

تأثیر تنش خشکی انتهایی فصل و زمان برداشت بر عملکرد دانه و محتوای اسانس رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)

مجید پوریوسف*

*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه زنجان، پست الکترونیک: pouryousef@znu.ac.ir

تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۲

تاریخ اصلاح نهایی: اردیبهشت ۱۳۹۲

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۹۱

چکیده

به منظور بررسی تغییرات عملکرد و اسانس رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) تحت شرایط تنش خشکی و زمان‌های مختلف برداشت، آزمایشی در بهار ۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان به اجرا درآمد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. در این آزمایش تأثیر تنش خشکی در سه سطح شامل شاهد (آبیاری کامل)، تنش خشکی در مراحل گلدهی و پرشدن دانه در کرت‌های اصلی و زمان برداشت در سه سطح شامل برداشت در مراحل خمیری نرم (محتوای رطوبت دانه ۵۸٪)، خمیری سخت (محتوای رطوبت دانه ۳۷٪) و رسیدگی کامل (محتوای رطوبت دانه ۱۶٪) در کرت‌های فرعی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمایش نشان داد که تأثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه، وزن هزاردانه، تعداد چترک در چتر، تعداد دانه در چترک، تعداد دانه در چتر، درصد و عملکرد اسانس معنی‌دار ($p \leq 0/05$) بود. تمامی صفات مذکور تحت شرایط تنش خشکی به طور معنی‌داری ($p \leq 0/05$) کاهش یافتند. بیشترین عملکرد دانه (۱۴۳۶/۶۳ کیلوگرم در هکتار) و اسانس (۳۴/۵۴ کیلوگرم در هکتار) از تیمار شاهد (آبیاری کامل) و کمترین میزان صفات مذکور از تیمار تنش در مرحله پر شدن دانه حاصل شد. همچنین نتایج نشان داد که تأثیر زمان برداشت بر عملکرد دانه و اسانس، محتوای اسانس، وزن هزاردانه، تعداد دانه در چترک و تعداد دانه در چتر معنی‌دار ($p \leq 0/05$) بود. به طوری که بیشترین عملکرد دانه (۱۴۲۵/۷۵ کیلوگرم در هکتار) از برداشت در مرحله رسیدگی کامل و کمترین آن (۷۸۴/۸۱ کیلوگرم در هکتار) از برداشت در مرحله خمیری نرم بدست آمد. بیشترین عملکرد اسانس (۳۳/۹۷ کیلوگرم در هکتار) نیز از برداشت در مرحله خمیری سخت بدست آمد که تفاوت معنی‌داری با مرحله رسیدگی کامل نداشت. با توجه به نتایج آزمایش چنین می‌توان استنباط کرد که رازیانه در مراحل رشد زایشی حساس به تنش خشکی بوده و عملکرد کمی و کیفی آن تحت تأثیر زمان برداشت قرار می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)، تنش خشکی، زمان برداشت، عملکرد دانه، اجزای عملکرد.

مقدمه

اهمیت، جایگاه و نقش ویژه و رو به تزاید گیاهان دارویی و صنعتی در مدیریت پایدار به‌ویژه در ابعاد کلان توسعه اقتصادی، زیست محیطی، بهداشتی (خودکفایی دارویی)، اشتغال، امنیت غذایی و ذخایر ژنتیکی در عرصه ملی و جهانی به حدی است که می‌توان امروزه روند تعمیق، احیاء و نقش آن را به‌ویژه در تأمین دارو

به عنوان یکی از شاخص‌های توسعه در کشور مورد توجه قرار داد.

گیاه چندساله رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) یکی از مهمترین و پرمصرف‌ترین گیاهان دارویی از خانواده چتریان می‌باشد، که عمدتاً به‌منظور استفاده از اسانس حاصل از آن در صنایع مختلف دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی مورد کشت قرار می‌گیرد. هم‌اکنون در

خشکی ملایم و شدید باعث کاهش عملکرد کمی و کیفی گل‌راعی می‌شود. زهتاب سلماسی (۱۳۸۰) طی آزمایشی در مورد تأثیر رژیم‌های کم آبیاری بر انیسون گزارش کرد که با کاهش مقدار آب آبیاری، ارتفاع گیاه، تعداد چتر در گیاه، تعداد چترک در هر چتر و عملکرد دانه و اسانس به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند. در آزمایش Kazemi Saeid و همکاران (۲۰۰۲) در مورد تأثیر رژیم‌های مختلف رطوبتی بر خصوصیات زیره سبز حداکثر ارتفاع بوته، تعداد چتر در بوته، عملکرد دانه و زیست‌توده از رژیم آبیاری ۱۰۰٪ رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای حاصل گردید. Lebaschi و همکاران (۲۰۰۳) طی آزمایشی بر روی گل‌راعی گزارش کردند که بالاترین میزان عملکرد ماده خشک، تعداد گل در بوته، تعداد پنجه و ارتفاع بوته از آبیاری کامل بدست آمد و کمترین مقادیر آنها مربوط به تیمار تنش شدید بود. نتایج تحقیقات خزاعی و همکاران (۱۳۸۶) در مورد تأثیر فواصل مختلف آبیاری بر روی گیاه دارویی اسفرزه نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته و عملکرد دانه از فاصله آبیاری ۷ روز بدست آمد. Akbarinia و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که با طولانی شدن دور آبیاری عملکرد دانه، عملکرد کاه و ارتفاع بوته در گیاه سیاه‌دانه کاهش می‌یابد.

محصول رازیانه مانند بسیاری از گیاهان تیره چتریان همزمان نمی‌رسد. ابتدا دانه‌های میانی چترهای اصلی و بعد دانه‌های سایر قسمت‌ها آماده برداشت می‌شوند (امیدبگی، ۱۳۸۶؛ عسگری و همکاران، ۱۳۷۷). عملیات برداشت بذر به‌ویژه زمان آن از نظر کیفیت بذر با اهمیت است و برداشت زود هنگام و دیرهنگام بذر می‌تواند موجب کاهش قوه نامیه و بنیه بذر گردد (Kelly & George, 1998). با توجه به اینکه تحقیقات محدودی در مورد تأثیر تنش خشکی بر خواص کمی و کیفی گیاهان دارویی و به‌ویژه رازیانه انجام شده است و در کل اطلاعات در این زمینه بسیار اندک است. هدف اصلی این تحقیق بررسی تأثیر تنش خشکی و زمان برداشت بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس رازیانه بود.

مواد و روشها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان واقع در عرض شمالی ۴۱ و ۳۶ و طول شرقی ۲۷ و ۴۸ و ارتفاع ۱۶۲۰ متر از سطح دریا انجام شد. متوسط بارندگی و

بیشتر نقاط جهان، مانند کشورهای آسیایی (هند، ژاپن و چین)، جنوب و مرکز اروپا و بسیاری از کشورهای آفریقایی و همچنین در آمریکای جنوبی (برزیل و آرژانتین) زمین‌های زراعی وسیعی زیر کشت رازیانه قرار می‌گیرند (امیدبگی، ۱۳۸۶).

کاهش عملکرد دانه تحت شرایط تنش آبی در گیاهان زراعی مختلف توسط محققان متعددی گزارش شده است (Ardakani et al., 2007؛ Goksoy et al., 2004). خسارت وارده به عملکرد گیاهان ناشی از تنش خشکی، بستگی زیادی به زمان بروز تنش خشکی دارد. محدودیت آبی در زمان گلدهی و پر شدن دانه دو مرحله اساسی تکامل دانه است که شامل مرحله تقسیمات سلولی و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد. بروز تنش آبی طی مراحل مختلف نمو به‌ویژه مرحله زایشی باعث کاهش طول دوره فتوسنتزی، انتقال مواد حاصل از فتوسنتز جاری به دانه، کاهش سهم انتقال مجدد مواد ذخیره شده در ساقه به دانه و کاهش عملکرد دانه می‌شود. البته بالاترین وزن دانه در شرایطی که آب کافی در اختیار گیاه است، با طول مدت پر شدن دانه و سرعت پر شدن دانه در ارتباط می‌باشد و هر چه این دوره طولانی‌تر و سرعت پر شدن نیز سریعتر باشد وزن بالاتری از دانه حاصل می‌شود (Fischer & Maurer, 1987؛ Hsiao, 1973). معتقد هستند 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 می‌دهد، در نتیجه میانگین وزن دانه کاهش می‌یابد.

نتایج تحقیقات موجود، حکایت از این است که خواص کمی و کیفی بسیاری از گیاهان دارویی متعلق به خانواده چتریان از جمله انیسون، زیره سبز و شوید بشدت تحت تأثیر کم آبی قرار می‌گیرد (Heidari et al., 2012؛ Kazemi & Zehtab-Salmasi et al., 2006؛ Saeid et al., 2002؛ Randhawa et al., 1992). Pouryousef و همکاران (۲۰۱۲) طی آزمایشی بر روی رازیانه و Heidari و همکاران (۲۰۱۲) بر روی انیسون گزارش کردند که عملکرد دانه و اسانس رازیانه تحت تأثیر تنش خشکی به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. Lebaschi و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که آبیاری کامل باعث افزایش عملکرد سرشاخه گلدار، هیپریسین و عملکرد هیپریسین و تنش

به ۱۰ بوته در مترمربع رسانده شد. در مراحل مختلف رشد گیاه و به ویژه در مراحل اولیه که جوانه زنی و رشد رازیانه بطئی و کند بود، علفهای هرز به روش وجین دستی کنترل شدند. به منظور اندازه گیری عملکرد و اجزای عملکرد با توجه به مرحله برداشت، کرت های مربوط در سه مرحله خمیری نرم، خمیری سفت و رسیدگی کامل پس از حذف حاشیه ها (نیم متر از ابتدا و انتهای کرت ها و همچنین ردیف های کناری)، در هر واحد آزمایشی از مساحتی در حدود دو مترمربع نمونه برداری شد و عملکرد دانه اندازه گیری شد. به منظور تعیین اجزای عملکرد ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب و صفات شامل تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در هر چتر، تعداد دانه در هر چترک و وزن هزاردانه در آنها اندازه گیری شد. به منظور استخراج اسانس، بذرها در آون با دمای ۳۵ درجه سانتی گراد خشک شده و پس از آن از روش تقطیر با آب برای استخراج اسانس استفاده شد (میرعبداللهی، ۱۳۹۰). پس از تعیین درصد اسانس، عملکرد اسانس از حاصل ضرب عملکرد دانه و درصد اسانس محاسبه شد. پیش از هر گونه اقدام برای انجام محاسبات آماری بر روی داده ها، نخست با استفاده از نرم افزار آماری Minitab نرمال بودن داده ها مورد ارزیابی قرار گرفت و به دلیل نرمال بودن داده ها، تبدیل داده ای انجام نشد. محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار MSTAT-C و رسم نمودارها توسط نرم افزار Excel انجام شد. مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

دمای زنجان طی ماه های فروردین تا آبان ۱۳۹۰ (در طول استقرار گیاه در مزرعه) در جدول ۱ ارائه شده است. زمین محل آزمایش دارای خاکی با بافت لومی رسی بود. مشخصات خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۲ ذکر شده است. آزمایش به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تنش خشکی در سه سطح شامل آبیاری در کلیه مراحل رشد به صورت هفتگی (شاهد)، قطع آبیاری در مرحله گلدهی، و قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه (در مراحل گلدهی و پرشدن دانه تا رسیدن پتانسیل آب خاک به ۱/۵- مگاپاسکال آبیاری قطع شده و پس از آن برای بازیافت بوته ها، آبیاری مجدد انجام شد) در کرت های اصلی، و زمان های برداشت براساس مرحله نموی دانه و در سه سطح شامل برداشت در مراحل خمیری نرم (محتوای رطوبت دانه ۵۸٪)، خمیری سخت (محتوای رطوبت دانه ۳۷٪) و رسیدگی کامل (محتوای رطوبت دانه ۱۶٪) در کرت های فرعی مورد بررسی قرار گرفتند. هر واحد آزمایشی شامل ۵ ردیف به فاصله ۵۰ سانتی متر و به طول ۵ متر بود. کاشت رازیانه در ۱۵ فروردین ۱۳۹۰ انجام شد. بذر مورد استفاده در این آزمایش توده اصفهان بود که از واحد تحقیقات گیاهان دارویی وابسته به مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان تهیه شد. بر روی هر ردیف بذرها رازیانه با فاصله ۱۰ سانتی متر در عمق ۲ سانتی متر و به صورت کپه ای کشت شد و روی بذرها توسط مخلوط کود دامی و خاک الک شده به نسبت ۱ به ۳ به ضخامت حدود ۲ سانتی متر پوشانیده شد. بوته ها در مرحله ۲ تا ۴ برگی تنک شدند و تراکم کاشت

جدول ۱- متوسط بارندگی و دمای زنجان طی ماه های فروردین تا آبان ۱۳۹۰ (در طول دوره رشد گیاه در مزرعه)

ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان
متوسط بارندگی (mm)	۱/۳۱	۱/۳۱	۰/۱۱	۰/۱۷	۰/۱	۰/۲	۱	۱/۸۲
متوسط دما (°C)	۸/۴۵	۱۲/۵	۱۹/۴	۲۲/۷	۲۷/۹	۱۷/۶	۱۴/۷	۵/۳

جدول ۲- خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش

ماده آلی (%)	هدایت الکتریکی (dS.m ⁻¹)	اسیدیته (pH)	آهک کل (%)	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	نیتروژن (%)	فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)	منیزیم (meq/l)	کلسیم (meq/l)
۱/۲۱	۰/۷	۸/۱۸	۶	۳۱	۲۷	۴۲	۰/۰۷	۵/۶	۲۶۶	۱	۲

نتایج

زمان برداشت و تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر تعداد چتر در بوته نداشت. تعداد دانه در چتر به‌طور معنی‌داری ($p \leq 0/01$) تحت تأثیر تنش خشکی و زمان برداشت قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین تعداد دانه در چتر مربوط به شاهد (۱۲۹/۰۶) و کمترین آن (۹۴/۸۴) مربوط به تنش در مرحله گلدهی بود (جدول ۴). با تأخیر در زمان برداشت، تعداد دانه در چتر به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، به‌طوری که بیشترین تعداد دانه در چتر (۱۲۶/۰۷) از مرحله رسیدگی کامل و کمترین آن (۹۷/۴۷) از مرحله خمیری نرم حاصل شد (جدول ۴).

تعداد دانه در چترک نیز به‌طور معنی‌داری ($p \leq 0/01$) تحت تأثیر زمان برداشت و تنش خشکی قرار گرفت (جدول ۳). به‌طوری که بیشترین تعداد دانه در چترک (۹/۵۶) مربوط به مرحله رسیدگی کامل و کمترین مقدار (۷/۶۶) مربوط به خمیری نرم بود. همچنین بیشترین تعداد دانه در چترک (۹/۷۰) مربوط به شاهد و کمترین مقدار (۷/۳۵) مربوط به تنش در مرحله گلدهی بود (جدول ۴). تعداد چترک در چتر به‌طور معنی‌داری ($p \leq 0/01$) تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین تعداد

چترک در چتر (۱۳/۱۲) مربوط به تیمار شاهد و کمترین مقدار (۱۲/۴۶) مربوط به تنش در مرحله گلدهی بود (جدول ۴).

وزن هزاردانه نیز به‌طور معنی‌داری ($p \leq 0/01$) تحت تأثیر تنش خشکی و زمان برداشت قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین وزن هزاردانه (۳/۱۷ گرم) از تیمار شاهد و کمترین آن (۲/۲۴ گرم) از تنش در مرحله پر شدن دانه بدست آمد (جدول ۴). با پیشرفت مراحل رسیدگی از مرحله خمیری نرم دانه‌ها به مرحله رسیدگی کامل، وزن هزاردانه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، به‌طوری که بیشترین وزن هزاردانه (۳/۱۱ گرم) از برداشت در مرحله رسیدگی کامل و کمترین آن (۲/۲۱ گرم) از مرحله خمیری نرم بدست آمد (جدول ۴).

محتوای اسانس دانه نیز به‌طور معنی‌داری ($p \leq 0/01$) تحت تأثیر تنش خشکی و زمان برداشت قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین درصد اسانس (۳/۱۳) از تنش در مرحله پر شدن دانه و کمترین آن (۲/۴۵) از تیمار شاهد بدست آمد (جدول ۴). بالاترین محتوای اسانس دانه (۳/۲۲ گرم) از برداشت در مرحله خمیری نرم و کمترین آن (۲/۴۱ گرم) از مرحله رسیدگی کامل بدست آمد (جدول ۴).

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر تنش خشکی و زمان برداشت بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس رازیانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		تعداد چتر در بوته	تعداد دانه در چتر	تعداد دانه	تعداد چترک در چتر	وزن هزاردانه	عملکرد دانه	درصد اسانس
تکرار	۲	۱۰/۲۵ *	۲۰۷۳/۹۱ **	۹/۵۲ *	۴/۱۵ **	۰/۰۱۳ ns	۶۸/۶۷ ns	۰/۰۰۶ ns
تنش خشکی	۲	۱/۷۱ ns	۲۷۹۶/۲ **	۱۳/۶۲ *	۱/۰۵۴ **	۱/۸۹ **	۲۵/۹۷ ns	۱/۰۴۸ **
خطا (a)	۴	۱/۲۴	۷۸/۳۵	۱/۰۹	۰/۰۴	۰/۰۶۸	۳۶/۹۶	۰/۰۳۰
زمان برداشت	۲	۱/۶۷ ns	۲۰۲۶/۸۶ **	۸/۴۶ **	۱/۱۶ ns	۲/۰۹ **	۵۳/۴ ns	۱/۴۷۳ **
تنش خشکی × زمان برداشت	۴	۴/۳۹ ns	۹۷/۱۱ ns	۰/۱۷ ns	۰/۳۴ ns	۰/۰۴۳ ns	۵۸/۶۷ ns	۰/۱۳۳ ns
خطا (b)	۱۲	۰/۸۷	۸۶/۹۳	۰/۵۳	۰/۴۴	۰/۴۴	۲۷/۴۸	۰/۰۲۳
ضریب تغییرات (%)		۲/۵۳	۸/۱۵	۸/۳۸	۵/۱۶	۱۰/۲۴	۶/۰۸	۵/۴۵

ns: عدم تفاوت معنی‌دار، * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ۴- مقایسه میانگین تأثیر تنش خشکی و زمان برداشت بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس رازیانه

تیمار	تعداد چترک در چتر	تعداد دانه در چترک	تعداد دانه در چتر	وزن هزاردانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	درصد اسانس	عملکرد اسانس (کیلوگرم در هکتار)
فاصله آبیاری							
شاهد	۱۳/۱۳ a	۹/۷۰ a	۱۲۹/۰۵ a	۳/۱۷ a	۱۴۳۶/۶ a	۲/۴۵ c	۳۴/۵۴ a
تنش در مرحله گلدهی	۱۲/۴۶ b	۷/۳۵ b	۹۴/۸۴ b	۲/۸۵ a	۱۰۱۸/۸ b	۲/۸۱ b	۳۰/۳۲ b
تنش در مرحله پر شدن دانه	۱۲/۹۲ a	۹/۱۴ a	۱۱۹/۲۹ a	۲/۲۷ b	۹۹۵/۴ b	۳/۱۳ a	۲۸/۰۴ b
زمان برداشت							
خمیری نرم	۱۲/۴۲ a	۷/۶۶ b	۹۷/۴۷ b	۲/۲۱ b	۷۸۴/۸ c	۳/۲۲ a	۲۴/۶۸ b
خمیری سفت	۱۳/۰۳ a	۸/۹۷ a	۱۱۹/۶۵ a	۲/۹۷ a	۱۲۴۰/۳ b	۲/۷۶ b	۳۳/۹۷ a
رسیدگی کامل	۱۳/۰۵ a	۹/۵۶ a	۱۲۶/۰۷ a	۳/۱۱ a	۱۴۲۵/۷ a	۲/۴۱ c	۳۳/۹۵ a

تنش خشکی و زمان برداشت تأثیر معنی داری ($p \leq 0.01$) بر عملکرد دانه و اسانس داشتند (جدول ۳). بیشترین عملکرد دانه و اسانس به ترتیب در مقادیر ۱۴۳۶/۶۳ و ۳۴/۵۴ کیلوگرم در هکتار، از تیمار شاهد و کمترین میزان صفات مذکور به ترتیب در مقادیر ۹۹۵/۴۷ و ۲۸/۰۴ کیلوگرم در هکتار از تنش در مرحله پر شدن دانه بدست آمد (جدول ۴). با پیشرفت مراحل رسیدگی از مرحله خمیری نرم به مرحله رسیدگی کامل، عملکرد دانه به طور معنی داری افزایش یافت. به طوری که بیشترین عملکرد دانه به میزان ۱۴۲۵/۷۵ کیلوگرم در هکتار از برداشت در زمان رسیدگی کامل و کمترین عملکرد دانه به میزان ۷۸۴/۸۱ کیلوگرم در هکتار، از برداشت در مرحله خمیری نرم بدست آمد. بیشترین عملکرد اسانس (۳۳/۹۷ کیلوگرم در هکتار) از برداشت در مرحله خمیری سفت بدست آمد که تفاوت معنی داری با مرحله رسیدگی کامل نداشت (جدول ۴).

بحث

همان گونه که نتایج نشان داد با اعمال تنش خشکی در مرحله گلدهی تعداد دانه در چترک و چتر به طور معنی داری کاهش یافت. احتمالاً کاهش آب آبیاری از طریق ایجاد اختلال در گرده افشانی و کاهش طول دوره گرده افشانی، موجب عدم تلقیح مناسب گل ها و کاهش تعداد دانه در چترک و چتر شده است. کاهش تعداد دانه در گل آذین در شرایط تنش خشکی در گیاهان مختلف توسط محققان متعددی از جمله Heidari و همکاران

(۲۰۱۲)، زهتاب سلماسی (۱۳۸۰)، Dunford و Vazquez (۲۰۰۵) و Bannayan و همکاران (۲۰۰۸) گزارش شده است. افزایش تعداد دانه در چتر در مراحل خمیری سخت و به ویژه رسیدگی کامل نسبت به مرحله خمیری نرم، احتمالاً به دلیل ناهمزمانی گلدهی و پر شدن دانه ها در چترهای مختلف است که باعث شده است در بعضی از چترها (چترهای فرعی) تلقیح گل ها همچنان ادامه داشته و در نتیجه تعداد دانه در چتر افزایش یابد. Pouryousef و همکاران (۲۰۱۲) و زهتاب سلماسی (۱۳۸۰) نیز طی تحقیقات خود بر روی رازیانه و آنیسون به نتایج مشابهی دست یافته اند. امیدبگی (۱۳۸۶) نیز گزارش کرده است که در گیاهان متعلق به خانواده چتریان، ظهور چترها، گلدهی و تلقیح گل ها به طور همزمان اتفاق نمی افتد؛ به طوری که با پیشرفت مراحل نمو از مرحله خمیری نرم تا مرحله رسیدگی کامل به دلیل اینکه در بعضی از چترها (چترهای فرعی) تلقیح گل ها همچنان ادامه داشته تعداد دانه در چترک و چتر افزایش می یابد.

در این آزمایش کمترین وزن هزاردانه (۲/۲۷ گرم) از تنش در مرحله پر شدن دانه بدست آمد که با نتایج Pouryousef و همکاران (۲۰۱۲) در مورد رازیانه مبنی بر کاهش وزن هزاردانه در اثر تنش خشکی مطابقت دارد. بنابراین به نظر می رسد که با کاهش آب آبیاری، به دلیل پیری زودرس برگ ها، تولید مواد فتوسنتزی کاهش یافته و در نتیجه اختصاص مواد پرورده به هر کدام از دانه ها کمتر

بالا بودن عملکرد دانه از مرحله رسیدگی کامل بدست آمد که می‌تواند به دلیل پر شدن مناسب دانه‌ها و افزایش وزن هزاردانه باشد. Pouryousef و همکاران (۲۰۱۲) نیز طی آزمایش خود بر روی رازیانه گزارش کردند که بالاترین عملکرد دانه از مرحله رسیدگی کامل بدست آمد، اما Ozel (۲۰۰۹) در بررسی تأثیر مراحل مختلف برداشت بر روی آنیسون گزارش کرد که بالاترین عملکرد دانه از مرحله مومی سفت بدست آمد. با اعمال تنش خشکی محتوای اسانس دانه به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد (جدول ۴)؛ که نتایج تحقیقات انجام شده در مورد گیاهان مختلف دارویی نیز مؤید این مطلب است که با اعمال تنش خشکی و کاهش آب آبیاری درصد اسانس افزایش می‌یابد (Abreu *et al.*, 2004; Omidbaigi *et al.*, 2003; Bannayan *et al.*, 2008; & Mazzafera, 2005). البته تا زمانی که آب و در نتیجه عناصر غذایی در دسترس گیاه است گیاه کربن را ترجیحاً برای رشد اختصاص می‌دهد ولی با کاهش آب آبیاری میزان دسترسی به عناصر غذایی کمتر شده و رشد گیاه بیش از فتوسنتز محدود می‌شود و در نتیجه بخش بیشتری از مواد فتوسنتزی به تولید متابولیت‌های ثانویه و اسانس‌ها اختصاص می‌یابد (Gershenzon, 1984). Pouryousef و همکاران (۲۰۱۲) تأثیر تنش خشکی در مرحله زایشی و میرعبدالهی (۱۳۹۰) نیز طی آزمایشی تأثیر کم آبیاری در مراحل رویشی و زایشی (آبیاری به میزان ۱۰۰، ۶۶ و ۳۳ درصد ظرفیت زراعی خاک) را بر روی رازیانه بررسی کرده و گزارش کردند که محتوای اسانس دانه در شرایط تنش خشکی و کم آبیاری افزایش می‌یابد. زهتاب سلماسی (۱۳۸۰) نیز افزایش درصد اسانس در آنیسون را در شرایط کم آبیاری به رشد کمتر گیاه و اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتر به تولید اسانس‌ها نسبت داده است.

با پیشرفت مراحل رسیدگی از مرحله خمیری نرم دانه‌ها به مرحله رسیدگی کامل، محتوای اسانس دانه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۴). علت کاهش درصد اسانس با پیشرفت مراحل رسیدگی احتمالاً در نتیجه کاهش سطح اسانس در محل ترشح اسانس می‌باشد که خود این امر نیز به شرایط آب و هوایی وابسته است. میرعبدالهی (۱۳۹۰) و Rezaee و همکاران (۲۰۰۱) نیز طی آزمایشی بر روی رازیانه به این نتیجه رسیدند که محتوای اسانس میوه

شده و به تبع آن نیز دانه‌های تشکیل شده کوچک‌تر و لاغرتر شده‌اند. همچنین کاهش طول دوره پر شدن دانه در اثر کاهش آب آبیاری می‌تواند از دیگر دلایل مهم کاهش وزن هزاردانه باشد. میرعبدالهی (۱۳۹۰) و Heidari و همکاران (۲۰۱۲) نیز دلیل کاهش وزن هزاردانه رازیانه و آنیسون در اثر تنش خشکی را کاهش جذب آب و املاح توسط گیاه و به دنبال آن کاهش سنتز مواد پرورده و انتقال آن به دانه‌ها می‌دانند. در بین زمان‌های برداشت نیز کمترین وزن هزاردانه از مرحله خمیری نرم بدست آمد و با پیشرفت مراحل رسیدگی بر وزن هزاردانه افزوده شد. علت افزایش وزن هزاردانه با پیشرفت مراحل رسیدگی احتمالاً به این دلیل است که در مرحله خمیری نرم دانه‌ها به خوبی پر نشده ولی در مرحله رسیدگی کامل به دلیل بلوغ کامل و پر شدن مناسب دانه‌ها، وزن دانه‌ها افزایش یافته است. Ozel (۲۰۰۹) و Heidari و همکاران (۲۰۱۲) نیز در بررسی تأثیر مراحل مختلف برداشت بر روی آنیسون و Pouryousef و همکاران (۲۰۱۲) نیز در مورد رازیانه به نتایج مشابهی دست یافته‌اند.

همان طوری که در نتایج بیان شد با اعمال تنش خشکی عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد کاهش یافت. اعمال تنش خشکی از طریق کاهش سطح برگ‌ها و اختلال در روند جذب و انتقال عناصر غذایی، تولید و عرضه مواد پرورده را کاهش داده و موجب تغییر در اجزای عملکرد از جمله تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در چتر و تعداد دانه در چترک شده و در نهایت عملکرد دانه کاهش می‌یابد. نتایج این آزمایش با نتایج بسیاری از محققان از جمله Heidari و همکاران (۲۰۱۲)، زهتاب سلماسی (۱۳۸۰) و Zehtab-Salmasi و همکاران (۲۰۰۶)، Dunford و Vazquez (۲۰۰۵) و Bannayan و همکاران (۲۰۰۸) مبنی بر کاهش عملکرد دانه تحت شرایط تنش و کم آبیاری مطابقت دارد. Pouryousef و همکاران (۲۰۱۲) و میرعبدالهی (۱۳۹۰) نیز طی آزمایش‌های خود بر روی رازیانه گزارش کردند که بروز تنش آبی طی مراحل مختلف نمو به‌ویژه مرحله زایشی باعث کاهش طول دوره فتوسنتزی، انتقال مواد حاصل از فتوسنتز جاری به دانه، کاهش سهم انتقال مجدد مواد ذخیره شده در ساقه به دانه و کاهش عملکرد دانه می‌شود.

کاهش عملکرد اسانس با کاهش مقدار آب آبیاری در گیاهان دیگر نیز گزارش شده است (Ardakani et al., 2007; Reffat & Saleh, 1997).

به طور کلی با توجه به نتایج آزمایش، با وجود افزایش معنی دار محتوای اسانس دانه تحت شرایط تنش خشکی در مقایسه با شاهد، به دلیل افت فاحش عملکرد دانه، عملکرد اسانس نیز به تبع آن به طور معنی داری 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 و به ویژه در مرحله پر شدن دانه با محدودیت آبی مواجه هستند، پرهیز شود. همچنین در بین مراحل مختلف نموی دانه نیز هرچند بیشترین عملکرد دانه از برداشت در مرحله رسیدگی کامل بدست آمد، اما به دلیل افت محتوای اسانس دانه در این مرحله نسبت به مرحله خمیری سفت، تفاوت معنی داری از نظر عملکرد اسانس بین این دو مرحله مشاهده نشد. بنابراین به منظور سریعتر خالی شدن مزرعه و همچنین برای جلوگیری از ریزش بذر، توصیه می شود اگر هدف از زراعت این گیاه تولید اسانس باشد، برداشت این گیاه در مرحله خمیری سفت و چنانچه هدف از زراعت این گیاه تولید دانه باشد، پیشنهاد می شود برداشت در مرحله رسیدگی کامل انجام شود.

منابع مورد استفاده

- امیددگی، ر.، ۱۳۸۶. تولید و فرآوری گیاهان دارویی (جلد سوم). انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد، ۳۲۵ صفحه.
- خزاعی، ح.، ثابت تیموری، م. و نجفی، ف. ۱۳۸۶. بررسی اثر رژیمهای مختلف آبیاری و میزان کاشت بذر بر دانه سیاهدانه (*Nigella sativa*). پژوهش و سازندگی. ۷۳: ۱۳۸-۱۳۳.
- زهتاب سلماسی، س.، ۱۳۸۰. بررسی اثرات اکوفیزیولوژیک آبیاری و تاریخ کاشت بر روی رشد، عملکرد، اسانس و آنتول در گیاه دارویی انیسون. پایان نامه دکتری، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.
- عسگری، ف.، سفیدکن، ف. و میرزا، م.، ۱۳۷۷. بررسی کمی و کیفی ترکیبات موجود در اسانس بادیان رومی. پژوهش و سازندگی، ۳۸: ۱۱۴-۱۱۰.
- میرعبداللهی، س.م.، ۱۳۹۰. تغییرات میزان و ترکیب اسانس گیاه دارویی رازیانه تحت شرایط آبیاری محدود. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه زنجان.

در زمانهای مختلف برداشت متغیر بوده و در برداشت‌های ابتدایی نسبت به مرحله رسیدگی کامل، محتوای اسانس میوه بالاتر بود. Ozel (۲۰۰۹) نیز در بررسی تأثیر مراحل مختلف برداشت بر روی انیسون به نتایج مشابهی دست یافت. در بررسی‌هایی که توسط وی انجام شد بالاترین درصد اسانس دانه در اولین مرحله برداشت که چتر اولیه در شروع مرحله مومی شدن بود و تمام برگ‌ها سبز بود، بدست آمد. با توجه به اینکه سطح اسانس در دانه به شرایط آب و هوایی بعد از دوران رسیدگی وابسته است، بنابراین به نظر می‌رسد که کاهش درصد اسانس در برداشت دیر (رسیدگی کامل) ناشی از این حقیقت باشد که احتمالاً به دلیل فرار بودن اسانس، اسانس دانه‌ها تبخیر شده و غلظت آن در دانه‌ها کاهش یافته است.

نتایج آزمایش نشان‌دهنده کاهش معنی دار عملکرد اسانس در شرایط تنش خشکی بود. با پیشرفت مراحل رسیدگی از مرحله خمیری نرم به مرحله رسیدگی کامل، عملکرد اسانس به طور معنی داری افزایش یافت (جدول ۴). با در نظر گرفتن اینکه عملکرد اسانس از حاصلزرب عملکرد دانه و درصد اسانس حاصل می‌شود می‌توان دریافت که علت اصلی بالا بودن عملکرد اسانس در تیمار شاهد، بالا بودن عملکرد دانه است. البته در مرحله خمیری نرم، با وجود بالاتر بودن درصد اسانس دانه، علت اصلی پایین بودن عملکرد اسانس نسبت به مرحله خمیری سفت می‌تواند پایین تر بودن عملکرد دانه باشد. Pouryousef و همکاران (۲۰۱۲) و میرعبداللهی (۱۳۹۰) نیز طی آزمایش‌های خود بر روی رازیانه بیشترین عملکرد اسانس را از برداشت در مرحله خمیری سفت بدست آوردند. تحت تیمار تنش در مرحله پر شدن دانه، با وجود اینکه درصد اسانس افزایش یافته بود ولی مقدار کاهش عملکرد دانه به قدری بود که عملکرد اسانس نیز به تبع آن کاهش یافت و به عبارتی کاهش عملکرد اسانس تحت تیمار تنش در مرحله پر شدن دانه را می‌توان به کاهش عملکرد دانه در اثر تنش خشکی نسبت داد. Pouryousef و همکاران (۲۰۱۲) و میرعبداللهی (۱۳۹۰) نیز طی آزمایش‌های خود بر روی رازیانه و Heidari و همکاران (۲۰۱۲) و زهتاب سلماسی (۱۳۸۰) نیز در آزمایش‌هایی که بر روی انیسون انجام داده‌اند گزارش کرده‌اند که با اعمال تنش خشکی و کاهش مقدار آب آبیاری عملکرد اسانس کاهش می‌یابد. البته

- Kazemi Saeid, F., Farahi Ashtiani, S. and Sharifi Ashour Abadi, E., 2002. Effect of water stress on seed yield and some growth traits in cumin (*Cuminum cyminum*). Pajouhesh & Sazandegi (In Agronomy and Horticulture), 15(54): 42-45.
- Kelly, A.F. and George, R.A.T., 1998. Encyclopedia of Seed Production of World Crops. John Wiley and Sons, England, 416p.
- Lebaschi, M.H., Sharifi Ashourabadi, A. and Mazaheri, D., 2003. Fluctuation of hypericin under water deficit. Pajouhesh & Sazandegi (In Agronomy and Horticulture), 16(58): 44-51.
- Omidbaigi, R., Hassani, A. and Sefidkon, F., 2003. Essential oil content and composition of sweet basil (*Ocimum basilicum*) at different irrigation regimes. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 6(2): 104-108.
- Ozel, A., 2009. Anise (*Pimpinella anisum*): changes in yields and component composition on harvesting at different stages of plant maturity. Experimental Agriculture, 45: 117-126.
- Pouryousef, M., Tavakoli, A., Maleki, M. and Barkhordari, K., 2012. Effects of drought stress and harvesting time on grain yield and its components of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). National Congress on Medicinal Plants, Kish Island, 16-17 May: 315.
- Randhawa, G.S., Gill, B.S. and Raychaudhuri, S.P., 1992. Optimizing agronomic requirements of anise (*Pimpinella anisum* L.) in the Punjab. Recent Advances in Medicinal, Aromatic and Spice Crops. International Conference. New Delhi, India, 28-31 January, 1989: 413-416.
- Reffat, A.M. and Saleh, M.M. 1997. The combined effect of irrigation intervals and foliar nutrition on sweet basil plants. Bulletin of faculty of Agriculture, University of Cairo. 48(3): 515-527.
- Rezaee, M., Jaimand, K., Majd, A. and Madah, M., 2001. Effect of harvesting time on quality and quantity of essential oil from different organs of fennel. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 11: 11-23.
- Zehtab-Salmasi, S., Ghasemi-Golezani, K. and Moghbeli, S. 2006. Effect of sowing date and limited irrigation on the seed yield and quality of dill (*Anethum graveolens* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 30: 281-286.
- Abreu, I.N. and Mazzafera, P., 2005. Effect of water and temperature stress on the content of active constituents of *Hypericum brasiliense* choisy. Plant Physiology and Biochemistry, 43(3): 241-248.
- Abreu, I.N., Porto, A.L.M., Marsaioli, A.J. and Mazzafera, P., 2004. Distribution of bioactive substance from *Hypericum brasiliense* during plant growth. Plant Science, 167: 949-954.
- Akbarinia, A., Khosravifard, M., Sharifi Ashourabadi, E. and Babakhanlou, P., 2005. Effect of irrigation intervals on yield and agronomic characteristics of black cumin (*Nigella sativa*). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 21(1): 65-73.
- Ardakani, M.R., Abbaszadeh, B., Sharifi Ashourabadi, E., Lebaschi, M.H. and Paknejad, F., 2007. The effect of water deficit on quantitative and qualitative characters of balm (*Melissa officinalis* L.). Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 23(2): 251-261.
- Bannayan, M., Nadjafi, F., Azizi, M., Tabrizi, L. and Rastgoo, M. 2008. Yield and seed quality of *Plantago ovata* and *Nigella sativa* under different irrigation treatments. Industrial Crops and Products, 27: 11-16.
- Dunford, N.D. and Vazquez, R.S., 2005. Effect of water stress on plant growth and thymol and carvacrol concentrations in Mexican oregano grown under controlled conditions. Journal of Applied Horticulture, 7(1): 20-22.
- Fischer, R.A and Maurer, R., 1987. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Australian Journal of Agricultural Research, 29(5): 897-912.
- Gershenzon, J., 1984. Changes in levels of plant secondary metabolites under water and nutrient stress. Phytochemical Adaptation to Stress, Recent Advances in Phytochemistry, 18: 273-320.
- Goksoy, A.T., Demir, A.O., Turan, Z.M. and Dagustu, N., 2004. Responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to full and limited irrigation at different growth stages. Field crop Research, 87(2-3): 167-178.
- Heidari, N., Pouryousef, M., Tavakkoli, A. and 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.
- Hsiao, T.C., 1973. Plant responses to water stress. Annual Review of Plant Physiology, 24: 519-570.

Effects of terminal drought stress and harvesting time on seed yield and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.)

M. Pouryousef*

*- Corresponding author, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran
E-mail: pouryousef@znu.ac.ir

Received: October 2012

Revised: May 2013

Accepted: May 2013

Abstract

To study the changes of yield and essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under drought stress condition and different harvesting times, a field experiment was conducted at College of Agriculture, University of Zanjan in the spring of 2011. The experiment was conducted as a split plot based on complete randomized block design with three replications. In this study, the effects of water stress in three levels including control, drought stress at flowering and grain filling stages were assigned to the main plots and three harvesting times including harvest at soft dough (58% moisture content of grain), hard dough (37% moisture content of grain) and maturity stages (16 % moisture content of grain) were assigned to the sub plots. Results showed that the effect of drought stress on grain and essential oil yield, grain essential oil content, 1000-grain weight, number of umbellet in umbrella, number of grain in umbellet, number of grain in umbrella was significant ($p \leq 0.05$). Majority of mentioned traits decreased significantly ($p \leq 0.05$) under drought stress condition. Therefore, the highest grain yield (1436.63 kg/ha) and essential oil yield (34.54 kg/ha) were obtained in control treatment (full irrigation) and the lowest amounts of mentioned traits were obtained in drought stress at grain filling stage. According to the obtained results, the effect of harvest time on grain and essential oil yield, grain essential oil content, 1000-grain weight, number of grain in umbellet and number of grain in umbrella, was significant ($p \leq 0.01$). Therefore, the highest and lowest grain yield (1425.75 and 784.81 kg/ha) was obtained in hard dough and maturity stages, respectively. In addition, the highest essential oil yield (33.97 kg/ha) was obtained in hard dough stage but there was no significant difference about essential oil yield between hard dough and maturity stages. It can be concluded that the fennel plant is sensitive to drought stress at reproductive growth stages and the quantity and quality of fennel yield can be affected by harvest time.

Keywords: Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.), drought stress, grain yield, yield components.