به نژادی گیاهان زراعی و باغی
دوره ٤ ■ شماره ١ ■ بهار و تابستان ١٣٩٥
صفحه‌های ٣٤-١٧
انتشار الکترونیکی: بهار ١٣٩٨

بررسی تحمل به تنش شوری اکوتیپ‌های زیره سبزدر مرحله جوانه‌زنی

محمد ضابط[1*]، فرشته شاه‌محمدی[2]، محمد قادر قادری[3]، محمد حسن سیاری‌زهان[1]

۱، ۲ و ۳. دانشیار، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۰۹/۱۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۱/۲۵

چکیده

با توجه به روند افزایشی توسعه اراضی شور و کمبود اراضی زراعی مطلوب برای کشاورزی، شناسایی گیاهان دارویی مقاوم به شوری اهمیت زیادی دارد. در این تحقیق خصوصیات آزمایشگاهی بذور اکوتیپ‌های مختلف زیره سبز تحت تنش شوری در آزمایشگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند طی سال ١٣٩٤ مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور A شامل ١٠ اکوتیپ (سبزوار، خوسف، قوچان، سرایان، کاشمر، گناباد، زیرکوه، اسفراین، طبس و تربت جام) و فاکتور B پنج سطح شوری (یک، سه، پنج، هفت و نه دسی‌زیمنس بر متر کلرید سدیم) با سه تکرار در ژرمیناتور اجرا شد. تجزیه واریانس نشان داد که اکوتیپ‌های مختلف در همه صفات مورد بررسی به جز وزن خشک گیاه‌چه و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه در سطح یک درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار داشتند. به‌طور کل اکثر صفات با افزایش غلظت شوری کاهش یافت. مقایسه میانگین اثرات متقابل اکوتیپ× تنش نشان داد که اکوتیپ‌های کاشمر و قوچان در تنش سه دسی‌زیمنس بالاترین و اکوتیپ‌های اسفراین و گناباد در تنش‌های یک و پنج دسی‌زیمنس بر متر کم‌ترین مقدار از صفات مورد اندازه‌گیری را داشت. تجزیه خوشه‌ای در تنش یک و نه دسی‌زیمنس بر متر اکوتیپ‌ها را در سه گروه عمده گروه‌بندی نمود. در تنش یک دسی‌زیمنس بر متر گروه اول (کاشمر، زیرکوه، سرایان، تربت جام، طبس، گناباد و سبزوار) و در تنش نه دسی‌زیمنس بر متر گروه سوم (خوسف و سبزوار) دارای حداکثر تحمل بود. در تنش سه دسی‌زیمنس بر متر اکوتیپ‌ها در چهار گروه عمده قرار گرفتند و در آن گروه سوم (سبزوار، کاشمر و گناباد) دارای حداکثر مقاومت بود. در تنش پنج و هفت دسی زیمنس بر متر چهار گروه عمده از اکوتیپ‌ها مشخص گردید که در هر دو سطح گروه چهار (سبزوار) دارای حداکثر مقاومت بود. به‌طورکلی اکوتیپ سبزوار دارای بیشترین مقاومت در کلیه سطوح شوری بود.

کلیدواژه: تجزیه خوشه‌ای، جوانه‌زنی، کلریدسدیم، گیاه دارویی.

* نویسنده مسئول Email: mzabet@birjand.ac.ir

مقدمه

زیره سبز[1] گیاهی یک ساله، خودگشن و از تیره چتریان[2] است که در صنایع دارویی، غذایی و آرایشی کاربرد گسترده‌ای دارد (۱۵). زیره سبز بومی مناطق مرکزی و جنوبی آسیا بوده و در چند کشور ازجمله هند، پاکستان، ترکیه، ایران، مصر و اسپانیا کشت می‌شود (۲۳). کاشت این گیاه در ایران در استان‌های خراسان (شمالی، رضوی و جنوبی)، سمنان، یزد، کرمان، مرکزی، آذربایجان‌شرقی و سیستان و بلوچستان به‌صورت دیم و آبی صورت می‌گیرد (۱۰). زیره سبز دارای فصل رشد نسبتاً کوتاه ۱۰۰ تا ۱۲۰ روزه، نیاز آبی کم و دوره رشد آن در مناطق کشت‌شده با دوره رشد دیگر محصولات زراعی رایج تداخل ندارد. به دلیل صادراتی بودن محصول زیره سبز قیمت آن کمتر تحت تأثیر میزان تولید سالیانه آن قرارمی گیرد. بر خلاف عملکرد نسبتاً کم دارای ارزش اقتصادی بالایی بوده و از جهت اشتغال‌زایی نیز قابل توجه است (۱۰).

تنش‌های محیطی، از مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد گیاهان زراعی در سطح جهان هستند. چنانچه تنش‌های محیطی وجود نداشت عملکرد واقعی باید برابر با عملکرد بالقوه گیاهان بود، درحالی‌که در بسیاری از گیاهان زراعی میانگین عملکرد واقعی، کم‌تر از ۲۰-۱۰ درصد ظرفیت عملکرد آنان است (۲۲). طیف وسیعی از تنش‌های محیطی مانند افزایش یا کاهش دما، خشکی، شوری، اشعه ماوراءبنفش و میکروب‌ها برای گیاهان مضر هستند (۳۱). شوری یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی محدودکننده رشد گیاه و تولید در جهان است (۲۱). افزایش شوری سبب کند شدن جذب آب توسط بذر در فرآیند جوانه‌زنی شده در نتیجه باعث ممانعت از جوانه‌زنی می‌شود (۳۲). موفقیت یک گونه گیاهی بسته به طول دوره حیات آن در مراحل مختلف شوری و توانایی آن در دارا بودن سرعت جوانه‌زنی مناسب برای گذر از این مرحله حیاتی می‌باشد (۲۶). با توجه به روند افزایشی توسعه اراضی شور و کمبود اراضی زراعی مطلوب برای کشاورزی، شناسایی گیاهان دارویی مقاوم به شوری اهمیت زیادی دارد (۳۳).

نبی‌زاده مرودشت و همکاران (۱۱) گزارش نمودند، در شرایط گلخانه تنش شوری به‌طور معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد زیره سبز تأثیرگذار بوده و افزایش تنش شوری موجب کاهش ارتفاع بوته، وزن بوته، تعداد چتر، تعداد دانه در چتر و وزن هزاردانه می‌شود. تنش شوری تأثیر معنی‌داری بر روی درصد اسانس بذر نداشت. سلامی و همکاران (۵) نشان دادند که با افزایش غلظت‌های مختلف شوری از صفر به ۲۵۰ میلی‌مولار (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ میلی‌مولار) درصد جوانه‌زنی (GP)[3]، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن خشک ریشه، وزن خشک ساقه، عملکرد بیولوژیک و نسبت اندام هوایی به ریشه در زیره سبز کاهش یافت. در شرایط مزرعه با افزایش شوری درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی (GV)[4]، طول ریشه، طول ساقه، شاخص بنیه بذر (SVI)[5]، وزن تر و خشک، نسبت اندام‌های هوایی به ریشه و زیست‌توده در اکوتیپ‌های مختلف رازیانه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و میزان کاهش در اکوتیپ‌های مختلف رازیانه متفاوت بود. به‌طورکلی اکوتیپ‌های مختلف رازیانه در مرحله گیاه کامل نسبت به مرحله گیاه‌چه دارای تحمل بیشتری نسبت به تنش شوری بودند (۷). روند کاهش صفات کمی و مورفولوژی با افزایش تنش شوری در گیاهان دارویی دیگر نیز گزارش شده

1. *Cuminum cyminum* L.
2. Apiaceae
3. Germination percentage
4. Germination velocity
5. Seedling vigor index

است، به‌عنوان مثال در گیاه دارویی شوید با افزایش مقادیر شوری از صفر به ۱۰۰ میلی‌مولار از میزان ماده خشک گیاه کاسته شد و این اختلاف بین مقدار صفر میلی‌مولار و تیمارهای دیگر شوری معنی‌دار بود؛ همچنین طول ساقه در اثر افزایش غلظت شوری کاهش تدریجی را نشان داد و این کاهش معنی‌دار بود (۱۲).

در انتخاب گیاهان به منظور کشت باید مقاومت به شوری و کم‌آبی به‌ویژه در طی مرحله جوانه‌زنی و سبز شدن همواره مدنظر باشد. ازآن‌جاکه ارزیابی‌های معمول در شرایط مزرعه‌ای از یک‌سو زمان بر و از سوی دیگر تحت تأثیر عوامل غیر قابل کنترل متعددی از جمله عوامل خاکی، اقلیم و عملیات زراعی می‌باشند، بنابراین ضرورت دارد با استفاده از یک روش آزمایشگاهی تحت شرایط کنترل شده، امکان ارزیابی سریع و نسبتاً دقیق عکس‌العمل گیاهان به تنش‌های شوری و خشکی فراهم گردد (۱٤). با توجه به تأثیر شدید عوامل محیطی به‌ویژه شوری در رشد و عملکرد گیاه زیره سبز و اثر دارویی گسترده آن، این آزمایش جهت تعیین اثر تنش شوری بر جوانه‌زنی و رشد گیاه‌چه در ۱۰ اکوتیپ زیره سبز انجام شد تا معلوم شود که: ۱- بین اکوتیپ‌های مناطق مختلف از نظر میزان تحمل به شوری تفاوت معنی‌داری در سطح آزمایشگاهی وجود دارد، ۲- میزان پارامترهای مورفولوژیکی در زیره در شرایط تنش شوری، با روند کاهشی همراه می‌باشد.

مواد و روش

این تحقیق در آزمایشگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند طی سال ۱۳۹٤ انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل (دو عامل A و B) و در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل A شامل ۱۰ اکوتیپ مختلف زیره سبز و عامل B شامل پنج غلظت شوری بود. اکوتیپ‌های مورد استفاده شامل سبزوار، خوسف، قوچان، سرایان، کاشمر، گناباد، زیرکوه، اسفراین، طبس و تربت جام و سطوح شوری نمک مورد استفاده در این آزمایش یک، سه، پنج، هفت و نه دسی‌زیمنس بر متر[1] کلریدسدیم بود، بنابراین آزمایش شامل ۵۰ تیمار بود. سطوح مختلف این غلظت‌ها با توجه به بررسی منابع انتخاب گردید. با توجه به آن‌که در این مطالعه تنها از یک نوع نمک (Nacl) استفاده گردید، لذا بر اساس رابطه ۱ می‌توان غلظت به‌دست‌آمده برحسب میلی‌اکی‌والان در لیتر[2] را به EC و بالعکس تبدیل نمود.

$$mmol/L=10* EC \quad (۱)$$

با توجه یک ظرفیتی‌بودن عنصر موجود در نمک به‌کاررفته 1meq/L=1mmol/L می‌باشد. از طرفی 1EC=1ds/m می‌باشد، لذا رابطه فوق به‌صورت رابطه ۲ برای تبدیل دسی‌زیمنس بر متر به میلی‌مول در لیتر (میلی‌مولار) به‌کار می‌رود.

$$mmol/L=10*ds/m \quad (۲)$$

با توجه به روابط فوق غلظت‌های ۱، ۳، ۵، ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر به‌صورت ۱۰، ۳۰، ۵۰، ۷۰ و ۹۰ میلی‌مولار در لیتر به کار رفت. انتخاب این پنج سطح بر اساس مرور منابع صورت گرفت. لازم به ذکر است که خاک کاملاً غیر شور انتخاب و بعد با اضافه کردن مقادیر مورد نیاز از نمک مدنظر (مطابق سطوح ذکرشده برحسب میلی‌مولار در لیتر) به شوری‌های مورد نظر رسانده شد.

بذور اکوتیپ‌های زیره سبز تحت تنش غلظت‌های مختلف نمک کلریدسدیم[3] قرار گرفت و خصوصیات جوانه‌زنی آن‌ها اندازه‌گیری شد. در ابتدا بذور سالم جدا و ضد عفونی شد. برای ضد عفونی بذور از هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد به‌مدت ۳۰ ثانیه استفاده شد.

1. ds/m
2. Milliequivalents per liter (meq/L)
3. Nacl

جدول ۱. فاصله جغرافیایی بین شهرهای مورد مطالعه

	قوچان	خوسف	سبزوار	طبس	کاشمر	سرایان	زیرکوه	تربت جام	اسفرایان	گناباد
قوچان	۱									
خوسف	٦٦٥	۱								
سبزوار	۱٥٦	٥۲۰	۱							
طبس	٥۲۹	۲۳۸	۳۷٤	۱						
کاشمر	۳۷۲	۳٦۹	۱۷٤	۳۱۳	۱					
سرایان	٥٤۰	۱۹٦	۳۲۷	۲۳۰	۲۳٤	۱				
زیرکوه	٥٥٦	۱۷٤	٤۱۰	۳۷۳	۲٥۹	۱۳۰	۱			
تربت جام	۳۰۹	٤۱۸	۳٤٥	٥٥٤	۲٤۳	٤۰۸	۲٤٥	۱		
اسفراین	۱۹۷	٦۲٥	۱۱۰	٤۷۹	۲۸۲	٤۳٥	٥۱۷	٤٥۱	۱	
گناباد	٤۲٦	۲٤۷	۲۷٤	۲٦٤	۱۲۹	۷۷	۱۳۷	۲۹٦	۳۷۹	۱

سپس بذور به پتری‌دیش‌های استریل‌شده‌ای که در کف آنها کاغذ صافی واتمن قرار داشت منتقل شد. در هر تیمار ۱۵ عدد پتری‌دیش و تعداد بذر در هر پتری‌دیش ۱۵ عدد بود. به هر پتری‌دیش مقدار پنج میلی‌لیتر محلول‌های مورد نظر بسته به تیمار مربوطه اضافه شد. سپس درب ظروف پتری‌دیش توسط پارافیلم بسته و در ژرمیناتور با رطوبت ۵۰ درصد، دمای ۲٤ درجه سانتی‌گراد برای روز و ۲۲ درجه سانتی‌گراد برای شب و در شرایط نوری ۱٦ ساعت روز و هشت ساعت شب قرار داده شد. شمارش بذور جوانه‌زده روزانه انجام و در جداول از پیش طراحی شده ثبت شد. بذوری جوانه‌زده تلقی شدند که طول ریشه‌چه آن‌ها حداقل دو میلی‌متر یا بیشتر بود. صفات و شاخص‌های مورد اندازه‌گیری عبارت بود از: طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول گیاهچه، طول لپه، وزن تر گیاه‌چه، وزن خشک گیاه‌چه، نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر. نحوه محاسبه این صفات و شاخص‌ها در ذیل آمده است.

طول ریشه‌چه

با اندازه‌گیری میانگین پنج عدد طول ریشه‌چه با خط‌کش انجام شد. این ناحیه از محل گره مانند جدایی ریشه‌چه از ساقه‌چه تا انتهای ریشه‌چه را شامل می‌شود.

طول ساقه‌چه

با اندازه‌گیری میانگین پنج عدد طول ساقچه با خط‌کش انجام شد. طول ساقه‌چه از ناحیه گره‌مانند محل اتصال ریشه‌چه با ساقه‌چه تا اولین گره انتهای گیاه‌چه را شامل می‌شود.

طول گیاه‌چه

طول گیاه‌چه از مجموع طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و لپه به‌دست آمد.

طول لپه

با اندازه‌گیری میانگین پنج عدد طول لپه صورت گرفت. این ناحیه از محل جدایی لپه با ساقه‌چه در محل نمایان شدن گره تا انتهای راسی آن است.

وزن تر گیاه‌چه

با استفاده از ترازوی دیجیتال وزن تر پنج عدد بذر جوانه‌زده از هر پتری دیش اندازه‌گیری و میانگین گرفته شد.

وزن خشک گیاه‌چه

پنج عدد بذر جوانه‌زده از هر پتری‌دیش به‌مدت ٤٨ ساعت در آون در درجه حرارت ٧٥ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و سپس با ترازوی دیجیتال توزین و میانگین آن گرفته شد.

نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه

از تقسیم طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه به‌دست آمد.

درصد جوانه‌زنی

از رابطه ٣ به روش Maguire (٢٠) به‌دست آمد.

$$GP = (N_i/S) \times 100 \quad (٣)$$

دراین رابطه N_i تعداد بذور جوانه زده در روز i ام و S تعداد کل بذور کشت شده می‌باشد.

سرعت جوانه‌زنی

از رابطه ٤ به روش Maguire (٢٠) به‌دست آمد.

$$GR = \Sigma N_i/T_i \quad (٤)$$

در این رابطه GV سرعت جوانه‌زنی (بر حسب تعداد بذر جوانه‌زده در روز)، N_i تعداد بذور جوانه‌زده در روز i ام و T_i تعداد روز تا شمارش iام می‌باشد.

شاخص بنیه بذر

طبق رابطه ٥ به‌روش بجی و همکاران (١٣) و از حاصلضرب مجموع طول ریشه‌چه (RL) و ساقه‌چه (SL) در درصد جوانه‌زنی (GP) به‌دست آمد.

$$SV = (SL + RL) \times GP \quad (٥)$$

پس از اندازه‌گیری صفات مختلف تجزیه واریانس انجام و اکوتیپ‌ها و سطوح مختلف شوری مورد مقایسه میانگین قرار گرفتند. مقایسه میانگین به روش دانکن و با نرم‌افزار SAS (V.9.2) انجام شد. برای تعیین جایگاه هر اکوتیپ نسبت به اکوتیپ‌های دیگر و گروه‌بندی آنها با در نظر گرفتن کلیه صفات، تجزیه خوشه‌ای در هر سطح تنش و در کلیه سطوح تنش شوری به‌روش UPGMA و با نرم‌افزار SPSS (V.22) انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس صفات مختلف اکوتیپ‌های زیره سبز

تجزیه واریانس صفات نشان داد که اکوتیپ‌های مختلف در تمامی صفات به استثنای وزن تر گیاه‌چه، وزن خشک گیاه‌چه و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد با یکدیگر داشتند (جدول٢). سطوح مختلف شوری نیز در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند، به عبارت دیگر در تمامی صفات به استثنای وزن خشک گیاه‌چه تأثیر شوری متفاوت بود و از یک سطح به سطح دیگر تفاوت کرد. اثر متقابل اکوتیپ× شوری نیز در همه صفات مورد مطالعه به جز وزن تر گیاه‌چه، وزن خشک گیاه‌چه و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه دارای تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد بود؛ معنی‌داربودن اثرات متقابل نشان‌دهنده آن است که سطوح مختلف شوری تأثیر متفاوتی بر صفات مختلف در اکوتیپ‌های مختلف داشت، به‌عبارت دیگر تأثیر شوری در اکوتیپ‌های مختلف یکسان و به یک شدت نبوده است. در صفات وزن تر و خشک گیاه‌چه و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه سطوح مختلف شوری تأثیر یکسانی در اکوتیپ‌های مختلف داشتند. با توجه به این امر مقایسه میانگین اثرات متقابل این صفات انجام نگردید.

مقایسه میانگین اثرات اصلی (تنش، اکوتیپ) و اثرات متقابل (اکوتیپ × تنش) صفات مختلف

طول ریشه‌چه

مقایسه میانگین اکوتیپ‌های مختلف نشان داد که اکوتیپ سبزوار بیشترین و اکوتیپ قوچان کم ترین طول ریشه‌چه را

داشت. مقایسه میانگین سطوح مختلف شوری نیز نشان داد که طول ریشه‌چه در سطوح مختلف شوری متفاوت بود و بیشترین طول ریشه‌چه در شوری یک و سه و کم ترین طول ریشه‌چه در شوری نه مشاهده شد (جدول‌ها نیامده‌اند). مقایسه میانگین اثرات متقابل اکوتیپ‌ها× سطوح مختلف شوری صفت طول ریشه‌چه نشان داد که بیشترین طول ریشه‌چه را اکوتیپ پنج در سطح سه تنش شوری (۳–۵) و کم‌ترین طول ریشه‌چه را اکوتیپ نه در سطح پنج (۵–۹) تنش شوری داشت (جدول ۳).

طول ساقه‌چه

مقایسه میانگین اکوتیپ‌های مختلف نشان داد که اکوتیپ سبزوار بیشترین طول ساقه‌چه و اکوتیپ قوچان کم ترین طول ساقه‌چه را داشت. مقایسه میانگین سطوح مختلف شوری بر طول ساقه‌چه نشان داد که سطوح شوری یک و سه دسی‌زیمنس بر متر بیشترین طول ساقه‌چه را داشتند و با افزایش سطح شوری طول ساقه‌چه کاهش یافت، به‌طوری‌که کم‌ترین طول ساقه‌چه مربوط به شوری نه دسی‌زیمنس بر متر بود (جدول‌ها نیامده‌اند). مقایسه میانگین اثرات متقابل اکوتیپ‌ها × سطوح مختلف شوری صفت طول ساقه‌چه نشان داد که بیشترین طول ساقه‌چه را اکوتیپ یک در سطح سه تنش شوری (۳–۱) و کم‌ترین طول ساقه‌چه را اکوتیپ نه در سطح پنج (۵–۹) تنش شوری داشت (جدول٤).

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات مختلف در اکوتیپ‌های زیره سبز

منابع تغییر	درجه آزادی	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	طول لپه (سانتی‌متر)	طول گیاهچه (سانتی‌متر)	وزن تر گیاهچه (گرم)	وزن خشک گیاهچه (گرم)	طول ریشه‌چه به ساقه‌چه	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	شاخص بنیه بذر
اکوتیپ	۹	۱۵٦۲/۹**	۳۱/۲**	۱۲۹/۸**	۳۰۹۵/۸**	۰/۰۰٤^{ns}	۰/۰۱**	۱۲/۱^{ns}	۳٤۳۰/۷**	۱/۸۷**	۲۸۷۹/٤**
تنش	٤	٤۳۳۹/۱**	۱۳۲/٦**	۳۲۱/۱**	۸۸۲۳/٤**	۰/۰۱**	۰/۰۰٤^{ns}	۱۷/۰**	۲٤۲۸/٤**	۲/۱۰**	٦۵۲۸/۱**
اکوتیپ× تنش	۳٦	۲۸۰/۷**	۱٤/۱**	۲٤/۵**	۵۵۲/٤**	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۱۱/۹^{ns}	۳۱۷/۰**	۰/۱٦**	٤۲۵/۹**
خطا	۱۰۰	۸۹/٦	۳/۷	٤/۱	۱۳۳/۸	۰/۰۰٤	۰/۰۰۲	۸/۲	۱٦٤/٦	۰/۰٦	۱۰۱/٦
ضریب تغییرات		۲٤/۷	۲٦/۲	۲۳/۹	۲۱/٤	٦۹/۳	٦۰/۲۰	۵۱/۸	۱٦/۳	۱۷/۲	۲٦/٤

† : ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثرات متقابل اکوتیپ × تنش صفت طول ریشه‌چه در اکوتیپ‌های زیره سبز

تنش / اکوتیپ‌ها	قوچان	خوسف	سبزوار	طبس	کاشمر	سرایان	زیرکوه	تربت جام	اسفرایان	گناباد
۱	۱٦/۲$^{r-t}$	۵۵/۸$^{b-g}$	۲۹/۳$^{i-s}$	٤۱/۹$^{e-l}$	٤۳/۳$^{h-r}$	۳۵/۸$^{h-q}$	۱۸/۳$^{q-t}$	۲۵/۰$^{l-t}$	۲۲/۳$^{m-t}$	۱٦/۱$^{r-t}$
۳	٤٦/۵$^{d-j}$	٤۹/۷$^{c-h}$	٦٦/٤^{bc}	۳۹/۹$^{g-o}$	۵٦/٤$^{b-g}$	۳۲/۷$^{h-r}$	۳۸/۷$^{g-p}$	۲۱/۲$^{n-t}$	۳۸/۸$^{g-o}$	۱۲/۸st
۵	۷۱/۳^{ab}	۵۹/۰$^{b-f}$	۵۰/۱$^{c-h}$	٤۰/۵$^{f-m}$	۸٤/٤^{a}	٤۰/۲$^{f-n}$	۵۰/٤$^{c-h}$	۲۸/٦$^{j-t}$	٤۳/۲$^{e-l}$	۲۱/٤$^{n-t}$
۷	۵۹/۹$^{b-e}$	۳٤/۹$^{h-r}$	٤۵/۸$^{e-j}$	۳٦/۱$^{h-pq}$	٤۷/٦$^{d-i}$	٤۵/۲$^{e-k}$	۳۵/۰$^{h-r}$	۱۹/۷$^{p-t}$	۲٦/۵$^{k-t}$	۲۵/٤$^{l-t}$
۹	٤۸/٦$^{c-h}$	۵٦/۸$^{b-g}$	۵۷/۳$^{b-g}$	٦٤/٦$^{b-d}$	۲۸/٤$^{j-t}$	۲۹/۵$^{i-s}$	۲۰/۸$^{o-t}$	۲٤/۸$^{l-t}$	۹/۷^{t}	۱۲/٦st

*: اعداد دارای حروف مشترک برای هر صفت تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

جدول ٤. مقایسه میانگین اثرات متقابل اکوتیپ × تنش صفت طول ساقه‌چه در اکوتیپ‌های زیره سبز

تنش / اکوتیپ‌ها	قوچان	خوسف	سبزوار	طبس	کاشمر	سرایان	زیرکوه	تربت جام	اسفرایان	گناباد
۱	۳/۱ op	۱۰/۸ a-f	۷/۵ e-m	۹/۲c-	٦/٦ g-o	٦/۲ h-p	۵/۸ i-p	٤/۹ k-p	۵/۰ k-p	۳/٤ n-p
۳	۵/۱ j-p	۹/۹ b-h	۱۳/۱ ab	۸/٤d-k	۱۰/۹ a-e	٦/٤ g-o	۸/۹ c-j	٤/۲ l-p	۷/۱ e-n	۳/۱ op
۵	۱٤ a	۱۲/۲ a-c	۱۰/۵ a-f	۷/۰ f-n	۱۰/۲ b-g	۵/۵ i-p	۱۰/۵ a-f	٦/۵ g-o	٦/٦ g-o	۳/۰ op
۷	۱۳/۱ab	٤/۳ l-p	۸/۲ d-k	۸/۰ d-l	٦/۲ h-p	۸/۲d-k	۷/۳ e-n	۵/٤ i-p	۳/۸ m-p	۵/۸ i-p
۹	۱۰/٤ a-f	۱۱/۸ a-d	۸/۸ c-k	۱۱/۳ a-d	۵/۸ i-p	٦/٦ g-o	۳/۹ m-p	۵/۲ j-p	۲/٦ p	۳/۸ m-p

*: اعداد دارای حروف مشترک برای هر صفت تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

طول لپه

با توجه به مقایسه میانگین اکوتیپ‌ها، سبزوار بیشترین و اکوتیپ قوچان کم ترین طول لپه را دارا بود. مشاهده جدول مقایسه میانگین سطوح مختلف شوری در طول لپه نشان داد که بیشترین طول لپه در شوری سه دسی‌زیمنس بر متر و کم ترین طول لپه در شوری نه دسی‌زیمنس بر متر بود (جدول‌ها نیامده‌اند). مقایسه میانگین اثرات متقابل اکوتیپ‌ها × سطوح مختلف شوری صفت طول لپه نشان داد که بیشترین طول لپه را اکوتیپ یک در سطح سه تنش شوری (۳-۱) و کم‌ترین طول لپه را اکوتیپ نه در سطح یک (۱-۹) تنش شوری داشت (جدول ۵).

طول گیاه‌چه

با مقایسه میانگین اکوتیپ‌ها، بیشترین طول گیاه‌چه مربوط به سبزوار و کم ترین طول گیاه‌چه مربوط قوچان مشاهده شد. مقایسه میانگین سطوح مختلف شوری در طول گیاه‌چه نیز نشان داد بیشترین طول گیاه‌چه در سطح شوری یک و سه دسی‌زیمنس بر مترو کم ترین طول گیاه‌چه در سطح شوری نه دسی‌زیمنس بود (جداول نیامده است). مقایسه میانگین اثرات متقابل اکوتیپ‌ها× سطوح مختلف شوری صفت طول گیاه‌چه نشان داد که بیشترین طول گیاه‌چه را اکوتیپ پنج در سطح سه تنش شوری (۳-۵) و کم‌ترین طول گیاه‌چه را اکوتیپ نه در سطح پنج (۵-۹) تنش شوری داشت (جدول ٦).

درصد و سرعت جوانه‌زنی

اکوتیپ سبزوار دارای بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی بود و اکوتیپ قوچان دارای کم ترین درصد و سرعت جوانه‌زنی بود. مقایسه میانگین سطوح مختلف شوری نشان داد که در سطح شوری سه دسی‌زیمنس بر متر بیشترین درصد جوانه‌زنی و در شوری یک و سه دسی‌زیمنس بر متر بیشترین سرعت جوانه‌زنی بود. کم ترین درصد و سرعت جوانه‌زنی در سطح شوری نه دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (جداول نیامده است). مقایسه میانگین اثرات متقابل اکوتیپ‌ها × سطوح مختلف شوری صفت درصد جوانه‌زنی نشان داد که بیشترین درصد جوانه‌زنی را اکوتیپ یک در سطح سه تنش شوری (۳-۱) و کم‌ترین درصد جوانه‌زنی را اکوتیپ نه در سطح یک (۱-۹) تنش شوری داشت. مقایسه میانگین اثرات متقابل اکوتیپ‌ها × سطوح مختلف شوری صفت سرعت جوانه‌زنی نشان داد که بیشترین سرعت جوانه‌زنی را اکوتیپ یک در سطح سه تنش شوری (۳-۱) و کم‌ترین سرعت جوانه‌زنی را اکوتیپ نه در سطح یک (۱-۹) تنش شوری داشت (جدول‌های ۷ و۸).

شاخص بنیه بذر

مشاهده جدول مقایسه میانگین بنیه بذر اکوتیپ‌ها نشان داد که اکوتیپ سبزوار و قوچان به‌ترتیب بیشترین و کم ترین شاخص بنیه بذر را داشتند. مقایسه میانگین سطوح مختلف شوری نیز نشان داد بیشترین شاخص بنیه بذر در سطح شوری یک و سه دسی‌زیمنس بر متر و کم‌ترین شاخص بنیه بذر در سطح شوری نه دسی‌زیمنس بر متر بود (جدول‌ها نیامده‌اند). مقایسه میانگین اثرات متقابل اکوتیپ‌ها× سطوح مختلف شوری صفت سرعت جوانه‌زنی نشان داد که بیشترین سرعت جوانه‌زنی را اکوتیپ پنج در سطح سه تنش شوری (۳–۵) و کم‌ترین سرعت جوانه‌زنی را اکوتیپ ده در سطح پنج (۵–۱۰) تنش شوری داشت (جدول ۹).

جدول ۵. مقایسه میانگین اثرات متقابل اکوتیپ × تنش صفت طول لپه در اکوتیپ‌های زیره سبز

تنش / اکوتیپ‌ها	قوچان	خوسف	سبزوار	طبس	کاشمر	سرایان	زیرکوه	تربت جام	اسفرایان	گناباد
۱	۰/۷ v	۱۲/۸ c-g	۸/۸ h-n	۱۲/۰ d-i	۶/۸ k-q	۶/۱ m-s	۳/۹ p-v	۲/۸ r-v	۰/۶ v	۱/۵ t-v
۳	۶/۲ m-r	۱۱/۳ e-j	۱۶/۲ a-c	۱۰/۷ e-k	۱۶/۲ a-c	۷/۷ j-p	۱۲/۱ d-h	۴/۰ p-v	۹/۵ g-m	۱/۱ uv
۵	۱۸/۶ a	۱۰/۶ e-k	۱۴/۱ b-f	۹/۵ g-m	۱۴/۰ b-f	۷/۷j-p	۱۴/۴ b-e	۵/۷ m-s	۶/۶ l-r	۴/۶o-u
۷	۱۱/۲ e-j	۲/۳s-v	۱۰/۴ f-l	۹/۲ g-n	۹/۳ g-m	۵/۲ n-t	۶/۱m-r	۷/۲ k-p	۵/۹ m-s	۱/۵ tuv
۹	۱۳/۷ b-f	۱۵/۷ a-d	۱۲/۹ c-g	۱۷/۴ ab	۷/۸ j-p	۸/۲i-o	۶/۶ l-r	۷/۹ j-p	۱/۶ t-v	۳/۱ q-v

*: اعداد دارای حروف مشترک برای هر صفت تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

جدول ۶. مقایسه میانگین اثرات متقابل اکوتیپ× تنش صفت طول گیاهچه در اکوتیپ‌های زیره سبز

تنش / اکوتیپ‌ها	قوچان	خوسف	سبزوار	طبس	کاشمر	سرایان	زیرکوه	تربت جام	اسفرایان	گناباد
۱	۲۰/۱ r-t	۷۹/۴ c-g	۴۵/۷ k-q	۶۳/۱ e-l	۴۷/۸ k-q	۴۸/۱j-q	۲۸/۰ q-t	۳۲/۸ o-t	۲۷/۹ q-t	۲۱/۰ r-t
۳	۵۷/۹ g-n	۷۱/۰ d-j	۹۵/۷ a-c	۵۹/۰ g-n	۸۳/۶ b-e	۴۶/۹ k-q	۵۹/۷ f-m	۲۹/۵ q-t	۵۵/۵ i-o	۱۷/۰ st
۵	۱۰۳/۹ ab	۸۱/۹ c-f	۷۴/۸ c-i	۵۷/۱ g-n	۱۰۸/۷ a	۵۳/۴ i-p	۷۵/۴ c-i	۴۰/۸ l-r	۵۶/۵ h-n	۲۹/۰ q-t
۷	۸۴/۳ b-e	۴۱/۶ l-r	۶۴/۶ e-k	۵۳/۴ i-p	۶۳/۲ e-l	۵۸/۶ g-n	۴۸/۵ j-q	۳۲/۳p-t	۳۶/۳ n-t	۳۲/۷ o-t
۹	۷۲/۸ d-i	۸۴/۳ b-e	۷۹/۰ c-h	۹۳/۴ a-d	۴۲/۱ k-r	۴۴/۳ k-q	۳۱/۴ p-t	۳۷/۹ m-s	۱۳/۹ t	۱۹/۵ rst

*: اعداد دارای حروف مشترک برای هر صفت تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

جدول ۷. مقایسه میانگین اثرات متقابل اکوتیپ× تنش صفت درصد جوانه‌زنی در اکوتیپ‌های زیره سبز

تنش / اکوتیپ‌ها	قوچان	خوسف	سبزوار	طبس	کاشمر	سرایان	زیرکوه	تربت جام	اسفرایان	گناباد
۱	۴۰/۰ m	۸۸/۸ a-f	۵۳/۳ h-m	۸۸/۸ a-f	۴۰/۰ m	۷۵/۵ a-h	۳۷/۷ m	۷۳/۳ b-h	۳۷/۷ m	۵۵/۵ g-m
۳	۵۳/۳ h-m	۱۰۰ a	۷۵/۵ a-h	۹۵/۵ a-c	۸۰/۰ a-g	۹۳/۳ a-d	۷۵/۵ a-h	۷۷/۷ a-h	۸۴/۴ a-f	۷۱/۱ c-i
۵	۱۰۰ a	۸۴/۴ a-f	۹۳/۳ a-d	۸۴/۴ a-f	۹۵/۵ a-c	۸۰/۰ a-g	۹۷/۷ ab	۸۰/۰ a-g	۹۳/۳ a-d	۶۶/۶e-k
۷	۹۵/۵ a-c	۹۷/۷ ab	۹۵/۵ a-c	۹۱/۱ a-e	۹۱/۱ a-e	۶۸/۸ d-k	۹۵/۵ a-c	۷۱/۱ c-i	۸۲/۲ a-f	۴۶/۶ i-m
۹	۹۷/۷ ab	۱۰۰ a	۱۰۰ a	۹۷/۷ ab	۹۱/۱ a-e	۸۰/۰ a-g	۸۲/۲ a-f	۶۴/۴ f-l	۷۱/۱ c-i	۴۲/۲ lm

*: اعداد دارای حروف مشترک برای هر صفت تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

جدول ۸. مقایسه میانگین اثرات متقابل اکوتیپ× تنش صفت سرعت جوانه‌زنی در اکوتیپ‌های زیره سبز

اکوتیپ‌ها / تنش	قوچان	خوسف	سبزوار	طبس	کاشمر	سرایان	زیرکوه	تربت جام	اسفرایان	گناباد
۱	۰/۶۳ qr	۱/۹۲ a-g	۰/۸۳ o-r	۱/۶۷ a-j	۰/۷۰ -qr	۱/۳۱ i-o	۰/۵۷ r	۱/۲۸ i-o	۰/۵۳r	۰/۹۶ m-r
۳	۰/۹۱ n-r	۲/۱۷ ab	۱/۵۸ c-k	۱/۸۰ a-i	۱/۵۶ c-k	۱/۸۵ a-h	۱/۴۶ e-m	۱/۴۴ e-m	۱/۳۸ g-n	۱/۳۵ h-n
۵	۲/۱۹ a	۱/۷۸a-i	۱/۹۷ a-e	۱/۶۴ b-jk	۱/۹۵ a-f	۱/۵۴ d-k	۲/۰۴ a-cd	۱/۴۰ g-n	۱/۶۸ a-	۱/۱۳ l-q
۷	۲/۰۷ a-d	۲/۱۹ a	۱/۸۵ a-h	۱/۹۴ a-f	۱/۷۲ a-j	۱/۳۳ h-o	۱/۷۷ a-j	۱/۴۳ f-n	۱/۵۰ e-l	۱/۰ l-r
۹	۲/۰۶ a-d	۲/۰۸ a-c	۲/۱۷ ab	۱/۹۰ a-g	۱/۶۴ b-k	۱/۶۷ a-j	۱/۴۴ e-m	۱/۲۴j-o	۱/۱۴ k-p	۰/۷۴p-r

*: اعداد دارای حروف مشترک برای هر صفت تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

جدول ۹. مقایسه میانگین اثرات متقابل اکوتیپ × تنش صفت شاخص بنیه بذر در اکوتیپ‌های زیره سبز

اکوتیپ‌ها / تنش	قوچان	خوسف	سبزوار	طبس	کاشمر	سرایان	زیرکوه	تربت جام	اسفرایان	گناباد
۱	۷/۹ vw	۵۹/٤ c-h	۲۰/۱ o-w	٤۵/۱ g-m	۱۷/٤ q-w	۳۲/۲ k-s	۱۰/۰ u-w	۲۲/۰ n-w	۱۱/۱ t-w	۱۱/۵ t-w
۳	۲۸/۹ k-u	۵۹/٦c-g	۵۷/۱ c-i	٤۵/۸ g-l	۵۳/۵ d-j	۳٦/۱ j-r	۳۷/۰ j-q	۲۰/۰o-w	۳۹/۲ h-p	۱۱/۲ t-w
۵	۸۵/۳ ab	۵۹/۰ c-h	۵۷/۳ c-i	٤۱/۹ g-n	۹۰/۲ a	۳٦/٤ j-r	۵۹/۲ c-h	۲۷/۸ l-v	٤۷/۰ f-l	۱٦/۲ r-w
۷	۷۰/۳ b-d	۳۸/۷ i-p	۵۲/۸ d-j	٤۰/۱ g-o	٤۸/۷ e-k	۳٦/۰ j-r	٤۰/۱ g-o	۱٦/۸ q-w	۲۵/۱m-w	۱۳/۱ś-w
۹	۵۷/۸ c-i	٦۸/٦ b-e	٦٦/۱ c-f	۷٤/٤ a-c	۳۱/۳ k-t	۲۹/۰ k-u	۲۰/۷ o-w	۱۹/۳ p-w	۹/۱ u-w	۷/۰ w

*: اعداد دارای حروف مشترک برای هر صفت تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

وزن تر گیاه‌چه، وزن خشک گیاه‌چه و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه

مقایسه میانگین اکوتیپ‌ها نشان داد که اکوتیپ‌ها از نظر وزن تر گیاه‌چه تفاوت چندانی با هم نداشتند. مقایسه میانگین سطوح مختلف شوری مشخص کرد که بیشترین وزن تر گیاه‌چه مربوط به تیمار یک، سه و پنج دسی‌زیمنس بر متر و کم ترین وزن تر گیاه‌چه مربوط به سطح شوری هفت دسی‌زیمنس بر متر بود. اکوتیپ‌ها از نظر وزن تر گیاه‌چه تفاوت چندانی با هم نداشتند. بیشترین وزن خشک گیاه‌چه مربوط به تیمار یک، سه و پنج دسی‌زیمنس بر متر و کم ترین وزن خشک گیاه‌چه مربوط به سطح شوری هفت و نه دسی‌زیمنس بر متر بود. بیشترین میزان نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه مربوط به اکوتیپ خوسف بود و کم‌ترین میزان نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه مربوط به اکوتیپ قوچان بود. از لحاظ نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه اکوتیپ‌های سبزوار، طبس، سرایان، تربت جام و اسفراین نیز تفاوت معنی‌داری را با اکوتیپ خوسف نشان ندادند. بیشترین نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه، مربوط به سطح شوری یک، سه و پنج دسی‌زیمنس بر متر و کم ترین نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه مربوط به شوری هفت و نه دسی‌زیمنس بر متر بود (جداول نیامده است).

تجزیه خوشه‌ای اکوتیپ‌ها در سطوح مختلف شوری

تجزیه خوشه‌ای اکوتیپ‌ها در سطح یک دسی‌زیمنس

نتایج حاصل نشان داد که در سطح یک دسی‌زیمنس اکوتیپ‌های مورد بررسی در سه گروه عمده قرار گرفتند (شکل ۱). در گروه اول اکوتیپ‌های کاشمر، زیرکوه، سرایان، تربت جام، طبس، گناباد و سبزوار در گروه دوم خوسف و اسفراین و در گروه سوم قوچان قرار گرفت. با بررسی گروه‌ها ملاحظه شد که گروه یک دارای صفات طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول لپه، وزن تر گیاه‌چه و

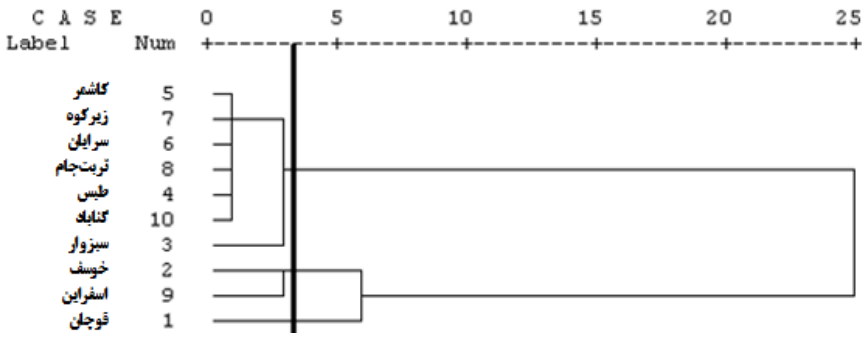
وزن خشک گیاه‌چه، درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه بالا بودند. گروه دوم که شامل خوسف و اسفراین بوداز لحاظ صفات طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول لپه، وزن تر گیاه‌چه و وزن خشک گیاه‌چه، درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه مشابه ودر حد متوسط بود. گروه سوم که شامل اکوتیپ قوچان بود از لحاظ صفات طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول لپه، وزن تر گیاه‌چه و وزن خشک گیاه‌چه، درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه پایین و به‌طور کل از لحاظ مقاومت به تنش شوری در سطح بسیار پایینی بود. بنابراین طبق این نتایج گروه سوم دارای کم‌ترین مقاومت به شوری و گروه اول دارای بیشترین مقاومت به شوری در سطح یک دسی‌زیمنس بر متر مربع بود.

تجزیه خوشه‌ای اکوتیپ‌ها در سطح سه دسی‌زیمنس

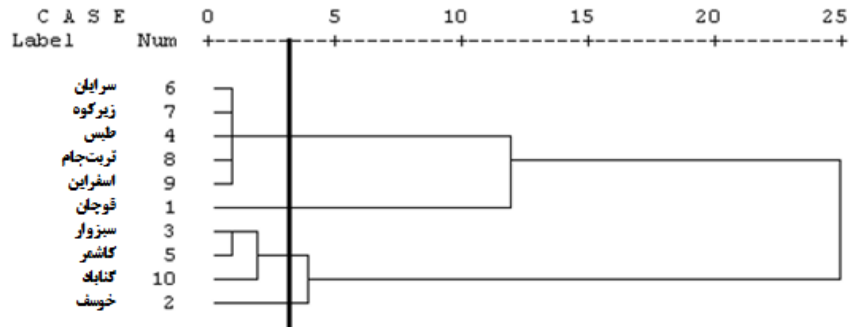
نتایج نشان داد که در سطح شوری سه دسی‌زیمنس بر متر اکوتیپ‌ها در چهار گروه قرار گرفتند (شکل ۲). در گروه اول اکوتیپ‌های سرایان، زیرکوه، طبس، تربت‌جام و اسفراین، در گروه دوم اکوتیپ قوچان، در گروه سوم اکوتیپ‌های سبزوار، کاشمر و گناباد و در گروه چهارم اکوتیپ خوسف قرار گرفت. با بررسی گروه ها مشاهده شد که گروه اول دارای صفات طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول لپه، وزن تر و خشک گیاه‌چه، درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه بالا بودند. در گروه دوم که اکوتیپ قوچان قرار گرفت از لحاظ صفات طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول لپه، وزن تر و خشک گیاه‌چه، درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه پایین و به‌طورکلی از لحاظ مقاومت به تنش شوری در سطح پایینی بود. در گروه سه اکوتیپ‌های سبزوار، کاشمر و گناباد از لحاظ صفات طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول لپه، وزن تر گیاه‌چه و وزن خشک گیاه‌چه، درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه نسبتاً متوسطی بودند. اکوتیپ خوسف در یک گروه قرار گرفت و از لحاظ اکثر صفات در حد متوسطی قرار داشت. بنابراین طبق این نتایج گروه دوم دارای کم‌ترین مقاومت به شوری و گروه سوم دارای بیشترین مقاومت به شوری در سطح سه دسی‌زیمنس بر متر مربع بود.

تجزیه خوشه‌ای اکوتیپ‌ها در سطح پنج دسی‌زیمنس

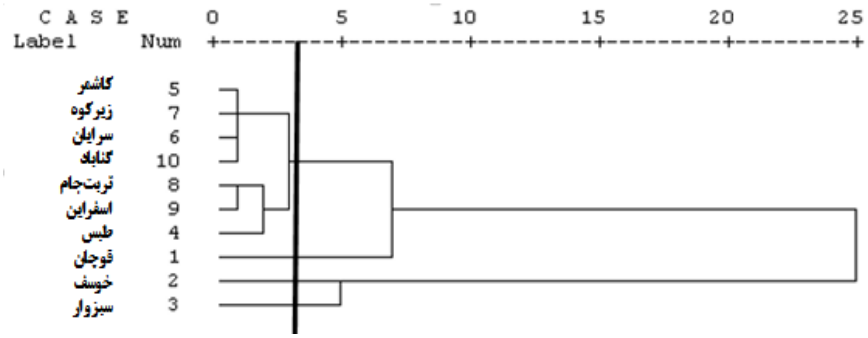
با مشاهده نتایج ملاحضه می‌شود که در سطح شوری پنج دسی‌زیمنس اکوتیپ‌ها در چهار گروه قرار گرفتند (شکل۳). در گروه اول اکوتیپ‌های کاشمر، زیرکوه، سرایان، گناباد، تربت جام، اسفراین، طبس قرار گرفتند که از لحاظ صفات طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول لپه، وزن تر و خشک گیاه‌چه، درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه مشابه و در حد متوسطی بودند، در گروه دوم اکوتیپ قوچان، در گروه سوم اکوتیپ خوسف و در گروه چهارم اکوتیپ سبزوار واقع شد که از لحاظ همه صفات مورد بررسی مقادیر بالایی داشت. گروه دوم دارای صفات طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول لپه، وزن تر و خشک گیاه‌چه، درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه پایین بود که نشان‌دهنده مقاومت پایین به تنش شوری در سطح پنج دسی‌زیمنس بر متر بود. طبق این نتایج قوچان در گروه دوم دارای کم‌ترین مقاومت به شوری و سبزوار در گروه چهارم دارای بیشترین مقاومت به شوری در سطح پنج دسی‌زیمنس بر متر مربع بود.



شکل ۱. تجریه خوشه‌ای اکوتیپ‌های زیره سبز (۱ ds/m)



شکل ۲. تجریه خوشه‌ای اکوتیپ‌های زیره سبز (۳ ds/m)



شکل ۳. تجریه خوشه‌ای اکوتیپ‌های زیره سبز (۵ ds/m)

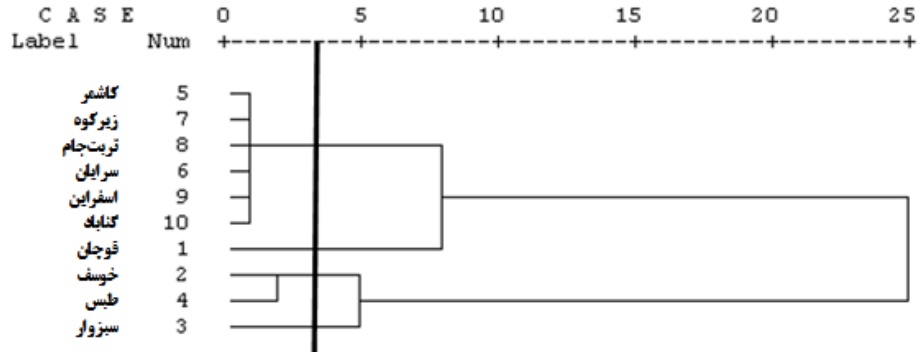
تجزیه خوشه‌ای اکوتیپ‌ها در سطح هفت دسی‌زیمنس

نتایج حاصل نشان داد که در سطح شوری هفت دسی‌زیمنس اکوتیپ‌ها در چهار گروه قرار گرفتند (شکل٤). در گروه اول اکوتیپ‌های کاشمر، زیر کوه، تربت جام، سرایان، اسفراین و گناباد، در گروه دوم اکوتیپ قوچان، در گروه سوم اکوتیپ خوسف و طبس و در گروه چهارم اکوتیپ سبزوار واقع شد که دارای صفات طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول لپه، وزن تر و خشک گیاه‌چه، درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه بالا بود و گروه دوم دارای صفات طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول لپه، وزن تر گیاه‌چه و وزن خشک گیاه‌چه، درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه پایین بود و به‌طور کل از لحاظ مقاومت به تنش

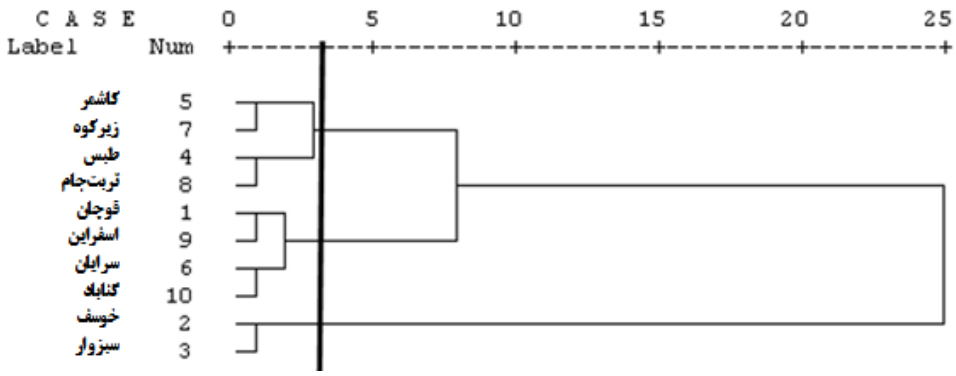
شوری در سطح هفت دسی‌زیمنس بر متر پایین بود. گروه اول که اکوتیپ‌های کاشمر، زیرکوه، تربت جام، سرایان، اسفراین و گناباد بود از لحاظ صفات مورد بررسی در حد متوسطی بودند. در گروه سوم که اکوتیپ‌های خوسف و طبس بود نیز در یک گروه و از لحاظ صفات طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول لپه، وزن تر و خشک گیاه‌چه، درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه مشابه بودند. بنابراین طبق این نتایج گروه دوم دارای کم‌ترین مقاومت به شوری و گروه چهارم دارای بیشترین مقاومت به شوری در سطح هفت دسی‌زیمنس بر متر مربع بود.

تجزیه خوشه‌ای اکوتیپ‌ها در سطح نه دسی‌زیمنس

نتایج حاصل نشان داد که در سطح شوری نه دسی‌زیمنس بر متر اکوتیپ‌ها در سه گروه قرار گرفتند (شکل ۵). در گروه اول اکوتیپ‌های کاشمر، زیرکوه، طبس و تربت جام، در گروه دوم اکوتیپ‌های قوچان، اسفراین، سرایان و گناباد و در گروه سوم اکوتیپ‌های خوسف و سبزوار واقع شد که دارای صفات طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول لپه، وزن تر و خشک گیاه‌چه، درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه بالا بود. گروه دوم دارای صفات طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول لپه، وزن تر و خشک گیاه‌چه، درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه پایین بود و به‌طورکلی از لحاظ مقاومت به تنش شوری در سطح نه دسی‌زیمنس بر متر پایین بود. بنابراین طبق این نتایج گروه دوم دارای کم‌ترین مقاومت به شوری و گروه سوم دارای بیشترین مقاومت به شوری در سطح نه دسی‌زیمنس بر متر مربع بود.



شکل ٤. تجریه خوشه‌ای اکوتیپ‌های زیره سبز (۷ ds/m)



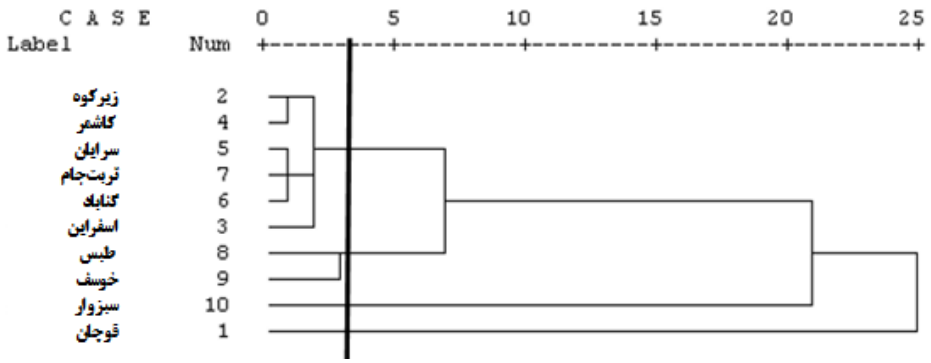
شکل ۵. تجریه خوشه‌ای اکوتیپ‌های زیره سبز (۹ ds/m)

تجزیه خوشه‌ای اکوتیپ‌ها در کلیه سطوح شوری

تجزیه خوشه‌ای اکوتیپ‌ها در کلیه سطوح شوری نشان داد که اکوتیپ‌های مورد بررسی در چهار گروه قرار گرفتند (شکل ٦). در گروه اول اکوتیپ‌های زیرکوه، کاشمر، سرایان، تربت‌جام، گناباد و اسفراین، در گروه دوم اکوتیپ‌های طبس و خوسف، در گروه سوم اکوتیپ سبزوار و در گروه چهار اکوتیپ قوچان واقع شد. گروه سوم دارای صفات طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول لپه، وزن تر و خشک گیاه‌چه، درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه بالا بود و گروه چهار دارای صفات طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول لپه، وزن تر و خشک گیاه‌چه، درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه پایین بود. بنابراین طبق این نتایج گروه چهارم دارای کم‌ترین مقاومت به شوری و گروه سوم دارای بیشترین مقاومت به شوری در کلیه سطوح مختلف شوری بود.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که با افزایش سطح شوری طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، طول گیاه‌چه، وزن تر و خشک گیاه‌چه کاهش یافت. کاهش طول ساقه‌چه به‌دلیل جلوگیری از انتقال مواد غذایی لپه‌ها به جنین در شرایط شور می‌باشد. در این حالت قندهای محلول به علت عدم انتقال به جنین در لپه‌ها تجمع یافته و در نتیجه جنین دچار کاهش رشد می‌شود. ریشه نیز به دلیل ارتباط مستقیم با شوری بیشتر از سایر اندام‌ها در معرض تنش شوری می‌باشد و به‌عنوان یک فیلتر عبور یون‌ها را کنترل می‌کند و نسبت مطلوب یون‌های سدیم و پتاسیم را برای فعالیت‌های سلول فراهم می‌سازد. هرگونه اختلال در سیستم جذب و انتقال انتخابی مواد که در اثر نامناسب بودن شرایط شیمیایی محیط خاک ایجاد شود می تواند از طریق فراهم‌نمودن نسبت نامطلوب K/Na روی فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه تأثیر منفی گذاشته و به اصطلاح ایجاد مسمومیت می‌کند (۲). طبق نظرجمیل و همکاران (۱۸) املاح موجود در اطراف بذرها موجب کاهش جذب آب توسط گیاه و افزایش جذب یون‌ها تا حد مسمومیت می‌شود و بدین ترتیب وزن تر ریشه‌چه گیاهچه‌های بذری کاهش می‌یابد. تنش شوری می‌تواند برخی هورمون‌ها و سیستم‌های آنزیمی غیرفعال را به کار اندازد و نیز نفوذپذیری زیاد غشای دانه‌ها تحت تأثیر قرار دهد و باعث کاهش تقسیم سلولی، تداخل بر فعالیت‌های مؤثر در رشد و کاهش میزان آب موجود در بافت‌ها می‌شود و در نتیجه وزن تر ساقه‌چه و ریشه‌چه با افزایش شوری کاهش می‌یابد.



شکل ٦. تجزیه خوشه‌ای اکوتیپ‌های زیره سبز در تمام سطوح شوری

به نظر می‌رسد کاهش پتانسیل اسمزی و اثرات سمیت یونی با افزایش سطوح شوری فرآیند رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه را دچار اختلال نموده که خود کاهش وزن خشک گیاهچه را به‌دنبال خواهد داشت (۲۷). صفرنژاد و حمیدی (٦) گزارش کردند که با افزایش غلظت کلرید سدیم طول ساقه‌چه و ریشه‌چه و شاخص بنیه بذر گیاهان دارویی کاهش می‌یابد، هم چنین موحدی و همکاران (۸) در بررسی‌های خود به این نتیجه رسیدند که با افزایش سطح شوری، وزن تر و خشک گیاه‌چه پنج گیاه زیره سبز، رازیانه، بابونه، راعی و بومادران کاهش یافت. به‌طور کلی بذور جوانه‌زده در محیط‌هایی که تحت شرایط تنش هستند دارای ساقه‌چه‌ها و ریشه‌چه‌های کوتاه‌تری هستند (۱۹).

رودباری و همکاران (۲۹) با مطالعه ٤ سطح شوری (۱، ۵، ۹ و ۱۳ دسی‌زیمنس بر متر) بر روی مراحل رشدی و جوانه‌زنی زیره سبز نشان دادند که تنش شوری زیست‌توده اندام‌های هوایی و ریشه، درصد جوانه‌زنی و دیگر عوامل فیزیولوژیکی را کاهش داد. سطوح مختلف شوری بر وزن خشک، طول ساقه‌چه و نسبت ریشه/ ساقه تأثیر معنی‌داری داشت.

در یک مطالعه درصد و سرعت جوانه‌زنی با افزایش سطوح شوری در اکوتیپ‌های زیره سبز مورد مطالعه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. علت این امر این است که در شرایط شور جوانه‌زنی بذور تحت تأثیر فشار اسمزی و سمیت نمک قرار می گیرد و شوری باعث تأخیر در جوانه‌زنی و کاهش درصد جوانه‌زنی می‌گردد (۹ و ۲۵). علت کاهش سرعت جوانه‌زنی با افزایش شوری را می‌توان به حضور بیش از حد کاتیون‌ها و آنیون‌ها نسبت داد که علاوه بر ایجاد مسمومیت با توجه به قابل انحلال بودن آنها در آب، پتانسیل آب را نیز کاهش داده است، به‌طوری که علی‌رغم وجود آب در محیط به‌علت این‌که ظرفیت واکنش آنها در اشغال یون‌های موجود قرار می‌گیرد، گیاه قادر به جذب آب نبوده و به نوعی با کمبود آب مواجه می‌شود. در نتیجه فعالیت‌های داخل بذر به آرامی صورت گرفته و مدت زمان خروج ریشه‌چه از بذر افزایش می یابد، به‌عبارتی سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (١٦). کاهش خصوصیات جوانه‌زنی مورد بررسی را می توان به کاهش میزان و سرعت جذب آب و همچنین تأثیر منفی پتانسیل‌های اسمزی منفی حاصل از نمک و سمیت یون‌ها بر فرآیندهای هیدرولیز آنزیمی مواد ذخیره‌ای بذور و در نتیجه مختل‌شدن ساخت بافت‌های جدید با استفاده از مواد هیدرولیزشده نسبت داد (۲۸). سلامی و همکاران (۵) با مطالعه بر روی اثر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژی زیره سبز و سنبل‌الطیب به این نتیجه رسیدند که با افزایش غلظت‌های شوری درصد جوانه‌زنی، طول ریشه، طول ساقه، وزن خشک ریشه، وزن خشک ساقه، بیوماس و نسبت اندام هوایی به ریشه کاهش یافت. دوازده امامی (۳) با مطالعه عکس‌المعل جوانی‌زنی ۱۰ گونه مختلف گیاه دارویی نسبت به شوری (شاهد، ٦، ۳ و ۹ دسی‌زیمنس برمتر) و درجه حرارت (١٤، ۸، ۲ و ۲۰ درجه سانتیگراد) به این نتیجه رسید که با کاهش درجه حرارت و افزایش شوری درصد و سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت و اختلاف ارقام از نظر عکس‌العمل به شوری و درجه حرارت معنی‌دار بود. روبیوکاسال و همکاران (۳۰) گزارش دادند که افزایش شوری باعث تأخیر در جوانه‌زنی و کاهش میانگین بذور جوانه زده شد. پندی و همکاران (٢٤) با تجزیه‌وتحلیل پارامترهای فیزیولوژیکی، ترکیب بیوشیمیایی و متابولیت‌ها تحت تنش شوری نتیجه گرفتند که شاخص جوانه‌زنی، سرعت سبز شدن بذر، سرعت جوانه‌زنی دانه، متوسط زمان جوانه‌زنی، زیست‌توده گیاه، کلروفیل کل و کاروتنوئید با افزایش شوری کاهش یافت.

حسن‌زاده دلوئی و همکاران (۱۷) با مطالعه چهار

سطح شوری (۲، ۵، ۸ و ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر) بر سه مرحله رشدی گیاه زیره (استقرار، گلدهی و مرحله پر شدن دانه) به این نتیجه رسیدند که شوری تأثیر قابل توجهی در وزن تر، وزن خشک، ارتفاع، درصد اسانس، عملکرد دانه و بیولوژیک داشت. با افزایش شوری از ۲ به ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر کاهش قابل‌توجهی در تمام صفات رویشی و زایشی مشاهده شد. حساس‌ترین مرحله رشد گیاه به تنش شوری به‌ترتیب مرحله استقرار گیاه و گلدهی بود.

نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای نشان داد که اکوتیپ‌ها در خوشه‌های متفاوتی قرار گرفتند. بررسی خوشه‌ها نشان داد که اکوتیپ‌ها صرف‌نظر از محل جغرافیایی صرفاً بر اساس خصوصیات مشابه در یک گروه واقع شدند و حتی اکوتیپ‌های دور از نظر جغرافیایی در یک خوشه واقع شدند. نتایج حاصل از مطالعه ما مؤکد این مطلب است که در بعضی از مواقع اکوتیپ‌های با فاصله جغرافیایی بیشتر در کنار یکدیگر در یک خوشه واقع‌شده و اکوتیپ‌هایی که از لحاظ جغرافیایی نزدیک به هم می‌باشد در دو خوشه متفاوت از هم قرار گرفت. به‌عنوان مثال اکوتیپ خوسف (خراسان جنوبی) که فاصله جغرافیایی نسبتاً دوری با سبزوار (خراسان رضوی) را دارد (۵۲۰ کیلومتر فاصله جغرافیایی) در بعضی مواقع در کنار یکدیگر در یک خوشه واقع شده‌اند که تبعیت تنوع ژنتیکی از تنوع جغرافیایی را زیر سؤال می‌برد. در همین حال این اکوتیپ (خوسف) در کنار اکوتیپ‌هایی همچون سرایان و زیرکوه که از لحاظ جغرافیایی نزدیک‌تر می‌باشند (خوسف تا زیرکوه ۱۷٤ و خوسف تا سرایان ۱۹٦ کیلومتر) قرار نگرفته است. موارد متعدد دیگری نیز در این مطالعه به چشم می‌خورد که تبعیت فاصله ژنتیکی از جغرافیایی را نقض می‌کند. قرار گرفتن خوسف و اسفراین (٦۲۵ کیاومتر) در تنش یک، تربت جام با طبس (۵۵٤ کیلومتر) در تنش سه، اسفراین با زیرکوه (۵۱۷ کیلومتر) در تنش ۵، اسفراین با تربت جام (٤۵۱ کیلومتر) در تنش هفت و قوچان با زیرکوه و سرایان (۵۵٦ و ۵٤۰ کیلومتر) در تنش نه در کنار یکدیگر در یک گروه همه بیانگر آن است که تنوع جغرافیایی از تنوع ژنتیکی تبعیت نمی‌کند. در مابقی موارد که زیاد می‌باشند نیز تنوع ژنتیکی از تنوع جغرافیایی تبعیت می‌کند که می‌توان به قرار گرفتن زیرکوه با تربت جام، سرایان با طبس، کاشمر با گناباد و سبزوار با کاشمر در یک گروه اشاره کرد. بررسی جمعیت‌های مختلف زیره سبز توسط پژمان‌مهر و همکاران (۱) نشان داد که جمعیت‌های متعلق به مناطق مختلف داخل یک گروه قرار گرفتند. این نتایج مطالعات پژمان‌مهر و همکاران (۱) را که نشان‌دهنده عدم تبعیت تنوع جغرافیایی از تنوع ژنتیکی است مورد تأیید قرار می‌دهد. این امر می‌تواند به‌دلیل انتقال یا معاوضه مواد اصلاحی از یک منطقه به منطقه دیگر باشد. سلامتی و زینلی (٤) نیز با انجام تجزیه خوشه ای ۱٦جمعیت زیره سبز مورد مطالعه را در چهار گروه مختلف دسته‌بندی نمودند. جمعیت های موجود در گروه چهار آنها از لحاظ تعداد دانه در چتر، ارتفاع بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و تعداد چتر در بوته نسبت به بقیه گروه‌ها برتری داشت. در این گروه جمعیت‌های مشهد و بیرجند قرار داشتند.

به‌طورکلی آن‌چه از این مطالعه برمی‌آید این است که بین اکوتیپ‌های مختلف تفاوت معنی‌داری از لحاظ مقاومت به تنش شوری وجود داشت. در این مطالعه اکوتیپ سبزوار بیشترین مقاومت و اکوتیپ قوچان کم ترین مقاومت به شوری را داشت. تفاوت معنی‌دار بین مقاومت اکوتیپ‌ها و ژنوتیپ‌ها در مطالعات محققین دیگر نیز دیده می‌شود (۳) و این امر در اصلاح مقاومت به تنش شوری مدنظر بسیاری از محققین بوده است؛ بنابراین جهت تولید ارقام با خصوصیات زراعی مطلوب در برنامه‌های به‌نژادی می‌توان از طریق تلاقی بین اکوتیپ‌های برتر و آزمون نتاج اقدام نمود. لازم به ذکر است که جهت انجام تلاقی‌های دای آلل و به‌دست‌آوردن

نوع عمل ژن و تعداد ژن‌های کنترل‌کننده صفت مقاومت به شوری در سطح آزمایشگاه می توان از تلاقی بین اکوتیپ‌های سبزوار و قوچان بهره گرفت.

منابع

۱. پژمان مهر م، حسنی م ا، فخرطباطبایی س م (۱۳۸۷) بررسی تنوع ژنتیکی برخی از توده‌های زیره کرمان با نشانگرهای RAPD. مجله علوم باغبانی ایران. ۳۹(۱):۶۵-۵۷.

۲. تدین م ر، امام ی (۱۳۸٦) واکنش‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک دو رقم جو به تنش شوری و ارتباط آن با عملکرد دانه. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱: ۲٦۲-۲۵۳.

۳. دوازده امامی س (۱۳۸۱) اثر تنش شوری بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر ۱۰ گونه گیاه دارویی. چکیده مقالات هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج. ۵۷۲-۵۷۱.

٤. سلامتی م، زینلی ح (۱۳۹۲) بررسی تنوع ژنتیکی جمعیت‌های مختلف زیره سبز با استفاده از صفات موفولوژیک. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۹ (۱):٦۲- ۵۱.

۵. سلامی م، صفرنژاد ع، حمیدی ح (۱۳۸٤) اثر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژی زیره سبز و سنبل الطیب. پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی. ۷۲(۱): ۲۱-۱٤.

٦. صفر نژاد ع، حمیدی ح (۱۳۸٤) اثر تنش شوری بر جوانه‌زنی و رشد گیاه‌چه برخی از گیاهان دارویی. مجموعه مقالات همایش ملی توسعه پایدار گیاهان دارویی ادویه‌ای و معطر. دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر کرد. ٤۱-٤۰.

۷. صفرنژاد ع، حمیدی ع (۱۳۸۷) بررسی ویژگی‌هایی مورفولوژی رازیانه تحت تنش شوری. فصلنامه تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران. ۱٦(۱): ۱٤۰-۱۲۵.

۸. موحدی م، فرهنگیان کاشانی س، منعم ر، رحیم لی م، ادیب دو گاهه م، مولازاده ص (۱۳۹۱) بررسی اثر تنش شوری بر جوانه‌زنی و رشد اولیه پنج گونه دارویی گل راعی، رازیانه، بابونه، زیره سبز و بومادران. فصلنامه گیاه و زیست بوم. ۸(۱-۳۳): ۱۵-۳

۹. میر محمدی میبدی ع.م. و قره یاضی ب (۱۳۸۱) جنبه های فیزیوژیک و به‌نژادی تنش شوری گیاهان. مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان. ۲۷٤ صفحه.

۱۰. کافی م (۱۳۸۱). زیره سبز: فناوری، تولید، فروآوری. چاپ اول. دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد. ۱۲٦-۱۲۱.

۱۱. نبی‌زاده مرودشت م، کافی، م، راشد محصل م، ۱۳۸۲. اثرات شوری بر رشد، عملکرد، تجمع املاح و درصد اسانس زیره سبز. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ۱(۱): ٦۰-۵۳.

۱۲. نورانی ح. و حاجی باقری م (۱۳۸۷) تأثیر تنش شوری بر روی برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه شوید، فصلنامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی ۱٤ (۱۲): ۱۰۰-۹۳.

13. Bajji M, Kinet JM and Lutts S (2002) Osmotic and ionic effects of NaCl on germination, early seedling growth, and ion content of *Atriplex halimus* (Chenopodiaceae.) Canadian Journal of Botany. 80: 297-304.
14. Bloom A and Epstein EE (1984) Varietal differences in salt induced respiration in barely. Plant Physiology. 90:1444-1456.
15. De M, De AK, Mukhopadhyay R, Banerjee AB and Miro YM (2003) Antimicrobial activity of (*Cuminum cyminum* L.) Ars Pharmaceutica. 44: 257-269.

16. Fernando EP, Boero C, Gallardo MM and Gonzalez GA (2001) Effects of NaCl on germination and growth on canola cultivars. Annual Review, Plant Physiology. 28:89-121.
17. Hassanzadehdelouei M, Vazin F, and Nadaf J (2013) Effect of salt stress in different stages of growth on qualitative and quantitative characteristics of cumin (*Cuminum cyminum* L.). Cercetari Agronomice in Moldova. 46(1): 89-97.
18. Jamil M, Lee D, Jung, KY, Ashraf M, Lee SC and Rha ES (2006) Effect of salt stress on germination and early seedling grown of four vegetables species. Journal of Central European Agriculture. 7: 273-282.
19. Katergi N, Van Hoorn JW, Hamdy A, Karam F and Mastrortilli M (1994) Effect of salinity on emergence and on water stress early seedling growth of sunflower and maize. Agricultural Water Management. 26: 81-91.
20. Maguire JD (1962) Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor Crop Science. 2:176-177.
21. Mahdavi H and Omidi H (2014) Effect of accelerators on seed vigor and germination of medicinal plant (*Cuminum cyminum* L.) under salt stress. 3rd National congress on medicinal plants 14, 15 May 2014 Mashhad- Iran.
22. Mittler R (2002) Oxidative stress, antioxidant and stress tolerance. Trends in Plant Science. 7: 405-410.
23. Mozaffarian V (1983) The Family of Umbelliferae in Iran: Keys and Distribution, Tehran, Research Institute of Forests and Rangelands Press. pp. 114-116.
24. Pandey S, Patel MK, Mishra A, Jha B (2015) Physio-biochemical composition and untargeted metabolomics of cumin (*Cuminum cyminum* L.) make it promising functional food and help in mitigating salinity stress. Available at http://www.journals.plos.org/plosone/article?id= 10.1371/journal.pone.
25. Pujol JA, Calvo JF and Ramirez-Diza L (2000) Recovery of germination from different osmotic conditions by four halophytes from southeastern Spain. Annals of Botany. 85: 279-286.
26. Ravindran KC, Venkatesan K, Balakrishnan V, Chellappan KP and Balasubramanian T (2007) Restoration of saline land by halophytes for Indian soils. Soil Biology Biochemistry. 39: 2661-2664.
27. Redman RE, Ql MQ and Belyk M (1994) Growth of transgenic and standard canola varieties in response to soil salinity. Plant Science. 74: 797-799.
28. Rehman SP, Harris JC, Bourne WF and Wilkin J (1997) The effect of sodium chloride on germination and the potassium and calcium contents of Acacia seeds. Seed Science and Technology. 25: 45-57.
29. Roodbari N, Lahooti M, Roodbari SH, Aein A and Ganjali A (2013) The Effect of Salinity Stress on Germination and Seedling Growth of Cumin (*Cuminum cyminum* L.). Journal of Agriculture and Food Technology, Tech., 3(5)1-4.
30. Rubio-Casal AE, Castillo JM, Luque CJ and Figueroa ME (2003) Influence of salinity on germination and seeds viability of two priming colonizers of Mediterranean salt pans. Journal of Arid Environments. 53: 145-154.
31. Breusegem FV, Vranova E, Dat JF and Inze D (2001) The role of active oxygen species in plant signal transduction. Plant Science. 161: 405-414.
32. Werner JE and Finkelstein RR (1995) Arabidopsis mutant with reduced response to NaCl and osmotic stress. Physiologia Plantarum. 93: 659-666.
33. Zhu Z, Liang Z, Han R and Wang X (2009) Impact of fertilization on drought response in the medicinal herb *Bupleurum chinense DC.* Growth and saikosaponin production. Industrial Crops and Products. 2-3 (29): 629-633.

Breeding of Agronomic and Horticultural Crop
(Journal of Agriculture, University of Tehran)

Vol. 4 ■ No. 1 ■ Spring & Summer 2016

The study of salinity tolerance in cumin ecotypes at germination stage

Mohammad Zabet[1*], Fereshteh Shah-Mohammadi[2], Mohammad Ghaderi Ghaderi[3], Mohammad Hassan Sayyari-Zohan[1]

1, 2, 3. Associate Professor, Former M.Sc. Student and Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

Received: December, 09, 2015 Accepted: April 13, 2016

Abstract

Due to the increasing of saline lands and the lack of suitable lands for agriculture, the identification of tolerant medicinal plants to salinity is very important. In this research were studied the seeds laboratory characteristics of different ecotypes of cumin in the Research Laboratory of Birjand University under salt stress and normal conditions in 2014. The experiment was carried out as a factorial in a completely randomized design with two factors and three replications. Factor A included 10 ecotypes (Sabzevar, Khousf, Quchan, Sarayan, Kashmar, Gonabad, Zirkooh, Esfarayen, Tabas and Torbate Jam) and factor B included five levels of salinity of NaCl (One, three, five, seven and nine ds/m). Analysis of variance showed that different ecotypes had significant differences at the 1% level in all traits, except seedling dry weight, and *radicle/shoot length ratio*. In general, most of traits decreased with increasing salinity levels. Ecotype × stresses interactions comparisons showed that the Kashmar and Ghoochan ecotypes at three dS/m and Esfarayen and Gonabad ecotypes at one and five dS/ m had highest and lowest amount of measured traits, respectively. Cluster analysis at 1 and 9 ds/m levels grouped ecotypes into three major groups. Group 1 (Kashmar, Zirkooh, Sarayan, Torbate Jam, Tabas, Gonabad and Sabzevar) and group 3 (Khousf and Sabzevar) had maximum resistance to salinity stress at 1 ds/m and 9 ds/m levels, respectively. At 3 ds/m level, ecotypes were classified in four group, in which the group 3 (Sabzevar, Kashmar and Gonabad) had maximum resistance. At 5 and 7 ds/m levels were recognized four main groups of ecotypes and in both level, group 4 (Sabzevar) had maximum resistance. In general, ecotype Sabzevar had the highest resistance at all levels of salinity.

Keywords: Cluster analysis, germination, medicinal plant, NaCl.

Corresponding author: mzabet@birjand.ac.ir