

ارزیابی تحمل به شوری اکوتیپ‌های یونجه با استفاده از شاخص‌های تحمل

سمیرا علی^۱، مجتبی توکلی^۱، کاظم پوستینی^{۲*}، احمد علی پوربابایی^۲ و هوشنگ علیزاده^۲
۱ و ۲. دانشجوی دکترای فیزیولوژی گیاهان زراعی و استاد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۱۷ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۴/۲۷)

چکیده

تنش شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده است که همه ساله کشت گیاهان زراعی را در مناطق وسیعی از کشور تحت تأثیر قرار می‌دهد. به منظور بررسی تحمل به شوری اکوتیپ‌های مختلف یونجه آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۹۳ در گلخانه پردیس دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران انجام شد. ۲۵ اکوتیپ یونجه در بستر هیدروپونیک (تغذیه با محلول هوگلند) و اعمال سطوح شوری صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی مولار کلرید سدیم همراه با آب آبیاری مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج حاصل نشان داد برهمکنش شوری و اکوتیپ‌های مختلف بر وزن خشک اندام هوایی، غلظت سدیم و پتاسیم اندام هوایی و نسبت آنها معنی‌دار شد. جهت تعیین اکوتیپ‌های متحمل و حساس از شاخص‌های تحمل به تنش استفاده شد که نتایج نشان داد عملکرد در شرایط بدون تنش با شاخص‌های MP، TOL، STI و در شرایط تنش با MH و STI و YI دارای هم‌بستگی مثبت و بالایی می‌باشد که بر این اساس اکوتیپ‌های ۵ و ۲۱ به‌عنوان متحمل‌ترین و ۲۰ و ۸ حساس‌ترین معرفی شدند. نتایج تجزیه بای پلات نشان داد، دو مؤلفه اول و دوم ۸۷/۱۵ درصد از تغییرات کل عملکرد را توجیه کردند. لذا، انتخاب بر اساس مؤلفه اول و دوم به ترتیب موجب گزینش اکوتیپ‌های متحمل و حساس به شوری شد.

واژه‌های کلیدی: شاخص تحمل به تنش، شاخص حساسیت به تنش، بای پلات، یونجه.

Evaluation the salt tolerance of alfalfa ecotypes according to tolerance indicator

Samira Ali¹, Mojtaba Tavakoli¹, Kazem Poustini^{2*}, Ahmad Ali Pourbabaei² and Hoshang Alizadeh²

1, 2. Ph. D. Candidate in Crop Physiology and Professor, University College of Agriculture and Natural Resources & Tehran University, Karaj, Iran

(Received: Jan. 6, 2017 - Accepted: Jul. 18, 2017)

ABSTRACT

Salinity is the most important abiotic stress that influences the crops production in large areas of the country. To evaluate the salt tolerance of different alfalfa ecotypes, an experiment was conducted with three replications in a factorial randomized complete block design in 2014, in College of Agricultural and Natural Resources University of Tehran. 25 alfalfa ecotypes in hydroponics (Hoagland solution) condition and applied salinity levels 100 and 200 mM sodium chloride with irrigation water were examined. The results indicated that the interaction of salinity and different ecotypes was significant on shoot dry weight, concentration of sodium and potassium. To determine tolerant and sensitive ecotypes indicators of stress were used and the results showed that in non-stress condition yield to MP (mean productivity), TOL (Tolerance), STI (stress tolerance index) indicators and in salt stress yield to MH (Harmonic mean), STI, YI (Yield index) had positively significant correlation. According to this ecotypes 5 and 21 as the most tolerant and ecotype 20 and 8 as more sensitive were introduced. The result of the Biplot analysis showed that the first and second principal components justified 87/15 percent of the whole yield changes. Hence, the selection due to the first and second principal components respectively led to choose the tolerant and sensitive ecotypes.

Keywords: Alfalfa, Biplot, Stress susceptibility index, Stress tolerance index.

* Corresponding author E-mail: kpostini@ut.ac.ir

مقدمه

تنش شوری یکی از فاکتورهای محیطی محدودکننده رشد و تولید گیاهان به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد (Bertrand *et al.*, 2015). در حال حاضر، بیش از نیمی از زمین‌های تحت آبیاری جهان و کمتر از ۲۰ درصد از اراضی زراعی از شوری رنج می‌برند (Qiao *et al.*, 2014). به‌طور کلی شوری با سازوکارهای مختلفی به گیاه آسیب وارد می‌کند. از جمله بروز اختلال تغذیه‌ای در نتیجه غلظت زیاد یون‌ها (به‌ویژه Na^+ و Cl^-) که منجر به کاهش جذب فسفر، پتاسیم و نیتروژن، افزایش فشار اسمزی محلول خاک، کاهش جذب آب و عناصر دیگر و موجب سمیت یونی می‌شود (Munns *et al.*, 1995). میزان عملکرد با میزان تجمع یونها در ارتباط است، تجمع یون سدیم در برگها تحمل شوری را کاهش می‌دهد (Poustini & Siosemardeh, 2004). در غلظت‌های بالای نمک گیاهان با ورود و خروج یون ها، میزان Na^+ درون سیتوپلاسم را کاهش داده و با ثابت نگهداشتن غلظت یون پتاسیم، نسبت Na^+/K^+ را پائین نگه می‌دارند (Hajilooi, 1998). این مکانیسم به حدی در مقابله با اثرات سوء ناشی از تنش شوری مؤثر است که نسبت Na^+/K^+ در گیاهان به عنوان یکی از خصوصیات مهم جهت تفکیک گونه‌های متحمل از حساس گزارش شده است (Omielan *et al.*, 1991). اگرچه گیاهان ممکن است هیچ علامتی برای کمبود آب و یا مواد غذایی و یا واکنش‌های متابولیکی در شوری‌های ملایم و کم از خود بروز ندهند ولی انرژی اضافی که صرف بقای گیاه در این شرایط می‌گردد باعث محدود شدن محصولات فتوسنتزی لازم برای رشد گیاه می‌گردد. در مورد گیاهان زراعی، میزان کاهش عملکرد و رشد گیاه در شرایط شور نسبت به شرایط غیر شور به‌عنوان معیاری برای سنجش میزان تحمل به شوری به‌کار می‌رود (Subbarao & Johansen, 1999). یونجه در مقایسه با سایر گیاهان علوفه‌ای به دلیل رشد مجدد و سریع پس از برداشت، مقاومت به خشکی و گرما، تولید علوفه مغذی و نیز تثبیت بیولوژیکی مولکولی هوا و تحمل به شوری غالباً مورد توجه کشاورزان است (Darvishi *et al.*, 2005). جذب کلرید سدیم در قسمت هوایی گونه‌های مقاوم

یونجه نسبت به گونه‌های حساس کلرید سدیم کمتر بوده که در نتیجه تحمل به شوری در یونجه را به سازوکار ممانعت نسبت داده‌اند (Noble *et al.*, 1984). بر این اساس نتایج نشان داده است که تنظیم اسمزی یکی از سازوکارهایی است که در یونجه سبب افزایش تحمل به شوری می‌شود (Levit, 1980). سطوح بالای شوری در یونجه موجب کاهش وزن خشک اندام هوایی می‌گردد، این کاهش با ایجاد رنگ سبز تیره در برگ‌ها همراه است که می‌تواند ناشی از افزایش محتوای کلروفیل برگها باشد (Asch *et al.*, 2000).

Hashemi Jazi (1999) در مطالعه‌ای تحت عنوان بررسی تحمل به شوری در ارقام یونجه بمی، همدانی و یزدی تحت پتانسیل‌های ۳-، ۶- و ۹- مگا پاسکال اظهار داشت که غلظت یون سدیم در ریشه و اندام هوایی تیمار شوری نسبت به شاهد افزایش قابل توجهی را نشان می‌دهد و این افزایش در ریشه نسبت به بخش هوایی بیشتر بود. از آنجایی که آستانه تحمل شوری یونجه ۲ دسی زیمنس بر متر می‌باشد، چنانچه شوری خاک به بیش از ۲ دسی زیمنس افزایش یابد، رشد و عملکرد آن کاهش می‌یابد. بر اساس آزمایش‌های انجام شده، در شوری‌های ۳/۴، ۵/۴، ۸/۸ و ۱۶ دسی زیمنس بر متر عملکرد یونجه به‌ترتیب ۹۰٪، ۷۵٪، ۵۰٪ و ۵٪ می‌باشد (Mass & Hoffman, 1977). Rezaian & Ghamari Zare (2000) تأثیر شوری را بر رشد رویشی قره یونجه و لاین (۲۱۲۹) استرالیایی بررسی و اعلام کردند که عملکرد علوفه خشک قره یونجه در شوری بالاتر بیشتر بود. افزایش شوری به میزان ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، موجب کاهش میزان فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و سطح برگ در یونجه شده و تعرق و نهایتاً کاهش وزن خشک اندام هوایی و ریشه را به دنبال داشته است (Khan *et al.*, 1994). گیاهان از نظر مقاومت به شوری و یا حساسیت به شوری متفاوت می‌باشند. این تفاوت‌ها به جنس‌ها و گونه‌های متفاوت و حتی میان رقم‌های یک گونه وجود دارد. افزایش مقاومت گیاهان به شوری و انتخاب گونه‌های مناسب برای کاشت در مناطق شور، اهمیت زیادی از نظر کشاورزی و اقتصادی دارد (Kingsbury & Epstein, 1984). بسیاری از

با توجه به اهمیت یونجه در تامین علوفه و شرایط آب و هوایی کشور که باعث بروز مسایل مربوط به شوری و بالا رفتن املاح در محیط ریشه شده است؛ لذا انتخاب و توجه به اکوتیپی که بتواند در شرایط تنش عملکرد قابل قبولی تولید نماید از اهمیت خاصی برخوردار است. هدف از این تحقیق، شناسایی اکوتیپ‌های حساس و متحمل به شوری می باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تحمل به شوری اکوتیپ‌های یونجه، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۳ در گلخانه پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران انجام گرفت. بذور یونجه مورد مطالعه از موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع و موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در کرج تهیه شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۲۵ اکوتیپ یونجه (جدول ۱) و سطوح شوری شامل صفر و ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بود. نوع کشت به صورت هیدروپونیک با بستر کشت حاوی پرلیت و کوکوپیت بود. تعداد ۱۰ بذر در هر گلدان به قطر ۱۷ و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر در شرایط گلخانه‌ای (با دمای روز/شب ۱۵/۲۸ درجه سلسیوس، سیکل نوری ۸/۱۶ ساعت روشنایی/تاریکی، با استفاده از لامپ‌های با نور سفید و زرد، رطوبت نسبی ۶۵-۵۵ درصد) کشت گردید. تغذیه گیاهان از طریق محلول هوگلند (Hoagland & Arnon, 1950) به همراه آب آبیاری به میزان ۲۰۰ سی‌سی برای هر گلدان انجام شد. شروع اعمال شوری از مرحله دو برگی تا مرحله گلدهی، با حل کردن مقادیر مشخصی از نمک کلرید سدیم اعمال شد. دو هفته بعد از استقرار بوته‌ها به ۴ بوته در گلدان تنک شد. برای ایجاد زهکشی مناسب و جلوگیری از تجمع نمک در گلدان‌ها سوراخ‌هایی در ته هر کدام از گلدان‌ها تعبیه شد. برای تهیه محلول هوگلند از عناصر ماکرو و میکرو طبق جداول زیر استفاده گردید.

در مرحله ده درصد گلدهی در هر اکوتیپ برداشت انجام شد. به منظور بررسی وزن خشک اندام هوایی، اندام هوایی گیاهان از هر گلدان برداشت و به آن با

آزمایش‌هایی که جهت به‌نژادی ژنوتیپ‌های متحمل به شوری صورت می‌گیرد، عموماً در دو تیمار تنش و بدون تنش اجرا می‌شوند (Brown & Hayward, 1970). هدف اصلی این گونه آزمایش‌ها انتخاب ژنوتیپ‌هایی است که به هر دو شرایط فوق سازگار باشند. از جمله شاخص‌ها جهت برآورد تحمل به شوری می‌توان بقا در شرایط شور، عملکرد خالص و نسبت عملکرد در شرایط شور به عملکرد در شرایط بدون تنش را اشاره کرد (Brown & Hayward, 1970). انتخاب دقیق و اصلاح گیاهان برای تحمل به شوری نیاز به شناخت عوامل فیزیولوژیکی دارد که منجر به این تحمل می‌شود؛ انتخاب بر اساس میزان خسارات شوری روی گیاه و خصوصیات رشدی آن انجام می‌گیرد (Noble et al., 1984). نتایج بررسی‌ها نشان داده است که ارتباط این صفات فیزیولوژیکی با صفات زراعی و میزان تحمل به شوری گیاه بسیار قوی است (Esfandiary et al., 2000). *al.* (2008) با استفاده از شاخص‌های MP، SSI^۲ و ^۳TOL پنج گونه یونجه یکساله را از نظر تحمل به تنش گروه‌بندی نموده و گزارش کردند تنوع بسیار معنی‌داری در بین گونه‌ها وجود داشته و اثر گونه در تمامی شاخص‌ها معنی‌دار بود. روش‌های گوناگونی برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و تعیین ژنوتیپ‌های پایدار ارایه شده است که شامل شامل روش‌های تک متغیره، چند متغیره و ناپارامتری هستند (Karimizadeh et al., 2006). اگرچه محاسبه و استفاده از روش‌های تک متغیره پارامتری و ناپارامتری آسان است، ولی این روش‌ها نمی‌توانند ماهیت پیچیده و چند بعدی اثر متقابل را به خوبی تفسیر نمایند. از این‌رو، استفاده از روش‌های چند متغیره برای رفع این مشکل پیشنهاد شده است (More-Gonzalez et al., 2004). از میان روش‌های چند متغیره می‌توان به روش بای پلات که بر مبنای تجزیه به مؤلفه‌های اصلی پیشنهاد شده است اشاره کرد (Yan et al., 2000).

1. Mean productivity
2. Stress susceptibility index
3. Tolerance

نتایج و بحث

ارزیابی عملکرد و غلظت‌های یونی در شرایط تنش و

بدون تنش شوری

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر شوری، اکوتیپ و اثرمتقابل بین آنها بر وزن خشک اندام هوایی، غلظت سدیم و پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). وجود اختلاف معنی‌داری بین اکوتیپ‌های یونجه در تمام صفات مورد بررسی بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بین اکوتیپ‌ها می‌باشد.

Ashrafi *et al.* (2015) با بررسی تحمل به شوری ارقام رهنانی، همدانی و بمی‌رقم رهنانی در سطوح شوری ۰، ۲۰، ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، رقم رهنانی به‌عنوان متحمل به شوری اعلام نمودند. افزایش شوری به میزان ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، موجب کاهش میزان فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و سطح برگ در یونجه شده و تعرق و نهایتاً کاهش وزن خشک اندام هوایی و ریشه را به دنبال داشته است (Fougere *et al.*, 1991).

واکنش اکوتیپ‌ها در شرایط تنش به غلظت یون‌های Na^+ و K^+ متفاوت بود. از آنجا که شوری موجب کاهش غلظت یون پتاسیم شده است، در شرایط بدون تنش اکوتیپ ۴ بالاترین و اکوتیپ ۱۵ در سطح شوری ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، کمترین غلظت K^+ را نشان داد که البته با اکوتیپ‌های ۱ و ۱۰ اختلاف معنی‌داری نداشت. با افزایش سطح شوری، غلظت Na^+ در تمامی اکوتیپ‌ها افزایش معنی‌داری یافت. به طوری که بیشترین غلظت Na^+ در اکوتیپ ۱۵ در سطح شوری ۲۰۰ میلی‌مولار کلریدسدیم و کمترین غلظت در اکوتیپ ۱۷، در شرایط بدون تنش مشاهده گردید (جدول ۴).

دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت منتقل و با استفاده از ترازوی ۰/۱ گرم اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم، میزان ۰/۱ گرم ماده خشک در کوره الکتریکی با دمای ۵۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت چهار ساعت در کروزه چینی حرارت داده شد. خاکستر به‌دست آمده با پنج میلی‌لیتر اسید کلریدریک شستشو داده شد تا کاتیون‌ها آزاد شوند. عصاره با کاغذ صافی صاف شد. به منظور اندازه‌گیری یون‌های سدیم و پتاسیم در محلول حاصله از دستگاه فلم فتومتر مدل *Carl Ziess* و منحنی استاندارد استفاده شد (Owen, 1992).

به منظور بررسی واکنش اکوتیپ‌های مورد بررسی به تنش شوری، از شاخص‌های مختلف به شرح زیر استفاده شد. چنانچه Y_p (شرایط بدون تنش) و Y_s (شرایط تنش شوری ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) عملکرد بالقوه هر اکوتیپ و \bar{Y}_p (بدون تنش) \bar{Y}_s (تنش) میانگین عملکرد کلیه اکوتیپ‌ها باشند، شاخص‌های حساسیت به تنش (SSI) (Fischer & Murer., 1978)، شاخص بهره‌وری متوسط (MP) (Rosielle & Hamblin 1981)، شاخص میانگین هارمونیک (Harm) (Rosielle & Hamblin, 1981)، شاخص عملکرد (YI) (Gavuzzi *et al.*, 1997)، شاخص تحمل (TOL) (Rosielle & Hamblin, 1981) و شاخص تحمل به تنش (STI) (Fernandez (1992)، را می‌توان به شرح جدول ۲ محاسبه کرد:

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه 9.2، مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و محاسبه ضریب هم بستگی پیرسون و برای گروه‌بندی اکوتیپ‌ها از تجزیه بای پلات با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام شد.

جدول ۱. اکوتیپ‌های مورد استفاده

Table 1. Used Ecotypes

Ecotype	Code	Num	Ecotype	Code	Num	Ecotype	Code	Num	Ecotype	Code	Num
Arak	264	21	Esfahan	217	16	Abesard	052	11	Kermanshah	027	6
Gare Yonjeh	KFA13	22	France	236	17	Golpayegan	100	12	Australia	030	7
Hamedan	Hamedani	23	Kazakhstan	243	18	Khalkhal	102	13	Kordestan	033	8
Turkey	Kalisary	24	Fao	258	19	Shahrud	103	14	Khorasan	038	9
Kashan	Ghandi	25	Bonab	262	20	Karaj	206	15	Hamedan	044	10
									Torbat	016	5

جدول ۲. رابطه‌های مورد استفاده و شاخص‌های تحمل تنش

Table 2. Relationships used and stress tolerance indicators

Indicator Formula	Reference	Indicator Formula	Reference
$TOL=Yp-Ys$	(Rosielle & Hambelene,1981)	$SI = 1 - \frac{Ys}{Yp}$, $SSI = \frac{1 - (\frac{Ys}{Yp})}{SI}$	(Fischer & Mourer,1978)
$HM = \frac{2(Yp.Ys)}{Yp + Ys}$	(Rosielle & Hamblin ,1981)	$MP = \frac{Ys + Yp}{2}$	(Rosielle & Hamblin ,1981)
$STI = \frac{(yp)(ys)}{(\bar{yp})^2}$	(Fernandez ,1992)	$YI=Ys/\bar{Ys}$	(Gavuzzi <i>et al</i> , 1997)

جدول ۳. تجزیه واریانس پارامترهای اندازه‌گیری شده اکوتیپ‌های مختلف یونجه در شرایط شوری

Table 3. Analysis of variance on some parameters in different ecotypes of alfalfa under salinity

S.O.V	df	Shoot dry weight	Na ⁺	K ⁺	K ⁺ /Na ⁺
Repeat	2	0.007	3.97	3.95	149.76
Ecotype	24	0.05**	0.33**	16.54**	10.42**
Salinity	2	3.95**	87.96**	6159.86**	6402.94**
Ecotype × Salinity	48	0.023**	0.21**	3.86**	5.83**
Error	148	0.003	0.007	0.003	2.618
Total	224	0.048	0.90	57.63	62.6
CV		13.75	3.44	0.34	16.64

** : significantly difference at 1% probability level.

** : معنی دار در سطح احتمال یک درصد.

جدول ۴. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده اکوتیپ‌های مختلف یونجه در شرایط تنش و بدون تنش

Table 4. Mean comparison of measured characteristics of different alfalfa ecotypes under stress and non- stress condition

K ⁺ /Na ⁺		Na ⁺ (mmol/gDW)			K ⁺ (mmol/gDW)			Shoot Dry Weight (gr/plant)			Ecotype	Num	
200	100	200	100	0	200	100	0	200	100	0			
2.02o-q	5.87i-p	22.06a-e	3.29d-j	2.98k	1.30no	6.63@	17.45u	28.10d	0.21 P -\$	0.56i-n	0.86a-d	Sirjan	1
2.35l-q	5.44i-q	19.70c-h	3.41c-e	3.09h-k	1.30no	8¥	16.65w	25.10i	0.28t-\$	0.39o-v	0.83a-e	Neyshabur	2
2.47j-q	8.02i	24.96ab	3.33d-f	2.37lm	1.21no	8.23&#	18.92q	29.40b	0.20 µ -\$	0.36p-µ	0.47l-r	Kashan	3
2.57j-q	8.12i	24.62ab	3.36c-f	2.41lm	1.25no	8.62Ω	19.46o	30.10a	0.27t-\$	0.36p-β	0.51k-p	Damghan	4
2.57j-q	7.23i	21.20b-f	3.54c	2.52l	1.30no	9.10π	18.15s	27e	0.37p-P	0.43n-t	0.96a	Torbat	5
2.45j-q	7.62i	22.30a-d	3.35c-f	2.43lm	1.30no	8.20#	18.40r	28.40c	0.33r-π	0.50kq	0.61g-l	Kermanshah	6
2.52j-q	7.37i	21.04b-f	3.32d-g	2.41lm	1.30no	8.36&#	17.68t	26.80f	0.31s-\$	0.43n-t	0.69e-i	Australia	7
1.44q	5.86i-p	22.96a-c	4.71a	3.11g-k	1.31no	6.9#œ	18.19s	29.40b	0.24u-\$	0.32r-\$	0.92ab	Kordestan	8
2.18mq	6.33i-m	17.88f-h	3.54c	2.57 l	1.40no	7.70£	16.18x	24.60j	0.29s-\$	0.35q-µ	0.87a-c	Khorasan	9
1.95pq	6.03i-p	16.92gh	3.43cd	2.52 l	1.41n	6.69œ @	15.14p	23.40l	0.21 β -\$	0.45l-s	0.78b-f	Hamedan	10
1.65q	6.73i	18.97c-h	4.43b	2.51lm	1.40no	7.27ø	16.78v	26.10h	0.18 π -\$	0.23x-\$	0.68e-j	Abesard	11
2.52j-q	7.40i	21.20bcf	3.33def	2.42lm	1.30no	8.39#	17.80t	27e	0.25u-\$	0.39o-w	0.54j-o	Golpayegan	12
2.50j-q	6.60i-k	18.13e-h	3.30d-g	2.40lm	1.30no	8.24&#	15.77y	23.10m	0.36p-β	0.44m-s	0.76c-g	Khalkhal	13
2.11n-q	6.78i	19.60c-h	3.26d-j	2.39lm	1.31no	6.89#	16.09x	25.10i	0.21 P -\$	0.33r-Ω	0.76c-g	Shahrud	14
1.37q	6.16i-o	16.06h	4.80a	2.36lm	1.40no	6.57@	14.43µ	22.10n	0.17\$	0.21 β -\$	0.48l-r	Karaj	15
2.39l-q	6.94i	18.92c-h	3.09h-k	2.30m	1.30no	7.38ø	15.84y	24.10k	0.22y-\$	0.38o-y	0.60h-m	Esfahan	16
2.51-q	8.09i	25.66a	3.35c-f	2.37lm	1.19o	8.39#	19.04p	29.50b	0.23w-\$	0.33r-\$	0.42n-t	France	17
2.08o-q	6.72i	19.70c-h	3.31d-g	2.41lm	1.30no	6.87#	16.08x	25.10i	0.22z-\$	0.41n-u	0.71d-h	Kazakhstan	18
2.51j-q	6.62ij	18.13e-h	3.29d-h	2.40lm	1.30no	8.25&#	15.78y	23.10m	0.30h-m	0.47s-\$	0.60l-r	Fao	19
2.22mq	6.95i	18.80d-h	3.20e-j	2.41lm	1.41n	7.09©	16.64w	26 h	0.17\$	0.39o-x	0.79b-f	Bonab	20
2.41l-q	6.51i-l	16.79gh	3.18f-j	2.39lm	1.40no	7.65£	15.48z	23.10m	0.38p-z	0.50kl-q	0.94a	Arak	21
2.43k-q	7.07i	19.62c-h	3.46cd	2.53l	1.40no	8.40\$	17.80t	27e	0.30s-\$	0.33r-\$	0.76c-g	Ghare Yonjeh	22
2.53j-q	7.28i	20.65c-g	3.32d-g	2.41lm	1.30no	8.40\$	17.45u	26.30g	0.18 π -\$	0.47l-r	0.65f-k	Hamedani	23
2.31-q	6.27i-n	17.35f-h	3.29d-i	2.40lm	1.30no	7.60£	14.95β	22.10n	0.24v-\$	0.50k-q	0.73c-h	Turkey	24
2.54j-q	6.93i	18.24d-h	3.27d-ij	2.44lm	1.40no	8.30\$-#	16.80v	25.10i	0.32r-\$	0.39o-x	0.74c-h	Kashan	25

میانگین تیمارهایی که دارای حروف مشابهی هستند، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۱٪ از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

برای مقایسه میانگین‌ها از حروف a-z و بعد از آن به ترتیب از کاراکترهای P, β, µ, π, Ω, \$, 1, 1, i, j, j, i, œ and @ were used respectively.

The mean of treatments with the same alphabets, based on the Duncan's multiple range test, did not have a significant difference in the level of 1%. For the comparison of the mean of the letters a-z and later, the characters P, β, µ, π, Ω, \$, 1, 1, i, j, j, i, œ and @ were used respectively.

سلولی، بهبود وضعیت رطوبتی گیاه و کاهش اثرات منفی یون سدیم در گیاهان می‌شود (Ashraf & McNeilly, 2004).

Aydi *et al.* (2008) در مطالعه بر یونجه تحت

تنش شوری بیان کردند که افزایش شوری موجب

کاهش جذب سدیم، نگهداری یون سدیم در محیط ریشه و جلوگیری از انتقال آن به اندام هوایی و همچنین افزایش نسبت پتاسیم به سدیم برگ در تحمل به شوری نقش اساسی دارد. زیرا یون پتاسیم در شرایط تنش شوری موجب حفظ پایداری غشا

ارزیابی شاخص‌های تحمل تنش

به منظور ارزیابی واکنش گیاهان در شرایط محیطی مختلف و تعیین میزان حساسیت آن‌ها شاخص‌های گوناگونی ارایه شده است. بررسی شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش نشان داد، بالاترین مقدار STI، MH، MP و YI در اکوتیپ‌های ۵ و ۲۱ و کمترین این شاخص‌ها در اکوتیپ ۱۷ مشاهده شد، همچنین بیشترین و کمترین مقادیر شاخص‌های TOL و SSI به ترتیب به اکوتیپ‌های ۲۰ و ۱۷ اختصاص یافت (جدول ۵).

از آنجا که مقادیر بالای شاخص‌های TOL و SSI حساسیت بیشتر اکوتیپ‌ها به تنش را نشان می‌دهد، لذا می‌بایست اکوتیپ‌های دارای مقادیر کم این دو شاخص در معرفی اکوتیپ‌های متحمل به تنش به کار رود، بر همین اساس این اکوتیپ‌ها کاهش عملکرد کمتری نسبت به شرایط بدون تنش خواهند داشت. همانطور که درصد کاهش عملکرد در سطوح مختلف شوری نسبت به شرایط بدون تنش مشهود است، اکوتیپ‌های ۶ و ۱۷ به ترتیب با ۴۵/۳۶٪ و ۴۴/۸۴٪، کمترین و اکوتیپ ۲۰، با ۷۸/۲۶٪، بیشترین درصد کاهش را نسبت به سایر اکوتیپ‌ها داشته‌اند (جدول ۶).

افزایش تخصیص پتاسیم به برگ‌ها می‌شود در حالی‌که در لاین حساس پتاسیم کمتری در شاخساره ذخیره می‌شود. بالاترین نسبت K^+/Na^+ ، در اکوتیپ ۱۷ در سطح بدون تنش مشاهده شد که با اکوتیپ‌های ۳، ۴، ۶ و ۸ تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین میزان در اکوتیپ ۱۵ و سطح شوری ۲۰۰ میلی‌مولار به خود اختصاص داد (جدول ۴). محققان بررسی نسبت پتاسیم به سدیم برگ را به عنوان یک صفت مناسب برای تعیین ارقام متحمل به شوری گزارش نمودند، زیرا افزایش نسبت پتاسیم به سدیم بیانگر کاهش جذب سدیم در شرایط تنش شوری یا جلوگیری از انتقال یون سدیم از ریشه به برگ‌ها می‌باشد (Cavalanti et al., 2007). از آنجا که اکوتیپ ۱۷، دارای وزن خشک اندام هوایی پایینی در هر دو شرایط تنش و بدون تنش می‌باشد و همچنین کمترین درصد کاهش عملکرد در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار (۴۴/۸۴٪) (جدول ۶)، را نشان داده است می‌توان این اکوتیپ را اکوتیپی با تحمل نسبی معرفی کرد، که با غلظت بالای K^+ و غلظت پایین Na^+ مرتبط است.

جدول ۵. مقایسه میانگین شاخص‌های تحمل به شوری در اکوتیپ‌های مختلف یونجه

Table 5. Mean comparison of Indicators of salinity tolerance of alfa alfa in different ecotypes

Num	Ecotype	SSI	TOL	MP	YI	STI	MH
1	Sirjan	1.18ab	0.64ab	0.54c-f	0.83h-j	0.37d-i	0.34f-j
2	Neyshabur	1.05a-g	0.55a-f	0.55c-e	1.08c-g	0.46b-e	0.42c-e
3	Kashan	0.91f-k	0.27i-k	0.33kl	0.77ij	0.19kl	0.28jk
4	Damghan	0.75kl	0.24jk	0.39j-l	1.05c-h	0.28i-l	0.35e-i
5	Torbat	0.96c-j	0.58a-d	0.67a	1.45a	0.71a	0.54a
6	Kermanshah	0.70l	0.28i-k	0.47f-j	1.29a-c	0.41c-h	0.43b-d
7	Australia	0.87g-l	0.39g-j	0.50d-h	1.19b-d	0.42c-h	0.42b-e
8	Kordestan	1.15ab	0.67a	0.58b-d	0.95d-i	0.45b-f	0.39c-g
9	Khorasan	1.04a-g	0.58a-d	0.58bc	1.13c-f	0.51bc	0.44bc
10	Hamedan	1.15a-c	0.57a-d	0.50e-h	0.81h-j	0.33f-j	0.33f-j
11	Abesard	1.16ab	0.50b-g	0.43h-j	0.68j	0.24j-l	0.28jk
12	Golpayegan	0.82h-l	0.29i-k	0.39j-l	0.97d-i	0.27i-l	0.34f-j
13	Khalkhal	0.80i-l	0.39f-j	0.56c-e	1.41ab	0.56b	0.49ab
14	Shahrud	1.12a-e	0.54a-f	0.49e-i	0.83h-j	0.32g-j	0.33f-j
15	Karaj	1b-h	0.31h-k	0.32l	0.66j	0.16l	0.25k
16	Esfahan	0.99b-i	0.38g-j	0.41i-k	0.85g-j	0.27i-l	0.32g-k
17	France	0.70l	0.19k	0.33l	0.90f-j	0.19kl	0.30h-k
18	Kazakhstan	1.10a-f	0.50bc-g	0.46f-j	0.84g-j	0.31h-k	0.33f-j
19	Fao	0.79j-l	0.30i-k	0.45g-j	1.16b-e	0.36d-i	0.40c-f
20	Bonab	1.23a	0.62a-c	0.48e-i	0.66j	0.27i-l	0.28i-k
21	Arak	0.94e-k	0.57a-e	0.66ab	1.46a	0.71a	0.54a
22	Ghare Yonjeh	0.95d-j	0.46d-h	0.53c-g	1.15c-e	0.45b-g	0.42b-d
23	Hamedani	1.14a-d	0.48c-g	0.42i-k	0.69j	0.23j-l	0.28jk
24	Turkey	1.04a-g	0.49b-g	0.49e-i	0.94e-i	0.35e-j	0.36d-h
25	Kashan	0.89g-l	0.42e-i	0.53c-g	1.25a-c	0.48b-d	0.45bc

میانگین تیمارهایی که دارای حروف مشابهی هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۱٪ از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

The mean of treatments with the same alphabets, based on the Duncan's multiple range test, did not have a significant difference in the level of 1%.

و همچنین STI، MH، YI و MP بالاتری نسبت به دیگر اکوتیپ‌ها می‌باشند، به‌عنوان اکوتیپ‌های متحمل شناخته شدند (جدول ۵). به‌طور مشابه، Rosielle & Hambli (1981) عنوان کردند، اکوتیپ‌هایی که در شرایط تنش و بدون تنش، دارای مقادیر بیشتری از شاخص‌های MP و YI، باشند متحمل معرفی می‌گردند.

جدول ۶. درصد کاهش وزن خشک اندام هوایی تحت تنش شوری

Table 6. Percentage of Shoot Dry Weight Reduction under salt stress

Num	Ecotype	Salinity (mM, NaCl)	
		100	200
1	Sirjan	35.10	75.13
2	Neyshabur	52.51	66.42
3	Kashan	23.58	57.72
4	Damghan	29.44	47.40
5	Torbat	55.45	61.02
6	Kermanshah	17.23	45.36
7	Australia	38.10	55.71
8	Kordestan	65.11	73.33
9	Khorasan	59.76	66.58
10	Hamedan	42.20	73.19
11	Abesard	66.06	74.07
12	Golpayegan	27.27	53.38
13	Khalkhal	41.35	52.05
14	Shahrud	56.19	71.82
15	Karaj	56.22	64.38
16	Esfahan	36.99	63.38
17	France	22.22	44.84
18	Kazakhstan	43.08	69.59
19	Fao	21.36	50.16
20	Bonab	50.80	78.26
21	Arak	46.52	60.14
22	Ghare Yonjeh	56.80	60.69
23	Hamedani	28.18	72.96
24	Turkey	31.82	66.98
25	Kashan	47.71	56.25

همبستگی بین شاخص‌های تحمل

بررسی ضرایب هم بستگی بین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش و شاخص‌های تحمل به تنش نشان داد، بین عملکرد در شرایط بدون تنش با شاخص‌های TOL ($0/90^{**}$)، MP ($0/95^{**}$)، STI ($0/78^{**}$) و MH ($0/61^{**}$) و بین عملکرد در شرایط تنش با شاخص‌های YI ($0/99^{**}$)، MH ($0/96^{**}$)، STI ($0/86^{**}$) و MP ($0/65^{**}$) همبستگی مثبت، اما بین SSI و عملکرد در شرایط تنش هم بستگی منفی ($-0/56^{**}$) مشاهده شد (جدول ۷). محققان دیگر بالاترین هم بستگی را بین شاخص‌های MH و TOL با عملکرد در محیط تنش مشاهده کرده اند و جهت ارزیابی تحمل به شوری در ژنوتیپ‌های خود از این دو شاخص استفاده کردند (Mirdar Mansuri *et al.*, 2012). شاخص‌هایی که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارای همبستگی معنی‌داری با عملکرد می‌باشند به‌عنوان شاخص برتر

بر این اساس اگر اکوتیپ ۱۷ بر مبنای شاخص TOL انتخاب شود مطلوب خواهد بود، زیرا انتخاب بر اساس TOL به نفع اکوتیپ‌های با عملکرد پایین در شرایط بدون تنش (جدول ۵) با $0/42$ گرم در بوته و اکوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط تنش خواهد شد. لذا از این شاخص نمی‌توان برای تفکیک اکوتیپ‌های با عملکرد بالا استفاده کرد. گزینش بر اساس سطوح پایین شاخص TOL منجر به انتخاب اکوتیپ‌هایی می‌شود که عملکرد آنها در محیط تنش نسبت به بدون تنش کاهش کمتری داشته باشد. پایین بودن این شاخص لزوماً به معنی بالا بودن عملکرد اکوتیپ در محیط بدون تنش نیست. به‌طور مثال، اکوتیپ ۱۷، اکوتیپی است که در شرایط بدون تنش عملکرد پایین و در شرایط تنش با کاهش عملکرد کمتری همراه می‌باشد در نتیجه، موجب کوچکی شاخص TOL شده است (جدول ۵). SSI مشابه شاخص TOL عمل می‌کند، به‌طوری‌که هر دو آنها منجر به گزینش اکوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد پایین در شرایط بدون تنش شده‌اند (جدول ۵). انتخاب بر اساس شاخص SSI به گزینش اکوتیپ متحمل به تنش، ولی با پتانسیل عملکرد پایین منجر می‌شود و این شاخص قادر به تفکیک ارقام متحمل به تنش از ارقام با پتانسیل عملکرد پایین نیست. به‌عبارت دیگر دو ژنوتیپ با عملکرد بالا و پایین، در صورت داشتن اختلاف عملکرد یکسان در شرایط تنش و عدم تنش برای هر دو ژنوتیپ مقدار SSI یکسانی خواهند داشت. به همین دلیل انتخاب بر اساس SSI باعث کاهش پتانسیل عملکرد در محیط‌های بدون تنش می‌شود (Clark *et al.*, 1992)، انتخاب از نظر شاخص SSI، زمانی مؤثر می‌باشد که در محیط تنش وجود داشته باشد؛ لذا همانطور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود ژنوتیپ ۶ با آنکه در شرایط شاهد کمترین وزن خشک ($0/61$ گرم در بوته) را داشته، اما در شرایط تنش عملکرد بالا ($0/33$ گرم در بوته) و کمترین درصد تغییرات در شوری ($44/6$ درصد) (جدول ۶) را در بین اکوتیپ‌ها نشان داده است. در واقع مقدار کمتر SSI نشان‌دهنده کاهش عملکرد کمتر در شرایط تنش و در واقع پایداری بیشتر عملکرد می‌باشد. بررسی شاخص STI نشان می‌دهد که اکوتیپ ۵ و ۲۱ و ۱۳ که دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش هستند

بدون تنش (Y_p) و شاخص‌های SSI و TOL داشت. از آنجایی که مقادیر بیشتر این شاخص‌ها نشان‌دهنده حساسیت اکوتیپ به تنش می‌باشد، بنابراین این مؤلفه را می‌توان تحت عنوان مؤلفه حساسیت به شوری نامگذاری کرد. به این ترتیب، انتخاب بر اساس مؤلفه اصلی دوم موجب گزینش اکوتیپ‌هایی با تحمل پایین و حساسیت به شوری بالا می‌شود (جدول ۸).

بر اساس توضیحات ارائه شده و با توجه به نمایش بای پلات اکوتیپ‌های مورد بررسی در شاخص‌های تحمل و حساسیت به شوری، بر اساس اولین و دومین مؤلفه اصلی (شکل ۱) اکوتیپ‌های سمت راست نمودار از عملکرد بالایی در دو شرایط محیطی برخوردار بودند به طوری که هرچه بیشتر به گوشه سمت راست و بالایی نمودار نزدیک شویم با اکوتیپ‌هایی روبرو می‌شویم که تحت شرایط تنش شوری تحمل بیشتری از خود نشان داده و به عنوان اکوتیپ‌های متحمل معرفی شدند.

بر اساس (جدول ۵) اکوتیپ‌های ۵ و ۲۱ بالاترین شاخص‌های تحمل و در رده بعدی اکوتیپ ۱۳ نیز به دلیل MH و YI بالا دارای پایداری عملکرد بالاتری نسبت به سایر اکوتیپ‌ها نشان داده است؛ لذا در سمت راست شکل ۱ در قسمت مؤلفه اول متحمل به شوری قرار گرفته اند. در مقابل، سمت چپ نمودار، اکوتیپ‌هایی را به ما معرفی می‌نماید که در هر دو شرایط محیطی از پتانسیل عملکرد بالایی برخوردار نبودند. این اکوتیپ‌ها از نظر شاخص‌های کمی تحمل به شوری، بالاترین SSI و TOL را دارا بودند، بنابراین به عنوان اکوتیپ‌های حساس به تنش شوری معرفی شدند. لذا بر اساس نتایج فوق، اکوتیپ‌های ۲۰، ۱ و ۸ به علت داشتن شاخص SSI و TOL بالا حساس‌ترین‌ها به تنش شوری (جدول ۵) و در رده‌های بعدی اکوتیپ‌های ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۴، ۲۳ و ۲۴ با حساسیت کمتر (شکل ۱) قرار گرفتند.

معرفی می‌شوند (Fernandez, 1992). به این مفهوم که در صورت گزینش بر اساس مقادیر بالای هریک از این شاخص‌ها، به طور غیر مستقیم اکوتیپ‌های با عملکرد بیشتر گزینش خواهند شد. بر این اساس، در شرایط بدون تنش عملکرد با شاخص‌های MP، TOL و STI و در شرایط تنش با MH، STI، MP و YI، دارای همبستگی بالاتری بود (جدول ۷). لذا شاخص‌های نامبرده در تحقیق حاضر برای معرفی ارقام متحمل به شوری مورد استفاده قرار گرفتند.

تجزیه به مؤلفه های اصلی

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با استفاده از شش شاخص حساسیت و تحمل به تنش و دو صفت عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش شوری (Y_p و Y_s)، در ۲۵ اکوتیپ یونجه انجام و نتایج در جدول ۸ ارائه شد. چنانچه ملاحظه می‌شود، بیشترین تغییرات بین داده‌ها (۸۷/۱۵ درصد) توسط دو مؤلفه اصلی اول و دوم توجیه شده است. پایین بودن مقدار واریانس یک مؤلفه به این معنی است که آن مؤلفه نقش اندکی در تبیین واریانس متغیرها دارد. در این بررسی، اولین مؤلفه اصلی، ۵۳/۵۱ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کرد. بر اساس بای پلات ارائه شده مؤلفه اول منطبق بر شاخص STI و مؤلفه دوم با شاخص SSI انطباق دارد. با توجه به مقادیر همبستگی بالای مؤلفه اصلی اول با شاخص‌های تحمل و به ویژه با عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش شوری، انتخاب بر اساس مؤلفه اصلی موجب گزینش اکوتیپ‌هایی می‌شود که دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط هستند. بنابراین، این مؤلفه را می‌توان به عنوان مؤلفه پتانسیل عملکرد و تحمل به شوری نامید. مؤلفه اصلی دوم ۳۳/۶۴ درصد از کل تغییرات شاخص‌ها را توجیه کرد و همبستگی مثبت بالایی با عملکرد در شرایط

جدول ۷. ضرایب هم بستگی شاخص‌های تحمل به تنش
Table 7. The correlation coefficients of stress tolerance indices

	Y_p	Y_s	SSI	TOL	MP	YI	STI	MH
YP	1							
YS	0.384	1						
SSI	0.523 ^{**}	-0.566 ^{**}	1					
TOL	0.905 ^{**}	-0.044	0.829 ^{**}	1				
MP	0.950	0.652 ^{**}	0.236	0.727 ^{**}	1			
YI	0.390	0.999 ^{**}	-0.566 ^{**}	-0.039	0/657 ^{**}	1		
STI	0.783	0.865 ^{**}	-0.093	0.449	0.933 ^{**}	0.867 ^{**}	1	
MH	0.613	0.963 ^{**}	-0.332	0.221	0.827 ^{**}	0.964 ^{**}	0.966 ^{**}	1

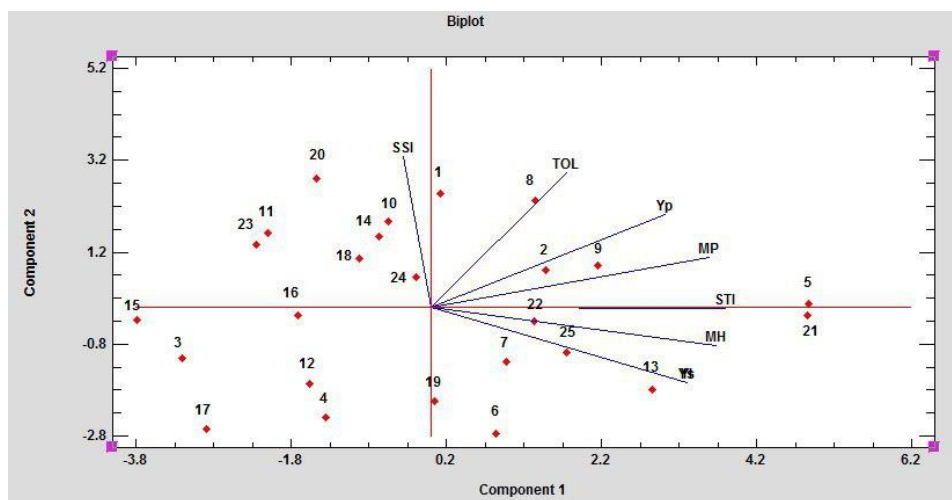
** : Correlation is significant at 0.01 level.

** : معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪.

جدول ۸. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر اساس شاخص‌های تحمل و حساسیت به شوری

Table 8. Principal component analysis using tolerance and susceptibility indicators

Principal component	Eigen value	Variance (%)	Y _p	Y _s	SSI	TOL	MP	YI	STI	MH
1	4.28	53.51	0.512	0.988	-0.451	0.098	-0.082	0.990	0.928	0.991
2	2.69	33.64	0.857	-0.141	0.886	0.993	-0.008	-0.137	0.363	0.126



شکل ۱. بای پلات ۲۵ اکوتیپ یونجه در شاخص‌های تحمل به تنش شوری بر اساس اولین و دومین مؤلفه اصلی (PC)

Figure 1. Biplot of 25 alfalfa ecotype in salt stress indices on first and second main component

و در نتیجه پتانسیل عملکرد و تحمل بالاتری را به تنش شوری ایجاد نماید. در حالی که حساسیت به تنش شوری اکوتیپ‌های ۸ و ۲۰ مرتبط با جذب بالاتر سدیم در شرایط تنش شوری می‌باشد که منجر به درصد کاهش شدید عملکرد در شرایط تنش و نهایتاً افزایش شاخص SSI شده است. تجزیه بای پلات شاخص‌های تحمل و عملکرد در هر دو شرایط بر اساس مؤلفه‌های اصلی اول و دوم، نشان‌دهنده هم بستگی بالای مؤلفه اصلی اول با شاخص‌های تحمل MH، STI، MP و YI و عملکرد در شرایط تنش در گزینش اکوتیپ‌های متحمل بود. در حالی که هم بستگی بالای مؤلفه اصلی دوم با شاخص حساسیت SSI این مؤلفه را در گزینش اکوتیپ‌های حساس به تنش شوری موفق نشان داد.

نتیجه گیری کلی

به منظور شناسایی اکوتیپ‌های حساس و متحمل به تنش شوری بررسی عملکرد، شاخص‌های تحمل، غلظت‌های یونی و تجزیه بای پلات انجام شد. بر اساس نتایج به دست آمده، عملکردهای بالاتر در اکوتیپ‌های ۵ و ۲۱ در هر دو شرایط تنش و بدون تنش شوری حاصل شد. اکوتیپ‌های ۲۰، ۱ و ۸ با آن‌که عملکرد مناسبی در شرایط بدون تنش نشان دادند اما درصد کاهش شدیدی را نسبت به سایر اکوتیپ‌ها داشتند. با بررسی غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم متوجه می‌شویم که اکوتیپ ۵ توانسته یون پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم بالاتری را در شرایط تنش شوری ۲۰۰ میلی مولار کلرید سدیم جذب نماید

REFERENCES

- Allakhverdiev, S. I., Sakamoto, A., Nishiyama, Y., Inaba, M. & Murata, N. (2000). Ionic and osmotic effects of NaCl induced inactivation of photosystems I and II in *Synechococcus* sp. *Plant Physiol*, 123, 1047-1056.
- Asch, F., Dingkuhn, M., Miezán, K. & Doerffling, K. (2000). Leaf K/Na ratio predicts salinity induced yield loss in irrigated rice. *Euphytica*, 113, 109-118.
- Ashraf, M. & McNeilly, T. (2004). Salinity tolerance in Brassica oilseeds. *Critical Review of Plant Science*, 23, 157-174.
- Ashrafi, E., Zahedi, M. & Razmjoo, J. (2014). Co-inoculations of arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia under salinity in alfalfa. *Soil Science and Plant Nutrition*, 60, 619-629.

5. Ashrafi, E., Razmjoo, J. & Zahedi, M. (2015). The effect of salt stress on biochemical traits and relation with salt tolerant of alfalfa cultivars in field. *Agronomy Journal*, 108, 43-56.
6. Aydi, S., Sameh, S. & Abdelly, C. (2008). Growth, nitrogen fixation and ion distribution in *Medicago truncatula* subjected to salt stress. *Plant Soil*, 312, 59-67.
7. Bertrand, A., Dhont, C., Bipfubusa, M., Chalifour, F. P., Drouin, P. & Beauchamp, C. J. (2015). Improving salt stress responses of the symbiosis in alfalfa using salt-tolerant cultivar and rhizobial strain. *Applied Soil. Ecology*, 87, 108-117.
8. Brown, J. W. & Hayward, H. E. (1970). Salt tolerance of alfalfa varieties. *Agronomy Journal*, 63, 18-20.
9. Cavalanti, F. R., Lima, J. P. M. S., Silva, S. L. F., Viegas, R. A. & Silveira, J. A. G. (2007) Roots and leaves display contrasting Oxidative response during salt stress and recovery in cowpea. *Journal of Plant Physiology*, 164, 591-600.
10. Clark, J. M., Depauw, R. M. & Townley-Smith, T. F. (1992). Evaluation of methods for quantification of drought tolerance in wheat. *Crop Science*, 32, 723-728.
11. Darvishi, B., Poustini, K. & Tavakolafshary, R. (2005). The reaction of photosynthetic 4 Iranian alfalfa cultivars to salinity stress. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 36(6), 1529-1538. (in Farsi)
12. Dehdari, A., Rezaei, A. & Mirmohamadi Maibody, S. A. M. (2006). Nuclear and cytoplasmic inheritance of salt tolerance in bread wheat plants based on ion contents and biological yield. *Iran Agricultural Research*, 25(1), 15-26.
13. Esfandiary, S., Hasanli, A. M., Safari, H. & Farshadfar, M. (2008). Study on drought resistance of five annual medics in Kermanshah province. *Iranian Journal of Range Desert Res*, 15(2), 283-294.
14. Fernandez, G. C. J. (1992). Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: *Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress*, Chapter 25, Taiwan, 13-16 August, pp. 257-270.
15. Fischer, R. A. & Maurer, R. (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response. *Australian Journal of Agricultural Research*, 29, 897-912.
16. Fougere, F., Rudulier, D. L. & Streeter, J.G. (1991). Effect of salt stress on amino acid, organic acid, and carbohydrate composition of roots, bacteroids, and cytosol of alfalfa. *Plant Physiology*, 96, 1228-1236.
17. Ghavami, F., Malboobi, M. A., Ghannadha, M. R., Yazdi Samadi, B., Mozaffari, J. & Jafar Aghaei, M. (2004). An evaluation of salt tolerance in Iranian wheat cultivars at germination and seedling stages. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 35, 453-464.
18. Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campaline, R. G., Ricciardi, G. L. & Borghi, B. (1997). Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. *Canadian Journal of Plant Science*, 77, 523-531.
19. Hajilooi, S. (1998). *Genetic study of salt tolerance in wheat diallel method*. M.s.c. Thesis. College of Agriculture Tehran University. (in Farsi)
20. Hashemi Jazi, S. A. M. (1999). *Assess the potential impact of salinity on vegetative characteristics of alfalfa varieties*. Iranian Congress of Agronomy, Babolsar.
21. Hoagland, D. R. & Arnon, D. I. (1950). *The water-culture method for growing plants without soil*. *California Agricultural Experiment Station Circular*, 347.
22. Jeschke, W. D. & Wolf, O. (1985). Na⁺-dependent net K⁺ retranslocation in leaves of *Hordeum vulgare*, cv. California Mariout and *Hordeum distichon*, cv. Villa under salt stress. *Journal of Plant Physiology*, 121, 211-223.
23. Kanafy Lasku Kalayeh, M., Dehghani, H. & Dourak, J. (2014). Evaluate the response to salt stress in some bread wheat cultivars using stress tolerance indices. *Cereal Research*, 5(2), 145-157. (in Farsi)
24. Karimizadeh, R., Dehghani, H. & Dehghanpour, Z. (2006). Determination of genotypic ranks and stability of corn hybrids (*Zea mays* L.) by nonparametric statistics. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 37, 381-388. (in Farsi)
25. Kattab, H. (2007). Role of glutathione and polyadenylic acid on the oxidative defense systems of two different cultivars of canola seedlings grown under saline condition. *Australian Journal of Basic Applied Science*, 1, 323-334.
26. Kingsbury, R. W. & Epstein, E. (1984). Selection for salt-resistant spring wheat. *Crop Science*, 24, 310-14.
27. Khan, M. G., Silberbush, M. & Lips, Sh. (1994). Physiological studies on salinity and nitrogen interaction in alfalfa. I. Biomass production and root development. *Journal of Plant-Nutrition*, 17(4), 657-668.
28. Levitt, J. (1980). *Responses of Plants to Environmental Stresses*. (2nd ed.) Academic Press, New York. pp. 697.
29. Mass, E.V. & Hoffman, G. J. (1977). Crop salt tolerance-current assessment. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 103, 115-134.

30. Mirdar Mansuri, Sh., Babaeian Jelodar, N. & Bagheri, N. (2012). Effect of NaCl stress on Iranian rice genotypes in reproductive stage on the base of tolerance indices and screen by biplot method. *Journal of Plant Production*, 19(1), 68-84. (in Farsi)
31. Moreno-Gonzalez, J., Crossa, J. & Cornelius, P. L. (2004). Genotype×environment interaction in multi-environment trials using shrinkage factors for AMMI models. *Euphytica*, 137, 119-127
32. Munns, R., Schachtman, D. P. & Condon, A. G. (1995). The significance of a two-phase growth response to salinity in wheat and barley. *Australian Journal of Plant Physiology*, 22, 561-569.
33. Noble, C. L., Halloran, G. M. & Weast, D. W. (1984). Identification and selection for salt tolerance in Lucerne (*Medicago sativa* L.). *Australian Journal Agriculture of Research*, 35, 239-252.
34. Omielan, J. A., Epstein, E. & Dvorak, F. (1991). Salt tolerance and ionic relations of wheat as affected by individual chromosomes of salt tolerant *Lophopyrum elongatum*. *Genome*, 34, 961-964.
35. Owen, C. P. (1992). Plant analysis reference producers for the southern region of the United States. The University of Georgia, PP, 33-45.
36. Poustini, K. & Siosemardeh, A. (2004). Ion distribution in wheat cultivars in response to salinity stress. *Field Crops Research*, 85, 125-133.
37. Qiao, G. R., Zhang, X. G., Jiang, J., Liu, M. Y., Han, X. J. & Yang, H. Q. (2014). Comparative proteomic analysis of responses to salt stress in Chinese willow (*Salix Matsudana* Koidz). *Plant Molecular Biology Reporter*, 32, 814-827.
38. Rezaian, M. & Ghamari Zare, A. (2000). The effect of saliting on alfalfa ghareh performance, Lain 2129 Australian alfalfa and golpaegani esperes. Articles summary of Iranian Sixth Congress about Sicences and plants improvement. 275. (in Farsi)
39. Rosielle, A. A. & Hamblin, J. (1981). Theoretical aspect of selection for yield in stress and non - stress environment. *Crop Science*, 21, 943-946.
40. Shannon, M. C. & Grieve, C. M. (1999). Tolerance of vegetable crops to salinity. *Scientia Horticulturae*, 78, 5-38.
41. Subbarao, G. V. & Johansen, C. (1999). *Strategies and scope for improving salinity tolerance in crop plants*. (pp. 1069-1087). In Pessaraki, M. Hand book of plant and crop stress. Marcel Dekker Inc. New York. USA.
42. Yan, W., Hunt, L. A., Sheng, Q. & Szlavnic, Z. (2000). Cultivar evaluation and mega environment investigations based on the GGE biplot. *Crop Science*, 40, 597-605.