جنگل و فرآورده‌های چوب، مجلهٔ منابع طبیعی ایران
دورهٔ ۷۱، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۷
ص ۳۰۲-۲۸۹
DOI: 10.22059/jfwp.2018.257448.915

تنوع صفات ماکرومورفولوژیک برگ و بذر در سه جمعیت جنس توس در ایران

وحیده پیام نور[1*]، علی ستاریان[2]، امیر کردعلیوند[3]، جهانگیر محمدی[4]، الله‌وردی محمدزاده[5]، حبیب زارع[6]

۱. دانشیار، دانشکدهٔ علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲. دانشیار، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبدکاووس
۳. دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۴. استادیار، دانشکدهٔ علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۵. دانشجوی دکتری، دانشکدهٔ علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۶. عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، هرباریوم باغ گیاهشناسی نوشهر

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۳۰، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۲۸

چکیده

به‌منظور بررسی تنوع صفات ماکرومورفولوژیک برگ و بذر در سه جمعیت جنس توس در ایران در مجموع ۱۸۰۰ برگ و بذر از ۹۰ پایهٔ درختی در سه رویشگاه از تاکسون‌های این جنس اندازه‌گیری شد. ۲۵ صفت ماکرومورفولوژی از برگ و بذر ارزیابی شد. تجزیه‌وتحلیل داده‌های کمّی با استفاده از آزمون تجزیهٔ واریانس یکطرفه و طرح آماری آشیانه‌ای صورت گرفت و برای مقایسهٔ چندگانهٔ میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد. برای مقایسه و گروه‌بندی رویشگاه‌ها از تحلیل خوشه‌ای و به‌منظور تعیین مهم‌ترین صفات در تفکیک سه رویشگاه تحت بررسی از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) استفاده شد. نتایج آنالیزهای چندمتغیره نشان داد که صفات طول برگ، طول دمبرگ، فاصلهٔ پایهٔ برگ تا پهن‌ترین نقطهٔ برگ، فاصلهٔ بین رگبرگ‌های دوم و سوم، میانگین فاصلهٔ بین رگبرگ‌ها، نسبت طول دمبرگ به طول برگ، عرض برگ در ۰/۹ طول برگ، تعداد دندانه بین دومین و سومین رگبرگ و شکل نوک برگ، طول بذر، طول بال‌های بذر و عرض بال‌های بذر بیشترین نقش را در گروه‌بندی پایه‌ها و تفکیک جمعیت‌ها داشتند. نتایج آنالیز خوشه‌ای هم نشان داد که پایه‌های درختی هر جمعیت، درون خوشه‌های مربوط به خود آن جمعیت قرار دارند، به‌طوری که می‌توان نتیجه گرفت تقریباً هر خوشه شامل پایه‌های مختص یک جمعیت است. برای تشخیص تأثیرپذیر بودن یا نبودن صفات از محیط از پلاستیسیتی استفاده شد. نتایج نشان داد صفاتی که در تفکیک این رویشگاه‌ها، صفات اصلی و برتر شناخته شده‌اند، از نظر پلاستیسیتی هم تأثیرپذیری کمتری از محیط نشان می‌دهند و این صفات می‌توانند بیشتر تحت تأثیر ژنتیک باشند. از این‌رو از این صفات می‌توان در شناسایی گونه‌های متفاوت این جنس در این سه رویشگاه به‌عنوان صفاتی مناسب در تکمیل کلیدهای شناسایی ارائه‌شده برای توس استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: آنالیز چندمتغیره، تنوع درون و بین‌جمعیتی، توس، صفات ماکرومورفولوژیک.

مقدمه

تیرهٔ توس (Betulaceae) از مهم‌ترین گروه نهاندانگان دارای شش جنس شامل توسکا (Alnus)، توس (Betula)، ممرز (Carpinus)، فندق (Corylus)، اوستریا (Ostrya) و اوستریوپسیس (Ostryopsis) است. این تیره بیشتر در نیمکرهٔ شمالی گسترش دارد، اما گاهی در نیمکرهٔ جنوبی به‌ویژه در آمریکای جنوبی هم یافت می‌شود. توس بزرگ‌ترین جنس این تیره است [۱]. این جنس در دنیا

* نویسندهٔ مسئول، تلفن ۰۹۱۱۳۷۳۵۸۱۲
Email: mnoori56@gmail.com

مشتمل بر ۳۰ تا ۶۰ گونه است که به‌صورت گونه‌های درختی و درختچه‌ای به‌طور گسترده‌ای در نیمکرهٔ شمالی پراکنش دارند [۲]. در ایران نیز پراکنش توس به چند ناحیهٔ کوچک در شمال کشور محدود شده است. لکه‌های کوچک از این گونه در ارتفاعات بالای مرز جنگل، شامل ارتفاعات طالقان و درهٔ غربی شهرستانک در کرج، درهٔ لار در شهرستان آمل، رویشگاه سنگده در ساری، رویشگاه سیاه مرزکوه در علی‌آباد گلستان و درهٔ تالار واقع در استان سمنان (بین زیرآب و شهمیرزاد) گزارش شده است [۳-۵]. این گونه در منطقهٔ مارمیشو در آذربایجان غربی هم وجود دارد. تا به حال دو گونه از آن با نام‌های علمی Betula pendula و B. litwinowii [۵، ۶] شناسایی شده است. تخریب بی‌رویه و سوء مدیریت، سبب قرار گرفتن آن در فهرست قرمز گیاهان در معرض خطر انقراض ایران شده است [۴]. دلایل زیادی وجود دارد که بررسی تنوع بین گونه‌ها و جمعیت‌ها را توجیه می‌کند، مانند کمک به تکمیل بانک اطلاعاتی گونه‌های ارزشمند، حفظ ذخایر ژنتیکی این درختان برای نسل آینده، انتخاب پایه‌های برتر با مقایسهٔ تنوع جمعیت‌ها برای بذرگیری، بهره‌گیری از صفات ممتاز درختان نخبه برای ایجاد باغ‌های بذر و تولید و تکثیر نهال به‌صورت طبیعی و مصنوعی، ایجاد و شناسایی دورگ‌ها و بررسی روند تنوع ژنتیکی [۷]. از نظر مدیریتی نیز حفظ توده‌ها به‌صورت پایدار، نیازمند اطلاعاتی در زمینهٔ سطح تنوع ژنتیکی درون جمعیت‌هاست. خصوصیات ماکرومورفولوژیکی برگ و بذر جزء اولین و پرکاربردترین نشانگرهایی است که از دیرباز، در بررسی‌های بیوسیستماتیک گیاهی، همواره مدنظر گیاه‌شناسان بوده است. افراد زیادی صفات ماکرومورفولوژیکی و میکرومورفولوژیکی بذر را در گونه‌های گیاهی مختلف به‌منظور تحقیقات و آنالیزهای تاکسونومی بررسی کرده‌اند [۸-۱۰]. بررسی‌های تنوع ژنتیکی زیادی نیز با استفاده از صفات مورفولوژیکی برگ با این هدف انجام گرفته است [۱۱، ۱۲]. در مورد گونه‌های توس نیز مطالعاتی صورت گرفته است؛ به‌طور نمونه Franniel و Wieski (۲۰۰۵) دو جمعیت گونهٔ B. pendula را به‌منظور شناسایی تنوع درون‌جمعیتی و بین‌جمعیتی با استفاده از صفات ماکرومورفولوژیکی برگ، بررسی کردند. هر دو جمعیت در همهٔ متغیرها تفاوت معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد داشتند. آنان در نهایت با استفاده از آنالیز تشخیص به این نتیجه رسیدند که زاویهٔ برگ مهم‌ترین متغیر در ارزیابی تغییرات درون‌جمعیتی است [۱۳]. اسماعیل‌پور و همکاران (۲۰۱۴) براساس مورفومتری برگ شاخه‌های زایا و نازا تغییرات درون و بین‌جمعیتی گونه‌های Betula spp. را در چهار جمعیت مختلف ایران بررسی کردند [۱۴]. ویژگی‌های مورفولوژیکی و فنولوژیکی گیاه B. pubescens با استفاده از تجزیه‌وتحلیل مؤلفه‌های اصلی و تجزیهٔ خوشه‌ای در ارتباط با عوامل محیطی مختلف اسکاتلند بررسی شده و مشخص شد که اندازهٔ برگ، شکل و کرک برگ صفات تفکیکی مناسبی هستند [۱۵]. صفات مورفولوژی برگ و روزنهٔ B. papyrifera در ارتفاعات مختلف کانادا نیز توسط پیاکورل و وانگ (۲۰۱۴) بررسی شده است [۱۶]. پژوهش حاضر به بررسی تنوع صفات ماکرومورفولوژیک برگ و بذر توس در سه رویشگاه سنگده، شهرستانک و سیاه مرزکوه می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری از سه منطقهٔ سنگده، شهرستانک و سیاه مرزکوه به‌ترتیب واقع در استان‌های مازندران، البرز و گلستان انجام گرفت. رویشگاه سنگده در جنوبی‌ترین بخش از شهرستان ساری و در ´۱۰ °۵۳ تا ´۲۷ °۵۳ طول شرقی و ´۱۰ °۳۵ تا ´۳ °۳۶ عرض شمالی در محدودهٔ ارتفاعی ۳۰۰۰-۲۳۰۰ متری از سطح دریا با متوسط دمای سالیانهٔ ۵/۸ درجهٔ سانتی‌گراد و میانگین بارندگی ۸۰۰ میلی‌متر دارای اقلیم کوهستانی سرد است. رویشگاه

چشمه‌شاهی شهرستانک در طول جغرافیایی ۵۱°۲۲َ و عرض جغرافیایی ۳۵°۵۶َ در محدودهٔ ارتفاعی ۲۵۰۰-۲۲۰۰ متری از سطح دریا واقع شده است. میانگین دمای سالیانه ۶/۶ درجهٔ سانتی‌گراد، میانگین بارندگی سالیانه ۷۳۷ میلی‌متر و اقلیم منطقهٔ مرطوب فراسرد است. حوزهٔ آبخیز سیاه مرزکوه علی‌آباد در محدودهٔ طول جغرافیایی ۵۴°۴۲َ۳۰ً شرقی تا ۵۴°۵۰َ غربی عرض جغرافیایی ۳۶°۳۵َ شمالی تا ۳۶°۴۲َ۳۰ً جنوبی در فاصلهٔ ۱۸ کیلومتری جنوب شرق شهر گرگان قرار گرفته است. منقطه دارای محدودهٔ ارتفاعی ۲۷۰۰-۲۰۰۰ متر از سطح دریا، اقلیم کوهستانی با متوسط بارندگی سالیانهٔ ۳۴۹ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانهٔ ۸/۸ درجه سانتی‌گراد است.

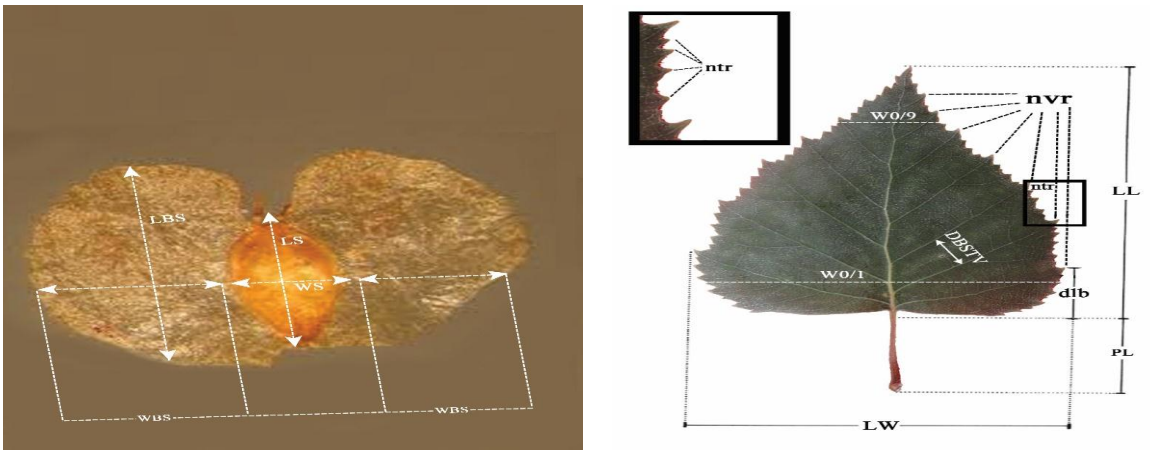
۲۰ برگ و بذر سالم از چهار جهت از قسمت بیرونی تاج از ۳۰ پایهٔ درختی با رعایت حداقل فاصلهٔ ۱۰۰ متری از یکدیگر [۱۷] به‌طور تصادفی (در مجموع از سه منطقه ۹۰ پایهٔ درختی و ۱۸۰۰ برگ و بذر) برای مطالعات ماکرومورفولوژی انتخاب شدند. برگ و بذرها مخلوط شده و از بین آنها ۱۰ برگ و بذر فاقد هرگونه آسیب‌دیدگی و رشد غیرطبیعی به‌طور تصادفی برای آنالیز انتخاب شدند [۱۲، ۱۸]. ۲۰ صفت ماکرومورفولوژی از برگ و بذر و چهار صفت نسبی برای بررسی تغییرات درون و بین‌جمعیتی استفاده شد. این صفات به‌همراه علامت اختصاری آنها شامل طول برگ (LL[1])، عرض برگ (LW[2])، نسبت طول برگ به حداکثر عرض برگ (LL/LW)، طول دمبرگ (PL[3])، نسبت طول دمبرگ به طول برگ (PL/LL)، ضخامت برگ (LT[4])، مساحت برگ (LA[5])، وزن تر برگ (WD[6])، وزن خشک برگ (DM[7])، محتوای نسبی آب برگ (MWL[8])، فاصلهٔ پایهٔ برگ تا پهن‌ترین نقطهٔ برگ (dlb[9])، عرض برگ در ۰/۱ طول برگ (W۰/۱[10])، عرض برگ در ۰/۹ طول برگ (W۰/۹[11])، طول نوک برگ (LM[12])، عرض نوک برگ (WM[13])، تعداد رگبرگ‌های سمت راست (nvr[14])، تعداد دندانه‌های بین دومین و سومین راست‌برگ (ntr[15])، فاصلهٔ بین دومین و سومین رگبرگ (DBSTV[16])، میانگین فاصلهٔ بین رگبرگ‌ها (DBV[17])، شکل قاعدهٔ برگ (W۰/۱ / LW)، شکل نوک برگ (W۰/۹ /LW)، طول بذر (LS[18])، عرض بذر (WS[19])، طول بال بذر (LBS[20]) و عرض بال بذر (WBS) بوده است (شکل ۱). شکل‌پذیری فنوتیپی یا پلاستیسیتی کل (PL[21]) با استفاده از حداقل و حداکثر هر صفت از رابطهٔ ۱: PL= 1 – (x/X) محاسبه شد که در این فرمول x، مقدار حداقل و X بزرگ‌ترین مقدار هر شاخص به‌دست‌آمده از بررسی برگ است [۱۹]. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و مقایسهٔ مشخصه‌های برگ و بذر درون جمعیت‌ها و بین جمعیت‌ها از تجزیهٔ واریانس و طرح آماری آشیانه‌ای استفاده شد. برای مقایسه‌های چندگانه در بین جمعیت‌ها از آزمون دانکن استفاده شد. با استفاده از آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA)، مهم‌ترین عامل‌های تأثیرگذار بر تفکیک سه رویشگاه مورد نظر در قالب مشخصه‌های اولیه که توجیه‌کنندهٔ حداکثر واریانس بوده بررسی شدند [۱۹]، پخش پایه‌های درختی در فضای محور مختصات حاصل از دو محور اولیه انجام گرفت تا گروه‌بندی پایه‌ها ارزیابی شود. درنهایت به‌منظور تأیید صحت گروه‌بندی از آنالیز تشخیص استفاده شد [۱۱]. با استفاده از آنالیز

1. Leaf length
2. Leaf width
3. Petiole length
4. Leaf thickness
5. Leaf area
6. Leaf Fresh weight
7. dry mass Leaf
8. Mean leaf water potential
9. The distance of the widest base of the leaf to leaf spot
10. leaf width in 0.1 part of the leaf length
11. Leaf width in 0.9 part of the leaf length
12. Leaf tip length
13. Leaf tip width
14. The number of veins on the right side of the leaf
15. The number of veins on the right side of the leaf
16. The distance between the second and third vein arteries
17. Average distance between the veins
18. Seed length
19. Seed width
20. Seed wings length
21. Plasticity

خوشه‌ای (روش Ward) پایه‌های تحت بررسی در خوشه‌های مختلف از یکدیگر تفکیک شدند. همچنین با استفاده از آنالیز تشخیص، صحت اختصاص پایه‌های درختی در خوشه‌های تشکیل‌شده بررسی شده و تأثیر هر یک از صفات در تمایز خوشه‌ها از یکدیگر به‌وسیلهٔ سنجش‌های چندمتغیره تعیین شد. تجزیه‌وتحلیل اطلاعات یادشده با استفاده از مجموعهٔ نرم‌افزارهای آماری SPSS ver.16 [۲۰] و PC- Ordination 4 [۲۱] انجام گرفت.

نتایج و بحث

بررسی صفات ماکرومورفولوژیک برگ: نتایج تجزیهٔ واریانس طرح آشیانه‌ای بر اساس کل صفات بررسی‌شده نشان داد که بین جمعیت‌ها تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۹۹ درصد (P < ۰/۰۱) وجود دارد. همچنین به‌جز صفات عرض برگ، وزن تر، محتوای نسبی آب برگ، عرض برگ در ۰/۱ طول برگ و عرض نوک برگ از نظر دیگر صفات بررسی‌شده، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۹۹ درصد (P < ۰/۰۱) بین جمعیت‌ها دیده شد (جدول ۱) که معنی‌دار نشدن این شاخص‌ها ممکن است به‌دلیل قرار گرفتن سه رویشگاه مورد نظر در یک دامنهٔ ارتفاعی و شرایط اقلیمی مشابه باشد. مقادیر میانگین صفات کمی برگ به انضمام انحراف معیار به تفکیک هر رویشگاه در جدول ۲ ارائه شده است.



شکل ۱. صفات تحت بررسی برگ و بذر توس

جدول ۱. نتایج تجزیهٔ واریانس طرح آشیانه‌ای صفات تحت بررسی برگ در جمعیت‌های مختلف

منابع تغییرات			منابع تغییرات			منابع تغییرات		
صفات	جمعیت	(جمعیت) درخت	صفات	جمعیت	(جمعیت) درخت	صفات	جمعیت	(جمعیت) درخت
LL	۱۵/۵۷*	۳/۳۹**	WD	۰/۰۸^{NS}	۰/۰۷**	LM	۱/۰۴**	۰/۰۶**
WL	۰/۱۶^{NS}	۲/۹۶**	DM	۰/۱۱**	۰/۰۰۹**	WM	۰/۰۵^{NS}	۰/۰۳**
LL.WL	۰/۶۴**	۰/۰۵**	MWL	۰/۰۲^{NS}	۰/۰۳**	Nvr	۱۱۹/۵۰**	۲/۷۲**
PL	۴۳/۱۹**	۰/۹۲**	W۰/۹/WL	۰/۳۳**	۰/۰۱**	Ntr	۱۳۸/۰۶**	۲/۳۹**
PL.LL	۰/۸۹**	۰/۰۱**	Dlb	۱۰/۰۹**	۰/۵۳**	DBSTV	۰/۶۹**	۰/۱۲**
LT	۰/۰۶**	۰/۰۰۵**	W ۰/۱	۲/۶۶^{NS}	۲/۵۶**	DBV	۰/۵۸**	۰/۱**
LA	۱۹۴۱/۲۰**	۱۸۲/۲۹**	W ۰/۹	۸/۳۴**	۰/۳**	W۰/۱/WL	۰/۱۴**	۰/۰۱**

**، * به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹ درصد و ۹۵ درصد، ^{NS} غیر معنی‌دار

جدول ۲. نتایج مقایسه‌های چندگانه صفات تحت بررسی برگ با استفاده از آزمون دانکن

	میانگین ± انحراف معیار						
صفات	سیاه مرزکوه	سنگده	شهرستانک	صفات	سیاه مرزکوه	سنگده	شهرستانک
LL	۵/۷۶ ± /۶۷ ^{c}	۶/۰۵ ± /۸۴^{b}	۶/۲ ± /۹۷^{a}	dlb	۱/۵۵ ± /۳۳^{b}	۱/۵۳ ± /۳۹b	۱/۸۶ ± /۵۳^{a}
WL	۴/۹۵ ± /۷۳^{a}	۴/۹۸ ± /۷۵^{a}	۴/۹۳ ± /۷۷^{a}	W ۰/۱	۴/۳۳ ± /۵۹^{a}	۴/۲۸ ± /۶۹^{a}	۴/۶۹ ± /۷^{a}
LL/WL	۱/۱۷ ± /۱c	۱/۲۲ ± /۱۱^{b}	۱/۲۶ ± /۱۴^{a}	W ۰/۹	۱/۹ ± /۲۱^{a}	۱/۶۳ ± /۲۳^{b}	۱/۶ ± /۲۹^{c}
PL	۱/۸۸ ± /۳۱^{b}	۱/۸۱ ± /۳۵^{c}	۲/۵ ± /۵۲^{a}	LM	/۵۷ ± /۱۲^{a}	/۴۶ ± /۱۱^{b}	/۴۷ ± /۱۱^{b}
PL/LL	/۳۲ ± /۰۴^{b}	/۳ ± /۰۵^{c}	/۴ ± /۰۷^{a}	WM	/۴ ± /۰۸^{a}	/۲۸ ± /۰۷^{a}	/۳۸ ± /۰۹^{a}
LT	/۲۲ ± /۰۳^{a}	/۱۹ ± /۰۴^{c}	/۲۱ ± /۰۵^{b}	nvr	۵/۰۹± /۴۷^{b}	۶/۱۵ ± /۷۵^{a}	۶/۲۳ ± /۹۸^{a}
LA	۱۹/۲۹ ± ۵/۷۱^{b}	۲۰/۰۲ ± ۶/۰۷^{b}	۲۴/۰۱ ± ۶/۴۹^{a}	ntr	۲/۶۷ ± /۷۲^{c}	۳/۹۳ ± /۹۲^{a}	۳/۷۵ ± /۷۶^{b}
WD	/۳۵ ± /۰۸^{a}	/۳۴ ± /۱۱^{a}	/۳۲ ± /۱۳^{a}	DBSTV	/۸ ± /۱۳^{b}	/۸۷ ± /۱۸^{a}	/۸۹ ± /۱۷^{a}
DM	/۱۵ ± /۰۴^{a}	/۱۲ ± /۰۴^{b}	/۱ ± /۰۴^{c}	DBV	/۷۳ ± /۱۲^{b}	/۸۱ ± /۱۶^{a}	/۸۱ ± /۱۵^{a}
MWL	/۲ ± /۰۵^{a}	/۲۲ ± /۰۷^{a}	/۲۱ ± /۱^{a}	W۰/۱/WL	/۸۷ ± /۰۶^{b}	/۸۶ ± /۰۸^{c}	/۹ ± /۰۵^{a}
dlb	۱/۵۵ ± /۳۳^{b}	۱/۵۳ ± /۳۹b	۱/۸۶ ± /۵۳^{a}	W۰/۹/WL	/۳۹ ± /۰۵^{a}	/۳۳ ± /۰۶^{b}	/۳۳ ± /۰۷^{b}

با توجه به معنادار نبودن عرض برگ در سه جمعیت، نسبت طول به عرض برگ در جمعیت شهرستانک بیشتر از دو رویشگاه دیگر است و برگ کشیده‌تری همراه با طول دمبرگ بیشتری دارند. در رویشگاه سیاه مرزکوه این نسبت، کمترین مقدار است و کمترین طول دمبرگ را نیز دارند. ضخامت برگ در رویشگاه سیاه مرزکوه بیشترین مقدار را دارد و رتبه‌های بعدی از این نظر متعلق به شهرستانک و سپس سنگده است که احتمالاً با شرایط آب‌وهوایی این مناطق در ارتباط است؛ به این ترتیب که کمترین بارندگی سالیانه و بیشترین متوسط دمای سالیانه در منطقهٔ سیاه مرزکوه دیده می‌شود و پس از آن شهرستانک و سنگده وضعیت مناسب‌تری دارند.

نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (جدول ۳) حاکی از آن است که حدود ۷۹/۷۹ درصد واریانس‌ها در پنج مؤلفهٔ اول توجیه شده‌اند. در رابطه با عامل اول (سهم ۳۷/۷۲) صفاتی از قبیل طول برگ، طول دمبرگ، فاصلهٔ پایهٔ برگ تا پهن‌ترین نقطهٔ برگ، فاصلهٔ بین رگبرگ‌های اول و دوم برگ و میانگین فاصلهٔ بین رگبرگ‌های سمت راست برگ بیشترین سهم را در بین واریانس‌ها دارند. در عامل دوم (سهم ۱۹/۹۷) صفات نسبت طول دمبرگ به طول برگ، تعداد دندانه‌های بین دومین و سومین رگبرگ، عرض برگ در ۰/۹ طول برگ و شکل نوک برگ بیشترین سهم را در بین واریانس‌ها دارند. نمودار پراکنش پایه‌های درختی در فضای محور مختصات براساس دو مؤلفهٔ اول حاصل تجزیه به مؤلفه‌های اصلی توانست پایه‌های درختی سه جمعیت را در پنج گروه از هم تفکیک کند، به‌طوری که در هر گروه، پایه‌های مختص هر جمعیت، جداگانه قرار گرفته است. از بین مشخصه‌های مورد بررسی طول برگ، طول دمبرگ، فاصلهٔ پایهٔ برگ تا پهن‌ترین نقطهٔ برگ، فاصلهٔ بین رگبرگ‌های دوم و سوم، میانگین فاصلهٔ بین رگبرگ‌ها، نسبت طول دمبرگ به طول برگ، عرض برگ در ۰/۹ طول برگ، تعداد دندانه‌های بین دومین و سومین رگبرگ و شکل نوک برگ بیشترین نقش را در گروه‌بندی پایه‌ها داشتند. براساس این صفات، پخش پایه‌های درختی در فضای محور مختصات نشان داد که از پنج گروه تشکیل شده، در چهار گروه پایه‌های مختص به هر جمعیت قرار گرفته است و نشان از تنوع بین‌جمعیتی در بین این رویشگاه‌ها دارد. بنابراین نتایج این پژوهش با یافته‌های Franniel و Wieski (۲۰۰۵)[۱۳] مطابقت دارد، به‌طوری که در این پژوهش نیز شاخص‌های مشابه پژوهش حاضر بیشترین نقش را در گروه‌بندی از خود نشان داده‌اند. از نظر تعداد دندانه‌ها بین دومین و سومین رگبرگ سمت راست برگ، رویشگاه سنگده مقدار بیشتری را به خود اختصاص داده است که این شاخص خود نیز از عامل‌های مهم در

تفکیک جمعیت‌ها به شمار می‌رود. یکی از سازوکارهای مهم گیاهان برای افزایش پتانسیل فتوسنتزی در شرایط نامناسب محیطی (به‌ویژه در دمای کم) افزایش تعداد دندانه است [۲۲]. برگ‌های دارای دندانه‌های بیشتر، کارایی گیاه را به لحاظ فتوسنتز و تبخیر و تعرق افزایش می‌دهند؛ بنابراین، گیاهان در ارتفاعات بالا به‌دلیل کوتاه بودن فصل رشد و دمای کم محیط در اوایل فصل رشد با افزایش تعداد و اندازهٔ دندانه‌های خویش و به‌تبع آن افزایش ظرفیت فتوسنتزی، اندازهٔ رشد را افزایش می‌دهند [۲۳]. البته در این زمینه، وجود ارتباط بین دندانه‌های برگ و اقلیم برای بسیاری از گونه‌های چوبی و علفی اثبات شده است. رویشگاه سنگده به لحاظ شرایط آب‌وهوایی سخت‌تر، دارای تعداد دندانهٔ بیشتر است. در تأیید پخش پایه‌های درختی در فضای محور مختصات، تجزیهٔ خوشه‌ای براساس خصوصیات برگ انجام گرفت که نتایج آن با تفکیک پایه‌ها براساس پخش پایه‌های درختی در فضای محور مختصات مطابقت دارد، به‌طوری که پایه‌های سه جمعیت در پنج گروه (خوشه) مجزا جای گرفتند (شکل ۲). در گروه اول پایه‌های رویشگاه شهرستانک، در گروه دوم پایه‌های درختی رویشگاه سنگده و پایهٔ ۱۰ از رویشگاه شهرستانک، در گروه سوم پایه‌های درختی رویشگاه سیاه مرزکوه و پایهٔ ۲۵ رویشگاه شهرستانک، در گروه چهارم پایه‌های ۱، ۱۰ و ۶ از رویشگاه سنگده و پایه‌های ۱۱، ۲۰، ۱۲، ۲۴ و ۱۹ از رویشگاه شهرستانک و در گروه پنجم پایه‌های رویشگاه سیاه مرزکوه قرار گرفته‌اند. آزمون محاسبهٔ فاصلهٔ پایه‌ها براساس مقدار شباهت نشان داد که پایه‌های ۱۳ و ۱۴ رویشگاه شهرستانک دارای کمترین فاصله (بیشترین شباهت) و پایه‌های ۱ و ۲ از رویشگاه سیاه مرزکوه دارای بیشترین فاصله (کمترین شباهت) از یکدیگر بوده‌اند. نتایج آنالیز خوشه‌ای حاکی از آن است که پایه‌های درختی هر جمعیت درون خوشه‌های مربوط به خود آن جمعیت قرار دارند، به‌طوری که می‌توان نتیجه گرفت هر خوشه تقریباً شامل پایه‌های مختص یک جمعیت است؛ ولی می‌توان گفت براساس این آنالیز، تنوع بین‌جمعیتی فراوانی بین این چند جمعیت وجود دارد، به‌طوری که از پنج خوشهٔ به‌وجودآمده، در چهار خوشه پایه‌های درختی مختص به یک جمعیت در هر خوشه مشاهده می‌شود.

جدول ۳. ریشه‌های مخفی صفات برگ در پنج مؤلفهٔ اول

مؤلفه صفات	مؤلفه اول	مؤلفه دوم	مؤلفه سوم	مؤلفه چهارم	مؤلفه پنجم	مؤلفه صفات	مؤلفه اول	مؤلفه دوم	مؤلفه سوم	مؤلفه چهارم	مؤلفه پنجم
LL	−۰/۳۲	۰/۰۳	−۰/۰۵	−۰/۲۳	۰/۰۵	W ۰/۱	−۰/۲۸	−۰/۰۵	۰/۱۹	۰/۱۱	۰/۱۹
LW	−۰/۳۱	−۰/۱۸	−۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۰۰	W ۰/۹	۰/۰۲	−۰/۴۰	۰/۱۴	۰/۰۱	−۰/۱۱
LL/ LW	−۰/۰۱	۰/۲۹	۰/۰۸	−۰/۴۸	۰/۰۸	LM	−۰/۰۳	−۰/۲۴	۰/۱۶	−۰/۳۶	۰/۰۵
PL	−۰/۳۲	۰/۱۷	۰/۳۰	−۰/۰۱	−۰/۲۹	WM	−۰/۰۶	−۰/۲۴	۰/۰۶	−۰/۴۷	−۰/۲۰
PL/ LL	−۰/۰۸	۰/۴۹	۰/۱۹	۰/۱۴	−۰/۳۸	nvr	−۰/۱۲	۰/۲۶	−۰/۲۰	−۰/۱۴	۰/۴۰
LT	۰/۰۰	−۰/۲۱	۰/۳۲	۰/۲۴	۰/۴۰	ntr	−۰/۱۶	۰/۳۱	−۰/۲۷	۰/۱۶	−۰/۱۴
LA	−۰/۲۲	۰/۰۵	۰/۰۶	−۰/۰۶	۰/۰۱	DBSTV	−۰/۳۱	−۰/۰۱	−۰/۰۱	۰/۲۰	−۰/۱۰
WD	−۰/۲۸	−۰/۲۳	−۰/۱۱	−۰/۰۴	۰/۰۵	DBV	−۰/۲۹	۰/۰۰	−۰/۰۵	۰/۲۳	−۰/۱۵
DM	−۰/۱۶	−۰/۲۲	−۰/۱۲	۰/۰۰	۰/۰۸	W ۰/۱/LW	−۰/۰۵	۰/۱۲	۰/۴۰	۰/۱۱	۰/۵۱
MWL	−۰/۲۳	−۰/۱۲	−۰/۰۹	−۰/۰۶	۰/۰۱	W ۰/۹/LW	۰/۲۴	−۰/۳۵	۰/۳۵	−۰/۰۴	−۰/۰۷
Dlb	−۰/۳۰	۰/۱۵	۰/۱۸	−۰/۲۸	۰/۰۲						
مقادیر ویژه	۷/۹۲	۴/۱۹	۲/۱۴	۱/۴۲	۱/۰۷						
واریانس توجیهی	۳۷/۷۲	۱۹/۹۷	۱۰/۲۰	۶/۷۷	۵/۱۲	واریانس تجمعی	۳۷/۷۲	۵۷/۶۹	۶۷/۹۰	۷۴/۶۷	۷۹/۷۹

نتایج آنالیز تابع تشخیص نشان می‌دهد که صفاتی مانند طول دمبرگ، فاصلهٔ پایهٔ برگ تا پهن‌ترین نقطهٔ برگ، تعداد رگبرگ، تعداد دندانه، فاصلهٔ بین رگبرگ‌ها، عرض برگ در ۰/۹ طول برگ و شکل نوک برگ تأثیر زیادی در تفکیک جمعیت‌ها دارند و دو تابع اول آنالیز تشخیص ۱۰۰ درصد تغییرات را نشان می‌دهند. پخش جمعیت‌های تحت بررسی بر فضای دو تابع اول حاصل از آنالیز تشخیص نشان می‌دهد که اولین تابع ۶۵/۸ درصد کل اختلافات را منعکس می‌کند. ضرایب استانداردشدهٔ تابع اول برای طول دمبرگ و تعداد دندانهٔ بین دومین و سومین رگبرگ و تعداد رگبرگ‌ها، بیشترین مقدار را نشان می‌دهد. تابع دوم ۳۴/۲ درصد کل واریانس‌ها را پوشش می‌دهد، در این تابع فاصلهٔ پایهٔ برگ تا پهن‌ترین نقطهٔ برگ، شکل نوک برگ و فاصلهٔ بین رگبرگ‌ها بیشترین تأثیر را دارند (جدول ۴).

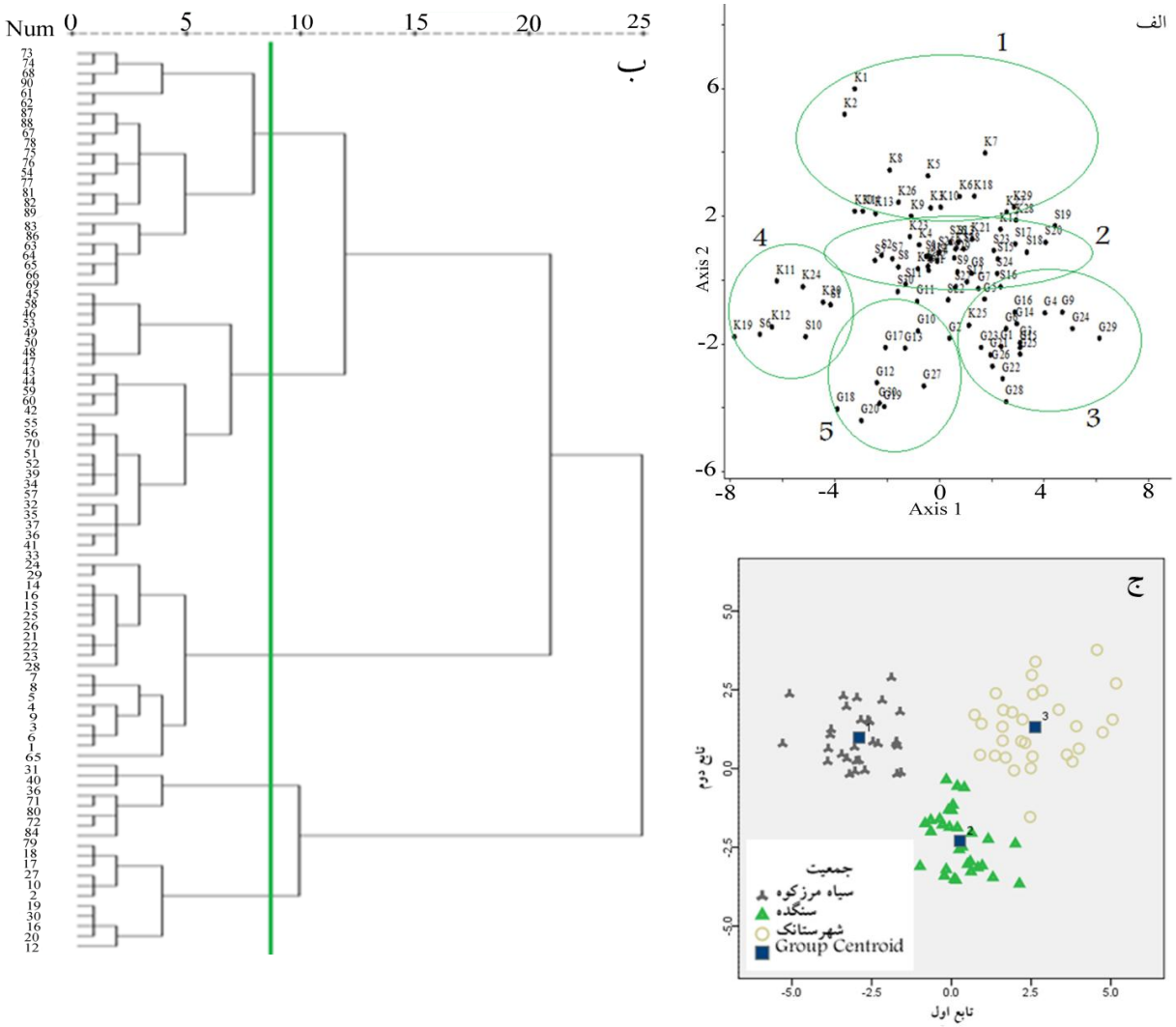
مقدار مطابقت آنالیز تشخیص با گروه‌بندی درختان براساس جمعیت‌ها حدود ۹۸/۹ درصد تأیید می‌شود، به‌طوری که از ۳۰ پایهٔ درختی مورد پژوهش از رویشگاه سیاه مرزکوه، همهٔ پایه‌ها درون رویشگاه سیاه مرزکوه قرار گرفتند و در مورد رویشگاه سنگده از ۳۰ پایهٔ درختی همهٔ پایه‌ها درون رویشگاه سنگده و در مورد رویشگاه شهرستانک از ۳۰ پایهٔ درختی ۲۹ پایه درون خود رویشگاه و ۱ پایه درون رویشگاه سنگده قرار گرفته است (جدول ۵). پخش پایه‌های درختی در فضای دو تابع اول که ۱۰۰ درصد تغییرات را توجیه می‌کند، درختان سه رویشگاه بررسی‌شده را به‌وضوح تفکیک کرده است (شکل ۲ ج).

در آنالیز تشخیص، شاخص‌هایی که در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی صفات تفکیکی شناخته شده بودند نیز نمایان شدند. به‌طوری که در پایان این آنالیز نتایج نشان داد تعداد دندانه‌های بین دومین و سومین رگبرگ، طول دمبرگ، فاصلهٔ پایهٔ برگ تا پهن‌ترین نقطهٔ برگ، عرض برگ در ۰/۹ طول برگ، تعداد رگبرگ و فاصلهٔ بین رگبرگ‌ها، شاخص‌های تفکیک‌کنندهٔ این سه رویشگاه‌اند. بنابراین براساس این مشخصه‌ها، سه جمعیت تحت پژوهش بهتر از هم تفکیک می‌شوند. تنوع دندانه و نوک برگ در سه رویشگاه بررسی‌شده در شکل ۳ نشان داده شده است.

اسماعیل‌پور و همکاران (۱۳۹۲) [۱۴] مورفومتری برگ گونه‌های توس در ایران را در چهار رویشگاه بررسی کردند و صفات زاویهٔ قاعدهٔ برگ و تعداد رگبرگ را دارای کمترین ضریب تغییرات و صفات عدم تقارن پهنک و اختلاف دو لبهٔ برگ را دارای بیشترین ضریب تغییرات معرفی کردند. در ضمن براساس نظر آنان، می‌توان از نامتقارن بودن پهنک و طول نسبی دمبرگ برای بررسی تنوع میان جمعیت‌های غان در آینده استفاده کرد.

جدول ۴. ضرایب استانداردشدهٔ تابع تشخیص صفات برگ

صفات	تابع اول	تابع دوم
تعداد دندانه بین دومین و سومین رگبرگ	۰/۷۸	۰/۵۱
طول دمبرگ	−۰/۸۵	۰/۰۸
فاصلهٔ پایهٔ برگ تا پهن‌ترین نقطهٔ برگ	۰/۲۱	۰/۸۰
عرض برگ در ۰/۹ طول برگ	−۰/۲۸	-۰/۶۰
تعداد رگبرگ‌ها	۰/۷۱	-۰/۰۶
شکل نوک برگ	۰/۳۶	-۰/۷۲
فاصلهٔ بین رگبرگ‌ها	۰/۴۳	-۰/۶۴
مقادیر ویژه	۵/۲۸	۲/۷۵
واریانس توجیهی	۶۵/۸	۳۴/۲

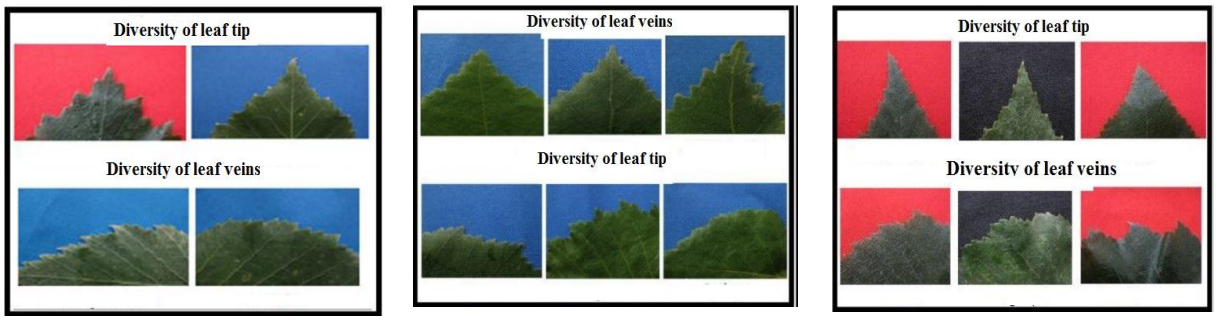


شکل ۲ الف) نمودار پراکنش پایه‌های درختی در فضای محور مختصات براساس دو مؤلفهٔ اول حاصل از تجزیهٔ مؤلفه‌های اصلی؛ ب) دندروگرام حاصل از تجزیهٔ خوشه‌ای به روش Ward برمبنای میانگین صفات برگ تحت بررسی، G1-G30 پایه‌های ۱ تا ۳۰ جمعیت سیاه مرزکوه؛ S1-S30 (پایه‌های ۱ تا ۳۰ از جمعیت سنگده)؛ K1-K30 (پایه‌های ۱ تا ۳۰ جمعیت شهرستانک)؛ ج) پراکنش پایه‌های درختی جمعیت‌های تحت بررسی در فضای محور مختصات براساس دو مؤلفهٔ اول حاصل از آنالیز تشخیص

جدول ۵. نتایج آنالیز تشخیص صفات برگ

	سیاه مرزکوه	سنگده	شهرستانک	کل
سیاه مرزکوه	۳۰	–	–	۳۰
سنگده	–	۳۰	–	۳۰
شهرستانک	–	۱	۲۹	۳۰
درصد صحت گروه‌بندی هر رویشگاه	۱۰۰	۱۰۰	۹۶/۷	۹۸/۹

الف ب ج



شکل ۳. تنوع (variation) دندانه و نوک برگ در الف) شهرستانک؛ ب) سیاه مرزکوه؛ ج) سنگده.

بررسی صفات ماکرومورفولوژیک بذر

نتایج تجزیهٔ واریانس طرح آشیانه‌ای براساس کل صفات بررسی‌شده نشان داد که بین جمعیت‌ها تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۹۹ درصد (P<۰/۰۱) وجود دارد. به‌جز صفت عرض بذر، در دیگر صفات بررسی‌شده تفاوت معنی‌داری بین جمعیت‌ها دیده شد (جدول ۶). مقایسهٔ میانگین‌ها نیز نشان داد که صفات طول بذر، عرض بال‌های بذر و طول بال‌های بذر در جمعیت سیاه مرزکوه بیشتر از دیگر جمعیت‌هاست (جدول ۷). بنابراین به‌منظور تعیین مهم‌ترین صفات مورفولوژیک در ایجاد تمایز بین جمعیت‌ها از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) استفاده شد. نتایج نشان داد که دو مؤلفهٔ اول به‌تنهایی ۸۲/۸ درصد واریانس‌ها را به خود اختصاص داده‌اند. در تشکیل مؤلفهٔ اول که ۶۱ درصد واریانس‌ها را به‌تنهایی به خود اختصاص داده است، عرض بال بذر و طول بذر دارای همبستگی مثبت و طول بال بذر دارای همبستگی منفی با این مؤلفه بودند (جدول ۸). همچنین نمودار پراکنش پایه‌های درختی در فضای محور مختصات براساس دو مؤلفهٔ اول حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی توانست پایه‌های درختی سه جمعیت را در چهار گروه از هم متمایز کند (شکل۴ الف). در تأیید پخش پایه‌های درختی در فضای محور مختصات، تجزیهٔ خوشه‌ای براساس خصوصیات بذر سه رویشگاه انجام گرفت که نتایج آن با تفکیک پایه‌ها براساس پخش پایه‌های درختی در فضای محور مختصات مطابقت کامل دارد. نتایج تجزیهٔ خوشه‌ای نشان داد که پایه‌های نمونه‌گیری‌شده از سه جمعیت در چهار خوشهٔ مجزا جای گرفته‌اند. بیشتر پایه‌های درختی از رویشگاه سیاه مرزکوه در خوشهٔ اول مجزا شده‌اند، به‌طوری که در خوشهٔ اول پایه‌های ۵، ۱۰، ۱، ۴، ۹، ۸، ۶، ۷ و دیگر پایه‌های درختی این رویشگاه همراه پایه‌های درختی ۱، ۲، ۶، ۹، ۸، ۴، ۳، ۱۰، ۵، ۷ از رویشگاه سنگده در خوشهٔ چهار قرار گرفته‌اند. پایه‌های درختی ۷، ۸، ۹، ۳، ۴، ۵ از رویشگاه شهرستانک درون خوشه‌های دوم و سوم و دیگر پایه‌های این رویشگاه درون خوشه‌های اول و چهارم قرار گرفته‌اند (شکل ۴ ب). آزمون محاسبهٔ فاصلهٔ پایه‌ها براساس مقدار شباهت نشان داد که پایه‌های ۵ و ۱۰ از رویشگاه سیاه مرزکوه دارای کمترین فاصله (بیشترین شباهت) و پایه‌های ۱ و ۲ از رویشگاه سیاه مرزکوه دارای بیشترین فاصله (کمترین شباهت) از یکدیگر بودند.

جدول ۶. نتایج تجزیهٔ واریانس طرح آشیانه‌ای صفات بذر در جمعیت‌های مختلف

صفات	جمعیت	(جمعیت) درخت	صفات	جمعیت	(جمعیت) درخت	صفات
LS	۲/۶۱**	۰/۱۲**	LBS	۲/۳۴**	۰/۲۵**	LBS
WS	۰/۱^{NS}	۰/۰۴**	WBS	۵/۵۴**	۰/۶۱**	WBS

**، * به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹ و ۹۵ درصد، ^{NS} غیر معنی‌دار

جدول ۷. نتایج مقایسه‌های چندگانهٔ صفات بذر با استفاده از آزمون دانکن (میانگین ± انحراف معیار)

صفات	سیاه مرزکوه	سنگده	شهرستانک	صفات	سیاه مرزکوه	سنگده	شهرستانک
LS	۱/۹۷ ± /۶۴ [a]	۱/۶۴± /۴۴[c]	۱/۸۱ ± /۲۲[b]	LBS	۲/۵۳ ± /۳۱[a]	۲/۲۲ ± /۲۷[c]	۲/۴۲ ± /۳۵[b]
WS	۱/۱۵ ± /۱۳[a]	۱/۲۱± /۱۲[a]	۱/۲ ± /۱۲[a]	WBS	۲/۴۵± /۴۷[a]	۲± /۳۸[c]	۲/۲۷ ± /۵۱[b]

جدول ۸. عامل‌های استخراج‌شده براساس صفات ماکرومورفولوژیک (بذر)

صفات	عامل ۱	عامل ۲	صفات	عامل ۱	عامل ۲
طول بذر	۰/۸۰	۰/۱۸	طول بالهٔ بذر	−۰/۸۱۵	-۰/۲۳
عرض بذر	۰/۴۹	-۰/۲۸	عرض بالهٔ بذر	۰/۹۴	۰/۰۹
مقادیر ویژه	۲/۴۶۵	۱/۱۸			
واریانس توجیهی	۶۱/۵۳	۲۱/۲۷	واریانس تجمعی (درصد)	۶۱/۵۳	۸۲/۸

نتایج آنالیز تشخیص نشان داد که حدود ۹۰ درصد پایه‌ها به‌درستی طبقه‌بندی شده‌اند، به‌طوری که از ۱۰ پایهٔ رویشگاه سیاه مرزکوه ۸ پایه درون خود رویشگاه و ۲ پایه درون رویشگاه شهرستانک قرار گرفت. در مورد رویشگاه سنگده از ۱۰ پایهٔ درختی موجود، همهٔ این پایه‌ها درون رویشگاه خود قرار گرفتند. در مورد رویشگاه شهرستانک نیز از ۱۰ پایهٔ درختی ۹ پایه درون خود رویشگاه و یک پایه درون رویشگاه سیاه مرزکوه قرار گرفت (جدول ۹). در این زمینه این آنالیز نشان داد که صفات طول بذر و طول بال بذر به‌ترتیب دارای بیشترین اهمیت در تفکیک این سه رویشگاه بوده‌اند (جدول ۱۰).

برپایهٔ نتایج این تحقیق عرض بال بذر در جمعیت سنگده، ۱/۶ برابر پهن‌تر از عرض بذر است، ولی در دو جمعیت سیاه مرزکوه و شهرستانک این مقدار به‌ترتیب ۲/۱ برابر و ۱/۸۹ برابر است. در فلور توس، صفت طول بال بذر به عرض بذر در شناسایی گونه‌های این جنس به‌عنوان کلید شناسایی مهم ذکر شده است. براساس آن، طول بال بذر در *B. litwinowii* ، ۱ تا ۱/۵ برابر و در *B. pendula* ۲ تا ۳ برابر پهن‌تر از عرض بذر است [۵]. در تحقیق حاضر طول بال بذر نسبت به عرض بذر در رویشگاه سیاه مرزکوه ۲/۲ برابر و در رویشگاه سنگده ۱/۸۳ محاسبه شد. با توجه به نتایج این تحقیق رویشگاه شهرستانک دارای بذری متفاوت است، به‌طوری که از نظر عرض بال بذر، طول بذر و طول بال بذر با دو رویشگاه دیگر متفاوت است. طول بال بذر نسبت به عرض بذر در این رویشگاه ۲/۰۱ پهن‌تر است.

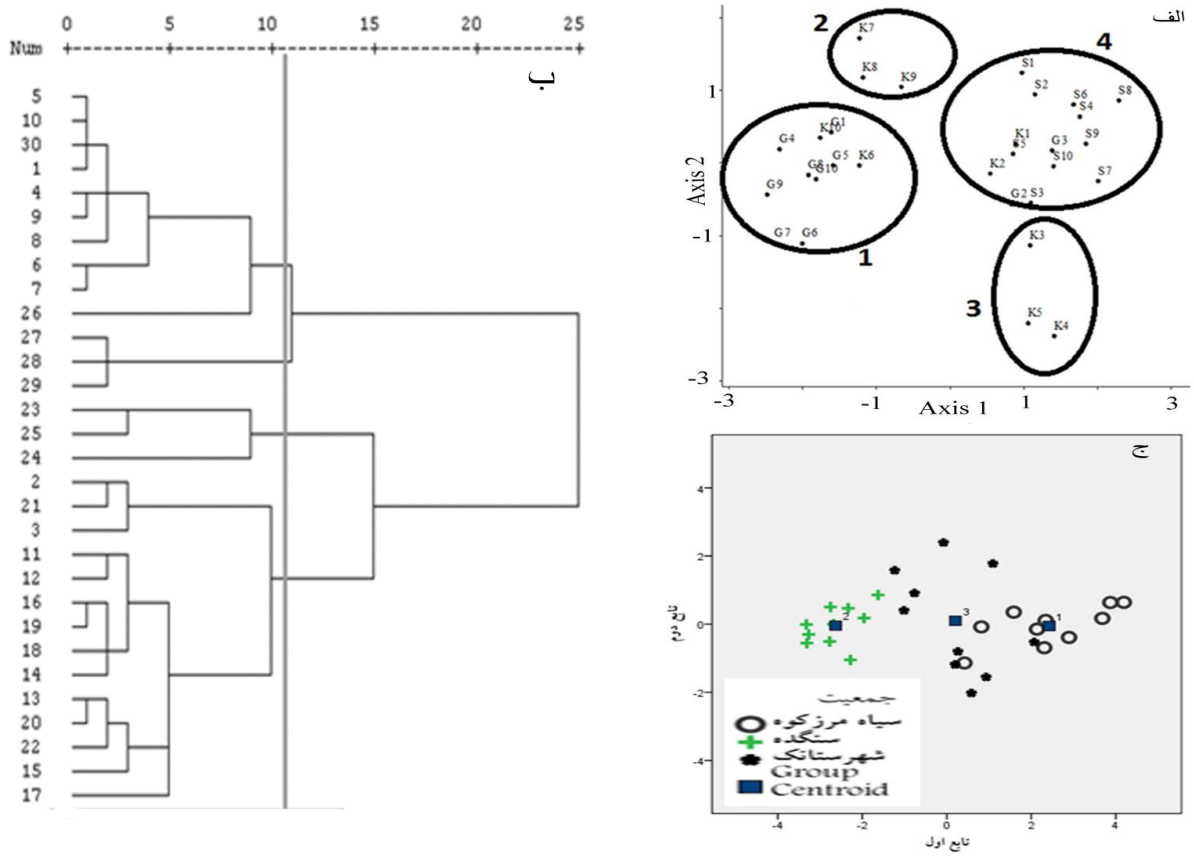
جدول ۹. نتایج آنالیز تشخیص صفات بذر

	سیاه مرزکوه	سنگده	شهرستانک	کل
سیاه مرزکوه	۸	–	۲	۱۰
سنگده	–	۱۰	–	۱۰
شهرستانک	۱	–	۹	۱۰
درصد صحت گروه‌بندی هر رویشگاه	۸۰	۱۰۰	۹۰	۹۰

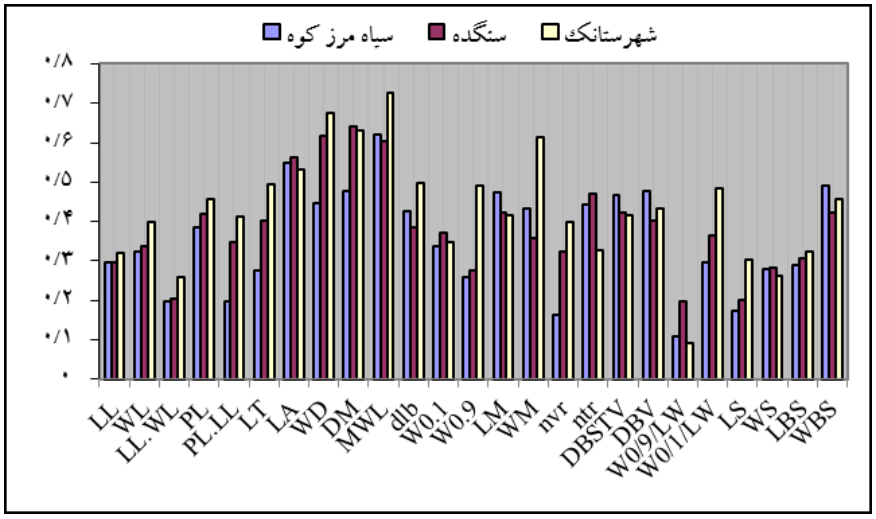
۹۰ درصد پایه‌ها به‌درستی گروه‌بندی شده‌اند.

جدول ۱۰. ضرایب استانداردشدهٔ آنالیز تشخیص صفات بذر

صفات	تابع اول	تابع دوم
طول بذر	۱/۰۹	−۰/۴۵
طول بال بذر	۰/۹۶	۰/۶۸



شکل ۴. الف) نمودار پراکنش پایه‌های درختی در فضای محور مختصات بر اساس دو مؤلفهٔ اول حاصل از تجزیهٔ مؤلفه‌های اصلی؛ ب) دندروگرام حاصل از تجزیهٔ خوشه‌ای به روش Ward برمبنای میانگین صفات بذر تحت بررسی: G1-G10 پایه‌های ۱ تا ۱۰ جمعیت سیاه مرزکوه. S1-S10 پایه‌های ۱ تا ۱۰ از جمعیت سنگده K1-K10 پایه‌های ۱ تا ۱۰ جمعیت شهرستانک؛ ج) پراکنش پایه‌های درختی جمعیت‌های تحت پژوهش در فضای محور مختصات براساس دو مؤلفهٔ اول حاصل از آنالیز تشخیص.



شکل ۵. نمودار پلاستیسیتی صفات مورفولوژیک برگ و بذر درختان در مناطق بررسی‌شده

برای تعیین تأثیرپذیر بودن یا نبودن صفات از محیط از پلاستیسیتی استفاده شد (شکل۵). نتایج این تحقیق نشان داد که صفاتی که در تفکیک این رویشگاه‌ها با استفاده از آزمون‌های آماری چندمتغیرهٔ صفات اصلی و برتر شناخته شده‌اند، از نظر پلاستیسیتی هم تأثیرپذیری کمتری از محیط نشان می‌دهند و این صفات می‌توانند بیشتر تحت تأثیر ژنتیک گونه باشند صفاتی همچون طول بذر، طول بال‌های بذر و عرض بال‌های بذر و همچنین نسبت طول برگ به حداکثر عرض برگ، کمترین پلاستیسیتی را از خود نشان دادند و در عین‌حال صفات تفکیک‌کننده در این سه رویشگاه شناخته شدند؛ بنابراین می‌توان از این صفات به‌عنوان صفاتی که تحت تأثیر ژنتیک گونه باشند استفاده کرد. این صفات می‌توانند در شناسایی گونه‌های متفاوت این جنس در این سه رویشگاه به‌عنوان صفاتی مناسب در تکمیل کلیدهای شناسایی ارائه‌شدهٔ قبلی برای توس به‌کار روند.

نتیجه‌گیری کلی

براساس یافته‌های این پژوهش، صفات تفکیک‌کننده در این سه رویشگاه شامل طول بذر، طول بال‌های بذر و عرض بال‌های بذر و همچنین نسبت طول برگ به عرض برگ هستند؛ چراکه کمترین پلاستیسیتی را از خود نشان داده‌اند. جمعیت شهرستانک دارای برگ‌های کشیده‌تر و طول دمبرگ بیشتری نسبت به دو جمعیت دیگر است و در عین‌حال کوچک‌ترین بذر را دارد و به این ترتیب از دو جمعیت دیگر تفکیک می‌شود. رویشگاه سیاه مرزکوه بیشترین اندازهٔ بذر را داشته و نسبت طول به عرض برگ کمتری در مقایسه با دو جمعیت دیگر دارد. با توجه به نتایج این تحقیق سه جمعیت یادشده کاملاً از هم مجزا هستند. با توجه به تحقیقات قبلی گونه‌های این جنس در ایران و شناسایی دو گونه به‌طور رسمی (*B. pendula* و *B. litwinowii*) پیشنهاد می‌شود براساس احتمال وجود گونه‌ای دیگر یا هیبریدی جدید، جمعیت شهرستانک از نو توسط گیاه‌شناسان محترم ارزیابی شود.

Refrences

[1]. Jadwiszczak, K. A., Banaszek, A., Jabłonska, E., and Sozinov, O. V. (2012). Chloroplast DNA variation of *Betula humilis Schrk.* in Poland and Belarus. Tree Genetics and Genomes. 8(5): 1017-1030.

[2]. Rastogi, S., Pandey, M. M., and Rawat, A. K. S. (2015). Medicinal plants of the genus Betula—traditional uses and a phytochemical–pharmacological review. Journal of Ethnopharmacology, 159: 62-83.

[3]. Bina, H., Yousefzadeh, H., Esmaeilpour, M., and Esmaeilzadeh, O. (2015). Molecular identification of the genus Betula based on ITS sequence data and its secondary structure in Iran. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 22 (2): 168-180.

[4]. Hosseinzadeh Colagar, A., Fallah, F., and Yousefzadeh, H. (2015). Genetic diversity and differentiation of the Iranian's Betula p*endula* populations by DNA polymorphisms of three (CD, DT, K1K2) chloroplast genome regions. Journal of Cellular and Molecular Researches (Iranian Journal of Biology), 28 (2): 191-201.

[5]. Zare, H. (2016). Flora of Iran. No 84: Betulaceae. Research Institute of Forests and Rangelands. 32pp.

[6]. Zare, H., Akarinia, M., Hosseini., S.M., Ejtehadi, H., and Amini Eshkevari, T. (2010). A new record of Betula litwinowii (Betulaceae) and a review of the geographical distribution of genus Betula in Iran, Iranian Journal Botany, 16: 237- 241.

[7]. Ziegenhagen, B., Fady, B., Kuhlenkamp, V., and Liepelt, S. (2005). Differentiating groups of Abies species with a simple molecular marker. Journal of Silvae Genetica, 54(1-6): 123-126.

[8]. Cela, P, G., Seligrat, I., Ortúñez, E., Gamarra, R., Vivar, A., and Scrugli, A. (2014). A study of seed micromorphology in the genus Ophrys (Orchidaceae). In Anales del Jardín Botánico de Madrid, 71(2):1-8.

[9]. Abbasian, S. & Keshavarzi, M. (2016) Macro-And Micromorphological Studies of Clypeola Species (Brassicaceae) In Iran. Modern Phytomorphology 10(10):27-40.

[10]. Monteiro, R. F., Mantovani, A., and Forzza, R. C. (2015). Morphological Phylogenetic Analysis of two early-diverging genera of bromelioideae (Bromeliaceae). Rodriguésia, 66(2): 505-521.

[11]. Sattarian, A., Zarafshar, M., and Babaie Sustani, F. B. (2011). Leaf morphological variability between natural populations of Quercus castaneifolia and Q. macronthera in Caspian forest. Taxonomy and Biosystematics, 3(6): 25 -35.

[12]. Chaplagh Paridari, I. (2011). Compare the performance of morphological characters and ITS marker and trnh-psba two separate species of hornbeam (Carpinus). Master's thesis. Tarbiat Modares University, Tehran.

[13]. Franiel, I., and Wieski, K. (2005). Leaf features of silver birch (*Betula pendula Roth*). Variability within and between two pupulations uncontaminated vs Pb-contaminated and Zn-contaminated site. Trees. 19(1):81-88.

[14]. Esmaeilpour, M., Taheri Abkenar, K., Aalami, A., and Bonyad, A. (2014). The pattern of intrapopulational changes of *Betula pendula* in Iran, based on leaf morphological traits. Taxonomy and Biosystematics, 6(18): 33-44.

[15]. Pelham, J., Gardiner, A., Smith, R. I., and Last, F. T. (1998). Variation in Betula pubescens Ehrh. (Betulaceae) in Scotland: its nature and association with environmental factors. Botanical Journal of the Linnean Society. 96(3): 217-234.

[16]. Pyakurel, A., and Wang, J. R. (2014). Leaf morphological and stomatal variations in paper birch populations along environmental gradients in Canada. American Journal of Plant Sciences. 5(11): 1508-1520.

[17]. Zolfaghari, R., Akbarinia, M., Mardi, M., and Ghanati, F. (2009). Genetic diversity in Persian oak (Quercus branti Lindl) from Kohkiluye and Boyerahmad using SSR. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 16(2): 172-181.

[18]. Yousefzadeh, H. (2011). Biosystematics genus Tilia in Iran. PhD thesis, Tarbiat Modarres University. Tehran.

[19]. Bruschi, P., Grossoni, P., and Bussotti, F. (2003). Within-and among-tree variation in leaf morphology of Quercus petraea (Matt.) Liebl. natural populations. Trees, 17(2): 164-172.

[20]. SPSS (2007). SPSS 16: Software package for statistical Analysis. New York, United States. https://www.ibm.com/analytics/spss-statistics-software.

[21]. PC-ORD (2006). PC-ORD 4: Software package for Multivariate Analysis of Ecological Data. United States. https://www.pcord.com.

[22]. Royer, D. L., and Wilf, P. (2006). Why do toothed leaves correlate with cold climates? Gas exchange at leaf margins provides new insights into a classic paleotemperature proxy. International Journal of Plant Sciences 167(1):11-18.

[23]. Yosefzadeh1, H., Tabari1, M., Hosseinzadeh Colagar, A., Assadi, M. Sattarian, A., and Zare H. (2010). Variation in Leaf Morphology of Tilia spp. of in Hyrcanian forests. Taxonomy and Biosystematics. 2(3): 11-24.

Variation of macromorphological traits of leaf and seed in three populations of *Betula* species

V. Payamnoor*; Assoc. Prof., Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agriculture Sciences and Natural Resources, Gorgan, I.R. Iran

A. Sattarian; Assoc. Prof., Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad-e-Kavus, I.R. Iran

A. Kordalivand; Msc. Graduated, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agriculture Sciences and Natural Resources, Gorgan, I.R. Iran

J. Mohammadi; Assist. Prof., Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agriculture Sciences and Natural Resources, Gorgan, I.R. Iran

A. Mohammadzade; Phd. Student, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agriculture Sciences and Natural Resources, Gorgan, I.R. Iran

H. Zare; Scientific Member of Agriculture and Natural Resource of Research Center of Mazandaran, Herbarium of Nowshahr Botanical Garden, Nowshahr, I.R. Iran

(Received: 20 May 2018, Accepted: 19 September 2018)

ABSTRACT

In order to study the diversity of macro-morphological traits of leaves and seeds in three populations of *Betula* in Iran, a total of 1800 leaves and seeds from 90 trees were measured in three sites of the taxon of this genus. 25 macro-morphological traits of leaves and seeds were used. Quantitative data were analyzed via one-way analysis of variance and nesting statistical design. Duncan's test was used for multiple comparisons of means. Cluster analysis was applied to compare and categorize the habitats and principal component analysis (PCA) was used to determine the most important traits in separating the three habitats. Multivariate analysis results indicated that leaf length, petiole length, the distance of the widest base of the leaf to leaf spot, the distance between the second and third veins, the average distance between the veins, petiole length, leaf length, leaf width in 0.9 part of the leaf length, number of teeth between the second and third veins and the tip of the leaf, seed length, length and width of seed wings were the most important variables in grouping the populations. The results of cluster analysis showed that different clusters contain different populations. The plasticity was used to determine if the environment was effective on the traits or not. The results showed that the traits that are recognized as the main traits in the differentiation of these habitats are also less affected by the environment in terms of plasticity; and these traits are more influenced by genetics. Therefore, these traits can be used to identify the different populations of this genus in these three habitats as suitable attributes in completing the identification keys provided for the birch.

Keywords: Birch, Mulivariate analysis, Macromorphological variability, Variation population.

* Corresponding Author, Email: mnoori56@gmail.com, Tel: +989113735812