

ارزیابی کارکرد برخی از توده‌های رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)

بومی ایران تحت شرایط تنش خشکی

فریده نوروزی شهری^۱، مجید پوریوسف^{۲*}، افشین توکلی^۳، جلال صبا^۴ و علیرضا یزدی‌نژاد^۵

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

۲ و ۳. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

۴. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

۵. استادیار گروه فارماکوتکونوزی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی زنجان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۵ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۱۰/۲۱)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد برخی از توده‌های بومی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان اجرا شد. در این آزمایش تنش خشکی در دو سطح شامل شاهد (آبیاری کامل) و تنش خشکی در مرحله زایشی در کرت‌های اصلی و پنج توده بومی رازیانه شامل توده‌های زنجان، لرستان، اصفهان، همدان و کاشان در کرت‌های فرعی بررسی شد. نتایج نشان داد که تأثیر تنش خشکی بر اکثر صفات شامل اجزای عملکرد، عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه، درصد و عملکرد اسانس معنی‌دار ($P \leq 0.05$) بود. توده‌های رازیانه نیز از لحاظ تمامی صفات مورد بررسی تفاوت معنی‌داری ($P \leq 0.01$) داشتند. اکثر صفات مورد بررسی تحت شرایط تنش خشکی کاهش یافتند. بیشترین عملکرد دانه (۳۲۸۴ کیلوگرم در هکتار) از توده زنجان و تحت شرایط شاهد، و کمترین مقدار صفت مذکور (۱۳۰۶ کیلوگرم در هکتار) از توده اصفهان و تحت شرایط تنش خشکی به دست آمد. توده‌های کاشان و اصفهان به ترتیب دارای بیشترین و کمترین عملکرد اسانس بودند.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، درصد اسانس، رازیانه، عملکرد دانه.

مقدمه

کردن آنها اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا استفاده از گیاهان وحشی، جوابگوی نیاز صنایع داروسازی نخواهد بود، همچنین برداشت این گیاهان از رویشگاه‌های طبیعی موجب نابودی ذخایر پرارزش ژنتیکی خواهد شد. توده‌های بومی به دلیل سازشی که در طی دوره تکاملی خود در زیستگاه طبیعی‌شان کسب کرده‌اند، دارای ژن‌های مطلوبی نظیر ژن مقاومت به خشکی، شوری و مقاومت به آفات و بیماری‌ها شده‌اند. تنش‌های محیطی سبب بروز دامنه وسیعی از تغییر بیان ژن و متابولیسم سلول تا تغییر در سرعت رشد و عملکرد محصولات

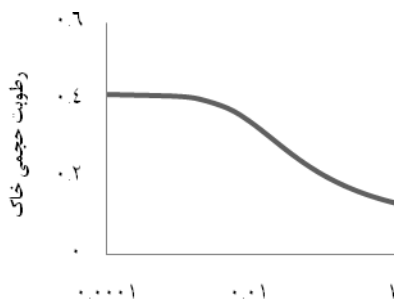
گیاهان دارویی به سبب شرایط اکولوژیکی و مکانیسم‌هایی مانند جهش، نوترکیبی، مهاجرت، جریان ژنی و رانده شدن ژنتیکی، دارای توده‌ها و جمعیت‌های بومی متنوعی شده‌اند که تنوع بین این توده‌ها هم می‌تواند پایه گزینش و به‌نژادی و هم انتخاب برترین توده برای کشت در منطقه مورد نظر باشد. ارزیابی توده‌های بومی از نظر پراکنش، شرایط اکولوژیک، نحوه استخراج و شناسایی مواد مؤثره، بررسی روش‌های نوین در افزایش مواد مؤثره و مطالعه تأثیرات دارویی آنها، و خصوصاً کشت و اهلی

می‌شوند (Reddy, 2004). وسعت مناطق خشک و نیمه‌خشک در ایران که بیش از ۱/۵ میلیون کیلومتر مربع است (Aboulhasani et al., 2006)، نشان می‌دهد خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی در این منطقه است. رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) یکی از مهم‌ترین گیاهان معطر و دارویی است، که وجود منابع ژرم‌پلاسم گسترده، وجود تنوع ژنتیکی بین گونه‌ها، نیاز آبی کم و مقاومت به خشکی بر اهمیت این گیاه می‌افزاید (Charles et al., 1993). ترکیبات عمده میوه رازیانه شامل ۱۰ تا ۱۲ درصد روغن، ۱۸ تا ۲۰ درصد پروتئین و ۲ تا ۶ درصد اسانس است، همچنین دارای مقدار کمی قند و موسیلاژ است (Lucinewton et al., 2005). کاهش عملکرد دانه تحت شرایط تنش آبی در گیاهان زراعی مختلف توسط محققان متعددی گزارش شده است (Goksoy et al., 2004). خسارت وارده به عملکرد گیاهان ناشی از تنش خشکی، بستگی زیادی به زمان بروز تنش خشکی دارد. بروز تنش آبی طی مراحل مختلف نموی به‌ویژه مرحله زایشی سبب کاهش طول دوره فتوسنتزی، انتقال مواد حاصل از فتوسنتز جاری به دانه، کاهش سهم انتقال مجدد مواد ذخیره‌شده در ساقه به دانه و کاهش عملکرد دانه می‌شود (Fischer & Maurer, 1987; Hsiao, 1973). نتایج تحقیقات موجود، حاکی از این است که خواص کمی و کیفی بسیاری از گیاهان دارویی متعلق به خانواده چتریان از جمله آنیسون و رازیانه به‌شدت تحت تأثیر کم‌آبی قرار می‌گیرد (Heidari et al., 2012; Zehtab-Salmasi et al., 2006; Kochaki et al., 2006). به‌طوری که عملکرد دانه و اسانس رازیانه (Pouryousef et al., 2012) و آنیسون (Heidari et al., 2012) تحت تأثیر تنش خشکی به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. با کاهش مقدار آب آبیاری، ارتفاع گیاه، تعداد چتر در گیاه، تعداد چترک در هر چتر، عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه، شاخص برداشت و اسانس آنیسون به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند (Zehtab-Salmasi, 2001; Heidari et al., 2012). توده‌های رازیانه بومی خراسان و کرمان تفاوت معنی‌داری در تعداد چتر در متر مربع و نیز تعداد چتر در ساقه‌های اصلی، تعداد چترک در چتر، تعداد دانه در چترک، عملکرد دانه و وزن هزاردانه داشتند (Kochaki

در پژوهش (et al., 2006). در پژوهش Gholibeyk (2011) بین توده‌های رازیانه مورد بررسی تفاوت معنی‌داری در مقدار عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت مشاهده می‌شود، به‌طوری که توده زنجان دارای بیشترین، و توده همدان دارای کمترین مقدار این صفات‌اند. همچنین در بررسی ایشان، بیشترین شاخص برداشت متعلق به توده زنجان و کمترین مقدار آن متعلق به توده اصفهان است. با توجه به تأثیر عوامل محیطی، شرایط جغرافیایی و وضعیت اکولوژیکی محل رویش بر گیاه رازیانه مطالعه گسترده و دقیق در مورد نقش عوامل مذکور و ارتباط آنها با رشد، عملکرد و کیفیت گیاه ضروری است. از آنجاکه تحقیقات محدودی در مورد چگونگی واکنش توده‌های بومی رازیانه کشور به تنش‌های محیطی و مخصوصاً تنش خشکی صورت پذیرفته و در کل اطلاعات در این زمینه بسیار اندک است، هدف اصلی پژوهش حاضر ارزیابی کارکرد توده‌های بومی رازیانه کشور (زنجان، لرستان، اصفهان، همدان و کاشان) تحت شرایط مطلوب رطوبتی و تنش خشکی و معرفی بهترین توده برای کشت در زنجان بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در بهار ۱۳۹۱ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان واقع در کیلومتر پنج جاده زنجان- تبریز انجام گرفت. زنجان دارای آب‌وهوای مدیترانه‌ای با زمستان سرد و تابستان ملایم تا نسبتاً گرم است که در عرض شمالی ۴۱° و ۳۶° و طول شرقی ۲۹° و ۴۸° و ارتفاع ۱۶۶۳ متر از سطح دریا قرار دارد. میانگین بارش و دمای منطقه در طول استقرار گیاه در مزرعه در جدول ۱ ارائه شده است. زمین محل آزمایش دارای خاکی با بافت لومی رسی بود که برخی از مشخصات آن در جدول ۲ آورده شده است. آزمایش به‌صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. در این آزمایش تنش خشکی در دو سطح شامل کنترل (بدون تنش) و تنش (در آغاز مرحله گلدهی و همزمان با آغاز فصل خشک منطقه) به‌عنوان عامل اصلی و توده‌های مختلف رازیانه در پنج سطح شامل توده‌های زنجان، لرستان، اصفهان، همدان و کاشان به‌عنوان عامل فرعی بررسی شدند. در تیمار شاهد آبیاری در کلیه مراحل رشد



مکن خاک (مگاپاسکال)
شکل ۱. منحنی رطوبتی خاک مزرعه

به‌صورت هفتگی صورت پذیرفت. به‌منظور اعمال تنش خشکی، آبیاری در کرت‌های مورد نظر، همزمان با آغاز فصل خشکی منطقه قطع شد و پس از رسیدن پتانسیل آب خاک به حدود ۱/۵- مگاپاسکال آبیاری مجدد صورت گرفت. اعمال تنش تا اتمام دوره رشد به همین شکل ادامه یافت و گیاهان موجود در کرت‌های تنش، تا انتهای دوره رشد، چندین بار با پتانسیل رطوبتی ۱/۵- مگاپاسکال مواجه شدند. برای تعیین پتانسیل آب خاک از منحنی رطوبتی خاک مزرعه استفاده شد (شکل ۱).

جدول ۱. میانگین بارش و دمای منطقه در طی ماه‌های فروردین تا شهریور ۱۳۹۱ (در طول استقرار گیاه در مزرعه)

ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
میانگین بارندگی (mm)	۳/۴	۲/۱	۰/۶	۱/۱	۰/۲	۰/۲
میانگین بیشینه دما (°C)	۱۵/۴	۲۲/۳	۲۶/۷	۳۰/۲	۳۲/۸	۲۹/۱
میانگین کمینه دما (°C)	۲/۶	۷/۲	۱۱/۱	۱۳/۷	۱۵/۸	۱۳/۴

جدول ۲. خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش

کلسیم (meq/l)	منیزیم (meq/l)	پتاسیم (mg/k)	فسفر (mg/k)	نیتروژن (%)	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	آهک کل (%)	اسیدیته (pH)	هدایت الکتریکی (dS/m)	ماده آلی
۲/۱	۱/۱	۲۸۶	۹/۶	۰/۰۹	۴۰	۲۷	۳۳	۷/۲	۸/۲۸	۰/۷۲	۱/۱۸

به‌منظور تعیین اجزای عملکرد ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و صفات شامل تعداد چتر در ساقه‌های اصلی و فرعی، تعداد چترک در چتر ساقه‌های اصلی و فرعی، تعداد دانه در چتر ساقه‌های اصلی و فرعی، وزن هزاردانه در آنها اندازه‌گیری شد. برای محاسبه عملکرد دانه و زیست‌توده، پس از حذف حاشیه‌ها، از مساحتی در حدود ۲ متر مربع، ۲۰ بوته نمونه‌برداری شد. پس از جدا کردن دانه‌ها و کاه و کلش به‌مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند، سپس وزن آنها اندازه‌گیری و عملکرد دانه و زیست‌توده محاسبه شد. پس از محاسبه عملکرد دانه و زیست‌توده، مقدار شاخص برداشت طبق معادله زیر محاسبه شد:

$$HI = (EY \div BY) \times 100 \quad (2)$$

که در آن EY: عملکرد دانه؛ و BY: عملکرد زیست‌توده است.

به‌منظور استخراج اسانس، دانه‌های گیاه در آون با دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد خشک شده و پس از آن از روش تقطیر با آب برای استخراج اسانس استفاده شد.

پس از اعمال هر نوبت تنش خشکی، برای تعیین پتانسیل آب خاک هر دو روز یک‌بار از عمق ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری می‌شد. نمونه خاک بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و پس از توزین به‌مدت ۲۴ ساعت در آون ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده، پس از خشک شدن مجدد توزین شده و درصد رطوبت وزنی خاک از رابطه ۱ (Baher et al., 2002) محاسبه می‌شد.

$$(1) \quad \frac{\text{وزن خاک خشک} - \text{وزن خاک مرطوب}}{\text{وزن خاک خشک}} \times 100 = \text{درصد رطوبت وزنی خاک}$$

پس از محاسبه درصد رطوبت وزنی، درصد رطوبت حجمی خاک از حاصل ضرب وزن مخصوص ظاهری خاک در درصد رطوبت وزنی خاک محاسبه می‌شد. سپس با کمک منحنی رطوبتی خاک پتانسیل آب خاک به‌دست‌آمده، و پس از رسیدن پتانسیل آب خاک به ۱/۵- مگاپاسکال آبیاری مجدد صورت می‌گرفت.

کاشت بذرها به‌صورت جوی و پشته با فواصل بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر انجام گرفت و تراکم کاشت ۱۰۰ هزار بوته در هکتار بود.

با کاهش مقدار آب آبیاری گزارش شده است (Heidari *et al.*, 2012; Kochaki *et al.*, 2006).

تعداد دانه در چتر ساقه‌های اصلی و فرعی

تعداد دانه در چترهای اصلی و فرعی نیز به‌طور معنی‌داری از تنش خشکی ($P \leq 0/05$) و توده ($P \leq 0/01$) متأثر شدند. تنش خشکی سبب کاهش تعداد دانه در چترهای اصلی و فرعی شد. توده‌های مورد بررسی نیز از لحاظ صفات مذکور تفاوت معنی‌داری با هم داشتند، به‌طوری که در بین توده‌های مورد بررسی، توده همدان دارای بیشترین، و توده کاشان دارای کمترین تعداد دانه در چتر بودند. اثر متقابل تنش خشکی و توده بر این صفات معنی‌دار نبود (جدول‌های ۳ و ۴).

احتمالاً کاهش آب آبیاری از طریق ایجاد اختلال در گرده‌افشانی و کاهش طول دوره گرده‌افشانی، موجب عدم تلقیح مناسب گل‌ها و کاهش تعداد دانه در چترک و چتر شده است (Pouryousef *et al.*, 2012). از آنجا که در مناطق مدیترانه‌ای، گیاهان علاوه بر تنش خشکی آخر فصل از دمای بالا نیز متأثر می‌شوند، و شرایط محیطی به‌ویژه دما و رطوبت بر رشد دانه گرده اثر می‌گذارد، بنابراین تنش خشکی در مرحله گرده‌افشانی و لقاح، تعداد دانه‌ها را به‌علت پساپیدگی دانه‌های گرده کاهش می‌دهد. به‌علاوه در این شرایط، تنش رشد دانه‌های گرده و رشد لوله گرده در خامه و بافت تخمدان و تخمک را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (Stephenson *et al.*, 1997). Basra *et al.* (2003) نیز بیان می‌کنند که تنش خشکی در مرحله گلدی به کاهش باروری و در نتیجه کاهش تعداد دانه منجر می‌شود که علت آن نقص در عملکرد دانه گرده و تخمک است.

وزن هزاردانه

وزن هزاردانه به‌طور معنی‌داری ($P \leq 0/05$) تحت شرایط تنش خشکی کاهش یافت. توده‌های رازیانه نیز از لحاظ وزن هزاردانه تفاوت معنی‌داری ($P \leq 0/01$) با هم داشتند. به‌طوری که توده کاشان دارای بیشترین، و توده همدان دارای کمترین وزن هزاردانه بود. اثر متقابل تنش خشکی و توده بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول‌های ۳ و ۴). تحت شرایط تنش خشکی وزن هزاردانه به‌طور

(Mirabdollahi, 2011). پس از تعیین درصد اسانس، عملکرد اسانس از حاصل‌ضرب عملکرد دانه و درصد اسانس محاسبه شد. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS V9 انجام گرفت. رسم جدول‌های آماری نیز به‌وسیله نرم‌افزار Word و Excel صورت گرفت. میانگین‌های صفات مورد مطالعه نیز با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

تعداد چتر و چترک

تأثیر تنش خشکی بر تعداد چتر در ساقه اصلی ($P \leq 0/05$) و فرعی ($P \leq 0/01$) معنی‌دار بود. تحت شرایط تنش صفات مذکور به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند. توده‌های رازیانه نیز از لحاظ تعداد چترهای اصلی و فرعی تفاوت معنی‌داری ($P \leq 0/01$) با هم داشتند. به‌طوری که توده زنجان دارای بیشترین تعداد چتر در ساقه اصلی (۱۴/۴۷) و فرعی (۶۴/۷۷)، و توده‌های اصفهان و همدان، کمترین تعداد چتر در ساقه‌های اصلی (۸/۹۳) و فرعی (۴۷/۲۵) را داشتند (جدول‌های ۳ و ۴). اثر تنش خشکی بر تعداد چترک در چتر ساقه اصلی معنی‌دار ($P \leq 0/05$) بود و تحت شرایط تنش صفات مذکور به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد کاهش یافت، لیکن تعداد چترک در چتر ساقه‌های فرعی به‌طور معنی‌داری از این عامل متأثر نشد. توده‌های رازیانه نیز از لحاظ صفات مذکور تفاوت معنی‌داری ($P \leq 0/01$) داشتند؛ به‌طوری که توده زنجان دارای بیشترین تعداد چترک در چتر ساقه اصلی (۱۷/۱۳) و فرعی (۱۱/۸) و توده اصفهان دارای کمترین تعداد چترک در چتر ساقه اصلی (۷/۴۳) و توده کاشان دارای کمترین تعداد چترک در چتر ساقه فرعی (۷/۳) بودند. اثر متقابل تنش خشکی و توده نیز بر صفات مذکور معنی‌دار نبود (جدول‌های ۳ و ۴).

تعداد چتر و چترک علاوه بر ژنوتیپ (Safaei *et al.*, 2011; Kochaki *et al.*, 2006) به‌مقدار زیادی تابع عوامل محیطی همچون وجود عناصر غذایی و رطوبت است. با اعمال تنش خشکی رطوبت قابل دسترس خاک در محیط ریشه‌ها کاهش می‌یابد و به‌تبع آن جذب آب و عناصر غذایی دچار مشکل می‌شود. در مطالعات سایر محققان نیز کاهش تعداد چتر در بوته و چترک در چتر،

انتقال مجدد مواد از سوی دیگر، موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود. (Zehrab-Salmasi *et al.* 2006) علت کاهش عملکرد دانه را با افزایش فواصل آبیاری، کاهش اجزای عملکرد از جمله تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در چتر، و تعداد دانه در چترک عنوان کرده‌اند.

توده‌های مورد بررسی از لحاظ عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری داشتند. بیشترین عملکرد دانه در هر دو شرایط شاهد و تنش خشکی مربوط به توده زنجان بود. بالاتر بودن عملکرد دانه در توده زنجان ممکن است به علت زیاد بودن تعداد چتر و چترک در این توده باشد که از اجزای مهم تشکیل‌دهنده عملکرد هستند. از طرفی بالا بودن شاخص برداشت در این توده نیز می‌تواند از دیگر عوامل مؤثر در عملکرد بیشتر این توده باشد که موجب شده است سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی به تشکیل و پر شدن دانه‌ها اختصاص یابد. از طرفی سازگاری بیشتر این توده با شرایط آب‌وهوایی منطقه نیز می‌تواند یکی دیگر از دلایل بالاتر بودن عملکرد دانه توده زنجان باشد.

درصد و عملکرد اسانس

درصد اسانس دانه‌های رازیانه به‌طور معنی‌داری ($P \leq 0.05$) تحت شرایط تنش خشکی افزایش یافت. در شرایط شاهد درصد اسانس ۱/۷۷ و در شرایط تنش خشکی ۲/۱۶ درصد بود. توده‌های مورد بررسی نیز از نظر درصد اسانس دانه تفاوت معنی‌داری ($P \leq 0.01$) داشتند. توده کاشان بیشترین (۲/۵۰ درصد) و توده همدان کمترین (۱/۷۳ درصد) درصد اسانس دانه را دارا بودند (جدول‌های ۳ و ۴).

اثر تنش خشکی بر عملکرد اسانس دانه نیز معنی‌دار ($P \leq 0.05$) بود. تحت شرایط تنش این صفت به‌مقدار ۱۷/۸۷ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. توده‌های مورد بررسی نیز از لحاظ عملکرد اسانس تفاوت معنی‌داری ($P \leq 0.01$) با هم داشتند. براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها بیشترین مقدار عملکرد اسانس (۴۹/۸۰ کیلوگرم در هکتار) از توده کاشان و کمترین مقدار صفت مذکور (۳۳/۸۱ کیلوگرم در هکتار) از توده اصفهان به‌دست آمد. اثر متقابل تنش خشکی و توده بر هیچ‌یک از صفات مذکور معنی‌دار نبود (جدول‌های ۳ و ۴).

براساس دو فرضیه موازنه رشد-تمایز و موازنه کربن-

معنی‌داری در مقایسه با شاهد کاهش یافت که با نتایج Pouryousef *et al.* (2012) مبنی بر کاهش وزن هزاردانه رازیانه در اثر تنش خشکی مطابقت دارد. پرشدن دانه مستلزم تجمع مواد فتوسنتزی در دانه‌ها است (Sarmadnia, 1993). Bray (1993) طی آزمایش‌های خود نتیجه گرفت تیمارهایی که به‌نحوی در مرحله گل‌دهی و گرده‌افشانی دچار تنش رطوبتی بوده‌اند هرچند در مراحل ماندن رشد رویشی و یا دانه‌بندی با تنش مواجه نباشند، از نظر آماری وزن هزاردانه کمتری نسبت به شرایط شاهد دارند و مشابه شرایط دیم هستند، زیرا موجب کاهش تعداد سلول‌های ذخیره‌ای دانه، کاهش تجمع ماده خشک در دانه و در نتیجه کاهش وزن دانه می‌شود (Quarrie & Jones, 1979). Emam & Seghateleslami (2005) نیز بیان می‌کنند که کمبود آب در مرحله پر شدن دانه‌ها سبب کاهش فتوسنتز جاری گیاه، کاهش میزان مواد پرورده و در نتیجه چروکیدگی و کاهش وزن هزاردانه خواهد شد.

عملکرد دانه

تأثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه معنی‌دار ($P \leq 0.01$) بود، و تحت شرایط تنش این صفت به‌مقدار ۳۲/۳۴ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. توده‌های رازیانه نیز از لحاظ عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری ($P \leq 0.01$) با هم داشتند. همچنین اثر متقابل تنش خشکی و توده بر این صفت معنی‌دار ($P \leq 0.01$) بود (جدول ۳). به‌طوری که توده زنجان (۳۲۸۴ کیلوگرم در هکتار) در شرایط شاهد دارای بیشترین، و توده اصفهان (۱۳۰۶ کیلوگرم در هکتار) در شرایط تنش خشکی دارای کمترین عملکرد دانه بود (شکل ۲).

بروز تنش خشکی طی مراحل مختلف نمودی مخصوصاً مرحله زایشی سبب کاهش طول دوره فتوسنتزی، انتقال مواد حاصل از فتوسنتز جاری به دانه، سهم انتقال مجدد مواد ذخیره‌شده ساقه به دانه و در نهایت کاهش عملکرد دانه می‌شود (Pouryousef *et al.*, 2012). تنش خشکی علاوه بر محدود کردن منبع (کاهش سطح برگ‌ها و ...)، سبب کاهش قدرت مخزن (کاهش تعداد دانه در چتر و ...) و ظرفیت ذخیره‌ای آن می‌شود (Zhang & John, 2005). بنابراین کاهش منبع و فتوسنتز جاری از سویی، و کاهش مقدار انباشت و

اسانس و عملکرد دانه حاصل می‌شود، کاهش در عملکرد دانه در شرایط تنش سبب کاهش عملکرد اسانس در این شرایط می‌شود. به طوری که Zehtab-salmasi (2001)، در پژوهش خود بیان کرد که با وجود افزایش درصد اسانس و آنتول در آنیسون تحت شرایط کمبود آب، عملکرد اسانس و مواد مؤثره تولیدی کاهش یافته است. این نتایج مطابق با نتایج سایر پژوهشگران است (Pouryousef *et al.*, 2012; Heidari *et al.*, 2012; Mirabdollahi, 2011). همچنین گیاهان دارویی رویش یافته در مناطق مختلف از نظر ترکیبات مواد مؤثره، تفاوت‌های زیادی دارند و به اصطلاح به تیپ‌های شیمیایی (کموتایپ‌های) مختلفی تعلق دارند. توده‌های رازیانه بومی این آزمایش نیز دارای درصد اسانس متفاوتی بودند. این نتیجه با گزارش سایر پژوهشگران نیز مطابقت دارد (Valadabadi *et al.*, 2010; Safaei *et al.*, 2011).

عناصر غذایی، عوامل محیطی می‌توانند درصد اسانس تولیدشده توسط یک گیاه را متأثر کنند. فرضیه موازنه کربن- عناصر غذایی بیان می‌کند هنگامی که دسترسی گیاه به عناصر غذایی محدود شود، رشد بیش از فتوسنتز محدود شده و متابولیسم، صرف ساخت سطوح بالایی از متابولیت‌های ثانویه می‌شود (Coley, 1986)، براساس فرضیه موازنه رشد-تمایز، نیز تا زمانی که شرایط اجازه تقسیم و گسترش سلولی را بدهد، کربن صرف رشد می‌شود و با ایجاد تنش خشکی یا هر عامل محیطی دیگر، رشد متوقف می‌شود و سلول‌ها تمایز می‌یابند و گیاه کربن را به تولید ترکیبات ثانویه اختصاص می‌دهد (Lorio, 1986). بنابراین، تشکیل و تجمع متابولیت‌های ثانویه از جمله اسانس در گیاهان، تحت شرایط تنش خشکی تمایل به افزایش دارد (Bannayan *et al.*, 2008). از آنجا که عملکرد اسانس از حاصل ضرب درصد

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس توده‌های مختلف رازیانه

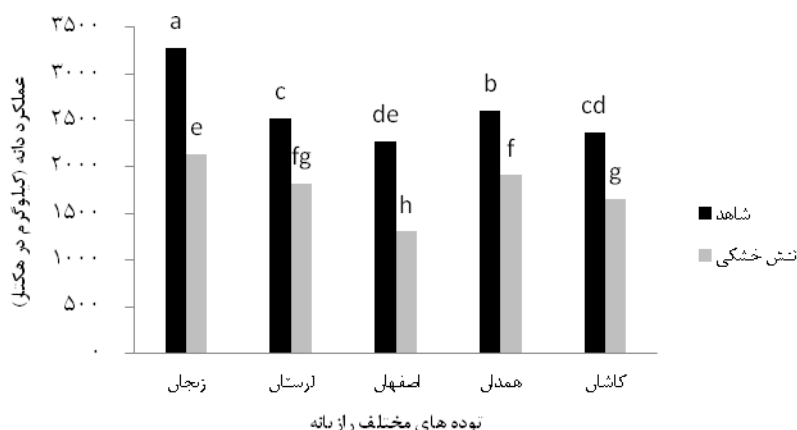
منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد	تعداد	تعداد	تعداد	تعداد	تعداد	تعداد	مقدار اسانس	عملکرد	میانگین مربعات	
											ساقه اصلی	چتر در
بلوک	۱	۱/۴*	۷/۵ ^{ns}	۱/۳ ^{ns}	۱/۲ ^{ns}	۲۹/۷ ^{ns}	۲۲/۸ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۱۳۷۸۹ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۱۲/۴ ^{ns}	عملکرد اسانس
تنش	۱	۶۵/۷**	۱۸۸*	۴/۰*	۱/۵ ^{ns}	۱۰۲۶۰*	۳۳۲۶*	۰/۹*	۵۳۵۷۶۸۰**	۱/۱*	۵۰۸*	اسانس
خطای a	۲	۰/۰۵	۴/۹	۰/۱	۱/۶	۲۶۶	۳۸/۷	۰/۰۲	۲۵۱۹۸	۰/۰۱	۱۲/۵	دانه
توده	۴	۳۵/۶**	۹۳۵**	۵۷/۰**	۲۸/۴**	۹۵۲۰**	۳۰۱۴**	۰/۳**	۶۹۹۸۹۲**	۰/۵**	۳۱۷**	دانه
اثر متقابل تنش × توده	۴	۱/۱ ^{ns}	۴/۶ ^{ns}	۰/۳ ^{ns}	۰/۲ ^{ns}	۳۳/۳ ^{ns}	۱۰۵ ^{ns}	۰/۰۰۸ ^{ns}	۶۱۸۳۵**	۰/۰۳ ^{ns}	۱۰/۳ ^{ns}	دانه
اشتباه آزمایشی	۱۶	۱/۳	۱۱/۱	۱/۰	۹/۳	۱۴۷	۵۰/۱	۰/۰۰۶	۱۱۱۳۵	۰/۰۱	۴/۹	دانه
ضریب تغییرات (/)	-	۹/۶	۵/۵	۷/۳	۹/۶	۷/۱	۷/۱	۲/۵	۴/۸	۶/۴	۵/۲	عملکرد

ns: عدم تفاوت معنی‌دار، * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱ و ۰/۰۵.

جدول ۴. مقایسه میانگین عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس توده‌های مختلف رازیانه

تنش خشکی	تعداد	تعداد	تعداد	تعداد	تعداد	تعداد	تعداد	وزن	عملکرد	مقدار	عملکرد	تیمار
کنترل	چتر در	چتر در	چتر اصلی	چتر فرعی	چتر اصلی	چتر فرعی	چتر اصلی	هزاردانه	دانه	اسانس	عملکرد	کنترل
کنترل	۱۳/۳ ^a	۶۳/۱ ^a	۱۴/۱ ^a	۹/۹ ^a	۱۸۷ ^a	۱۰۹ ^a	۳/۱۳ ^a	۲۶۱۳ ^a	۱/۷ ^b	۴۶/۰ ^a	۲۶۱۳ ^a	کنترل
تنش	۱۰/۴ ^b	۵۸/۱ ^b	۱۳/۳ ^b	۹/۵ ^a	۱۵۰ ^b	۸۸/۵ ^b	۲/۷۷ ^b	۱۷۶۸ ^b	۲/۱ ^a	۳۷/۸ ^b	۱۷۶۸ ^b	تنش
توده	۱۴/۴ ^a	۶۴/۷ ^b	۱۷/۱ ^a	۱۱/۸ ^a	۱۸۱ ^b	۱۰۳ ^b	۳/۱۰ ^a	۲۷۱۲ ^a	۱/۸ ^{bc}	۴۹/۵ ^a	۲۷۱۲ ^a	توده
زنجان	۱۳/۴ ^a	۵۴/۲ ^c	۱۵/۷ ^b	۱۱/۲ ^a	۱۷۴ ^b	۱۰۱ ^b	۲/۹۵ ^b	۲۱۷۱ ^b	۱/۷ ^c	۳۷/۸ ^b	۲۱۷۱ ^b	زنجان
لرستان	۸/۹ ^b	۵۷/۰ ^c	۱۰/۰ ^c	۷/۴ ^b	۱۴۷ ^c	۹۰/۸ ^c	۲/۸۴ ^c	۱۷۹۱ ^d	۱/۹ ^b	۳۳/۸ ^c	۱۷۹۱ ^d	لرستان
اصفهان	۱۳ ^a	۴۷/۲ ^d	۱۴/۸ ^b	۱۰/۹ ^a	۲۲۳ ^a	۱۳۰ ^a	۲/۶۷ ^d	۲۲۵۹ ^b	۱/۷ ^c	۳۸/۷ ^b	۲۲۵۹ ^b	اصفهان
همدان	۹/۷ ^b	۷۹/۹ ^a	۱۱/۰ ^c	۷/۳ ^b	۱۱۶ ^d	۶۸/۶ ^d	۳/۱۸ ^a	۲۰۱۸ ^c	۲/۵ ^a	۴۹/۸ ^a	۲۰۱۸ ^c	همدان
کاشان	۹/۷ ^b	۷۹/۹ ^a	۱۱/۰ ^c	۷/۳ ^b	۱۱۶ ^d	۶۸/۶ ^d	۳/۱۸ ^a	۲۰۱۸ ^c	۲/۵ ^a	۴۹/۸ ^a	۲۰۱۸ ^c	کاشان

میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشترک‌اند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند



شکل ۲. اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه توده‌های مختلف رازیانه

میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشترک‌اند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

عملکرد دانه و اسانس حائز اهمیت است، در بین توده‌های مورد بررسی، توده‌های زنجان و کاشان را می‌توان توده‌های برتر معرفی کرد، زیرا در هر دو شرایط شاهد و تنش خشکی، به ترتیب از عملکرد دانه و اسانس بیشتری نسبت به سایر توده‌ها برخوردار بودند. شایان ذکر است که توده کاشان، با وجود دارا بودن عملکرد دانه کمتر نسبت به توده زنجان، به دلیل دارا بودن درصد اسانس دانه بیشتر، در نهایت عملکرد اسانسی معادل توده زنجان تولید کرده است.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی با توجه به نتایج آزمایش، با وجود افزایش معنی‌دار درصد اسانس دانه تحت شرایط تنش خشکی در مقایسه با شاهد، به دلیل افت فاحش عملکرد دانه، عملکرد اسانس نیز به تبع آن به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. بنابراین برای حصول به عملکرد دانه و اسانس مناسب در زراعت این گیاه از کشت آن در مناطقی که تحت شرایط آخر فصل با محدودیت آبی مواجهند پرهیز شود. از آنجا که در کشت و پرورش گیاهان دارویی،

REFERENCES

1. Aboulhasani, M., Lakzian, A., Haghnia, G.H. & Sarcheshmehpoor, M. (2006). The study of salinity and drought tolerance of *Sinorhizobium meliloti* isolated from province of Kerman in vivo condition. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 4(2), 183-193.
2. Baher, Z.F., Mirza, M. & Ghorbanli, M.B. (2002). The influence of water stress on plant height, herbal and essential oil yield and composition in *Saturja hortensis* L. *Flavour and Fragrance Journal*, 17, 275-277.
3. Bannayan, M., Nadjafi, F., Azizi, M., Tabrizi, L. & Rastgoo, M. (2008). Yield and seed quality of plantago ovata *Nigella sativa* under different irrigation treatments. *Industrial Crops and products*, 27, 11-16.
4. Basra, S. M. A., Ullah, E., Warriach, E. A., Cheema, M. A. & Afzal, I. (2003). Effect of storage on growth and yield of primed canola seeds (*Brassica napus*). *International Journal of Agriculture and Biology*, 5, 117-120.
5. Bray, E. A. (1993). Molecular responses to water deficit. *Plant Physiology*, 103, 1035-1040.
6. Charles, D.J., Morales, M. R. & Simon, J. F. (1993). Essential oil content and chemical composition of finnochio fennel. In: Janick, J. & Simon J. E. (Ed.), *New crops*. Wiley New York, 570-573.
7. Coley, P.D. (1986). Costs and benefits of defense by tannins in a neotropical tree. *Oecologica*, 70, 238-241.
8. Emam, Y. & Seghateleslami, M. J. (2005). *Crop Yield, Physiology and Processes*. Shiraz University Press. (In Farsi)
9. Fischer, R.A. & Maurer, R. (1987). Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research*, 29, 897-912.
10. Gholibeyk, T. (2012). Evaluation the performance of some of Iran's native fennel accessions under various sowing dates in Zanjan.
11. Goksoy, A. T., Demir, A. O., Turan, Z. M. & Dagustu, N. (2004). Responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to full and limited irrigation at different growth stages. *Field crop Research*, 87, 167-178.
12. Heidari, N., Pouryousef, M., Tavakoli, A. & Saba, J. (2012). Effect of drought stress and harvesting date on yield and essential oil production of anise (*Pimpinella anisum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 28, 121-130. (In Farsi)

13. Hsiao, T.C. (1973). Plant responses to water stress. *Annual Review of Plant Physiology*, 24, 519-570.
14. Kochaki, A., Nassiri Mahallati, M. & Azizi, G. (2006). The effect of different irrigation intervals and plant densities on yield and yield components of two fennel (*Foeniculum vulgare*) landraces. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 4, 131-139. (In Farsi)
15. Lorio, P. L. (1986). Growth - differentiation balance a basis for understanding southern pine beetle - tree interactions. *Forest Ecology and Management*, 14, 259-273.
16. Lucinewton, S. M., Raul, N., Carvalho, J., Mirian, B., Stefanini, L., Ming, C., Angela, M. & Meireles, A. (2005). Supercritical fluid extraction from fennel (*Foeniculum vulgare*): global yield, composition and kinetic data. *Journal of Supercritical Fluids*, 35, 212-219.
17. Mirabdollahi, S.M. (2011). *Variation in the essential oil content and composition of fennel under limited irrigation condition*. M.Sc. dissertation. University of Zanjan. (In Farsi)
18. Pouryousef, M., Tavakoli, A., Maleki, M. & Barkhordari, K. (2012). Effects of drought stress and harvesting time on grain yield and its components of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). In: *National Congress on Medicinal Plants*, 16- 17 May, Kish Island, pp. 315.
19. Quarrie, S.A. & Jones, H.G. (1979). Genotypic variation in leaf water potential, stomatal conductance and abssisic acid concentration in spring wheat subjected to artificial drought stress. *Annals of Botany*, 44, 323-332.
20. Reddy, A.R., Chaitanya, K.V. & Vivekanadan, M.V. (2004). Drought-induced responses of photosynthesis and Antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Plant Physiol*, 161, 1189-1202.
21. Safaei, L., Zeinali, H. & Afiuni, D. (2011). Study of genetic variation of agronomic characteristics in *Foeniculum vulgare* Mill. Genotypes. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 19(1), 167-180. (In Farsi)
22. Sarmadnia, GH.H. (1993). The importance of environmental stress in agronomy. The first Iranian crop science congress. 6-9 September, University of Tehran, 157-169. (In Farsi)
23. Stephenson, A.G., Johannsson, M.H. & Delph, L.F. (1997). How environmental factors affect pollen performance: ecological and evolutionary perspectives. *Ecology*, 78 (6), 1632-1639.
24. Valadabadi, S.A.R., Aliabadi Farahani, H. & Moaveni, P. (2010). Investigate effect of nitrogen application on essential oil content and seed yield in different cumin (*Cuminum cyminum* L.) populations at Qazvin zone. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 26 (3), 348-357. (In Farsi)
25. Zehtab-salmasi, S. (2001). *Investigation the ecophysiological effect of irrigation and sowing date on growth, yield, essence and anethole in anise*. Ph. D. dissertation. University of Tabriz. (In Farsi)
26. Zehtab-Salmasi, S., Ghasemi-Golezani, K. & Moghbeli, S. (2006). Effect of sowing date and limited irrigation on the seed yield and quality of dill (*Anethum graveolens* L.). *Turk Agricultural Forestry Journal*, 30, 1-6.
27. Zhang, K. & John, P.C.L. (2005). Raised level of cyclin dependent kinase A after prolonged suspension culture of *Nicotiana plumbaginifolia* is associated with more rapid growth and division, diminished cytoskeleton and lost capacity for regeneration: implications for instability of cultured plant cells. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 82, 295-308.