

تأثیر تنش خشکی و مقادیر نیتروژن بر عملکرد و راندمان مصرف آب رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)

سید غلامرضا موسوی^{۱*}، محمد جواد ثقه‌الاسلامی^۲، سید مهدی موسوی^۳

۱. استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند؛ ۲. دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند؛ ۳. کارشناس استاندارد خراسان جنوبی

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۰/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۲/۴

چکیده

به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی در مراحل مختلف دوره رشد زایشی و مقادیر نیتروژن بر عملکرد و راندمان مصرف آب رازیانه، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند اجرا گردید. سه سطح آبیاری (آبیاری کامل، قطع آبیاری در مرحله گلدهی و مرحله پر شدن دانه) به عنوان فاکتور اصلی و مقادیر نیتروژن در چهار سطح (۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) به عنوان فاکتور فرعی مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد با اعمال تنش خشکی در مرحله گلدهی و پر شدن دانه نسبت به تیمار آبیاری مطلوب، تعداد چتر در بوته به ترتیب ۴۸/۲ و ۲۸/۸ درصد، تعداد دانه در چتر به ترتیب ۳۹/۴ و ۲۲/۴ درصد، عملکرد دانه به ترتیب ۶۹/۷ و ۵۲/۶ درصد، شاخص برداشت به ترتیب ۵/۴ و ۲۱/۵ درصد و راندمان مصرف آب برای تولید دانه به ترتیب ۶۵/۶ و ۶۵/۹ درصد کاهش یافت. همچنین با افزایش مصرف نیتروژن از صفر به ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، تعداد چتر در بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و راندمان مصرف آب برای تولید دانه و بیومس به ترتیب ۲۲/۱، ۲۴/۳، ۲۱/۸، ۳۴/۵ و ۲۰/۴ درصد افزایش یافت. اثر متقابل آبیاری و نیتروژن نیز تنها بر تعداد چتر در بوته و عملکرد دانه رازیانه معنی‌دار بود. بر اساس نتایج این تحقیق می‌توان تیمار آبیاری مطلوب و کاربرد ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار را به علت رعایت مسائل زیست محیطی و داشتن عملکرد و راندمان مصرف آب مطلوب برای زراعت رازیانه در منطقه توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: بیومس، کم آبیاری، تعداد چتر، اجزای عملکرد

مقدمه

دارویی خانواده چتریان می‌باشد و در نقاط مختلفی از کشور ایران به طور خودرو رشد می‌کند (Omidbeigi, 2005). مصرف بهینه آب در تولید محصولات کشاورزی به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر رشد و نمو گیاهان، به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک ایران، از اهمیت خاصی برخوردار است (Mirzaei et al., 2005). از طرفی به علت افزایش هزینه آب مصرفی و کاهش آب قابل دسترس در این مناطق، توجه زیادی به تنش کم آبی و اثرات آن بر گیاهان شده است (Winter, 1990). کم آبیاری که در آن محصول در یک مرحله خاص رشد و یا در تمام فصل رشد تحت تنش کم آبی قرار می‌گیرد، یکی از راه‌های به حداکثر رساندن کارایی مصرف آب و بالا بردن

امروزه با توجه به اثرات سوء ناشی از مصرف داروهای شیمیایی و گرایش روزافزون به استفاده از طب گیاهی در درمان بیماری‌ها، کشت انبوه انواع گیاهان دارویی مورد توجه قرار گرفته است. تنوع آب و هوایی و شرایط اکولوژیک مختلف در ایران موجب گردیده است که کشورمان در زمره غنی‌ترین کشورهای دارای منابع ارزشمند گیاهان دارویی و مستعد برای کشت و پرورش این گیاهان قرار گیرد. رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) از جمله گیاهانی است که به واسطه اثرات دارویی متعدد از دیر باز، توجه محققان را به خود معطوف داشته است. رازیانه گیاهی علفی و چندساله است که از مهم‌ترین و پر مصرف‌ترین گیاهان

رسیدند که اعمال کم آبیاری باعث افزایش کارایی مصرف آب در گشنیز گردید.

از طرفی قابلیت دسترسی به عناصر غذایی خصوصاً نیتروژن نیز یکی از عوامل کلیدی در رشد گیاهان محسوب می‌شود. هانس‌راج و تاکرال (Hans-Raj and Thakral, 2008) در مقایسه بین تیمارهای کودی ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار گزارش نمودند که بیشترین عملکرد دانه رازیانه با مصرف ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد. در حالی که باگاری و همکاران (Bagari et al., 2010) پس از بررسی مقادیر صفر، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اظهار داشتند که کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، عملکرد رازیانه را نسبت به سایر سطوح نیتروژن به طور معنی‌داری افزایش داد.

نس و بنیامین (Nese & Bunyamin, 2005) در بررسی اثر سطوح مختلف نیتروژن شامل مقادیر صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار بر عملکرد گشنیز گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه با کاربرد ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدست آمد. ابراهیمی (Ebrahimi, 2011) نیز در بررسی تأثیر مقادیر صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در زراعت گشنیز گزارش داد که با مصرف ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و تعداد چتر در بوته و متر مربع به طور معنی‌داری نسبت به سایر سطوح نیتروژن افزایش یافت اما وزن هزار دانه تحت تأثیر تیمار نیتروژن قرار نگرفت.

از آنجا که در مناطق خشک نظیر خراسان جنوبی، کمبود آب خصوصاً از اواسط فصل رشد به بعد در طول فصل تابستان، یکی از عوامل اصلی محدود کننده تولید می‌باشد، مطالعه اثر تنش کم آبی در مرحله زایشی گیاهان و مدیریت صحیح مصرف کود اهمیت به سزایی دارد. از این‌رو تحقیق حاضر با هدف کلی چگونگی تأثیر تنش کم آبی در مرحله زایشی و سطوح نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و راندمان مصرف آب رازیانه در بیرجند انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند واقع در طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه

عملکرد به ازای هر واحد آب مصرفی می‌باشد (Kirda, 2002).

نخزری‌مقدم (Nakhzarimoghadam, 2009) در بررسی اثر مرحله تنش کم آبی (تنش قبل از گلدهی، زمان گلدهی، زمان پر شدن دانه، زمان سخت شدن دانه و آبیاری کامل) بر عملکرد زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) گزارش کرد که تنش کم آبی مخصوصاً در اوایل دوره رشد زایشی باعث کاهش تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در هکتار گردید. در مطالعه دیگری گزارش شد که بیشترین کاهش عملکرد دانه شوید (*Anethum Graveolens* L.) در شرایط تنش خشکی شدید در مراحل گلدهی و پر شدن دانه رخ داد (Ghassemi-Golezani et al., 2008). در گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) نیز قطع آبیاری در مرحله گلدهی منجر به بیشترین کاهش در عملکرد دانه، تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در چتر و تعداد دانه در چتر گردید (Kumar et al., 2008).

محققین گزارش دادند که در گیاه رازیانه با افزایش فواصل آبیاری از ۱۰ به ۳۰ روز، عملکرد بیولوژیک ۳۱/۴ درصد کاهش یافت (Koocheki et al., 2006). همچنین افزایش تعداد چتر در بوته و عملکرد دانه رازیانه در واحد سطح با افزایش آبیاری توسط عثمان (Osman, 2009) گزارش شده است. لاریبی و همکاران (Laribi et al., 2009) اظهار داشتند که در زیره سیاه (*Carum carvi* L.) عملکرد دانه و اجزای آن (تعداد چتر در گیاه، تعداد چترک در چتر و وزن هزار دانه) به شدت تحت تأثیر کمبود آب قرار گرفت به طوری که تعداد چتر در گیاه و تعداد چترک در چتر در خشکی متوسط و شدید به طور معنی‌داری کاهش یافت و همراه با کاهش تعداد دانه در چتر در خشکی شدید، عملکرد دانه کاهش یافت.

در بررسی سطوح آبیاری بر عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت زیره سبز گزارش شد که این صفات به طور معنی‌داری تحت تأثیر آبیاری قرار گرفت و بهترین عملکرد بیولوژیک از آبیاری کامل حاصل شد (Esfandiari et al., 2010). در مطالعه کومار و همکاران (Kumar et al., 2008) بیان گردید که بالاترین کارایی مصرف آب برای تولید دانه در گشنیز در تیمار قطع آبیاری در مرحله تشکیل دانه بدست آمد. علی‌آبادی فراهانی و همکاران (Aliabadi Farahani et al., 2008) نیز به این نتیجه

جهت سبز شدن یکنواخت، آبیاری در تمام تیمارها به فاصله هر ۴-۵ روز تا سبز شدن کامل انجام شد. نیمی از نیتروژن مورد نیاز هر کرت بر حسب سطوح نیتروژن در اولین آبیاری پس از تنک کردن نهایی بوته‌ها با استفاده از منبع کود اوره تأمین گردید و نیم دیگر نیتروژن در اواسط خرداد همزمان با شروع فاز زایشی گیاه همراه آبیاری داده شد. به منظور محاسبه حجم آبیاری در هر کرت آزمایشی، آبیاری با استفاده از سیستم تحت فشار مجهز به شیلنگ و کنتور انجام شد. لازم به ذکر است که در هر کرت انتهای جوی‌های آبیاری بسته بود و در هر نوبت آبیاری، جوی‌ها جهت اطمینان از تأمین آب کافی در ناحیه فعالیت ریشه طبق عرف منطقه پر آب شد. حجم کل آب ورودی به کرت‌های آزمایشی در تیمارهای آبیاری مطلوب و اعمال تنش در مرحله گلدهی و مرحله پر شدن دانه به ترتیب ۱۱۲۸۰، ۹۸۸۰ و ۸۱۰۰ متر مکعب در هکتار بود.

به منظور محاسبه عملکرد و اجزای عملکرد با رعایت اثر حاشیه‌ای در هر کرت از قسمت میانی مساحت ۲ متر مربع برداشت شد و پس از برداشت بوته‌ها از سطح زمین و شمارش تعداد بوته و چترها، عملیات بوجاری بذور انجام گرفت تا عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت محاسبه گردد. یک نمونه ۱۰۰۰ تایی دانه خالص از هر کرت به طور تصادفی جدا و جهت تعیین وزن هزار دانه با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شد. برای صفات تعداد چتر در بوته و تعداد دانه در چتر، ۸ بوته از قسمت میانی هر کرت به طور تصادفی انتخاب و اندازه‌گیری‌های لازم انجام گرفت. همچنین از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک و ضرب آن در عدد ۱۰۰، شاخص برداشت دانه بر حسب درصد محاسبه گردید. راندمان مصرف آب برای تولید دانه و بیومس (ماده خشک) در واحد سطح نیز به ترتیب از تقسیم عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک بر میزان آب مصرفی در واحد سطح بدست آمد.

در پایان تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصل از این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT- C انجام شد. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد صورت گرفت و برای رسم شکل‌ها نیز از برنامه Excel استفاده شد.

شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۲ دقیقه شمالی و ۱۴۸۰ متر ارتفاع از سطح دریا انجام شد. بافت خاک مزرعه آزمایشی لومی، pH آن برابر ۸/۴۱، هدایت الکتریکی ۶/۳۵ میلی موس بر سانتیمتر، میزان کربن آلی و نیتروژن کل در عمق ۰-۳۰ سانتیمتر خاک به ترتیب ۰/۱۴ و ۰/۱۵ درصد و میزان فسفر و پتاسیم خاک به ترتیب ۵/۲۹ و ۲۳۱ قسمت در میلیون (ppm) بود. میانگین بلند مدت حداقل و حداکثر دما در بیرجند به ترتیب ۴/۶ و ۲۷/۵ درجه سانتی‌گراد، میانگین بارندگی سالیانه ۱۶۹ میلی‌متر و میانگین حداقل و حداکثر رطوبت نسبی به ترتیب ۲۳/۵ و ۵۹/۶ درصد و اقلیم منطقه بیابانی گرم و خشک می‌باشد.

تنش کم آبی در سه سطح شامل عدم تنش (آبیاری مطلوب) و اعمال تنش در مرحله گلدهی و مرحله پر شدن دانه به عنوان عامل اصلی و مقادیر کود نیتروژن در چهار سطح شامل کاربرد مقادیر صفر، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی، از شروع گلدهی گیاه (۲۱ خرداد) تا شروع پر شدن دانه‌ها (۷ تیر) به کرت‌های مورد نظر آب داده نشد و در تیمار قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه‌ها نیز از شروع پر شدن دانه تا برداشت رازیانه (۲۵ مرداد) آبیاری انجام نشد، اما در تیمار آبیاری مطلوب در کل دوره رشد، آبیاری با فواصل زمانی ۷ تا ۹ روز انجام گردید.

زمین مورد نظر در سال قبل آیش بود. برای آماده سازی ابتدا عملیات شخم انجام شد و در اواخر اسفند ۱۳۸۸ پس از دو دیسک عمود بر هم تسطیح زمین انجام گرفت. سپس با استفاده از تراکتور و فاروئر، زمین به صورت جوی و پشته آماده شد و نقشه طرح پیاده گردید.

هر کرت آزمایشی دارای ۶ ردیف کشت به طول ۶ متر بود. بر اساس آزمایش خاک مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، قبل از عملیات خاک‌ورزی و کشت مصرف گردید. بذور رازیانه در ۶ فروردین ۱۳۸۹ در دو طرف پشته‌ها با فاصله خطوط کاشت ۵۰ سانتیمتر و در عمق ۲-۱/۵ سانتیمتری به صورت دستی کشت گردید. پس از تنک کردن نهایی فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲۰ سانتیمتر در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

اجزای عملکرد

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تعداد چتر بارور در بوته به طور معنی‌دار تحت تأثیر آبیاری، کود نیتروژن و اثر متقابل آبیاری و نیتروژن قرار گرفت اما تعداد دانه در چتر و وزن هزار دانه تنها تحت تأثیر تیمار آبیاری قرار گرفت (جدول ۱).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد چتر بارور در بوته با میانگین ۹/۴۹ عدد از تیمار آبیاری مطلوب حاصل شد که نسبت به تیمارهای تنش مرحله گلدهی و دانه‌بندی از برتری معنی‌دار و به ترتیب ۹۲/۹ و ۴۰/۴ درصدی برخوردار بود. همچنین بیشترین تعداد دانه در چتر با میانگین ۱۴۹/۱۵ عدد مربوط به تیمار آبیاری مطلوب بود و در تیمارهای تنش مرحله گلدهی و پر شدن دانه مقدار این صفت به ترتیب ۶۵ و ۲۸/۸ درصد کاهش یافت (جدول ۲). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2006) کاهش تعداد چتر در بوته رازیانه را در شرایط کم آبی گزارش نمودند. کاهش تعداد دانه در چتر با اعمال تنش کم آبی توسط اسفندیاری و همکاران (Esfandiari et al., 2010) و نخزری‌مقدم (Nakhzarimoghadam, 2009) در زیره سبز و کومار و همکاران (Kumar et al., 2008) در گشنیز نیز گزارش شده است.

شاید بتوان اختلال در گرده‌افشانی در نتیجه کمبود آب طی مرحله گلدهی و گرده‌افشانی و گرم شدن هوا را به عنوان دلایل اصلی کاهش تعداد چتر بارور در بوته خصوصاً در تیمار تنش در مرحله گلدهی مطرح کرد. البته لازم به ذکر است که با توجه به رشد نامحدود رازیانه، کاهش تعداد چتر بارور در تیمار تنش مرحله پر شدن دانه می‌تواند به علت عقیم شدن تعدادی از چترهای در حال شکل‌گیری پس از شروع دانه بندی در رازیانه باشد.

تعداد دانه در چتر حاصل ضرب تعداد چترک در چتر و تعداد دانه در چترک می‌باشد که در شرایط این تحقیق کاهش تعداد دانه در چتر در تیمارهای تنش کم آبی (جدول ۲) به طور عمده ناشی از کاهش تعداد دانه در چترک بوده است. بدیهی است کاهش بیشتر تعداد دانه در چتر رازیانه در تیمار تنش مرحله گلدهی نسبت به تیمار تنش مرحله دانه‌بندی به علت حساسیت زیاد مرحله گلدهی به کم آبی و تأثیر خسارت‌زای بروز خشکی بر پتانسیل زایشی چتر می‌باشد.

بر اساس مقایسه میانگین‌ها می‌توان نتیجه‌گیری نمود که تنش کم آبی در مرحله دانه‌بندی تأثیر زیادی بر کاهش وزن هزار دانه داشته است به طوری که کمترین وزن هزار دانه مربوط به تیمار تنش کم آبی در مرحله پر شدن دانه‌ها بوده که نسبت به تیمار بدون تنش و تنش کم آبی در مرحله گلدهی به ترتیب ۲۱/۹ و ۲۲/۱ درصد کاهش داشت (جدول ۲). عدم کاهش وزن هزار دانه در تیمار اعمال تنش کم آبی در مرحله گلدهی نسبت به آبیاری مطلوب را می‌توان به علت کاهش تعداد چتر بارور در بوته و دانه در چتر (مخازن) دانست که در نتیجه آن مواد فتوسنتزی به دانه کمتری در هر بوته اختصاص یافت. همچنین کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه در تیمار تنش در مرحله پر شدن دانه نسبت به سایر تیمارهای آبی احتمالاً این‌گونه توجیه می‌شود که وقوع تنش کم آبی در مرحله پر شدن دانه، فتوسنتز گیاه را کاهش می‌دهد (محدودیت منبع) و با توجه به شکل‌گیری تعداد زیادی دانه (مخزن) در بوته، منبع قوی برای تأمین مواد فتوسنتزی وجود نداشته و وزن هزار دانه کاهش می‌یابد. کاهش وزن هزار دانه در نتیجه اعمال تنش کم آبی با نتایج کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2006) در رازیانه و اسفندیاری و همکاران (Esfandiari et al., 2010) در زیره سبز مطابقت دارد.

افزایش مصرف نیتروژن، تعداد چتر بارور در بوته را به طور معنی‌داری افزایش داد به طوری که این صفت با افزایش مصرف کود از صفر به ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب ۱۱/۴، ۲۲/۱ و ۱۵/۳ درصد افزایش پیدا کرد (جدول ۳). این موضوع می‌تواند به علت تأثیر مصرف نیتروژن بر پتانسیل شاخه‌زایی بوته باشد. رسام و همکاران (Rassam et al., 2006) نیز گزارش کردند که کاربرد نیتروژن تا ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار باعث افزایش معنی‌دار تعداد چتر در بوته شوید گردید اما کاربرد مقادیر بیشتر نیتروژن کاهش این صفت را به دنبال داشت.

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل آبیاری و نیتروژن بر صفت تعداد چتر بارور در بوته نشان داد که بیشترین تعداد چتر بارور در بوته در تیمار آبیاری مطلوب با مصرف ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کمترین تعداد آن در تیمار تنش آبی در شروع مرحله گلدهی و عدم مصرف کود حاصل گردید (شکل ۱). هر چند در همه سطوح آبیاری

استفاده نماید. به نظر می‌رسد وجود آب کافی در خاک توانسته است سرعت جذب نیتروژن توسط ریشه گیاه و قدرت شاخه‌دهی و در نتیجه تولید چتر بارور در بوته را بهبود بخشد.

افزایش کاربرد نیتروژن از صفر به ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش تعداد چتر بارور در بوته را به دنبال داشت اما در شرایط آبیاری مطلوب گیاه توانسته است به نحو مؤثرتر و معنی‌داری از نیتروژن مصرفی جهت تولید چتر در بوته

جدول ۱. میانگین سریمات مربوط به اثر آبیاری و نیتروژن بر صفات رازانه

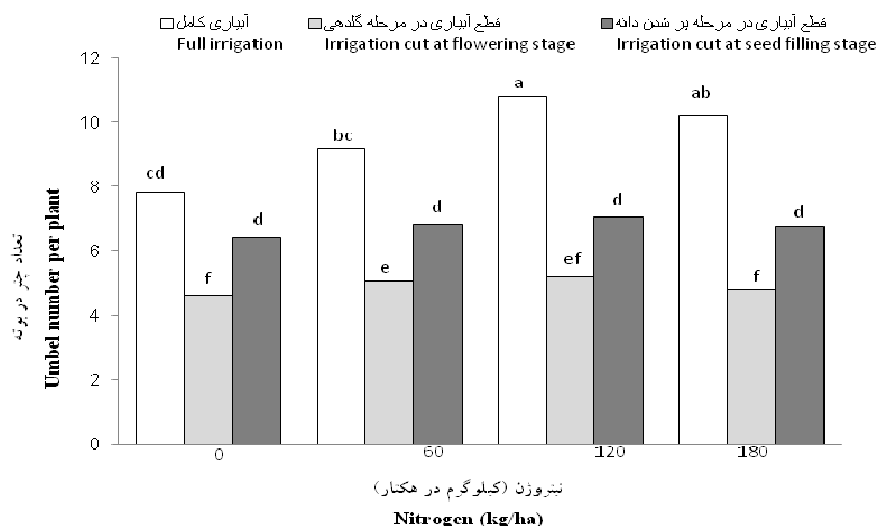
S.O.V	منابع تغییر	df	تعداد چتر		وزن هزار دانه 1000-seeds weight	عملکرد		شاخص برداشت Harvest index	راندمان مصرف آب برای تولید بیومس WUE for biomass production	
			در بوته	در چتر		عملکرد دانه Seed yield	بیولوژیک Biological yield		راندمان مصرف آب برای تولید دانه WUE for seed production	راندمان مصرف بیومس WUE for biomass production
Block	بلوک	2	8.835 ^{ns}	814.227 ^{ns}	0.069 ^{ns}	52937.152 ^{ns}	673150.253 ^{ns}	12.975 ^{ns}	522.501 ^{ns}	214 ^{ns}
Irrigation (A)	آبیاری	2	63.433 ^{**}	10426.157 ^{**}	6.818 [*]	1411784.925 ^{**}	9643407.2 [*]	131.249 ^{**}	9093.376 ^{**}	68655.529 ^{**}
Error a	خطای اول	4	1.743	484.397	0.475	31549.22	635.279022	1.801	292.595	2675.104
Nitrogen (B)	نیتروژن	3	3.047 ^{**}	319.225 ^{ns}	0.607 ^{ns}	27231.964 ^{**}	200895.051 ^{**}	0.541 ^{ns}	255.82 ^{**}	2015.041 ^{**}
A x B	اثر متقابل آبیاری و نیتروژن	6	1.195 ^{**}	441.996 ^{ns}	0.227 ^{ns}	10940.955 [*]	65153.825 ^{ns}	1.419 ^{ns}	89.611 ^{ns}	584.520 ^{ns}
Error b	خطای دوم	18	0.180	415.774	0.467	3812.571	29009.737	1.123	38.096	313.854
CV (%)	ضریب تغییرات (درصد)	-	6.02	17.22	10.34	11.04	10.34	3.16	11.02	10.60

^{ns} Non Significant and ^{*} ^{**} Significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively

جدول ۲. مقایسه میانگین‌های صفات رازانه در سطوح آبیاری

Irrigation treatments	نیمه‌های آبیاری		عملکرد		شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	راندمان مصرف آب برای تولید بیومس (گرم بر مترمکعب) WUE for biomass production (g.m ³)		
	تعداد چتر در بوته	تعداد دانه در چتر	وزن هزار دانه (گرم) 1000-seeds weight (g)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha ⁻¹)		راندمان مصرف آب برای تولید دانه (گرم بر مترمکعب) WUE for seed production (g.m ³)	راندمان مصرف بیومس WUE for biomass production (g.m ³)	
Full irrigation	9.49 a	149.15 a	7 a	944.23 a	2606.35 a	32.26 a	83.93 a	231.68 a
Irrigation cut at flowering stage	4.92 b	90.38 c	7.09 a	286.02 b	830.51 c	34.41 b	28.89 c	83.89 b
Irrigation cut at seed filling stage	6.76 b	115.76 b	5.74 b	447.73 b	1504.76 b	29.84 c	55.28 b	185.77 a

Means followed by the same letters in each column are not significant according to Duncan's multiple range test (P<0.05).



شکل ۱. اثر متقابل آبیاری و نیتروژن بر تعداد چتر در بوته رازیانه
 Fig. 1. Interaction effect of irrigation and nitrogen on umbel number per plant in fennel

و (Aminpoor and Moosavi, 1995)، رازیانه (2009)، گشنیز (Aliabadi Farahani et al., 2008) نیز مشاهده شده است که تنش کم آبی سبب کاهش عملکرد بیولوژیک می‌شود.

مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه در سطوح مختلف کود نیتروژن، نشان‌دهنده تأثیر مثبت کاربرد این کود تا سطح ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بر تولید دانه می‌باشد به طوری که افزایش کود مصرفی از صفر به ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد دانه رازیانه را به ترتیب ۲۰/۷، ۲۴/۳ و ۸/۸ درصد افزایش داد. همچنین با افزایش کاربرد کود از صفر به ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، افزایش معنی‌دار ۲۱/۸ درصدی در عملکرد بیولوژیک گیاه رازیانه ایجاد شد (جدول ۳). به نظر می‌رسد مصرف کود نیتروژن از طریق افزایش شاخص و دوام سطح برگ و تحریک رشد رویشی گیاه توانسته است بهره‌گیری رازیانه از نور خورشید و سایر منابع را افزایش داده و زمینه لازم برای افزایش تولید مواد فتوسنتزی و در نتیجه عملکرد دانه و بیولوژیک را به دنبال داشته باشد. البته باید توجه داشت که مصرف تجملی کود (بیش از ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) نه تنها افزایش عملکرد را به دنبال نداشته است بلکه احتمالاً به دلیل افزایش سایه‌اندازی و تنفس گیاه، فتوسنتز خالص را کاهش داده و در نتیجه

عملکرد دانه و بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تغییر در آبیاری و مقدار نیتروژن مصرفی به طور معنی‌دار، عملکرد دانه و بیولوژیک را تحت تأثیر قرار داد اما اثر متقابل آبیاری و نیتروژن تنها عملکرد دانه رازیانه را تحت تأثیر قرار داد (جدول ۱).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تنش خشکی به شدت باعث کاهش عملکرد اقتصادی و بیولوژیک رازیانه شد به طوری که بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۹۴۴/۲۳ کیلوگرم در هکتار از تیمار آبیاری مطلوب بدست آمد که نسبت به تیمارهای تنش در مرحله گلدهی و دانه بندی به ترتیب ۳/۳ و ۲/۱ برابر برتری داشت. همچنین عملکرد بیولوژیک در تیمار آبیاری مطلوب در مقایسه با تیمارهای تنش در مرحله گلدهی و دانه بندی به ترتیب ۱/۷ و ۳/۱ برابر برتری داشت (جدول ۲). کاهش شدید عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در شرایط اعمال تنش کم آبی را می‌توان به تأثیر منفی تنش کم آبی بر رشد رویشی و خصوصاً اجزای عملکرد رازیانه مربوط دانست.

کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی با نتایج تحقیقات دیگر محققین در رازیانه (Mohamed and Ghassemi-Abdu, 2004; Osman, 2009) شویید (Golezani et al., 2008) و گشنیز (Kumar et al., 2008) مطابقت دارد. در سیاهدانه (Nigella sativa L.) (Ghamarnia et al., 2010)، زیره سیاه (Laribi et al.,)

دزفولی (Hashemi Dezfoli, 1995) بیان کرد که کافی نبودن مقدار نیتروژن در دسترس گیاه و کم شدن مقدار جذب آن، کاهش محتوی نیتروژن گیاه را به دنبال داشته که نهایتاً سبب کاستن از میزان رشد و تجمع مواد خشک می‌گردد.

کاهش معنی‌دار عملکرد دانه و بیولوژیک را باعث شده است.

نتیجه حاصل با مشاهدات محققین دیگری در رازیانه (Azizi, 2008)، زیره سبز (Hans-Raj and Thakral, 2008)، و زیره سیاه (Ezz El-Din et al., 2010) مطابقت دارد. هاشمی

جدول ۳. مقایسه میانگین‌های صفات رازیانه در سطوح نیتروژن

Nitrogen rate (kg ha ⁻¹)	مقدار نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	مقدار نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	تعداد چتر	تعداد دانه	وزن هزار دانه	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	راندمان مصرف آب برای تولید بیومس (گرم بر مترمکعب)	راندمان مصرف آب برای تولید بیومس (گرم بر مترمکعب)
	Umbels per plant	Seeds per umbel	1000-seeds weight (g)	Seed yield (kg ha ⁻¹)	Biological yield (kg ha ⁻¹)	Harvest index (%)	WUE for seed production (g m ⁻³)	WCE for biomass production (g m ³)		
0	6.29 c	117.46 a	6.86 a	493.05 c	1462.40 c	33.29 a	49.72 b	148.95 b		
60	7.01 b	111 a	6.81 a	594.88 ab	1755.66 ab	33.70 a	60 a	179.42 a		
120	7.68 a	125.36 a	6.41 a	613.09 a	1780.61 a	33.72 a	66.88 a	179.35 a		
180	7.25 b	119.91 a	6.36 a	536.29 bc	1590.16 bc	33.29 a	53.53 a	160.74 b		

Means followed by the same letters in each column are not significant according to Duncan's multiple range test (P<0.05).

متقابل آبیاری و نیتروژن بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۱).

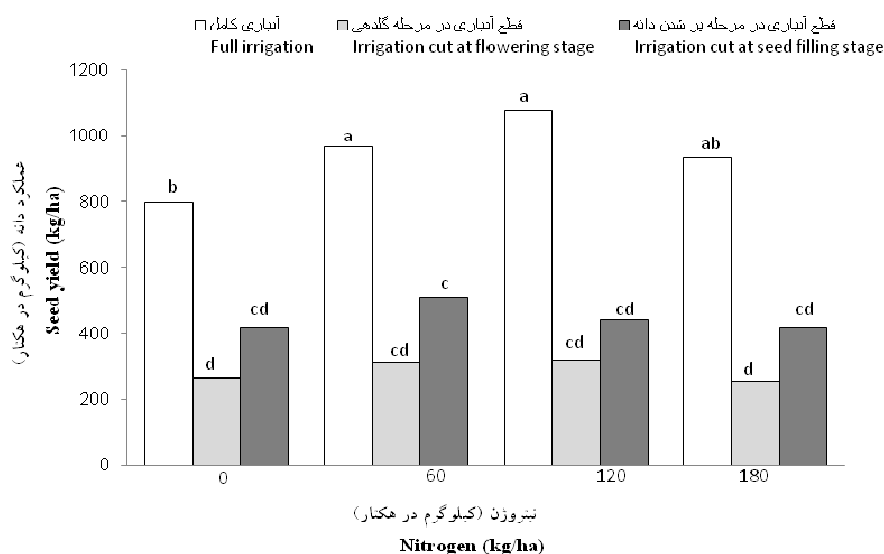
تیمار آبیاری مطلوب با میانگین ۳۶/۲۶ درصد، بالاترین شاخص برداشت را داشت و اعمال تیمارهای تنش کم آبی در مرحله گلدهی و پر شدن دانه به ترتیب باعث کاهش آبیاری مطلوب گردید (جدول ۲). در تحقیق اسفندیاری و همکاران (Esfandiari et al., 2010) در زیره سبز، زهتاب سلماسی و همکاران (Zahab Salmasi et al., 2003) در آنیسون و قمرنیا و همکاران (Ghamarnia et al., 2010) در سیاهدانه نتایج مشابه‌ای بدست آمده است. این به آن معناست که بروز تنش کم آبی بخش زایشی گیاه را به طور مؤثرتری نسبت به بخش رویشی تحت تأثیر قرار داده است. احتمالاً به دلیل نقش مهم آب در انتقال مواد به دانه‌ها، کمبود آب در زمان پر شدن دانه‌ها کاهش یا حتی توقف انتقال مواد فتوسنتزی را به دنبال داشته که حاصل آن کاهش شاخص برداشت می‌باشد. تنش کم آبی در مرحله شروع گلدهی نیز از طریق کاهش تعداد دانه در بوته باعث کاهش عملکرد دانه و در نتیجه شاخص برداشت دانه شد. با این وجود باید توجه داشت که در این تیمار بخش رویشی و زایشی به نحو یکنواخت‌تری نسبت به تیمار تنش کم آبی در مرحله پر شدن دانه تحت تأثیر تنش قرار گرفت.

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل آبیاری و نیتروژن بیانگر آن است که رازیانه در تیمار آبیاری مطلوب به نحو معنی‌دار و مؤثرتری توانسته است از نیتروژن مصرفی جهت افزایش عملکرد دانه استفاده نماید (شکل ۲). این موضوع نشان می‌دهد که شرط لازم برای بهره‌وری مناسب از کود نیتروژن و افزایش کارایی مصرف آن، وجود رطوبت کافی در منطقه فعالیت ریشه گیاه است تا نیتروژن موجود در خاک بتواند به راحتی در اختیار گیاه قرار گرفته و در جهت تحریک رشد رویشی، فتوسنتز و افزایش عملکرد دانه استفاده شود.

نتایج نشان داد که بالاترین عملکرد دانه با میانگین ۱۰۷۹/۱۴ کیلوگرم در هکتار از تیمار آبیاری مطلوب با کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کمترین مقدار آن با میانگین ۲۵۳/۸۲ کیلوگرم در هکتار از تیمار تنش کم آبی در مرحله گلدهی و عدم کاربرد کود نیتروژن بدست آمد (شکل ۲).

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تغییر در آبیاری و مقدار نیتروژن مصرفی به طور معنی‌دار و در سطح یک درصد، شاخص برداشت رازیانه را تحت تأثیر قرار داد، اما اثر



شکل ۲. اثر متقابل آبیاری و نیتروژن بر عملکرد دانه رازیانه

Fig. 2. Interaction effect of irrigation and nitrogen on seed yield of fennel

مقایسه میانگین‌ها نیز حاکی از آن است که تفاوت در مقدار نیتروژن مصرفی نتوانست تأثیر معنی‌داری را بر صفت شاخص برداشت در رازیانه داشته باشد (جدول ۳). به عبارتی می‌توان نتیجه گرفت که تغییر مقدار مصرف کود نیتروژن به یک نسبت بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در رازیانه تأثیر داشت.

راندمان مصرف آب

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که راندمان مصرف آب برای تولید دانه و بیومس در سطح ۱ درصد، تحت تأثیر آبیاری و سطوح نیتروژن قرار گرفت اما اثر متقابل این دو عامل بر صفات مذکور معنی‌داری نبود (جدول ۱).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کمترین راندمان مصرف آب برای تولید دانه با میانگین ۲۸/۸۹ گرم بر متر مکعب مربوط به تیمار تنش در شروع مرحله گلدهی بود. این در حالی است که در تیمار آبیاری مطلوب این راندمان ۲/۹ برابر افزایش یافت. همچنین تنش کم آبی در مرحله گلدهی به شدت بر راندمان مصرف آب برای تولید بیومس تأثیر منفی داشت به طوری که راندمان مصرف آب بیومس در این تیمار، نسبت به تیمارهای بدون تنش و تنش مرحله پر شدن دانه به ترتیب ۱۷۶/۲ و ۱۲۱/۴ درصد کاهش نشان داد (جدول ۲). احتمالاً کاهش معنی‌دار راندمان مصرف آب برای تولید دانه و ماده خشک در شرایط اعمال تنش در مرحله گلدهی را می‌توان با کاهش زیاد عملکرد دانه و بیولوژیک مرتبط دانست. زهتاب سلماسی و همکاران (Zahtab Salmasi et al., 2003) نیز نشان دادند که راندمان مصرف آب برای تولید ماده خشک در آنیسون با اعمال تنش کم آبی کاهش یافت.

افزایش کاربرد کود نیتروژن از صفر به ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، راندمان مصرف آب برای تولید دانه در رازیانه را به طور معنی‌داری افزایش داد اما بین سطوح ۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از این نظر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و با مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، راندمان مصرف آب برای تولید دانه به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. همچنین افزایش مصرف کود تا

سطح ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، بهره‌وری از آب جهت تولید ماده خشک در رازیانه را به میزان ۲۰/۴۶ درصد افزایش داد اما کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، سبب کاهش راندمان مصرف آب برای تولید بیومس گردید (جدول ۳).

به نظر می‌رسد که با توجه به یکسان بودن میزان آب مصرفی برای تمام سطوح کودی، بهبود راندمان مصرف آب برای تولید دانه و بیومس با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی تا ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار را می‌توان به افزایش عملکرد دانه و بیومس در این تیمار نسبت داد. احتمالاً افزایش مقدار نیتروژن مصرفی تا ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، از طریق بالا بردن مقدار فتوسنتز خالص، افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و بیومس را به دنبال داشته است. در شرایط این تحقیق اگر چه افزایش نیتروژن مصرفی تا ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، احتمالاً افزایش در تعرق را به همراه داشته است اما به دلیل عملکرد دانه و بیومس بیشتر، در نهایت راندمان مصرف آب بیشتر شده است در حالی که افزایش بیش از ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار احتمالاً به علت افزایش بیشتر تعرق گیاه و کاهش عملکرد دانه و بیومس، کاهش راندمان مصرف آب برای تولید دانه و بیومس را به دنبال داشته است.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج این تحقیق می‌توان نتیجه‌گیری نمود که تنش کم آبی خصوصاً در مرحله گلدهی به دلیل کاهش شدید رشد رویشی و زایشی رازیانه و کاربرد بیش از ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نیز احتمالاً به علت تأثیر نامطلوب بر فتوسنتز خالص گیاه از طریق افزایش سایه‌اندازی و تنفس در مزرعه، باعث کاهش عملکرد و راندمان مصرف آب رازیانه می‌گردد و بنابراین جهت دستیابی به عملکرد و راندمان مصرف آب مطلوب و رعایت مسائل زیست محیطی مربوط به کاربرد کود نیتروژن، می‌توان تیمار آبیاری مطلوب و کاربرد ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار را برای زراعت رازیانه در منطقه پیشنهاد کرد.

منابع

- Afshari, M.A., Daneshian, J., Akbarinia, A., 2008. Study of agronomic characteristics cumin (*Cuminum cyminum* L.) in different nitrogen levels. *New Findings in Agriculture*. 3, 213-223. [In Persian with English summary].
- Aliabadi Farahani, H., Lebaschi, M.H., Shiranirad, A.H., Valadabadi, A.R., Daneshian, J., 2008. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi, different levels of phosphorus and drought stress on water use efficiency, relative water content and proline accumulation rate of coriander (*Coriandrum Sativum* L.). *J. Medic. Plants Res.* 2(6), 125-131. [In Persian with English summary].
- Aminpoor, R., Moosavi, F., 1995. The effects of irrigation on development stages, yield and yield components cumin seeds. *Agric. Nat. Resour. Sci.* 1(1), 1-8. [In Persian with English summary].
- Azizi, K., Kahrizi, D., 2008. Effect of nitrogen levels, plant density and climate on yield quantity and quality in cumin (*Cuminum cyminum* L.) under the conditions of Iran. *Asian J. Plant Sci.* 7(8), 710-716.
- Bagari, S., Singh, P.P., Naruka, I.S., Rathore, S.S., Shaktawat, R.P.S., 2010. Effect of date of sowing and nitrogen levels on growth, yield and quality of fennel. *Indian J. Hortic.* 67(4), 518-524.
- Ebrahimi, A., 2011. Effect of nitrogen rate and plant density on morphological and agronomical traits and essential oil yield of coriander. MSc dissertation, Faculty of Agriculture, the Islamic Azad University of Birjand Branche, Iran. [In Persian with English summary].
- Esfandiari, T., Saberi, M., Mollafilabi, A., 2010. Effects of planting date and irrigation date on qualitative and quantitative characteristics of cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Acta Hortic.* 853, 47-52.
- Ezz El-Din, A.A., Hendawy, S.F., Eman, E.A., Omer, E.A., 2010. Enhancing growth, yield and essential oil of caraway plant by nitrogen and potassium fertilizers. *Inter. J. Academic Res.* 2(3), 192-197.
- Ghamarnia, H., Khosravy, H., Sepehri, S., 2010. Yield and water use efficiency of (*Nigella sativa* L.) under different irrigation treatments in a semi arid region in the West of Iran. *J. Medic. Plants Res.* 4(16), 1612-1616. [In Persian with English summary]
- Ghassemi-Golezani, K., Andalibi, B., Zehtab-Salmasi, S., Saba, J., 2008. Effects of water stress during vegetative and reproductive stages on seed yield and essential oil content of dill (*Anethum graveolens* L.). *J. Food Agric. Environ.* 6(3), 282-284.
- Hans-Raj, H., Thakral, K.K., 2008. Effect of fertilizers on growth, yield and quality of fennel (*Foeniculum vulgare* Miller). *J. Species Aromatic Crops.* 17 (2), 134-139.
- Hashemi Dezfoli, A., Koocheki, A., Banayan Aaval, M., 1995. Increasing of Crop Yield. *Jahade Daneshgahi of Mashhad University.* 284p. [In Persian]
- Kirda, C., 2002. Deficit irrigation practices: Deficit irrigation shielding based on plant growth stages showing water stress tolerance. FAO. Available at <http://www.fao.org/docrep/004/Y3655E/Y3655E00.htm>.
- Koocheki, 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 J. Agric. Res. 4(1), 131-140. [In Persian with English summary]
- Kumar, A., Singh, R., Chhillar, R.K., 2008. Influence of irrigation and nitrogen levels on growth, yield and water use efficiency of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Acta Agronomica Hungarica. 56(1), 69-74.
- Laribi, B., Bettaie, I., Kouki, K., Sahli, A., Mougou, A., Marzouk, B., 2009. Water defficit effects on caraway (*Carum carvi* L.) growth, essential oil and fatty acid composition. Ind. Crop. Prod. 30, 372-379.
- Miraei, M.R., Rezvani, S.M., Ghohari, J., 2005. Effect of drought stress in different growth stages on yield and some physiological properties of sugar beet. Sugar Beet Journal. 21(1), 1-14. [In Persian with English summary]
- Mohamed, M.A.H., Abdu, M., 2004. Effect of irrigation and organic fertilization on growth and oil production of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill). Biol. Agric. Hortic. 22, 31-39.
- Nakhzareimoghadam, A., 2009. Effect of plant density and water stress stage on yield and yield components of cumin (*Cuminum cyminum* L.). Agric. Sci. Iranian. 40(3), 63-69. [In Persian with English summary]
- Nese, O., Bunyamin, Y., 2005. Effects of different row spacing and nitrogen doses on certain agronomic characteristics of coriander. Pakistan J. Biol. Scie. 8(6), 901-904.
- Omidbeigi, R., 2005. Medicinal Herbs Production and Processing Approaches. Vol. 2, Tarrahan-e Nashr Pub. House, Tehran, Iran. 424p. [In Persian]
- Osman, Y.A.H., 2009. Comparative study of some agricultural treatments effects on plant growth, yield and chemical constituents of some fennel varieties under Sinai conditions. Res. J. Agric. Biol. Sci. 5(4), 541-554.
- Rassam, Gh., Ghorbanzadeh, M., Dadkhah, A., 2006. Effect of planting date and nitrogen on seed yield components of dill (*Anethum Graveolens* L.) in Shirvan region. J. Agric. Nat. Resour. 13(3), 185-192.
- Winter, S.R., 1990. Sugar beet response to nitrogen as affected by seasonal irrigation. Agron. J. 82, 984-988.
- Zahtab Salmasi, S., Javanshir, A., Omidbeigi, R., Aliari H., Ghasemi Golezani, K., 2003. Ecophysiological effects of irrigation and sowing date on growth, yield and yield components of *Pimpinella anisum*. J. Agric. Knowledge. 13(4), 37-49. [In Persian with English summary].

