

ارزیابی تنوع ریخت‌شناسی برخی اکوتیپ‌های اسفرزه (*Plantago ovata*)

محمدحسین فتوکیان^{۱*} و مهدیه ارشادی^۲

۱. دانشیار، دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد، تهران، ایران

۲. دانشجوی دکتری، دانشکده گیاهان ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱/۱۴ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۷/۱۱)

چکیده

این تحقیق به منظور ارزیابی تنوع ریخت‌شناسی در ۱۶ اکوتیپ اسفرزه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار و با استفاده از ۲۲ صفت ریخت‌شناسی اجرا شد. در تجزیه خوشه‌ای که با استفاده از داده‌ها استاندارد شده انجام گرفت، فواصل بین اکوتیپ‌ها با مربع فاصله اقلیدسی برآورد شد و دندروگرام به روش Ward ترسیم گردید. تجزیه عاملی به روش وریماکس انجام گرفت. میانگین مربعات اکوتیپ‌ها برای تمامی صفات، بجز مقدار و درصد موسیلاژ، معنی‌دار بود. نتایج تجزیه خوشه‌ای، اکوتیپ‌ها را در سه خوشه گروه‌بندی کرد. صحت نتایج تجزیه خوشه‌ای با استفاده از تجزیه تابع تشخیص تایید شد. در تجزیه عاملی، پنج عامل استخراج شد که در مجموع ۸۶/۷۷ درصد از واریانس بین صفات را توجیه نمودند. مهمترین صفات تاثیر گذار در توجیه واریانس صفات ارتفاع بوته، طول دم‌گل آذین، طول سنبله، شاخص برداشت و وزن هزاردانه بودند که در عامل اول قرار گرفتند. تنوع ریخت‌شناسی در بین اکوتیپ‌های مورد استفاده برای بیشتر صفات معنی‌دار بود و اکوتیپ‌های PO12، PO15 و PO6 با توجه به متوسط عملکرد دانه و مقدار موسیلاژ نسبت به بقیه اکوتیپ‌ها برتر بودند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه تابع تشخیص، بردار ویژه، مربع فاصله اقلیدوسی، موسیلاژ.

Evaluation of morphological diversity of some *Plantago ovata* ecotypes

Mohammad Hossein Fotokian^{1*} and Mahdieh Arshadi Bidgoli²

1. Associate Professor, Shahed University, Faculty of Agriculture, Tehran, Iran

2. Ph.D. Candidate, College of Abouraihan, University of Tehran, Tehran, Iran

(Received: Apr. 03, 2021- Accepted: Oct. 03, 2021)

ABSTRACT

This study was performed to evaluate the morphological diversity in 16 *Plantago ovata* ecotypes in a randomized complete block design with three replications using 22 morphological traits. In cluster analysis using standardized data, the distances between the ecotypes were estimated with the square Euclidean distance method and the dendrogram was plotted by Ward's method. Factor analysis was performed by Verimax method. The mean squares of ecotypes were significant for all traits, except the amount and percentage of mucilage. The results of cluster analysis grouped the ecotypes into three clusters. The accuracy of the results of clustering was confirmed by discriminant function analysis. In factor analysis, five factors were extracted that explained 86.77% of the variance among traits. The most important effective traits in determining the variance were plant height, inflorescence tail length, spike length, harvest index and 1000-seed weight, which were in the first factor. Morphological diversity among the ecotypes was significant for most traits and PO12, PO15, and PO6 ecotypes were superior to the other ecotypes in terms of mean grain yield and mucilage content.

Keywords: Discriminant function analysis, eigenvalues, square Euclidean distance, mucilage.

* Corresponding author E-mail: fotokian@shahed.ac.ir

مقدمه

اسفرزه (*Plantago ovata*) گیاهی است دارویی، علفی، یکساله، از تیره بارهنگ (*Plantaginaceae*)، که بومی هند، ایران و دیگر کشورهای خاورمیانه می‌باشد (Donald, 1963). این گیاه به طور طبیعی از طریق بذر تکثیر می‌شود و ارزش بذرها آن به کمیت و کیفیت سلول‌های لعاب‌دهنده (موسیلاژ) موجود در لایه‌های سطحی پوست

بذر (Ebrahimzadeh *et al.*, 1997; Najafi & Rezvani Moghaddam, 2001; Phan *et al.*, 2020) که حدود ۲۵ درصد عملکرد دانه را تشکیل می‌دهد (McCredie & Whistler, 1965). بستگی دارد. ویژگی‌های با ارزش موسیلاژ، مانند پایدارکنندگی، سوسپانسیون‌کنندگی و امولسیون‌کنندگی (Mir Masoumi, 1992) باعث کاربردهای گسترده اسفرزه در صنایع دارویی، غذایی، آرایشی و صنعت نفت شده است (Simpson & Conner-ogorzaly, 1986; Gupta *et al.*, 2018). دانه‌ها دارای طبعی سرد و آرام‌بخش بوده و در درمان التهاب و اختلالات صفراوی ناشی از اندام‌های گوارشی مفید است (Basudehradun *et al.*, 1989). پودر پوسته این گیاه در طب سنتی به عنوان یک داروی ملین (Mirjalili, 2008) کاربرد زیادی دارد.

با توجه به وجود موسیلاژ در دانه اسفرزه، از آن در داروهای ضدسرفه، ضدالتهاب، ضدعوارض پوستی، مسهل (داروی تجارتي پسیلیوم) و محرک ایمنی استفاده می‌شود (Sing *et al.*, 2003).

همچنین این گیاه در حفاظت خاک، احیاء پوشش گیاهی و تثبیت وضع مراتع نیز حائز اهمیت است (Chadho & Rajender, 1995). در سال‌های اخیر، به دلیل جایگزین شدن گونه‌های زراعی اصلاح شده دارای عملکرد و ارزش اقتصادی بالا، بسیاری از گونه‌ها و ارقام بومی و محلی دارویی به فراموشی سپرده شده و از سیستم‌های زراعی ایران حذف شده‌اند (Kouchaki *et al.*, 2004). بنابراین بررسی وضعیت تولید گیاهان دارویی و معطر و نقش این گیاهان در ایجاد تنوع در بوم نظام‌های زراعی ایران بسیار مورد اهمیت می‌باشد. تا به امروز، تحقیقات بسیار کمی در جهت مطالعه تنوع ژنتیکی ژرم پلاسما گیاه اسفرزه

ایرانی انجام شده است و از آنجا که شناخت تنوع ژنتیکی و طبقه‌بندی ذخایر توارثی، امری بنیادی برای طراحی موفق برنامه‌های به‌نژادی بوده و در آسان نمودن مدیریت، حفظ و نگهداری مجموعه‌های ژنتیکی نقش به‌سزایی دارد (Shahsavaran, 2001)، انجام چنین پژوهشی ضرورت پیدا می‌کند.

اولین معیار برای انتخاب مناسب از یک ژرم پلاسما، صفات مطلوب ریخت‌شناسی و زراعی است (Acquaah, 2007). به‌نژادگران معمولاً از ویژگی‌های ریخت‌شناسی برای توصیف و طبقه‌بندی اولیه ژرم‌پلاسما در راستای انتخاب منابع ژنتیکی با ارزش برای برنامه‌های اصلاحی خود استفاده می‌کنند (Krichen *et al.*, 2012). تفاوت‌های ساختاری گیاه در بررسی تنوع ریخت‌شناسی بسیار حائز اهمیت هستند و هدفی که در برنامه‌های اصلاحی دنبال می‌شود، بهینه‌سازی و بهبود وضعیت صفات ریخت‌شناسی است. در راستای توسعه یک برنامه اصلاحی موثر، درک تنوع ژنتیکی و روابط ژنتیکی بین منابع مختلف گیاه ضروری است (Acquaah, 2007). معرفی ارقام جدید به فرآیندی طولانی و پیچیده نیاز دارد، به طوری که پتانسیل ارقام مورد نظر از جهات مختلف بایستی شناسایی شود و سپس انتخاب صورت گیرد. وجود تنوع ژنتیکی جهت انتخاب والدین در برنامه‌های اصلاحی دارای اهمیت زیادی است. خصوصیات ریخت‌شناسی، فنولوژیک، زراعی و کیفی اغلب برای شناسایی اولیه ژرم پلاسما در گیاهان دارویی استفاده می‌شود و به عنوان اطلاعات پایه برای به‌نژادگر در امر بررسی تنوع ژنتیکی دارای اهمیت ویژه‌ای است (Krichen *et al.*, 2012).

روش‌های مختلفی برای برآورد تنوع ژنتیکی وجود دارد که مهم‌ترین آنها روش‌های آماری چندمتغیره می‌باشد که بطور همزمان از اطلاعات چندین صفت در کلیه افراد استفاده می‌نمایند و بطور وسیعی در تجزیه و تحلیل تنوع ژنتیکی بر پایه داده‌های ریخت‌شناسی، بیوشیمیایی و مولکولی کاربرد دارند. از بین روش‌های آماری چندمتغیره، روش‌های تجزیه خوشه‌ای و تجزیه عاملی در بیان و تشریح تنوع ژنتیکی کاربرد بسیاری دارند. در زمینه استفاده از این روش‌ها در ارزیابی

تکرار مورد مطالعه قرار گرفت. خاک مزرعه از نوع لومی شنی با هدایت الکتریکی ۷/۴ دسی‌زیمنس بر متر و pH برابر ۷/۸ بود. کشت بذرها به صورت دستی در داخل کرت‌هایی شامل دو ردیف چهار متری با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر در محل داغاب و در دهه دوم فروردین ماه انجام شد. میزان تراکم بوته در حد مطلوب (فاصله دو بوته در هر ردیف حدود ۵ سانتی‌متر) تنظیم و مبارزه با علف‌های هرز با توجه به نیاز در مراحل مختلف رشد به صورت دستی انجام گرفت.

سنجش صفات کمی

بعد از رشد کامل گیاهان و حذف اثر حاشیه، از قسمت میانی هر کرت، سه بوته به طور تصادفی جهت برآورد اجزاء عملکرد (طول سنبله، تعداد سنبله بارور، تعداد سنبله نابارور، تعداد کل سنبله، تعداد دانه در سنبله)، ارتفاع بوته، طول دم گل‌آذین، طول برگ و تعداد برگ انتخاب شدند. تعداد روزها از زمان کاشت تا مرحله سبزشدن، ظهور سنبله، ۵۰ درصد سنبله‌دهی و گلدهی در ۵۰ درصد بوته‌ها به ترتیب، به‌عنوان روز تا سبزشدن، روز تا ظهور سنبله، روز تا ۵۰ درصد سنبله‌دهی و روز تا گلدهی و تعداد روزها از زمان کاشت تا مرحله برداشت، به‌عنوان رسیدگی کامل تعیین شد. بعد از رسیدگی کامل، برای اندازه‌گیری عملکرد دانه، وزن ۱۰۰۰ دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت، تمامی ردیف‌های کشت شده، برداشت شدند.

سنجش صفات کیفی

از آنجایی که اهمیت بذرهاى اسفرزه ناشی از کمیت و کیفیت موسیلاژ موجود در لایه‌های سطحی پوست دانه است.

ژرم‌پلاسم گیاهان دارویی مختلف از قبیل ریحان (Moghaddam, 2011; Moghaddam *et al.*, 2013)، نسترن کوهی (Saeedi AbuIshaqi, 2008)، آویشن کرمانی (Makizadeh Tafti *et al.*, 2010)، گشنیز (Rahimi, 2007; Safaeian, *et al.*, 2014)، سیاه‌دانه (Salamati & Zeinali, 2012) و غیره گزارش‌های مختلفی وجود دارد.

امروزه آگاهی از تنوع ژنتیکی و مدیریت منابع ژنتیکی، به‌عنوان اجزای مهم پروژه‌های به‌نژادی تلقی می‌شود (Gharayazi, 1996; Mohammadi *et al.*, 2003; Singh, 2003). بدین منظور در برنامه‌های به‌نژادی، در ابتدا باید میزان تنوع ژنتیکی برای صفت یا صفات مورد اصلاح در درون و یا بین ارقام بومی مورد بررسی قرار گیرد (Warburton & Hoisington, 2001; Zhang *et al.*, 2006) اما متأسفانه علیرغم اهمیت اقتصادی زیاد گیاهان دارویی و وجود تنوع ژنتیکی قابل توجه برای اکثر صفات مهم در منابع ژنتیکی گیاهان دارویی، بهره‌برداری کافی از این ژرم‌پلاسم ارزشمند صورت نگرفته است. این تحقیق به منظور ارزیابی و تعیین تنوع ژنتیکی موجود در ژنوتیپ‌های اسفرزه از نظر برخی خصوصیات کمی و کیفی انجام شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی، شرایط رشد و اندازه‌گیری صفات

شانزده اکوتیپ‌ها اسفرزه که از بانک ژن دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد (جدول ۱) تهیه شده بود، در مزرعه تحقیقاتی این دانشکده با مشخصات طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه و ارتفاع ۱۰۵۰ متر از سطح دریا در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه

جدول ۱. اسامی و منشا اکوتیپ‌های اسفرزه مورد مطالعه.

Table 1. Names and origins of studied *plantago ovata* ecotypes.

| Number | Code | Origins | Number | Code | Origins |
|--------|------|-----------------|--------|------|-------------------|
| 1 | PO1 | Damavand | 9 | PO9 | Herat-Afghanistan |
| 2 | PO2 | North Khorasan | 10 | PO10 | Khansar |
| 3 | PO3 | Razavi Khorasan | 11 | PO11 | South Khorasan |
| 4 | PO4 | Abadeh | 12 | PO12 | Razavi Khorasan |
| 5 | PO5 | Unknown | 13 | PO13 | Tehran |
| 6 | PO6 | Qom | 14 | PO14 | Razavi Khorasan |
| 7 | PO7 | Yazd | 15 | PO15 | Isfahan |
| 8 | PO8 | Shiraz | 16 | PO16 | Kashan |

دارای مقدار بردار ویژه بیش از یک بود مورد بهره‌برداری قرار گرفتند. به منظور گروه‌بندی اکوتیپ‌ها با تجزیه خوشه‌ای، ابتدا داده‌ها استاندارد (تبدیل به Z) شدند و سپس فواصل بین اکوتیپ‌ها با معیار مربع فاصله اقلیدسی برآورد شد و دندروگرام به روش Ward ترسیم گردید. صحت نتایج تجزیه خوشه-ای با تجزیه تابع تشخیص بررسی شد. تجزیه‌های آماری با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام گرفت.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس

تفاوت بین اکوتیپ‌های اسفرزه برای همه صفات مورد مطالعه به جز مقدار و درصد موسیلاژ معنی‌دار شد (جدول ۲) که نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی بالا در بین اکوتیپ‌ها است. با توجه به اینکه در علم به‌نژادی گیاهی، گزینش ژنوتیپ‌های مطلوب بر پایه وجود تنوع ژنتیکی در بین افراد یا جوامع می‌باشد، بنابراین چنین منبع ژنتیکی گیاهی برای اسفرزه می‌تواند به‌عنوان خزانه غنی و سرشار از ژن‌های مطلوب محسوب شود و موجب افزایش کارایی گزینش شود (Diepenbrock, 2000; Moradi et al., 2010).

لذا برای ارزیابی موسیلاژ اسفرزه، شاخص‌های کیفی شامل فاکتور تورم، میزان تورم در هر گرم موسیلاژ، میزان و درصد موسیلاژ مورد بررسی قرار گرفتند. سنجش میزان و درصد موسیلاژ به روش Sharma & Koul (1986) و Ebrahimzadeh et al. (1997) انجام گرفت. مقدار تورم برای هر گرم موسیلاژ به صورت تقسیم میزان فاکتور تورم بر مقدار موسیلاژ برحسب درصد تعیین گردید که این فاکتور می‌تواند به عنوان شاخص کیفیت موسیلاژ بذر اسفرزه مورد استفاده قرار گیرد.

تحلیل آماری

پس از تجزیه واریانس با استفاده از داده‌های حاصل از نمونه‌گیری، صفاتی که نتیجه آزمون F ژنوتیپ‌ها در آنها معنی‌دار گردید با آزمون توکی مورد مقایسه میانگین قرار گرفتند. صفاتی که در آنها خطای آزمایشی معنی‌دار شد با آزمون ناپارامتری کروسکال والیس نیز تفاوت بین ژنوتیپ‌ها بررسی شد. برای درک روابط بین صفات و کاهش ابعاد داده‌ها، تجزیه عاملی با استفاده از روش وریماکس (Varimax) انجام گرفت (Johnson & Wichern, 1988). عامل‌هایی که

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس صفات در اکوتیپ‌های اسفرزه مورد مطالعه.

Table 2. Results of variance analysis of traits in the studied *plantago ovata* ecotypes.

| Traits | Mean of squares | | | | Kruskal-Wallis H | Coefficient of variation (%) |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|----------------|---------------------|------------------------------|
| | Block | Ecotype | Error | Sampling Error | | |
| Days to germination | 3.882 ^{ns} | 127.511 ^{**} | 1.941 ^{ns} | 1.715 | - | 4.757 |
| Days to spikeing | 3.111 ^{ns} | 472.131 ^{**} | 1.726 ^{**} | 0.896 | 41.4 ^{**} | 2.527 |
| Day to 50% spike | 10.549 [*] | 56.737 ^{**} | 2.023 ^{**} | 0.771 | 38.22 ^{**} | 2.541 |
| Days to flowering | 1.694 ^{ns} | 84.724 ^{**} | 4.480 ^{**} | 1.438 | 38.43 ^{**} | 3.507 |
| Days to maturity | 4.938 [*] | 144.329 ^{**} | 1.338 [*] | 0.708 | 38.5 ^{**} | 1.134 |
| Plant height | 4.460 ^{ns} | 33.787 ^{**} | 6.575 ^{**} | 3.361 | 33.3 ^{**} | 15.170 |
| Inflorescence tail length | 4.090 ^{ns} | 28.324 ^{**} | 6.013 ^{**} | 2.990 | 32.9 ^{**} | 16.527 |
| Spike length | 0.064 ^{ns} | 0.576 [*] | 0.251 ^{**} | 0.130 | 22.56 ^{ns} | 24.209 |
| Number of fertile spikes | 8.313 ^{ns} | 3.785 [*] | 1.646 ^{ns} | 2.757 | - | 23.064 |
| Number of infertile spikes | 2.090 ^{ns} | 5.346 [*] | 2.209 ^{ns} | 1.931 | 23.5 ^{ns} | 66.467 |
| Total number of spikes | 2.382 ^{ns} | 12.425 ^{**} | 3.700 ^{ns} | 5.222 | - | 26.506 |
| Number of grains per spike | 3.382 ^{ns} | 379.126 ^{**} | 113.2 ^{**} | 55.993 | 30.55 [*] | 24.310 |
| Leaf length | 5.444 ^{ns} | 25.767 ^{**} | 6.38 ^{ns} | 4.405 | - | 22.913 |
| Number of leaves | 14.083 ^{ns} | 15.774 ^{**} | 5.15 ^{ns} | 5.694 | - | 11.827 |
| Grain Yield | 0.027 ^{ns} | 0.061 ^{**} | 0.011 ^{ns} | 0.015 | - | 24.771 |
| Biological Yield | 0.207 ^{ns} | 0.528 ^{**} | 0.113 ^{ns} | 0.113 | - | 32.676 |
| Harvest index | 32.474 ^{ns} | 186.802 ^{**} | 51.38 ^{ns} | 50.913 | - | 16.758 |
| 1000-seed weight | 0.009 ^{ns} | 0.154 ^{**} | 0.005 ^{**} | 0.001 | 43.21 ^{**} | 3.6779 |
| Inflation factor | 1.822 ^{ns} | 21.904 ^{**} | 3.494 ^{**} | 0.019 | 32.25 ^{**} | 17.273 |
| Inflation rate | 478.53 ^{ns} | 870.360 [*] | 331.58 [*] | 0.124 | 26.34 [*] | 29.784 |
| Mucilage (%) | 121.930 ^{ns} | 103.334 ^{ns} | 146.7 ^{**} | 0.010 | 23.82 ^{ns} | 63.638 |
| The amount of mucilage | 0.012 ^{ns} | 0.010 ^{ns} | 0.015 ^{**} | 0.00009 | 23.82 ^{ns} | 64.341 |
| Degree of freedom | 2 | 15 | 30 | 96 | - | - |

** , * , ns: به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱، ۵ درصد و نبود تفاوت معنی‌دار.

** , * , ns: Significantly difference at 1% and 5% probability level and no significantly difference, respectively.

گیاه اطلاعات دقیقی در دسترس باشد (Safaei & Zinley, 2007). زیرا زمان وقوع هر یک از مراحل رشد و نمو، راهنمای خوبی در تأمین شرایط مطلوب ممکنه برای رشد رویشی و زایشی گیاه زراعی می‌باشد که کاربرد ارزنده‌ای در به‌نژادی و مدیریت زراعی دارد و به کمک آن می‌توان تغییرات فصلی و ریخت‌شناسی را در گیاهان بررسی نمود (Tabrizi *et al.*, 2004). کمترین تعداد سنبله نابارور در اکوتیپ PO1 مشاهده شد. تعداد سنبله در گیاه یکی از اجزای عملکرد است که تعیین‌کننده پتانسیل عملکرد گیاه می‌باشد، زیرا سنبله‌ها در برگ‌برنده تعداد دانه‌ها بوده و از طرفی تأمین‌کننده مواد فتوسنتزی مورد نیاز دانه‌ها هستند (Tabrizi *et al.*, 2004). در تحقیقات Vahhabi *et al.* (2008) بیشترین تعداد سنبله در بوته در گیاه اسفرزه در توده نقده (۱۰/۴) به‌دست آمد. دامنه تغییرات تعداد دانه در سنبله از ۳۲/۵۵ در اکوتیپ PO2 تا ۵۳/۳۳ در اکوتیپ PO11 متغیر بود. تعداد دانه در سنبله در حقیقت مخزن گیاه را تعیین می‌کند و هر چه تعداد دانه بیشتر باشد، گیاه دارای مخزن بزرگتری برای دریافت مواد فتوسنتزی تولید شده است و افزایش این صفت منجر به افزایش عملکرد خواهد شد (Tabrizi *et al.*, 2004). بیشترین میزان عملکرد دانه ۰/۵۳۱ گرم متعلق به اکوتیپ PO12 و کمترین آن ۰/۲۶۴ در اکوتیپ PO1 برآورد گردید. میزان تغییرات عملکرد زیستی نیز از ۰/۵۱۴ (PO1) تا ۱/۵۱۰ (PO4) متغیر بود. بیشترین وزن هزار دانه در اکوتیپ PO16 مشاهده شد (۲/۱۹ گرم) که با بقیه اکوتیپ‌ها تفاوت معنی‌دار داشت.

برای تعداد دانه در سنبله، درصد و میزان موسیلاژ علیرغم اینکه میزان خطای آزمایشی زیاد بود ولی به دلیل تفاوت خیلی زیاد بین اکوتیپ‌ها، نتیجه تجزیه واریانس معنی‌دار گردید. خطای آزمایشی در ۱۳ صفت معنی‌دار شد که برای این صفات آزمون ناپارامتری کروسکال والیس نیز مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۲). در صفاتی مانند تعداد سنبله نابارور و عملکرد زیستی علیرغم اینکه ضریب تغییرات زیاد بود ولی مقدار خطای آزمایشی معنی‌دار نشد در حالیکه در مورد درصد و مقدار موسیلاژ میانگین مربعات خطای آزمایشی معنی‌دار شد. معنی‌دار شدن میانگین مربعات خطای آزمایشی ولی کم بودن ضریب تغییرات در آنها موضوع تقابل این دو معیار آماری را به چالش می‌کشد. انتظار داریم صفاتی که در آنها مقدار میانگین مربعات خطای آزمایشی معنی‌دار است، دارای ضریب تغییرات زیاد باشند و این موضوع در برخی صفات مانند وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، فاکتور تورم و غیره با انتظار ما فاصله قابل توجه دارد.

مقایسه میانگین

نتایج مقایسه میانگین اکوتیپ‌ها با آزمون توکی در جدول ۳ ارایه شده است. اکوتیپ‌های PO7 و PO5 به‌ترتیب بیشترین و کمترین میزان تعداد روز تا سبز شدن را به خود اختصاص دادند. از آنجایی که صفات فنولوژیک تحت تاثیر دو عامل محیط و ژنتیک هستند، لذا برای دستیابی به عملکرد قابل قبول، لازم است از فنولوژی

جدول ۳. مقایسه میانگین برخی صفات در ۱۶ اکوتیپ اسفرزه.

Table 3. Mean comparison of some traits in 16 *Plantago ovata* ecotypes

| Ecotypes | Days to germination (day) | Number of infertile spikes | Number of grains per spike | Number of leaves | Grain yield (g) | Biological yield (g) | 1000-seed weight (g) |
|----------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------|-----------------|----------------------|----------------------|
| PO1 | 28.77e | 1.16b | 41.22abcd | 17.44bc | 0.26c | 0.51d | 1.96def |
| PO2 | 24.33f | 3.05ab | 32.55d | 18.11bc | 0.30bc | 0.83bcd | 1.92fg |
| PO3 | 23.66f | 3.16ab | 50.44ab | 21.22ab | 0.46ab | 1.27ab | 1.75i |
| PO4 | 32bc | 3.16ab | 45.66abc | 20.33abc | 0.46ab | 1.11abc | 1.74i |
| PO5 | 22.88f | 3.72a | 45.33abc | 22.33a | 0.48ab | 1.51a | 1.96ef |
| PO6 | 23.77f | 2.27ab | 41.88abcd | 19abc | 0.47ab | 1.13abc | 1.78hi |
| PO7 | 35.33a | 2.83ab | 35.44cd | 18.88abc | 0.35abc | 0.82bcd | 1.73i |
| PO8 | 29.66de | 1.27b | 46.11abc | 19abc | 0.51a | 1.02abc | 1.9g |
| PO9 | 28.77e | 2.16ab | 52.66a | 19.22abc | 0.47ab | 1.15abc | 1.91g |
| PO10 | 31.66bcd | 2.5ab | 39.78bcd | 18bc | 0.39abc | 0.88bcd | 2.08b |
| PO11 | 32.11bc | 1.72ab | 53.33a | 19.22abc | 0.4abc | 1.04abcd | 1.81h |
| PO12 | 31.55bcd | 2.16ab | 47.88ab | 19.22abc | 0.53a | 1.19abc | 2.02c |
| PO13 | 30.66cde | 1.72ab | 38.33bcd | 19.22abc | 0.37abc | 0.96abcd | 1.92fg |
| PO14 | 33b | 1.83ab | 44.77abcd | 19.77abc | 0.43abc | 0.94bcd | 2cde |
| PO15 | 28.66e | 1.61ab | 50.66ab | 19abc | 0.5a | 1.15abc | 2.01cd |
| PO16 | 31.66bcd | 1.38b | 34.33cd | 17c | 0.34abc | 0.71cd | 2.19a |

در هر ستون میانگین‌های که حروف مشترک دارند در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means in each each column followed by the same letters are not significantly difference at 5% probability level.

تجزیه عاملی

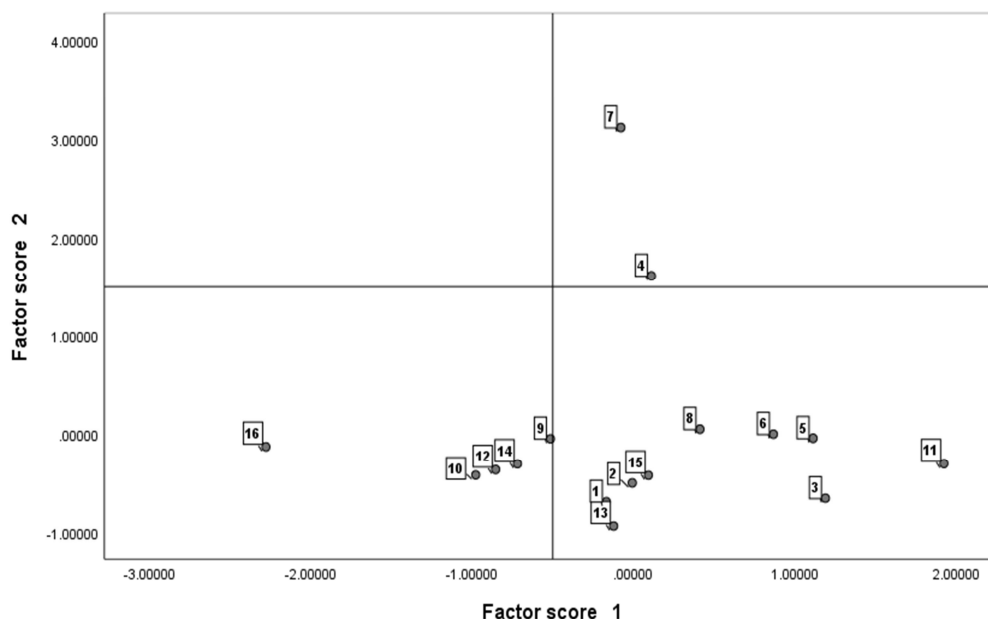
در تجزیه عاملی تعداد ۵ عامل استخراج شدند که در مجموع پس از دوران عامل‌ها با چرخش وریماکس ۸۶/۷۶۷ درصد از تنوع موجود بین صفات را توجیه نمودند (جدول ۴).

در عامل اول، صفات ارتفاع بوته، طول دم‌گل‌آذین، طول سنبله، شاخص برداشت و وزن هزاردانه دارای بیشترین بار عاملی بودند که می‌توان این عامل را به نام عامل قامت گیاه نامید که افزایش آن سبب مکانیزه کردن برداشت می‌گردد. عامل دوم که به نام عامل صفات فنولوژیکی نامگذاری می‌گردد، دارای بیشترین اهمیت در صفات روز تا ظهور سنبله، روز تا ۵۰ درصد سنبله‌دهی، روز تا گلدهی و روز تا رسیدن بودند و انتخاب اکوتیپ‌ها بر اساس این عامل می‌تواند منجر به انتخاب اکوتیپ با زمان رسیدن مناسب در گیاه شود. در عامل سوم که صفاتی مانند تعداد سنبله بارور، تعداد کل سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد برگ، عملکرد دانه در بوته و عملکرد زیستی در بوته دارای بالاترین ضرایب عاملی بودند، به‌عنوان عامل عملکرد شناخته شد که انتخاب بر اساس این عامل باعث برگزیده شدن اکوتیپ‌هایی با عملکرد بیشتر خواهد شد. صفات کیفی فاکتور تورم، میزان تورم در هر گرم موسیلاژ، میزان و درصد موسیلاژ بیشترین

ضرایب را در عامل چهارم نشان دادند، به همین دلیل این عامل به نام موسیلاژ نامگذاری شد که می‌تواند به عنوان یک معیار مهم در گزینش کیفیت اکوتیپ‌ها موثر باشد. عامل پنجم نیز به نام سنبله نابارور شناخته شد که کاهش آن، باعث افزایش تعداد سنبله بارور، تعداد دانه در سنبله و در نهایت منجر به افزایش عملکرد خواهد شد. چرخش وریماکس باعث شد که توزیع واریانس بین عامل‌ها متعادل‌تر شود و در عین حال در مقدار کل واریانس توجیه شده بین پنج عامل تغییری ایجاد نشود. موقعیت اکوتیپ‌های اسفرزه مورد مطالعه از نظر دو عامل اول که جمعا ۴۴/۰۹۸ درصد از واریانس را پس از چرخش وریماکس توجیه نمودند، در شکل ۱ ارایه شده است. اکوتیپ‌های PO7 و PO4 از نظر هر دو عامل اول دارای بار عاملی مثبت هستند.

تجزیه خوشه‌ای

در تجزیه خوشه‌ای با استفاده از داده‌های استاندارد شده، اکوتیپ‌ها در سه خوشه یا گروه تقسیم بندی شدند (شکل ۲). خوشه اول با داشتن ۶ اکوتیپ (PO1، PO2، PO10، PO13، PO14 و PO16) از نظر صفت وزن هزار دانه با یکدیگر شباهت داشتند (جدول ۵).



شکل ۱. نمایش اکوتیپ‌های اسفرزه مورد مطالعه از نظر دو عامل اول تجزیه عاملی.

Figure 1. Demonstration the studied *plantago ovata* ecotypes for the first two factors of factor analysis.

جدول ۴. تجزیه به عامل‌ها برای صفات مورد بررسی در اکوتیپ‌های اسفرزه.

Table 4. Factor analysis for the studied traits in *plantago ovata* ecotypes.

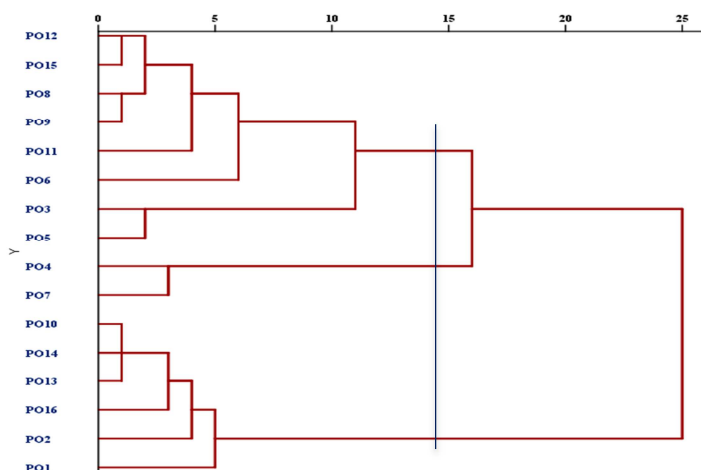
| Traits | Component | | | | |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Days to germination | -0.449 | 0.44 | -0.054 | -0.007 | -0.648 |
| Days to spikeing | 0.039 | 0.936 | -0.172 | -0.088 | 0.065 |
| Day to 50% spike | 0.168 | 0.929 | 0.159 | 0.023 | -0.046 |
| Days to flowering | 0.105 | 0.959 | 0.061 | -0.079 | -0.026 |
| Days to maturity | 0.068 | 0.984 | -0.075 | -0.007 | 0.059 |
| Plant height | 0.820 | 0.301 | 0.359 | 0.155 | 0.100 |
| Inflorescence tail length | 0.776 | 0.362 | 0.350 | 0.188 | 0.078 |
| Spike length | 0.831 | -0.027 | 0.239 | -0.143 | 0.249 |
| Number of fertile spikes | 0.087 | -0.089 | 0.920 | 0.141 | 0.162 |
| Number of infertile spikes | 0.320 | 0.347 | 0.313 | -0.146 | 0.755 |
| Total number of spikes | 0.263 | 0.196 | 0.723 | -0.012 | 0.559 |
| Number of grains per spike | 0.479 | -0.204 | 0.624 | -0.073 | -0.447 |
| Leaf length | 0.822 | 0.023 | 0.343 | 0.231 | -0.039 |
| Number of leaves | 0.597 | 0.091 | 0.610 | -0.110 | 0.279 |
| Grain yield | 0.240 | 0.013 | 0.873 | 0.286 | -0.118 |
| Biological yield | 0.515 | -0.048 | 0.789 | 0.152 | 0.167 |
| Harvest index | -0.689 | 0.176 | -0.144 | 0.051 | -0.523 |
| 1000-seed weight | -0.720 | -0.487 | 0.067 | -0.003 | -0.091 |
| Inflation factor | 0.037 | 0.010 | 0.229 | 0.675 | -0.411 |
| Inflation rate | 0.342 | 0.203 | -0.115 | 0.632 | -0.204 |
| Mucilage (%) | -0.034 | -0.139 | 0.137 | 0.931 | 0.103 |
| The amount of mucilage | -0.034 | -0.139 | 0.137 | 0.931 | 0.103 |
| Before varimax rotation | | | | | |
| Eigenvalues | 8.235 | 4.614 | 3.056 | 1.717 | 1.468 |
| Variance (%) | 37.430 | 20.972 | 13.889 | 7.804 | 6.672 |
| Cumulative variance (%) | 37.430 | 58.402 | 72.292 | 80.095 | 86.767 |
| After varimax rotation | | | | | |
| Eigenvalues | 5.089 | 4.613 | 4.233 | 2.903 | 2.251 |
| Variance (%) | 23.132 | 20.966 | 19.243 | 13.197 | 10.23 |
| Cumulative variance (%) | 23.132 | 44.098 | 63.34 | 76.538 | 86.767 |

جدول ۵. میانگین، اشتباه معیار ($\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$) و تجزیه واریانس صفات در گروه‌های تجزیه خوشه‌ای در اکوتیپ‌های اسفرزه.

Table 5. Mean, standard error ($\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$) and variance analysis of traits in the groups obtained from cluster analysis in *plantago ovata* ecotypes.

| Traits | Clusters | | | Total | Wilks' lambda |
|----------------------------|-----------------|--------------------|--------------|--------------|---------------|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| Days to germination | 30.018±3.11 | 27.639±3.68 | 33.666±2.35 | 29.285±3.76 | .702 |
| Days to spikeing | 48.944±2.16 | 50.486±1.17 | 67.111±14.92 | 51.986±7.24 | .325** |
| Day to 50% spike | 54.037±0.69 | 56.014±1.01 | 61.555±0.47 | 55.965±2.51 | .103** |
| Days to flowering | 58.463±1.38 | 60.069±1.34 | 67.111±2.35 | 60.347±3.06 | .197** |
| Days to maturity | 99.963±0.75 | 101.208±0.76 | 111.444±5.02 | 102.021±4.01 | .134** |
| Plant height(cm) | 15.102±1.22 | 17.924±1.57 | 18.222±0.47 | 16.903±1.93 | .445** |
| Inflorescence tail length | 13.194±1.09 | 15.715±1.45 | 16.250±0.19 | 14.837±1.77 | .442** |
| Spike length(cm) | 1.898±0.25 | 2.194±0.21 | 2.083±0.11 | 2.069±0.25 | .686 |
| Number of fertile spikes | 5.129±0.66 | 5.958±0.38 | 5.277±0.7 | 5.562±0.64 | .597* |
| Number of infertile spikes | 1.444±0.7 | 1.764±0.81 | 2.500±0.23 | 1.736±0.77 | .811 |
| Total number of spike | 6.518±1.1 | 7.680±1.1 | 7.777±0.94 | 7.257±1.17 | .747 |
| Number of grains per spike | 38.500±4.49 | 48.542±3.94 | 40.555±7.22 | 43.777±6.49 | .415** |
| Leaf length(cm) | 9.398±0.69 | 12.292±1.27 | 10.833±0.54 | 11.024±1.69 | .33** |
| Number of leaves | 18.259±1.05 | 19.777±1.27 | 19.611±1.02 | 19.187±1.32 | .684 |
| Grain yield(g) | 0.349±0.06 | 0.482±0.03 | 0.412±0.07 | 0.423±0.08 | .401** |
| Biological yield(g) | 0.809±0.16 | 1.209±0.13 | 0.965±0.2 | 1.029±0.24 | .364** |
| Harvest index | 44.629±4.96 | 40.834±4.25 | 44.955±0.81 | 42.772±4.55 | .806 |
| 1000-seed weight(g) | 2.016±0.1 | 1.898±0.1 | 1.741±0.01 | 1.922±0.13 | .521* |
| Inflation factor | 10.491±1.72 | 11.171±1.66 | 10.417±0.47 | 10.821±1.56 | .946 |
| Inflation rate | 57.703±6.33 | 63.556±12.49 | 61.775±6.19 | 61.139±9.83 | .918 |
| Mucilage (%) | 18.260±2.56 | 20.053±4.14 | 17.287±0.91 | 19.035±3.38 | .895 |
| The amount of mucilage | 0.183±0.02 | 0.200±0.04 | 0.172±0.01 | 0.190±0.03 | .895 |
| Genotypes number | 1,2,10,13,14,16 | 3,5,6,8,9,11,12,15 | 4,7 | - | - |

* و **: به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد. *، **: Significantly difference at the 5% and 1% of probability level, respectively.



شکل ۲. دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای در اکوتیپ‌های اسفرزه مورد مطالعه.

Figure 2. Dendrogram resulting from cluster analysis in the studied *plantago ovata* ecotypes.

قرار گرفت. تجزیه واریانس ساده بین ژنوتیپ‌های سه خوشه با شاخص ویلکس لامبدا و با استفاده از آزمون F نشان داد که از ۲۲ صفت مورد مطالعه تعداد ۱۲ صفت معنی‌دار بودند (جدول ۵). در مطالعه‌ای در بررسی تنوع ژنتیکی ۶۵ ژنوتیپ گیاه اسفرزه، ژنوتیپ‌ها در ۹ خوشه گروه‌بندی شدند و تعداد سنبله مهمترین عامل تنوع شناخته شد (Lal et al., 1999).

نتیجه‌گیری کلی

تنوع ژنتیکی در اکوتیپ‌های اسفرزه مورد مطالعه قابل توجه بوده است و لذا می‌توان اقدام به انتخاب اکوتیپ‌ها برتر نمود و یا نسبت به انتخاب والدین مناسب برای ایجاد تنوع بیشتر از طریق دورگ‌گیری نمود. اکوتیپ‌های PO12، PO15، و PO6 با توان تولید بالا از لحاظ صفات مطلوب کمی و کیفی می‌توانند در برنامه‌های به‌نژادی مورد استفاده قرار گیرند. وجود فاصله ژنتیکی مناسب در بین اکوتیپ‌های مورد مطالعه، امکان استفاده از این اکوتیپ‌ها را در برنامه‌های به‌نژادی مبتنی بر گزینش، توسعه و تولید ارقام با عملکرد و میزان موسیلاژ بالا و تشکیل جوامع نقشه‌یابی را فراهم می‌کند.

خوشه دوم شامل اکوتیپ‌های PO3، PO5، PO6، PO8، PO9، PO11، PO12 و PO15 بود که از لحاظ صفات مهم کمی و کیفی (طول سنبله، تعداد سنبله بارور، تعداد دانه در سنبله، طول برگ، تعداد برگ، عملکرد دانه در بوته، عملکرد زیستی، فاکتور و درصد تورم، میزان و درصد موسیلاژ)، دارای برتری نسبی به سایر خوشه‌ها بوده است و لذا می‌توان گزینش بیشتری را بر روی این اکوتیپ‌ها انجام داد. حداقل و حداکثر تفاوت بین اکوتیپ‌ها به ترتیب بین PO12 با PO15 از خوشه دوم (با مربع فاصله اقلیدوسی ۸/۸۷) و بین PO1 از خوشه اول و PO5 از خوشه دوم (با مربع فاصله اقلیدوسی ۱۲۸/۰۳) برآورد شد.

از آنجایی که اکوتیپ‌های موجود در هر یک از خوشه‌ها دارای قرابت ژنتیکی بیشتری نسبت به اکوتیپ‌های موجود در خوشه‌های دیگر هستند، بنابراین در صورت نیاز به دورگ‌گیری می‌توان با توجه به اکوتیپ‌های موجود در گروه‌های مختلف، برای بهره‌وری بیشتر از پدیده‌هایی همچون هتروزیس و تفکیک متجاوز استفاده کرد. صحت نتایج تجزیه خوشه‌ای با استفاده از تجزیه تابع تشخیص مورد تایید

REFERENCES

1. Acquaah, G. (2007). *Principles of plant genetics and breeding*. Blackwell Publishing Ltd.
2. Basudehradun, B. D., S. Bisha & S. Manhendrapol. 1989. *Indian Medicinal Plants*. Vol 1-5. Today and Tomorrow's Pub.
3. Chadho, K. L., & Rajender. G. (1995). *Advances in horticulture medicinal and aromatic plants*. Vol 11. Maldorta. Pub. New Delhi.

4. Diepenbrock, W. (2000). Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Field Crops Research*, 67, 35-49.
5. Donald, C. M. (1963). Competition among crop and pasture plants. *Advances in Agronomy*, 15, 1-118.
6. Ebrahimzadeh Maboud, H., Mir Masoumi, M., & Fakhra Tabatabai, S.M. (1997). Investigation of mucilage production aspects in some regions of Iran with cultivation of *Plantago ovata*, Barhang, Psyllium. *Pajouhesh VA Sazandgi*, 4 (33): 46-51. (In Farsi).
7. Gharayazi, B. (1996). DNA marker application in plant breeding. 4th Iranian Crop Science Conference. Isfahan University, 328-340. (In Farsi).
8. Gupta, M., Kaul, S., & Dhar, M.K. (2018). Identification and characterization of some putative genes involved in arabinoxylan biosynthesis in *Plantago ovata*. *3 Biotech*, 8(6), 266. <https://doi.org/10.1007/s13205-018-1289-9>.
9. Johnson, R.A., & Wichern, D.W. (1988). *Applied multivariate statistical analysis*. Prentice Hall International Inc. New York, 507p.
10. Kouchaki, A., Nasiri Mahallati, M., & Najafi, F. (2004). Biodiversity of medicinal and aromatic plants in the ecosystem of Iranian cropping systems. *Iranian Journal of Crop Research*, 2 (2), 200-208. (In Farsi).
11. Krichen, L., Audergon J.M., & Trifi-Tarah, N. (2012). Relative efficiency of morphological character and molecular marker in the establishment of an apricot core collection. *Heredity*, 149, 163- 172.
12. Lal, R. K., Sharma, J. R., & Sharma, S. (1999). Genetic diversity in germplasm of isabgol (*Plantago ovata*). *Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants*, 6, 73-80.
13. Makizadeh Tafti, M., Naqdiyadi, H., A., Rezazadeh, S., A., Ajni, Y., & Kadkhoda, Z. (2010). Evaluation of botanical characteristics and yield and essential oil components of *Thymus carmanicum* Jasas. *Journal of Medicinal Plants*, 9 (36): 65-57. (In Farsi).
14. BeMiller, J.N. (1973). Quince Seed, Psyllium Seed, Flaxseed and Okra Gums, In: R.S. Whistler & J.N. Bemiller (Eds), *Industrial Gums*. (pp. 331-337) (2nd ed.), Academic Press.
15. Mirjalili, S. A. (2008). *Recognition of medicinal and aromatic plants*, Volume 2. Jihad Keshavarzi Institute of Higher Education Publication. (In Farsi).
16. Mir Masoumi, M. (1992). *Investigation of mucilage in Barhang genus with tissue culture and field cultivation*. M.Sc. Thesis in Plant Science. University of Tehran. (In Farsi).
17. Moghaddam, M. (2011). *Study of genetic diversity using molecular, morphological and phytochemical markers of some basil populations*. Ph.D. Thesis. Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University. (In Farsi).
18. Mohammadi, S.A., & Prasanna, B.M. (2003). Analysis of genetic diversity in crop plants-salient statistical tools and considerations. *Crop Science*, 43, 1235-1248.
19. Moghaddam, M., Omid Beigi, R., Salimi, A., & Naqavi, M.R. (2013). Investigation of morphological diversity of Iranian native basil cultivars (*Ocimum spp.*). *Iranian Journal of Horticultural science*, 44 (3), 227-243. (In Farsi).
20. Moradi, M., & ghodrati, GH. R. (2010). The correlation and path analysis for yield and agronomic traits of spring *Brassica napus* L. varieties. *Journal Crop Physiology*, 2, 61-70. (In Farsi).
21. Najafi, F., & Rezvani Moghaddam, P. (2001). Effect of different irrigation regimes and density on yield and agronomic characteristics of *Plantago ovata* Forssk. *Iranian Journal of Agriculture Sciences and Technology*, 16, 59-67. (In Farsi).
22. Phan, J.L., Cowley, J.M., Neumann, K.A., Herliana, L., O'Donovan, L. A., and Burton, R. A. (2020). The novel features of *Plantago ovata* seed mucilage accumulation, storage and release. *Scientific Report*, 10: 11766.
23. Rahimi, S. (2007). *Evaluation of genetic diversity of Iranian coriander using molecular and phytochemical markers*. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University. (In Farsi).
24. Saeedi AbuIshaqi, K. A. (2008). *The effect of climatic factors on the active ingredients of Rosa canina in southwestern Iran*. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University. (In Farsi).
25. Safaei, L., & Zinley, H. (2007). Comparison of yield and other characteristics related to grain yield in fennel cultivars and populations, *The Ninth Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding*, 5-7 September, University of Tehran, College of Abouraihan. (In Farsi).
26. Safaeian, N., Alamzadeh Ansari, N., & Mousavi, M. (2014). Collection and evaluation of genetic diversity of some native populations of Iranian coriander according to some morphological and antioxidant traits. *Iranian Journal of Horticultural science*, 45(4), 417-427. (In Farsi).
27. Shahsavaran, A. (2001). Applications of plant biotechnology and its importance for the country, Iranian Network of Technology Analysis. (In Farsi).
28. Sharma, P. K., & Koul, A K. (1986). Musilage in seed of *plantago ovate* and its wild allies. *Journal of Ethnopharmacology*, 17, 289-95.

29. Simpson, BB., & Conner-ogorzaly, M. (1986). *Economic botany*. MC Graw- Hill. Singapore. pp: 327-37.
30. Singh, D., Chand, S., Anvar, M. & Patra. D. (2003). Effect of organic and inorganic amendment on growth and nutrient accumulation by isabgol (*Plantago ovata*) in sodic soil under greenhouse conditions. *Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences*, 25, 414-419.
31. Singh, S.K. (2003). Cluster analysis for heterosis in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Indian Journal of Genetics*, 63, 249-250.
32. Tabrizi, L., Nasiri Mahallati, M., & Kouchaki, A., L. (2004). Evaluation of minimum, optimal and maximum germination temperatures of *plantago ovata* and psyllium. *Iranian Journal of Crop Research*, 2 (2), 143-151. (In Farsi).
33. Vahabi, A.A., Lotfi, A., Solouki, M., & Bahrami, S. (2008). Molecular and morphological markers for the evaluation of diversity between *Plantago ovata* in Iran. *Biotechnology*, 7, 702-709.
34. Warburton, M., & Hoisington, D. (2001). *Applications of molecular marker techniques to the use of international germplasm collections*. CAB International Publishing: New York, pp: 83-93.
35. Zhang, P., Dreisigacker, S., Buerkert, A., Alkhanjari, S., Melchinger, A.E. & Warburton, M.L. (2006). Genetic diversity and relationships of wheat landraces from Oman investigated with SSR markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 53, 1351-1360.