نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۲ ، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۴۷-۲۳۹

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 2, Summer. 2015, p. 239-247

بررسی تأثیر مقادیر آبیاری بر خصوصیات رشدی و عملکرد چهار اکوتیپ کنجد (*Sesamum indicum* L.)

علیرضا کوچکی[1*]- ویدا مختاری[2]- سرور خرم دل[3]- شهربانو طاهرآبادی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۸/۲۴

چکیده

به‌منظور بررسی اثر مقادیر آبیاری بر خصوصیات رشدی، اجزای عملکرد و عملکرد دانه چهار اکوتیپ گیاه دانه روغنی کنجد (*Sesamum indicum* L.)، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ اجرا شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. سه مقدار آبیاری شامل ۲۰۰۰، ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰ متر مکعب در هکتار) و چهار اکوتیپ شامل داراب، سبزوار، کاشمر و کلات به‌عنوان تیمار مد نظر قرار گرفتند. صفات مورد بررسی شامل شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک، اجزای عملکرد (ازجمله تعداد شاخه جانبی، تعداد کپسول، تعداد دانه و وزن هزار دانه)، عملکرد بیولوژیکی و دانه کنجد بود. نتایج نشان داد که اثر ساده مقدار آبیاری و اکوتیپ بر اجزای عملکرد و عملکرد کنجد معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) بود. اثر متقابل مقدار آبیاری و اکوتیپ نیز بر اجزای عملکرد، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه کنجد معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. افزایش مقدار آبیاری از ۲۰۰۰ به ۴۰۰۰ متر مکعب در هکتار موجب افزایش تعداد شاخه جانبی، تعداد کپسول، تعداد دانه و وزن ۱۰۰۰ دانه کنجد به‌ترتیب برابر با ۵۷، ۵۵ و ۳۶ درصد شد. عملکرد دانه اکوتیپ کلات با ۱، ۷ و ۱۱ درصد به‌ترتیب بیشتر از اکوتیپ‌های داراب، سبزوار و کاشمر بود. با افزایش مقدار آبیاری از ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ متر مکعب در هکتار، عملکرد دانه اکوتیپ‌های کنجد شامل داراب، سبزوار، کاشمر و کلات به‌ترتیب برابر با ۱۵، ۶۷، ۶۲ و ۳۴ درصد افزایش یافت. رابطه بین عملکرد و اجزای عملکرد مثبت و معنی‌دار بود و بالاترین ضریب همبستگی برای وزن ۱۰۰۰ دانه ($r=$۰/۸۷**) به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، دانه‌های روغنی، شاخص سطح برگ، فتوسنتز، نیاز آبی

مقدمه

عملکرد گیاهان تحت تأثیر عوامل مختلفی همچون آب، خاک و هوا قرار می‌گیرد (۱۹) و در این میان، برخی محققان (۸، ۲۶ و ۳۰) بر این عقیده‌اند که کمبود آب مهمترین فاکتور محدودکننده غیرزیستی رشد و عملکرد گیاهان محسوب می‌شود. بروز خشکی یکی از مهمترین تنش‌های غیرزیستی است که رشد و عملکرد گیاهان را در تمام مناطق و به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان از جمله ایران تحت تأثیر قرار می‌دهد. در همین راستا، ماجومدار و پال (۲۹) و آلپاسلان و همکاران (۷) آبیاری را به‌عنوان عاملی مهم و مؤثر بر بهبود رشد و عملکرد گیاهان در تمام شرایط آب و هوایی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک معرفی کردند. تانتاوی و همکاران (۳۳) نیز گزارش نمودند که آبیاری یکی از مهمترین عملیات زراعی است که کاهش عملکرد گیاهان را به‌ویژه در مناطق گرم و خشک جبران می‌کند.

خشکی را در کشاورزی بر مبنای کاهش عملکرد اقتصادی تعریف می‌کنند؛ در حالی‌که در هواشناسی، به کاهش ظرفیت رطوبت نسبی هوا و کاهش نزولات آسمانی اطلاق می‌شود (۲۵). از دیدگاه فیزیولوژی گیاهی، تنش خشکی عاملی است که کاهش جذب آب توسط ریشه، کاهش پتانسیل آب اندام‌های مختلف گیاهی، بسته شدن روزنه‌ها و همچنین، کاهش فتوسنتز گیاهی را به دنبال دارد (۲۱). برخی محققان (۱۱) خشکی را براساس مرحله رشدی گیاهان طبقه‌بندی کرده‌اند. بر این اساس، مناطق مدیترانه‌ای عمدتاً دارای خشکی انتهای فصل هستند، در این شرایط در انتهای فصل رشد، غالباً گیاهان با کمبود آب روبه‌رو می‌شوند. نتایج برخی دیگر از تحقیقات نیز نشان داده است که بروز خشکی در شرایط آب و هوایی ایران غالباً همزمان با وقوع مرحله زایشی گیاهان می‌باشد (۳).

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب استاد، دانشجوی دکتری، استادیار و کارشناس ارشد زراعت گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: akooch@um.ac.ir)

تنش خشکی اثرات متعدّدی بر متابولیسم، مورفولوژی و فیزیولوژیکی گیاه می‌گذارد (۱۹). با افزایش تنش خشکی فتوسنتز گیاهی کاهش می‌یابد و نتایج برخی (۸) تحقیقات نشان داده است که این محدودیت عمدتاً به‌دلیل بسته شدن روزنه‌ها و در نتیجه کاهش ظرفیت تثبیت دی اکسید کربن می‌باشد. واکنش‌های مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاهان نسبت به کمبود آب، بسته به شدت و طول دوره تنش متغیر می‌باشد. علاوه بر این، مرحله رشدی که گیاه با تنش خشکی مواجه می‌شود نیز در میزان تأثیر تنش بر رشد و نمو گیاهی بسیار حائز اهمیت است (۵ و ۱۹). به‌طور کلی، نتایج برخی بررسی‌ها مؤید این مطلب است که با افزایش تنش خشکی، رشد و عملکرد گیاهان کاهش می‌یابد (۲۳ و ۲۷). بنابراین، مشخص است که تعیین میزان مناسب آب برای رشد مطلوب گیاهان و همچنین تطبیق زمان آبیاری با دوره‌های بحرانی رشد گیاه، برای دستیابی به حداکثر عملکرد ضرورت دارد (۶). از طرف دیگر، علاوه بر کمبود آب و تنش خشکی، افزایش جمعیت و به دنبال آن افزایش مصرف سرانهٔ روغن خوراکی در سال‌های اخیر، سبب افزایش واردات روغن به کشور شده است. لذا انتخاب محصولات دانه نسبتاً روغنی مقاوم به تنش خشکی برای کاشت در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور از اهمیت به‌سزایی برخوردار است.

کنجد (*Sesamum indicum* L.) یکی از قدیمی‌ترین گیاهان دانه روغنی جهان است (۱ و ۳۴) که به ملکه گیاهان روغنی مشهور است (۱۰). این گیاه گرما دوست و سازگار با نواحی خشک و نیمه‌خشک دنیا می‌باشد. کنجد به دلیل محتوی بالای روغن خوراکی (۴۲ تا ۵۴ درصد) و پروتئین (۲۲ تا ۲۵ درصد)، قرن‌هاست که در کشورهای مختلف جهان به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه آسیایی و آفریقایی کاشته می‌شود (۱۵). روغن این گیاه به‌دلیل وجود سزامین[1] و سزامولین[2] از قابلیت ماندگاری بسیار مطلوبی نسبت به اکسیداسیون برخوردار است (۱۳). علاوه بر این، کنجد یکی از عمده‌ترین گیاهان دانه روغنی است که ارقام آن دارای تنوع ژنتیکی و مورفولوژیکی زیادی می‌باشند (۹) که این امر می‌تواند سازگاری و مقاومت این گیاه با ارزش روغنی را نسبت به دامنه وسیعی از شرایط آب و هوایی بهبود بخشد. اگرچه نتایج برخی تحقیقات (۲۲) حاکی از آن است که کنجد گیاهی حساس نسبت به کمبود آب و تنش خشکی می‌باشد، ولی بیشتر محققان (۲۴) بر این عقیده‌اند که کنجد گیاهی نسبتاً متحمل به تنش خشکی محسوب می‌شود.

اگرچه کاشت کنجد در ایران از سابقه طولانی برخوردار می‌باشد و کشور دارای پتانسیل‌های فراوانی در زمینه تولید این گیاه دانه روغنی می‌باشد، ولی پیشرفت‌های چندانی در این زمینه حاصل نشده است (۲). عملکرد دانه کنجد به تعداد بوته در واحد سطح، تعداد شاخه فرعی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه بستگی دارد (۱۲). دیلیپ و همکاران (۱۶) بیان داشتند که با افزایش تعداد دفعات آبیاری تعداد شاخه فرعی، تعداد دانه در کپسول، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه کنجد افزایش یافت. کومار و همکاران (۲۷) با بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری روی رشد و عملکرد کنجد بیان نمودند که آبیاری در ۳۰ و ۶۰ روز پس از کاشت باعث بهبود شاخص سطح برگ، تعداد کپسول در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد روغن کنجد شد. رضوانی مقدم و همکاران (۲) با بررسی تأثیر فواصل مختلف آبیاری (یک، دو، سه و چهار هفته) بر تولید و عملکرد روغن کنجد گزارش نمودند که بیشترین عملکرد دانه (۷۹۸/۷ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد روغن (۴۱۲/۸ کیلوگرم در هکتار) در فاصله آبیاری یک هفته و کمترین آنها برای فاصله چهار هفته مشاهده شد.

بنابراین، با توجه به موقعیت اقلیمی ایران، وجود بحران آب و به دنبال آن بروز تنش خشکی در این مناطق و همچنین اهمیت اقتصادی گیاهان دانه روغنی، انتخاب گیاهان مناسب نسبت به کمبود آب امری اجتناب ناپذیر محسوب می‌شود. از طرف دیگر، با توجه به تنوع بالای کنجد، انتخاب ژنوتیپ‌ها و اکوتیپ‌های مقاوم نسبت به شرایط مختلف محیطی از جمله تنش کم‌آبی امری ضروری به نظر می‌رسد. بدین ترتیب، این آزمایش با هدف بررسی اثر مقادیر آبیاری بر خصوصیات رشدی و عملکرد دانه اکوتیپ‌های مختلف کنجد در شرایط آب و هوایی مشهد طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با هدف بررسی رشد، عملکرد دانه و اجزای عملکرد اکوتیپ‌های مختلف کنجد تحت تأثیر مقادیر آبیاری در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد (واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد با طول جغرافیایی $59^{o}28'E$، عرض جغرافیایی $36^{o}15'N$ و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا) در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. سه مقدار آبیاری شامل ۲۰۰۰، ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰ متر مکعب و چهار اکوتیپ داراب، سبزوار، کاشمر و کلات به‌عنوان تیمار مدنظر قرار گرفتند. میزان آب مورد نیاز برای کنجد در شرایط آب و هوایی مشهد توسط نرم‌افزار AGWAT (۴) برابر با ۴۰۰۰ متر مکعب در هکتار محاسبه شد. از سیستم آبیاری تحت فشار با کنتور حجمی (دارای دقت ۰/۰۰۰۱ متر مکعب)، به فاصله هر هفت روز یکبار برای اعمال مقادیر آبیاری استفاده گردید. قابل ذکر است که میزان آب وارده به خاک از طریق بارندگی با استفاده از داده‌های ایستگاه هواشناسی محاسبه و مقادیر آن از آب آبیاری کسر شد.

کاشت دستی کنجد روی پنج ردیف با طول سه متر و فاصله بین

1- Sesamin
2- Sesamolin

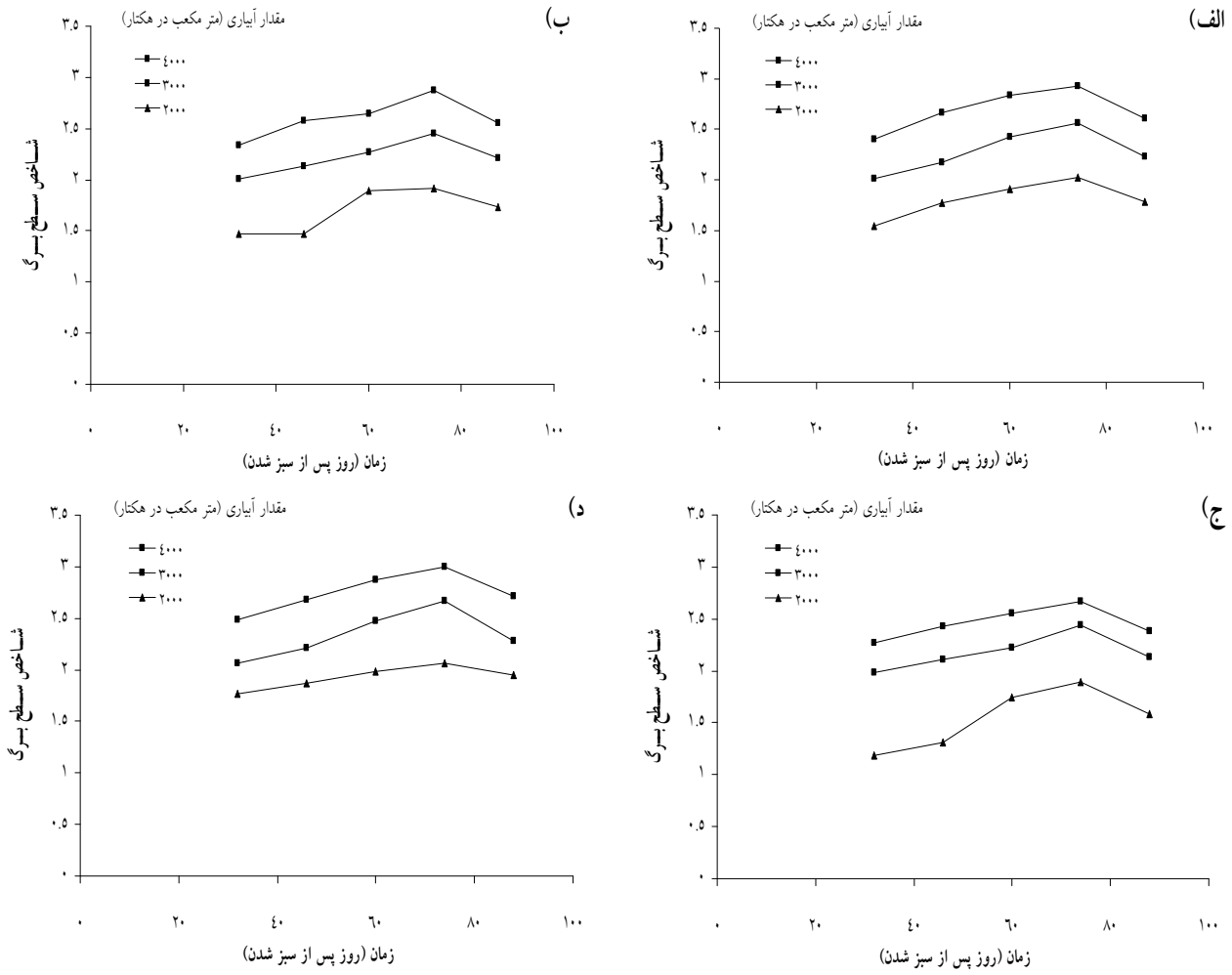
ردیف و روی ردیف به‌ترتیب ۵۰ و ۱۰ سانتی‌متر در خرداد ماه انجام شد. جهت یکنواختی در سبز شدن گیاهان، اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت انجام شد و آبیاری‌های بعدی از یک ماه پس از سبز شدن با توجه به مقدار آبیاری تا پایان فصل رشد ادامه یافت. قابل ذکر است انتهای کرت‌ها به‌طور کامل بسته شد و آبیاری کرت‌ها به‌طور کاملاً جداگانه انجام گردید. در طول فصل رشد، کنترل علف‌های هرز در سه نوبت با استفاده از وجین دستی انجام شد.

نمونه‌برداری تخریبی به‌منظور تعیین سطح برگ و میزان تجمع ماده خشک از ۳۲ روز پس از سبز شدن به فاصله هر ۱۴ روز یکبار (پنج نوبت) از سطح سه بوته (۰/۱۵ متر مربع) انجام شد. عملیات برداشت دستی بوته‌ها در زمان زرد شدن برگ‌ها و کپسول‌ها از سطح ۱/۵×۱/۵ متر مربع با حذف اثرات حاشیه‌ای انجام شد. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، اجزای عملکرد شامل تعداد شاخه جانبی، تعداد کپسول، تعداد دانه و وزن ۱۰۰۰ دانه اندازه‌گیری شد.

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Minitab-ver 13 تجزیه شدند. از آزمون چنددامنه‌ای دانکن ($p\leq$۰/۰۵) و نرم‌افزار MSTAT-C جهت مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. تعیین ضرایب همبستگی با استفاده از نرم‌افزار Sigma Stat انجام شد. رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

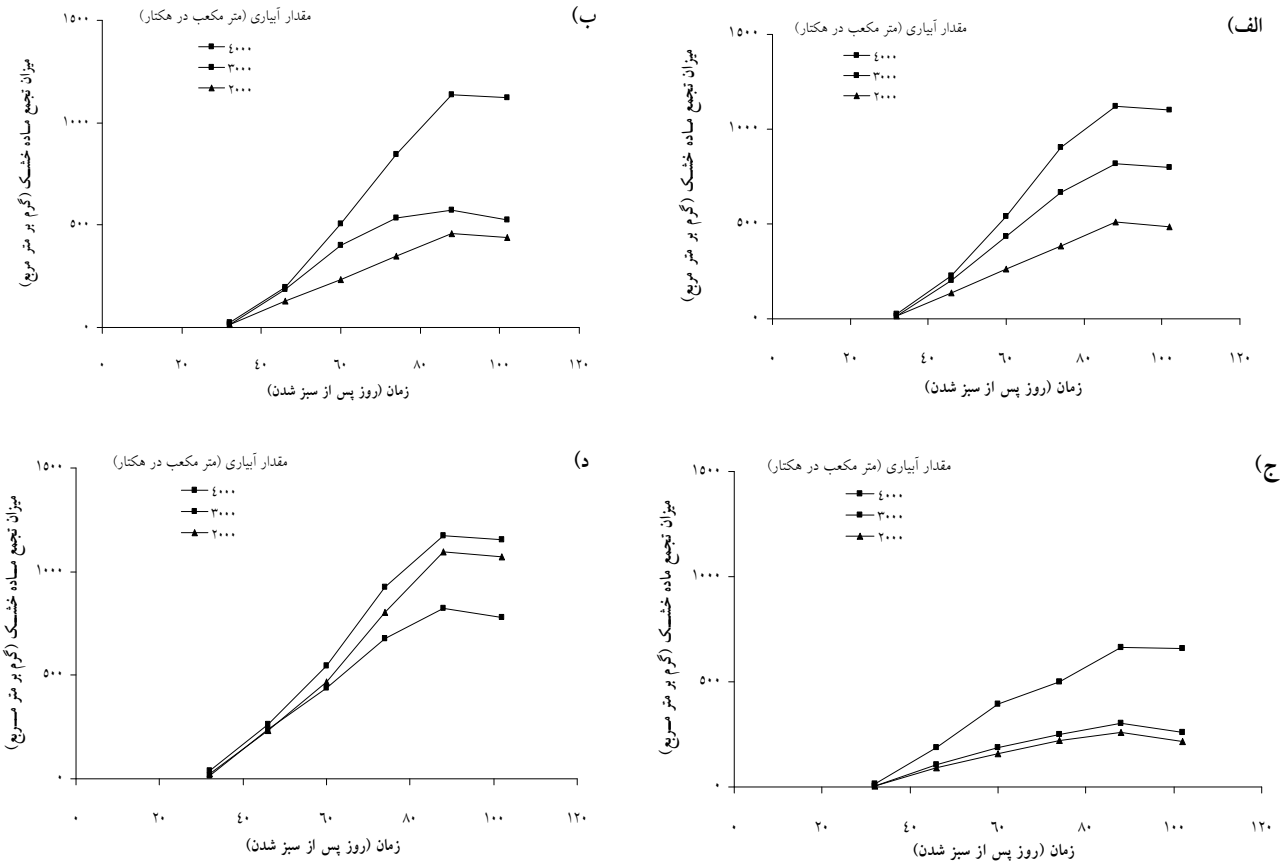
نتایج و بحث

با پیشرفت زمان، شاخص سطح برگ اکوتیپ‌های کنجد افزایش یافت و پس از رسیدن به حداکثر میزان خود در ۷۴ روز پس از سبز شدن روند کاهشی پیدا کرد که این امر عمدتاً به‌دلیل زرد شدن و ریزش برگ‌ها بود.



شکل ۱- روند تغییرات شاخص سطح برگ اکوتیپ‌های کنجد ((الف) داراب، (ب) سبزوار، (ج) کاشمر و (د) کلات) تحت تأثیر مقادیر آبیاری در طول زمان

همچنین اگرچه زمان رسیدن به حداکثر میزان شاخص سطح برگ در طول فصل رشد برای تمامی اکوتیپ‌ها نسبتاً همزمان بود و پس از مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی به وقوع پیوست، ولی بالاترین شاخص سطح برگ برابر با ۳ برای اکوتیپ کلات مشاهده شد که در شرایط اعمال آبیاری ۴۰۰۰ متر مکعب در هکتار حاصل گردید. با افزایش مقدار آبیاری از ۲۰۰۰ به ۴۰۰۰ متر مکعب در هکتار شاخص سطح برگ اکوتیپ‌ها کنجد شامل داراب، سبزوار، کاشمر و کلات به‌ترتیب برابر با ۴۵، ۴۹، ۴۱ و ۴۶ درصد افزایش یافت (شکل ۱). در همین راستا، کومار و همکاران (۲۷) نیز بیان داشتند که با افزایش آبیاری، خصوصیات رشدی کنجد ازجمله شاخص سطح برگ این گیاه دانه روغنی بهبود یافت. نتایج برخی دیگر از بررسی‌ها (۲، ۱۶ و ۳۳) نیز تأییدکننده تأثیر مثبت آبیاری بر خصوصیات رویشی گیاهان مختلف می‌باشد. از آنجا که شاخص سطح برگ نشان‌دهنده میزان جذب تشعشع فتوسنتزی توسط پوشش گیاهی بوده و سطح زیر منحنی شاخص سطح برگ نسبت به زمان، بیان‌کننده دوام و ماندگاری سطح برگ و در نهایت، نشان‌دهنده مدت زمان فتوسنتز گیاهی می‌باشد (۲۰)، بنابراین، چنین بر می‌آید که افزایش آبیاری باعث افزایش شاخص سطح برگ و در نهایت، دوام سطح برگ به‌عنوان اندام اصلی فتوسنتزکننده شده که افزایش طول دوره فتوسنتزی در بهبود اجزای عملکرد از جمله افزایش تعداد دانه و وزن دانه مؤثر خواهد بود که درنهایت، منجر به افزایش عملکرد دانه خواهد شد. همچنین به نظر می‌رسد که بالاتر بودن شاخص سطح برگ و به تبع آن دوام بیشتر سطح برگ اکوتیپ کلات در طول فصل رشد، باعث بهبود فتوسنتز شده که این امر می‌تواند نقش مؤثری بر افزایش عملکرد این اکوتیپ در مقایسه با سایر اکوتیپ‌ها کنجد به همراه داشته باشد.



شکل ۲- روند تغییرات میزان تجمع ماده خشک اکوتیپ‌های کنجد ((الف) داراب، (ب) سبزوار، (ج) کاشمر و (د) کلات) تحت تأثیر مقادیر آبیاری در طول زمان

جدول ۱- نتایج آنالیز واریانس اثر مقدار آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد اکوتیپ‌های مختلف کنجد

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		شاخه در بوته	کپسول در بوته	دانه در کپسول	وزن ۱۰۰۰ دانه	عملکرد بیولوژیکی	عملکرد دانه
تکرار	۲	۰/۱۳۳	۴/۷۸	۳۲/۱	۰/۳۵۵	۴۷۰۴۵۹	۱۵۱۹۹۹۶
آبیاری (A)	۲	۱۲/۸**	۴۶۲**	۴۰۰۰**	۰/۳۲۸**	۲۸۷۷۶۷۰۸**	۱۳۳۴۷۸۰۲**
اکوتیپ (B)	۳	۴/۲۱**	۱۵۲**	۱۰۱۷**	۰/۳۱۷^{ns}	۲۰۵۴۶۱۸*	۴۹۲۶۹۹*
A×B	۶	۴/۰۲**	۱۴۵**	۹۷۱**	۰/۷۵۸**	۴۷۵۴۶۳۲**	۲۵۲۲۰۲۱**
خطا	۲۲	۰/۳۷۷	۱۳/۶	۹۱/۲	۰/۲۸۶	۵۹۶۰۰۳	۶۲۲۷۵۵
ضریب تغییرات (٪)		۱۴/۲۵	۱۴/۲۶	۱۴/۲۶	۱۶/۶۶	۷/۷۱	۱۶/۷۶

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

همانگونه که در شکل ۲- الف ملاحظه می‌شود با گذشت زمان، میزان تجمع ماده خشک ارقام مختلف کنجد افزایش یافت. زمان رسیدن به بیشترین مقدار تجمع ماده خشک در طول فصل رشد برای تمامی تیمارها همزمان بود و پس از مرحله گلدهی در ۸۸ روز پس از سبز شدن به وقوع پیوست. میزان بهبود تجمع ماده خشک ارقام مختلف شامل داراب، سبزوار، کاشمر و کلات در شرایط اعمال ۴۰۰۰ متر مکعب آب در هکتار به‌ترتیب برابر با ۱۲۰، ۱۴۸، ۱۵۵ و ۷ درصد در مقایسه با مصرف ۲۰۰۰ متر مکعب آب در هکتار بود. بهبود خصوصیات رویشی و به دنبال آن افزایش فتوسنتز گیاهان ازجمله کنجد تحت تأثیر بهبود آبیاری توسط برخی دیگر از محققین نیز تأیید شده است (۲). همچنین بالاترین میزان تجمع ماده خشک در بین اکوتیپ‌های کنجد برای اکوتیپ کلات برابر با ۱۱۷۵/۶ گرم بر متر مربع در شرایط مصرف ۴۰۰۰ متر مکعب آب در هکتار حاصل گردید که این امر احتمالاً تحت تأثیر سازگاری بالاتر این اکوتیپ نسبت به شرایط آب و هوایی مشهد می‌باشد (شکل ۲-ب). با گذشت زمان از ۸۸ روز پس از سبز شدن تا پایان فصل رشد، میزان تجمع ماده خشک اکوتیپ‌های مختلف کاهش یافت که این امر عمدتاً تحت تأثیر زرد شدن اندام‌های گیاهی و به‌ویژه برگ‌ها بوده است. بدین ترتیب با توجه به نتایج مشخص است، اگرچه تنوع ژنتیکی اکوتیپ‌های کنجد بالا می‌باشد (۹)، ولی می‌بایست ارقام و توده‌های بومی مناسب برای کاشت در هر منطقه را انتخاب نمود تا از این طریق به سطح مطلوبی از عملکرد دست یافت.

نتایج تجزیه واریانس اثر مقدار آبیاری بر اجزای عملکرد و عملکرد اکوتیپ‌های مختلف کنجد در جدول ۱ نشان داده شده است. اثر مقدار آبیاری بر اجزای عملکرد کنجد معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۱). افزایش مقدار آبیاری از ۲۰۰۰ به ۴۰۰۰ متر مکعب در هکتار موجب افزایش تعداد شاخه جانبی، تعداد کپسول، تعداد دانه و وزن ۱۰۰۰ دانه کنجد به‌ترتیب برابر با ۵۷، ۵۵ و ۳۶ درصد شد (جدول ۲). به‌نظر می‌رسد که به‌دلیل بهبود محتوی رطوبتی قابل دسترس برای گیاهان در شرایط افزایش مقدار آبیاری، رشد اندام‌های رویشی و در نتیجه تولید مواد فتوسنتزی افزایش یافته (۲۰) که این امر در نهایت، باعث بهبود اجزای عملکرد در مقایسه با مقدار آبیاری ۲۰۰۰ متر مکعب در هکتار شده است. کیوندو و راوندر (۲۸) با بررسی اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر خصوصیات رشدی و عملکرد کنجد بیان نمودند که با افزایش آبیاری به‌دلیل بهبود خصوصیات رشدی و اجزای عملکرد این گیاه دانه روغنی نیز بهبود یافت. ال- نعیم و احمد (۱۸) نیز با بررسی اثر فواصل مختلف آبیاری بر رشد و عملکرد آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) بیان نمودند که کاهش فاصله آبیاری باعث بهبود رشد و در نتیجه عملکرد این گیاه دانه روغنی گردید.

اثر اکوتیپ بر اجزای عملکرد کنجد شامل تعداد شاخه جانبی، کپسول و دانه معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۱)؛ به‌طوری‌که میزان افزایش تعداد شاخه جانبی، تعداد کپسول و تعداد دانه اکوتیپ کاشمر نسبت به اکوتیپ‌های داراب، سبزوار و کلات به‌ترتیب برابر با ۴۲، ۳۱ و ۲۷ درصد بود. همچنین وزن هزار دانه اکوتیپ‌های داراب، کاشمر و سبزوار به‌ترتیب ۴، ۱۱ و ۱۴ درصد بالاتر از اکوتیپ کلات بود (جدول ۲). از آنجا که عملکرد دانه غالباً همبستگی بالایی با وزن هزار دانه دارد (۱۷ و ۲۰) و نتایج این مطالعه نیز مؤید این مطلب می‌باشد (r=۰/۸۷**) (جدول ۴)، لذا مشخص است که بالاتر بودن وزن دانه در اکوتیپ کلات (جدول ۲) منجر به تولید بالاترین عملکرد دانه (شکل ۴- ب) شده است. همچنین به‌نظر می‌رسد که سازگاری بالاتر اکوتیپ کلات در مقایسه با سایر اکوتیپ‌های مورد مطالعه و نزدیک‌تر بودن شرایط آب و هوایی این منطقه با مشهد به‌دلیل افزایش رشد و بهبود سهم تولید مواد، افزایش اجزای عملکرد کنجد در این اکوتیپ نسبت به سایر اکوتیپ‌ها را به‌دنبال داشته است.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر مقدار آبیاری و نوع اکوتیپ بر اجزای عملکرد کنجد

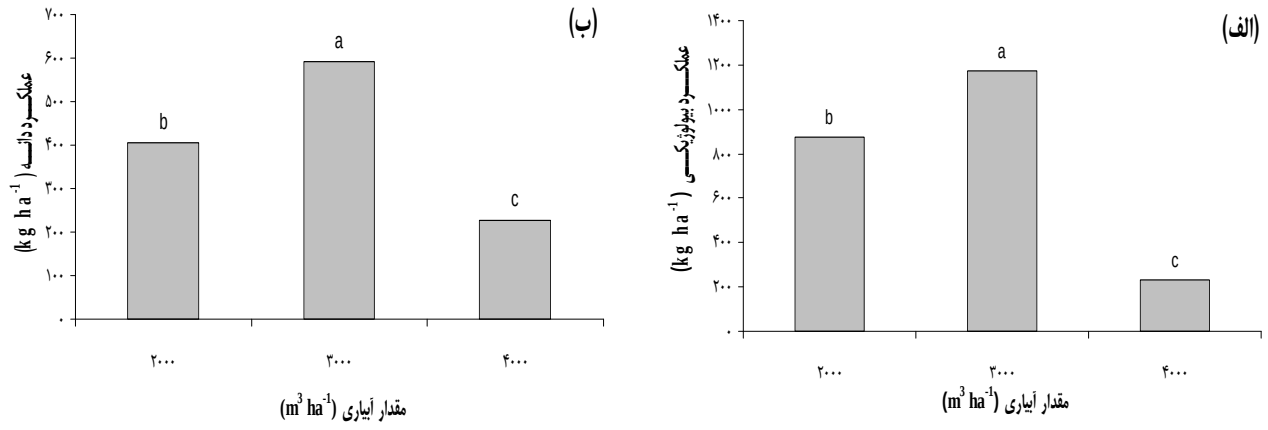
تیمار		شاخه در بوته	کپسول در بوته	دانه در کپسول	وزن ۱۰۰۰ دانه (g)
مقدار آبیاری ($m^3\ ha^{-1}$)	۲۰۰۰	۳/۵۴b*	۲۱/۳b	۵۵/۰b	۲/۸۱b
	۳۰۰۰	۳/۹۰a	۲۳/۴b	۶۰/۷b	۳/۰۳b
	۴۰۰۰	۵/۴۹a	۳۲/۹a	۸۵/۳a	۳/۸۲a
اکوتیپ	داراب	۳/۷۲b	۲۲/۳b	۵۷/۸b	۳/۳۰a
	سبزوار	۴/۰۶b	۲۴/۳b	۶۳/۰b	۳/۰۲a
	کاشمر	۵/۳۰a	۳۱/۸a	۸۲/۳a	۳/۱۰a
	کلات	۴/۱۷b	۲۵/۰b	۶۴/۸b	۳/۴۳a

* میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ستون و برای هر فاکتور، دارای تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن می‌باشند ($p\leq ۰/۰۵$).

اثر مقدار آبیاری بر عملکرد بیولوژیکی و دانه کنجد معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۱$) بود (جدول ۱). با افزایش مقدار آبیاری از ۲۰۰۰ به ۴۰۰۰ متر مکعب عملکرد بیولوژیکی و دانه بیش از ۱۰۰ درصد افزایش یافت (شکل ۳). از آنجا که فراهم بودن آب و عناصر غذایی، موجب بهبود رشد رویشی و زایشی گیاهان می‌شود (۲۰ و ۳۱)، چنین به‌نظر می‌رسد که به‌دلیل رشد بهتر اندام‌های هوایی در شرایط افزایش آبیاری، عملکرد بیولوژیکی و دانه کنجد بهبود یافته است. نتایج برخی بررسی‌ها (۱۴ و ۳۲) نیز بهبود خصوصیات رشدی گیاهان را تحت تأثیر افزایش میزان رطوبت تأیید کرده است.

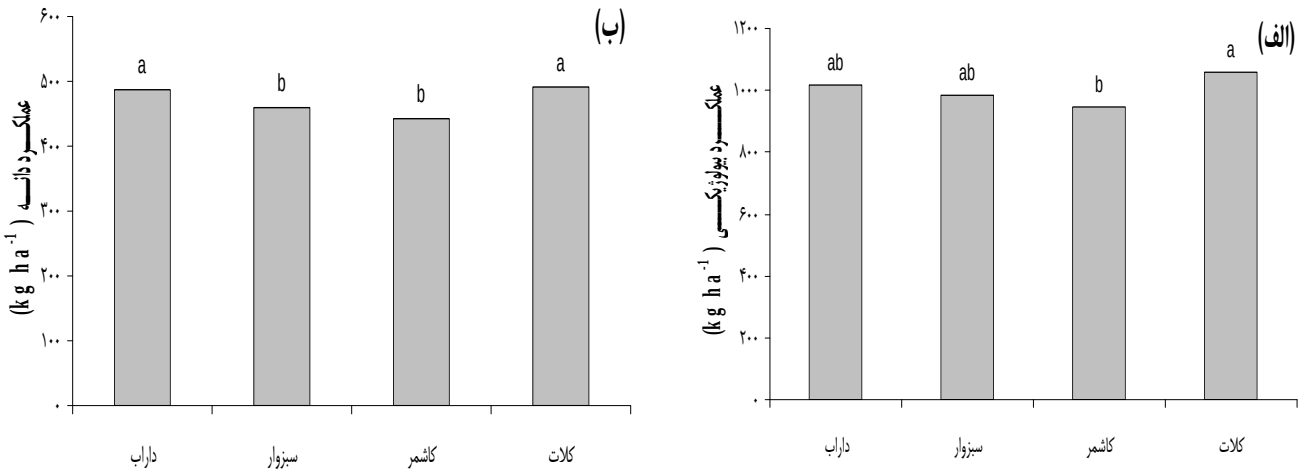
اثر اکوتیپ بر عملکرد بیولوژیکی و دانه کنجد معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۵$) بود (جدول ۱). عملکرد بیولوژیکی اکوتیپ کلات به‌ترتیب ۴، ۸ و ۱۲ درصد بیشتر از اکوتیپ‌های داراب، سبزوار و کاشمر بود؛ در حالی‌که میزان این افزایش برای عملکرد دانه به‌ترتیب برابر با ۱، ۷ و ۱۱ درصد بود (شکل ۴). از آنجا که کنجد دارای تنوع ژنتیکی بسیار بالایی می‌باشد (۹)، به‌نظر می‌رسد که با انتخاب صحیح اکوتیپ‌های این گیاه ارزشمند دانه روغنی برای کاشت در شرایط محیطی مناسب، بتوان با تولید سطح مطلوبی از عملکرد دانه، گام مؤثری در زمینه خودکفایی روغن در کشور برداشت.

تعداد شاخه جانبی، تعداد کپسول و تعداد دانه در کپسول اکوتیپ‌های کنجد به‌ترتیب برابر با ۴۳، ۱۳۳، ۷۱ و ۵ درصد برای اکوتیپ‌های داراب، سبزوار، کاشمر و کلات با افزایش مقدار آبیاری از ۲۰۰۰ به ۴۰۰۰ متر مکعب در هکتار بهبود یافت؛ در حالی‌که میزان این افزایش برای وزن هزار دانه این اکوتیپ‌ها به‌ترتیب برابر با ۱۲، ۱۵، ۲۸ و ۱۱ درصد بود. با افزایش مقدار آبیاری از ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ متر مکعب در هکتار، عملکرد بیولوژیکی اکوتیپ‌های کنجد شامل داراب، سبزوار، کاشمر و کلات به‌ترتیب برابر با ۱، ۲۹، ۳۶ و ۲۸ درصد افزایش یافت؛ در حالی‌که میزان این افزایش برای عملکرد دانه این اکوتیپ‌ها به‌ترتیب برابر با ۱۵، ۶۷، ۶۲ و ۳۴ درصد بود (جدول ۳).



شکل ۳- اثر مقادیر مختلف آبیاری بر (الف) عملکرد بیولوژیکی و (ب) دانه کنجد

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر شکل، دارای تفاوت معنی‌داری براساس آزمون دانکن می‌باشند ($p\leq ۰/۰۵$).



شکل ٤- اثر اکوتیپ بر (الف) عملکرد بیولوژیکی و (ب) دانه کنجد

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر شکل، دارای تفاوت معنی‌داری براساس آزمون دانکن می‌باشند ($p\leq$۰/۰۵).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل مقدار آبیاری و نوع اکوتیپ بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد

تیمار		شاخه در بوته	کپسول در بوته	دانه در کپسول	وزن ۱۰۰۰ دانه (g)	عملکرد بیولوژیکی (kg ha^{-1})	عملکرد دانه (kg ha^{-1})
مقدار آبیاری (m^3 ha^{-1})	اکوتیپ						
۲۰۰۰	داراب	۲/۷۲e*	۱۶/۳e	۴۲/۳e	۲/۷۲e	۱۰۹۲b	۴۷۸d
	سبزوار	۲/۷۲e	۱۶/۳e	۴۲/۳e	۲/۷۲e	۸۸۹d	۳۶۴f
	کاشمر	۳/۹۵cd	۲۳/۷cd	۶۱/۳cd	۳/۹۵cd	۹۲۲cd	۴۱۱e
	کلات	۴/۷۸bc	۲۸/۷bc	۷۴/۳bc	۴/۷۸bc	۹۲۸cd	۴۰۷e
۳۰۰۰	داراب	۴/۵۶bc	۲۷/۳bc	۷۰/۸bc	۴/۵۶bc	۸۶۸d	۴۳۵e
	سبزوار	۳/۱۱de	۱۸/۷de	۴۸/۶de	۳/۱۱de	۹۰۹d	۴۱۰e
	کاشمر	۵/۲۲b	۳۱/۳b	۸۱/۲b	۵/۲۲b	۶۶۲e	۲۵۰g
	کلات	۲/۷۲e	۱۶/۳e	۴۲/۳e	۲/۷۲e	۱۰۵۲bc	۵۲۴c
۴۰۰۰	داراب	۳/۸۹cd	۲۳/۳cd	۶۰/۴cd	۳/۸۹cd	۱۰۹۸b	۵۵۱c
	سبزوار	۶/۳۳a	۳۸/۰a	۹۸/۴a	۶/۳۳a	۱۱۴۹ab	۶۰۶b
	کاشمر	۶/۷۶a	۴۰/۳a	۱۰۴/۵a	۶/۷۶a	۱۲۵۴a	۶۶۷a
	کلات	۵/۰۰bc	۳۰/۰bc	۷۷/۷bc	۵/۰۰bc	۱۱۹۱ab	۵۴۵c

* میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ستون، دارای تفاوت معنی‌داری براساس آزمون دانکن می‌باشند ($p\leq$۰/۰۵).

جدول ٤- نتایج همبستگی اثر مقدار آبیاری و اکوتیپ بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد

	تعداد شاخه جانبی	تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه در کپسول	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
تعداد شاخه جانبی	۱	۰/۵۶*	۰/۷۸*	-۰/۶۸*	۰/۷۶*
تعداد کپسول در بوته	-	۱	۰/۸۰**	-۰/۷۶*	۰/۵۷*
تعداد دانه در کپسول	-	-	۱	-۰/۷۸*	۰/۷۱*
وزن هزار دانه	-	-	-	۱	۰/۸۷**
عملکرد دانه	-	-	-	-	۱

* و **: معنی‌دار به‌ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد

ضرایب همبستگی بین اجزای عملکرد و عملکرد دانه

نتایج ضرایب همبستگی عملکرد و اجزای عملکرد اکوتیپ‌های کنجد در شرایط اعمال مقادیر آبیاری در جدول ۴ ارائه شده‌است.

همانطور که در جدول ۴ ملاحظه می‌گردد، رابطه بین تعداد شاخه جانبی ($r=۰/۷۶^{**}$)، تعداد کپسول ($r=۰/۵۷^{*}$)، تعداد دانه ($r=۰/۷۱^{*}$) و وزن ۱۰۰۰ دانه ($r=۰/۸۷^{**}$) با عملکرد دانه کنجد مثبت و معنی‌دار بود. با مقایسه این ضرایب، مشخص شد که بالاترین ضریب همبستگی بین اجزای عملکرد با عملکرد دانه برای وزن ۱۰۰۰ دانه به‌دست آمد. بدین ترتیب، وجود رابطه مثبت بین عملکرد و اجزای عملکرد دانه بیانگر این مطلب است هر عملیات مدیریتی که بتواند تأثیر مثبتی بر اجزای عملکرد به‌ویژه وزن ۱۰۰۰ دانه داشته باشد، در نتیجه به‌طور مستقیم عملکرد دانه را بهبود می‌دهد. نتایج مطالعه رضوانی مقدم و همکاران (۲) نیز تأییدکننده رابطه مثبت بین عملکرد دانه و وزن دانه می‌باشد.

نتایج این آزمایش نشان داد که افزایش حجم آبیاری به‌دلیل بهبود رشد رویشی و سطح اندام‌های فتوسنتزکننده، افزایش شاخص سطح برگ، میزان تجمع ماده خشک، اجزای عملکرد و در نتیجه عملکرد کنجد را به‌دنبال داشت. بالاترین خصوصیات رشدی، اجزای عملکرد و عملکرد کنجد برای اکوتیپ کلات مشاهده شد. از آنجا که کنجد گیاهی دانه روغنی و نسبتاً مقاوم به آب و هوای خشک و نیمه-خشک و تنش کمبود آب بوده و تنوع ژنتیکی بالایی دارا می‌باشد، لذا به‌منظور ایجاد خودکفایی در زمینه روغن و کاهش میزان واردات آن، می‌توان اکوتیپ‌ها و ژنوتیپ‌های مناسب و سازگار را برای کاشت در هر منطقه انتخاب نمود. بین عملکرد و اجزای عملکرد دانه رابطه مثبت و معنی‌داری وجود داشت، لذا به نظر می‌رسد به‌کارگیری هر عملیات مدیریتی که بتواند تأثیر مثبتی بر اجزای عملکرد داشته باشد، عملکرد دانه کنجد را نیز بهبود می‌دهد.

سپاسگزاری

اعتبار این پژوهش از محل پژوهه طرح شماره ۱۸۱۷۸/۲ مصوب ۱۳۹۰/۴/۸ معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین وسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

۱- خواجه‌پور، م. ر. ۱۳۸۳. گیاهان صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان. ۵۸۰ صفحه.

۲- رضوانی‌مقدم، پ.، ق. نوروزپور، ج. نباتی، و ع. ا. محمدآبادی. ۱۳۸۴. بررسی خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد دانه و روغن کنجد در تراکم‌های مختلف بوته و فواصل مختلف آبیاری. مجله پژوهشهای زراعی ایران ۳(۱): ۶۸-۵۷.

۳- سرمدنیا، غ. ح. ۱۳۷۲. اهمیت تنش‌های محیطی در زراعت. مجموعه مقالات کلیدی اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران، ۳۰ صفحه.

۴- علیزاده، ا.، و غ. ع. کمالی. ۱۳۸۷. نیاز آبی گیاهان در ایران. انتشارات آستان قدس رضوی، دانشگاه امام رضا، ۲۲۸ صفحه.

۵- کافی، م.، م. لاهوتی، ا. زند، ح. ر. شریفی، و م. گلدانی. ۱۳۸۶. فیزیولوژی گیاهی (جلد اول). انتشارات جهاد دانشگاهی واحد مشهد، چاپ هفتم، ۴۵۶ صفحه.

۶- لطفی، آ.، ع. وهابی سدهی، ا. قنبری، و م. حیدری. ۱۳۸۷. بررسی تأثیر کم‌آبیاری بر خصوصیات کمّی و کیفی اسفرزه (*Plantago ovata* Torssk.) در منطقه سیستان. فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۲۴(۴): ۵۱۸-۵۰۶.

7- Alpaslan, M., E. Boydak, M. Hayta, S. Gerçek, and M. Simsek. 2001. Effect of row space and irrigation on seed composition of Turkish sesame (*Sesamum indicum* L.). Journal of the American Oil Chemists' Society 78 (9): 933-935.

8- Basra, A. S., and R. K. Basra. 1997. Mechanisms of Environmental Stress Resistance in Plants. CRC Press, 407 pp.

9- Baydar, H., I. Turgut, and K. Turgut. 1999. Variation of certain characters and line selection for yield, oil, and linoleic acids in the Turkish sesame (*Sesamum indicum* L.) populations. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 23: 431-441.

10- Bedigian, D., and J. R. Harlan. 1986. Evidence for cultivation of sesame in the ancient world. Economic Botany 40 (2): 137-154.

11- Calhoun, D. S., G. Gebeyehu, A. Miranda, S. Rajaram, and M. Van Ginket. 1994. Choosing evaluation environments to increase wheat grain yield under drought conditions. Crop Science 34: 673-378.

12- Chanbdrakar, B. L., N. Sekhar, S. S. Tuteja, and R. S. Tripathi. 1994. Effect of irrigation and nitrogen on growth and yield of summer sesame (*Sesamum indicum*). Indian Journal of Agronomy 39: 701-702.

13- Chang, L. W., W. J. Yen, S.C. Huang, and P. D. Duh. 2002. Antioxidant activity of sesame coat. Food Chemistry

78 (3): 347-354.
14- Colom, M. R., and C. V. Vazzana. 2003. Photosynthesis, PS II functionality of drought-resistant and drought-sensitive weeping lovegrass plants. Environmental and Experimental Botany 49: 135-144.
15- Desphande, S. S., U. S. Desphande, and D. K. Salunkhe. 1996. Sesame Oil, in Bailey's Industrial Oil and Fat Products, 5th edition, edited by Y. H. Hui, Interscience Publishers, New York, pp. 457-497.
16- Dilip, K., M. Ajumdar, and S. Roy. 1991. Responses of summer sesame (*Sesamum indicum*) to irrigation, row spacing and plant population. Indian Journal of Agronomy 37: 758-762.
17- Egli, D. B. 1975. Rate of accumulation of dry weight in seed of soybeans and its relationship to yield. Canadian Journal of Plant Science 55: 215-219
18- El Naim, A. M., and M. F. Ahmed. 2010. Effect of irrigation intervals and inter- row spacing on yield, yields components and water use efficiency of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Journal of Applied Sciences Research 6 (9): 1446-1451.
19- Fageria, N. K. 1992. Maximizing Crop Yield. Technology and Engineering, CRC Press. 274 pp.
20- Gardner, F. P., R. B. Pearce, and R. L. Mitchell. 1985. Physoilogy of Crop Plants. Iowa State University Press. 327 pp.
21- Garwood, E. A., and T. B. Williams. 1967. Growth, water use and nutrient uptake from the sub soil by grass swards. The Journal of Agricultural Science 69: 125-130.
22- Gerendas, J., and I. Pieper. 2001. Suitability of the SPAD meter and the petiol nitrate test for nitrogen management in nursery potatoes. p. 716-717. Horst, W. J. (Ed.). *In*: Plant Nutrition-Food Security and Sustainability of Agroecosystems. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
23- Guttieri, M. J., J. C. Stark, K. O. Brain, and E. Souza. 2001 Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. Crop Science 41: 327-335.
24- Hassanzadeh, M. J., A. Asghari, S. Jamaati-e-Smarin, M. Saeidi, R. Zabihi-e-Mahmoodabad, and S. Hokmalipour. 2009. Effects of water deficit on drought tolerance indices of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes in Moghan region. Research Journal of Environmental Sciences 3 (1): 116-121.
25- Jones, H. G. 1992. Plants and Microclimate. Cambridge University Press, 413 pp.
26- Jones, H. G., and J. E. Corlett 1992. Current tropics in drought physiology. Journal of Agricultural Science, Cambridge 119: 291-296.
27- Kumar, A. S., T. N. Prasad, and U. K. Prasad. 1996. Effect of irrigation and nitrogen on growth, yield/oil content, nitrogen uptake and water-use of summer sesame (*Sesamum indicum*). Indian Journal of Agronomy 41: 111-115.
28- Kundu, D. K., and S. Ravender. 2006. Effect of irrigation on yield and nutrient uptake of summer sesame (*Sesamum indicum*) in coastal Orissa. Indian Journal of Agricultural Science 76 (9): 531-534.
29- Majumdar, D. K., and S. K. Pal. 1988. Effect of irrigation and nitrogen levels on growth and yield attributes, yields, oil content, and water use of sesame. Indian Agriculture 32: 147-152.
30- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment 25: 239-250.
31- Passioura, J. B., A. G. Condon, and R. A. Richards. 1993. Water deficits, the development of leaf area and crop productivity. In: Smith, J.A.C., H. Griffiths. (Eds.). Water deficits plant responses from cell to community. BIOS Scientific Publishers limited, Oxford, p. 253-264.
32- Surendra, S. R., K. P. Tomar, K. P. Gupta, A. Mohd, and K. B. Nigam. 1994. Effect of irrigation and fertility levels on growth and yield of coriander (*Coriandrum sativum*). Indian Journal of Agronomy 39: 442-447.
33- Tantawy, M. M., S. A. Ouda, and F. A. Khalil. 2007. Irrigation optimization for different sesame varieties grown under water stress conditions. Journal of Applied Sciences Research 3 (1): 7-12.
34- Weiss, E. A. 1971. Castor, Sesame and Safflower. London: Leonard Hill Books 901 pp.