



علوم و تحقیقات بذر ایران
سال سوم / شماره دوم / ۱۳۹۵ (۲۵ - ۱۳)



مطالعه تنوع ژنتیکی تحمل به تنش خشکی در اکوتیپ‌های کاسنی (*Cichorium intybus* L.) بر اساس تجزیه و تحلیل چند متغیره

فرزانه عساکره^۱، زهرا خدارحم‌پور^{۲*}

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۱۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۸/۳۰

چکیده

به منظور بررسی تنوع ژنتیکی و گروه‌بندی اکوتیپ‌های کاسنی در شرایط تنش خشکی با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره آزمایشی به صورت آزمایش فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در سال ۱۳۹۲ در آزمایشگاه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز اجرا گردید. فاکتور اول شامل ۲۶ اکوتیپ کاسنی و فاکتور دوم سطوح مختلف تنش خشکی ناشی از پلی-اتیلن‌گلیکول ۶۰۰۰ در ۵ سطح ۰، ۲، ۴، ۶، ۸- بار بود. ویژگی‌های درصد و سرعت جوانه‌زنی، متوسط زمان جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، طول گیاهچه، نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه، وزن تر و خشک گیاهچه، نسبت وزن خشک به وزن تر گیاهچه و شاخص بنیه بذر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اکوتیپ، تنش خشکی و اثر متقابل اکوتیپ در تنش خشکی برای کلیه ویژگی‌ها معنی‌دار بودند. بیش‌ترین همبستگی مثبت و معنی‌دار بین طول ریشه‌چه و طول گیاهچه به دست آمد. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، ۱۱ صفت بررسی شده را به ۳ مؤلفه تقلیل و بر اساس آن ۷۹ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کرد. در بای‌پلات ترسیمی براساس مؤلفه‌های اول و دوم و تجزیه خوشه‌ای براساس کلیه ویژگی‌های مطالعه شده اکوتیپ‌ها به ۳ گروه تقسیم شدند. اکوتیپ‌های خوشه سوم شامل ۱۵۰۰۸، ۱۵۰۸۴، ۲۳۹۸ و ۳۶۵۴۶ بوده و با توجه به این که از نظر کلیه ویژگی‌ها برتر از سایر خوشه‌ها می‌باشند بنابراین این اکوتیپ‌ها نسبت به سایر آنها از تحمل بیش‌تری نسبت به خشکی برخوردارند. بر اساس نتایج این مطالعه، استفاده از این اکوتیپ‌ها برای برنامه‌های اصلاحی آینده تحمل به خشکی توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، تجزیه کلاستر، تنش خشکی، کاسنی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد، بروجرد، ایران

۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر، شوشتر، ایران.

* نویسنده مسئول: Zahra_khodarahm@yahoo.com

مقدمه

گیاه کاسنی با نام علمی *Cichorium intybus* و نام انگلیسی Chicory، از تیره *Asteraceae* می‌باشد. این گیاه علفی و دارای ساقه‌ای با ارتفاع ۰/۵ تا ۲ متر می‌باشد (Rezaei Nejad, 2010). در طب سنتی بررسی‌های زیادی روی گیاه کاسنی انجام شده است و در دهه اخیر هم با توجه به جایگزینی ترکیبات دارویی گیاهی به جای داروهای شیمیایی این گیاه از اهمیت خاصی برخوردار است. این گیاه مشکلات گوارشی، کبد و کیسه صفرا را رفع می‌نماید. همچنین دارای خواص همچون اشتهاآور، درمان سوء هاضمه و مدر، مقوی معده، تصفیه‌کننده خون، ملین، صفرا بر و تب بر، درمان قولنج‌های کبدی، زردی، هیستری، آب آوردن انساج، بیماری‌های مزمن پوست، عفونت مجاری ادرار، کم‌خونی، نقرس و رماتیسم می‌باشد (Ahvazi et al., 2010).

در بین تنش‌های غیر زیستی، خشکی و شوری بیش‌ترین اثر را روی گیاهان دارویی دارند. رشد و تولید اسانس این گیاهان توسط عوامل مختلف محیطی مانند تنش خشکی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. تنش خشکی از جمله عواملی است که بر میزان جذب عناصر غذایی تأثیر می‌گذارد. تنش خشکی می‌تواند با تغییر اختلاف پتانسیل و تأثیر بر قدرت جذب آب و املاح توسط ریشه‌ها باعث تغییر میزان جذب عناصر توسط گیاه شود (Burbott and Loomis, 1969). پلی اتیلن- گلاکول یک پلیمر قابل انعطاف و غیرسمی بوده و می‌تواند باعث ایجاد فشار اسمزی منفی گردد. همچنین تمایلی به واکنش با مواد شیمیایی و بیولوژیک ندارد که این خصوصیت، پلی اتیلن گلاکول را به یکی از مفیدترین مولکول‌ها برای ایجاد فشار اسمزی منفی در آزمایش‌های بیوشیمیایی تبدیل کرده است. در بسیاری از گیاهان برای ایجاد تنش خشکی از پلی اتیلن گلاکول استفاده شده است و در مقالات متعدد به دلیل عدم تحرک، غیر یونی و غیرسمی بودن و عدم قابلیت نفوذ از آن به عنوان یک اسمولایت مؤثر و مناسب نام برده شده است (Macar et al., 2009).

کرمانی و همکاران (Kermani et al., 2008) به بررسی تنوع ژنتیکی درون و بین گونه زیره سبز و زیره سفید پرداختند. براساس تجزیه خوشه‌ای این دو گونه به طور کامل از هم تفکیک شدند. امین جورآبادی و همکاران (Amin

Jorabadi et al., 2012) با مطالعه روی ماریتیغال *Silybum marianum* اعلام کردند که، با انجام تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با پنج مؤلفه اول ۷۷/۸۷ درصد از کل واریانس داده‌ها توجیه شد. تجزیه خوشه‌ای جمعیت‌ها را بر اساس ویژگی‌های مورد بررسی به ۵ گروه مجزا تقسیم نمود. تاجی و همکاران (Taji et al., 2013) با مطالعه اکوتیپ‌های مریم‌گلی (*Salvia nemorosa* L.) و مریم‌گلی مزرعه‌روی (*Salvia sclarea* L.) در شرایط تنش خشکی در آزمایشگاه گزارش کردند که بیش‌ترین همبستگی مثبت و معنی‌دار در مریم‌گلی بین طول ریشه‌چه و طول گیاهچه و در مریم‌گلی مزرعه‌روی بین درصد جوانه‌زنی و بنیه بذر به‌دست آمد. با جمع‌بندی نتایج مقایسه میانگین، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، بای‌پلات و تجزیه کلاستر مشخص شد که در مریم‌گلی اکوتیپ‌های ۳۰۲۴۸، ۲۹۷۱۴ و ۲۱۵۹۵ و در مریم‌گلی مزرعه‌روی اکوتیپ‌های ۲۳۹۰۱، ۸۳۷۶، ۳۰۲۴۱، ۳۰۲۳۸ و ۳۰۲۰۳ متحمل به تنش خشکی بودند. نجات‌زاده و طهماسبی (Nejatzadeh and Tahmasebi, 2013) با بررسی تنوع ژنتیکی جمعیت‌های مختلف گیاه صبر زرد *Aloe vera* با استفاده از ویژگی‌های مورفولوژیک و با بررسی ۵۰ نمونه از جمعیت‌های *Aloe vera* از ۵ منطقه مختلف جنوب ایران نشان دادند که تجزیه خوشه‌ای جمعیت‌های مورد مطالعه را در ۳ گروه مجزا قرار داد. سلامتی و زینالی (Salamati and Zeinali, 2013) با بررسی روی جمعیت‌های زیره سبز گزارش نموده‌اند که تنوع جغرافیایی با تنوع ژنتیکی مطابقت نداشته است و علت را معاوضه مواد خام بین مناطق مختلف کشور دانستند.

با افزایش تقاضا برای گیاهان دارویی در طب سنتی و داروسازی، برخی از آن‌ها در سطح اقتصادی کشت می‌شوند، اما کمبود آب یک مشکل جدی در کشت این گیاهان می‌باشد (Abdul Jaleel et al., 2007). طی سال‌های اخیر تلاش‌های زیادی به منظور حصول منابع جدید ژنتیکی به منظور بهره‌برداری و حمایت از طرح‌های به‌نژادی صورت گرفته است (Mackay et al., 2005). تنوع ژنتیکی نقش بسیار مهمی را در اصلاح نباتات ایفا می‌کند زیرا دورگ‌های حاصل از لاین‌های دارای تنوع ژنتیکی بیشتر، هتروزیس بیشتری را نسبت به نژادهای نزدیک به هم نشان می‌دهند.

بررسی قرار گرفت. پتانسیل‌های خشکی توسط روش فیشر (Fisher, 1985) با استفاده از پلی‌اتیلن‌گلیکول ۶۰۰۰ تهیه شد.

در زمان اجرای آزمایش دمای آزمایشگاه ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود. ابتدا بذر هر اکوتیپ به‌طور جداگانه در یک بشر ریخته و با آب مقطر چند بار شستشو داده شدند. سپس در محلول هیپوکلریت سدیم (وایتکس) ۵ درصد به‌مدت ۱ دقیقه قرار داده شد و خوب هم‌زده تا سطح بذر به محلول آغشته شدند. سپس مجدداً چند بار با آب مقطر شستشو داده و از هر اکوتیپ ۲۵ بذر در پتری‌های حاوی کاغذ صافی که قبلاً در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴-۵ ساعت ضد عفونی شده بودند، کشت شدند. بعد از آماده‌سازی مقدمات آزمایش، در هر پتری ۲۵ بذر قرار داده و روی پتری‌ها برچسب زده شد. سپس تیمارهای خشکی اعمال شدند. به‌منظور اندازه‌گیری جوانه‌زنی بذر بعد از قرار دادن بذر در پتری و اعمال تنش خشکی بر آن‌ها، از روز دوم، هر روز تا روز چهاردهم تعداد بذر جوانه‌زده شمارش شدند. یک بذر وقتی جوانه‌زده محسوب شد که طول ریشه‌چه آن حدود ۲ میلی‌متر باشد. در این آزمایش ویژگی‌های زیر مورد بررسی قرار گرفت. درصد جوانه‌زنی براساس فرمول زیر محاسبه گردید (Scote et al., 1984):

$$\text{رابطه (۱)} \quad GP = \frac{\text{تعداد بذور جوانه‌زده در دوره آزمایش}}{\text{کل بذور کاشته شده}} \times 100$$

متوسط زمان جوانه‌زنی مطابق معادله زیر محاسبه شد (Ellis and Roberts, 1981):

رابطه (۲)

$$MGT = \frac{\sum nt}{\sum n}$$

MGT: متوسط زمان جوانه‌زنی، n: تعداد بذر جدید که در زمان t جوانه‌زده‌اند، t: روزها یا ساعت‌های بعد از کاشت سرعت جوانه‌زنی نیز بر اساس فرمول زیر محاسبه شد (Kotowski, 1926):

$$\text{رابطه (۳)} \quad G.S = \frac{\sum n}{\sum n(n \times DN)} \times 100$$

G.S: سرعت جوانه‌زنی، n: تعداد بذر جوانه‌زده در روزهای شمارش جوانه‌زنی، DN: تعداد روزهای شمارش دوره جوانه‌زنی.

تجزیه و تحلیل تنوع ژنتیکی در ژرم‌پلاسم به‌ویژه با افزایش تعداد متغیرها و اندازه نمونه نیازمند استفاده از روش‌های آماری پیشرفته می‌باشد. بهره‌گیری از این گونه ابزارها امکان طبقه‌بندی دقیق نمونه‌های تحت ارزیابی را فراهم می‌نماید و اصلاح‌گر را در تشخیص مواد ژنتیکی مورد نیاز خود جهت برنامه‌های بعدی و پیشبرد سریع‌تر اهداف اصلاحی یاری می‌نماید (Mohammadi and Prasanna, 2003).

مرحله جوانه‌زنی در تعیین تراکم بوته در واحد سطح اهمیت زیادی دارد. تراکم کافی زمانی به‌دست می‌آید که بذورهای کشت شده به‌طور کامل و با سرعت کافی جوانه بزنند. از سوی دیگر میزان ظاهر شدن و یکنواختی ظهور گیاهچه به درصد و سرعت جوانه‌زنی بستگی دارد. کاهش پتانسیل آب سبب بروز اختلال در جوانه‌زنی بذر اغلب گیاهان شده و منجر به استقرار ضعیف گیاهچه و در نهایت کاهش تولید می‌شود. بالا بودن مقدار تبخیر و تعرق، محدودیت منابع آبی و سایر عوامل باعث توجه بیشتر به مطالعه در مورد اثرات تنش خشکی و انتخاب توده‌های متحمل به خشکی شده است. بنابراین با توجه به اهمیت گیاهان دارویی، اثرات مخرب خشکی و اهمیت وجود تنوع ژنتیکی در ژرم‌پلاسم کاسنی، این پژوهش به بررسی تنوع ژنتیکی بخشی از اکوتیپ‌های کاسنی در مرحله جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی پرداخته است تا با تعیین متحمل‌ترین اکوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی در این مرحله، تعیین ویژگی‌های شاخص و ارتباط میان ویژگی‌ها در این مرحله از رشد، راه‌کارهای اصلاحی برای برنامه‌های آینده ارائه دهد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال ۱۳۹۲ در آزمایشگاه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز اجرا شد. این آزمایش به‌صورت آزمایش فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی (CRD) با ۳ تکرار انجام شد. عامل اول شامل ۲۶ اکوتیپ کاسنی، که این بذرها از مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور تهیه شدند (جدول ۱) و عامل دوم سطوح مختلف تنش خشکی ناشی از غلظت‌های مختلف پلی‌اتیلن‌گلیکول ۶۰۰۰ در ۵ سطح صفر (آب مقطر)، ۲-، ۴-، ۶- و ۸- بار بود. در این آزمایش جوانه‌زنی و ویژگی‌های گیاهچه بذر اکوتیپ‌ها مورد

شاخص بنیه بذر با استفاده از فرمول زیر برآورد شد (1975) Shaheer (Abdul-baki and Anderson, 1975):
 شاخص بنیه بذر، %Gr: درصد جوانه‌زنی، MSH: میانگین طولی گیاهچه (ریشه‌چه و گیاهچه)

$$Vi = \frac{\%Gr \times MSH}{100} \quad \text{رابطه (۴)}$$

جدول ۱- اکوتیپ‌های مورد بررسی در آزمایش

Table 1. Studied chicory ecotypes in experiment.

ردیف Row	اکوتیپ Ecotype	استان Province	ردیف Row	اکوتیپ Ecotype	استان Province
1	22377	مرکزی Markazi	14	33289	قزوین Ghazvin
2	36546	کرمان Markazi	15	32538	قم Gom
3	2398	مرکزی Markazi	16	31337	خوزستان Khuzestan
4	22257	مرکزی Markazi	17	11015	مرکزی Markazi
5	33220	همدان Hamedan	18	14274	لرستان Lorestan
6	13711	مازندران Mazandaran	19	32552	قم Gom
7	35156	آذربایجان غربی Azarbayejan Gharbi	20	15008	خوزستان Khuzestan
8	13221	گیلان Gilan	21	15084	مرکزی Markazi
9	36103	مرکزی Markazi	22	26982	گیلان Gilan
10	35750	خوزستان Khuzestan	23	13558	مرکزی Markazi
11	30560	اردبیل Ardabil	24	27003	گیلان Gilan
12	28303	اصفهان Isfahan	25	26615	قم Gom
13	26992	گیلان Gilan	26	15633	مرکزی Markazi

طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه بر اساس میانگین از ۵ گیاهچه با کمک خط‌کش‌های پارچه‌ای با دقت میلی‌متر اندازه‌گیری شد. به این منظور خمیدگی گیاهچه باز شده و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه از انتها تا محل اتصال به بذر اندازه‌گیری شد. متوسط وزن تر گیاهچه با نمونه‌برداری از ۵ گیاهچه شاخص در هر پتری به‌وسیله ترازو و با دقت میلی‌گرم اندازه‌گیری شد. سپس هر گیاهچه را به-منظور اندازه‌گیری وزن خشک در فویل آلومینیومی پیچانده و در دستگاه آون در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده و دوباره آن‌ها با ترازو وزن شدند. در نهایت داده‌های حاصل از اندازه‌گیری ویژگی‌های مختلف با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹/۲ تجزیه واریانس شدند. قبل از تجزیه واریانس تبدیل آرک‌سینوس برای داده‌های مربوط به درصد جوانه‌زنی انجام شد. همبستگی بین ویژگی‌ها، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، رسم بای‌پلات، تجزیه کلاستر و تجزیه تابع تشخیص اکوتیپ‌ها با استفاده از نرم افزار Minitab نسخه ۱۶ صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس

نتایج تجزیه واریانس در جدول ۲ نشان داد که همه ویژگی‌های اندازه‌گیری شده برای عامل اکوتیپ، تنش خشکی و اثر متقابل اکوتیپ در تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند، که این نتیجه نشان‌دهنده تنوع گسترده برای ویژگی‌های مورد مطالعه در اکوتیپ‌های این گونه از کاسنی می‌باشد و از تنوع موجود می‌توان برای تولید جمعیت‌های در حال تفکیک و ارقام جدید استفاده کرد. تاجی و همکاران (Taji *et al.*, 2013) با بررسی اکوتیپ‌های مریم‌گلی و مریم‌گلی مزرعه‌روی در شرایط تنش خشکی در آزمایشگاه معنی‌داری عوامل مورد بررسی را در کلیه ویژگی‌ها اعلام کردند.

همبستگی بین ویژگی‌ها

برای بررسی و ردیابی وجود یا عدم وجود رابطه خطی بین ویژگی‌های مورد مطالعه از ضرایب همبستگی پیرسون استفاده شد (جدول ۳). نتایج نشان داد که درصد جوانه‌زنی با طول ساقه‌چه و وزن تر گیاهچه همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت و با نسبت وزن خشک به وزن تر گیاهچه همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد. از بین کل ویژگی‌ها میانگین زمان جوانه‌زنی، بیشترین همبستگی منفی و معنی‌دار را با سرعت جوانه‌زنی (**۰/۹۶-) نشان داد. همچنین با ویژگی‌های طول ساقه‌چه، ریشه‌چه و گیاهچه و شاخص بنیه بذر نیز همبستگی منفی و معنی‌دار داشت. سرعت جوانه‌زنی با طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، طول گیاهچه و شاخص بنیه بذر همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد. همچنین طول گیاهچه با نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه، وزن تر و وزن خشک گیاهچه همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. وزن تر گیاهچه با صفت وزن خشک و شاخص بنیه بذر همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. تاجی و همکاران (Taji *et al.*, 2013) با مطالعه اکوتیپ‌های مریم‌گلی و مریم‌گلی مزرعه‌روی در شرایط تنش خشکی در آزمایشگاه گزارش کردند که بیش‌ترین همبستگی مثبت و معنی‌دار در مریم‌گلی بین طول ریشه‌چه و طول گیاهچه و در مریم‌گلی مزرعه‌روی بین درصد جوانه‌زنی و بنیه بذر به‌دست آمد.

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، معمولاً قبل از تجزیه خوشه‌ای انجام می‌شود تا اهمیت نسبی متغیرهایی که در گروه‌بندی خوشه‌ها نقش دارند، روشن شود (Jackson, 1991). در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (جدول ۴) سهم مؤلفه‌ها، سهم تجمعی و بردارهای مشخصه متناظر با هر ریشه به دست آمد. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، ۱۱ صفت مورد مطالعه را به ۳ مؤلفه تقلیل و بر اساس آن ۷۸/۹ درصد از تغییر کل داده‌ها را توجیه کرد. در مؤلفه اول ویژگی‌های طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، طول گیاهچه و صفت شاخص بنیه بذر دارای ضرایب عاملی مثبت شدند. با توجه به این که این ویژگی‌های مطلوب دارای ضرایب عاملی مثبت شدند، پس باید مؤلفه اول تا حد امکان افزایش پیدا کند و این مؤلفه دارای حساسیت پایین به تنش خشکی می‌باشد. همچنین این مؤلفه دارای گیاهچه و شاخص بنیه بذر نام‌گذاری شد. در مؤلفه دوم متوسط زمان جوانه‌زنی، وزن تر گیاهچه و وزن خشک گیاهچه دارای ضرایب عاملی مثبت و صفت سرعت جوانه‌زنی دارای ضریب عاملی منفی شدند، با توجه به این که صفت مطلوب سرعت جوانه‌زنی ضریب عاملی منفی و صفت نامطلوب متوسط زمان جوانه‌زنی ضریب عاملی مثبت نشان دادند، افزایش سرعت جوانه‌زنی و کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی توصیه می‌شود، پس مؤلفه دوم تا حد امکان باید کاهش یابد و این مؤلفه حساس به خشکی می‌باشد. همچنین این مؤلفه به نام ویژگی‌های جوانه‌زنی و وزن گیاهچه نام‌گذاری شد. به همین ترتیب در مؤلفه سوم صفت درصد جوانه‌زنی دارای ضریب عاملی مثبت و صفات نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه و نسبت وزن خشک به تر ضریب عاملی منفی نشان دادند. امین جورآبادی و همکاران (Amin Jorabadi *et al.*, 2012) با مطالعه روی ماریتیغال اعلام کردند که، با انجام تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با پنج مؤلفه اول ۷۷/۸۷ درصد از کل واریانس داده‌ها توجیه شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس میانگین مربعات ویژگی‌های بررسی شده روی اکوتیپ‌های کاسنی در شرایط تنش خشکی

Table 2. Analysis of variance on mean of squares of studied traits of chicory ecotypes in drought stress condition

منابع تغییرات Source on variance	درجه آزادی Degree of freedom	درصد جوانه‌زنی Germination %	متوسط زمان جوانه‌زنی Mean germination time	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	طول ساقچه Plumule length	طول ریشه‌چه Radicle length
اکوتیپ Ecotype	25	2539.77**	4.38**	0.04**	4.29**	23.14**
تنش خشکی Drought stress	4	10545.86**	46.48**	0.36**	23.79**	54.81**
اکوتیپ×تنش خشکی Ecotype×Drought stress	100	567.002**	1.10**	0.007**	0.38**	2.07**
خطا Error	260	67.15	0.19	0.001	0.106	0.66
درصد ضریب تغییرات Coefficient of variation %		13.82	13	12.8	24.78	34.05

** : significant at 1% probability level

** : معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

ادامه جدول ۲.

Table 2 continued.

منابع تغییرات Source on variance	طول گیاهچه Seedling length	نسبت طول ریشه‌چه به ساقچه Radicle/plumule length ratio	وزن تر گیاهچه Wet weight of seedling	وزن خشک گیاهچه Dry weight of seedling	نسبت وزن خشک به تر گیاهچه Dry/wet weight ratio	شاخص بنیه بذر Index seed vigour
اکوتیپ Ecotype	35.14**	5.26**	40372.26**	207.29**	0.03**	26.31**
تنش خشکی Drought stress	100.26**	31.36**	16131.12**	56.29**	0.59**	61.86**
اکوتیپ×تنش خشکی Ecotype×Drought stress	2.98**	1.17**	5827.26**	7.06**	0.02**	2.55**
خطا Error	0.92	0.5	1321.26	3.15	0.009	0.72
درصد ضریب تغییرات Coefficient of variation %	26.29	35	51	37	58	34

** : significant at 1% probability level

** : معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

جدول ۳- ضرایب همبستگی ساده ویژگی‌های مورد مطالعه اکوتیپ‌های کاسنی در شرایط تنش خشکی
 Table 3. Correlation coefficients of studied traits chicory ecotypes in drought stress condition

صفات Traits	درصد جوانه‌زنی Germination%	متوسط زمان جوانه‌زنی Mean germination time	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	طول ساقه‌چه Plumule length	طول ریشه‌چه Radicle length	طول گیاهچه Seedling length	نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه Radicle length /plumule length ratio	وزن تر گیاهچه Wet weight of seedling	وزن خشک گیاهچه Dry weight of seedling	نسبت وزن خشک به تر گیاهچه Dry weight /wet weight ratio
متوسط زمان جوانه‌زنی Mean germination time	-0.25 ^{ns}	1								
سرعت جوانه‌زنی Germination rate	0.36 ^{ns}	-0.96**	1							
طول ساقه‌چه Plumule length	0.40*	-0.58**	0.61**	1						
طول ریشه‌چه Radicle length	0.32 ^{ns}	-0.59**	0.60**	0.83**	1					
طول گیاهچه Seedling length	0.36 ^{ns}	-0.58**	0.63**	0.87**	0.97**	1				
نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه Radicle length/plumule length ratio	0.10 ^{ns}	-0.28 ^{ns}	0.28 ^{ns}	0.13 ^{ns}	0.55**	0.48**	1			
وزن تر گیاهچه Wet weight of seedling	0.43*	-0.20 ^{ns}	0.22 ^{ns}	0.62**	0.59**	0.58**	0.12 ^{ns}	1		
وزن خشک گیاهچه Dry weight of seedling	0.19 ^{ns}	0.07 ^{ns}	-0.06 ^{ns}	0.27 ^{ns}	0.40*	0.33**	0.16 ^{ns}	0.77**	1	
نسبت وزن خشک به تر Dry weight/wet weight ratio	-0.42*	0.19 ^{ns}	-0.20 ^{ns}	-0.44*	-0.39*	-0.42*	0.10 ^{ns}	-0.42*	-0.24 ^{ns}	1
شاخص بنیه بذر Index seed vigor	0.61**	-0.57**	0.61**	0.51**	0.67**	0.68**	0.25 ^{ns}	0.44*	0.28 ^{ns}	-0.57**

ns, * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: not significant and significant at 5% and 1% probability level

جدول ۴- نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی ویژگی‌های مورد مطالعه در اکوتیپ‌های کاسنی تحت تنش خشکی

Table 4. Results of principal component analysis all of studied traits in chicory ecotypes in drought stress condition

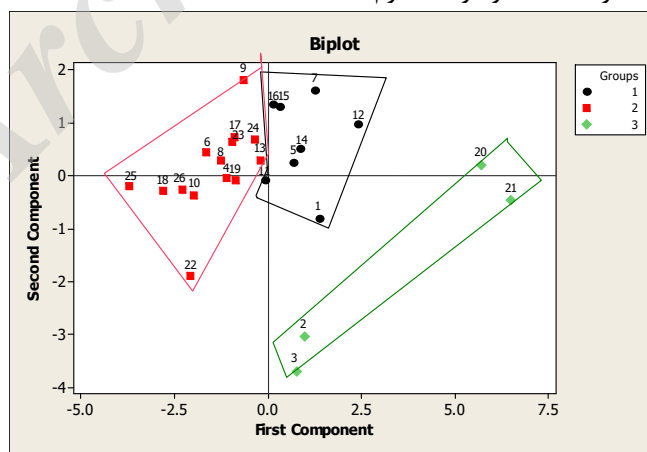
صفات Traits	مؤلفه ۱ Component 1	مؤلفه ۲ Component 2	مؤلفه ۳ Component 3
Germination percentage درصد جوانه‌زنی	0.23	0.12	<u>0.47</u>
Mean germination time متوسط زمان جوانه‌زنی	-0.29	<u>0.54</u>	-0.08
Germination rate سرعت جوانه‌زنی	0.31	<u>-0.52</u>	0.1
Plumule length طول ساقچه‌چه	<u>0.46</u>	0.008	0.04
Radicle length طول ریشه‌چه	<u>0.49</u>	-0.01	-0.25
Seedling length طول گیاهچه	<u>0.49</u>	-0.03	-0.17
Radicle length/plumule length ratio نسبت طول ریشه‌چه به ساقچه‌چه	0.17	-0.16	<u>-0.72</u>
Wet weight of seedling وزن تر گیاهچه	0.29	<u>0.55</u>	-0.07
Dry weight of seedling وزن خشک گیاهچه	0.17	<u>0.65</u>	-0.28
Dry weight/wet weight ratio نسبت وزن خشک به تر	-0.23	-0.24	<u>-0.56</u>
Index seed vigor شاخص بنیه بذر	<u>0.44</u>	-0.009	0.22
Eigen value مقادیر ویژه	5.59	1.80	1.27
Relative variance واریانس نسبی	50.9	16.4	11.6
Cumulative variance واریانس تجمعی	50.9	67.3	78.9

نمودار بای پلات

متوسط تا پایین قرار گرفتند. اکوتیپ‌های ۱۱۰۱۵، ۱۳۷۱۱، ۱۳۵۸۸، ۲۷۰۰۳، ۳۶۱۰۳، ۱۳۲۲۱ و ۲۶۹۹۲ در ناحیه‌ای با مؤلفه دوم بالا قرار گرفتند. سایر اکوتیپ‌ها در ناحیه‌ای با مؤلفه دوم بالا قرار گرفتند. تاجی و همکاران (Taji *et al.*, 2013) با مطالعه روی مریم‌گلی در شرایط تنش خشکی گزارش کردند که دو مؤلفه اول ۸۸ درصد تنوع را توجیه کردند. براساس بای پلات و تجزیه خوشه‌ای اکوتیپ‌ها به ۳ گروه تقسیم شدند.

وقتی که دو مؤلفه اصلی اولیه علت بیشتر واریانس موجود در داده‌ها هستند، تهیه نمودار داده‌ها در مقابل این دو مؤلفه اصلی روش خوبی برای پژوهش پیرامون تجزیه خوشه‌ای است (Farshadfar *et al.*, 2008).

نمودار بای پلات (شکل ۱) نشان داد که اکوتیپ‌های ۱۵۰۰۸، ۱۵۰۸۴، ۲۳۹۸، ۳۶۵۴۶ و ۲۲۳۷۷ در ناحیه‌ای با مؤلفه اول بالا (به‌ویژه ۱۵۰۰۸ و ۱۵۰۸۴) و مؤلفه دوم



شکل ۱- بای پلات اکوتیپ‌های کاسنی در شرایط تنش خشکی بر اساس مؤلفه‌های اول و دوم

Figure 1. The biplot display of chicory ecotypes on the first and second components in drought stress condition

1: 22377, 2: 36546, 3: 2398, 4: 22257, 5: 33220, 6: 13711, 7: 36156, 8: 13221, 9: 36103, 10: 35750, 11: 30560, 12: 28303, 13: 26992, 14: 33289, 15: 32538, 16: 31337, 17: 11015, 18: 14274, 19: 32552, 20: 15008, 21: 15084, 22: 26982, 23: 13558, 24: 27003, 25: 25515, 26: 15633

تجزیه خوشه‌ای

به‌منظور تعیین قرابت اکوتیپ‌های مورد بررسی و گروه‌بندی آن‌ها در ارتباط با ویژگی‌های اندازه‌گیری شده، از تجزیه خوشه‌ای به روش Ward و مربع فاصله اقلیدسی به‌عنوان معیار فاصله استفاده شد و اکوتیپ‌ها به سه خوشه تقسیم شدند (شکل ۲). خوشه اول شامل ۸ اکوتیپ ۲۲۳۷۷ (استان مرکزی)، ۳۳۲۲۰ (استان همدان)، ۳۵۱۵۶ (استان آذربایجان غربی)، ۳۰۵۶۰ (استان اردبیل)، ۲۸۳۰۳ (استان اصفهان)، ۳۳۲۸۹ (استان قزوین)، ۳۲۵۳۸ (استان قم) و ۳۱۳۳۷ (استان خوزستان) بود. این خوشه از نظر ویژگی‌های درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول گیاهچه، نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه، نسبت وزن خشک به تر و شاخص بنیه بذر بالاتر از میانگین کل و از نظر صفت نامطلوب میانگین زمان جوانه‌زنی کم‌تر از میانگین کل بود. خوشه دوم شامل ۱۴ اکوتیپ بوده که ۵ اکوتیپ ۲۲۲۵۷، ۳۶۱۰۳، ۱۱۰۱۵، ۱۳۵۵۸ و ۱۵۶۳۳ متعلق به استان مرکزی، ۴ اکوتیپ ۱۳۲۲۱، ۲۶۹۹۲، ۲۶۹۸۲ و ۲۷۰۰۳ متعلق به استان گیلان، اکوتیپ‌های ۳۲۵۵۲ و ۲۶۶۱۵ متعلق به استان قم، اکوتیپ ۱۳۷۱۱ متعلق به استان مازندران، اکوتیپ ۳۵۷۵۰ مربوط به استان خوزستان و اکوتیپ ۱۴۲۷۴ متعلق به استان لرستان می‌باشد. این خوشه از نظر کلیه ویژگی‌های کم‌تر از میانگین کل بوده ولی از نظر میانگین زمان جوانه‌زنی بیش‌تر از میانگین کل بود. خوشه سوم شامل ۴ اکوتیپ ۳۶۵۴۶ (استان کرمان)، ۲۳۹۸ (استان مرکزی)، ۱۵۰۰۸ (استان خوزستان) و ۱۵۰۸۴ (استان مرکزی) می‌باشد. این خوشه از نظر کلیه ویژگی‌ها به جز میانگین زمان جوانه‌زنی و نسبت وزن خشک به تر بالاتر از میانگین کل بود. در تلاقی بین اکوتیپ‌های با فاصله ژنتیکی بیشتر، از طریق نوترکیبی ژنتیکی هتروزیس بیشتری بروز می‌کند. گروه‌بندی اکوتیپ‌ها براساس فاصله ژنتیکی، وقتی در یک برنامه اصلاحی مؤثر است که به‌طور هم‌زمان چندین صفت مورد بررسی قرار گیرند. در این آزمایش بیش‌ترین فاصله ژنتیکی میان اکوتیپ‌های خوشه اول و سوم می‌باشد که با توجه به نتایج اکوتیپ‌های خوشه اول از نظر تحمل به خشکی در حد متوسط و اکوتیپ‌های خوشه سوم متحمل به خشکی بودند.

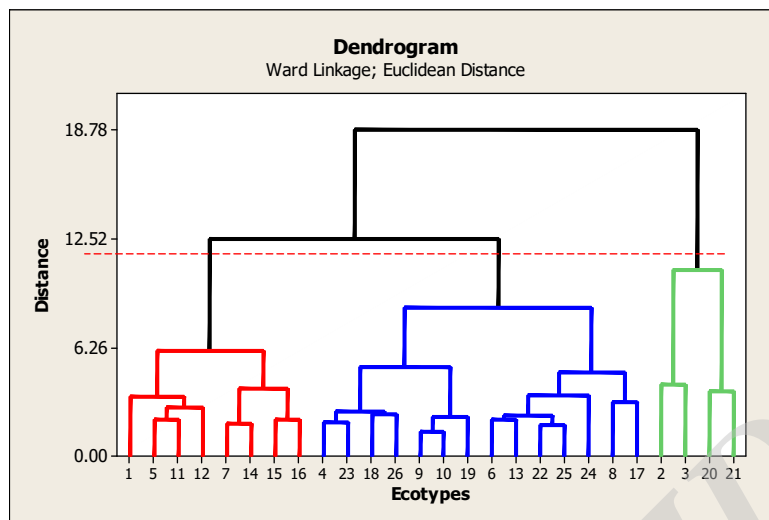
نتیجه جالب توجه در این آزمایش این است که اکوتیپ‌های ۲۲۳۷۷ (خوشه اول) و ۱۵۰۸۴ (خوشه سوم) که هر دو متعلق به استان مرکزی می‌باشند، بیش‌ترین فاصله ژنتیکی را از هم با توجه به تجزیه خوشه‌ای داشتند. همچنین اکوتیپ‌های مختلف کاسنی در شرایط تنش خشکی از استان‌های مختلف داخل یک گروه قرار گرفتند که بیانگر آن است که تنوع جغرافیایی از تنوع ژنتیکی تبعیت نمی‌کند که می‌تواند به دلیل انتقال یا معاوضه مواد اصلاحی از یک منطقه به منطقه دیگر باشد.

سلامتی و زینالی (Salamati and Zeinali, 2013) با بررسی روی جمعیت‌های زیره سبز گزارش نموده‌اند که تنوع جغرافیایی با تنوع ژنتیکی مطابقت نداشته است و علت را معاوضه مواد خام بین مناطق مختلف کشور دانستند. در نهایت می‌توان اظهار داشت که در ژرم‌پلاسم مورد مطالعه تنوع کافی وجود داشت که می‌توان با استفاده از این نتایج، اکوتیپ‌های مناسب را انتخاب و از طریق برنامه‌های به‌نژادی، اقدام به تولید ارقام با ویژگی‌های زراعی مطلوب نمود و پیشرفت ژنتیکی را تسریع بخشید.

امین‌جورآبادی و همکاران (Amin Jorabadi et al., 2012) با مطالعه روی ماریتیغال اعلام کردند که، تجزیه خوشه‌ای جمعیت‌ها را بر اساس ویژگی‌های مورد بررسی به ۵ گروه مجزا تقسیم نمود. کرمانی و همکاران (Kermani et al., 2008) به بررسی تنوع ژنتیکی درون و بین گونه زیره سبز و زیره سفید پرداختند. براساس تجزیه خوشه‌ای این دو گونه به‌طور کامل از هم تفکیک شدند.

تجزیه تابع تشخیص

برای تأیید درستی محل برش از تابع تشخیص استفاده شد. به‌طوری‌که براساس دندروگرام به‌دست آمده از تجزیه خوشه‌ای اکوتیپ‌های مربوط به هر گروه تخصیص یافت و به آن‌ها کد گروه مورد نظر داده شد. سپس تجزیه تابع تشخیص انجام یافت. نتایج تابع تشخیص نشان داد که ۱۰۰ درصد اکوتیپ‌ها به گروه خود تعلق دارند. تجزیه تابع تشخیص برای آزمون درستی گروه‌بندی حاصل از تجزیه خوشه‌ای توسط پژوهش‌گران دیگر نیز بررسی شده است (Jaynes et al., 2003; Moreda et al., 2003).



شکل ۲- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ۲۶ اکوتیپ کاسنی در شرایط تنش خشکی بر اساس ۱۱ صفت مورد مطالعه

Figure 2. Cluster analysis of chicory ecotypes in drought stress condition

1: 22377, 2: 36546, 3: 2398, 4: 22257, 5: 33220, 6: 13711, 7: 36156, 8: 13221, 9: 36103, 10: 35750, 11: 30560, 12: 28303, 13: 26992, 14: 33289, 15: 32538, 16: 31337, 17: 11015, 18: 14274, 19: 32552, 20: 15008, 21: 15084, 22: 26982, 23: 13558, 24: 27003, 25: 25515, 26: 15633

جدول ۵- میانگین و درصد انحراف از میانگین کل خوشه‌ها برای ویژگی‌های مختلف اکوتیپ‌های کاسنی

Table 5. Means and deviation percentage from total mean of chicory ecotypes in drought stress condition

صفات Traits	خوشه اول Cluster 1 1, 5, 7, 11, 12, 14, 15, 16	خوشه دوم Cluster 2 4, 6, 8, 9, 10, 13, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 26	خوشه سوم Cluster 3 2, 3, 20, 21	میانگین کل Total mean
Germination percentage درصد جوانه‌زنی	+11.8, 65.95	-2.8, 57.32	+14, 67.25	59
Mean germination time متوسط زمان جوانه‌زنی	-19, 2.77	+7, 3.66	-7.3, 3.17	3.42
Germination rate سرعت جوانه‌زنی	+12.9, 0.35	-9.7, 0.28	+9.7, 0.34	0.31
Plumule length طول ساقه‌چه	-6.9, 1.22	-16, 1.1	+6.7, 2.19	1.31
Radicle length طول ریشه‌چه	+10, 2.63	-30.5, 1.66	+87.4, 4.48	2.39
Seedling length طول گیاهچه	+15.8, 4.17	-23.6, 2.75	+70.3, 6.13	3.6
Radicle length / plumule length ratio نسبت طول ریشه‌چه/ساقه‌چه	+20.9, 2.43	-13.9, 1.73	+8.5, 2.18	2.01
Wet weight of seedling وزن تر گیاهچه	-4.2, 68.25	-40.8, 42.14	+136, 168.25	71.27
Dry weight of seedling وزن خشک گیاهچه	-13.8, 4.13	-36.7, 3.03	+141, 11.55	4.79
Dry weight/wet weight ratio نسبت وزن خشک به تر	+6.3, 0.17	0, 0.16	-31.3, 0.11	0.16
Index seed vigor شاخص بنیه بذر	+5.2, 2.61	-25.8, 1.84	+80.2, 4.47	2.48

ویژگی‌های سرعت جوانه‌زنی، نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه و شاخص بنیه بذر بالاتر از میانگین کل و از نظر صفت نامطلوب میانگین زمان جوانه‌زنی کم‌تر از میانگین کل بود. همچنین این اکوتیپ‌ها در نمودار بای‌پلات در ناحیه‌ای با مؤلفه اول متوسط و مؤلفه دوم بالا قرار گرفتند. با توجه به نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، مؤلفه دوم تا حد امکان باید

نتیجه‌گیری کلی

با استفاده از تجزیه خوشه‌ای خوشه اول شامل ۸ اکوتیپ ۲۲۳۷۷ (استان مرکزی)، ۳۳۲۲۰ (استان همدان)، ۳۵۱۵۶ (استان آذربایجان غربی)، ۳۰۵۶۰ (استان اردبیل)، ۲۸۳۰۳ (استان اصفهان)، ۳۳۲۸۹ (استان قزوین)، ۳۲۵۳۸ (استان قم) و ۳۱۳۳۷ (استان خوزستان) بود. این خوشه از نظر

میانگین کل بود و در نمودار بای پلات نیز در ناحیه‌ای با مؤلفه اول بالا (به‌ویژه ۱۵۰۰۸ و ۱۵۰۸۴) و مؤلفه دوم متوسط تا پایین قرار گرفتند؛ بنابراین با توجه به نتایج کلیه تجزیه‌های به‌کار رفته اکوتیپ‌های این خوشه متحمل به خشکی می‌باشند. براساس نتایج این مطالعه، استفاده از این اکوتیپ‌ها برای برنامه‌های اصلاحی آینده برای تحمل به خشکی توصیه می‌شود.

نتایج این بررسی گر چه اطلاعاتی را پیرامون توانمندی‌های موجود در ذخایر ژنتیکی کاسنی فراهم می‌نماید، ولی به‌کارگیری اکوتیپ‌های بیش‌تر و ارزیابی طیف وسیع‌تری از ژرم‌پلاسما موجود در ایران و جهان می‌تواند در تسریع و افزایش بازده اصلاح مفید باشد. همچنین توصیه می‌شود که ارزیابی صفات متنوع‌تر همراه با اندازه‌گیری کیفی به‌ویژه مواد مؤثره آن انجام شود تا بتوان دامنه‌گزینش را گسترش داد. همچنین به‌عنوان پیشنهاد لازم است که آزمایش در شرایط مزرعه تحت تنش خشکی تا مرحله عملکرد مورد ارزیابی قرار گیرد تا بتوان با اطمینان بیشتری روی نتایج قضاوت کرد.

کاهش یابد و این مؤلفه حساس به تنش خشکی می‌باشد. بنابراین این اکوتیپ‌ها از نظر تحمل به خشکی در حد مطلوبی نیستند. خوشه دوم شامل ۱۴ اکوتیپ بوده که ۵ اکوتیپ ۲۲۲۵۷، ۳۶۱۰۳، ۱۱۰۱۵، ۱۳۵۵۸ و ۱۵۶۳۳ متعلق به استان مرکزی، ۴ اکوتیپ ۱۳۲۲۱، ۲۶۹۹۲، ۲۶۹۸۲ و ۲۷۰۰۳ متعلق به استان گیلان، اکوتیپ‌های ۳۲۵۵۲ و ۲۶۶۱۵ متعلق به استان قم، اکوتیپ ۱۳۷۱۱ متعلق به استان مازندران، اکوتیپ ۳۵۷۵۰ مربوط به استان خوزستان و اکوتیپ ۱۴۲۷۴ متعلق به استان لرستان می‌باشد. این خوشه از نظر کلیه ویژگی‌ها کم‌تر از میانگین کل بوده ولی از نظر میانگین زمان جوانه‌زنی بیش‌تر از میانگین کل بود. در نمودار بای پلات نیز در ناحیه‌ای با مؤلفه اول پایین و مؤلفه دوم بالا قرار گرفتند که با توجه به نتایج تجزیه‌های چند متغیره اکوتیپ‌های این گروه حساس به خشکی می‌باشند.

خوشه سوم شامل ۴ اکوتیپ ۳۶۵۴۶ (استان کرمان)، ۲۳۹۸ (استان مرکزی)، ۱۵۰۰۸ (استان خوزستان) و ۱۵۰۸۴ (استان مرکزی) می‌باشد. این خوشه از نظر کلیه ویژگی‌ها به‌جز میانگین زمان جوانه‌زنی و نسبت وزن خشک به تر بالاتر از

منابع

- Abdul Jaleel, C., Maniannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A. and Gopi, R. 2007. Water deficit stresses mitigation by calcium chloride in catharanthus rose us: Effects on oxidative stress, prolin metabolism and indole alkaloid accumulation, colloids and surface. *Biointerfaces*, 60: 110-116. **(Journal)**
- Abdul-baki, A.A., and Anderson, J.D. 1975. Vigour determination in soybean seed by multiple criteria. *Crop Science*, 13: 630-633. **(Journal)**
- Ahvazi, M., Rezvani Aghdam, A. and Habibi Khaniani, B. 2010. Seed of medical plants (morphology, physiology and medicinal properties). Vol 1. Jahad Daneshgahi Press. 228 p. (In Persian)**(Book)**
- Amin Jorabadi, F., Chagamirza, K., Bahrami nehadi, S. and Bahrami Chagabelki, M.A. 2012. Study of genetic diversity *Silybum marianum* medical plant using morphological - agronomic traits. 12th Iranian Genetics Congress, Iran. (In Persian)**(Conference)**
- Burbott, A.J. and Loomis, D. 1969. Evidence for metabolic turnover monoterpene in peppermint. *Plant Physiology*, 44: 173-179. **(Journal)**
- Ellis, R.A. and Roberts, E.H. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Science and Technology*, 9: 373-409. **(Journal)**
- Farshadfar, M., Fareghi, S.H., Farshadfar, E. and Jafari, A.A. 2008. Study of genetic variation in *Medicago sativa* L. using morphological and biochemical indices. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 16: 1-13. (In Persian) **(Journal)**
- Fisher, D. 1985. *In situ* measurement of plant water potentials by equilibration with microdroplets of polyethylene glycol 8000. *Plant Physiology*, 79: 270-273. **(Journal)**
- Jackson, J.E. 1991. A user's guide to principal components. Wiley, New York. **(Book)**
- Jaynes, D.B., Kaspar, T.C., Colvin, T.S. and James, D.E. 2003. Cluster analysis of spatiotemporal corn yield (patterns in an Iowa field). *Agronomy Journal*, 95(3): 574-586. **(Journal)**

- Kermani, M., Marashi, H. and Safarnejad, A. 2008. Investigation of genetic variation within and among two species of *Cuminum spp.* using AFLP markers. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 16 (2): 198-206. (In Persian)(**Journal**)
- Kotowski, F. 1926. Temperature relation to germination of vegetable seeds. Proceeding American Society of Horticulture Science, 23: 176-184. (**Journal**)
- Macar, T.K., Ozlem, T. and Ekmekci, Y. 2009. Effect of deficit induced by PEG and NaCl on chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars and lines at early seedling stages. Gazi University Journal of Science, 22(1):5-14. (In Persian)(**Journal**)
- Mackay, M., Bothmer, R.V. and Skovmand, B. 2005. Conservation and utilization of plant genetic resources. What will happen in future? Czech Journal of Genetic and Plant Breeding, 41: 335-344. (**Journal**)
- Mohammadi, S.A. and Prasanna, B.M. 2003. Analysis of genetic diversity in crop plants-Salient statistical tools and considerations. Crop Science, 43: 1235-1248. (**Journal**)
- Moreda, A.P., Fiher, A. and Hill, S.J. 2003. The classification of tea according to region of origin using pattern recognition techniques and trace metal data. Journal of Food Composition and Analysis, 16: 195-211. (**Journal**)
- Nejatzadeh, F. and Tahmasebi, S. 2013. Evaluation of genetic diversity of (*Aloe vera Linne*) population a using morphological traits. New Cellular and Molecular Biotechnology Journal, 3(10): 35-43. (**Journal**)
- Rezaei Nejad, A. 2010. Current medical plants Iran. Rahe Kamal Press. 99p. (In Persian)(**Book**)
- Salamati, M.S. and Zeinali, H. 2013. Evaluation of genetic variation in different populations of *Cuminum cyminum* L. using morphological traits. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 29(1): 51-62. (In Persian)(**Journal**)
- Scott, S.J., Jones, R.A. and Williams, W.A. 1984. Review of data analysis methods for seed germination. Crop Science, 24: 1192-1199. (**Journal**)
- Taji, A.A., Khodarahmpour, Z. and Nakhjavan, S.H. 2013. The study of genetic diversity of ecotypes *Salvia nemorosa* L. and *Salvia sclarea* L. under salinity and drought stresses in lab conditions. MSc. Thesis. Islamic Azad University, Broujerd Branch. 125 Pp. (In Persian) (**Book**)

Study of genetic diversity of tolerance to drought stress in chicory ecotypes (*Cichorium intybus* L.) via multivariate analysis

Farzaneh Asakereh¹, Zahra Khodarahmpour^{*2}

Received: November 21, 2015

Accepted: January 3, 2016

Abstract

In order to study of genetic diversity chicory ecotypes in drought stress condition via multivariate analysis an experiment was performed in factorial form using a completely randomized design with 3 replications at Islamic Azad university, Ahvaz branch in 2013. First factor encompassed 26 chicory ecotypes and second factor five levels of drought treatment (0, -2, -4, -6 and -8 bar), were used by using PEG 6000. Traits germination percent, germination rate, mean of germination time, radicle length, plumule length, seedling length, radicle/plumule length ratio, wet weight of seedling, dry weight of seedling, wet/dry weight ratio and seed vigor index were studied. Results analysis of variance showed that between ecotypes, drought stress and their interaction for all trait, had significant difference. The most positive and significant correlation was between the seedling length and root length. The principal components analysis, 11 studied traits divided to 3 components and according to which 79% of the total variation to be justified. In biplot graphic method to basis the first and second components and cluster analysis; ecotypes of third cluster encompassed 36546, 2398, 15008 and 15084 according to all traits better than of other ecotypes were, therefore this ecotypes compare to other ecotypes tolerance to drought. Based on results of this study, use of this ecotypes for future breeding programs tolerance to drought can be recommended.

Key words: Chicory; Cluster analysis Correlation; Drought stress; Principal Component Analysis

1. MSc Student of Plant Breeding, Broujerd Branch, Islamic Azad University, Broujerd, Iran

2. Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran

*Corresponding author: Zahra_khodarahm@yahoo.com