به‌نژادی گیاهان زراعی و باغی
دوره ۳ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۴
صفحه‌های ۷۹-۹۴

ارزیابی تحمل به تنش شوری اکوتیپ‌های مختلف رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)

عصمت خاکسارنژاد[۱]، محمد ضابط[۲]*، علی ایزانلو[۳]، محمدحسن سیاری[۴]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
۲، ۳ و ۴. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۴/۰۳/۰۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۵/۰۶

چکیده

برای بررسی آثار شوری بر جوانه‌زنی رازیانه[۱]، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایهٔ کاملاً تصادفی با ۳ تکرار و ۲ فاکتور A شامل ۱۰ اکوتیپ سردشت، سقز، کرمان، تبریز، سبزوار، روم، خوسف، بجنورد، مشهد و شبستر و B، ۵ سطح شوری ۱، ۳، ۵، ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر کلریدسدیم، در آزمایشگاه تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه بیرجند در سال ۱۳۹۳ اجرا شد. صفات مدنظر شامل طول، وزن تر و خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه، طول ریشه‌چه/ ساقه‌چه، شاخص بنیهٔ بذر، درصد و سرعت جوانه‌زنی بود. براساس تجزیهٔ واریانس، اکوتیپ‌ها در بیشتر صفات به‌جز وزن تر گیاهچه، وزن خشک ریشه‌چه و سرعت جوانه‌زنی در سطح ۱ درصد اختلاف معنادار داشتند. در مقایسهٔ میانگین اکوتیپ‌ها، کرمان با طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه، شاخص بنیهٔ بذر، سرعت و درصد جوانه‌زنی نسبتاً بالاتر، متحمل‌ترین اکوتیپ به شوری بود. در مقایسهٔ میانگین سطوح شوری، بین سطوح در بیشتر صفات جز وزن خشک ریشه‌چه تفاوت معناداری وجود داشت. تجزیهٔ خوشه‌ای اکوتیپ‌ها، آن‌ها را در دو خوشهٔ مجزا گروه‌بندی کرد.

کلیدواژه‌ها: جوانه‌زنی، دارویی، غلظت، کلریدسدیم، گیاهچه.

1. *Foeniculum vulgare*

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

مقدمه

رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) از دیرباز جزو گیاهان ادویه‌ای معروف بوده است. این گیاه یکی از ۴ گیاه اصلی معطر جهان است (۱). مواد مؤثرهٔ این گیاه سبب تحریک تولید شیر مادران شیرده می‌شود (۱۴). رازیانه به‌طور وسیعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک که غلظت بالایی از نمک دارند، قادر به رشد است (۳۷ و ۲۰). بین تنش‌های محیطی غیرزیستی، تنش شوری مشکل حادی است که حدود ۲ میلیون کیلومترمربع از زمین‌های قابل استفاده در کشاورزی را تحت‌تأثیر قرار داده است. هرساله حدود ۱۰۰ هزار میلیون هکتار از زمین‌های دنیا برای تولید کشاورزی بر اثر شوری نامناسب می‌شوند (۲۸). تنش‌های آب و شوری دو عامل محدودکنندهٔ استقرار و تولید گیاه زراعی در آب و هوای نیمه‌خشک هستند (۲۴). به‌طورکلی، در جهان ۹۵ میلیون هکتار اراضی شور وجود دارد (۴۷) و در ایران حدود نیمی از اراضی قابل کشت (۹/۵ میلیون هکتار) متأثر از شوری‌اند (۱۸). شوری از طریق سمّیت و اختلال در جذب عناصر و همچنین کاهش پتانسیل آب بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچهٔ گیاهان زراعی تأثیر می‌گذارد، اگرچه در بین گیاهان و حتی ارقام یک گونهٔ زراعی از نظر واکنش به شوری تنوع وجود دارد (۴۰).

با توجه به گسترش اراضی شور و کمبود اراضی زراعی مطلوب برای کشاورزی، شناسایی گیاهان دارویی مقاوم به شوری اهمیت زیادی دارد (۴۹). پاسخ گیاهان به تنش شوری با توجه به مرحلهٔ رشد آن‌ها، توسعه و سن گیاه متفاوت است (۲۵)، بنابراین، لزوم انتخاب گونه‌ها و اکوتیپ‌های متحمل به شوری برای بهره‌برداری بیشتر، جلوگیری از کاهش رشد آن‌ها و افزایش عملکرد، ضروری است (۳۳ و ۴۳) در این راستا اندازه‌گیری شاخص‌های مورفولوژی ازجمله سرعت رشد اندام‌های هوایی و ریشه در مراحل مختلف گیاه (۳۳ و ۴۲)، درصد و سرعت جوانه‌زنی گیاهان تحت تنش شوری می‌تواند شاخص خوبی برای تعیین متحمل‌بودن آن‌ها به شوری به‌حساب آید.

مطالعات متعددی بر روی آثار شوری بر جوانه‌زنی گیاهان دارویی مختلف صورت گرفته است (۱۹، ۳۸ و ۲۲). ازجمله می‌توان به پژوهشی که برخی پژوهشگران در سال ۲۰۱۰ بر روی زیرهٔ سیاه تحت سطوح شوری و پرایمینگ کلریدسدیم انجام شد، اشاره کرد. در آزمایشی که بر روی زنیان[1] صورت گرفت، مشاهده شد صفت درصد جوانه‌زنی کمتر از سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه و شاخص بنیهٔ بذر تحت‌تأثیر پتانسیل اسمزی قرار گرفته است (۱۵). به‌طورکلی، نتایج نشان داد تیمارهای مختلف شوری و خشکی تأثیر متفاوتی بر جوانه‌زنی زنیان دارند. پژوهشگران با بررسی آثار شوری بر روی شوید نشان دادند که در شوری ۵ دسی‌زیمنس جوانه‌زنی به میزان ۵۰ درصد کاهش یافته و در غلظت ۳۵ دسی‌زیمنس متوقف می‌شود (۴۵). خسارت شوری در گیاهان از طریق اثر اسمزی، اثر سمّیت ویژهٔ یون‌ها و اختلال در جذب عناصر غذایی است (۳۴). مطالعات متعددی در زمینهٔ بررسی تأثیر تنش‌های محیطی مختلف بر جوانه‌زنی بذر گیاهان در شرایط آزمایشگاهی صورت گرفته است، اما بررسی منابع نشان می‌دهد که پژوهش‌های اندکی درخصوص تأثیر تنش شوری بر اکوتیپ‌های مختلف رازیانه تحت شرایط آزمایشگاهی انجام شده است (۱۰).

هدف از انجام پژوهش حاضر، ارائهٔ اندازه‌گیری گزینش ارقام مقاوم به شوری اکوتیپ‌های مختلف رازیانه در شرایط آزمایشگاهی بوده است که بهره‌گیری از نتایج تجزیهٔ خوشه‌ای نیز در انتخاب اکوتیپ‌های برای تلاقی جهت ایجاد ارقام مطلوب، مفید واقع می‌شود.

1. *Trachyspermum ammi*

مواد و روش‌ها

برای بررسی اثر تنش شوری بر برخی صفات مورفولوژیکی اکوتیپ‌های رازیانه، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل (۲ فاکتور A (اکوتیپ) و B (سطوح مختلف شوری) در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در آزمایشگاه تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه بیرجند در سال ۱۳۹۳ اجرا شد. فاکتور A شامل ۱۰ اکوتیپ سردشت، سقز، کرمان، تبریز، سبزوار، روم، خوسف، بجنورد، مشهد و شبستر و فاکتور B ۵ سطح شوری در غلظت‌های ۱، ۳، ۵، ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر[1] کلریدسدیم خالص[2] بود. برای هر تیمار ۱۵ پتری‌دیش و برای هر پتری‌دیش ۱۵ بذر در نظر گرفته شد. به‌منظور ضد عفونی بذور، در هیپوکلریت‌سدیم ۱۰ درصد به‌مدت ۳۰ ثانیه قرار گرفتند و برای برطرف‌کردن آثار سوء مادهٔ ضد عفونی‌کنندهٔ بذرها با آب دیونیزه و آب مقطر شست‌وشو داده شدند. به هر پتری‌دیش ۱۰ میلی‌لیتر از محلول‌های موردنظر بسته به تیمار مربوطه افزوده شد و در اتاقک رشد (ژرمیناتور) با رطوبت ۵۰ درصد و دمای ۲۴ و ۲۲ درجهٔ سانتی‌گراد (به‌ترتیب برای روز و شب) و شرایط نوری ۱۶ و ۸ ساعت تاریکی قرار داده شدند. پس از گذشت ۱۴ روز از کشت بذور یا به‌عبارتی متوقف‌شدن تعداد بذور جوانه‌زده، اندازه‌گیری صفاتی نظیر طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول گیاهچه، وزن تر ریشه‌چه، وزن تر ساقه‌چه، وزن تر گیاهچه[3]، وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه، وزن خشک گیاهچه[4]، نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه انجام گرفت و بر این اساس پارامترهایی مانند شاخص بنیهٔ بذر، درصد و سرعت جوانه‌زنی محاسبه شد. نحوهٔ محاسبهٔ این شاخص‌ها به شرح ذیل است:

۱. درصد جوانه‌زنی[5]: (۱) $GP = (Ni/S) \times 100$

در این فرمول Ni تعداد بذور جوانه‌زده در روز i ام و S تعداد کل بذور کشت‌شده است (۲۱).

۲. سرعت جوانه‌زنی[6]: (۲) $GV = \Sigma Ni/Ti$

در این فرمول سرعت جوانه‌زنی (برحسب تعداد بذر جوانه‌زده در روز) با روش ماگویر (۲۹) محاسبه شد که در آن Ni تعداد بذور جوانه‌زده در روز i ام و Ti تعداد روز تا شمارش iام است.

۳. شاخص بنیهٔ بذر[7]: (۳) $SVI = (RL + SL) \times /۱۰۰ \times GP$

شاخص بنیهٔ بذر از طریق حاصل‌ضرب مجموع طول ریشه‌چه[8] (RL) و ساقه‌چه[9] (SL) در درصد جوانه‌زنی (GP) به روش عبدل‌باکی و اندرسون (۱۷) محاسبه شد.

درنهایت تجزیهٔ واریانس داده‌ها و مقایسهٔ میانگین صفات و شاخص‌های اندازه‌گیری شده با آزمون دانکن (در سطح ۵ درصد) با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخهٔ ۹/۱) انجام شد. برای رسم نمودار از نرم‌افزار Excel استفاده شد. برای بررسی تنوع بین اکوتیپ‌ها و ارتباط بین آن‌ها از تجزیهٔ خوشه‌ای استفاده شد. در این پژوهش تجزیهٔ خوشه‌ای به‌طور جداگانه برای هر یک از غلظت‌ها و همچنین برای تمامی غلظت‌ها، به روش Ward's براساس مربع فاصله‌های اقلیدوسی و با نرم‌افزار آماری SPSS انجام گرفت و صحت گروه‌های به‌دست‌آمده با استفاده از ضریب همبستگی کوفنتیک تأیید شد.

1. ds/m
2. NaCl
3. Seedling fresh weight [SFW]
4. Seedling dry weight [SDW]
5. Germination Percentage [GP]
6. Germination velocity [Gv]
7. Seedling vigor index [SVI]
8. Root length
9. Shoot length

نتایج و بحث

تجزیهٔ واریانس صفات مختلف

الف) طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه

گیاهان در محیط شور با ۲ عامل اصلی مواجه‌اند. عامل اول املاح زیاد موجود در محلول خاک (۱۱ و ۳۱)، و عامل دوم زیادی یون‌های سدیم و کلر که موجب کاهش جذب یون‌های ضروری ازجمله پتاسیم، کلسیم، آمونیوم و نیترات می‌شود (۲۳، ۲۷ و ۳۰). این آثار علاوه بر کاهش فتوسنتز، از رشد گیاهان می‌کاهند (۲۳ و ۳۰). نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که در صفت طول ریشه‌چه بین اکوتیپ‌های مختلف و غلظت‌های مختلف شوری اختلاف آماری معناداری در سطح ۱ درصد وجود داشت و همچنین آثار متقابل اکوتیپ × غلظت نیز در سطح ۵ درصد معنادار شد (جدول۱). در صفات طول ساقه‌چه و طول گیاهچه بین اکوتیپ‌ها و غلظت‌های مختلف و همچنین بر اثر متقابل اکوتیپ × غلظت اختلاف معناداری در سطح ۱ درصد وجود داشت. پژوهشگران (۱۰) در پژوهشی بیان کردند که در مرحلهٔ گیاهچه بین ژنوتیپ‌های مختلف رازیانهٔ تحت شوری از نظر کلیهٔ شاخص‌های مطالعه‌شده اختلاف معناداری وجود داشت ($p \leq 0/01$)؛ که با افزایش غلظت کلریدسدیم در مرحلهٔ گیاهچه، طول ریشه و طول ساقه کاهش یافت. نتایج اعمال تنش شوری بر روی ۵ گیاه دارویی گل راعی، رازیانه، بابونه، زیرهٔ سبز و بومادران نشان داد که در صفت طول گیاهچه بین گونه‌ها و بین سطوح شوری اختلاف معناداری در سطح ۱ درصد وجود داشت و همچنین بر اثر متقابل گونه در شوری، در سطح ۱ درصد اختلاف معناداری وجود داشت (۱۳)، که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابق بود. در نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه بین اکوتیپ‌های مختلف در سطح ۱ درصد اختلاف معنادار وجود داشت.

ب) وزن تر ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه

نتایج نشان داد که در وزن تر ریشه‌چه بین اکوتیپ‌های مختلف رازیانه و غلظت‌های مختلف شوری اختلاف معناداری به‌ترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد وجود داشت و در تأثیرات متقابل اکوتیپ × غلظت این صفت معنادار نشد. وزن تر ساقه‌چه در بین اکوتیپ‌های مختلف سطح معناداری ۱ درصد را نشان داد و بین سطوح مختلف شوری و تأثیرات متقابل اکوتیپ × غلظت اختلاف معناداری مشاهده نشد. در مطالعه‌ای (۱۰) دریافتند با افزایش شوری وزن تر ریشه و ساقه در ژنوتیپ‌های مطالعه‌شدهٔ رازیانه به‌طور معناداری کاهش یافت که این با یافته‌های حاصل در این پژوهش مطابقت داشت. وزن تر گیاهچه تنها اختلاف معناداری را در سطح ۵ درصد در سطوح مختلف شوری نشان داد که با یافته‌های مطالعهٔ انجام‌شده (۱۳) با وجود اختلاف معنادار بین گونه‌ها، سطوح شوری و اثر متقابل این دو مطابقت نداشت.

ج) وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه

در وزن خشک ریشه‌چه بین اکوتیپ‌ها و غلظت‌های مختلف و اثر متقابل این دو اختلاف معناداری وجود نداشت. پژوهشگران (۱۰) دریافتند در مرحلهٔ گیاهچه بین کلیهٔ ژنوتیپ‌ها در رازیانه از نظر وزن خشک ریشه‌چه اختلاف معناداری مشاهده نشد که این نتیجه با نتایج بررسی صورت‌گرفته در این پژوهش موافق بود. وزن خشک ساقه‌چه تنها در اکوتیپ‌های مختلف اختلاف معناداری ($P < 0.01$) را نشان داد. وزن خشک گیاهچه نیز در بین اکوتیپ‌ها و سطوح مختلف شوری به‌ترتیب در سطوح ۱ و ۵ درصد معنادار شد. در پژوهشی گزارش شد که وزن خشک گیاهچه‌های رازیانه با افزایش سطح شوری در ۰/۰۱ کاهش معناداری داشت که نتایج با یافته‌های دیگر پژوهشگران مطابقت دارد (۱۳).

د) شاخص بنیهٔ بذر، درصد و سرعت جوانه‌زنی

شاخص بنیهٔ بذر در بین اکوتیپ‌ها، غلظت‌ها و اثر متقابل این دو، سطح معناداری ۱ درصد را نشان داد. در مطالعهٔ انجام‌شده (۱۰) پژوهشگران دریافتند با افزایش شوری شاخص بنیهٔ بذر در ژنوتیپ‌های مطالعه‌شدهٔ رازیانه به‌طور معناداری کاهش یافت که این نتایج و همچنین نتایج بررسی دربارهٔ تأثیر شوری بر جوانه‌زنی تودهٔ محلی و اکوتیپ اصلاح‌شدهٔ گیاه دارویی رازیانه (۶)، کاهش معنادار انرژی رویشی بذر در سطوح مختلف تیماری را نشان دادند که مؤید یافته‌های این پژوهش بود. جوانه‌زنی بذور در شرایط شور تحت‌تأثیر فشار اسمزی و سمّیت نمک قرار می‌گیرد و شوری سبب تأخیر در جوانه‌زنی و کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی می‌شود (۱۶). نتایج تجزیهٔ واریانس بیانگر اختلاف معنادار ($P < 0.01$) بین کلیهٔ اکوتیپ‌ها و سطوح شوری از نظر درصد جوانه‌زنی بود و سرعت جوانه‌زنی نیز در بین غلظت‌های مختلف شوری اختلاف معناداری در سطح ۱ درصد نشان داد و در بین کلیهٔ اکوتیپ‌ها معنادار نشد.

پژوهشگران دریافتند که با افزایش شوری کلیهٔ گونه‌های مطالعه‌شده ازجمله رازیانه در صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی کاهش معنادار ($P < 0.01$) داشتند، این در حالی‌ست که این نتایج با مطالعهٔ حاضر (بین اکوتیپ‌های مطالعه‌شده در سرعت جوانه‌زنی اختلاف آماری مشاهده نشد) مغایرت داشت (۱۳). به‌طورکلی، نتایج حاصل از تجزیهٔ واریانس نشان داد که در اکوتیپ‌های مختلف بیشتر صفات بررسی‌شده به‌جز وزن تر گیاهچه، وزن خشک ریشه‌چه و سرعت جوانه‌زنی در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنادار داشتند. اثر غلظت بر صفات مورد نظر به این صورت بود که در بین سطوح مختلف شوری صفات طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، گیاهچه، شاخص بنیهٔ بذر، درصد و سرعت جوانه‌زنی اختلاف معنادار ($P < 0.01$) داشت و در وزن تر ریشه‌چه و وزن تر و خشک گیاهچه اختلاف معناداری در سطح ۵ درصد مشاهده شد. بر اثر متقابل اکوتیپ در غلظت نیز صفات طول ساقه‌چه، طول گیاهچه و شاخص بنیهٔ بذر اختلاف معناداری در سطح ۱ درصد داشتند.

مقایسهٔ میانگین اکوتیپ‌های مختلف رازیانه

الف) طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه

نتایج حاصل از جدول مقایسهٔ میانگین ۱۰ اکوتیپ رازیانه (جدول۲) نشان داد که با افزایش شوری کلیهٔ ارقام کاهش معنادار در تمامی صفات داشتند که این میزان کاهش در بین اکوتیپ‌های مختلف، متفاوت بود. اکوتیپ کرمان طول ریشه‌چهٔ بیشتری نسبت به سایر اکوتیپ‌ها داشت و اکوتیپ روم در پایین‌ترین مقدار، قرار داشت. طول ساقه‌چه در ۲ اکوتیپ اول جدول (سردشت و کرمان) و طول گیاهچه در اکوتیپ کرمان در بیشترین مقدار و هر دو صفت در اکوتیپ روم در کمترین مقدار قرار داشتند. در مطالعهٔ صورت‌گرفته (۱۳) پژوهشگران دریافتند با افزایش شوری بیشترین و کمترین طول گیاهچه را به‌ترتیب رازیانه و زیرهٔ سبز برخودار شدند که بیشترین و کمترین طول مربوط به غلظت ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار بود، که این نتایج به‌طورکلی، از نظر کاهش طول با افزایش غلظت نمک با یافته‌های حاصل مطابقت داشت. در این بررسی در نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه اکوتیپ خوسف بیشترین مقدار و اکوتیپ سقز کمترین مقدار عددی را نشان دادند.

ب) وزن تر ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه

وزن تر ریشه‌چه بیشترین مقدار را در اکوتیپ‌های سبزوار و مشهد و کمترین مقدار را در اکوتیپ روم داشت. بیشترین و کمترین وزن تر ساقه‌چه به‌ترتیب مربوط به

اکوتیپ سقز و اکوتیپ روم بود. وزن تر گیاهچه در اکوتیپ تبریز در بیشترین مقدار و در اکوتیپ‌های روم و خوسف در کمترین سطح قرار داشت.

ج) وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه

وزن خشک ریشه‌چه در تمام اکوتیپ‌ها در سطح نسبتاً یکسانی قرار داشت که از این میان اکوتیپ مشهد و روم به‌ترتیب بیشترین و کمترین سطح را نسبت به سایر صفات نشان دادند. تفاوت معنی‌داری در غلظت‌های مختلف شوری بین کلیهٔ اکوتیپ‌ها وجود نداشت. وزن خشک ساقه‌چه در اکوتیپ‌های سردشت و روم به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را داشت. وزن خشک گیاهچه نیز در اکوتیپ‌های مشهد و روم به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را نشان داد. پژوهشگران (۴۶) دریافتند که شوری سبب کاهش تولید مادهٔ خشک در گیاه جو شد.

د) شاخص بنیهٔ بذر، درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی

شاخص بنیهٔ بذر در اکوتیپ‌های کرمان و سردشت بیشترین مقدار و در اکوتیپ خوسف کمترین مقدار را داشت. درصد جوانه‌زنی در اکوتیپ سبزوار بالاترین سطح را داشت و در اکوتیپ خوسف کمترین مقدار را نشان داد. بیشترین و کمترین سرعت جوانه‌زنی به‌ترتیب مربوط به اکوتیپ سبزوار و شبستر بود.

مقایسهٔ میانگین سطوح مختلف شوری

الف) طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه

نتایج حاصل از مقایسهٔ میانگین سطوح شوری (شکل۱) نشان داد، طول ریشه‌چه در غلظت ۱ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین مقدار و در غلظت ۹ دسی‌زیمنس بر متر کمترین مقدار را داشت به‌طوری‌که با افزایش غلظت شوری یک روند کاهشی نسبت به شاهد (غلظت ۱ دسی‌زیمنس بر متر) وجود داشت. طول ساقه‌چه و طول گیاهچه در غلظت ۱ و ۳ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین و در غلظت ۹ کمترین مقدار را نشان دادند با افزایش غلظت شوری طول ساقه‌چه در تمام اکوتیپ‌های مطالعه‌شده کاهش یافت که این کاهش می‌تواند سبب کاهش رشد اندام‌های هوایی رازیانه به‌دلیل قرارگیری در شرایط تنش شوری شود که این امر صدمات جبران‌ناپذیری به عملکرد نهایی گیاه وارد می‌کند (۴۳). نسبت طول ریشه‌چه به ساقه بیشترین و کمترین مقدار را به‌ترتیب در سطوح ۷ و ۳ دسی‌زیمنس بر متر نشان داد (شکل۴).

ب) وزن تر ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه

وزن تر ریشه‌چه در غلظت ۳ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین مقدار و نیز مانند بیشتر صفات پایین‌ترین مقدار را در سطح شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر داشت. وزن تر ساقه‌چه بیشترین مقدار عددی را در سطح شوری ۱ و کمترین مقدار را در ۹ دسی‌زیمنس بر متر نشان داد. وزن تر گیاهچه نیز با وزن تر ساقه‌چه مشابهت داشت با این تفاوت که در سطح شوری ۴ نیز دارای کمترین مقدار شد (شکل ۲).

ج) وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه

در صفت وزن خشک ریشه‌چه در کلیهٔ غلظت‌ها تفاوت محسوسی مشاهده نشد و در سطوح یکسانی از نظر میانگین قرار داشتند، این در حالی است که پژوهشگران (۱۰) طی مطالعه‌ای دریافتند وزن خشک ریشه در کلیهٔ ژنوتیپ‌های رازیانه با افزایش مقدار کلریدسدیم رابطهٔ معکوس داشت به‌طوری‌که در کلیهٔ مطالعات، نتایج بیانگر کاهش شدید وزن خشک ریشه بود.

جدول۱. تجزیهٔ واریانس صفات مطالعه‌شده در ۱۰ ژنوتیپ رازیانه تحت شرایط تنش شوری در مرحلهٔ گیاهچه

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات											
		طول ریشه‌چه (cm)	طول ساقه‌چه (cm)	طول گیاهچه (cm)	وزن تر ریشه‌چه (gr)	وزن تر ساقه‌چه (gr)	وزن تر گیاهچه (gr)	وزن خشک ریشه‌چه (gr)	وزن خشک ساقه‌چه (gr)	وزن خشک گیاهچه (gr)	شاخص بنیه‌بذر	درصد جوانه زنی	سرعت جوانه‌زنی
تکرار	۲	۰/۷۵ n.s	۰/۱۵ n.s	۰/۰۴۸	۰/۰۰۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۷ n.s	۰/۰۰۰۰۰۰۰۲	۵/۷۹×۱۰$^{-۸}$		۲/۱۴ n.s	۱۴۸/۲۶ n.s	۱/۳ n.s
ژنوتیپ	۹	۳۰/۹۱ **	۲۰/۳۴ **	۶/۶۴ **	۰/۰۰۰۰۴ **	۰/۰۰۰۴ **	۰/۰۰۰۱ n.s	۰/۰۰۰۰۰۰۲ n.s	۷/۴۶×۱۰$^{-۷}$ **	۴/۱۴×۱۰$^{-۷}$ **	۹۴/۱۸ **	۶۰۲۱/۴۱ **	۱/۹۱ n.s
غلظت	۴	۱۹/۷۱ **	۱۰/۹۱ **	۷/۸۴ **	۰/۰۰۰۰۱۶ *	۰/۰۰۰۱۹ n.s	۰/۰۰۰۳ *	۰/۰۰۰۰۰۰۴ n.s	۴/۶۵×۱۰$^{-۷}$ n.s	۳/۱۷×۱۰$^{-۷}$ *	۶۷/۹۶ **	۳۴۶۱/۸ **	۵/۶ **
ژنوتیپ × غلظت	۳۶	۳/۰۶۳ *	۱/۱۰۱ **	۰/۶۴ **	۰/۰۰۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۱۳ n.s	۰/۰۰۰۰۸ n.s	۰/۰۰۰۰۰۰۳ n.s	۲/۴۴×۱۰$^{-۷}$ n.s	۱/۶×۱۰$^{-۷}$ n.s	۵/۶۶ **	۳۸۳/۷۴ n.s	۱/۲۹ n.s
خطای آزمایش	۱۰۰	۱/۷۸	۰/۳۶۸	۰/۲۲	۰/۰۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۱۳	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۰۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۰۰۱۹	۰/۰۰۰۰۰۰۱	۲/۸۸	۳۴۱/۴۸	۱/۳۴

*، ** و ***: به‌ترتیب معنادار در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱، n.s عدم معناداری.

جدول ۲. مقایسهٔ میانگین اکوتیپ‌های رازیانه در سطوح مختلف شوری

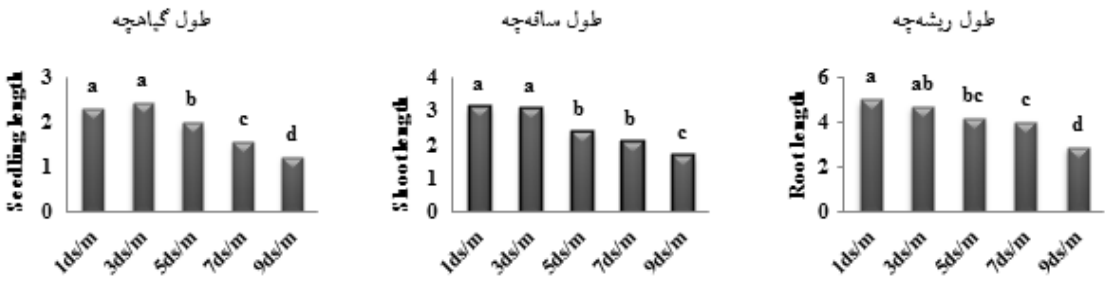
اکوتیپ	طول ریشه‌چه (cm)	طول ساقه‌چه (cm)	طول گیاهچه (cm)	وزن تر ریشه‌چه (gr)	وزن تر ساقه‌چه (gr)	وزن تر گیاهچه (gr)	وزن خشک ریشه‌چه (gr)	وزن خشک ساقه‌چه (gr)	وزن خشک گیاهچه (gr)	طول ریشه‌چه/ ساقه‌چه	شاخص بنیهٔ بذر	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی
سردشت	۵/۱۱^{ab}	۳/۹۲^{a}	۲/۵^{ab}	۰/۰۰۳^{cde}	۰/۰۱۵^{a}	۰/۰۱۱^{ab}	۰/۰۰۰۵^{a}	۰/۰۰۱^{a}	۰/۰۰۰۷^{abcd}	۱/۴^{c}	۷/۲۵^{a}	۷۹/۴۴^{ab}	۱/۵۱^{a}
سقز	۴/۳۵^{b}	۳/۷۱^{a}	۲/۳۶^{abc}	۰/۰۰۲^{def}	۰/۰۱۸^{a}	۰/۰۰۹^{ab}	۰/۰۰۰۴۸^{a}	۰/۰۰۰۶^{b}	۰/۰۰۰۶^{cde}	۱/۳^{c}	۴/۶۶^{c}	۵۵/۵۵^{c}	۱/۰۹^{ab}
کرمان	۵/۵۳^{a}	۳/۹^{a}	۲/۶۸^{a}	۰/۰۰۳^{cde}	۰/۰۱۳^{ab}	۰/۰۱۲^{ab}	۰/۰۰۰۳۴^{a}	۰/۰۰۰۶۳^{ab}	۰/۰۰۰۸^{abc}	۱/۴۶^{c}	۷/۲۵^{a}	۷۵/۵۵^{ab}	۱/۶^{a}
تبریز	۴/۶۱^{ab}	۲/۷۶^{b}	۲/۲۱^{bcd}	۰/۰۰۴^{bcd}	۰/۰۱۷^{a}	۰/۰۱۵^{a}	۰/۰۰۰۳۵^{a}	۰/۰۰۰۵۶^{b}	۰/۰۰۰۶^{bcde}	۱/۷^{bc}	۵/۷۵^{bc}	۷۵/۵۵^{ab}	۱/۶^{a}
سبزوار	۵/۲^{ab}	۲/۶^{b}	۲/۰۸^{cd}	۰/۰۰۶^{a}	۰/۰۱^{abc}	۰/۰۰۷^{b}	۰/۰۰۰۴۵^{a}	۰/۰۰۰۵۳^{ab}	۰/۰۰۰۶^{bcde}	۲/۰۹^{ab}	۶/۸۰^{ab}	۸۴/۴۴^{a}	۱/۶۴^{a}
روم	۱/۹۵^{c}	۰/۷۴^{cd}	۰/۷۷^{f}	۰/۰۰۱۲^{f}	۰/۰۰۲۳^{c}	۰/۰۰۵^{b}	۰/۰۰۰۱۵^{a}	۰/۰۰۰۱۹^{c}	۰/۰۰۰۴^{e}	۲/۴۸^{a}	۱/۷۱^{d}	۶۵/۵۵^{bc}	۱/۱۹^{ab}
خوسف	۲/۰۰۷^{c}	۰/۸۷^{d}	۰/۸۴^{f}	۰/۰۰۱۸^{ef}	۰/۰۰۴^{bc}	۰/۰۰۵^{b}	۰/۰۰۰۲۶^{a}	۰/۰۰۰۴^{bc}	۰/۰۰۰۵۱^{de}	۲/۵^{a}	۰/۷۷^{d}	۲۸/۰۵^{d}	۱/۲^{ab}
بجنورد	۵/۳۵^{ab}	۲/۶۴^{b}	۲/۱۸^{bcd}	۰/۰۰۵۵^{ab}	۰/۰۱^{abc}	۰/۰۰۸^{ab}	۰/۰۰۰۴۳^{a}	۰/۰۰۰۸^{ab}	۰/۰۰۰۹^{ab}	۲/۰۳^{ab}	۶/۱۰^{ab}	۷۳/۳۳^{ab}	۱/۲۵^{ab}
مشهد	۵/۲^{ab}	۲/۳۵^{b}	۱/۹۶^{d}	۰/۰۰۶^{a}	۰/۰۱^{abc}	۰/۰۱^{ab}	۰/۰۰۰۶^{a}	۰/۰۰۰۷^{ab}	۰/۰۰۱^{a}	۲/۳۸^{a}	۶/۰۰۸^{ab}	۷۰/۵۶^{ab}	۱/۲۹^{ab}
شیشتر	۲/۶^{c}	۱/۵۵^{c}	۱/۴۴^{e}	۰/۰۰۴^{abc}	۰/۰۰۸^{abc}	۰/۰۰۸^{ab}	۰/۰۰۰۴۸^{a}	۰/۰۰۰۵۶^{b}	۰/۰۰۰۷^{abcd}	۱/۸۱^{bc}	۱/۵۷^{d}	۲۹/۴۴^{d}	۰/۴۴^{b}

†††: وجود یک حرف مشترک بین ۲ عدد نشان‌دهندهٔ معنادار نبودن آن ۲ عدد با یکدیگر است.

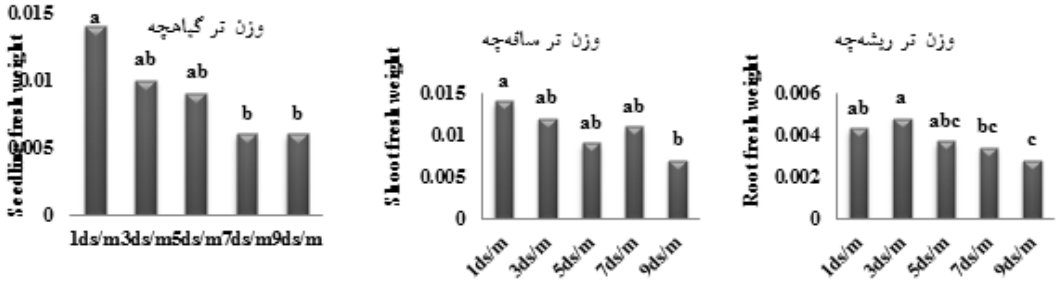
ازجمله دلایلی که می‌توان برای این کاهش وزنی در گیاهان مطالعه‌شده بیان کرد، این است که از بین رفتن تعادل یونی و تعادل اسمزی ازجمله آثار مخرب شوری به حساب می‌آید و ریشه اولین اندامی است که به‌دلیل جذب عناصر به‌طور مستقیم با تنش مواجه می‌شود (۴۳ و ۳۵). وزن خشک ساقه‌چه در غلظت ۳ دسی‌زیمنس بر متر در بیشترین مقدار و در غلظت ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر در کمترین مقدار عددی قرار گرفت. وزن خشک گیاهچه بیشترین مقدار را در سطوح ۱، ۳ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر و کمترین مقدار را در سطح شوری ۹ نشان داد (شکل۳).

د) شاخص بنیهٔ بذر، درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی

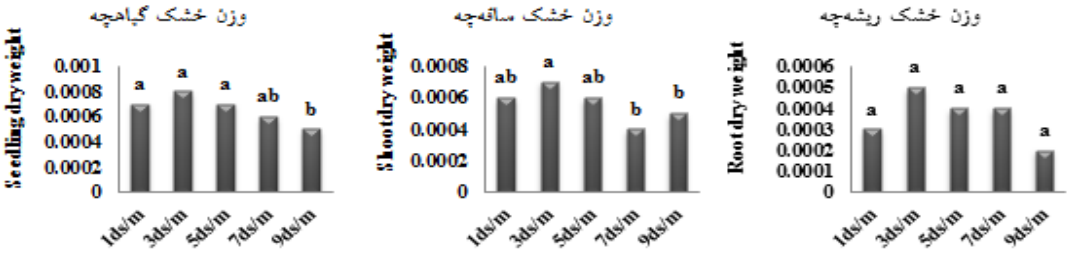
شاخص بنیهٔ بذر (شکل۴) و درصد جوانه‌زنی (شکل۵) تا غلظت ۵ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین مقدار و در غلظت ۹ دسی‌زیمنس بر متر کمترین مقدار را داشتند. در بررسی شاخص بنیهٔ بذر در گونه‌های آگروپیرون و آتریپلکس کاهش این شاخص با افزایش میزان شوری گزارش شد (۱۲) همچنین یافته‌های پژوهشگران (۳۱، ۲۶ و ۳۲) بر کاهش بنیهٔ بذر توسط تنش شوری تأکید داشت که این نتایج مؤید نتایج این بررسی در رازیانه است. در تمامی اکوتیپ‌های رازیانهٔ مطالعه‌شده با روند افزایش غلظت شوری، درصد جوانه‌زنی کاهش یافت. سرعت جوانه‌زنی بیشترین مقدار را در غلظت ۱ دسی‌زیمنس بر متر و کمترین مقدار را در غلظت‌های ۳، ۵ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر به‌ویژه در غلظت نهایی نشان داد. (شکل۵)، که علت را می‌توان این‌گونه بیان کرد که افزایش شوری سبب کندشدن جذب آب توسط بذر در فرایند جوانه‌زنی و درنتیجه سبب ممانعت از جوانه‌زنی می‌شود (۴۸). از بین شاخص‌های جوانه‌زنی بذر درصد و سرعت جوانه‌زنی از مهم‌ترین عوامل تأثیرپذیر در شرایط تنش شوری هستند (۳۹). نتایج پژوهش‌ها بر روی اسفرزه شد داد که افزایش غلظت شوری آب سبب کاهش درصد جوانه‌زنی و عملکرد نهایی در این گیاه شد (۴۴). جوانه‌زنی بذور با درصد و سرعت بالا در محیط‌های بدون نمک (شاهد) بهتر صورت می‌گیرد و غلظت‌های متفاوت کلریدسدیم اثر منفی بر آن دارد (۱۳) که با نتایج حاصل در اکوتیپ‌های مختلف هم‌خوانی داشت. تنش شوری از میزان جوانه‌زنی بذور می‌کاهد (۳۶)، همچنین در پژوهش‌های انجام‌شده (۳) مشخص شد که با افزایش شوری، درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور گیاهان دارویی نیز همانند دیگر محصولات کشاورزی کاهش می‌یابد و روند کاهشی سرعت جوانه‌زنی بر اثر افزایش شوری شدیدتر از کاهش درصد جوانه‌زنی است. پژوهشگران (۴۱) گزارش کردند که افزایش شوری سبب تأخیر در جوانه‌زنی و کاهش میانگین بذور جوانه‌زده شد، که نتایج این پژوهش‌ها مؤید بررسی انجام‌شده بود.



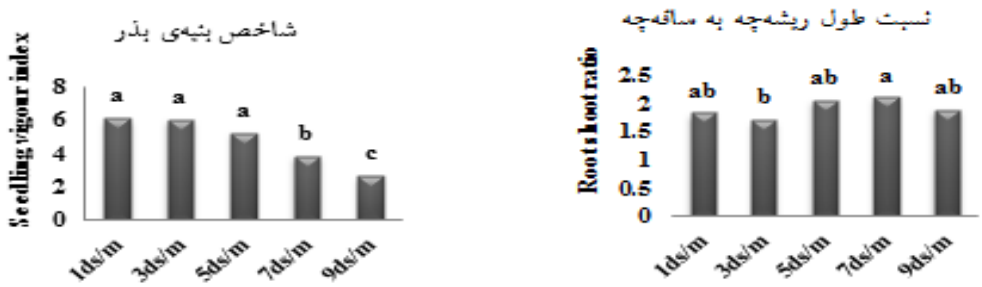
شکل ۱. مقایسهٔ میانگین سطوح شوری در طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه



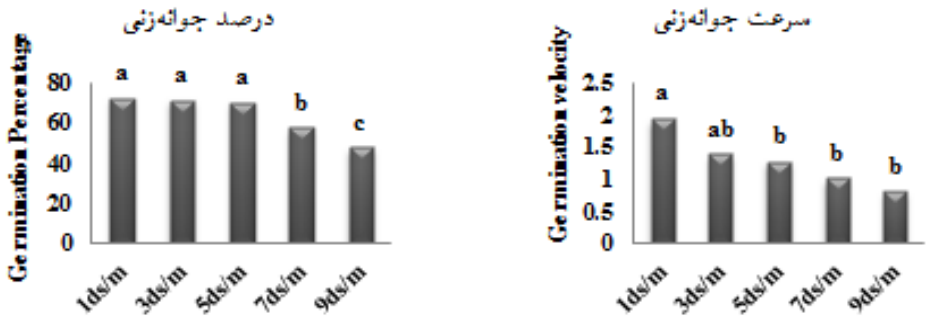
شکل ۲. مقایسهٔ میانگین سطوح شوری در صفات وزن تر ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه



شکل ۳. مقایسهٔ میانگین سطوح شوری در صفات وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه



شکل ۴. مقایسهٔ میانگین سطوح مختلف شوری در صفات نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه و شاخص بنیهٔ بذر



شکل ۵. مقایسهٔ میانگین سطوح مختلف شوری در صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی

تجزیهٔ خوشه‌ای

الف) تجزیهٔ خوشه‌ای در غلظت ۱ دسی‌زیمنس بر متر

تجزیهٔ خوشه‌ای از روش Ward's (براساس مربع فاصله‌های اقلیدوسی) از نظر فواصل ادغام بهترین محل برش دندروگرام در فاصلهٔ ۱۰ واحد تعیین شد. در تجزیهٔ خوشه‌ای غلظت ۱ دسی‌زیمنس بر متر اکوتیپ‌ها در ۲ گروه (خوشه) قرار گرفتند (شکل۶). در خوشهٔ اول اکوتیپ‌های سردشت، تبریز، کرمان، بجنورد، مشهد، سقز و سبزوار و در خوشهٔ دوم اکوتیپ‌های روم، خوسف و شبستر قرار گرفتند. خوشهٔ اول نیز به ۲ زیرخوشه شامل اکوتیپ‌های سردشت، تبریز، کرمان، بجنورد، مشهد، سقز و زیرخوشهٔ دوم تنها به اکوتیپ سبزوار تقسیم شد. این نشان‌دهندهٔ تفاوت بین اکوتیپ سبزوار با سایر اکوتیپ‌های زیرخوشهٔ اول از نظر کلیهٔ صفات بررسی‌شده در غلظت ۱ دسی‌زیمنس بر متر است. در این سطح شوری اکوتیپ سبزوار و شبستر در گروه جداگانه‌ای قرار گرفتند و این نشان‌دهندهٔ تفاوت این ۲ با یکدیگر و سایر اکوتیپ‌هاست.

ب) تجزیهٔ خوشه‌ای در غلظت ۳ دسی‌زیمنس بر متر

در غلظت ۳ دسی‌زیمنس بر متر تجزیهٔ خوشه‌ای اکوتیپ‌ها را در ۲ خوشه گروه‌بندی کرد (شکل۷). اکوتیپ‌های سردشت، کرمان، سقز، روم، تبریز، مشهد، بجنورد و سبزوار در گروه اول و اکوتیپ‌های خوسف و شبستر در خوشهٔ دوم قرار گرفتند.

ج) تجزیهٔ خوشه‌ای در غلظت ۵ دسی‌زیمنس بر متر

در غلظت ۵ دسی‌زیمنس بر متر تجزیهٔ خوشه‌ای حاصل (شکل۸)، دو خوشه را نشان داد که خوشهٔ اول شامل کلیهٔ اکوتیپ‌ها به‌جز اکوتیپ خوسف و شبستر شد و در خوشهٔ دوم نیز اکوتیپ‌های خوسف و شبستر در گروه جداگانه‌ای قرار گرفتند.

د) تجزیهٔ خوشه‌ای در غلظت ۷ دسی‌زیمنس بر متر

در تجزیهٔ خوشه‌ای غلظت ۷ دسی‌زیمنس بر متر (شکل۹)، ۲ خوشه ایجاد شد؛ خوشهٔ اول ۲ زیرخوشه تشکیل داد که اکوتیپ سردشت در خوشه‌ای جداگانه قرار گرفت. خوشهٔ دوم نیز شامل ۳ اکوتیپ روم، خوسف و شبستر شد.

هـ) تجزیهٔ خوشه‌ای در غلظت ۹ دسی‌زیمنس بر متر

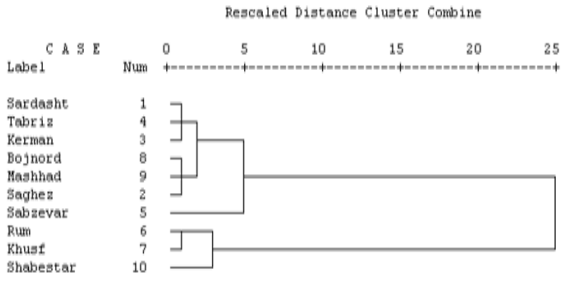
تجزیهٔ خوشه‌ای (شکل ۱۰) حاصل از غلظت ۹ دسی‌زیمنس بر متر نشان داد که اکوتیپ‌ها در ۳ خوشه قرار گرفتند. خوشهٔ اول شامل اکوتیپ‌های سردشت، کرمان و بجنورد بود، در خوشهٔ دوم اکوتیپ‌های روم، مشهد و شبستر و در خوشهٔ سوم نیز باقی اکوتیپ‌ها که شامل سقز، تبریز، سبزوار و خوسف بود، قرار گرفتند. اکوتیپ خوسف در زیرخوشهٔ جداگانه‌ای قرار گرفت که نشانهٔ تفاوت این اکوتیپ با سایر اکوتیپ‌های این زیرخوشه از نظر خصوصیات بررسی‌شده بود.

و) تجزیهٔ خوشه‌ای در تمامی غلظت‌ها

تجزیهٔ خوشه‌ای ۱۰ اکوتیپ ارزیابی‌شده (شکل ۱۱) متشکل از ۲ خوشه از اکوتیپ‌ها شد که در خوشهٔ اول اکوتیپ‌های کرمان، تبریز، سردشت، بجنورد، مشهد، سبزوار، سقز و روم و در خوشهٔ دوم اکوتیپ‌های خوسف و شبستر قرار گرفتند، که نشان‌دهندهٔ اختلاف بین این ۲ اکوتیپ با اکوتیپ‌های خوشهٔ اول از نظر کلیهٔ صفات بررسی‌شده بود. طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه، شاخص بنیهٔ بذر، سرعت و درصد جوانه‌زنی نسبتاً پایین از خصوصیات این ۲ است که از نظر تحمل به شوری اکوتیپ‌های مطلوبی نبودند.

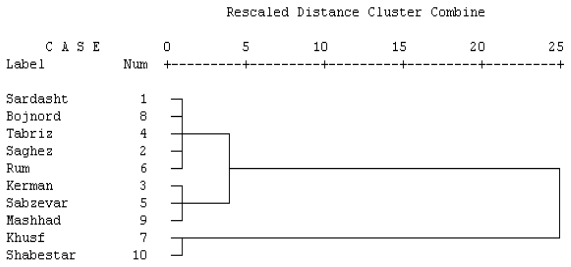
به‌طورکلی، نتایج حاصل از تجزیهٔ خوشه‌ای در بیشتر غلظت‌ها (به‌طور جداگانه) و در کلیهٔ غلظت‌ها نشان داد که اکوتیپ‌های خوسف و شبستر در خوشه‌های جداگانه قرار

دارند که علت آن نشان از تفاوت با سایر اکوتیپ‌ها از نظر صفات مطالعه‌شده بود. برهمین مبنا تجزیهٔ خوشه‌ای در غلظت‌های جداگانه نیز برای تعیین جایگاه هر اکوتیپ با افزایش شوری صورت گرفت. براساس تجزیهٔ خوشه‌ای ۱۲ ژنوتیپ رازیانه (۷ و ۹)، ژنوتیپ‌ها در ۳ دستهٔ مختلف قرار گرفتند و اختلافات چشمگیری در صفات بررسی‌شده در بین گروه‌ها ایجاد شد (۸). با تجزیهٔ خوشه‌ای ۲۱ ژنوتیپ سیاه‌دانه توسط پژوهشگران (۵) نیز این اختلاف و تنوع در گروه‌بندی اکوتیپ‌ها مشاهده شد. با اعمال تجزیهٔ خوشه‌ای در ۱۵ جمعیت شوید از نقاط مختلف ایران (۴)، بیان داشتند که این نتایج می‌تواند برای تعیین روابط تکاملی و جایگاه رده‌بندی جمعیت‌ها و انتخاب جمعیت‌های مناسب جهت تلاقی به‌منظور ایجاد تنوع استفاده شود. به‌طورکلی، نتایج نشان داد که تنوع نسبتاً فراوانی از نظر صفات تحت بررسی در میان اکوتیپ‌های دارای منشأ جغرافیایی مختلف وجود دارد. بنابراین، می‌توان از طریق تلاقی بین اکوتیپ‌های برتر خوشه‌های مختلف و آزمون نتاج آن‌ها از طریق برنامه‌های به‌نژادی و انتخاب، نسبت به تولید ارقام با خصوصیات زراعی مطلوب اقدام کرد، این نتایج ممکن است در انتخاب ژنوتیپ‌ها برای تلاقی برای ایجاد ارقام مطلوب مفید باشد. درنهایت با استفاده از تجزیهٔ خوشه‌ای می‌توان از این تنوع بسته به اهداف طرح‌های اصلاحی استفاده کرد.

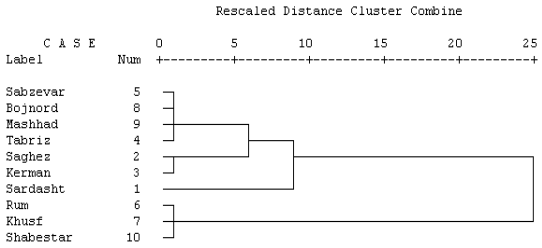


شکل ۶. تجزیهٔ خوشه‌ای اکوتیپ‌ها (۱ds/m)

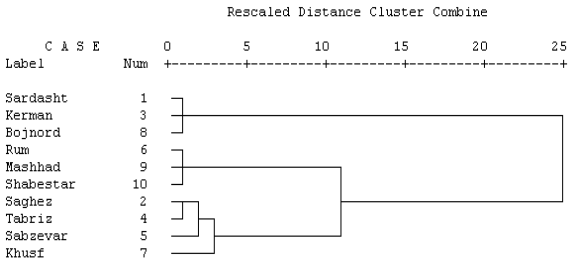
شکل ۷. تجزیهٔ خوشه‌ای اکوتیپ‌ها (۳ds/m)



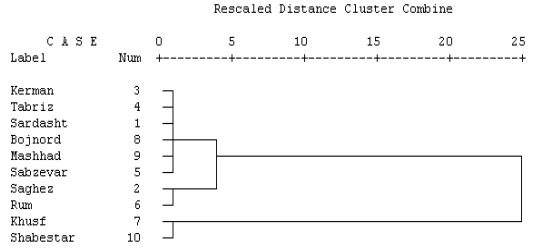
شکل ۸. تجزیهٔ خوشه‌ای اکوتیپ‌ها(۵ds/m)



شکل ۹. تجزیهٔ خوشه‌ای اکوتیپ‌ها (۷ds/m)



شکل ۱۰. تجزیهٔ خوشه‌ای اکوتیپ‌ها (۹ds/m)



شکل ۱۱. تجزیهٔ خوشه‌ای ۱۰ اکوتیپ

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از مسئولان آزمایشگاه‌های بذر و تحقیقات کشاورزی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه بیرجند قدردانی می‌شود.

منابع

۱. امیری م. ب.، قربانی ر. جهان م. و احیایی ح. ر (۱۳۹۰) «ارزیابی برخی خصوصیات جوانه‌زنی و سبزشدن بذور رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) تولیدشده تحت شرایط استفاده از کودهای بیولوژیک و آلی در مزرعه». نشریه *پژوهش‌های سراسری ایران*. ۱۰:(۴): ۶۴۹ـ ۶۵۸.

۲. امید بیگی ر (۱۳۷۶)؛ *رهیافت‌های تولید و فرآوری گیاهان دارویی*، جلد دوم. انتشارات طراحان نشر، ۴۲۴ صفحه.

۳. دوازده‌امامی س (۱۳۸۱) «اثر تنش شوری بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر ۱۰ گونهٔ گیاه دارویی». چکیدهٔ مقالات هفتمین کنگره علوم زراعت واصلاح نباتات ایران. مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر کرج. نشر آموزش کشاورزی. ۵۷۱ـ ۵۷۲.

۴. راعی م. زینلی ح. و علیزاده ا (۱۳۹۳). «بررسی تنوع سیتوژنتیکی در جمعیت‌های شوید (*Anethum graveolens* L.)». *ژنتیک نوین*. 2: 189-198

۵. سلامتی م. و زینلی ح (۱۳۹۱) Kبررسی تنوع ژنتیکی برخی از ژنوتیپ‌های سیاه دانه (*Nigella sativa* L.) با استفاده از صفات مورفولوژیکی و زراعی». فصلنامهٔ علمی-پژوهشی *تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*. ۲۹(۱): ۲۰۱ـ ۲۱۴.

۶. شریفی عاشورآبادی ا. محبی ح. ر.، ملکی ج. و منعم ر (۱۳۸۶) «بررسی تأثیر شوری بر جوانه‌زنی تودهٔ محلی و رقم اصلاح‌شدهٔ گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) در شرایط مختلف محیطی». *گیاه و زیست‌بوم*. ۱۰: ۷۱ـ ۸۵.

۷. صفائی ل. افیونی د. و زینلی ح (۱۳۹۲) «بررسی روابط همبستگی و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی اسانس و ترکیب‌های متشکلهٔ اسانس در۱۲ ژنوتیپ رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)». فصلنامهٔ علمی-پژوهشی *تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*. (۱): ۱۸۷ـ ۲۰۰.

۸. صفائی ل. جابرالانصار ز. و زینلی ح (۱۳۹۱) «تجزیه و تحلیل خصوصیات سیتوژنتیک در گیاه دارویی رازیانه». نشریه *علوم دانشگاه تربیت معلم*. ۱۱(۱): ۴۵ـ ۵۶

۹. صفائی ل. زینلی ح. و افیونی د (۱۳۹۰) «بررسی تنوع ژنتیکی صفات زراعی در ژنوتیپ‌های مختلف رازیانه(*Foeniculum vulgare* Mill.). »دو فصلنامهٔ علمی-پژوهشی *تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران*. ۱۹(۱): ۱۶۷ـ ۱۸۰.

۱۰. صفرنژاد ع. و حمیدی ح (۱۳۸۷) «بررسی ویژگی‌های مورفولوژی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) تحت تنش شوری». دوفصلنامهٔ علمی-پژوهشی *تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران*. (۱)۱۶: ۱۲۵ـ ۱۴۰.

۱۱. عبدلزاده ا. و صفاری ن (۱۳۸۱) «بررسی اثرات شوری بر رشد رویشی در ۱۱ رقم و لاین گندم با تکیه بر انباشتگی یون‌ها». مجله *علوم کشاورزی و منابع طبیعی*. ۲: ۹۵ـ ۱۰۳.

۱۲. عرب ف (۱۳۸۵) «بررسی اثر تنش شوری بر جوانه‌زنی و رشد چند گونهٔ مرتعی در شرایط

آزمایشگاه و گلخانه». دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران. گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد.

۱۳. موحدی م. ع.، فرهنگیان کاشانی س. منعم ر. رحیم‌لی م. ادیب‌دوگاهه م. و مولازاده ص (۱۳۹۱) «بررسی اثر تنش شوری بر جوانه‌زنی و رشد اولیهٔ ۵ گیاه دارویی گل راعی، رازیانه، بابونه، زیرهٔ سبز و بومادران». فصلنامه علمی– پژوهشی *گیاه و زیست‌بوم*. ویژه‌نامه گیاهان دارویی.۳۳: ۳ـ ۱۵.

۱۴. میرحیدر ح (۱۳۷۳) *معارف گیاهی (کاربرد گیاهان در پیشگیری درمان بیماری‌ها)*. انتشارات دفتر نشر فرهنگ اسلامی تهران. ۵۳۵ ص.

۱۵. میرزائی س. رحیمی ا. دشتی ح. سیادت ع. و مرادی ک (۱۳۸۹) «اثر اصلاحی کلسیم و پتاسیم بر خصوصیات مورفولوژیک گیاه دارویی زنیان تحت تنش شوری». یازدهمین کنگرهٔ علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۴۰۶۲ـ ۴۰۶۵.

۱۶. میرمحمدی‌میبدی ع. م.، و قره‌یاضی ب (۱۳۸۹) *جنبه‌های فیزیولوژیک و به‌نژادی تنش شوری گیاهان*. مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان. ۲۷۴ صفحه.

17. Abdul-baki AA and Anderson JD (1970) Viability and leaching of sugars from germinating barley. Crop science. 10: 31-34.

18. Ahmadi H (2002). Applied Geomorphology, Desert-Wind Erosion. Tehran University Press, Iran. 2: 570.

19. Akbari Nia A (2010) Effect of salt stress on germination and seedling growth of Nepeta pogonosperma Jamzad and Assadi. The proc. 11th Iran. Crop Science Cong. Vol. 1: Crop Production. Shahid Beheshti University, Tehran, Iran, 24-26 July.

20. Ashraf M and Akhtar N (2004) Influence of salt stress on growth, ion accumulation and seed oil content in sweet fennel. Biologia Plantarum. 48(3): 461-464.

21. 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.

22. Fateh A and Alimahammadi R (2010) Study of drought and salinity stress on germination of common thymus. The proc. 11 Th Iran. Crop Science Cong. Vol 1: Crop Production. Shahid Beheshti University, Tehran, Iran, 24-26 July.

23. Greenvay H and Munns R (1980) Mechanism of salt tolerance of nonhalophytes. Annual Review of Plant Physiology. 31: 149-190.

24. Helms TC, Deckard EL, and Gregorie PA (1997). Corn, Sunflower and soybean emergence influenced by soil temperature and soil water content. Agron Journal. 89: 59-63.

25. Kerepesi I, and Galiba G (2000). Osmotic and Salt Stress-Induced Alteration in Soluble Carbohydrate Content in Wheat Seedlings. Crop Science, 40: 482-487.

26. Khodarahmpour Z (2011) Screening maize (*Zea mays* L.) hybrids for salt stress tolerance at germination stage. African Journal of Biotechnology. 10 (71): 15959-15965.

27. Lacan D and Durand M (1996) Na^+-K^+ exchange at the xylem/symplast boundary. Plant physiology. 110: 705-711.

28. Lamsal K, Guna N and Ting IP (1990) Salinity effects on germination and mobilization of reserves in jojoba seed. Crop Science. 30: 704-708.

29. Maguire JD (1962) Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigur. Crop Science. 2: 176-177.

30. Marschner H (1986) Mineral nutrition of higher plants. Academic press, London, 674 p.

31. Mensuh JK, Akomeah PA, Ikhajiagbe B and Ekpekurede EO (2006) Effects of salinity on germination, growth and yield of five groundnut genotypes. African Journal of Biotechnology. 5 (20): 1973-1979.

32. Mostafavi K (2011) An Evaluation of Safflower Genotypes (*Carthamus tinctorius* L.), Seed Germination and Seedling Characters in salt Stress. Conditions. African Journal of Agricultural Research. 6(7): 1667-1672.

33. Munns R, Greenway H, Delane R, and Gibbs J (1982). Ion concentration and carbohydrate status of the elongating leaf tissue of Hordeum vulgare growing at high extrnal NaCl. J. Exp Bot., 33: 574-583.

34. Niu X, Bressan RA, Hasegawa PM, and Pardo JM (1995). Ion homeostasis in NaCl stress environment. Plant Physiology. 109: 735-742.

35. Penuelas J, Isla R, Filella I, and Araus JL (1997). Visible and neart-infrared reflectance assessment of salinity effects on barely. Crop Science. 37: 198-202.

36. Pujol JA, Calvo JF and Diza LR (2000) Recovery of germination from different osmotic conditions by four halophytes from southeastern Spain. Annals of Botany. 85: 279-286.

37. Qasim M, Ashraf M, Ashraf MY, Rehman SU and Rha ES (2003) Salt-induced changes in two canola cultivars differing in salt tolerance. Biologia Plantarum. 46 (4): 629-632.

38. Rahimi A (2010) Effects of NaCl priming and salinity levels on germination traits in cumin. The proc. 11th Iran. Crop. Sci. Cong. Vol. 1: Crop Production. Shahid Beheshti University, Tehran, Iran, 24-26 July.

39. Rajabi R and Postini K (2005) Effects of NaCl on thirty cultivars of bread wheat seed germination. Agriculture Science Journal. 27(1): 29-45.

40. Rehman S, Harris PJC, and Bourne WF (1999). Effect of artificial ageing on the germination, ion leakage and salinity tolerance of Acacia tortilis and A. coriacea seeds. Seed Science. 27: 141-149.

41. 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.

42. Shalhevet J (1993). Plant under salt and water stress. *In*: Plant adaptation to environmental stress (Eds: L. Fowden, T. Mansfield and J. Stoddard). Chapman and Hall, 133-1554.

43. Shannon MC (1986) Breeding, selection and the genetics of salt tolerance. *In*: Salinity tolerance in Plants. (Eds: Staples RC and Toenniessn GH). John Wiley and Sons. 231-252.

44. Singh L and Pal B (2001) Effect for saline water and ferility levels on yield, potassium, zinc content and uptake by blonde psyllium (Plantago ovata Forsk.). Crops Research. (Hisar). 22: 424-431.

45. Singh R, and Haragava GP (1995). Response of safflower and dill to soil salinity. Indian Journal of Agricultural Science. 65(6): 442 -444.

46. Suhdyda CG, Redman RE, Harvey BL and Cypywnyk AL (1999) Comparative response. Cultivated and wild barley species to salinity stress and calcium supply. Crop Science. 32: 154-163.

47. Szabolcs I (1994). Soils and salinization. P: 3-11, In: M. Pessarakli (ed.), Handbook of plant and crop stress. Marcel Dekker, New York.

48. Werner JE, and Finkelstein RR (1995) Arabidopsis mutant with reduced response to NaCl and osmotic stress. Physiologia Plantarum. 93: 659-666.

49. Zhua Z, Lianga Z, Hana 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. 29(2-3): 629-633.