

گزارش علمی کوتاه

تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد اکوتیپ‌های مختلف رازیانه
(*Foeniculum vulgare* L.)

یوسف احمدی خاندانقلی^{۱*}، غلامعلی اکبری^۲، علی ایزدی دربندی^۲، ایرج الله دادی^۲

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران.

۲. دانشیاران گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران.

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۴/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۳/۲۲

چکیده

به منظور بررسی تغییرات عملکرد اکوتیپ‌های مختلف گیاه دارویی رازیانه تحت تأثیر تنش خشکی، آزمایشی مزرعه‌ای در سال ۱۳۹۲ به صورت کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران واقع در پاکدشت اجرا گردید. عامل اصلی (کرت‌های اصلی) شامل ۳ سطح آبیاری ۸۰، ۱۴۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A، به ترتیب به‌عنوان شاهد (آبیاری نرمال)، تنش متعادل و تنش شدید بود. عامل فرعی (کرت‌های فرعی) را ۵۱ اکوتیپ رازیانه تشکیل داد. در این بررسی نتایج نشان داد که تنش متعادل باعث افزایش مقدار اسانس در دانه می‌شود. همچنین نتایج بیانگر معنی‌دار بودن اثر سطوح مختلف آبیاری بر وزن خشک کل اندام هوایی (در سطح احتمال ۵ درصد)، عملکرد دانه، وزن هزار دانه و مقدار اسانس (در سطح احتمال یک درصد) گردید. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری نرمال به دست آمد. مقایسه میانگین اکوتیپ‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه مربوط به اکوتیپ الموت و کمترین مقدار مربوط به اکوتیپ‌های تفرش و یزد بود. مقایسه میانگین اثرات آبیاری بر صفت مقدار اسانس نیز نشان داد که بیشترین مقدار اسانس در دانه مربوط به تیمار تنش متعادل است. اثرات متقابل آبیاری در اکوتیپ برای صفت وزن خشک کل اندام هوایی در سطح پنج درصد و برای صفت مقدار اسانس در سطح یک درصد معنی‌دار بود. همچنین مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین مقدار اسانس مربوط به اکوتیپ مشکین‌شهر در تنش متعادل بود.

واژه‌های کلیدی: رازیانه، اکوتیپ‌های مختلف، تنش خشکی، عملکرد دانه، مقدار اسانس.

مقدمه

دارویی موجب گسترش کشت و بهره‌برداری از گیاهان دارویی شده است. به طوری که در سال ۲۰۱۰ حدود ۱۰۰ میلیارد دلار، درآمد کشورها از فروش گیاهان دارویی بوده است (Yazdani and Shahnazi, 2004). در این میان، رازیانه از مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین گیاهان دارویی تیره چتریان است که عمدتاً به منظور استفاده از اسانس حاصل از آن در صنایع مختلف دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی مورد کشت قرار می‌گیرد (Omidbaigi, 2009). رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) گیاهی متعلق به تیره

امروزه اهمیت و نقش داروهای گیاهی که منشأ گیاهی دارند رو به افزایش است و با توجه به اثرات جانبی داروهای شیمیایی، مصرف گیاهان دارویی از گسترش روزافزونی برخوردار شده است. گیاهان دارویی همیشه به‌عنوان منبعی غنی و بسیار باارزش و صدا البته همیشه در دسترس تلقی شده و می‌شوند. در حال حاضر حداقل ۲۵ درصد داروهای تجاری، از گیاهان دارویی ساخته شده‌اند. گرایش مثبت فرهنگ عمومی در سطح جهان به مواد با منشأ گیاهی و پرهیز از فرآورده‌های سنتزی و پی بردن به اثرات پرمفعت و بدون ضرر گیاهان

دانه و عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Kochehi et al., 2006). در آزمایشی با بررسی بر روی گیاه رازیانه مشاهده شد که اثر منفی تنش کم‌آبی بر عملکرد اسانس است و عملکرد اسانس در تیمار تنش کم‌آبی شدید به میزان ۴۳/۶۱ درصد و ۵۷/۸۸ درصد نسبت به شرایط مطلوب آبیاری کاهش یافت و بیان کردند که تنش کم‌آبی بر میزان درصد اسانس دانه تأثیر مثبتی داشت (Jamshidi et al., 2012). مطالعات محققانی بر روی ۵۰ اکوتیپ رازیانه ایران در شرایط آبیاری نرمال نشان داد که وزن خشک بیوماس، شاخص برداشت، تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، تعداد برگ، طول پدانکل و تعداد پنجه به ترتیب عامل‌های مؤثر در تغییرات عملکرد و تعداد برگ، طول پدانکل، وزن زیست‌توده خشک و طول میانگره وسط به ترتیب از عوامل مؤثر در تغییر اسانس رازیانه است (Bahmani et al., 2011). محققان در تحقیقات خود نشان دادند که تنش‌های محیطی باعث افزایش سطوح متابولیت‌های ثانویه گیاهان دارویی می‌شود (Kiarakosian et al., 2004; Zobayed et al., 2007). از آنجایی که در رابطه با پاسخ‌های گیاه رازیانه به شرایط مختلف محیطی اطلاعات کمی در دسترس است و با توجه به واکنش‌های متفاوت گیاهان دارویی به کمبود آب، هدف این مطالعه بررسی میزان واکنش ژنوتیپ‌ها به شرایط تنش کم‌آبیاری و بررسی تأثیرات تنش خشکی بر روی میزان تغییرات اسانس موجود در محصول نهایی (دانه) در اکوتیپ‌های مختلف رازیانه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران واقع در پاکدشت اجرا گردید. آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب بلوک-های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی شامل دور آبیاری و سطوح مختلف آن با استفاده از تشتک تبخیر کلاس A محاسبه‌شده و در سه سطح نرمال (۸۰ میلی‌متر تبخیر)، تنش متوسط (۱۴۰ میلی‌متر تبخیر) و تنش شدید (۱۸۰ میلی‌متر تبخیر) اعمال گردید. فاکتور فرعی را ۵۱ اکوتیپ رازیانه تشکیل داد (جدول ۱). اکوتیپ‌های موردبررسی بنا به اقلیم‌های جمع‌آوری‌شده در سه گروه طبقه‌بندی شدند. گروه اول شامل اکوتیپ‌های زودرس که در جدول با حرف انگلیسی (a) و گروه دوم شامل اکوتیپ-

چتریان (Apiaceae) چندساله، معطر، به ارتفاع ۷۰ تا ۲۰۰ سانتی‌متر، دارای برگ‌هایی به رنگ سبز تیره، متناوب، ظریف و برخوردار از بریدگی‌های کم‌وبیش عمیق است که گل‌های آن زردرنگ و مجتمع به‌صورت چتر مرکب ظاهر می‌شود. میوه رازیانه فندقه دوقسمتی می‌باشد که وزن هزار دانه آن به‌طور متوسط پنج گرم است (Majnon-Hosini and Davazdah-Emami, 2007). تمام اندام‌های گیاه حاوی اسانس است ولی بیشترین مقدار اسانس در میوه آن در حدود ۲ تا ۶ درصد تولید می‌شود. عملکرد رازیانه بسته به شرایط اقلیمی محل رویش، در سال اول به ۰/۴ تا ۰/۶ تن در هکتار و در سال دوم به ۱ تا ۲ تن در هکتار می‌رسد (Omidbaigi, 2009). اسانس رازیانه از بیش از سی نوع ترکیب‌های ترینی یا ترپنوئیدی تشکیل شده است. مهم‌ترین این ترکیب‌ها عبارت‌اند از آنتول، فنکون، لیمونن و متیل کاپیکول (Hornok, 1992).

در میان عوامل محدودکننده طبیعی، کمبود آب مهم‌ترین عاملی است که به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان به طرق مختلف باعث محدودیت کاشت و کاهش محصولات غذایی می‌شود. آب یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی است که تأثیر عمده‌ای بر رشد، نمو و مواد مؤثره گیاهان دارویی دارد (Zho et al., 2009). با توجه به اینکه دوسوم از وسعت ایران را مناطق خشک و نیمه‌خشک تشکیل می‌دهد، بنابراین یکی از مسائل مهمی که بایستی موردتوجه قرار گیرد تنش خشکی در طول فصل رشد گیاه است (Sarmadnia and Kochehi, 1996). از آنجایی که تنش آب از بزرگ‌ترین مشکلات در تولید محصولات زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، از جمله ایران به شمار می‌رود، شناخت واکنش‌های متفاوت گیاهان دارویی به کمبود آب از اهمیت خاصی برخوردار است (Heidari, 2001). برخی مطالعات حاکی از آن است که تنش ناشی از کمبود آب سبب کاهش رشد قسمت‌های مختلف گیاه اعم از ریشه‌ها و اندام‌های هوایی، سطح برگ، ارتفاع و درنهایت عملکرد و وزن خشک گیاهان می‌شود. برخی دیگر از مطالعات نیز شاهد آن است که تنش متعادل از خشکی باعث افزایش مواد مؤثره گیاهان می‌شود. محققین طی تحقیقی بر دو توده بومی رازیانه گزارش کردند که آبیاری اثر معنی‌داری بر اندام‌های رویشی و زایشی رازیانه دارد. به‌طوری‌که با افزایش فواصل آبیاری، ارتفاع بوته، بیوماس، تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در چتر، وزن هزار

(Bahmani, 2011). در هر کرت فرعی چهار ردیف بافاصله ۲۵ سانتی‌متر ایجاد و بذور با عمق دو تا سه سانتی‌متر و به‌صورت جوی و پشته کشت شد. وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد. زمان برداشت برای اکوتیپ‌های زودرس و میان‌رس اواخر تیرماه و برای اکوتیپ‌های دیررس اواسط شهریورماه بود. در موقع برداشت، در هر کرت کل اندام هوایی گیاه برداشت‌شده و در محیط سایه و با تهویه مناسب جهت تعیین وزن خشک کل اندام هوایی خشک گردید و در پایان پس از کوبیدن، دانه‌ها توسط غربال جدا و توزین شد، سپس عملکرد دانه در واحد سطح محاسبه شد. برای تعیین وزن هزار دانه تعداد ۱۰۰ عدد دانه با ترازوی دیجیتالی، توزین و متوسط آن‌ها در عدد ۱۰ ضرب شد تا وزن هزار دانه هر کرت به دست آمد. سپس دانه‌ها جهت اسانس‌گیری در داخل پاکت ریخته شد و به آزمایشگاه انتقال داده شد.

های میان‌رس با حرف (b) مشخص شده است و گروه سوم شامل اکوتیپ‌های زودرس با حرف (c) مشخص شده است، می‌باشد (جدول ۱). لازم به ذکر است که بذور گیاهان در سال ۱۳۹۱ - ۱۳۹۰ کشت شد و در سال ۱۳۹۲ پوشش گیاهی از قسمت‌های باقیمانده گیاه در زمین از سال قبل، حاصل شد. به این منظور در سال اول، پس از عملیات آماده‌سازی زمین (شخم، دیسک و تسطیح) بذور در نیمه سوم اسفندماه ۱۳۹۰ به‌صورت دستی کشت شدند و در سال دوم (۱۳۹۲) بعد از استقرار کامل بوته‌ها، در اواخر فروردین‌ماه، تیمار آبیاری اعمال گردید. اندازه هر کرت اصلی ۱۹×۱ متر و اندازه هر کرت فرعی ۱×۱ متر بود. فواصل بین ردیف‌های اصلی کشت ۳۰ سانتی‌متر تنظیم شد. فواصل مناسب ردیف‌های کاشت رازیانه، بسته به نوع رازیانه از ۳۰ برای انواع معمولی تا ۶۰ سانتی‌متر برای انواع ساقه متورم تعیین شده است (Izadi-darbandi and

جدول ۱. اکوتیپ‌های رازیانه.

Table 1. Fennel ecotypes.

شماره No.	اکوتیپ Ecotype	شماره No.	اکوتیپ Ecotype	شماره No.	اکوتیپ Ecotype	شماره No.	اکوتیپ Ecotype
1	چاهستان Chahestan(a)	14	قزوین Ghazvin(b)	27	بجستان Bachestan(c)	40	دیواندره Divandareh(c)
2	الموت Alemut(b)	15	تفرش Tafrash(c)	28	کاشان Kashan(c)	41	شبستر Shabestar(c)
3	اراک Arak(c)	16	سرپل ذهاب Sarpolzahab(c)	29	اقلید آباد Eghlidabadeh(c)	42	شیراز Shiraz(c)
4	خاش Khash(b)	17	فزوه Fzvoh(b)	30	اهواز Ahvaz(c)	43	قم Qom(c)
5	فسا Fasa(c)	18	ساری Sari(a)	31	دهگلان Dehgolan(c)	44	ارومیه Oromieh(c)
6	هشتگرد Hashtgerd(c)	19	رفسنجان Rafsanjan(c)	32	سردشت Sardasht(c)	45	اصفهان Esfahan(c)
7	مشکین‌شهر Meshkinshahr(b)	20	گیوی Givi(b)	33	سقز Saqez(c)	46	رزن Razan(c)
8	دماوند Damavand(b)	21	کلیبر Klibr(a)	34	کرمان Kerman(c)	47	سبزوار Sabzavar(c)
9	اینچه برون Inchebron(c)	22	خلخال Khalkhal(b)	35	کامیاران Kambaran(c)	48	کوهین Kohin(b)
10	همدان Hamedan(c)	23	مرودشت، Marvdasht(b)	36	نیریز Nairiz(c)	49	آران بیدگل Aranbidgel(c)
11	یزد Yazd(c)	24	مغان Moghan(b)	37	برازجان Barazjan(c)	50	بیرجند Birjand(c)
12	اردبیل Ardebil(c)	25	تهران Tehran(c)	38	تبریز Tabriz(c)	51	ارسباران Arasbaran(a)
13	حاجی‌آباد Hajiabad(a)	26	اردکان Ardakan(c)	39	سنندج Sanandaj(c)		

(a) اکوتیپ دیررس. (b) اکوتیپ میان‌رس. (c) اکوتیپ زودرس.

(a) Ecotype delayed. (b) Ecotype medium maturity. (c) Ecotype premature

متعادل مقدار متوسط را به خود اختصاص داد. کمترین مقدار وزن خشک اندام هوایی نیز مربوط به تنش شدید بود (جدول ۴). طبق این نتایج تنش خشکی باعث کاهش وزن خشک اندام هوایی در رازیانه شد. این نتایج با نتایج آزمایشی بر روی گیاه دارویی رازیانه که در آن بیان شد تنش خشکی باعث کاهش وزن خشک اندام هوای رازیانه می‌شود مطابقت داشت (Kocheki et al., 2006).

نتایج جدول تجزیه واریانس برای صفت وزن خشک اندام هوایی نشان داد که اکوتیپ اثر معنی‌داری بر وزن خشک اندام هوایی نداشت. اثر متقابل آبیاری در اکوتیپ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه‌ی میانگین اثر متقابل آبیاری در اکوتیپ برای صفت وزن خشک کل اندام هوایی نیز نشان داد که با افزایش تنش خشکی مقدار وزن خشک کل اندام هوایی کاهش می‌یابد. به طوری که در تیمار آبیاری نرمال اکوتیپ‌های بیرجند، آران بیدگل و مشکین‌شهر به ترتیب بیشترین مقدار وزن خشک کل اندام هوایی را دارا بودند و برای تیمار تنش متعادل نیز به ترتیب اکوتیپ‌های مروودشت، مغان و الموت بیشترین مقدار وزن خشک اندام هوایی را داشتند. همچنین برای تیمار تنش شدید اکوتیپ‌های کاشان، خلخال و چاهستان به ترتیب بیشترین وزن خشک اندام هوایی را دارا بودند (جدول ۳).

عملکرد دانه در هکتار

اثر تیمارهای آبیاری بر عملکرد دانه در هکتار، در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب به تیمار آبیاری نرمال (۲/۴۵ تن) و تنش شدید (۰/۹۸ تن) اختصاص داشت. تیمار تنش متعادل (۱/۷۲ تن) نیز از نظر مقایسه میانگین در بین این دو تیمار قرار گرفت (جدول ۴). این نتایج مطابق با سایر گزارش‌های به‌دست‌آمده توسط سایر بر روی گیاه دارویی رازیانه بود. آن‌ها بیان کردند که تیمار بدون تنش خشکی باعث بیشترین عملکرد دانه شد و تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود. برخی محققین بیان کردند که تنش خشکی از گرده‌افشانی تا بلوغ فیزیولوژیک به‌ویژه اگر با دمای بالا همراه باشد دوره پر شدن دانه و سرعت پر شدن را کاهش داده و در نتیجه میانگین وزن دانه کاهش می‌یابد (Royo et al., 2000). در آزمایشی بر روی آنیسون مشاهده شد که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه می‌

استخراج اسانس در آزمایشگاه و به روش تقطیر با آب انجام گرفت. برای استخراج، ۲۰ گرم از دانه برداشت‌شده از هر کرت توزین شده و پس از آسیاب کردن به مدت سه ساعت در ۲۰۰ میلی‌لیتر آب در داخل بالن و در دستگاه کلونجر جوشانیده شد. پس از این مدت، اسانس در محل جمع‌آوری اسانس که مدرج می‌باشد، جمع شد. از آنجاکه اسانس رازیانه سبک‌تر از آب است بر روی آب قرار گرفت. پس از پایان مدت اسانس‌گیری، با باز کردن شیر پایین دستگاه، ابتدا آب و پس‌از آن اسانس خارج شد. اسانس حاصل از هر تیمار به‌طور جداگانه در داخل ظرف ریخته و پس از سانتریفوژ کردن نمونه‌ها و خارج کردن آب آن، با استفاده از سمپلر مقدار اسانس برحسب سانتی‌متر مکعب (cm^3) اندازه‌گیری شد.

برای تجزیه آماری از نرم‌افزارهای SAS، SPSS و EXCEL استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال یک و پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

در جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس برای برخی صفات زایشی رازیانه آورده شده است. نتایج نشان داد که آبیاری اثر معنی‌داری بر صفات زایشی رازیانه داشت. طبق نتایج تجزیه واریانس آبیاری بر روی صفات عملکرد دانه، وزن هزار دانه و مقدار اسانس، اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت. اثر آبیاری بر روی صفت وزن خشک کل اندام هوایی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین مقدار وزن خشک کل اندام هوایی، عملکرد دانه و وزن هزار دانه در تیمار آبیاری نرمال (۸۰ میلی‌متر تبخیر) بود. بیشترین مقدار اسانس در تیمار آبیاری تنش متعادل (۱۴۰ میلی‌متر تبخیر) به دست آمد. به‌طور کلی در شرایط آبیاری مطلوب، رشد رویشی و تخصیص به اندام‌های هوایی افزایش می‌یابد (Najafi, 2011).

وزن خشک کل اندام هوایی

نتایج جدول تجزیه واریانس برای صفت وزن خشک اندام هوایی نشان داد که تیمار آبیاری اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر روی این صفت دارد (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین وزن خشک اندام هوایی مربوط به تیمار آبیاری نرمال بود و تیمار تنش

وزن هزار دانه

تأثیر آبیاری بر وزن هزار دانه، از نظر آماری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). با توجه به مقایسه میانگین‌ها تیمارها در سه گروه متفاوت قرار گرفتند. تیمار آبیاری نرمال حداکثر وزن هزار دانه را داشت و تیمارهای تنش متعادل و تنش شدید به ترتیب در گروه‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۴). این نتایج با نتایج آزمایشی بر روی سه توده بومی رازیانه که مشاهده شد تنش خشکی باعث کاهش وزن هزار دانه رازیانه می‌شود مطابقت داشت، که در آن بیشترین وزن هزار دانه را توده از میر نسبت به توده‌های همدان و گازی آنتپ دارا بود (Rezaietal., 2012). در تیمارهای با سطوح تنش پایین‌تر، گیاه با مناسب‌تر بودن شرایط خاک و مصرف آب زیادتر و تولید مواد فتوسنتزی بیشتر توانسته است با افزایش تعداد چتر سهم مواد فتوسنتزی اختصاص یافته به هر دانه در چتر را کاهش داده که موجب کاهش وزن هزار دانه می‌شود. از طرف دیگر وزن

شود که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد (Heidari et al., 2012).

اثر اکوتیپ بر عملکرد دانه نیز طبق نتایج جدول تجزیه واریانس در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اکوتیپ برای صفت عملکرد دانه در هکتار نشان داد که بیشترین عملکرد دانه به ترتیب مربوط به اکوتیپ‌های الموت (۲/۱۹ تن در هکتار)، مرودشت (۲/۰۶ تن در هکتار)، مشکین‌شهر (۲/۰۶ تن در هکتار) و خاش (۲/۰۴ تن در هکتار) بود. کمترین مقدار عملکرد دانه را اکوتیپ‌های اقلید آباد و دهگلان (۱/۵۷ تن در هکتار)، سرپل زهاب و فسا (۱/۶۰ تن در هکتار) و تفرش و یزد (۱/۶۱ تن در هکتار) به خود اختصاص دادند. لازم به ذکر است که میزان عملکرد دانه بر درصد اسانس استخراجی در اکوتیپ‌های رازیانه اثری نداشت. نتایج ضرایب همبستگی بین صفات نشان داد که عملکرد دانه همبستگی مثبت معنی‌دار در سطح پنج درصد با وزن هزار دانه ($R^2 = 0/35$) و همبستگی مثبت معنی‌دار در سطح یک درصد با صفات مقدار اسانس ($R^2 = 0/40$) و وزن خشک کل اندام هوایی ($R^2 = 0/66$) داشت (جدول ۶).

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس، وزن خشک کل اندام هوایی، عملکرد دانه، وزن هزار دانه و مقدار اسانس.

Table 2. Analysis of variance, total dry weight, yield seed, seed weight of 1000, enhance essential oil.

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی D.F	میانگین مربعات (M.S)			
		وزن خشک کل اندام هوایی total dry weight	عملکرد دانه در هکتار seed yield	وزن هزار دانه weight of 1000 seeds	مقدار اسانس essential oil
بلوک Block (R)	2	1856987.35*	8.19*	16.52**	0.17*
آبیاری Irrigation (a)	2	2406655.82*	64.56**	21.74**	0.83**
خطای الف Error a (Ea)	4	250139.66	1.086	0.58	0.01
اکوتیپ (b) Ecotypes (b)	50	8949.84 ^{ns}	0.15**	0.24*	0.01**
آبیاری × اکوتیپ Irrigation* Ecotypes (a*b)	100	10718.63*	0.03 ^{ns}	0.19 ^{ns}	0.00341**
خطای ب (Eb) Error b (Eb)	300	7606.06	0.03	0.16	0.00035
ضریب تغییرات (C.V.%)		10.88	10.8	11.41	5.35

*: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد. **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد. ^{ns}: غیر معنی‌دار.

*: Significant at 5%. **: Significant at 1%. ^{ns}: Non-significant.

با محدود شدن آبیاری در مرحله زایشی به دلیل اینکه طول دوره پر شدن دانه کاهش می‌یابد گیاه با محدودیت منبع مواجه شده و مواد کمتری به دانه‌ها منتقل می‌شود. بنابراین هرگونه تنش کم‌آبی در طی این مراحل می‌تواند بر روابط منبع و مخزن تأثیر منفی بگذارد. بنابراین، کاهش

هزار دانه نشان‌دهنده وضعیت و طول دوره زایشی هر گیاه است و از آنجاکه با آغاز گلدهی و مشخص شدن تعداد دانه در بوته، دانه‌ها شروع به دریافت و ذخیره مقادیری از مواد فتوسنتزی می‌نمایند، می‌بایستی بین وزن هزار دانه هنگامی که گیاه در حال تنش رطوبتی قرار می‌گیرد، با حالت‌های نرمال تفاوت وجود داشته باشد.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری در اکوتیپ برای صفت وزن خشک کل اندام هوایی. (gr. m^2).

Table 3. The mean interaction effect of irrigation on total dry weight of shoot ecotype.

Ecotype	اکوتیپ	سطوح آبیاری			Ecotype	اکوتیپ	سطوح آبیاری		
		Irrigation levels					Irrigation levels		
		نرمال	تنش متعادل	تنش شدید			نرمال	تنش متعادل	تنش شدید
Normal	Balancing stress	Severe stress	Normal	Balancing stress	Severe stress				
Chahestan	چاهستان	945.07	706.2	762.97	Bajestan	بجستان	882.3	751.97	610.34
Alemaot	الموت	988.27	905.47	656.23	Kashan	کاشان	934.97	759.87	775.84
Arak	اراک	1016.07	734.97	677.48	Eqlidabad	اقلیدآباد	976.5	662.27	653.73
Khash	خاش	998.97	856.43	695.97	Ahvaz	اهواز	937.4	700.25	677.7
Fasa	فسا	931.97	819.62	584.07	Dehgolan	دهگلان	879.73	789.45	682.13
Hashtgerd	هشت‌گرد	930.9	683.53	621.84	Sardasht	سردشت	920.97	666.72	751.94
Meshkinshahr	مشکین‌شهر	1019.3	881.17	653.8	Saqez	سقز	911.37	776.07	736.6
Damavand	دماوند	963.3	708.23	591.74	Kerman	کرمان	911.63	847.63	690.74
Inchebron	اینچه‌برون	1010.07	776.6	620.74	Kamiaran	کامیاران	972.97	675.22	630.73
Hamedan	همدان	967.3	778.63	647.88	Neiriz	نیریز	897.37	652.8	607.08
Yazd	یزد	906.37	749.9	618.3	Barazjan	برازجان	891.27	655.32	699.04
Ardabil	اردبیل	935.83	730.3	666.73	Tabriz	تبریز	997.97	763.37	738.23
Hajiabad	حاجی‌آباد	994.07	814.33	723.63	Sanandaj	سنندج	984.3	742.12	671.03
Qazvin	قزوین	936.3	738.53	700.74	Divandareh	دیواندره	929.43	819.63	697.34
Tafresh	تفرش	918.23	757.83	724.83	Shabestar	شبستر	978.63	718.22	679.79
Sarpolzahab	سرپل‌ذهاب	916.4	706.57	698.34	Shiraz	شیراز	1014.23	761.9	735.83
Fzoh	فزه	921.8	811.57	704.93	Qom	قم	960.93	767.13	630.34
Sari	ساری	876.3	798.37	666.97	Oromieh	ارومیه	992.83	799.22	611.14
Rafsanjan	رفسنجان	894.4	775.57	645.3	Esfahan	اصفهان	938.27	825.77	680.78
Givi	گیوی	926.5	751.53	668.2	Razan	رزن	975.9	711.8	639.03
Kliber	کلیبر	885.4	647.27	672.3	Sabzavar	سبزوار	1006.97	736.37	731.37
Khalkhal	خلخال	910.97	868.1	774.3	Kohin	کوهین	870.3	786.03	677.6
Marvdasht	مرودشت	892.73	1055.3	624.97	Aranbidgel	آران بیدگل	1026.85	822.07	669.27
Moghan	مغان	870.3	1033.9	571.87	Birjand	بیرجند	1022.2	756.72	680.28
Tehran	تهران	969.3	773.07	565.14	Arasbaran	ارسباران	1007.63	782.43	651.07
Ardakan	اردکان	914.23	666.12	630.34	LSD (0.01)		142.45	303.33	321.04

میانگین‌هایی که تفاوت بین آن‌ها کمتر از میزان LSD می‌باشد، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار ندارد. Means with a difference less than the LSD, do not significantly differ at the 0.01 probability level.

جدول ۴. مقایسه میانگین* اثرات سطوح مختلف آبیاری بر صفات عملکرد گیاه دارویی رازیانه.

Table 4. Comparison* of different irrigation level son yield of fennel herb.

سطوح آبیاری Irrigation levels	وزن خشک اندام هوایی total dry weight (gr.m ²)	عملکرد دانه در هکتار seed yield (t. ha ⁻¹)	مقدار اسانس enhance essential oil (cc)	وزن هزار دانه weight of 1000 seed (gr)
نرمال (۸۰ میلی‌متر) Normal (80mm. E.)	946.33 ^a	2.45 ^a	0.33 ^a	3.97 ^a
تنش متعادل (۱۴۰ میلی‌متر) Balancing stress (140 mm. E.)	769.79 ^b	1.72 ^b	0.44 ^b	3.57 ^b
تنش شدید (۱۸۰ میلی‌متر) Severe stress (180 mm. E.)	670.16 ^b	0.98 ^c	0.27 ^c	3.10 ^c
LSD (0/05)	158.73	0.33	0.24	0.031

*- در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند اختلاف معنی‌داری ندارند.

*- In each column, mean that at least one common letter are not statistically different.

اسانس را داشت. تیمار آبیاری کامل نیز از لحاظ مقدار اسانس در بین این دو تیمار قرار داشت (جدول ۴). نتایج آزمایشی بر روی گیاه دارویی بابونه آلمانی نشان داد که مقدار اسانس این گیاه در تنش ملایم نسبت به تنش شدید و آبیاری کامل بیشتر بود (Ahmadian et al., 2011) که این نتایج با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. همچنین طبق نتایج آزمایشی بر روی گیاه دارویی بادنرنبویه مشاهده شد که تیمار تنش ملایم بالاترین عملکرد اسانس را داشت که نسبت به تیمار شاهد و تنش شدید بیشتر بود (Ardakani et al., 2007).

اثر اکوتیپ بر صفت مقدار اسانس نیز طبق جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه‌ی میانگین اکوتیپ‌ها نشان داد که بیشترین مقدار اسانس مربوط به اکوتیپ‌های نیریز (۰/۴۲ سی‌سی در ۲۰ گرم دانه)، سقز، کرمان، مرودشت و الموت (۰/۴۱ سی‌سی در ۲۰ گرم دانه) و کامیاران (۰/۴۰ سی‌سی در ۲۰ گرم دانه) بود و همچنین کمترین مقدار اسانس را اکوتیپ‌های حاجی‌آباد (۰/۲۷ سی‌سی در ۲۰ گرم دانه) و دماوند و رزن (۰/۲۸ سی‌سی در ۲۰ گرم دانه) به خود اختصاص دادند. در آزمایشی بر روی اکوتیپ‌های رازیانه مشاهده شد که بیشترین مقدار اسانس مربوط به اکوتیپ اروپایی ۱۱۴۸۶ بود و کمترین مقدار اسانس را اکوتیپ یزد دارا بود. همچنین بیان شد بین اکوتیپ‌های یزد و تهران از لحاظ مقدار اسانس اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (Ehsanipour et al., 2013).

تأمین مواد پرورده در طول این دوره سبب محدود شدن گنجایش ذخیره دانه و کاهش وزن دانه خواهد شد. طبق نتایج آزمایشی روی گیاه دارویی اسفرزه گزارش شد که تحت تنش کم‌آبی به دلیل بسته شدن روزنه‌ها، کاهش سطح برگ و کاهش فعالیت فتوسنتزی و همچنین کوتاه شدن طول دوره پر شدن دانه‌ها و پیری زودرس وزن هزار دانه اسفرزه به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (Kocheiki and Teimori, 2011). نتایج فوق با نتایج آزمایشی بر روی کلزای پاییزه (Soleimani et al., 2012) و زیره سیاه (Lareybi et al., 2009) مطابقت دارد.

طبق نتایج به‌دست‌آمده از جدول تجزیه واریانس اثر اکوتیپ بر وزن هزار دانه در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اکوتیپ‌ها نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه به ترتیب مربوط به اکوتیپ‌های مغان، سنندج و مشکین‌شهر بود و کمترین مقدار وزن هزار دانه را اکوتیپ‌های کلیبر، هشتگرد و چاهستان به ترتیب به خود اختصاص دادند.

مقدار اسانس

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) حاکی از آن بود که آبیاری اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر صفت مقدار اسانس داشت. بین تیمارهای مختلف آبیاری از لحاظ مقدار اسانس اختلاف وجود دارد. مقایسه‌ی میانگین برای تیمار آبیاری نشان داد که بالاترین مقدار اسانس در تیمار تنش متعادل به دست آمد و تنش شدید کمترین مقدار

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری در اکوتیپ برای صفت مقدار اسانس (CC در ۲۰ گرم دانه).

Table 5. Comparison of mean interaction effect of irrigation on essential at tribute Ecotype (CC at 20 gr).

Ecotype	اکوتیپ	سطوح آبیاری			Ecotype	اکوتیپ	سطوح آبیاری		
		Irrigation levels					Irrigation levels		
		نرمال	تنش متعادل	تنش شدید			نرمال	تنش متعادل	تنش شدید
Normal	Balancing stress	Severe stress	Normal	Balancing stress	Severe stress				
Chahestan	چاهستان	0.36	0.45	0.28	Bajestan	بجستان	0.31	0.39	0.27
Alemaot	الموت	0.36	0.60	0.27	Kashan	کاشان	0.30	0.40	0.27
Arak	اراک	0.31	0.40	0.28	Eqlidabad	اقلید آباد	0.29	0.37	0.24
Khash	خاش	0.37	0.55	0.26	Ahvaz	اهواز	0.31	0.39	0.26
Fasa	فسا	0.33	0.42	0.29	Dehgolan	دهگلان	0.30	0.40	0.28
Hashtgerd	هشت گرد	0.34	0.45	0.28	Sardasht	سردشت	0.39	0.46	0.33
Meshkinshahr	مشکین شهر	0.37	0.62	0.24	Saqez	سقز	0.44	0.50	0.31
Damavand	دماوند	0.26	0.35	0.23	Kerman	کرمان	0.43	0.55	0.27
Inchebron	اینچه برون	0.39	0.50	0.23	Kamiaran	کامیاران	0.40	0.51	0.28
Hamedan	همدان	0.36	0.45	0.25	Neiriz	نیریز	0.41	0.50	0.35
Yazd	یزد	0.34	0.43	0.29	Barazjan	برازجان	0.26	0.35	0.23
Ardabil	اردبیل	0.31	0.40	0.27	Tabriz	تبریز	0.31	0.40	0.26
Hajiabad	حاجی آباد	0.26	0.35	0.22	Sanandaj	سنندج	0.29	0.38	0.23
Qazvin	قزوین	0.41	0.50	0.22	Divandareh	دیواندره	0.31	0.40	0.27
Tafresh	تفرش	0.36	0.45	0.30	Shabestar	شبستر	0.32	0.41	0.28
Sarpolzahab	سرپل ذهاب	0.33	0.42	0.29	Shiraz	شیراز	0.33	0.42	0.29
Fzoh	فزوه	0.34	0.43	0.28	Qom	قم	0.36	0.43	0.33
Sari	ساری	0.41	0.50	0.28	Oromieh	ارومیه	0.37	0.46	0.28
Rafsanjan	رفسنجان	0.29	0.38	0.25	Esfahan	اصفهان	0.31	0.40	0.28
Givi	گیوی	0.31	0.40	0.27	Razan	رزن	0.26	0.35	0.23
Kliber	کلیبر	0.30	0.39	0.26	Sabzavar	سبزوار	0.29	0.38	0.25
Khalkhal	خلخال	0.36	0.45	0.31	Kohin	کوهین	0.31	0.40	0.27
Marvdasht	مرودشت	0.38	0.60	0.26	Aranbidgel	آران بیدگل	0.34	0.42	0.29
Moghan	مغان	0.35	0.58	0.25	Birjand	بیرجند	0.31	0.40	0.28
Tehran	تهران	0.37	0.48	0.24	Arasbaran	ارسباران	0.29	0.38	0.25
Ardakan	اردکان	0.32	0.42	0.30	LSD (0.01)		0.088	0.057	0.067

میانگین‌هایی که تفاوت بین آن‌ها کمتر از میزان LSD می‌باشد، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار ندارند. Means with a difference less than the LSD, do not significantly differ at the 0.01 probability level.

داشتند و در تیمار تنش متعادل نیز اکوتیپ‌های مشکین‌شهر، مرودشت، الموت و مغان به ترتیب بیشترین مقدار اسانس را داشتند. برای تیمار تنش شدید نیز به ترتیب اکوتیپ‌های سردشت، قم، سقز و خلخال بیشترین مقدار اسانس را داشتند (جدول ۵).

مقایسه‌ی میانگین اثر متقابل آبیاری در اکوتیپ برای صفت مقدار اسانس نیز نشان داد که با اعمال تنش ملایمی به گیاه مقدار اسانس بیشتر می‌شود. به طوری که در این آزمایش در تیمار آبیاری کامل اکوتیپ‌های سقز، کرمان، ساری، قزوین و نیریز به ترتیب بالاترین مقدار اسانس را

جدول ۶. نتایج ضرایب همبستگی بین صفات عملکرد اکوتیپ‌های رازیانه.

Table 6. Results of correlation coefficients between yield ecotypes of fennel.

Trait	صفت	1	2	3	4
1	وزن هزار دانه (seed weight of 1000)	1			
2	مقدار اسانس (enhance essential oil)	0.17	1		
3	وزن خشک اندام هوایی (total dry weight)	0.25	0.22	1	
4	عملکرد دانه (yield seed)	0.35*	0.40**	0.66**	1

** - معنی‌دار در سطح یک درصد. * - معنی‌دار در سطح پنج درصد.

* - Significant at the one percent level. * - Significant at the five percent level.

نتیجه‌گیری

اسانس مربوط به اکوتیپ مشکین‌شهر در تیمار تنش متعادل بود و کمترین مقدار اسانس را اکوتیپ‌های حاجی‌آباد و قزوین به خود اختصاص دادند و با افزایش تنش خشکی به گیاه رازیانه از مقدار وزن خشک کل اندام هوایی و همچنین وزن هزار دانه آن کاسته شد و از طرفی تنش متعادل باعث افزایش مقدار اسانس در اکوتیپ‌ها شد.

به‌طور کلی از این آزمایش چنین استنباط می‌شود که با افزایش شدت تنش خشکی عملکرد دانه کاهش یافت و از طرفی بیشترین عملکرد دانه را اکوتیپ الموت داشت و کمترین عملکرد دانه را اکوتیپ‌های اقلید آباده و دهگلان به خود اختصاص دادند. لازم به ذکر است که بیشترین مقدار

منابع

- Aghai, A., Ehsanzadeh, P., 2011. Effect of irrigation and nitrogen on yield and some physiological parameters herbs, pumpkin seed spaper (*Cucurbita pepo*). Iranian Journal of Horticultural Science. 42: 3. 291-299. [In Persian with English Summary].
- Ahmadyan, A., Ghanbari, A., Siah sar, B., 2011. Effects of drought stress and use of organic manure and in organic residues on yield, and german chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Journal of Agroecology. 3: 3. 383-395. [In Persian with English Summary].
- Ardakani, M.R., Abbaszadeh, B., Sharifi Ashourabadi, E., Lebaschi, M.H., Packnejad, F., 2007. The effect of water deficit on quantitative and qualitative characters of balm (*Melissa officinalis* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 23(2), 251-261. [In Persian with English Summary].
- Bahmani, K., Izadi-Darbandi, A., Sadat-Noori, A., Ashraf-Jafari, A., Moradi, N., 2011. Determination of interrelationships among phenotypic traits of Iranian fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) using correlation, stepwise regression and path analyses. Journal of Essential Oil Bearing Plants. 15: 424 – 444.
- Ehsanipour, A., Razmjoo, K., Zeinali, H., 2013. Effect of nitrogen rates on yield, yield components and essential oil content of several Fennel (*foeniculum vulgare* mill.) Populations. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 28: 4. 579-593. [In Persian with English Summary].
- Haidari, H., 2001. Plant, Drought and Famine. Publications, Research Institute of Forests and Rangelands. P 35-37. [In Persian].
- Heidari, N., Pouryousef, N., Tavakkoli, 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(1), 121-130. [In Persian with English Summary].
- Hornok, L., 1992. Cultivation and Processing of Medicinal Plants. Academic Publ. Budapest, 338 p.
- Izadi-darbandi, A., Bahmani, K., 2011. Fundamental of Agronomy and Breeding in Fennel. Publications of Tamadon Pars. 140p. [In Persian].
- Jamshidi, A., Ghalavand, A., Sefidkan, F., Mohamadi, A., 2012. Effects of different nutrition systems (organic and chemical) on quantitative and qualitative characteristics of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under water deficit stress. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 28(2), 310-323. [In Persian with English Summary].
- Kirakosyan, A., Kaufman, P., Warber, S., Zick, S., Aaronson, K., Bolling, S., Chang, S.C., 2004. Applied environmental stresses to enhance the levels of polyphenolics in leaves of hawthorn plants. Physiologia Plantarum. 121, 182-186.
- Kocheki, A., Teimori, M., 2011. Effect of irrigation intervals on yield and fertilizer Tuesday herbs, lavender, hyssop and rosemary in Mashhad. Iranian Journal of Field Crops Research. 9(1), 78-87. [In Persian with English Summary].
- Kocheki, A., Nasiri-Mahalati, M. and Azizi, K. 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 Crop Research. 4(1), 131-140. [In Persian with English Summary].
- Laribi, B., Bettaieb, I., Kouki, K., Sahli, A., Mougou, A., Brahim, M., 2009. Water deficit effects on caraway (*Carum carvi* L.) growth, essential oils and fatty acids composition. Industrial Crops Proudcts. 30, 372-379.
- Majnon-Hoseini, N., Davazdah-Emami, S., 2007. Agriculture and the production of some medicinal plants. Tehran University Press. p 63. [In Persian].
- Najafi, F., 2001. Effect of irrigation intervals and plant density on yield and quality herbs *Psyllium* (*Plantago ovate*). Master's thesis. Ferdowsi University of Mashhad. [In Persian with English Summary].
- Omid-beygi, R., 2009. Production and Processing of Medicinal Plants, Tehran, p 73-78. [In Persian].
- Rezai, A., Salmasi, S., Ghasemi, K., Aelazar, A., 2012. Effect of Irrigation Treatments on Yield and Yield Components of Three Fennel (*Foeniculum vulgare* L.) Landraces. Journal of Agricultural and Stable Production. 22(4), 57-70. [In Persian with English Summary].
- Royo, C., Garcíadel-Moral, L.F., Aparicio, N., Villegas, D., Casadesus, J., Araus, J.L., 2000. Tools for improving the efficiency of durum wheat selection under Mediterranean conditions. International Journal of Remote Sensing. 14, 1887-1905.
- Sarmadnia, Gh., Kocheki, A., 1996. Crops physiology. Mashhad Jihad-e Daneshgahi Press. Sixth Edition. 467p. [In Persian].
- Soleimani, A., Moradi, M., Narenjani, I., 2011. Effects of the irrigation cut-off time in different growth stages on grain and oil yield components of autumn's canola cultivars in Isfahan region. Journal of Water and Soil. 25(3), 426-435. [In Persian with English Summary].
- Yazdani, D., Shahnazi, S., 2004. Production and trade of medicinal plants in Iran and the world. National Conference on Sustainable Development. p 73-76. [In Persian].
- 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 Products. 29, 629-633.
- Zobayed, S.M.A., Afreen, F., Kozai, T., 2005. Temperature stress can alter the photosynthetic efficiency and secondary metabolite concentrations in St. John's wort. Plant Physiology and Biochemistry. 43, 977-984.
- Zobayed, S.M.A., Afreen, F., Kozai, T., 2007. Phytochemical and physiological changes in the leaves of St. John's wort plants under a water stress condition. Environmental and Experimental Botany. 59, 109-116.