

دو فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران
جلد ۲۲، شماره ۱، صفحه ۴۳-۵۴ (۱۳۹۳)

بررسی تحمل شوری در اکوتیپ‌های مختلف یونجه یکساله (*Medicago truncatula*)

مریم فروزانفر^۱، محمد رضا نقوی^{۲*}، سید علی پیغمبری^۳، علی اشرف جعفری^۴ و سعید نصیری کمال آباد^۵

۱- دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۲- نویسنده مسئول مکاتبات، استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

پست الکترونیک: mnaghavi@ut.ac.ir

۳- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۴- استاد، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور

۵- کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۸/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۷/۲۶

چکیده

در این مطالعه ۱۳ اکوتیپ یونجه یکساله (*Medicago truncatula*) از ایران و استرالیا از لحاظ تحمل به تنش شوری در دو شرایط طبیعی و تنش شوری در قالب یک آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی ارزیابی شدند. صفات ارتفاع بوته، تعداد برگ، تعداد پنجه، وزن تر برگ، وزن خشک برگ، وزن تر ساقه، وزن خشک ساقه، غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم اندازه‌گیری گردیدند. تنوع بالایی بین اکوتیپ‌ها در صفات مورد ارزیابی در دو شرایط طبیعی و تنش شوری مشاهده گردید. نتایج تجزیه همبستگی میان صفات نشان داد که تعداد برگ نقش مهمی در عملکرد علوفه یونجه دارد. همچنین ارتفاع ساقه با میزان K همبستگی منفی و معنی‌داری و با میزان Na همبستگی مثبت و معنی‌داری را نشان داد. براساس نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، سه مؤلفه اول با مقدار ویژه بالاتر از یک، حدود ۷۳/۷ درصد از تغییرات کل را توجیه نمودند. مؤلفه اول با تعداد برگ، تعداد پنجه، وزن تر اندام هوایی و وزن خشک اندام هوایی و مؤلفه دوم با وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه و میزان K ارتباط نشان داد. در حالی که مؤلفه سوم ارتباط مثبتی با ارتفاع ساقه و Na نشان داد. همچنین، براساس نتایج تجزیه خوشه‌ای اکوتیپ‌های مورد بررسی در دو گروه جداگانه قرار گرفتند. گروه اول شامل ژنوتیپ‌های متحمل و گروه دوم شامل ژنوتیپ‌هایی بود که از نظر بیشتر صفات در حد پایینی قرار داشته و نسبتاً حساس به شوری بودند.

واژه‌های کلیدی: یونجه یکساله، تحمل شوری، اکوتیپ، سدیم، پتاسیم

مقدمه

گرم و خشک سازگار است و به صورت مرتع و یا علوفه کشت می‌شود، این گیاه نسبتاً "حساس به شوری است، و آستانه تحمل به شوری در آن ۲ دسی‌زیمنس بر متر (معادل ۲۰ mM NaCl) است و حداکثر ECE قابل تحمل توسط آن، ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر (معادل ۱۶۰ mM NaCl) می‌باشد (Shannon, 1984).

بیش از ۸۰۰ میلیون هکتار از اراضی سرتاسر دنیا تحت تأثیر شوری قرار دارند (F.A.O., 2000). شوری به‌عنوان یک تنش غیر زنده، اثرات زیانباری را بر کیفیت و کمیت محصولات زراعی برجای می‌گذارد. یونجه مهمترین لگوم علوفه‌ای چندساله است که با زمستان‌های سرد و تابستان‌های

و McNeilly (۲۰۰۴)، پیشنهاد کرده‌اند که در گیاه کلزا حفظ نسبت بالای K^+/Na^+ در بافت گیاه به‌عنوان معیار تحمل به شوری است. شوری، رشد گیاه و وزن خشک شاخساره را کاهش می‌دهد، بسیاری از محققان بیان می‌کنند که اثر منفی شوری بر وزن خشک شاخساره بیشتر از وزن خشک ریشه است، بنابراین، شاخساره به شوری حساس‌تر از ریشه است (Cordovilla et al., 1995; Soussi et al., 1998; Tejera et al., 2004). در مطالعه‌ای بر روی گیاه یونجه، Johnson و همکاران (۱۹۹۲) بیان کردند که ۸۰ میلی‌مولار NaCl جوانه‌زنی بذر، رشد گیاهچه و رشد مجدد را کاهش می‌دهد. در ضمن Rahmani (۱۹۸۶)، طی مطالعه‌ای بر روی ارقام یونجه بومی ایران در شرایط تنش شوری عنوان کرده است که تنش شوری موجب کاهش ارتفاع گیاه و طول ریشه شده و نیز وزن خشک اندام هوایی و ریشه را کاهش می‌دهد. همین‌طور Hashemi Jazi (۱۹۹۹)، در مطالعه‌ای تحت عنوان بررسی تحمل به شوری در ارقام یونجه بمی، همدانی و یزدی تحت پتانسیل‌های -۳، -۶، -۹ مگاپاسکال اظهار داشت که غلظت یون سدیم در ریشه و اندام هوایی تیمار شوری نسبت به شاهد افزایش قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهد و این افزایش در ریشه نسبت به بخش هوایی بیشتر بود.

با توجه به کمبود روش‌های مناسب ارزیابی ژنوتیپ‌ها در برنامه‌های به‌نژادی، کارایی پایین انتخاب براساس پارامترهای زراعی و همچنین پیچیدگی پارامترهای فیزیولوژیک و مورفولوژیک، بنابراین انجام این تحقیق برای بررسی صفات فیزیولوژیکی مختلف و همبستگی آنها با عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه جهت تعیین صفت مشخص و مطلوب برای تعیین مقاومت به شوری در ارقام مختلف یونجه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر تنش شوری بر صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی اکوتیپ‌های مختلف یونجه، آزمایشی در پاییز سال ۱۳۸۹ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده علوم مهندسی کشاورزی دانشگاه تهران انجام شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گردید. فاکتورها شامل سطوح شوری (صفر و ۱۲۰ میلی‌مولار

گونه *Medicago truncatula* یک گونه یونجه یکساله خودرو در نواحی مدیترانه‌ای است که تنوع زیستی فراوانی را نشان می‌دهد (Joshi, 1984). این گیاه از نظر ژنتیکی ارزش بالایی دارد، زیرا مدت زمان تولید بذر در آن کوتاه، بازدهی انتقال ژن در آن زیاد و دارای ژنوم کوچک و دیپلوئید می‌باشد. این گونه رابطه ساختاری با دیگر گیاهان لگومینوز مخصوصاً با *Medicago sativa* دارد. بنابراین، *Medicago truncatula* می‌تواند به‌عنوان یک گیاه ارزشمند برای کلونینگ ژن‌های مهم اقتصادی در یونجه مورد استفاده قرار گیرد.

به‌طور کلی شوری با سازوکارهای مختلفی به رشد گیاه آسیب وارد می‌کند. ازجمله بروز اختلال تغذیه‌ای در نتیجه غلظت زیاد یون‌ها (به‌ویژه Na و Cl) که منجر به کاهش جذب فسفر، پتاسیم و نیتروژن می‌گردد. زیرا افزایش فشار اسمزی محلول خاک در اثر شوری، کاهش جذب آب و عناصر دیگر توسط گیاه را به‌دنبال دارد. همچنین، سمیت مخصوص یون‌ها باعث اختلال در جذب یون‌های دیگر می‌گردد. میزان عملکرد با میزان تجمع یونها نیز در ارتباط است. تجمع Na^+ در برگ‌ها تحمل شوری را از لحاظ عملکرد دانه کاهش می‌دهد (Yeo and Flowers, 1986; Scuchtman and Munns, 1992; Munns et al., 1995; Poustini and Siosemardeh, 2004). گیاهان از سازوکارهای مختلفی مانند ممانعت، دفع، رقیق‌سازی و تنظیم اسمزی برای مقاومت به شوری استفاده می‌کنند (Levitt, 1980). در این خصوص Noble و همکاران (۱۹۸۴)، گزارش کرده‌اند که جذب کلرید سدیم در قسمت هوایی گونه‌های مقاوم یونجه نسبت به گونه‌های حساس به کلرید سدیم کمتر بوده است. در نتیجه تحمل به شوری در یونجه را به سازوکار ممانعت که توسط سایر گلیکوفیت‌ها هم عمل می‌شود، نسبت داده‌اند. نتایج تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که تنظیم اسمزی نیز یکی از سازوکارهایی است که در یونجه سبب افزایش تحمل به شوری می‌شود (Levitt, 1980). سلول برای انجام وظایف طبیعی به نسبت بالایی از K^+/Na^+ نیاز دارد (Chinnusamy et al., 2005). جذب و توزیع سدیم به درون ریشه عمدتاً با پتاسیم مرتبط است، زیرا خروج Na^+ در کورتکس ریشه توسط ورود K^+ تحریک می‌شود و این امر به خاصیت انتخابی K^+/Na^+ مرتبط است. همچنین Ashraf

پارامترهای مورد اندازه‌گیری در این مطالعه عبارت بودند از ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، تعداد برگ در بوته، تعداد پنجه در بوته، وزن تر برگ در هر بوته (گرم)، وزن خشک برگ در هر بوته (گرم)، وزن تر ساقه در هر بوته (گرم)، وزن خشک ساقه در هر بوته (گرم)، اندازه‌گیری غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در بافت‌های مختلف گیاه که در مرحله ۶۳ روز بعد از اعمال تنش شوری و مرحله ۱۰٪ گلدهی انجام شد.

به منظور اندازه‌گیری غلظت یون‌های مختلف، ۵ بوته از هر واحد آزمایشی برداشت شد و نمونه‌ها در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفتند و با استفاده از روش اسید کلریدریک ۲ نرمال برای تجزیه سدیم و پتاسیم مورد استفاده قرار گرفتند. اندازه‌گیری یون‌ها توسط دستگاه فلیم‌فوتومتر انجام شد.

داده‌های مورد بررسی تجزیه واریانس برای هر یک از سطوح شوری، از طریق میانگین داده‌های هر کرت انجام شد. سپس با استفاده از ضریب همبستگی ساده پیرسون میزان ارتباط بین متغیرها به دست آمد. همچنین، از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به منظور کاهش حجم داده‌ها و شناسایی نقش صفات مختلف در اکوتیپ‌های مختلف استفاده گردید. گروه‌بندی اکوتیپ‌های مورد استفاده در این تحقیق از طریق روش تجزیه خوشه‌ای به روش UPGMA انجام شد.

نتایج

نتایج آزمایش فاکتوریل نشان داد، با در نظر گرفتن هر دو شرایط شوری، اثر اکوتیپ، شرایط و اثر متقابل آنها برای کلیه صفات معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج تجزیه واریانس جداگانه مربوط به داده‌های حاصل از آزمایش در دو شرایط طبیعی و تنش (جدول ۳ و ۴)، نشان داد که اختلاف آماری معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی وجود داشت. در شرایط طبیعی، صفت ارتفاع ساقه در سطح ۵٪ و صفات تعداد برگ، وزن تر اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه در سطح ۱٪ اختلاف آماری معنی‌دار داشتند. حال آنکه در شرایط تنش

کلرید سدیم و کلرید کلسیم تکمیلی) و ۱۳ اکوتیپ از گونه *Medicago truncatula* از یونجه یکساله در نظر گرفته شد. منشأ اکوتیپ‌ها از ایران و استرالیا می‌باشند و از مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور تهیه شدند (جدول ۱).

بذرهای سالم و یک‌اندازه پس از ضدعفونی شدن با محلول هیپوکلریت سدیم ۵٪ در گلدان‌های ۴ کیلوگرمی حاوی خاک سبک رس، ماسه، شن و کود حیوانی به ترتیب با نسبت‌های ۲:۳:۳:۲ کشت شدند. پس از طی ۳ هفته از استقرار گیاهچه‌ها، تیمار شوری بر آنها اعمال گردید. برای جلوگیری از شوک اسمزی در آغاز اعمال تیمار شوری طی ۳ روز متوالی گلدان‌ها توسط ۵۰ میلی‌مولار NaCl (ساخت شرکت مرک آلمان) آبیاری شدند تا به غلظت نهایی ۱۲۰ میلی‌مولار برسند. پس از حصول غلظت نهایی برای جلوگیری از کمبود کلسیم در شرایط شوری، کلرید کلسیم تکمیلی به غلظت ۱۰ میلی‌مولار به آب آبیاری اضافه گردید. هدایت الکتریکی (EC) زهکش گلدان‌ها توسط دستگاه اندازه‌گیری هدایت الکتریکی (مدل Inolab) هر هفته اندازه‌گیری شد تا از تجمع بیش از حد شوری در خاک جلوگیری به عمل آید.

جدول ۱- اکوتیپ‌های یونجه‌های یکساله (*M. truncatula*) مورد مطالعه

کد اکوتیپ	محل جمع‌آوری	کد نمونه
۷۶۰۰	گلستان	۱
۱۵۹۰	استرالیا	۲
۲۰۵۷۸	یزد	۳
۲۰۵۸۶	استرالیا	۴
۳۴۷۶	گرگان	۵
۲۰۴۰۳	استرالیا	۷
۲۳۶۰	استرالیا	۸
۲۰۵۸۷	استرالیا	۹
۲۰۵۸۵	استرالیا	۱۰
۸۳۱۷	کرج	۱۱
۶۸۸۱	استرالیا	۱۲
۷۳۲۱	قم	۱۳
۶۰۵	کرج	۱۴

نتایج ضرایب همبستگی بین صفات مختلف (جدول ۷) در بیشتر حالات معنی دار بود. تعداد برگ بجز با صفت تعداد پنجه با بقیه صفات همبستگی معنی داری را نشان داد. ارتفاع ساقه همبستگی مثبت و بسیار معنی داری با Na ($r=0/472$) و همبستگی منفی و بسیار معنی داری با K ($r=-0/512$) نشان داد. میزان Na بجز با صفت تعداد پنجه و میزان K بجز با صفت تعداد پنجه و وزن تر ریشه با بقیه صفات همبستگی معنی داری داشتند.

با تجزیه به مؤلفه‌های اصلی سه مؤلفه استخراج گردید. واریانس هر کدام از مؤلفه‌ها، درصد واریانس هر عامل نسبت به واریانس کل و واریانس تجمعی در جدول ۸ ارائه شده است. مؤلفه‌های سه‌گانه بر روی هم ۷۳/۷٪ از اختلاف در داده‌ها را توجیه کردند. مؤلفه اول با تخصیص ۴۰/۱ درصد از تغییرات کل عمدتاً توجیه‌کننده صفات تعداد برگ، تعداد پنجه، وزن تر اندام هوایی و وزن خشک اندام هوایی بودند و متغیر دوم با ۲۱/۱ درصد از تغییرات توجیه‌کننده وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه و میزان K بودند. در حالی‌که متغیر سوم با ۱۲/۵ درصد تغییرات توجیه‌کننده Na بود.

صفات وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، وزن تر ریشه و Na در سطح ۱٪ معنی دار بودند. به‌منظور بررسی کم و کیف اختلاف مشاهده شده بین اکوتیپ‌های یونجه از نظر صفات مختلف، مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد که نتایج آن در جدول‌های ۵ و ۶ آمده است. در شرایط طبیعی ژنوتیپ یک برای صفات تعداد برگ، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، میزان Na و K و در شرایط تنش برای صفات تعداد برگ، تعداد پنجه، وزن تر اندام هوایی و وزن خشک ریشه دارای بیشترین مقدار بود. ژنوتیپ‌های ۳ و ۱۰ در هر دو شرایط برای صفت Na بیشترین مقدار را داشتند و ژنوتیپ‌های ۱۱ و ۸ برای صفت ارتفاع ساقه بیشترین مقدار را در هر دو محیط نشان دادند. میانگین وزن خشک اندام هوایی براساس تمام ژنوتیپ‌ها در شرایط طبیعی ۰/۴۱۲ و در شرایط تنش ۰/۲۷۴ گرم بود.

با افزایش سطح شوری طول ساقه گیاهان با روند منظم کاهش یافت، به طوری که میانگین طول ساقه براساس تمام ژنوتیپ‌ها در شرایط طبیعی ۱۱/۳۱۱ و در شرایط تنش ۸/۱۹۷ سانتی‌متر بود. میانگین میزان Na برای کلیه ارقام در شرایط طبیعی ۱/۲۲۸ میلی‌مولار و در شرایط تنش ۲/۱۰۳ میلی‌مولار و برای K در شرایط طبیعی ۱/۹۶۰ میلی‌مولار و در شرایط تنش ۱/۰۱۳ میلی‌مولار بود.

جدول ۲- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات مختلف در قالب آزمایش فاکتوریل

Na	K	وزن خشک ریشه (گرم)	وزن خشک اندام هوایی (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن تر اندام هوایی (گرم)	تعداد پنجه	تعداد برگ	ارتفاع ساقه (سانتی متر)
۰/۰۴۱	۰/۲۰۸۹	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۱۴	۸/۳۹	۰/۴۲	۲۹**
۰/۳۰۳	۰/۲۱۲	۰/۰۲**	۰/۰۷۷**	۰/۰۳۷**	۲/۳۳**	۵/۰۲۹	۳۳/۹۹**	۱۸۵**
۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۱۳	۰/۰۵	۲/۳۷	۲/۱۳	۲/۶
۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۱۳	۰/۰۵	۲/۳۷	۲/۱۳	۴/۱۱

جدول ۳- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات مختلف در شرایط تنش

Na	K	وزن خشک ریشه (گرم)	وزن خشک اندام هوایی (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن تر اندام هوایی (گرم)	تعداد پنجه	تعداد برگ
۰/۰۳۶	۰/۰۱۳	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۹۶	۰/۰۰۰۵	۰/۰۱۸۴	۴/۹۳	۶/۲۸
۱/۱۱۰۷**	۰/۲۱۵۲	۰/۰۲۶**	۰/۰۱۴**	۰/۱۴۸**	۰/۴۰۲**	۵/۹۷	۶/۱۲
۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۱۳	۰/۰۵	۲/۳۷	۲/۱۳

جدول ۴- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات مختلف در شرایط طبیعی (بدون اعمال تیمار شوری)

Na	K	وزن خشک ریشه (گرم)	وزن خشک اندام هوایی (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن تر اندام هوایی (گرم)	تعداد پنجه	تعداد برگ
۰/۰۴۱	۰/۲۰۸۹	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۱۴	۸/۳۹	۰/۴۲
۰/۳۰۳	۰/۲۱۲	۰/۰۲**	۰/۰۷۷**	۰/۰۳۷**	۲/۳۳**	۵/۰۲۹	۳۳/۹۹**
۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۱۳	۰/۰۵	۲/۳۷	۲/۱۳

جدول ۵- مقایسه و دسته‌بندی میانگین صفات مختلف در شرایط طبیعی

غلظت Na (mM)	غلظت K (mM)	وزن خشک ریشه (گرم)	وزن خشک اندام هوایی (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن تر اندام هوایی (گرم)	تعداد پنجه	اندازه گ
ab۱/۳۹۸	a۲/۳۴۷	f۰/۱۵۷	b۰/۶۰۳	d۰/۲۶۰	b۲/۹۶۳	bd۷/۳۳۳	a۱۶/۱۰۰
b۱/۰۹۲	ad۲/۰۱۲	ef۰/۱۶۰	de۰/۳۵۰	ef۰/۱۶۷	cd۱/۸۲۳	ab۱۰/۱۱	bc۱۰/۱۰۰
ab۱/۴۴۳	cd۱/۵۷۷	de۰/۱۹۳	ef۰/۳۳۳	d۰/۲۹۰	df۱/۶۷۴	ac۹/۶۶۷	cd۹/۱۰۰
ab۱/۱۹۴	ab۲/۲۲۸	bc۰/۲۴۷	cd۰/۴۲۳	cd۰/۳۱۷	cd۱/۹۳۷	a۱۰/۵۵۳	bc۱۰/۱۰۰
b۰/۹۶۷	bd۱/۷۰۲	b۰/۲۶۰	de۰/۳۵۰	b۰/۳۹۷	df۱/۶۴۹	d۶/۴۴۷	b۱۲/۱۰۰
b۱/۰۵۲	ad۲/۰۴۵	d۰/۲۰۳	a۰/۸۵۷	bc۰/۳۶۷	a۴/۴۲۰	ad۸/۲۲۳	a۱۸/۱۰۰
c۰/۴۷۸	a۲/۳۴۶	ef۰/۱۶۰	c۰/۴۶۰	d۰/۲۴۸	c۲/۰۸۳	cd۶/۶۶۳	bc۱۰/۱۰۰
ab۱/۲۹۹	ad۱/۹۷۶	g۰/۰۷۷	e۰/۳۴۳	e۰/۱۷۷	ce۱/۷۵۶	ad۸/۴۴۳	cd۸/۱۰۰
a۱/۶۳۸	ad۱/۹۴۶	g۰/۰۶۳	g۰/۲۴۰	ef۰/۱۲۳	g۱/۱۷۶	bd۷/۴۴۷	d۷/۴۰۰
ab۱/۴۶۹	ad۱/۸۸۸	g۰/۰۴۷	fg۰/۲۶۷	f۰/۱۰۳	fg۱/۲۷۷	bd۷/۲۲۳	d۷/۲۰۰
a۱/۶۶۳	d۱/۵۰۴	cd۰/۲۲۰	de۰/۳۷۳	d۰/۲۷۰	fg۱/۳۲۹	ad۸/۴۴۷	cd۸/۱۰۰
ab۱/۲۳۷	ac۲/۱۰۱	ef۰/۱۶۳	de۰/۳۷۷	d۰/۲۷۰	eg۱/۳۵۲	bd۷/۲۲۳	b۱۲/۱۰۰
b۱/۰۴۰	ad۱/۸۱۲	a۰/۳۴۰	de۰/۳۸۰	a۰/۵۰۰	dg۱/۸۳۸	ad۸/۳۳۳	cd۸/۱۰۰

جدول ۶- مقایسه و دسته‌بندی میانگین صفات مختلف در شرایط تنش

غلظت Na (mM)	غلظت K (Mm)	وزن خشک ریشه (گرم)	وزن خشک اندام هوایی (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن تر اندام هوایی (گرم)	تعداد پنجه
۲/۵۷۸bc	۰/۸۵۴bc	۰/۲۶۳bc	۰/۳۶۳ab	۰/۳۷۴de	۱/۸۳۳a	۱۱/۱۱۰a
۲/۲۳۴cd	۰/۷۱۷c	۰/۳۳۰a	۰/۲۶۳ce	۰/۴۷۰cd	۱/۲۳۴cd	۷/۱۱۰b
۳/۲۹۴a	۱/۰۰۴bc	۰/۱۵۳d	۰/۲۳۳df	۰/۱۴۳f	۰/۹۴۷e	۶/۳۳۳b
۲/۱۱۰ce	۰/۷۵۵c	۰/۲۹۷ac	۰/۲۵۷ce	۰/۳۴۷de	۱/۴۹۳b	۷/۰۰۰b
۲/۰۰۱cf	۰/۷۸۸bc	۰/۲۷۳ac	۰/۳۱۰bc	۰/۴۵۰ce	۱/۰۸۷de	۶/۰۰۳b
۱/۴۸۲eg	۱/۱۳۹bc	۰/۱۷۴c	۰/۲۷۰cd	۰/۹۰۰a	۱/۱۱۷d	۷/۳۳۳b
۱/۲۸۱g	۰/۹۱۴bc	۰/۲۵۳c	۰/۱۹۷ef	۰/۶۸۰b	۰/۶۳۰g	۷/۵۵۷b
۲/۵۵۹bc	۰/۸۰۲bc	۰/۰۷۷e	۰/۲۹۰cd	۰/۱۹۷f	۱/۳۲۳c	۵/۵۵۷b
۱/۶۲۵dg	۱/۱۷۲ac	۰/۰۸۶e	۰/۱۷۳f	۰/۱۸۰f	۰/۵۷۰g	۵/۵۵۳b
۲/۹۲۲ab	۱/۳۰۸ab	۰/۰۷۷e	۰/۱۸۰f	۰/۱۰۷f	۰/۷۸۳f	۶/۴۴۳b
۲/۱۲۲ce	۰/۸۹۲bc	۰/۲۹۷ac	۰/۴۰۱a	۰/۳۴۳e	۱/۲۱۸cd	۷/۷۷۷b
۱/۴۴۳fg	۱/۶۵۲a	۰/۱۶۰d	۰/۳۰۵bc	۰/۴۷۳c	۱/۳۰۳c	۶/۸۸۷b
۱/۶۹۴dg	۱/۱۷۰ac	۰/۳۱۳ab	۰/۳۲۳bc	۰/۴۴۷ce	۱/۵۸۰b	۷/۳۳۳b

منفی دار می‌باشد.

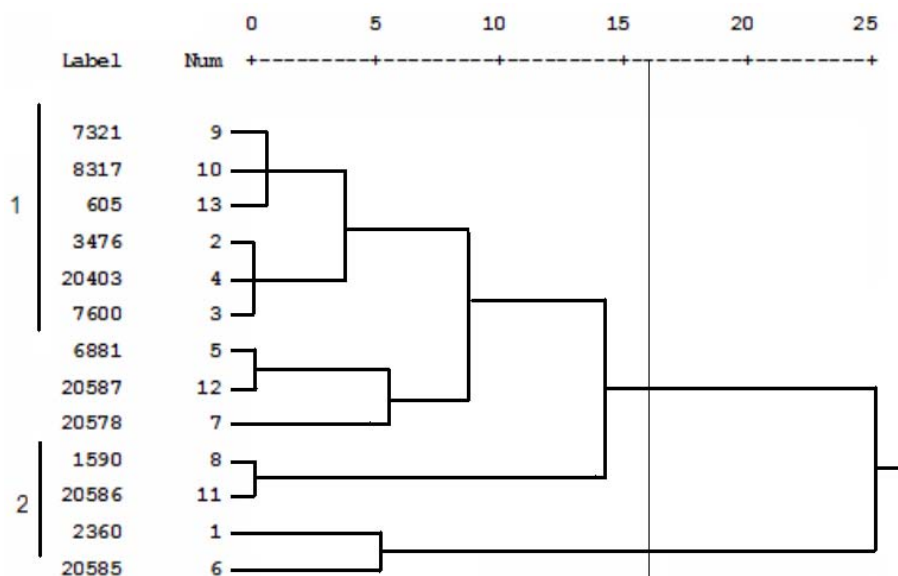
جدول ۷- ضرایب همبستگی دوگانه بین صفات اندازه‌گیری شده در اکتیپ‌های یونجه

Na	K	وزن خشک ریشه (گرم)	وزن خشک اندام هوایی (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن تر اندام هوایی (گرم)	تعداد پنجه	تعداد برگ
						۱	۱
						۱	-۰/۱۲۴
					۱	۰/۰۲۶	۰/۸۸۳**
				۱	۰/۲۹۷**	۰/۰۳۳	۰/۳۵۸**
			۱	-۰/۴۰۳**	۰/۹۷۱**	-۰/۰۲۸	۰/۸۹۹**
		۱	-۰/۳۲۵**	۰/۹۳۶**	۰/۱۳۸	۰/۲۲۷*	-۰/۲۱۷*
	۱	-۰/۲۱۸*	۰/۳۹۵**	-۰/۱۶۴	۰/۴۰۳**	۰/۱۱۷	۰/۴۳**
۱	-۰/۴۵**	-۰/۳۵**	۰/۲۵۳*	-۰/۴۰۷**	-۰/۳۰۵**	۰/۱۹۰	-۰/۳۲**

UPGM، ژنوتیپ‌های مورد بررسی در دو گروه اصلی قرار گرفتند (شکل ۱). گروه اول شامل ژنوتیپ‌هایی بود که از لحاظ بیشتر صفات
دوم ژنوتیپ‌هایی را دربر گرفت که از نظر بیشتر صفات در حد پایینی قرار داشته و نسبتاً حساس به شوری بودند. گروه اول ۹ ژنوتیپ

جدول ۸ - مقادیر ویژه، درصد واریانس مؤلفه‌ها، و واریانس تجمعی عامل‌ها در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

مؤلفه ۱	مؤلفه ۲	مؤلفه ۳	
۳/۶۰۵۹	۱/۸۹۶	۱/۱۲۸۹	مقدار ویژه
۴۰/۱	۲۱/۱	۱۲/۵	درصد واریانس
۴۰/۱	۶۱/۱	۷۳/۷	درصد تجمعی واریانس
-۰/۲۸۹	-۰/۱۳	۰/۴۵۶	ارتفاع ساقه (سانتی‌متر)
-۰/۴۵۳	-۰/۰۰۶	۰/۰۵۸	تعداد برگ
-۰/۳۵۲	۰/۰۷۳	۰/۲۶	تعداد پنجه
-۰/۴۴۱	۰/۰۵۷	۰/۱۸۳	وزن تر اندام هوایی (گرم)
-۰/۰۸۹	۰/۶۰۴	-۰/۱۳۸	وزن تر ریشه (گرم)
-۰/۴۲۲	۰/۱۳	۰/۰۶۳	وزن خشک اندام هوایی (گرم)
-۰/۰۹۷	۰/۶۱۸	-۰/۱۹۸	وزن خشک ریشه (گرم)
-۰/۳۳۵	-۰/۴۴۷	-۰/۳۵۱	K
۰/۲۹۲	۰/۱	۰/۷۰۹	Na



شکل ۱- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های یونجه براساس صفات مختلف در دو شرایط شوری و بدون تنش

بحث

می‌باشد، جمعیت‌های مورد مطالعه می‌تواند تنوع مورد نظر را برای انتخاب برترین‌ها تأمین نماید. به‌منظور بررسی کم و کیف اختلاف مشاهده شده بین اکوتیپ‌های یونجه از نظر صفات مختلف، مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. میانگین وزن خشک اندام هوایی براساس تمام ژنوتیپ‌ها در شرایط طبیعی ۰/۴۱۲ و در

نتایج آزمایش فاکتوریل و نتایج تجزیه واریانس جداگانه مربوط به داده‌های حاصل از آزمایش در دو شرایط طبیعی و تنش، نشان می‌دهد که اختلاف آماری معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی وجود داشت. با توجه به اینکه وجود تنوع، پایه و اساس انجام گزینش ارقام برتر و مطلوب

(Munns & James, 2003). وجود همبستگی منفی بین میزان تجمع Na و تحمل شوری از لحاظ تولید ماده خشک در گیاهان گندم (Schachtman & Munns, 1992)، برنج (Asch *et al.*, 1986; Yeo & Flowers, 2000) و سایر گیاهان (Zhu, 2001) نیز یافت شده است. همچنین شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد در سطوح بالای شوری عملکرد و بیوماس به دلیل اثرات اسمزی نمک کاهش می‌یابد نه اثرات ویژه یونی (Husain *et al.*, 2003). اگرچه شواهدی نیز نشان می‌دهد که اثرات اسمزی تنش شوری نمی‌تواند سبب تفاوت در پاسخ‌های رشدی اولیه گردد (Wei *et al.*, 2003).

با تجزیه به مؤلفه‌های اصلی سه مؤلفه استخراج گردید. با توجه به سهم بیشتر مؤلفه اول در میزان تغییرات کل، این مؤلفه قادر به گزینش ژنوتیپ‌هایی با مقادیر بیشتری از تعداد برگ و پنجه و میزان وزن تر و خشک اندام هوایی خواهد بود که در حقیقت منجر به انتخاب ژنوتیپ‌هایی با قابلیت عملکرد بالاتر خواهد شد.

در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که تنوع برای صفات مهم علوفه‌ای در اکوتیپ‌های یونجه جمع‌آوری شده وجود دارد. مسلماً شناسایی چنین تنوعی در ژرم پلاسما یونجه بومی ایران می‌تواند در مدیریت نگهداری ژرم پلاسماها و همچنین در شناسایی نمونه‌های مناسب برای اصلاح یونجه مفید باشد. به طوری که نمونه‌های قرار گرفته در دسته اول تجزیه خوشه‌ای، نمونه‌های مناسبی برای بهبود علوفه یونجه بشمار می‌آیند.

منابع مورد استفاده

- Abid, M., Qayyum A., Dasti, A.A. and Abdulwajid, R., 2001. Effect of salinity and SAR of irrigation water on yield, physiological growth parameters of Maize (*Zea mays L.*) and properties of the soil. *J. Research (Science)*, 12 (1): 26-33.
- Asch, F., Dingkuhn, M. and Droffling, K., 2000. Salinity increases CO₂ assimilation but reduces growth in field growth irrigated rice. *Plant and Soil*, 218:1-10
- Ashraf, M. and McNeilly, T., 2004. Salinity tolerance in *brassica* oilseeds. *Plant Science*, 23:157-174.
- Chinnusamy, V., Jagendorf, A. and Zhu, J.K., 2005. Understanding and improving salt tolerance in plants. *Crop Science*, 45:437-448.
- Cordovilla, M.D.P., Ocana, A., Ligerio, F. and Lluch, C., 1995. Salinity on growth analysis and nutrient composition in four grain legumes-Rhizobium symbiosis. *Journal of Plant Nutrition*, 18: 1595-6109.

شرایط تنش ۰/۲۷۴ گرم بود. در ابتدای اعمال تنش شوری، تنش خشکی که در اثر کاهش پتانسیل آب در محیط ریشه بوجود می‌آید، عامل اصلی کاهش رشد و نهایتاً کاهش وزن خشک اندام هوایی است (Asch, 2000). ماده خشک اندام هوایی صفتی است که می‌تواند تفاوت‌ها را بیشتر از سایر صفات در شرایط تنش نمایان سازد. در سایر گزارشها نیز میزان کاهش ماده خشک به‌عنوان شاخصی از تحمل شوری مورد استفاده قرار گرفته است (Schachtman *et al.*, 1991). (Ghavami *et al.*, 2004).

با افزایش سطح شوری طول ساقه گیاهان با روند منظم کاهش یافت. نتایج تحقیق Abid و همکاران (۲۰۰۱) مؤید همین مطلب است. در حقیقت شوری با کاهش تقسیم و جلوگیری از طویل شدن سلولی باعث کاهش ارتفاع گیاه می‌گردد (Abid *et al.*, 2001). میانگین میزان Na برای کلیه ارقام در شرایط طبیعی ۱/۲۲۸ میلی‌مولار و در شرایط تنش ۲/۱۰۳ میلی‌مولار و برای K در شرایط طبیعی ۱/۹۶۰ میلی‌مولار و در شرایط تنش ۱/۰۱۳ میلی‌مولار بود. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش سطح شوری میزان یون‌های سدیم افزایش و یون پتاسیم کاهش یافت. گیاهان در شرایط تنش شوری با اختصاص یون‌های سمی سدیم به برگ‌های مسن، گیاه را در برابر این یون‌ها محافظت می‌کنند. مزیت چنین گیاهانی این است که کارایی چرخش یون پتاسیم از برگ‌های پیر به سمت برگ‌های جوان حفظ می‌شود (Jeschke, 1985).

نتایج ضرایب همبستگی بین صفات مختلف در بیشتر حالات معنی‌دار بود که بیانگر وجود پیوستگی بین ژن‌های کنترل‌کننده صفات و یا پلیوتروپی در یونجه یکساله در شرایط طبیعی و تنش می‌باشد.

همبستگی منفی و معنی‌داری بین ماده خشک ریشه و میزان تجمع Na در ریشه (۰/۳۵۵-) نشان می‌دهد که غلظت Na در ریشه می‌تواند به‌عنوان صفتی جهت ارزیابی تحمل شوری یونجه مورد استفاده قرار گیرد. همچنین این همبستگی نشان می‌دهد که دفع Na به‌عنوان یکی از مهمترین مکانیزم‌های تحمل شوری، میزان Na برگ را کاهش می‌دهد و باعث حفظ فعالیت فتوسنتزی بالا برای تولید ماده خشک بیشتر و همچنین تأمین آسمیلات لازم از برگ‌ها به اندام‌های زایشی و دانه در طی مراحل قبل از گرده‌افشانی و پرشدن دانه و در نهایت سبب افزایش عملکرد دانه می‌گردد

- Thesis agriculture. Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology.
- Schachtman, D.P. and Munns, R., 1992. Sodium accumulation in leaves of *Triticum* species that differ in salt tolerance. *Australian Journal of Plant Physiology*, 19(3):331-340.
 - Schachtman, D.P., Munns, R., and Whitecross, M.I., 1991. Variation in sodium exclusion and salt tolerance in *Triticum tauschii*. *Crop Sciences*, 31: 992-997.
 - Shannon, M., 1984. Breeding selection and genetics of salt tolerance. In: Staples, R. C., Toenniessen, G. H. (eds.), *Salinity tolerance in plants. Strategies for Crop Improvement*. Wiley, New York, pp. 300-308.
 - Soussi, M., Ocana, A. and Lluch, C., 1998. Effect of salt stress on growth, photosynthesis and nitrogen fixation in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Experimental Botany*, 49: 1329-1337.
 - Tejera, N.A., Campos, R., Sanjuan, J. and Lluch, C., 2004. Nitrogenase and antioxidant enzyme activities in *Phaseolus vulgaris* nodules formed by Rhizobium tropici isogenic strains with varying tolerance to salt stress. *Journal of Plant Physiology*, 161: 329-338.
 - Wei, W., Bilsborrow, P.E., Hooley, P., Fincham, D., Lombi, A.E. and Forster, B.P., 2003. Salinity induced differences in growth, ion distribution and partitioning in barley between the cultivar Maythorpe and its derived mutant Golden Promise. *Plant and Soil*, 250: 183-191.
 - Yeo, A. and Flowers, T.J., 1986. Salinity resistance in rice (*Oryza sativa* L.) and a pyramiding approach to breeding varieties for saline soils. *Australian Journal of Plant Physiology*, 13: 161-173.
 - F.A.O. 2000. Extent and causes of self-affected soils in participating countries.
 - Ghavami, F., Malboobi, M.A., Ghannadha, M.R., Yazdi Samadi B., Mozaffari, J. and 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.
 - Hashemi Jazi, S.A.M., 1999. Assess the potential impact of salinity on vegetative characteristics of alfalfa varieties. *Iranian Congress of Agronomy*, Babolsar.
 - Husain, S., Munns, R. and Condon, A.G. 2003. Effect of sodium exclusion trait on chlorophyll retention and growth of durum wheat in saline soil. *Australian Journal of Agricultural Research*, 54: 589-597.
 - Jeschke, W.D. and Wolf, O., 1985. Na⁺ dependent net k⁺ retranslocation in leaves of *Hordeum vulgare* cv. California Mariout and *Hordeum vulgare* cv. Villa under salt stress. *Journal of Plant Physiology*, 121:211-223.
 - Levitt, J., 1980. *Responses of Plants to Environmental Stresses*. (second ed.) Academic Press, New York. pp. 697.
 - Munns, R. and James, R.A., 2003. Screening methods for salt tolerance: a case study with tetraploid wheat. *Plant and Soil*, 253, 201-218.
 - Noble, C.L., Halloran, G.M.D. and West, W., 1984. Identification and selection for salt tolerance in Lucerne (*Medicago sativa* L.). *Australian Journal of Agricultural Research*, 35: 239-252.
 - Rahmani, A., 1986. Effect of salt tolerance of alfalfa cultivars and populations at different growth stages.

Evaluation of *Medicago truncatula* ecotypes for resistance to salinity

M. Foroozanfar¹, M.R. Naghavi^{2*}, A. Peyghambari³, A. A. Jafari⁴
and S. Nasiri Kamalabadi⁵

1-PhD, Department of Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Tehran, I.R.Iran.

2* - Corresponding author, Prof., Department of Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Tehran, I.R.Iran.
Email: mnaghavi@ut.ac.ir

3- Prof., Department of Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Tehran, I.R.Iran.

4- Prof., Research Institute Forests and Rangelands, Tehran, I.R.Iran.

5- M.Sc., Department of Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Tehran, I.R.Iran.

Received: 18.10.2011

Accepted: 11.11.2012

Abstract

Thirteen ecotypes of *Medicago truncatula* from Iran and Australia were evaluated for salt tolerance under normal and stress conditions using a factorial experiment. In both of the conditions a high amount of diversity was observed. Results of correlation analysis showed that leaf number is one of the most important traits for increasing forage yield. Moreover, correlation between plant height and K or Na concentration was significant and negative. According to principal components analysis, the first three principal components with eigen values of more than 1 contributed 73.7% of the variability amongst the ecotypes. PC₁ positively correlated to leaf number, tillage number and shoot fresh and dry weights. Characters with the biggest values on PC₂ were root fresh weight, root dry weight and K concentration. Whereas, PC₃ was positively correlated to plant height and Na concentration. The ecotypes were grouped into two main clusters using cluster analysis. In the first cluster, tolerance and in the second cluster susceptible ecotypes were observed. The results could be used for germplasm management and also in breeding programs.

Key words: *Medicago truncatula*; Salinity tolerance, Ecotype, Sodium, Potassium.