از پیش افزایش یابد. هم‌اکنون مساحت این توده‌ها بالغ بر ۱/۵ میلیون هکتار برآورد می‌شود (Ali Ahmad Korori, 2014).

سیاه‌تاغ (*Haloxylon aphyllum* (Minkw.) Iljin) درختچه‌ای با شاخه‌های فراوان تا ارتفاع ۴-۳ متر است با شاخه‌های نورستهٔ سه‌گوش کبودرنگ و گوشتی راست که خمیده و آویزان و ترک‌خورده به نظر می‌رسد و به رنگ خاکستری روشن تا قهوه‌ای درمی‌آید. پوست تنهٔ درخت خاکستری تیره است. شاخه‌های سال جاری به رنگ سبز یا مایل به نقره‌ای، در پایه‌های مسن آویزان و بندبند است، برگ‌ها متقابل، خیلی کوچک و نوک‌تیز هستند و به‌صورت فلس‌هایی ظاهر می‌شوند. سیاه‌تاغ در خاک‌های شور با جذب کلر و سدیم مقدار نمک را کاهش می‌دهد و نمک جذب‌شده به‌صورت بلور در ساقه‌های گیاه متبلور می‌شود. این گیاه از بیابان‌های لوت تا دشت کویر، بیابان‌های مسیله تا شوره‌زارهای آذربایجان و بیابان‌های ایرانشهر تا دامنه‌های تفتان گسترش یافته است. فصل گلدهی آن اوایل بهار و فصل رسیدن میوهٔ آن پاییز است. این گیاه اغلب روی تپه‌های شنی بخش دشتی ایران و تورانی دیده می‌شود. پراکنش جغرافیایی سیاه‌تاغ نشان می‌دهد که این گیاه به آب‌وهوای خشک و زمین‌های به نسبت شور نواحی کویری بسیار سازگار است و در خاک‌های سبک و شنی عمیق و همچنین تپه‌های شنی رشد و نمو می‌کند. این گیاه سخت‌ترین شرایط محیطی در مناطق خشک و کویری و حتی مناطقی را که گرمای تابستان به حدود ۵۰ درجه سانتی‌گراد و سرمای زمستان به زیر ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد می‌رسد تحمل می‌کند (Pourmeidani & Tavakoli Neko, 2018).

مهم‌ترین نقش و تأثیر کشت گونه‌های مختلف نظیر گز و سیاه‌تاغ در مناطق بیابانی را می‌توان کنترل فرسایش بادی، محافظت جاده‌ها و خطوط راه‌آهن، تثبیت تپه‌های ماسه‌ای، ارتقای زیبایی چشم‌اندازهای بیابانی، تأمین هیزم، تأمین علوفه، جلوگیری از فرسایش آبی، احداث پارک‌های کویری، تعدیل دما و رطوبت خاک و محافظت کانال‌ها دانست (Pourmeidani et al., 2005 & Alizadeh, 2022). این تأثیر به‌دلیل خصوصیاتی از جمله دیرزیستی ۲۵-۲۰ ساله، امکان گسترش سریع، تولید بذر زیاد، سازگاری در شرایط آفتاب، برف و بوران و توفان، توقع و نیازهای اکولوژیکی کم، قابلیت استفاده از آب به‌نسبت شور و سازگاری با خاک‌های مختلف (سبک تا سنگین) است. این گیاه با دارا بودن دو نوع ریشهٔ راست و زیرسطحی، امکان استفاده از حداقل آب را داراست و در شرایطی که گیاه دیگری قادر به ادامهٔ حیات نیست (تپه‌های ماسه‌ای) سیاه‌تاغ به حیات خود ادامه می‌دهد. در زیراشکوب آن گونه‌های یکساله و گاهی چندسالهٔ دائمی (گرامینه‌ها، درمنه، خارشتر و ...) رشد می‌کنند (Niloofari, 1986).

بیشتر تاغزارهای دست‌کاشت کشور دچار پژمردگی و زردی شاخ‌وبرگ هستند و مشکلات زیادی

مانند آلودگی شدید بـه آفـات و بیماری‌هـا گریبـانگیر آنهـا شـده اسـت. یکنـواختی و نبـود تنـوع در بـین نهال‌های کشت‌شدهٔ تاغ و فاصلهٔ کم و تراکم کشـت از دلایل این مسئله بیان شده است (Tavakoli Neko et al., 2019). در حـال حاضـر نهـال مـورد اسـتفاده در تاغ‌کاری‌ها از بذری تولیـد می‌شـود کـه از عرصـه‌های طبیعـی برداشـت می‌شـوند و هیچ‌گونـه شـناختی از قابلیت‌های ژنتیکی آنها وجود نـدارد. لازمـهٔ حـل ایـن مشـکل، اسـتفاده از بـذر توده‌هـای برتـر و متنـوع در نهالکـاری تـاغ اسـت. بـذر از ارکـان اصـلی و اسـاس موفقیت در طرح‌های توسعه‌ای و جنگلکاری مصـنوعی است. اگر در جنگلکاری از بذر توده‌های برتر، متنـوع و مناسب اسـتفاده نشـود، بخـش وسـیعی از تلاش‌هـا و هزینه‌هایی که در این راه صرف می‌شود بی‌ثمر خواهد ماند. ازاین رو تولید بذر مناسبی که بتواند نهال‌هایی با توانمندی ویژهٔ مناطق خشک و شنزارها را تولید کنـد، از ضـرورت‌های اجتناب‌ناپـذیر در جنگلکـاری منـاطق خشک است. بر این اساس، باغ بذر یکی از اجزای مهم بیشتر برنامـه‌های اصـلاح گونـه‌های جنگلـی اسـت و تجربه‌های متعدد در چند دههٔ گذشته نشـان می‌دهـد که بذر حاصل از بـاغ بـذر بـه‌مراتب از بـذر حاصـل از دیگر منابع بذری از جمله محوطه‌های بذرگیری بهتـر است. با احداث باغ بذر و معرفی توده‌های برتر از حیث رشد و پایداری، زمینهٔ مناسب به‌منظور اصلاح، احیـا و گسترش عرصه‌های تاغ‌کاری در کشور فراهم می‌شـود (Ali Ahmad Korori, 2014).

لازمهٔ تشکیل بـاغ بـذر بـرای یـک گونـهٔ جنگلـی، ارزیـــابی اولیـــهٔ جمعیت‌هـــای مختلـــف و انتخـــاب ژنوتیپ‌های برتر آن است. در این خصـوص تحقیقـات گسترده‌ای توسط پژوهشگران مختلف صـورت گرفتـه است (Mirjani et al., 2021 & Azizi et al., 2022). در این زمینـه Pourmeidani et al. (2005) براسـاس پژوهش‌هـا روی صـفات مختلـف مورفولـوژیکی ۲۷ جمعیت سیاه‌تاغ در طـول پـنج سـال بـه ایـن نتیجـه رسیدند که در همهٔ سـال‌ها تفـاوت بـین ژنوتیپ‌هـا از نظر ارتفاع نهال و قطر تنهٔ اصلی در سـطح احتمـال ۱ یا ۵ درصد معنی‌دار بـود. ارتفـاع درختچـه، قطـر تنـهٔ اصلی و قطر بـزرگ تاج‌پوشـش در سـال‌های مختلـف اغلـب بـا یکـدیگر همبسـتگی مثبـت و معنـی‌داری داشتند. تجزیهٔ خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها را به چهار کلاسـتر تقسیم کرد. ژنوتیپ‌های موجود در کلاستر-۲ از لحاظ ارتفاع درختچه‌ها، قطر تنهٔ اصلی و قطر تاج‌پوشـش در همهٔ سال‌ها برتر از گروه‌های دیگـر بودنـد. ایـن گـروه شامل ژنوتیپ‌هایی از سیسـتان و بلوچسـتان بـود. نـه ژنوتیـپ تشـکیل‌دهندهٔ کلاسـتر-۱ از نظـر صـفات یادشده، پس از کلاستر ۲ برتر از گروه‌های دیگر بودند که شامل ژنوتیپ‌هـایی از یـزد، سـمنان و سیسـتان و بلوچستان بود. نتایج این تحقیق به‌خوبی تنوع موجـود در بین ژنوتیپ‌های مختلف سیاه‌تاغ را از نظـر صـفات مهمی مانند ارتفاع درختچه‌ها، قطر تنهٔ اصـلی و قطـر تاج‌پوشش نشان داد.

در پژوهش دیگری با هدف بررسی تنوع موجود در ۱۹ ژنوتیپ برتر سیاه‌تاغ، صفات مختلف مورفولوژیـک مانند ارتفاع درختچه‌ها، قطر تنهٔ اصـلی، قـدرت بقـا و زنده‌مانی و قطر بزرگ تاج‌پوشش ارزیابی شدند. نتـایج تجزیـهٔ واریـانس حکایـت از وجـود تنـوع و تفـاوت معنی‌دار ژنوتیپ‌ها در سال‌های مختلف داشت. تجزیـهٔ کلاستر ژنوتیپ‌ها را در پنج گروه تقسـیم کـرد. گـروه اول بیشتر از ژنوتیپ‌های با منشأ یزد، گروه دوم از یک ژنوتیپ با منشأ یزد و دو ژنوتیپ بـا منشـأ سیسـتان و بلوچسـتان و گـروه سـوم از ژنوتیپ‌هـای سـمنانی و کرمانی تشـکیل شـد. ژنوتیپ‌هـای گـروه دوم از نظـر صـفات ارتفـاع درختچـه‌ها، قطـر تنـهٔ اصـلی و قطـر تاج‌پوشـش برتـر از ژنوتیپ‌هـای دیگـر بودنـد. از ایـن ژنوتیپ‌های برتر می‌توان برای احداث باغ بذر اسـتفاده کرد (Pourmeidani et al., 2018).

در تحقیقی توسـط Safarnejad (2005) در اسـتان خراسان، در ژنوتیپ‌های مختلف سیاه‌تاغ از نظر ارتفاع و خصوصـیات تـاج تفـاوت معنـی‌داری گـزارش شـد. در مجموع یک ژنوتیپ از سیستان و یک ژنوتیپ از سمنان

به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر معرفی شدند. (1989) Shamsodinov در تحقیقی در ازبکستان، خصوصیات اکولوژیکی گیاهان بیابانی را به‌منظور اصلاح آنها بررسی و براساس خصوصیات مناسب گیاه به‌منظور مقاومت در برابر باد و توفان، تفاوت‌های مهم اکولوژیکی انواع مختلف سیاه‌تاغ را گزارش کرد. در یک تحقیق Zhang & hou (1988) خصوصیات اکولوژیکی و فیزیولوژیکی تاغ در مراحل مختلف فنولوژی از جمله ظهور برگ‌ها و گلدهی، محتوای آب، مقدار تبخیر و تعرق و فشار اسمزی پروتوپلاسم اندازه‌گیری شد و سیاه‌تاغ به‌عنوان تثبیت‌کنندهٔ ماسه‌های روان و مقاوم به خشکی با خصوصیات مورفولوژیکی خاصی مانند کاهش سطح برگ، برگ‌های باریک و سیستم ریشه‌ای گسترده، بذرهای کوچک و کم‌وزن، جوانه‌زنی زیاد، فشار اسمزی زیاد در داخل ریشه و برگ و ظرفیت نگهداری آب زیاد معرفی شد.

بذر تاغ دو تا سه ماه پس از جمع‌آوری قوهٔ نامیهٔ خود را به‌خوبی حفظ می‌کند و سپس به‌علت نبود آلبومن به‌شدت از قوه نامیهٔ آن کاسته می‌شود و قدرت جوانه زدن خود را از دست می‌دهد. طبق تحقیق کارشناسان تثبیت شن در تشکیلات جنگلبانی آسیای میانه، بذر تاغی که حدود ماه‌های مهر و آبان می‌رسد تا دی و بهمن قوهٔ نامیهٔ خود را به‌خوبی حفظ می‌کند، اما در اواخر فروردین از قوهٔ نامیهٔ آن حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد کاسته می‌شود. درصورتی که از بذر تاغ به‌خوبی نگهداری نشود در اوایل سال دوم ممکن است تنها دارای ۲ تا ۳ درصد قوهٔ نامیه باشد. در پژوهشی کیفیت بذرهای دو اکوتیپ سیاه‌تاغ بررسی شد. بذرهای متعلق به اکوتیپ قزاق که دارای تاج‌پوشش فشرده و فرم چتری بودند، کیفیت بهتر و جوانه‌زنی بیشتری داشتند. درصد جوانه‌زنی این اکوتیپ حدود ۹۰ درصد بود، درحالی‌که درصد جوانه‌زنی اکوتیپ دوم که دارای شاخه‌های بلند و فرم تاجی باریک‌تر بود، حدود ۳۰ درصد بود (Mirzaie-Nodoushan et al., 2000). همچنین در تحقیق دیگری چندشکلی در گونه‌های مختلف جنس تاغ بررسی شد. در این تحقیق چندشکلی در واریته‌های حاصل از تلاقی بین‌گونه‌ای نیز بررسی شد. سه اکوتیپ که از لحاظ اقتصادی و خصوصیات مورفولوژیکی مطلوب بودند، مشخص و انتخاب شدند (Mirzaie-Nodoushan et al., 2001).

یکی از اهداف احداث باغ بذر دستیابی به جمعیت‌های برتر با صفات مناسب و پایدار است. ازآنجاکه باغ بذر احداثی سیاه‌تاغ با استفاده از پایه‌های برتر حاصل از ارزیابی جمعیت‌های مختلف آن در طی سه نسل بوده است، در این مقاله تلاش شد با مطالعه و تعیین پارامترهای ژنتیکی، وضعیت و پایداری صفات مهم و روند تغییر آنها در این جمعیت‌ها در طی سه نسل بررسی شود. همچنین از دیگر اهداف این تحقیق تعیین مقدار پیشرفت یا پسرفت صفات در این ژنوتیپ‌ها در طی سه نسل متوالی است.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ پژوهش

این تحقیق در ادامهٔ گام‌های اول و دوم یک پروژهٔ ملی که در دو نسل متوالی جمعیت‌های مختلف سیاه‌تاغ ارزیابی شدند، در سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۹۶ در ایستگاه تثبیت شن واقع در روستای حسین‌آباد در فاصلهٔ ۳۰ کیلومتری شهرستان قم انجام گرفت. بافت خاک ایستگاه حسین‌آباد شنی لومی با هدایت الکتریکی (Ec) ۲/۶ میلی‌موس بر سانتی‌متر و pH خاک ۸/۱ است. pH آب مورد استفاده برای آبیاری ۷/۴ است. مجموع کاتیون‌های Na^{+} و Mg^{++} و Ca^{++} برابر با ۱۴ میلی‌اکی‌والان در لیتر و هدایت الکتریکی آن ۱/۳۹ است. براساس آمار هواشناسی ده‌ساله، متوسط بارندگی ۱۲۶ میلی‌متر در سال و دمای مطلق سردترین ماه سال (۲۳-) درجهٔ سانتی‌گراد و حداکثر دمای ثبت‌شده ۴۹ درجهٔ سانتی‌گراد بوده است. براساس طبقه‌بندی کوپن، منطقه دارای تیپ اقلیمی Bwhs است که در آن Bw گویای اقلیم خشک

بیابانی، h معرف میانگین دمای سالانهٔ بیشتر از ۱۸ درجهٔ سانتی‌گراد و s بیانگر تابستان خشک است.

شیوهٔ اجرای پژوهش

ابتدا نسل اول ۲۷ جمعیت سیاه‌تاغ که از مناطق مختلف کشور جمع‌آوری شده بودند، در طی پنج سال و سپس نسل دوم ۱۸ جمعیت برتر انتخابی نسل اول نیز در طی پنج سال ارزیابی شدند. در نهایت ۹ جمعیت برتر و متنوع برای تشکیل باغ بذر در نسل سوم انتخاب شدند. ابتدا در هر جمعیت برتر با حفظ شجره، چند پایه انتخاب و بذرگیری شدند. بذرهای پایه‌های منتخب در گلدان پلاستیکی کاشته شدند و تا زمان انتقال به عرصه از آنها مراقبت شد. همهٔ گلدان‌ها برچسبی داشتند که شجرهٔ آنها یا شمارهٔ ژنوتیپ را مشخص می‌کرد. پنج تا هفت پایهٔ مناسب و مستقرشده در گلدان از نه جمعیت برتر در اواخر فروردین ۱۳۹۶ برای کشت به عرصهٔ اصلی منتقل شدند (جدول ۱).

فواصل کاشت ۵×۵ متر اجرا شد. ابتدا چاله‌های مورد نیاز به عمق و قطر حدود یک متر ایجاد شد. کف چاله مقداری کود حیوانی پوسیده و نیز خار و خاشاک ریخته شد و پس از کمی فشار روی آن و ریختن چند بیل خاک، نهال‌های گلدانی پس از خارج کردن از گلدان کشت شدند. نهال‌های منتخب با نقشهٔ چینش خاص در عرصهٔ اصلی کشت شدند، به‌نحوی که هیچ یک از دو پایه‌ای که رابطهٔ خویشاوندی دارند، در کنار هم قرار نگیرند، بلکه نهال‌هایی که روی یک ردیف و در کنار هم قرار می‌گیرند، بیشترین فاصلهٔ ژنتیکی ممکن را از هم داشته باشند تا از اثرهای خویش‌آمیزی (Inbreeding) اجتناب شود. به‌عبارت دیگر به‌منظور ممانعت از درون‌زادآوری و تلاقی‌های خویشاوندی، بین نهال‌هایی که از یک ژنوتیپ مادری بودند، بیشترین فاصلهٔ ممکن داده شد.

جدول ۱- شمارهٔ تیمار و محل جمع‌آوری ژنوتیپ‌های برتر سیاه‌تاغ کشت‌شده در باغ بذر

Table 1. Code and location of superior genotypes of *Haloxylon aphyllum* in the seed garden

شمارهٔ تیمار	شمارهٔ تیمار در نسل اول Treatment No.	مبدأ اولیهٔ بذر در نسل اول The initial origin of the seed in the first phase	شماره تیمار	شمارهٔ تیمار در نسل اول Treatment No.	مبدأ اولیهٔ بذر در نسل اول The initial origin of the seed in the first phase
1	3	یزد ۱ Yazd 1	6	16	سمنان ۳ Semnan 3
2	4	یزد ۲ Yazd 2	7	17	سمنان ۴ Semnan 4
3	8	یزد ۳ Yazd 3	8	21	سیستان و بلوچستان ۱ Sistan & Blouchestan 1
4	13	سمنان ۱ Semnan 1	9	25	سیستان و بلوچستان ۲ Sistan & Blouchestan 2
5	15	سمنان ۲ Semnan 2			

به‌منظور حفظ درختچه‌ها و جلوگیری از خشک شدن آنها و با توجه به مقدار بارندگی در بهار و سن نهال‌ها، تعداد ۵، ۵، ۴ و ۳ نوبت آبیاری به‌ترتیب در سال‌های ۹۹-۱۳۹۶ انجام گرفت. ازآنجا که هدف از تشکیل باغ بذر، تجمع پایه‌های برتر و متنوع برای تولید نهال‌های پایدار و باکیفیت است، به‌منظور شناخت بیشتر ژنوتیپ‌های سیاه‌تاغ کشت‌شده در باغ بذر و یافتن روند تغییر صفات در نسل‌های مختلف، در طول پنج سال، صفات رشد طولی و سالیانهٔ نهال‌ها، رشد قطری تنهٔ اصلی و بقا و زنده‌مانی نهال‌ها و از سال سوم تا پنجم قطر بزرگ تاج‌پوشش اندازه‌گیری شد. برای افزایش دقت و امکان انجام تجزیهٔ واریانس، ارزیابی شادابی نهال‌ها به روش نمره‌دهی (صفر تا نه) انجام گرفت، به‌طوری که به درختچه‌های کاملاً

سرزنده و شاداب نمرهٔ شادابی ۹ داده شد و به‌تدریج با کاهش شادابی، به درختچه‌های کاملاً خشک نمرهٔ صفر داده شد.

تجزیهٔ واریانس مرکب صفات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (RCBD) به تفکیک در هر نسل و مقایسهٔ میانگین صفات با استفاده از روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن به تفکیک در هر نسل برای میانگین پنج‌ساله و سال پنجم صورت گرفت. واریانس‌های ژنوتیپی و فنوتیپی همهٔ صفات به تفکیک هر نسل بر اساس نتایج حاصل از تجزیهٔ مرکب آنها محاسبه شد (رابطه‌های ۱ و ۲). در محاسبهٔ واریانس ژنوتیپی فرض شد انحرافات محیطی و ارزش‌های ژنوتیپی مستقل از یکدیگرند و اختلاف محیطی خاص، اثر یکسانی بر ژنوتیپ‌های مختلف دارد. همچنین وراثت‌پذیری عمومی صفات با استفاده از رابطهٔ ۳ محاسبه شد. باید توجه کرد که وراثت‌پذیری، مفهومی آماری است که توصیف می‌کند چقدر تنوع در یک صفت معین به تنوع ژنتیکی منسوب می‌شود و از طرفی تخمین وراثت‌پذیری یک صفت برای یک جمعیت در یک محیط اختصاصی است و می‌تواند طی زمان با تغییر شرایط تغییر کند.

رابطهٔ ۱ $$VG = \frac{MST - MSE}{R}$$

رابطهٔ ۲ $$Vp = VG + VE$$

رابطهٔ ۳ $$h_b^2 = \frac{VG}{VP}$$

در فرمول‌های بالا، VG واریانس ژنوتیپی، VP واریانس فنوتیپی، VE برابر MSE و عبارت از میانگین مربعات خطای آزمایش برای هر صفت، MST میانگین مربعات تیمار (ژنوتیپ) و R تعداد تکرار در آزمایش است (Farshadfar, 2016). از نرم‌افزار SAS برای تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها و از نرم‌افزار اکسل برای رسم نمودارها استفاده شد.

نتایج

براساس نتایج تجزیهٔ واریانس مرکب صفات در نسل‌های اول تا سوم جمعیت‌های مختلف سیاه‌تاغ، در صفات رشد طولی و قطری درختچه‌ها و نیز قطر تاج‌پوشش، اثر ژنوتیپ و سال در سطح احتمال اشتباه ۱ یا ۵ درصد در هر سه نسل معنی‌دار بود. همچنین اثر ژنوتیپ در نسل دوم و اثر سال در نسل‌های اول و سوم در نمرهٔ شادابی معنی‌دار بود. اثر متقابل ژنوتیپ در سال در صفات رشد طولی و قطر تاج‌پوشش در نسل دوم و نیز رشد قطری تنهٔ اصلی در نسل سوم معنی‌دار بود که نشان می‌دهد روند تغییر این صفات در سال‌های مختلف یکسان نبوده است. مقدار ضریب تغییرات به‌نسبت متعادل و از ۱۱/۲ درصد در قطر تاج‌پوشش در نسل دوم تا ۲۲/۱ درصد در رشد قطری تنهٔ اصلی در نسل اول متغیر بود. به‌منظور کاهش حجم جداول فقط معنی‌دار بودن آمارهٔ F و مقدار ضریب تغییرات صفات تحت بررسی در هر سه نسل در جدول تجزیهٔ واریانس مرکب ارائه شد (جدول‌های ۲ و ۳).

مقایسهٔ میانگین صفات به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن در ژنوتیپ‌های مختلف در نسل اول نشان داد که براساس میانگین پنج‌سالهٔ رشد طولی درختچه‌ها، ژنوتیپ‌های ۵، ۶ و ۸ و براساس رشد طولی در سال پنجم ژنوتیپ‌های ۵، ۳ و ۶ برتر از بقیه بودند. همچنین بیشترین رشد قطری تنه براساس میانگین پنج‌ساله در جمعیت‌های ۸، ۹ و ۵ و براساس رشد قطری در سال پنجم در جمعیت ۳ به ثبت رسید. از نظر شادابی نهال‌ها تنوع زیادی بین جمعیت‌ها مشاهده نشد، به‌طوری که جمعیت ۹ با شادابی ۶/۹ و جمعیت ۵ با شادابی ۳/۷ به‌ترتیب بیشترین و کمترین شادابی را داشتند. مقایسهٔ میانگین سه‌ساله و نیز میانگین سال پنجم قطر تاج‌پوشش ژنوتیپ‌ها نشان داد که جمعیت‌های ۸ و ۹ برتر از ژنوتیپ‌های دیگر بودند (جدول ۳).

جدول ۲- خلاصه نتایج تجزیهٔ واریانس مرکب صفات تحت بررسی در سه نسل

Table 2. Summary of the results of composite variance analysis of the investigated traits across three generations

منابع تغییرات Source of variance	نسل Generation	تجزیهٔ واریانس مرکب پنج‌ساله			تجزیهٔ واریانس مرکب سه‌ساله
		سطح معنی‌دار آمارهٔ F The significant level of the F statistic			
		رشد طولی درختچه‌ها Longitudinal growth	رشد قطری تنهٔ اصلی Diagonal growth	شادابی نهال‌ها Freshness	قطر تاج‌پوشش Canopy diameter
ژنوتیپ Genotype	اول first	**	**	ns	**
سال Year		**	**	**	**
ژنوتیپ * سال Genotype*Year		ns	ns	ns	ns
ضریب تغییرات(CV٪)		16.7	22.1	17.3	13.6
ژنوتیپ Genotype	دوم second	**	*	*	**
سال Year		**	*	ns	**
ژنوتیپ * سال Genotype*Year		*	ns	ns	*
ضریب تغییرات(CV٪)		17.4	14.3	11.7	11.2
ژنوتیپ Genotype	سوم third	*	*	*	*
سال Year		*	**	ns	**
ژنوتیپ * سال Genotype*Year		ns	*	ns	ns
ضریب تغییرات(CV٪)		19.3	21.7	14.1	16.3

** و * به‌ترتیب دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۱ و ۵ درصد، ns بدون اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۵ درصد

**and * have a significant difference at the 1 and 5% probability level, respectively, ns without significant difference ($p \leq 0.05$)

جدول ۳- مقایسهٔ میانگین صفات در ژنوتیپ‌های مختلف در سال پنجم و میانگین پنج‌سالهٔ نسل اول

Table 3. Comparison of mean traits among different genotypes in the 5th year and five-year average in the 1st generation

شمارهٔ ژنوتیپ Genotype No	رشد طولی (سانتی‌متر) Height (cm)		رشد قطری تنه (میلی‌متر) Trunk diameter (mm)		شادابی (۹-۰) Freshness (0-9)		قطر تاج (سانتی‌متر) Crown diameter (cm)	
	میانگین پنج سال five-year average	سال پنجم fifth year	میانگین پنج سال five-year average	سال پنجم fifth year	میانگین پنج سال five-year average	سال پنجم fifth year	میانگین سه سال three-year average	سال پنجم third year
1	36.6 d	41 d	12.4 bc	16 d	6.2 ab	5.7 bc	185 b	250 d
2	39 bcd	59 c	12.2 bc	17 d	5.6 bc	4.3 c	190 ab	279 bc
3	37.8 cd	79 ab	13.2 bc	31 a	4.7 cd	4.1 c	174 bc	277 bc
4	41 bc	77 b	10.8 c	19 cd	5.9 ab	5.3 bc	158 cd	228 e
5	49.4 a	83 a	14.2 ab	17 d	3.9 d	3.7 c	174 bc	268 c
6	43.6 abc	77 b	12 bc	23 b	5.1 bc	5.8 bc	146 d	228 e
7	41.8 bc	63 c	11.1 c	8 e	5.5 bc	5.2 bc	167 c	233 e
8	44.4 ab	75 b	16 a	19 cd	6.0 ab	5.5 bc	210 a	303 a
9	44 ab	38 d	15.4 ab	16 d	6.9 a	6.5 a	208 a	286 ab

در هر ستون اعداد دارای حروف مشابه با یکدیگر در سطح احتمال خطای ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Numbers with the same letters have no significant difference ($p \leq 0.05$) in each column

مقایسهٔ میانگین صفات در ژنوتیپ‌های مختلف در نسل دوم نشان داد که براساس میانگین پنج‌سالهٔ رشد طولی درختچه‌ها جمعیت‌های ۸ و ۹ و براساس رشد در سال پنجم، جمعیت ۹ برتر از دیگران بودند. از نظر رشد قطری تنه نیز جمعیت ۱ به‌همراه جمعیت ۸ برتر از بقیه بودند. در نسل دوم نیز تنوع زیادی بین جمعیت‌ها از نظر شادابی مشاهده نشد. قطر تاج‌پوشش جمعیت‌های ۸ و ۳ براساس میانگین سه‌ساله و قطر تاج پوشش در سال پنجم برتر از بقیه بود (جدول ۴).

در نسل سوم و براساس میانگین پنج‌ساله، ژنوتیپ‌های ۸ و ۹ و براساس رشد طولی در سال پنجم جمعیت ۵ و پس از آن جمعیت ۹ برتر از بقیه بودند. در این نسل و در سال پنجم تنوع به‌نسبت زیادی از نظر رشد قطری تنهٔ اصلی مشاهده شد، به‌طوری که جمعیت‌های ۸، ۴ و ۱ بیشترین و جمعیت‌های ۷ و ۹ کمترین رشد قطری تنه را داشتند. از نظر شادابی در این نسل و در سال پنجم جمعیت‌ها تفاوت زیادی با یکدیگر نداشتند. از نظر میانگین سه‌سالهٔ قطر تاج‌پوشش در این نسل نیز جمعیت ۱ به‌همراه جمعیت‌های ۳ و ۸ برتر از بقیه و براساس قطر تاج‌پوشش در سال پنجم جمعیت ۸ برتر از بقیه بودند (جدول ۵).

جدول ۴- مقایسهٔ میانگین صفات در ژنوتیپ‌های مختلف در سال پنجم و میانگین پنج‌سالهٔ نسل دوم

Table 4. Comparison of mean traits among different genotypes in the 5th year and five-year average in the 2nd generation

قطر تاج (سانتی‌متر) Crown diameter (cm)		شادابی (۹-۰) Freshness (0-9)		رشد قطری تنه (میلی‌متر) Trunk diameter (mm)		رشد طولی (سانتی‌متر) Height (cm)		شمارهٔ ژنوتیپ Genotype No
سال پنجم third year	میانگین سه سال three-year average	سال پنجم fifth year	میانگین پنج سال five-year average	سال پنجم fifth year	میانگین پنج سال five-year average	سال پنجم fifth year	میانگین پنج سال five-year average	
262 b	194 bc	5.2 b	6.4 a	32 abc	18.6 a	113 b	41.6 b	1
273 b	188 bc	4.1 cd	4.3 d	37 a	16.4 ab	69 d	36.6 c	2
259 c	212 ab	4.3 cd	4.7 cd	9 e	12.6 bc	48 e	39 bc	3
287 b	174 c	5.4 a	6.3 a	13 d	11.4 c	71 d	42.2 b	4
213 de	179 c	4.0 d	4.2 d	29 c	17.2 ab	42 e	37.8 bc	5
203 e	162 d	4.5 cd	5.1 bcd	7 e	10.2 c	67 d	36 c	6
197 e	132 e	5.3 ab	6.1 ab	4 e	10.8 c	107 b	41 bc	7
315 a	223 a	5.6 a	5.8 bc	23 d	17.7 ab	84 c	53.2 a	8
228 d	156 de	4.0 d	4.6 cd	35 ab	14.2 bc	130 a	49.4 a	9

در هر ستون اعداد دارای حروف مشابه با یکدیگر در سطح احتمال خطای ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Numbers with the same letters have no significant difference ($p \leq 0.05$) in each column

جدول ۵- مقایسهٔ میانگین صفات در ژنوتیپ‌های مختلف در سال پنجم و میانگین پنج‌سالهٔ نسل سوم

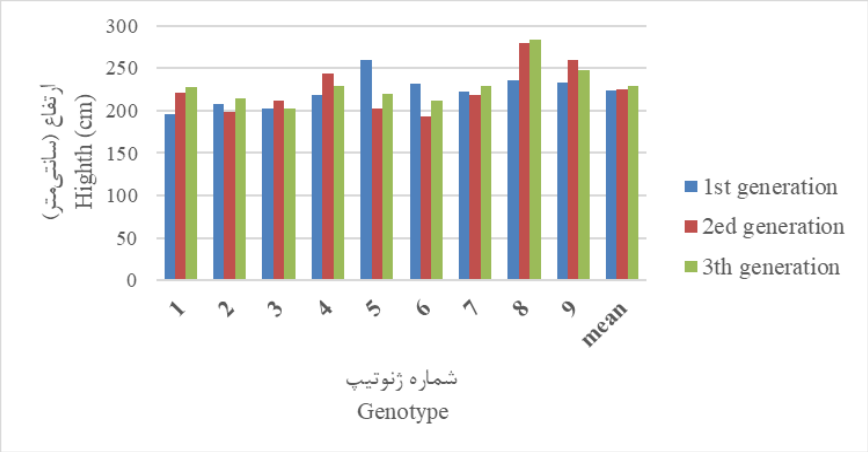
Table 5. Comparison of mean traits among different genotypes in the 5th year and five-year average in the 3rd generation

قطر تاج (سانتی‌متر) Crown diameter (cm)		شادابی (۹-۰) Freshness (0-9)		رشد قطری تنه (میلی‌متر) Trunk diameter (mm)		رشد طولی (سانتی‌متر) Height (cm)		شمارهٔ ژنوتیپ Genotype No
سال پنجم third year	میانگین سه سال three-year average	سال پنجم fifth year	میانگین پنج سال five-year average	سال پنجم fifth year	میانگین پنج سال five-year average	سال پنجم fifth year	میانگین پنج سال five-year average	
268 b	225 a	5.1 a	5.9 ab	21 ab	15.8 ab	77 b	43.8 bc	1
263 b	197 bc	4.0 c	4.6 e	18 bc	10 cd	75 b	41 cd	2
271 b	214 ab	4.1 bc	4.9 de	19 bc	11 cd	61 c	37.6 d	3
248 c	186 cd	4.3 bc	5.7 bcd	22 a	11.6 bcd	76 b	43.4 bc	4
227 cd	191 bc	4.1 bc	5.2 cde	21 ab	8 d	98 a	40.4 cd	5
209 de	181 cd	4.9 ab	6.2 a	18 bcd	9.2 cd	50 d	40.6 cd	6
188 e	142 e	5.1 a	6.4 a	14 c	14.6 abc	35 e	45.2 bc	7
292 a	211 ab	4.8 ab	5.5 bcd	24 a	18 a	73 b	54.8 a	8
239 c	163 de	4.6 ab	5.3 cde	17 cd	13.8 bc	80 b	49 ab	9

در هر ستون اعداد دارای حروف مشابه با یکدیگر در سطح احتمال خطای ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

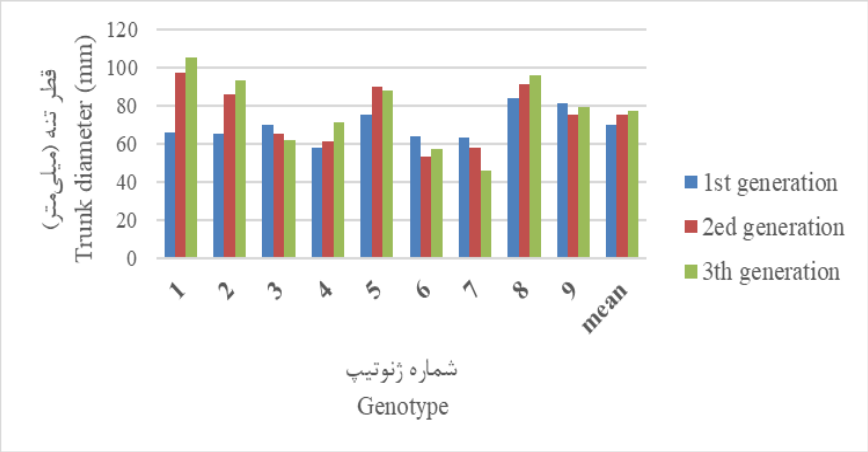
Numbers with the same letters have no significant difference ($p \leq 0.05$) in each column

شکل‌های ۱ و ۲، تغییرات ارتفاع و قطر تنهٔ درختچه‌های تاغ را در ژنوتیپ‌های مختلف طی سه نسل نشان می‌دهد. ارتفاع و قطر تنهٔ درختچه‌های مستقرشده در باغ بذر (نسل سوم) بیشتر از مقادیر این دو صفت در دو نسل قبلی بود. رتبه و ترتیب برتری ژنوتیپ‌ها نیز در طی نسل‌ها تغییر چندانی نکرد. این موضوع پایداری صفات در ژنوتیپ‌ها را نشان می‌دهد. میانگین کل ارتفاع درختچه‌ها و قطر تنهٔ اصلی هرچند اندک، در طی سه نسل افزایشی بود.



شکل ۱- روند تغییرات میانگین ارتفاع ژنوتیپ‌های باغ بذر سیاه‌تاغ در سال پنجم سه نسل بررسی‌شده

Figure 1. Trend of changes in the average height of *Haloxylon aphyllum* genotypes in the seed garden in the 5th year across three generations



شکل ۲- روند تغییرات میانگین قطر تنهٔ اصلی ژنوتیپ‌های باغ بذر سیاه‌تاغ در سال پنجم سه نسل بررسی‌شده

Figure 2. Trend of changes in the average trunk diameter of *Haloxylon aphyllum* genotypes in the seed garden in the 5th year across three generations

جدول ۶ واریانس ژنوتیپی، فنوتیپی و وراثت‌پذیری عمومی صفات برمبنای امید ریاضی منابع تغییرات در جدول تجزیهٔ واریانس مرکب داده‌ها را نشان می‌دهد. در نسل اول وراثت‌پذیری رشد طولی و قطری نهال‌ها به‌ترتیب ۰/۳۴ و ۰/۲۹ بود. در این نسل وراثت‌پذیری شادابی نهال‌ها به‌دلیل بزرگ‌تر بودن واریانس محیطی (واریانس خطا) از واریانس ژنوتیپ‌ها و منفی شدن مقدار واریانس ژنوتیپی محاسبه نشد. در نسل دوم مقدار وراثت‌پذیری عمومی صفات کمتر از نسل اول بود، به‌طوری که وراثت‌پذیری رشد طولی نهال‌ها ۰/۱۷ و رشد قطری تنه و تاج هر کدام ۰/۱ کمتر از نسل اول بود. در نسل سوم وراثت‌پذیری عمومی صفات از ۰/۲۷

برای قطر تاج تا ۰/۴۳ برای رشد طولی درختچه‌ها در نوسان بود. بزرگ‌تر بودن وراثت‌پذیری صفات در این نسل نسبت به دو نسل قبل بارز بود. در این نسل نیز وراثت‌پذیری شادابی نهال‌ها به‌دلیل بزرگ‌تر بودن واریانس محیطی (واریانس خطا) از واریانس ژنوتیپ‌ها و منفی شدن مقدار واریانس ژنوتیپی محاسبه نشد.

جدول ۶- واریانس ژنوتیپی، فنوتیپی و وراثت‌پذیری عمومی صفات برمبنای میانگین چندساله در سه نسل
Table 6. Genotypic variance, phenotypic variance and broad-sense heritability of traits based on average years over three generations

صفات ارزیابی‌شده	نسل	واریانس ژنوتیپی(V_G)	واریانس فنوتیپی (V_P)	وراثت‌پذیری (h_g^2)
رشد طولی (سانتی‌متر) Height (cm)	اول	27.4	80.1	0.34
رشد قطری تنه (میلی‌متر) Trunk diameter (mm)		14.8	50.7	0.29
شادابی (۹-۰) Freshness (0-9)		-1.2	4.3	-
قطر تاج (سانتی‌متر) Crown diameter (cm)		8.8	36.5	0.24
رشد طولی (سانتی‌متر) Height (cm)	دوم	71.3	422	0.17
رشد قطری تنه (میلی‌متر) Trunk diameter (mm)		8.8	45.9	0.19
شادابی (۹-۰) Freshness (0-9)		0.31	1.35	0.23
قطر تاج (سانتی‌متر) Crown diameter (cm)		81.6	577	0.14
رشد طولی (سانتی‌متر) Height (cm)	سوم	422	975	0.43
رشد قطری تنه (میلی‌متر) Trunk diameter (mm)		75.2	192	0.39
شادابی (۹-۰) Freshness (0-9)		-2.1	1.9	-
قطر تاج (سانتی‌متر) Crown diameter (cm)		279	1031	0.27

بحث

همان‌گونه که نتایج تجزیهٔ واریانس مرکب، مقایسهٔ میانگین و نیز مقادیر واریانس ژنوتیپی و وراثت‌پذیری صفات سه نسل متوالی جمعیت‌های کشت‌شده در باغ بذر سیاه‌تاغ نشان داد، با آنکه این جمعیت‌های برتر از میان ژنوتیپ‌های مختلف این گونه در کشور و طی سه نسل انتخاب شده‌اند، تنوع مطلوبی بین آنها وجود داشت و بذرهای حاصل از این باغ بذر می‌تواند تنوع لازم را در عرصه‌های کشت این گونه ایجاد کند. این تنوع سبب جلوگیری از بروز پدیدهٔ پسروی ژنتیکی در باغ بذر احداثی و نیز پایه‌های کشت‌شده در عرصه‌های طبیعی می‌شود. همچنین بررسی روند تغییر صفات در ژنوتیپ‌های به‌کاررفته و در طی سه نسل نشان داد که پایداری به‌نسبت مطلوبی از نظر بروز صفات در بین ژنوتیپ‌ها وجود دارد، به‌طوری که ژنوتیپ‌های برتر جمعیت‌های ۸، ۹، ۵ و ۳ در بیشتر سال‌ها و نسل‌ها از نظر صفات تحت بررسی برتر از بقیه بودند. هر جمعیت به‌ویژه در نسل‌های دوم و سوم ویژگی‌ها و وضعیت خود را حفظ کرد و تغییر زیادی در ترتیب ژنوتیپ‌ها در نسل‌های متمادی مشاهده نشد. این پایداری صفات در ژنوتیپ‌ها موجب پایداری تولید بذر و نیز پایداری وضعیت نهال‌های تولیدی از این بذرها در عرصه‌های طبیعی خواهد شد. این نتایج با وضعیت واریانس ژنوتیپی و نیز روند وراثت‌پذیری صفات در

سه نسل نیز همخوانی داشت. به‌طوری که وراثت‌پذیری صفاتی که در تجزیهٔ واریانس مرکب، میانگین مربعات اثر ژنوتیپ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود، در سطح بالاتری قرار داشت. البته با توجه به مفهوم و نحوهٔ محاسبه وراثت‌پذیری و تأثیرپذیری آن از اثرهای محیطی، میزان وراثت‌پذیری محاسبه‌شده می‌تواند متأثر از تغییر مقادیر واریانس ژنوتیپی و یا محیطی یا هر دو باشد. از طرفی بزرگ‌تر بودن وراثت‌پذیری صفات در نسل سوم نسبت به دو نسل قبل بارز بود که ممکن است ناشی از وجود و حفظ تنوع زیاد در بین ژنوتیپ‌ها در این نسل یا کاهش واریانس محیطی باشد. برآوردهای مربوط به وراثت‌پذیری، برای جامعهٔ معین که در شرایط ویژه‌ای کشت شده‌اند اعتبار دارد و باید در تعمیم آن به جوامع دیگر که در شرایط محیطی متفاوت رویانده شده‌اند احتیاط کرد (Farshadfar, 2016).

بررسی میانگین ژنوتیپ‌ها در سه نسل متمادی نشان داد که میانگین صفات رشد طولی درختچه‌ها، رشد قطری تنه و قطر تاج‌پوشش در طی سه نسل بهبود یافته است، به‌طوری که میانگین این صفات در نسل سوم به‌طور معمول بیشتر از نسل اول بود. این موضوع می‌تواند به‌دلیل ترکیب جمعیتی نسل دوم که از ژنوتیپ‌های برتر و انتخاب‌شدهٔ نسل اول بودند باشد.

نتایج حاصل از محاسبهٔ واریانس ژنتیکی و وراثت‌پذیری صفات نشان داد که همانند تولید ارقام سینتتیک، کاهش تعداد ژنوتیپ‌های تشکیل‌دهندهٔ باغ بذر سبب کاهش تنوع و نیز پسروی ژنتیکی جمعیت حاصل نخواهد شد، چراکه باغ بذر از جمعیت‌های برتر با فاصلهٔ ژنتیکی زیاد تشکیل شده است. به‌عبارتی برتر بودن پایه‌ها، تنوع و فاصلهٔ ژنتیکی بین آنها سبب پایداری جمعیت و نیز کاهش پسروی ژنتیکی در آن می‌شود.

از طرفی مقدار وراثت‌پذیری نشان‌دهندهٔ تعداد ژن‌های کنترل‌کنندهٔ صفت است. زیاد بودن مقدار وراثت‌پذیری بیانگر وجود تنوع ژنتیکی از نوع غالبیت و افزایشی است (Farshadfar, 2016). این موضوع در نسل سوم که وراثت‌پذیری صفات در بیشتر موارد بیش از مقدار آن در نسل‌های قبل بود شایان توجه است. اصلاح جوامع برای صفاتی که مقدار وراثت‌پذیری آنها کم است از طریق گزینش مستقیم دشوار و بی‌نتیجه است. برعکس گزینش برای صفات دارای وراثت‌پذیری زیاد مفید است. از این‌رو مقدار وراثت‌پذیری می‌تواند زمینه‌ای از نتایج مورد انتظار از گزینش را ارائه دهد. وراثت‌پذیری بقا و زنده‌مانی نهال‌ها کم یا غیرقابل محاسبه بود که نشان‌دهندهٔ تأثیرپذیری فراوان این صفت از شرایط محیطی است.

باغ بذر گونه‌های جنگلی سنگ بنای بازسازی و گسترش منطقی و علمی جنگل‌ها به‌ویژه جنگلکاری دست‌کاشت قلمداد می‌شود. باغ بذر حلقهٔ اتصالی میان جنگلداران، پژوهشگران و به‌نژادگران گونه‌های گیاهی محسوب می‌شود. بازسازی جنگل‌ها ممکن است به‌صورت زادآوری طبیعی یا دستی انجام گیرد. در احیا و بازسازی جنگل‌ها اولویت تأمین بذر از باغ بذر به‌عنوان بهترین منبع بذر و سپس محوطه‌های بذرگیری استاندارد است (Funda et al., 2012). مهم‌ترین هدف ایجاد باغ‌های بذر تولید بذر با کیفیت ژنتیکی مطلوب است. تنوع ژنتیکی یکی از عوامل مؤثر در سازگاری و انعطاف‌پذیری توده‌های جنگلی در مقابل تنش‌ها و تغییرات محیطی و در نهایت پایداری و سلامت طولانی‌مدت آنها به‌خصوص در مواجهه با تغییر اقلیم است (Mirzaie-Nodoushan, 2019). کاهش تنوع ژنتیکی، افزایش درون‌زادآوری و اختلال در جریان‌های ژنی، افزایش رانش ژنتیکی و کاهش سازگاری و زنده‌مانی گونه‌ها را به‌همراه دارد (Fageria & Rajora, 2013). موضوع احداث باغ بذر در همهٔ کشورها بسیار دیرتر از دیگر گرایش‌های علمی رشد کرده است. مجموعه برخی عوامل از جمله نیاز بیشتر صنعت به مواد چوبی، زوال جنگلکاری‌های دست‌کاشت و ضرورت پرداختن به تغییر اقلیم موجب شد که امروزه در سطح درخور توجهی به این مقوله

پرداخته شود. در شرایط فعلی باغ بذر یکی از ابزارهای مقابله با تغییرات اقلیمی و گرم شدن هواست. در تشکیل باغ بذر برمبنای حفاظت از تنوع ژنتیکی تلاش می‌شود تنوع ژنتیکی توده‌های طبیعی به‌همراه تولید انبوه بذر باکیفیت، به فرایند جنگلکاری منتقل شود (Ghamari Zare et al., 2023).

دستیابی به تودهٔ متنوع، برتر و پایدار از جمعیت‌های مختلف از اهداف اصلی و مهم احداث باغ بذر درختان جنگلی است، چنانکه بذرهای حاصل از باغ بذر، افزون‌بر توانایی تولید نهال‌های مناسب، دارای ویژگی‌های برتر باشند و ویژگی خود را طی نسل‌های آتی حفظ کنند. ارزیابی روند تغییر صفات در ژنوتیپ‌های تشکیل‌دهندهٔ باغ بذر به‌خوبی نشان‌دهندهٔ پایداری ویژگی‌های ژنوتیپ‌های کشت‌شده در طی سه نسل و همچنین بهبود میانگین صفات مهم در آنها بود. نتایج این تحقیق در خصوص وجود تنوع مناسب در جمعیت‌های سیاه‌تاغ با گزارش برخی محققان دیگر مطابقت دارد (Safarnejad et al., 2005 & Salar et al., 2012 & Mirhosseini et al., 2007). آنان در تحقیقات خود تنوع فراوانی از نظر صفات و خصوصیات مهم در بین ژنوتیپ‌های مختلف سیاه تاغ گزارش کردند.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق به‌خوبی اهمیت و کارکرد مناسب احداث باغ بذر در گونه‌های جنگلی و به‌ویژه بیابانی را نشان داد. لزوم احداث و استفاده از بذرهای تولیدی در باغ بذر باید بیش از گذشته مورد توجه برنامه‌ریزان و متولیان پروژه‌های بذرکاری و نهالکاری در سراسر کشور قرار گیرد. همچنین پتانسیل ژنتیکی و تنوع موجود در بیشتر گونه‌های بیابانی و جنگلی هنوز بررسی نشده است. بنابراین پیشنهاد می‌شود با توجه به کارکرد و تأثیر احداث باغ بذر، اقدامات مشابهی در زمینهٔ شناخت جمعیت‌های برتر بقیهٔ گونه‌های موجود در کشور (به‌خصوص گونه‌های بیابانی) و ایجاد باغ بذر آنها صورت گیرد.

سپاسگزاری

نگارندگان از تلاش‌های مرحوم دکتر کامبیز اسپهبدی در احداث باغ‌های بذر گونه‌های جنگلی یاد می‌کنند و از همکاری آقای دکتر حسین میرزایی ندوشن، عضو هیأت علمی مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور به‌دلیل ارائهٔ مشاوره و همچنین از کارشناسان ادارهٔ کل منابع طبیعی استان قم بابت همکاری مؤثر در اجرای این پروژهٔ تحقیقاتی تقدیر و تشکر می‌کنند.

Refereces

Ali Ahmad Korori, S. (2014). Ecosystem Management of Natural and Plantation Sites of *Haloxylon* of Itan. *Pooneh Publication*, Tehran, 216p. (In Persian)

Alizadeh, L., Alijanpour, A., & Kheirfam, H. (2022). Effect of planting the *Tamarix ramosissima* Ledeb. shrubs on soil temperature and humidity in the western dried-up beds of Lake Urmia. *Iranian Journal of Forest*, *14*(4), 371-388. (In Persian)

Azizi, N., Yari, R., & Mirmiran, S.M. (2022). Investigating the habitat conditions of *Prunus chorassanica* (Pojark.) A.E.Murray in the natural habitats of the Khorasan Razavi Province, Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, *3*(30), 277-287. (In Persian)

Fageria, M.S., & Rajora, O.P. (2013). Effects of harvesting of increasing intensities on genetic diversity and population structure of white spruce. *Evolutionary Application*, *6*(5), 778-794. DOI:10.1111/eva.12064

Farshadfar, A. (2016). Methodology of plant breeding. Razi University Press. Kermanshah, 610p. (In Persian)

Funda, T., Lstiburek, M., Klapste, J., & El-Kassaby, Y.A. (2012). Optimization of genetic gain and diversity in seed orchard crops considering variation in seed germination. *Scandinavian Journal of Forest Research, 27*(8). 787-793. DOI:10.1080/02827581.2012.686627

Ghamari Zare, A., Espahbodi, K., & Mehrabi, A. (2023). Seed orchards and seed production areas for forest species are effective strategies for genetic protection, reclamation, and developing forests resistant to climate change. *Journal of Iran Nature, 8*(2), 7-13. DOI:10.22092/irn.2023.129209. (In Persian)

Mirhosseini, A., Mirzaie-Nodushan, H., Baghestani-Meibodi, N., & Zare Zade, A. (2007). Study of morphological characters in *Haloxylon aphyllum* genotypes in ecological condition of Yazd, Iran. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, *7*(1), 99-117. Doi:10.22092/ijrfpbgr.2007.114966 (In Persian)

Mirjani, L., Ghamari Zare, A., Emam, M., & Espahbodi, K. (2021). Preservation of the genome of sweet cherry (*Cerasus avium* (L.) Moench.) in cryopreservation conditions. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, *28*(82), 370-381. https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=820236. (In Persian)

Mirzaie-Nodoushan, H. (2019). Forest trees seed orchard. *Tehran university Publication*, Tehran. 294p. (In Persian)

Mirzaie-Nodoushan, H., Asadi-Karam, F., & Mirhosseini, A. (2000). Investigation of the effective factors on *Haloxylon* sp. seed germination. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, *4*(1), 1-23. Doi:10.22092/ijrfpbgr.2000.115895 (In Persian)

Mirzaie-Nodoushan, H., shariat, A., & Asadi-Caram, F. (2001).Evaluation of existing genetic variation in different populations of *Halorylon* spp. using electrophoresis technique. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 7*(1), 99-117. Doi: 10.22092/ijrfpbgr.2001.115856 (In Persian)

Niloofari, P. (1986). Iranian *Haloxylon*. Desertification Office, Forests and Rangelands Organization, Publication No. 23, 11p. (In Persian)

Pourmeidani, A., & Tavakoli Neko, H. (2018). Biological and functional characteristics of *Holoxylon*. *Marze Danesh Publication*, Tehran, 160p. (In Persian)

Pourmeidani, A., Adnani, S.M., & Ostovari, A. (2005). Assessment of various *Haloxylon aphyllum* in order to reclamation of desert areas of Ghom province. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, *13*(4), 329-344. Doi:10.22092/ijrfpbgr.2005.115152 (In Persian)

Safarnejad, A. (2005). Comparison of saxual species (*Haloxylon spp*) for its improvement and expansion in desert areas. *Pajouhesh & Sazandegi*, *67*, 51-57. (In Persian)

Salar, N., Mirzaie-Nodoushan, H., & Jafari, A.A. (2012). Selection of elite genotypes of *Haloxylon aphyllum* in Semnan ecologic conditions. *Iranian Journal of Rangelands Forests Plant Breeding and Genetic Research, 2*(2), 359-368. Doi: 10.22092/ijrfpbgr.2012.6781 (In Persian)

Shamsodinov, Z. (1989). Ecological and evolutionary basis for breeding arid-land fodder plants. *Selktsiyai Semenodstov*, *5*, 22-26.

Tavakoli Neko, H., Pourmeidani, A., Adnani, M., Bagheri, H., & Bayat, M. (2019). The causes of drying of *Haloxylon* in Hussein Abad Mish-Mast, Qom, Iran. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, *26*(3), 650-659. (In Persian) Doi:10.22092/ijrdr.2019.120011 (In Persian)

Zhang, Y.J., & Hou, W.H. (1988). Ecological and physiological characteristics of several dune-fixing shrubs and trees in the Min-Qin district in Gansu Province. *Chinese Journal of Arid-land Research*, *1*(4), 323-333.

Iranian Journal of Forest
Vol. 17, No. 1, Spring 2025
pp. 73-86
Research Article

DOI: 10.22034/ijf.2025.442629.1975
CC BY 4.0

Evaluation and comparison of the genotypes of *Haloxylon aphyllum* (Minkw.) Iljin in a seed garden over three consecutive generations

A. Pourmeidani[1*] and H. Tavakoli Neko[2]

[1]Research Assistant Prof., Forests and Rangelands Research Dept. Qom Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Qom, Iran
[2]Research Assistant Prof., Forests and Rangelands Research Dept. Qom Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Qom, Iran

(Received: 21 February 2024; Accepted: 29 October 2024)

Abstract

Introduction: *Haloxylon* sp. is one of the plant species adapted to sandy and nutrient-poor soils, and it had shown promising results in the stabilization programs of loose sands. Most of the country's hand-planted stands are suffering from leaf wilting and yellowing, along with serious issues such as heavy infestation of pests and diseases. Lack of genetic diversity among the cultivated seedlings as well as dense planting and close spacing are among the causes of these problems. Establishing seed gardens is one of the ways for addressing these problems and improving forest species through the production of suitable and genetically diverse seeds. A requirement for establishing a seed garden is the initial evaluation of different populations and the selection of superior genotypes.

Materials and methods: This research was carried out as a continuation of a national project during which different populations of *Haloxylon* were evaluated over two consecutive generations, from 2018 to 2022 at the Ba'sat Sand Stabilization Station in Qom city. In this way, in the first generation, 27 populations were evaluated during five years, and then in the second generation, 18 selected top populations were also evaluated during five years, and finally, nine superior and genetically diverse populations were selected to establish the seed garden in the third generation. First, in each superior population, a number of individual trees were selected and seeded by preserving their pedigree information. The seeds of the selected rootstocks were planted in plastic pots and at the end of March 2018, five to seven healthy rootstocks from nine top selected populations were transplanted into the main field. To prevent inbreeding, maximum possible spacing was maintained between seedlings of the same maternal genotype. Over the five year period, longitudinal growth characteristics of the seedlings, main trunk diameter growth and seedling freshness were measured, and from the third to the fifth year, crown diameter was measured. Composite variance analysis of traits was conducted separately for each generation and comparison of trait means using Duncan's multi-range test in each generation and for the five-year averages and the fifth-year data. Also, genotypic and phenotypic variance of traits was calculated for each generation based on the results of the composite analysis.

Results: The results of composite variance analysis of the examined traits across the first to third generations of Siah tag showed that for traits of longitudinal and diameter growth of shrubs as well as canopy diameter, the effects of genotype and year were significant at the 1% or 5% probability level in all three generations. Additionally, the genotype effect in the second generation and the year effect in the first and third generations were significant for the freshness score. The genotype × year interaction effect was significant for longitudinal growth and canopy diameter in the second generation, as well as for main trunk diameter growth in the third generation, indicating that the temporal trend of these traits varied across years. The comparison of average traits among different genotypes in the first to third generations also showed that populations 8, 9, 5 and 3 outperformed others in most traits across years and generations. The average shrub height and trunk diameter increased over three generations, so that the average of these traits in the third generation was usually higher than the previous generations. In the first generation, the heritability of longitudinal and diameter growth of seedlings was 0.34 and 0.29, respectively. In the second generation, the general heritability of traits was lower than the first generation, and in the third generation, the general heritability of traits varied from 0.27 for crown diameter to 0.43 for the length of shrubs.**Conclusion:** Due to the presence of considerable genetic diversity among the genotypes in the seed garden, the resulting seeds have the potential to introduce the necessary variability in the field of cultivation of this species. Also, analysis of the change process of the traits across the used genotypes and the trend in genotypic variance and heritability over three generations showed a favorable degree of trait stability in terms of occurrence of traits among the genotypes, this stability significantly contributes to the stability of seed production as well as stability. The condition of the seedlings produced from these seeds in the natural fields will improve, which is one of the main and major goals of establishing forest tree seed gardens. Also, the evaluation of the change process of genotypic variance and their heritability in the genotypes forming the seed garden showed the improvement of the average of important traits in them. The results of this research clearly showed the importance and effectiveness of seed garden establishment in forest and especially desert species.

Keywords: Genetic diversity, *Haloxylon aphyllum*, Superior population, Sand stabilization**.**

[*] Corresponding author Tel: +98 2532126469 Email: abbas.pourmeidani@gmail.com