



## ارزیابی تحمل به خشکی اکوتیپ‌های شبدر یک‌ساله با استفاده از شاخص‌های تحمل به خشکی

شیرین نیکو<sup>۱</sup>، محمود پوریوسف میاندوآب<sup>۲\*</sup> و عبدالله حسن‌زاده قورت‌تپه<sup>۳</sup>

### چکیده

به منظور ارزیابی و شناسایی اکوتیپ‌های متحمل به خشکی شبدر یک‌ساله، تعداد هفده اکوتیپ از گونه‌های شبدر به صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار، تحت دو شرایط تنش خشکی (دیم) و بدون تنش (فاریاب) در مزرعه تحقیقاتی ساعت‌لوی ارومیه مورد آزمایش قرار گرفتند. در این مطالعه عملکرد اکوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش ( $Y_p$ ) و دارای تنش ( $Y_s$ ) با استفاده از شاخص‌های تحمل از جمله میانگین بهره‌وری (MP)، شاخص تحمل (TOL)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، میانگین هارمونیک (HM)، حساسیت به تنش (SSI) و تحمل تنش (STI)، ارزیابی شدند. اختلاف معنی‌داری میان اکوتیپ‌ها از نظر عملکردهای آبی و دیم دیده شد که بیانگر وجود تنوع ژنتیکی و امکان انتخاب برای تحمل به خشکی و استفاده از آنها در مطالعات ژنتیکی و اصلاحی بعدی می‌باشد. همبستگی بالاتر شاخص‌های MP، GMP، HM و STI با عملکرد اکوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون تنش می‌تواند به عنوان یک معیار ارزیابی تحمل به خشکی آنها به کار رود. در محیط دارای تنش و بدون تنش بیشترین عملکرد و بیشترین مقادیر این شاخص‌ها متعلق به اکوتیپ شماره ۱۱ (*Trifolium resupinatum* L.) بود. تجزیه خوشه‌ای اکوتیپ‌های مقاوم شماره ۱۱، ۲ و ۱۳ مربوط به (*T. resupinatum* L.) و ۸ و ۱۰ مربوط به (*T. echinatum* L.) را در یک گروه و بقیه اکوتیپ‌ها را در گروه دیگر به عنوان اکوتیپ‌های حساس قرار داد. با توجه به این چهار شاخص و عملکرد بالا در محیط تنش و بدون تنش و همچنین نمودار چند متغیره‌ی بای پلات، اکوتیپ شماره ۱۱ (*T. resupinatum* L.) به عنوان بهترین اکوتیپ متحمل به خشکی تشخیص داده شد.

**واژگان کلیدی:** تجزیه خوشه‌ای، شبدر، شاخص‌های تحمل به خشکی، عملکرد علوفه.

۱- دانش آموخته‌ی کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد، مهاباد، ایران  
۲- استادیار گروه زراعت و آگرواکولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مهاباد، مهاباد، ایران (\* نگارنده‌ی مسئول)  
۳- استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، ارومیه، ایران  
پوریوسفم@yahoo.com  
تاریخ دریافت: ۹۳/۲/۸  
تاریخ پذیرش: ۹۳/۶/۳۰

## مقدمه

امروزه یک سوم زمین‌های زراعی دنیا با کمبود آب مواجه است و انتظار می‌رود این نسبت تا سال ۲۰۲۵ به حدود دو سوم برسد (Annan, 2001). به دلیل کمبود منابع آبی، استفاده مؤثر از هر واحد حجم آب در تولید محصول ضروری به نظر می‌رسد. میزان بارندگی و پراکنش نامطلوب آن در اراضی گرمسیری و نیمه گرمسیری موجب شده تا تنش‌های خشکی و گرما به عنوان مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید محصولات زراعی در این مناطق عمل نمایند (Saranga et al., 2001). حدود ۵۰ درصد از زراعت محصولات مختلف در ایران به خاطر کمبود آب و توزیع نامناسب بارندگی به صورت دیم و در نواحی کم‌باران و نیمه خشک صورت می‌گیرد (Sabaghpour et al., 2006). شبدر بعد از یونجه مهم‌ترین گیاه علوفه‌ای دو لپه‌ای است که با سطح کشت حدود یک صد هزار هکتار جایگاه ویژه‌ای در کشور دارد. شرق مدیترانه و ایران مرکز تنوع ژنتیکی شبدر ایرانی (*Trifolium resupinatum* L.) محسوب می‌شود (Lu-Xinshi et al., 1997). در ایران مهم‌ترین گونه زراعی و بومی کشور با سطح زیر کشت حدود ۶۰ هزار هکتار، شبدر ایرانی (*T. resupinatum* L.) می‌باشد، که چهار تیپ یک چین و چند چین دارد (Abbasi, 2006).

با توجه به شرایط خشک‌سالی چند ساله اخیر، شناسایی ارقامی که بتوانند از نظر تولید و تحمل به خشکی نسبت به ارقام موجود برتری داشته باشند، کاملاً احساس می‌شود. از طرف دیگر با توجه به این‌که هر یک از ویژگی‌های گیاهی مؤثر بر میزان عملکرد و سازگاری با شرایط محیط زراعی، تحت تأثیر چندین ژن قرار دارند، بنابراین می‌توان با استفاده از تنوع ژنتیکی، بهترین ارقام را به‌ویژه از لحاظ تحمل به خشکی و گرما برای مناطق خشک و

نیمه خشک گزینش کرد (Fiseher and Maurer, 1978).

در بسیاری از گیاهان مرتعی و زراعی، اجتناب از تنش خشکی انتهایی (آخر فصل) به عنوان یک راه‌برد اکولوژیک مطرح است. بدیهی است در این شرایط گیاه از طریق تسریع فنولوژی، قبل از وقوع تنش و مواجهه با خشکی، چرخه زندگی خود را تکمیل کرده و به نوعی از خشکی فرار می‌نماید (Turner et al., 2001). انتخاب برای گیاهانی که به این شکل از تنش خشکی اجتناب می‌کنند، با موفقیت‌های زیادی همراه بوده است (Siddique et al., 1999; Subarao et al., 1995). با این حال همیشه، زودرسی برای مناطق مختلف به‌ویژه مناطقی که با تنش خشکی متناوب (فصلی) مواجه هستند و وقوع بارندگی در آن مناطق قابل پیش‌بینی نیست، ممکن است امیدبخش نباشد (Siddique et al., 1999). انتخاب برای مقاومت به خشکی باید با انتخاب مواد ژنتیکی برای پتانسیل عملکرد بالا تحت شرایط بدون تنش همراه باشد (Blum, 1988; Daynal et al., 1985). به نظر می‌رسد ارقامی که در شرایط آبیاری مناسب و آبیاری محدود، عملکرد یکسانی داشته باشند و یا حداقل تفاوت عملکرد آنها کم باشد نسبت به خشکی دارای تحمل نسبی باشند (Singh and Singh, 1969). برینک و پدرسون (Brink and Pederson, 1998)، طی تحقیقات خود درباره میزان آب مورد نیاز شبدر سفید دریافتند که دوره خشکی عموماً در طول تابستان و پاییز عامل محدود کننده‌ای برای رشد لگوم‌های علوفه‌ای و به‌ویژه شبدر سفید می‌باشد.

وضعیت عملکرد نسبی ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی و نیز در شرایط آبی به عنوان یک نقطه شروع برای شناسایی صفات مربوط به مقاومت به خشکی و انتخاب ژنوتیپ‌ها برای اصلاح در محیط‌های خشک است (Muehlbaure et al., 1995; Ehdai, )

نخود جهت شناسایی لاین‌های مقاوم به خشکی دریافتند که میانگین هارمونیک ( $HM^f$ )، شاخص تحمل تنش (STI)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و بهره‌وری متوسط (MP) مناسب‌ترین شاخص‌ها برای غربال کردن لاین‌های نخود می‌باشند. مناسب‌ترین شاخص آن است که در هر دو شرایط آبی و دیم دارای همبستگی معنی‌داری با عملکرد باشد (Emam, 2001; Marofi, 2000; Blum, 1988). محققان، در ارزیابی منابع متحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های عدس در منطقه اردبیل با مقایسه شاخص‌های حساسیت و تحمل به خشکی دریافتند شاخص‌های بهره‌وری متوسط (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و شاخص تحمل تنش (STI) با عملکرد در محیط تنش و بدون تنش، همبستگی مثبت و بالایی دارند و شاخص تحمل تنش (STI)، بهتر از سایر شاخص‌ها توانست ژنوتیپ‌های با پتانسیل بالای عملکرد و برخوردار از قدرت تحمل را گزینش نماید (Tagizadeh *et al.*, 2004).

این مطالعه با هدف ارزیابی تحمل به خشکی اکوتیپ‌های شبدر با استفاده از شاخص‌های تحمل و همچنین شناسایی بهترین شاخص تحمل به خشکی جهت ارزیابی میزان حساسیت و تحمل اکوتیپ‌های مختلف شبدر انجام شد تا با تعیین اکوتیپ‌های مناسب، بتوان از آنها در برنامه‌های اصلاحی و تهیه ارقام متحمل به خشکی استفاده نمود.

### مواد و روش‌ها

در این تحقیق ۱۷ اکوتیپ بومی متعلق به گونه‌های مختلف شبدر از سراسر کشور جمع‌آوری و تحت شرایط آبی و دیم در قالب آزمون مقدماتی ارزیابی عملکرد مورد ارزیابی قرار گرفتند. عملیات کاشت در مورخه ۹ شهریور ماه سال ۱۳۸۹ در

(1993). در این ارتباط فرناندز (Fernandez, 1992)، در بررسی عملکرد در دو محیط واجد تنش و بدون تنش، ژنوتیپ‌ها را از نظر واکنش به آن در ۴ گروه زیر تقسیم بندی نمود:

الف) ژنوتیپ‌هایی که تظاهر یکسانی را در هر دو محیط تنش و بدون تنش دارا هستند (گروه a).

ب) ژنوتیپ‌هایی که فقط تظاهر خوبی در محیط بدون تنش دارند (گروه b).

ج) ژنوتیپ‌هایی که عملکرد بالایی را در محیط تنش از خود نشان می‌دهند (گروه c).

د) ژنوتیپ‌هایی که تظاهر ضعیفی در هر دو محیط دارند (گروه d). وی بیان می‌دارد که مناسب‌ترین شاخص برای شناسایی ارقام گروه a، شاخص تحمل تنش ( $STI^1$ ) می‌باشد. فیشر و مورر (Fiseher and Maurer, 1978)، شاخص حساسیت به تنش ( $SSI^2$ ) را پیشنهاد کردند.

رزیل و هامبلین (Rosielle and Hambelen, 1981)، شاخص تحمل ( $TOL^3$ ) و شاخص بهره‌وری متوسط ( $MP^4$ ) را معرفی نمودند. فرناندز (Fernandez, 1992) و کریستین و همکاران (Kristin *et al.*, 1997)، شاخص دیگری تحت عنوان میانگین هندسی بهره‌وری ( $GMP^5$ ) را پیشنهاد نمودند. باصفا و طاهریان (Basafa and Taherian, 2010) در ارزیابی تحمل به خشکی اکوتیپ‌های یونجه، شاخص‌های MP، GMP، HM و STI را در تنش ملایم و شاخص‌های MP، GMP، TOL و STI را در تنش شدید، مناسب‌ترین شاخص‌های تحمل به خشکی معرفی کردند. فرشادفر و همکاران (Farshadfar *et al.*, 2001)، در ارزیابی ۲۱ لاین

۱- Stress tolerance index

۲- Stress susceptibility index

۳- Stress tolerance

۴- Mean productivity

۵- Geometric mean productivity

۶- Harmonic mean

عملیات کاشت کلیه تیمارها به صورت یکسان انجام و در تیمارهای حاوی تنش از اول فروردین ماه تا انتهای فصل رشد آبیاری صورت نگرفت. در تیمارهای بدون تنش خشکی تمام کرت ها به‌طور همزمان هر ۱۰ روز یک بار آبیاری شدند. در تیمارهای آبیاری از ۱۵ اردیبهشت ماه به بعد، ۴ نوبت آبیاری صورت گرفت.

بذور ارقام مورد استفاده از بخش بانک ژن مرکز تحقیقات کشاورزی ارومیه تهیه شد. کنترل علف‌های هرز به صورت دستی و طی چندین نوبت انجام گرفت. در طول مدت اجرای طرح بیماری یا آفت خاصی در کرت‌های آزمایشی مشاهده نشد. جهت ارزیابی تحمل به خشکی در اکوتیپ‌های شبدر، با استفاده از عملکرد علوفه گیاهان در شرایط تنش ( $Y_s$ ) و بدون تنش ( $Y_p$ ) انجام پذیرفت. برای انجام این کار در زمان ۵۰ درصد گلدهی دو خط وسط هر کرت به ابعاد ۲/۱۰ مترمربع پس از حذف حاشیه به صورت کف بُر برداشت شده و با توزین آنها وزن تر اندازه‌گیری شد و سپس برای تعیین وزن خشک، نمونه‌های برداشت شده به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند و پس از خشک شدن توسط ترازوی دقیق آزمایشگاهی توزین شده و در محاسبات و تجزیه‌های آماری مورد استفاده قرار گرفت.

شاخص‌های کمی تحمل به خشکی به شرح زیر

محاسبه گردید (Farshadfar, 2000):

۱- شاخص تحمل (TOL):

$$Y_s - TOL = Y_p$$

۲- شاخص بهره‌وری متوسط (MP):

$$MP = (Y_s + Y_p) / 2$$

۳- شاخص حساسیت به تنش (SSI):

$$SSI = \frac{1 - \left(\frac{Y_s}{Y_p}\right)}{51}$$

ایستگاه تحقیقاتی ساعت‌لوی ارومیه انجام شد. این محل در طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۱۰ دقیقه و ۵۳ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۴ دقیقه و ۱۸ ثانیه شمالی واقع شده و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۳۸ متر است. متوسط بارندگی و درجه حرارت در شش ماه اول سال به ترتیب ۱۹۳/۲ میلی‌متر و ۱۸/۶۱ درجه سلسیوس بود. آمار هواشناسی منطقه مورد نظر در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در جدول ۱ نشان داده شده است.

قبل از کاشت و آماده سازی زمین از چند نقطه خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متری جهت تعیین مقدار عناصر موجود در خاک نمونه‌برداری شده و در نهایت حدود یک کیلوگرم از نمونه مرکب به آزمایشگاه تجزیه خاک فرستاده شد. نتایج تجزیه خاک در جدول ۲ آورده شده است. خاک مذکور غیرشور، با pH در حدود ۷/۱، هدایت الکتریکی حدود یک میلی‌موس بر سانتی‌متر و نوع بافت خاک لومی-رسی بود. آزمایش به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار، اجرا گردید. در کرت‌های اصلی تیمار آبیاری در دو سطح عادی و تنش و در کرت‌های فرعی ۱۷ اکوتیپ شبدر قرار گرفتند. اکوتیپ‌های مورد بررسی در جدول شماره ۳، ذکر شده است.

عملیات تهیه زمین به این صورت بود که پس از اجرای شخم و دیسک، اقدام به تسطیح زمین گردید، سپس توسط فاروئر، جوی و پشته تهیه شد. کاشت به صورت خشکه‌کاری و به صورت ردیفی، به طوری که هر کرت شامل ۴ خط کاشت به طول ۳ متر و با فاصله خطوط ۳۰ سانتی‌متر و تراکم ۸۳ بوته در متر مربع صورت گرفت. کاشت بذر با دست و به صورت نواری در شیارهای ۳-۴ سانتی‌متری انجام شد. جهت جلوگیری از نشت آب از کرت‌های اصلی، بین کرت‌های اصلی ۳ متر فاصله در نظر گرفته شد.

## نتایج و بحث

در تجزیه واریانس تیمارها اختلاف معنی‌داری بین اکوتیپ‌ها از نظر شاخص‌های کمی تحمل به خشکی و نیز عملکردهای آبی و دیم وجود داشت (جدول ۴). این امر بیانگر وجود تنوع ژنتیکی و امکان انتخاب برای تحمل به خشکی و استفاده از آنها در مطالعات ژنتیکی و اصلاحی بعدی می‌باشد. وجود تنوع ژنتیکی در عدس (Asadi, 2008) و در نخود نیز (Porsa *et al.*, 2011) مورد تأیید قرار گرفته است.

### تعیین بهترین شاخص مقاومت به خشکی

با استفاده از تحلیل همبستگی بین عملکرد علوفه خشک در شرایط آبیاری مطلوب و تنش آبی، شاخص‌های تحمل مورد ارزیابی قرار گرفته و مناسب‌ترین شاخص‌ها انتخاب گردیدند (جدول ۴). به طور کلی، شاخص‌هایی که در محیط تنش و مطلوب دارای همبستگی مثبت و بالا با عملکرد باشند، به عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی می‌شوند، زیرا این شاخص‌ها قادر به جدا کردن اکوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو محیط می‌باشند (Fernandez, 1992). با توجه به همبستگی‌های به‌دست آمده بین عملکرد دیم و آبی و شاخص‌های تحمل به خشکی (جدول ۵)، شاخص تحمل تنش (STI)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، شاخص میانگین بهره‌وری (MP) و میانگین هارمونیک (HM)، همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد با عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش نشان دادند و این چهار شاخص به‌عنوان بهترین شاخص‌های تحمل به خشکی در تنش انتخاب شدند.

تقی‌زاده و همکاران (Taghizadeh *et al.*, 2004)، در مطالعه‌ای روی عدس، جمشیدمقدم و همکاران (Jamshid-Moghadam *et al.*, 2004)، در بررسی ارقام نخود شاخص‌های میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و شاخص

$$SI = 1 - \left( \frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p} \right)$$

در معادلات بالا،  $Y_p$ : عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در محیط بدون تنش،  $Y_s$ : عملکرد هر ژنوتیپ در محیط دارای تنش، SI: شدت تنش،  $\bar{Y}_p$ : میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش و  $\bar{Y}_s$ : میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط دارای تنش می‌باشند.

۴- شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP):

$$GMP = \sqrt{(Y_s)(Y_p)}$$

۵- شاخص تحمل تنش (STI):

$$STI = \frac{(Y_p)(Y_s)}{(\bar{Y}_p)^2}$$

۶- میانگین هارمونیک (HM):

$$HARM = \frac{2(Y_p \times Y_s)}{Y_p + Y_s}$$

با استفاده از عملکرد علوفه خشک در دو محیط، مقاومت به خشکی با استفاده از شاخص‌های تحمل به خشکی و حساسیت فرمول‌های ۱ تا ۶ محاسبه شدند. همچنین، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای شاخص‌های مورد مطالعه انجام شد و با توجه به روابط مؤلفه‌ها و شاخص‌های مورد بررسی، نمودار بای‌پلات برای شناسایی اکوتیپ‌های متحمل به خشکی ترسیم گردید (Gabriel, 1971). گروه‌بندی اکوتیپ‌های مورد بررسی با روش Ward و فاصله اقلیدسی بر اساس شاخص‌های کمی تحمل به خشکی انجام شد (شکل ۵).

داده‌ها و شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS، STATGRAPH و EXCEL تجزیه و تحلیل و ترسیم شدند.

این نتایج با نتایج محققان زیادی مطابقت دارد (Normand-Moaiad *et al.*, 2003; Smizadeh, ) (1998; Parvizi-Almani, 2000).

### تعیین اکوتیپ‌های مقاوم به خشکی با استفاده از بهترین شاخص‌ها

استفاده از شاخص‌های منتخب در غربال نمودن اکوتیپ‌های مختلف جهت تحمل به خشکی باعث افزایش عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش می‌شود و می‌توان آنها را به‌طور توأم برای شناسایی اکوتیپ‌های مناسب برای هر دو شرایط توصیه نمود. در واقع هدایت برنامه‌های اصلاحی باید بر اساس عملکرد در دو محیط و همراهی این شاخص‌ها باشد. به عبارت دیگر اکوتیپ‌های انتخابی بر اساس این شاخص‌ها، ضمن این‌که از پایداری عملکرد بالاتری برخوردار هستند، دارای میانگین عملکرد بالایی در هر دو محیط نیز هستند. بنابراین، اکوتیپ‌هایی که بیشترین مقادیر شاخص‌های STI، MP، GMP و HM را دارا باشند، به‌عنوان متحمل‌ترین اکوتیپ‌ها شناخته می‌شوند. این نتایج با نتایج حاصل از تحقیق ضابط و همکاران (Zabet *et al.*, 2005) در ماش؛ فرشادفر و همکاران (Farshadfar *et al.*, 2001)، در نخود و باصفا و طاهریان (Basafa and Taherian, 2010) در یونجه مطابقت دارد. جدول (۶) نتایج حاصل از بررسی میزان تحمل اکوتیپ‌های شبدر را نشان می‌دهد، این نتایج نشان داد که شاخص‌های تحمل تنش (STI)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، شاخص میانگین بهره‌وری (MP) و میانگین هارمونیک (HM)، مناسب‌ترین شاخص‌ها بوده و گزینش بر اساس آنها می‌تواند اکوتیپ‌های مقاوم را شناسایی نماید. این نتایج با نتایج کارگر و همکاران (Kargar *et al.*, ) (2006)، در سویا و نورمندمؤید و همکاران (Nourmand-Moaiad *et al.*, 2003)، در گندم مطابقت دارد. با توجه به این جدول مشاهده می‌شود

تحمل تنش (STI) را به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها معرفی کردند که در محیط تنش و بدون تنش همبستگی مثبت و بالایی را با عملکرد دیم و آبی داشتند. در همین رابطه احمدی و همکاران (Ahmadi and Zeynali, 1993) در گیاه ذرت دو شاخص تحمل تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) را معرفی کردند.

احمدی و زینالی (Ahmadi and Zeynali, 1993)، نیز در بررسی شاخص‌های کمی در هیبریدهای ذرت، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و شاخص تحمل تنش (STI) را به‌عنوان شاخص‌های کمی مناسب برای جداسازی ژنوتیپ‌های گروه A (ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط دارای تنش و بدون تنش برتری خود را نشان می‌دهند) از ژنوتیپ‌هایی که هم در شرایط تنش و هم در شرایط بدون تنش عملکرد پایین‌تری دارند، معرفی نمودند.

در رابطه با سایر شاخص‌ها، ملاحظه می‌شود که شاخص تحمل خشکی (TOL)، همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با عملکرد در محیط بدون تنش و همبستگی مثبت اما غیرمعنی‌دار در محیط دارای تنش نشان می‌دهد. از آنجایی که ژنوتیپ‌های با مقادیر کمتر این شاخص، به‌عنوان ژنوتیپ متحمل شناخته می‌شوند، لذا انتخاب براساس این شاخص موجب برگزیدن اکوتیپ‌هایی می‌شود که در هر دو محیط عملکرد پایینی داشته باشند.

شاخص حساسیت به تنش (SSI)، همبستگی مثبت و غیرمعنی‌دار با عملکرد در شرایط بدون تنش و همبستگی غیرمعنی‌داری در جهت منفی با عملکرد در شرایط تنش‌زا دارد. با توجه به این‌که مقادیر کمتر این شاخص ویژگی‌های ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی است، لذا بر اساس شاخص حساسیت به تنش (SSI) نیز، اکوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در محیط تنش‌دار و عملکرد پایین در محیط بدون تنش انتخاب می‌گردد،

داشت. از این رو می‌توان آن را به عنوان مؤلفه پتانسیل عملکرد و تحمل به تنش خشکی نام‌گذاری کرد. از آن‌جا که مقادیر بالای این شاخص مطلوب است و با توجه به رابطه مثبت مؤلفه اول با این شاخص‌ها، اگر این مؤلفه انتخاب شود اکوتیپ‌هایی گزینش می‌شوند که دارای عملکرد بالا در هر دو محیط دارای تنش و بدون تنش هستند.

از طرفی دومین مؤلفه ۲۳/۸۶ درصد از تغییرات موجود را به خود اختصاص داده و همبستگی مثبت با شاخص‌های  $Y_p$ ،  $SSI$ ،  $TOL$ ،  $MP$  و  $GMP$  و همبستگی منفی با عملکرد در شرایط تنش  $Y_s$ ، نشان داد. از این رو این مؤلفه به عنوان مؤلفه حساسیت به تنش، نام‌گذاری گردید. از آن‌جا که مقادیر پایین این شاخص‌ها مورد نظر است و با توجه به رابطه مؤلفه دوم با این شاخص‌ها، اگر این مؤلفه انتخاب شود، می‌توان اکوتیپ‌های متحمل به تنش را گزینش نمود. با توجه به دو مؤلفه اول و دوم، اکوتیپ‌ها در گروه‌های مشخص قرار می‌گیرند که مرتبط با میانگین عملکرد علوفه خشک و تحمل به تنش آنها است.

بعد از آن که بهترین شاخص‌های تحمل به خشکی شناسایی شدند، برای تعیین اکوتیپ‌های متحمل خشکی از نمودار سه بعدی استفاده گردید (شکل‌های ۱، ۲، ۳ و ۴)، که رابطه بین سه متغیر  $Y_p$ ،  $Y_s$  و یکی از شاخص‌های تحمل را نشان می‌دهد. با توجه به این سه معیار اکوتیپ‌ها به چهار گروه  $a$ ،  $b$ ،  $c$  و  $d$  تقسیم شدند. مناسب‌ترین شاخص آن است که بتواند گروه  $a$  را از سایر گروه‌ها تمیز دهد. بررسی شکل‌ها نشان داد که اکوتیپ‌های شماره‌های ۱۱ و ۸ در گروه  $a$  قرار گرفتند. این اکوتیپ‌ها متحمل به کم آبی بوده و محصول آنها در هر دو محیط آبی و دیم بالا است. اکوتیپ‌های شماره‌های ۲، ۱۰ و ۱۳ در گروه  $b$  قرار گرفتند که فقط دارای عملکرد بالایی در شرایط بدون تنش می‌باشند.

که بیشترین عملکرد در شرایط آبی متعلق به اکوتیپ شماره ۱۰ با ۳۱۳۵۱/۸۸ کیلوگرم در هکتار و بعد از آن اکوتیپ شماره ۱۱ با ۲۸۲۸۶/۶۶ کیلوگرم در هکتار و در شرایط تنش متعلق به اکوتیپ شماره ۱۱ با ۲۸۰۵۰/۲۲ کیلوگرم در هکتار می‌باشد و کمترین عملکرد در شرایط آبی مربوط به اکوتیپ شماره ۱۶ با ۳۰۱۱/۱۱ کیلوگرم در هکتار و در شرایط دیم نیز مربوط به اکوتیپ شماره ۱۵ با ۲۱۲۱/۱۱ کیلوگرم در هکتار می‌باشد.

در مجموع، در این پژوهش شاخص مختلف که جهت تشخیص تحمل به کار می‌روند، مورد محاسبه قرار گرفتند. لازم به ذکر است شدت تنش وارده در این آزمایش معادل  $SI=0/36$  بود. با توجه به شاخص‌های ذکر شده اکوتیپ شماره ۱۱، مربوط به *T.resupinatum* L. به‌عنوان متحمل‌ترین اکوتیپ شناخته شد.

### انتخاب اکوتیپ‌های متحمل به خشکی بر اساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و ترسیم نمودار بای پلات

از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای رسیدن به اهداف تشریح و توجیه تنوع موجود در جامعه، تعیین سهم هر صفت در تنوع و کاهش تعداد متغیرهای اصلی از طریق محاسبه مؤلفه‌های غیرهمبسته که ترکیبی از متغیرهای اصلی می‌باشند، استفاده می‌شود (Farahani and Arzani, 2010).

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در مطالعه ۱۷ اکوتیپ از گونه‌های شبدر بر اساس شاخص‌های تحمل به خشکی نشان داد که حدود ۹۷/۴۹ درصد از کل تغییرات، توسط دو مؤلفه اصلی اول توجیه می‌شود (جدول ۷).

در این جدول اولین مؤلفه، ۷۳/۶۲ درصد از کل تغییرات داده را توجیه و همبستگی مثبت و بالایی با شاخص‌های  $Y_p$ ،  $Y_s$ ،  $TOL$ ،  $MP$ ،  $STI$ ،  $GMP$  و  $HM$

(Taherian, 2010)، در گندم نان بر مبنای MP، TOL، و STI توسط فرشادفر (Farshadfar, 2000) و بر مبنای MP، GMP و STI در لاین‌های نخود توسط فرشادفر و همکاران (Farshadfar et al., 2001) و بر مبنای  $Y_p$ ،  $Y_s$ ، MP، GMP، HARM و STI در لاین‌های کنجد توسط گلستانی و پاک‌نیت (Golestani and Pakniyat, 2007) مورد بررسی و استفاده قرار گرفته است.

### نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی، نتایج مربوط به عملکرد علوفه در این آزمایش نشان داد که اکوتیپ‌های شماره‌های ۲ (*T. purpurium* L.) و ۱۱ (*T. resupinatum* L.) بیشترین عملکرد را در شرایط فاریاب و اکوتیپ‌های شماره‌های ۸ (*T. echinatum* L.) و ۱۱ (*T. resupinatum* L.) بیشترین عملکرد را در شرایط واجد تنش دارا می‌باشند. تنها دو اکوتیپ ۸ و ۱۱ در هر دو شرایط فاریاب و دیم، از عملکرد بالایی برخوردار هستند که در ناحیه a بای پلات واقع شدند، لذا احتمالاً مکانیسم‌های مقاومت و تحمل به خشکی تنها در بعضی از اکوتیپ‌ها فعال و از کارایی لازم برخوردار هستند. بررسی‌های آماری نشان داد شاخص‌های MP، GMP، HARM و STI معیارهای مناسب برای گزینش اکوتیپ‌های مقاوم به خشکی هستند. بر اساس این شاخص‌ها و نمودارهای بای پلات، اکوتیپ شماره ۱۱ به عنوان اکوتیپ پرمحصول و کاندیدا برای تحمل به خشکی تشخیص داده شد. احتمالاً یکی از دلایل این برتری، برخورداری از قابلیت فرار از خشکی (زودرسی) و اجتناب از تنش خشکی انتهایی است، چرا که روز از کاشت تا گلدهی و روز از کاشت تا رسیدگی در اکوتیپ فوق کوتاه‌تر از سایر اکوتیپ‌ها است.

با توجه به جداول بای پلات، بقیه اکوتیپ‌ها نیز به ترتیب در گروه‌های c و d جای گرفتند.

### انتخاب اکوتیپ‌های متحمل به خشکی بر

#### اساس تجزیه خوشه‌ای

متخصصان به‌نژادی به‌منظور پی بردن به فاصله ژنتیکی ژنوتیپ‌های مختلف و استفاده از تنوع حداکثر آنها از طریق گزینش والدین بر اساس گروه‌بندی، از تجزیه خوشه‌ای استفاده می‌کنند. بر اساس نتایج حاصله و برش دندروگرام اکوتیپ‌ها به دو گروه تقسیم بندی شدند (شکل ۵). خوشه اول شامل اکوتیپ‌های شماره ۱، ۱۴، ۹، ۳، ۶، ۷، ۵، ۱۷، ۱۲، ۴، ۱۵، ۱۶ و خوشه دوم شامل اکوتیپ‌های شماره ۲، ۱۳، ۱۰، ۸ و ۱۱ می‌باشد. جهت تعیین نقطه برش دندروگرام تجزیه تابع تشخیص انجام شد. همان طوری که در جدول ۸ مشاهده می‌شود، آماره ویلکس لامبدا در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است. بنابراین، کلاستر بندی انجام شده درست بوده و این گروه‌ها از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری دارند.

اکوتیپ‌های گروه اول دارای  $Y_p$  و  $Y_s$  پایینی بوده و از نظر شاخص‌های فوق در حد پایینی قرار داشتند، لذا این اکوتیپ‌ها حساس به خشکی هستند. در حالی که اکوتیپ‌های گروه دوم دارای  $Y_p$  و  $Y_s$  بالا بوده و بالاترین مقادیر شاخص‌های تحمل به خشکی را داشتند. لذا، این اکوتیپ‌ها متحمل‌ترین اکوتیپ‌ها به تنش خشکی می‌باشند و می‌توان آنها را جزو اکوتیپ‌های مقاوم به خشکی جهت کشت دیم معرفی نمود.

با توجه به فاصله ژنتیکی اکوتیپ‌های حساس و متحمل می‌توان برای مطالعات ژنتیکی مربوط به این معیارها از دورگ‌گیری بین این اکوتیپ‌ها استفاده کرد. این روش برای گروه بندی لاین‌های متحمل به خشکی در یونجه بر مبنای  $Y_p$ ،  $Y_s$ ، MP، GMP، HARM و STI توسط باصفا و طاهریان (Basafa and



جدول ۱- متوسط درجه حرارت، رطوبت نسبی و مقدار بارندگی (آمار هواشناسی ارومیه در سال زراعی ۱۳۸۸-۱۳۸۹)

Table 1- Average temperature, relative humidity and rainfall (Weather Statistics Urmia in 2009-2010)

ماه‌های سال	تیر July	خرداد June	اردیبهشت May	فروردین April	اسفند March	بهمن February	دی January	آذر November	آبان December	مهر October	شهریور September
میانگین متوسط دما Mean temperature oC	24.1	20.8	13.5	9.3	8.0	2.9	4.7	2.8	9.4	14.1	18.9
میانگین متوسط درصد رطوبت نسبی Mean humidity (%)	45.0	50.0	72.6	61.6	64.8	68.2	72.2	73.0	70.2	56.0	56.0
بارندگی کل Total rainfall (mm)	0	7.8	109.7	48.5	62.1	21.7	15.3	81.8	82.0	0	30.5

جدول ۲- خواص فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش از عمق ۵۰-۰ سانتی‌متر

Table 2- Physical and chemical properties of soil experimented from a depth of 0-50 cm

پتاسیم K ppm	فسفر P	درصد کل نیترژن Total N(%)	درصد کربن آلی Organic C(%)	بافت خاک Soil texture	شن sand	سیلت silt	رس clay	آهک lime	درصد اشباع Saturation (%)	اسیدیته pH
425	12	12	1.2	لومی رسی	16	43	43	16	47	7.1

جدول ۳- نام استان‌های محل رویش نمونه‌های جمع‌آوری شده از سطح کشور

**Table 3-** The names of states in which the samples collected around the country

شماره Number	اکوتیپ Ecotype	استان State	شهر City
1	<i>T. purpureum</i> .L	کرمانشاه Kermanshah	قصر شیرین Gasr-e- shirin
2	<i>T. resupinatum</i> .L	کرمانشاه Kermanshah	قصر شیرین Gasr-e- shirin
3	<i>T. purpureum</i> .L	کرمانشاه Kermanshah	ریجاب Rijab
4	<i>T. Purpureum</i> .L	کرمانشاه Kermanshah	پاوه Paveh
5	<i>T. diffusum</i> .L	آذربایجان غربی West Azarbaijan	سردشت Sardasht
6	<i>T. diffusum</i> .L	آذربایجان غربی West Azarbaijan	مهاباد Mahabad
7	<i>T. diffusum</i> .L	آذربایجان غربی West Azarbaijan	سردشت Sardasht
8	<i>T. echinatum</i> .L	کرمانشاه Kermanshah	قصر شیرین Gasr-e- shirin
9	<i>T. echinatum</i> .L	آذربایجان شرقی East Azarbaijan	تبریز Tabriz
10	<i>T. echinatum</i> .L	آذربایجان غربی West Azarbaijan	سردشت Sardasht
11	<i>T. resupinatum</i> .L	کردستان Kordestan	مریوان Marivan
12	<i>T. diffusum</i> .L	مازندران Mazandaran	گرگان Gorgan
13	<i>T. resupinatum</i> .L	فارس Fars	کازرون Kazeroon
14	<i>T. lappaceum</i> .L	کرمانشاه Kermanshah	پاوه Paveh
15	<i>T. campestre</i> .L	کرمانشاه Kermanshah	قصر شیرین Gasr-e- shirin
16	<i>campestre</i> .L T.	فارس Fars	کازرون Kazeroon
17	<i>T. hirtum</i> .L	لرستان Lorestan	خرم آباد Khorram Abad

**جدول ۴- تجزیه واریانس شاخص‌های کمی مقاومت به خشکی و عملکرد در شرایط بدون تنش و دارای تنش در شبدر**  
**Table 4- Analysis of variance of  $Y_p$ ,  $Y_s$ , and drought tolerance indices for 17 clover ecotypes**

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	SSI	TOL	MP	STI	GMP	HM	$Y_p$	$Y_s$
تکرار Rep	2	0.38 n.s	282785563**	6589929 <sup>n.s</sup>	4.18**	9.54 <sup>n.s</sup>	876419 <sup>n.s</sup>	111642062**	42930561 <sup>n.s</sup>
ژنوتیپ Genotype	16	3.26 <sup>n.s</sup>	57600366.70 <sup>n.s</sup>	155762867**	1.06**	3.75**	150422302**	199925367**	140400578**
خطا Error	32	3.96	40766143	7737578	0.28	3.23	8250327	16928247	18929970
C.V(%)		24.84	13.72	19.67	15.58	19.28	22.72	23.89	39.33

\* و \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

\*and \*\*: significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

**جدول ۵- ضرایب همبستگی بین عملکرد دیم و آبی و شاخص‌های تحمل به خشکی**  
**Table 5- Paired correlation coefficients between drought tolerance indices and dry matter yield under non-stress ( $Y_p$ ) and stress ( $Y_s$ ) conditions**

شاخص‌های تحمل Stress indices	1	2	3	4	5	6	7	8
1- عملکرد در شرایط آبی ( $Y_p$ )	1							
2- عملکرد در شرایط دیم ( $Y_s$ )	0.84**	1						
3- شاخص حساسیت تنش (SSI)	0.06 <sup>n.s</sup>	-0.39 <sup>n.s</sup>	1					
4- شاخص تحمل خشکی (TOL)	0.54*	0.01 <sup>n.s</sup>	0.73**	1				
5- میانگین بهره وری (MP)	0.967**	0.95**	-0.15 <sup>n.s</sup>	0.31 <sup>n.s</sup>	1			
6- شاخص تحمل تنش (STI)	0.87**	0.97**	-0.32 <sup>n.s</sup>	0.11 <sup>n.s</sup>	0.96**	1		
7- میانگین هندسی بهره وری (GMP)	0.94**	0.96**	-0.20 <sup>n.s</sup>	0.25 <sup>n.s</sup>	0.99**	0.96**	1	
8- میانگین هارمونیک (HM)	0.92**	0.98**	-0.25 <sup>n.s</sup>	0.20 <sup>n.s</sup>	0.99**	0.97**	0.99**	1

\* و \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

\* and \*\*: significant at 5% and 1% probability levels, respectively

$Y_p$ : yield in normal condition;  $Y_s$ : yield in stress condition; SSI: Stress Susceptibility Index; TOL: Tolerance; MP: mean productivity; GMP: Geometric Mean Productivity; HARM: Harmonic Mean, and STI: Stress Tolerance Index

جدول ۶- مقادیر شاخص های مقاومت به خشکی و عملکرد علوفه در محیط دارای تنش و بدون تنش دراکوتیپ های مورد بررسی شبدر

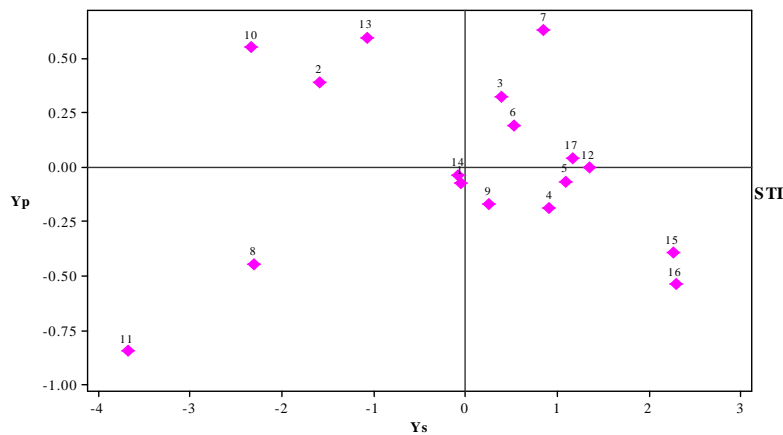
**Table 6-** Drought tolerance indices and dry matter yield under non-stress ( $Y_p$ ) and stress ( $Y_s$ ) conditions in clover ecotypes.

ژنوتیپ	<i>T. purpureum</i> L.	<i>T. Resupinatum</i> L.	<i>T. purpureum</i> L.	<i>T. purpureum</i> L.	<i>T. diffusum</i> L.	<i>T. diffusum</i> L.	<i>T. diffusum</i> L.	<i>T. echinatum</i> L.	<i>T. echinatum</i> L.	<i>T. echinatum</i> L.	<i>T. resupinatum</i> L.	<i>T. diffusum</i> L.	<i>T. resupinatum</i> L.	<i>T. lappaceum</i> L.	<i>T. campestre</i> L.	<i>T. campestre</i> L.	<i>T. hirtum</i> L.
شماره تیمار شاخص	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
تحمل تنش (STI)	0.71	1.44	0.51	0.34	0.28	0.46	0.30	1.86	0.59	1.84	2.67	0.20	1.15	0.72	0.02	0.02	0.26
میانگین بهره وری (MP)	14766.00	21419.89	13148.44	10290.83	9504.38	12376.72	11343.33	23535.44	13394.22	24397.27	28168.44	8300.44	19604.00	14929.50	3088.83	2836.50	9260.38
تحمل خشکی (TOL)	4804.67	11247.11	9030.00	3334.33	4721.22	7577.01	12311.55	2720.67	3564.45	13909.22	236.44	5498.67	12946.45	5220.33	1935.44	349.23	5939.22
حساسیت تنش (SSI)	0.77	1.15	1.42	0.77	1.10	1.30	1.95	0.30	0.65	1.23	0.02	1.38	1.37	0.82	1.32	0.30	1.34
عملکرد در شرایط آبی ( $Y_p$ )	17168.33	27043.44	17663.44	11957.99	11864.99	16165.22	17499.10	24895.77	15176.44	31351.88	28286.66	11049.77	26077.22	17539.66	4056.55	3011.11	12229.99
عملکرد در شرایط دیم ( $Y_s$ )	12363.66	15796.33	8633.44	8623.66	7143.77	8588.21	5187.55	22175.10	11611.99	17442.66	28050.22	5551.10	13130.77	12319.33	2121.11	2661.88	6290.77
میانگین هارمونیک (HM)	14375.15	19943.48	11598.05	10020.74	8918.07	11217.06	8002.72	23456.81	13157.07	22414.81	28167.94	7389.78	17466.54	14473.15	2785.65	2825.75	8308.09
میانگین هندسی بهره وری (GMP)	14569.26	20668.50	12348.93	10154.88	9206.56	11782.62	9527.72	23496.08	13275.11	23385.04	28168.08	7831.88	18504.43	14699.55	2933.32	2831.11	8771.31

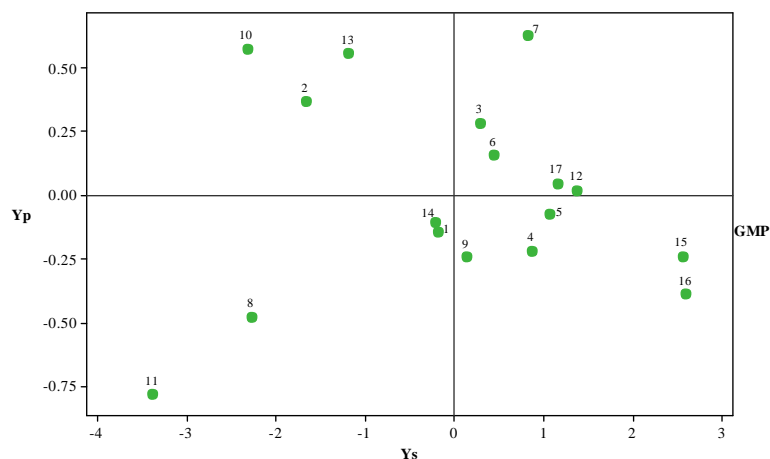
جدول ۷- مقادیر ویژه، واریانس و درصد تجمعی واریانس برای ۶ شاخص مقاومت در دو شرایط دیم و آبی در اکوتیپ‌های مورد بررسی شیدر

Table 7- Eigen values, variance and cumulative variance percentage for 6 resistant indice under non-stress ( $Y_p$ ) and stress ( $Y_s$ ) conditions in clover ecotypes.

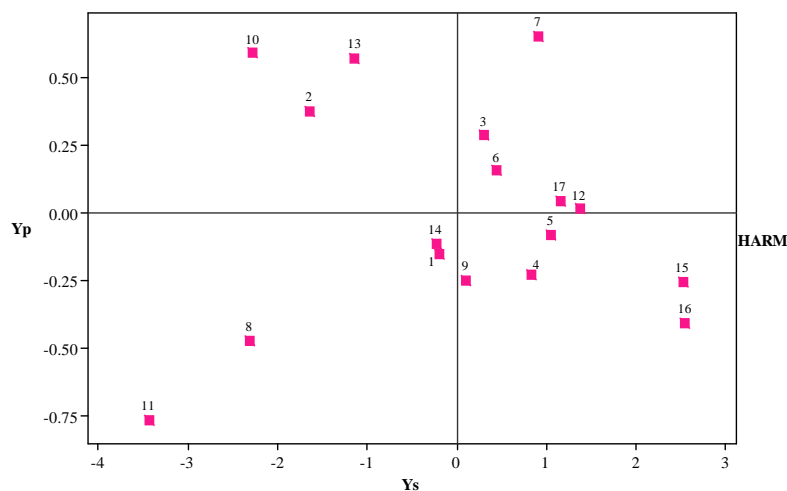
مؤلفه‌های اصلی component	مقادیر ویژه Eigen value	واریانس Variance %	درصد واریانس تجمعی Cumulative variance	شاخص‌های تحمل Stress indices							
				$Y_p$	$Y_s$	SSI	TOL	MP	STI	GMP	HM
1	5.89	73.62	73.62	0.94	0.96	-0.21	0.25	0.99	0.97	0.99	0.99
2	1.90	23.86	97.49	0.30	-0.22	0.92	0.93	0.06	-0.13	0.006	-0.04



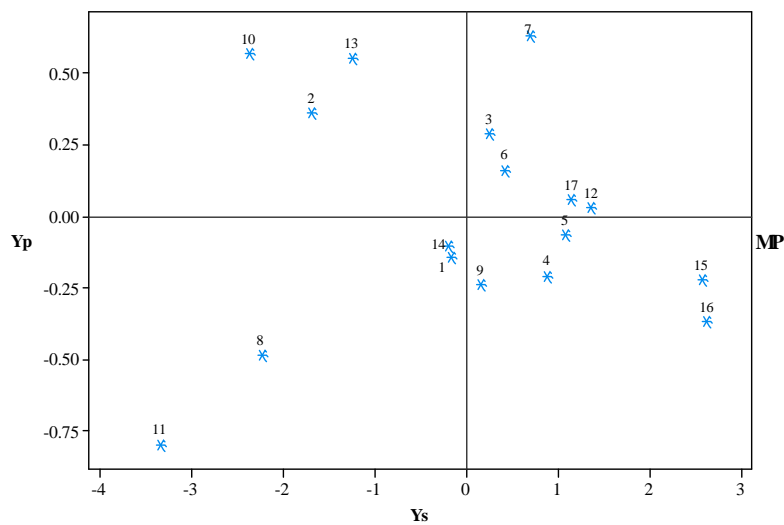
شکل ۱- نمودار تعیین ارقام مقاوم به خشکی بر اساس عملکرد آبی ( $Y_p$ )، عملکرد دیم ( $Y_s$ ) و شاخص STI  
Figure 1- Determining drought resistant ecotypes based on the yield performance in stressed ( $Y_s$ ), non-stressed ( $Y_p$ ) and STI index



شکل ۲- نمودار تعیین ارقام مقاوم به خشکی بر اساس عملکرد آبی ( $Y_p$ )، عملکرد دیم ( $Y_s$ ) و شاخص GMP  
Figure 2- Determining drought resistant ecotypes based on the yield performance in stressed ( $Y_s$ ), non-stressed ( $Y_p$ ) and GMP index



شکل ۳- نمودار تعیین ارقام مقاوم به خشکی بر اساس عملکرد آبی ( $Y_p$ )، عملکرد دیم ( $Y_s$ ) و شاخص HARM  
**Figure 3-** Determining drought resistant ecotypes based on the yield performance in stressed ( $Y_s$ ), non-stressed ( $Y_p$ ) and HARM index

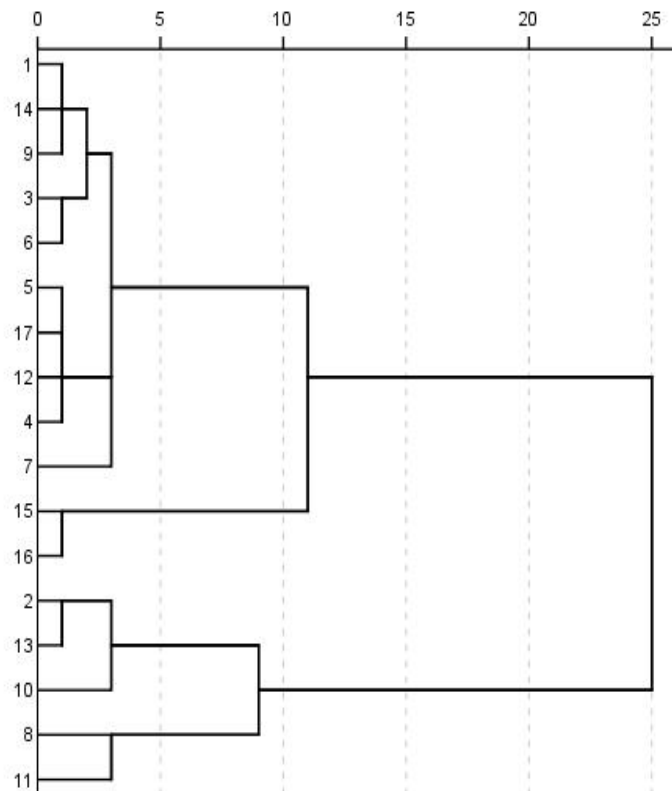


شکل ۴- نمودار تعیین ارقام مقاوم به خشکی بر اساس عملکرد آبی ( $Y_p$ )، عملکرد دیم ( $Y_s$ ) و شاخص MP  
**Figure 4-** Determining drought resistant ecotypes based on the yield performance in stressed ( $Y_s$ ), non-stressed ( $Y_p$ ) and MP index

جدول ۸- تجزیه تابع تشخیص برای تعیین محل برش دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه ای بر اساس شاخص های کمی تحمل خشکی در اکوتیپ های شبدر

**Table 8-** Diagnosis function analysis for determining the incision site dendrogram from cluster analysis based on quantitative indices of drought tolerance in clover ecotypes

تعداد گروه	سطح معنی دار	آماره ویلکس لامبدا	کی - دو
Number of Group	Siq	Wilks Lambda	Chi-Square
2	0.01	0.19	19.49



شکل ۵- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه ای اکوتیپ های شبدر با استفاده از روش Ward و فاصله اقلیدسی بر اساس شاخص های کمی تحمل خشکی

**Figure 5-** Dendrogram of cluster analysis for clover ecotypes using Ward method and euclidean distance based on different drought indices

## References

## منابع مورد استفاده

- Abbasi, M.R. 2006. Final report of the design, collected, identification and evaluation of inheritance reserve in clover genus to protection and use. *Plant Genetic Research*. (In Persian)
- Ahmadi, J., and H. Zeynali-Khangah. 1993. Evaluation of drought resistance indices and corn hybrids using the biplot. *J. Agric. Sci.* 31: 513-523. (In Persian).
- Annan, K. 2001. Water for sustainable agriculture in developing regions-more crop for every scarce drop, pp 132-133. In: Proceeding of 8th JIRCAS International Symposium, 27-28 November 2001, Epochal Tsukuba, Tsukuba Science City, Japan.
- Asadi-Chaleshtari, S., A. Hassanzadeh, and A. Fayyaz-Mogadam. 2008. Evaluation of drought tolerance indices in lentil landraces agronomic in West Azarbaijan Province. *J. Agric. Sci.* 2. (In Persian).
- Basafa, M., and M. Taherian. 2010. Evaluation of drought tolerance in alfalfa (*Medicago sativa*) ecotypes using drought tolerance indices. *J. Environmental Stresses. Crop. Sci.* 3(1): 69-81. (In Persian).
- Blum, A. 1988. Plant Breeding for Stress Environments. CRC press, Inc. pp: 45-56.
- Brink, G.E., and G.A. Pederson. 1998. White clover response to water application gradient. *J. Crop Sci.* 36: 771-775.
- Daynal, J.R., J.P. Grime, and R. Boot. 1985. A new method for the experimental droughting of plants. *Annals of Botany.* 55: 893-897.
- Ehdaie, B. 1993. Selection for resistance to drought in wheat. Main Articles of Proceedings of 1th Iranian Crop Sciences Congress. College of Agriculture, University of Tehran, Iran, pp: 43-62. (In Persian).
- Emam-Jome, A. 2001. Determining genetic distance by RAPD-PCR and evaluation of drought resistance indices and use of the biplot method in corn hybrids. *J. Agric. Sci.* 31(3): 523-513. (In Persian).
- Farahani, A., and A. Arzani. 2010. Evaluation of genetic diversity of cultivars and F<sub>1</sub> hybrids of durum wheat using of agronomic and morphological traits. *Sci. Tech. J. Agric. Natu. Res.* 10(4): 341-354. (In Persian).
- Farshadfar, E. 2000. Selection for drought tolerance in bread wheat. *J. Agric. Sci. Technol.* 14(2): 161-171. (In Persian).
- Farshadfar, E., R. Zamani, M. Motlebi, and A. Emamjomeh. 2001. Selection for drought resistance in chick pea genotypes. *Iranian J. Agric. Sci.* 32(1): 65-77. (In Persian).
- Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Kuo, C.G. (Ed.), Proceeding of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops to Temperature and Water Stress. 13-16 Aug. Shanhua, Taiwan. pp: 257-270.



- Fiseher, R.A., and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Aus. J. Agric. Res.* 29: 897-912.
- Gabriel, K.A. 1971. The biplot graphical display of matrices with applications to principal component analysis. *Biometrika.* 58: 453-467.
- Golestani, M., and H. Pakniyat. 2007. Evaluation of drought tolerance indices in sesame lines. *J. Sci. Technol. Agric. Natural Res.* 11(41): 141-150. (In Persian).
- Jamshid-Mogadam, M., H. Pakniat, and A. Farshadfar. 2004. Evaluation of important agronomic traits and selection for drought resistant in varieties of Chickpea (*Cicer arietinum* L.). Abstracts Seventh Congress of Agronomy and Plant Breeding. (4-2 September 2004 - Karaj). 369 pp. (In Persian).
- Kargar, S., M.R. Ganadha, R. Bozorgipour, R.A.A. Khajeh-Ahmad-Attari, and J.R. Babayi. 2006. Evaluation of drought tolerance indices in some of the Soybean genotypes under limited irrigation conditions. *J. Agric. Sci.* 35(1): 129-142. (In Persian).
- Kristin, A.S., R.R. Serna, F.I. Perez, B.C. Enriques, J.A.A. Gallegos, P.R. Vallego, N. Wassimi, and J.D. Kelley. 1997. Improving common bean performance under drought stress. *Crop Sci.* 37: 43-50.
- Lu-Xinshi, He.Qi., and He.Q. Lu-Xs. 1997. Genetic diversity for Chinese alfalfa cultivars and land races. *Grassland of China.* 6: 1-6.
- Marofi, A. 2000. Determining of chromosomal location of drought resistance indices in wheat. MSc dissertation, Faculty of Agriculture, the University of Kermanshah, Iran. 115 pp. (In Persian).
- Muehlbaure, F.J., W.J. Kaiser, S.L. Clement, and R.J. Summer-Field. 1995. Production and breeding of lentil. *Adv. Agron. J.* 54: 283-332.
- Normand-Moaiad, F., M.A. Rostami, and M.R. Ganadha. 2003. Evaluation of drought resistance indices in wheat. *J. Agric. Sci.* 32(4): 795-805. (In Persian).
- Parvizi-Almani, M. 2000. Evaluation of drought tolerance indices for important traits of sugar beet. Abstracts of Fifth Congress of Agronomy and Pant Breeding. Preparation and improvement researches institute of seed and plant, Karaj, 285 pp.(In Persian).
- Porsa, H., A. Ganjali, and A. Bageri. 2011. Evaluation of chickpea germplasm for drought resistant. *J. Agron. Res.* 7(1): 183-194. (In Persian).
- Rosielle, A.A., and J. Hambelen. 1981. Theoretical aspect of selection for yield in stress and nonstress environment. *Crop Sci.* 21: 943-946.
- Sabaghpour, S.H., A.A. Mahmodi, A. Saeed, K. Masood, and R.S. Malhotra. 2006. Study on chickpea drought tolerance lines under dryland condition of Iran. *Indian. J. Crop Sci.* 1(1-2): 70-73.
- Samizadeh-Lahiji, H. 1998. Evaluation of phenotypic and genotypic diversity of qualitative and quantitative traits and their correlation with chickpea yield. MSc dissertation, Faculty of Agriculture, the University of Karaj, Iran. 98 pp. (In Persian).

- Saranga, Y., M. Menz, C.X. Jiang, R.J. Wright, D. Yakir, and A.H. Paterson. 2001. Genomic dissection of genotype  $\times$  environment interactions conferring adaptation of cotton to arid conditions. *Genome Research*. 11: 1988-1995.
- Siddique, K.H.M., S.P. Loss, K.L. Regan, and R. Jettner. 1999. Adaptation of cool season grain legumes in Mediterranean-type of environment of South-Western Australia. *Aus. J. Agric. Res.* 50: 375-387.
- Singh, K.B., and S. Singh. 1969. Genetic variability and interrelation ship studies on yield and other quantitative characters of lentils. *Indian. J. Agric. Sci.* 39: 737-741.
- Subarao, G.V., C. Johanson, A.E. Slinkard, R.C. Nageswara-Rao, N.P. Saxena, and Y.S. Chauhan. 1995. Strategies for improving drought resistance in grain legumes. *Critic Rev. Plant Sci.* 14: 469-523.
- Tagizadeh, R., M. Valizadeh, A. Nazirzadeh, S. Ahrizad, and H. Mostafayi. 2004. Evaluation of drought tolerance sources of lentil genotypes in Ardabil region using of sensitivity and drought tolerance indices. Abstracts of Seventh Congress of Agronomy and Plant Breeding (4-2 September 2004 - Karaj). 366 pp. (In Persian).
- Turner, N.C., G.C. Wright, and K.H.M. Siddique. 2001. Adaptation of grain legumes (pulses) to water-limited environments. *Advances in Agronomy*. 71: 193-231.
- Zabet, M., A. Hosseinzadeh, A. Ahmadi, and F. Khialparast. 2005. Study of drought stress effects on different traits and determining the best indicator of drought resistance in Mungbean. *J. Agric. Sci.* 34(4): 889-898. (In Persian).

## Evaluation of Annual Clover Ecotypes by Using Drought Tolerance Indices

Nikou, Sh<sup>1</sup>, M. Pouryousef Miandoab<sup>2\*</sup>, and A. Hassanzadeh Gorttape<sup>3</sup>

Received: April 2014, Accepted: 21 September 2014

### Abstract

To evaluate clover ecotypes by using drought tolerance indices, 17 annual clover ecotypes were tested in a split-plot experiment by using randomized complete block design with three replications, under two irrigated and rain-fed conditions in the Saatlo Research Station in Urmia, Iran. In this study, based on the dry matter yield in stressed ( $Y_s$ ) and non-stressed ( $Y_p$ ) conditions, quantitative values of drought tolerance indices of mean productivity index (MP), tolerance index (TOL), geometric mean productivity index (GMP), harmonic mean index (HM), stress susceptibility index (SSI), and stress tolerance index (STI) were calculated. There was a significant difference among the ecotypes as to their yields under irrigated and rain-fed conditions, which indicated the existence of genetic diversity and the possibility of selection for drought tolerance and using them in breeding programs for further genetic. The correlations among drought indices and  $Y_p$  and  $Y_s$  showed that MP, GMP, HM, and STI were highly correlated with  $Y_p$  and  $Y_s$ . Cluster analysis categorized tolerant ecotypes No. 11, 2, 13, 8 and 10 in the same group and the others in the sensitive one. Based on the values of indices and higher dry matter yield, in both stress and non-stress conditions, ecotype No. 11 (*T. resupinatum* L.) was recognized to be as the most tolerant ecotype against drought.

**Key words:** Clover, Cluster analysis, Drought tolerance indices, Forage yield.

1- MSc of Agronomy, Department of Agronomy, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran.

2- Assistant Professor, Department of Agronomy and Agro-ecology, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran.

3- Assistant Professor, Agricultural and Natural Resources Research, Institute, West Azerbaijan, Urmia, Iran.

\* **Corresponding Author:** [pooryousefm@yahoo.com](mailto:pooryousefm@yahoo.com)

