بررسی خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد دانه و روغن کرچک در تراکم‌های مختلف گیاهی و فواصل مختلف آبیاری

پرویز رضوانی مقدم[1]، جعفر نباتی[2]، قدیر نوروزپور[3]، علی اصغر محمدآبادی[4]

چکیده

باتوجه به نقش روغن کرچک در صنایع مختلف و همچنین محدودیت منابع آب و اثر آن بر تولید و عملکرد روغن کرچک، آزمایشی به منظور بررسی اثر فواصل آبیاری و تراکم بوته در واحد سطح بر عملکرد و اجزای عملکرد کرچک در قالب طرح کرت‌های خرد شده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد، بطوریکه در کرت‌های اصلی فواصل آبیاری با چهار سطح (یک، دو، سه و چهار هفته) و در کرت‌های فرعی تراکم بوته با چهار سطح(۵، ۴، ۳ و ۲ بوته در متر مربع) با چهار تکرار قرار گرفتند. صفات مورد مطالعه عبارت بودند از: ارتفاع بوته، ارتفاع گل آذین، ارتفاع اولین گل آذین، تعداد گل آذین، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در بوته، بیوماس در بوته، وزن هزاردانه،عملکرد دانه، شاخص برداشت، عملکرد روغن. نتایج حاصله نشان داد که تیمارهای مختلف آبیاری تاثیر معنی داری بر کلیه صفات مورد مطالعه بجز شاخص برداشت و درصدروغن داشت($P\leq ۰/۰۱$). ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، شاخص برداشت و درصد روغن تحت تاثیر تراکم‌های مختلف بوته در واحد سطح قرار نگرفتند ولی تراکم تاثیر معنی داری بر روی صفات دیگر مورد مطالعه داشت. بیشترین عملکرد دانه(۱/۱۶ تن در هکتار) و عملکرد روغن کرچک (۰/۵۴ تن در هکتار) در فاصله دور یک هفته آبیاری و کمترین آنها در فواصل آبیاری چهار هفته مشاهده شد. در بین تیمارهای مورد آزمایش تراکم ۴ بوته در متر مربع با فاصله دور آبیاری دو هفته بیشترین عملکرد دانه(۱/۴ تن در هکتار) و عملکرد روغن (۰/۶۹ تن در هکتار) را دارا بودند.

واژه‌های کلیدی: فواصل آبیاری، تراکم بوته، عملکرد روغن، درصد روغن، کرچک.

مقدمه

کرچک (*Ricinus communis L.*) یکی از گیاهان روغنی خانواده *Euphorbiacea* است که روغن آن در صنایع پتروشیمی، کارخانجات لاستیک، رنگ و لاک، الکل، صابون، وسایل آرایشی، پوشش سطوح و پزشکی استفاده میشود. استرهای موجود در روغن کرچک از ویسکوزیته بالایی برخوردارند که یک دامنه وسیع از دما را تحمل می‌کنند که به همین علت آن را بعنوان روغن موتور در صنایع هواپیما سازی استفاده می‌کنند (۲۰ و ۱۷).

با توجه به اینکه ایران در منطقه خشک و نیمه خشک جهان واقع شده است و میزان نزولات جوی در طی فصل رشد و نمو گیاه زراعی پایین می‌باشد بنابراین تولید محصولات زراعی در مناطق مختلف ایران وابسته به آبیاری

۱، ۴- اعضاء هیئت علمی. ۲، ۳- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد. (هیئت علمی گیاهان زراعی ویژه)

است. تنش آب در گیاهان موجب بسته شدن روزنه‌ها شده و از فتوسنتز ممانعت می‌کند (۱۸ و ۳).

کیتوک و همکاران (۱۰) اظهار داشتند مقدار نیاز آبی درکرچک به رقم، مرحله رشدی، زمان آبیاری و شرایط محیطی بستگی دارد. بریگهام و سپیرس(۵) دور آبیاری ۷ تا ۱۴ روز و نیاز آبی ۵۱ تا ۶۱ سانتی‌متر آب برای کرچک در تگزاس را گزارش کردند. بررسی‌ها نشان داده است که اثر تنش آب بر رشد و عملکرد در گیاهان مختلف در طی فصل متفاوت می‌باشد (۱۰و۴،۶،۷،۹).

عملکرد دانه در کرچک به تعداد بوته در واحد سطح، تعداد گل آذین در گیاه، تعداد کپسول در اولین گل آذین، تعداد دانه در کپسول و وزن هزاردانه بستگی دارد (۱۲ و ۱۱). تعداد کم شاخه در کرچک با سه گل آذین مقاوم به ریزش برای واریته‌های جدید مناسب می‌باشد (۱۲). ارتفاع بوته و ارتفاع اولین گل‌آذین از مهمترین خصوصیات مورفولوژیکی است که در برداشت مکانیزه مؤثر می‌باشند. محل اولین گل‌آذین در کرچک بین ششمین تا دوازدهمین گره متفاوت است (۲۱ و ۱۱).

آبیاری باعث افزایش ارتفاع بوته و ارتفاع اولین گل‌آذین می‌شود ولی این افزایش آنقدر زیاد نیست که برای برداشت مکانیزه مؤثر باشد (۱۲). در مورد اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه در کرچک گزارشات متناقضی وجود دارد. کیتوک و همکاران (۱۰) گزارش کردند که اختلافی در عملکرد کرچک بین تیمارهای مختلف تنش خشکی وجود ندارد، اما کوتروباس و همکاران (۱۲) گزارش کردند که با افزایش آبیاری عملکرد دانه و تجمع مادهٔ خشک در کرچک افزایش می‌یابد. عده‌ای از محققین عقیده دارند که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد و وزن هزار دانه در کرچک می‌شود (۱۳ و۱۲، ۱۰) همچنین کیتوک و همکاران (۱۰) گزارش کردند که بین وزن هزار دانه و روغن در کرچک همبستگی مثبت وجود دارد، اما کوتروباس و همکاران (۱۲) معتقدند که کاهش عملکرد با کاهش آبیاری در ارتباط با کاهش تعداد گل آذین و کپسول در گیاه می‌باشد و رابطه‌ای با وزن بذر ندارد. لورتی و مارس (۱۳) گزارش کردند که تعداد کپسول در کرچک با کاهش تنش خشکی افزایش می‌یابد.

مقدار روغن در بذر کرچک یک صفت ژنتیکی است اما تحت تأثیر شرایط محیطی و عملیات زراعی و زمان برداشت قرار می‌گیرد (۱۱). دمای بالا (حدود ۳۵ درجه سانتی‌گراد) و تنش آب در طی گلدهی و شکل‌گیری روغن می‌تواند اثر مضری بر عملکرد روغن داشته باشد (۱۱). اما لورتی و همکاران (۱۴) گزارش کردند که مقدار آب تاثیری بر عملکرد روغن در کرچک ندارد. هوکس و همکاران (۸) گزارش کردند که مقدار روغن کرچک همبستگی مثبتی با تعداد گل آذین و وزن بذر دارد. عملکرد روغن از ترکیب عملکرد بذر و مقدار روغن بدست می‌آید. بنابراین کاهش عملکرد دانه باعث کاهش عملکرد روغن می‌شود (۱۱). بنا به گزارش کوتروباس و همکاران (۱۱) مقدار روغن بین ۴۸/۸ و ۵۱/۸ درصد متغیر می‌باشد که مقدار پایین روغن به دلیل پر نشدن و نارس بودن دانه‌ها می‌باشد.

در رابطه با اثر تراکم بر گیاه کرچک اطلاعات اندکی وجود دارد. از آنجا که کرچک اغلب در نواحی گرم و خشک کشت می‌شود برای حصول بازدهی مطلوب رابطه بین میزان آب آبیاری و تراکم بوته اهمیت زیادی دارد. در مناطقی که آب عامل محدود کننده نباشد تراکم گیاهی بین ۳۰ تا ۴۰ هزار بوته در هکتار برای کرچک در نظر می‌گیرند (۲۰). در تراکم بالای گیاهی رقابت بین گیاهان ممکن است باعث مرگ و میر بوته در اثر تراکم شود، بنابراین افزایش تراکم در شرایط بدون تنش خشکی تا حدی باعث افزایش عملکرد و بیوماس می‌گردد و از یک حدی به بالا باعث کاهش عملکرد می‌شود (۱۹). در تراکم‌های بالا کاهش رشد گیاه به دلیل افزایش رقابت برای نور اتفاق می‌افتد.

هدف از این بررسی، مطالعه اثر فواصل مختلف آبیاری و تراکم‌های مختلف بوته در واحد سطح بر عملکرد و اجزاء عملکرد دانه و عملکرد روغن کرچک در شرایط مشهد بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۱-۱۳۸۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر مشهد (با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا) به اجرا درآمد. متوسط بارندگی منطقه ۲۸۶ میلیمتر و حداکثر و حداقل دمای مطلق سالانه به ترتیب ۴۲ و ۲۷/۸ – درجه سانتی‌گراد می‌باشد. آب و هوای منطقه بر اساس روش آمبرژه سرد و خشک تعیین شده است (۱). مقدار بارندگی و متوسط دمای هوا در طول آزمایش در سال ۱۳۸۱ در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. میزان بارندگی و متوسط دمای هوای ماهانه در طول دوره رشد کرچک در سال ۱۳۸۱

	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر
میزان بارندگی (میلی‌متر)	۶۴/۱	۰/۵	۱۶/۹	۰	۰	۰
متوسط دما (درجه‌سانتی‌گراد)	۱۶/۷	۲۵/۴	۲۴/۴	۲۷/۳	۲۳/۹	۲۰/۵

آزمایش بصورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با چهارتکرار انجام شد، در کرت‌های اصلی فواصل آبیاری در چهار سطح (یک، دو، سه و چهار هفته) و تراکم‌های مختلف در چهار سطح (۵ و۴، ۲،۳ بوته در متر مربع) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. بذر مورد استفاده توده محلی مشهد بود. طول هر کرت فرعی۶ متر و عرض آن ۴ متر و فاصله بین کرت‌های فرعی یک متر و فاصله بین ردیف‌ها نیز یک متر در نظر گرفته شد همچنین در یک بلوک فاصله بین کرت‌های اصلی ۲ متر و فاصله بین دو بلوک ۳ متر در نظر گرفته شد تا رطوبت کرت‌های مجاور روی هم اثری نداشته باشند. تاریخ کاشت ۵ خرداد ماه بود. قبل از کاشت ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم و۱۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم به زمین اضافه شد و در دو نوبت (قبل از کاشت و بعد از تنک کردن) و در هر نوبت ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره (۴۶درصد نیتروژن) بصورت سرک به زمین اضافه گردید. ۵۰ روز بعد از سبز شدن تراکم‌های مورد نظر از طریق تنک کردن ایجاد شدند و از این تاریخ تیمارهای آبیاری اعمال شدند. در طی فصل رشد دوبار وجین علف‌های هرز انجام شد. همچنین در طول فصل رشد دوبار سمپاشی علیه شته سبز (*Aphis gossypii*) با سم زولون و دیازینون به مقدار ۱/۵ لیتر در هکتار انجام گرفت. آبیاری با استفاده از سیفون انجام شد به نحوی که ارتفاع آب پشت سیفون‌ها ثابت نگه داشته شد و همه سیفون‌ها در یک سطح قرار گرفتند و مدت زمان آبیاری برای همه تیمارها یکسان در نظر گرفته شد. برداشت تیمارهای آبیاری سه و چهار هفته در تاریخ دوم مهرماه و تیمارهای آبیاری یک و دو هفته در تاریخ دهم مهرماه ۱۳۸۱ انجام شد. قبل از برداشت از هر کرت ۵ بوته بعنوان نمونه جهت اندازه‌گیری خصوصیات مورفولوژیک انتخاب شدند. خصوصیات مورفولوژیک مورد مطالعه عبارت بودند از: ارتفاع بوته، ارتفاع گل آذین، ارتفاع اولین گل آذین، تعداد گل آذین، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در بوته، بیوماس کل بوته، وزن هزاردانه. شاخص برداشت. بعد از حذف نیم متر از ابتدا و نیم متر از انتها و یک ردیف از طرفین کرتها بعنوان حاشیه سطح باقی‌مانده جهت اندازه‌گیری عملکرد برداشت شد و پس از خشک شدن در هوای آزاد، دانه‌ها از کاه و کلش جدا شده و وزن دانه‌ها با ترازوی با دقت ۰/۱ اندازه‌گیری شد. ۵ بوته‌ای که بعنوان نمونه برداشت شدند پس از خشک شدن در هوای آزاد دانه‌های آنها از کاه و کلش جدا شد و کاه وکلش باقی مانده را در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت در آون قرار داده و پس از خشک شدن توزین شده و بیوماس کل

که حاصل دانه و کاه و کلش بود بدست آمد. درصد روغن دانه‌ها با استفاده از سوکسله تعیین شد (۲). جهت محاسبات آماری در این تحقیق از نرم افزارهای Mstatc و Excel 5.0 استفاده‌شد. مقایسه میانگین‌ها به‌روش آزمون دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس(میانگین مربعات) در جداول۳ و۲ نشان داده شده است. بین تیمارهای فواصل دورآبیاری از نظر ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P≤۰/۰۱) (جدول۲). ارتفاع بوته با کاهش دور آبیاری افزایش نشان داد که با یافته‌های کوتروباس و همکاران (۱۲) مطابقت دارد. ارتفاع بوته یکی از صفات مورد نظر در برداشت مکانیزه است، ارتفاع زیاد در برداشت مکانیزه ایجاد مشکل می کند بر اساس نتایج لورتی و همکاران (۱۴) جهت برداشت مکانیزه آسان، ارتفاع بوته باید کمتر از دو متر باشد.کاهش فواصل دور آبیاری باعث استفاده بهتر و بیشتر بوته از شرایط محیطی می‌شده و ارتفاع آن را افزایش می‌دهد. از نظر ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای تراکم بوته در واحد سطح وجود نداشت (P≤۰/۰۵) (جدول۲).

بین تیمارهای فواصل دور آبیاری و تراکم بوته در واحد سطح از نظر ارتفاع گل‌آذین اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (P≤۰/۰۱) (جدول۲). ارتفاع گل‌آذین با کاهش فواصل دور آبیاری و کاهش تراکم بوته در واحد سطح افزایش یافت (جدول۴). با افزایش آب قابل دسترس، رشد بوته نسبت به شرایط کمبود آب افزایش نشان داد و با توجه به غیر انتهایی بودن رشد کرچک، ارتفاع گل آذین افزایش یافته و همچنین عملکرد دانه در بوته با ارتفاع گل آذین همبستگی معنی‌دار مثبتی نشان داد (شکل ۱) که این مطلب با یافته‌های کوتروباس و همکاران (۱۱) که عنوان کردند عملکرد با طول گل‌آذین همبستگی ندارد مغایر است. با کاهش تراکم بوته در واحد سطح به دلیل استفاده بوته از آب و منابع غذایی موجود، کانوپی وسیعتری تولید کرده و در نتیجه ارتفاع گل آذین با کاهش تراکم بوته در واحد سطح افزایش یافت. درکل ارتفاع گل آذین می‌تواند تا ۱۰۰سانتی‌متر افزایش یابد که باعث غیر یکنواختی در رسیدن بذور می‌شود (۱۱).

جدول۲. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ارتفاع بوته، ارتفاع گل آذین، ارتفاع اولین گل آذین، تعداد گل آذین، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در بوته کرچک

منابع تغییرات	ارتفاع بوته	ارتفاع گل آذین	ارتفاع اولین گل آذین	تعداد گل آذین	تعدادشاخه‌های فرعی	تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه در بوته
تکرار	۲۳۰/۴۵ns	۷۶/۰۹ns	۱۴۵/۹۰ns	۰/۲۰ns	۱/۰۹ns	۷۹/۲۵ns	۱۲۱۶/۵۳*
آبیاری	۲۷۲۴۷/۷۹**	۲۳۰۳/۵۱**	۷۹۹۶/۳۲**	۲۰/۶۹**	۱۶/۰۱**	۲۳۰۱۷/۸۱**	۲۵۱۰۶۶/۰۸**
خطای اصلی	۱۳۹۲/۲۴	۴۲/۴۲	۶۶۵/۷۱	۰/۱۷	۰/۷۰	۴۱/۸۲	۲۹۰/۶۸
تراکم	۴۱۰/۰۹ns	۳۶۱/۸۰**	۲۵۵۰/۳۰**	۶/۲۲**	۹/۸۱**	۲۲۹۲/۶۴**	۱۶۵۶۹/۸۱**
اثر متقابل آبیاری× تراکم	۵۴۸/۷۰ns	۵۶/۶۰ns	۲۵۵/۵۴ns	۲/۷۰**	۲/۱۶**	۳۱۰/۹۶**	۳۰۶۵/۹۰**
خطای فرعی	۲۸۸/۹۰	۴۲/۴۶	۱۶۵/۹۱	۰/۳۰	۰/۵۹	۸۴/۹۷	۵۶۴/۷۲

*معنی دار در سطح ۰/۰۵، ** معنی دار در سطح ۰/۰۱ ، ns معنی‌دار نیست.

بین تیمارهای فواصل دور آبیاری و تراکم بوته در واحد سطح از نظر ارتفاع اولین گل‌آذین اثر متقابل معنی‌داری مشاهده شد (P≤۰/۰۱) (جدول۲). ارتفاع اولین گل آذین درکرچک یکی از مهمترین صفات در برداشت مکانیزه است که در این بررسی با کاهش فواصل دور آبیاری و افزایش تراکم بوته در واحد سطح ارتفاع اولین گل آذین افزایش

یافت. طبق مطالعات لورتی و همکاران(۱۴)مشکل برداشت مکانیزه در گیاهانی وجود دارد که ارتفاع اولین گل آذین کمتر از ۳۰ سانتی‌متر باشد. کمترین ارتفاع اولین گل‌آذین در این مطالعه مربوط به تیمار دور آبیاری چهار هفته با ۷۳/۰۱ سانتی‌متر بود.

جدول۳. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) بیوماس در بوته، عملکرد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد، شاخص برداشت، درصد روغن و عملکرد روغن در کرچک.

منابع تغییرات	بیوماس در بوته	عملکرد دانه در بوته	وزن هزار دانه	عملکرد	شاخص برداشت	درصد روغن	عملکرد روغن
تکرار	۲۹۹/۰۱ns	۵۲/۲۸ns	۱۵۸/۹۹ns	۰/۰۶ns	۲۲۱/۶۸ns	۶/۲۰ns	۰/۰۱ns
آبیاری	۳۲۳۳۲/۱۵**	۸۹۰۷/۲۸**	۷۱۹/۱۶**	۱/۶۵**	۱۴۰۲/۱۷ns	۵۴/۲۶ns	۰/۳۸**
خطای اصلی	۲۴۱۰/۱۴	۹/۲۷	۱۱۲/۶۸	۰/۰۳	۴۴۷/۰۶	۴۸/۰۴	۰/۰۰۹
تراکم	۶۲۲۶/۶۱**	۶۱۱/۸۵**	۶۵/۲۹ns	۰/۰۶ns	۲۴۶/۸۸ns	۶۴/۳۴ns	۰/۰۳*
اثر متقابل آبیاری × تراکم	۱۵۶۴/۶۲*	۱۱۰/۲۹**	۱۸/۷۶ns	۰/۰۶ns	۴۸۴/۱۰ns	۲۴/۰۲ns	۰/۰۲ns
خطای فرعی	۶۶۶/۳۸	۱۹/۱۴	۵۴/۲۹	۰/۰۵	۲۹۷/۷۳	۲۶/۳۱	۰/۰۱

* معنی دار در سطح ۰/۰۵، ** معنی دار در سطح ۰/۰۱ ns معنی‌دار نیست.

بین تیمارهای دور آبیاری و تراکم بوته در واحد سطح از نظر تعداد گل‌آذین اثر متقابل معنی‌داری مشاهده شد (P≤۰/۰۱) (جدول۲). تعداد گل آذین با کاهش فواصل دور آبیاری افزایش یافت. همچنین با کاهش تراکم بوته در واحد سطح، تعداد گل آذین افزایش نشان داد بطوریکه دور آبیاری یک هفته و تراکم پنج بوته در متر مربع با ۵/۱۵ گل‌آذین بیشترین تعداد را دارا بود (جدول۴). طبق بررسی‌های انجام شده توسط کوتروباس و همکاران (۱۲) اولین و دومین گل آذین در کرچک، بیشترین نقش را در عملکرد دانه دارا میباشند بنابراین افزایش تعداد گل آذین خصوصیت مناسبی برای واریته‌های تجاری نمی‌باشد و باعث کاهش اختصاص مواد فتوسنتزی به گل آذین‌های اصلی تولید کننده عملکرد می‌شود.

بین تیمارهای فواصل دور آبیاری و تراکم بوته در واحد سطح از نظر تعداد شاخه‌های فرعی اثر متقابل معنی‌داری مشاهده شد (P≤۰/۰۱) (جدول۲). با کاهش فواصل دور آبیاری و افزایش تراکم بوته در واحد سطح تعداد شاخه‌های فرعی کاهش یافت (جدول۴). در کرچک تعداد زیاد شاخه‌های فرعی باعث افزایش طول دورهٔ رسیدگی شده و برداشت مکانیزه را با مشکل مواجه می‌کند بنابراین تعداد کم شاخه‌های فرعی برای واریته‌های تجاری مناسبتر است.

بین تیمارهای دور آبیاری و تراکم بوته در واحد سطح از نظر تعداد کپسول در بوته اثر متقابل معنی‌داری مشاهده شد (P≤۰/۰۱) (جدول۲). با کاهش فواصل دور آبیاری و کاهش تراکم بوته در واحد سطح تعداد کپسول در بوته افزایش یافت (جدول۴). در این مطالعه همبستگی معنی‌دار مثبتی بین تعداد کپسول در بوته با عملکرد دانه در بوته مشاهده شد (P≤۰/۰۵) (شکل۲). با افزایش فواصل دور آبیاری تعداد گل‌های تلقیح شده در اثر رطوبت مطلوب افزایش می‌یابد همچنین با کاهش تراکم بوته در واحد سطح تعداد بیشتری کپسول در بوته به دلیل بوته بزرگ‌تر و تعداد بیشتر گل آذین تشکیل می‌شود که این نتایج با یافته‌های کوتروباس و همکاران (۱۲) مطابقت دارد.

اثر متقابل معنی‌داری بین تیمارهای دور آبیاری و تراکم بوته در واحد سطح از نظر بیوماس در بوته مشاهده شد (P≤۰/۰۵) (جدول۳). بیوماس تک بوته با کاهش فواصل دور آبیاری و کاهش تراکم بوته در واحد سطح افزایش یافت (جدول۵).که این نتایج با یافته‌های کوتروباس و

همکاران (۱۲) مطابقت دارد. بیوماس ارتباط مستقیمی با میزان فتوسنتز در گیاه دارد، در شرایط تنش روزنه‌ها بسته شده و کاهش تبخیر و تعرق پتانسیل باعث کاهش فتوسنتز و در نهایت کاهش تولید بیوماس بوته می‌شود. با کاهش تراکم بوته در واحد سطح به دلیل رقابت کمتر برای نور، عناصر غذایی و آب، بیوماس تک بوته افزایش می‌یابد. در این مطالعه بیوماس در بوته با عملکرد دانه در بوته همبستگی معنی‌دار مثبتی نشان داد (P≤۰/۰۵) (شکل۳).

جدول۴. مقایسه میانگین‌های مربوط به ارتفاع بوته، ارتفاع گل آذین، ارتفاع اولین گل آذین، تعداد گل آذین، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در بوته تحت تاثیر دور آبیاری و تراکم بوته در کرچک

تیمار	ارتفاع بوته (cm)	ارتفاع گل آذین(cm)	ارتفاع اولین گل آذین (cm)	تعداد گل آذین	تعداد شاخه‌های فرعی	تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه در بوته
I۱	۱۸۵/۴a	۴۸/۷۴a	۱۱۹/۹۰a	۳/۴۹a	۲/۵۱a	۱۲۴/۳۰a	۳۷۱/۷a
I۲	۱۴۴/۹b	۳۲/۴۰b	۱۱۳/۷۰a	۱/۷۴b	۰/۷۴bc	۶۴/۲۴b	۱۹۲/۶b
I۳	۱۱۲/۹c	۲۹/۴۱b	۸۵/۷۲b	۱/۰۴c	۱/۰۹b	۵۰/۱۱c	۱۳۱/۷c
I۴	۹۰/۳c	۱۹/۹۰c	۷۳/۰۱b	۱/۱۳c	۰/۱۶c	۳۹/۴۴d	۸۶/۱d
D۱	۱۲۹/۱a	۲۶/۷۴c	۱۰۶/۱۰a	۱/۲۴b	۰/۳۴b	۵۸/۸۱b	۱۶۷/۷c
D۲	۱۳۸/۳a	۳۱/۱۰bc	۱۱۱/۳۰a	۱/۳۹b	۰/۵۸b	۵۹/۷۵b	۱۶۹/۷c
D۳	۱۳۷/۲a	۳۴/۹۴ab	۸۹/۹۰b	۲/۳۰a	۱/۶۹a	۷۷/۶۸a	۲۱۱/۶b
D۴	۱۲۸/۹a	۳۷/۶۷a	۸۴/۹۷b	۲/۴۶a	۱/۹۰a	۸۱/۹۰a	۲۳۳/۰a
I۱D۱	۱۶۳/۷bc	۳۸/۹۰bc	۱۲۷/۰۰b	۱/۷۵bc	۰/۷۵c	۱۰۷/۵۰b	۳۲۲/۵c
I۱D۲	۱۸۶/۳ab	۴۶/۸۵ab	۱۴۵/۵۰a	۲/۱۰b	۱/۲۰bc	۱۰۱/۳۰b	۳۰۲/۹c
I۱D۳	۱۹۹/۹a	۵۶/۶۰a	۹۸/۵۵cde	۴/۹۵a	۳/۹۵a	۱۳۷/۸۰a	۴۱۳/۳b
I۱D۴	۱۹۱/۶a	۵۲/۶۰a	۱۰۸۰/۴۰d	۵/۱۵a	۴/۱۵a	۱۵۰/۹۰a	۴۴۸/۰a
I۲D۱	۱۳۶/۸de	۲۸/۰۰def	۱۱۷/۰۰bc	۱/۲۰c	۰/۲۰c	۵۱/۳۰e	۱۵۳/۹ef
I۲D۲	۱۴۷/۷cd	۲۹/۱۰cde	۱۲۱۰۰/۱۰b	۱/۴۵bc	۰/۴۵c	۵۸/۸۰de	۱۷۶/۴e
I۲D۳	۱۵۸/۷cd	۳۳/۰۰cd	۱۱۷/۴۰bc	۲/۲۰b	۱/۲bc	۷۱/۴۰cd	۲۱۴/۲d
I۲D۴	۱۳۶/۶de	۳۹/۵۰bc	۹۹/۲۰cde	۲/۱۰b	۱/۱۰bc	۷۵/۴۵c	۲۲۵/۹d
I۳D۱	۱۱۵/۱ef	۲۱/۶۵ef	۹۵/۸۵def	۱/۰۰c	۰/۴۰c	۴۵/۰۰df	۱۱۷/۸fgh
I۳D۲	۱۱۹/۸ef	۲۷/۰۰def	۹۶/۹۰cdef	۱/۰۰c	۰/۶۵c	۴۶/۷۰e	۱۲۲/۷fg
I۳D۳	۱۰۹/۴f	۳۲/۶۵cd	۷۷/۱۰fgh	۱/۰۵c	۱/۱۵bc	۵۱/۲۰e	۱۳۵/۴fg
I۳D۴	۱۰۷/۵f	۳۶/۳۵cd	۷۳/۰۵gh	۱/۱۰c	۲/۱۵b	۵۷/۵۵de	۱۵۰/۸ef
I۴D۱	۱۰۰/۸fg	۱۸/۴۰f	۸۴/۵۵efg	۱/۰۰c	۰/۰۰c	۳۱/۴۵f	۷۶/۵i
I۴D۲	۹۹/۶fg	۲۱/۴۵ef	۸۱/۷۵efg	۱/۰۰c	۰/۰۰c	۳۲/۲۰f	۷۶/۹i
I۴D۳	۸۰/۷g	۱۷/۵۰f	۶۶/۵۰gh	۱/۰۰c	۰/۴۵c	۵۰/۳۵e	۸۳/۵hi
I۴D۴	۸۰/۱g	۲۲/۲۵ef	۵۹/۲۵h	۱/۵۰bc	۰/۲۰c	۴۳/۷۵ef	۱۰۷/۶ghi

I۱ دور آبیاری یک هفته، I۲ دور آبیاری دو هفته، I۳ دور آبیاری سه هفته، I۴ دور آبیاری چهار هفته، D۱ تراکم ۵ بوته در متر مربع،D۲ تراکم ۴بوته در متر مربع،D۳ تراکم۳ بوته در متر مربع، D۴ تراکم ۲ بوته در متر مربع.
در هر ستون برای هر تیمار میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی داری ندارند.

از نظر عملکرد دانه در بوته اثر متقابل معنی‌داری بین تیمارهای دور آبیاری و تراکم بوته در واحد سطح مشاهده شد($P\leq ۰/۰۱$) (جدول۳). عملکرد دانه در بوته با کاهش دور آبیاری و کاهش تراکم بوته در واحد سطح افزایش یافت (جدول۵). افزایش عملکرد دانه در تک بوته با تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه رابطه دارد که با افزایش تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه، عملکرد دانه در بوته افزایش می‌یابد بین عملکرد دانه در بوته با تعداد دانه در بوته همبستگی معنی‌دار مثبتی وجود داشت ($P\leq ۰/۰۵$) (شکل۴) و همچنین بین عملکرد کل و عملکرد تک بوته همبستگی معنی‌دار مثبتی مشاهده شد ($P\leq ۰/۰۵$) (شکل۵).

جدول۵. مقایسه میانگین‌های مربوط به بیوماس در بوته، عملکرد دانه در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد، شاخص برداشت، درصدروغن و عملکرد روغن تحت تاثیر دور آبیاری و تراکم بوته در کرچک.

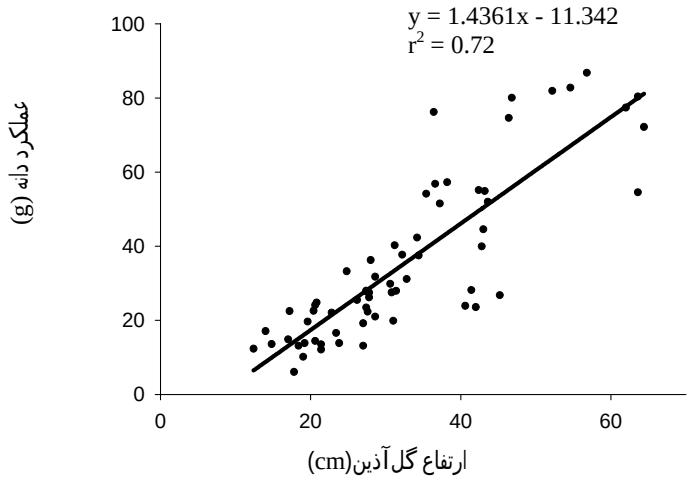
تیمار	بیوماس در بوته(g)	عملکرد دانه در بوته (g)	وزن هزاردانه (g)	عملکرد (ton.ha^{-1})	شاخص برداشت (٪)	درصد روغن	عملکرد روغن (ton.ha^{-1})
I۱	۱۴۱/۲۰a	۶۸/۵۲a	۱۸۴/۳a	۱/۱۶a	۵۶/۵۹a	۴۶/۷۱a	۰/۵۴a
I۲	۹۸/۲۶b	۳۵/۲۹b	۱۸۲/۸a	۰/۷۳b	۴۲/۴۲ab	۴۲/۳۱a	۰/۳۱b
I۳	۵۲/۳۱c	۲۳/۵۷c	۱۷۸/۸a	۰/۵۵c	۴۵/۹۴ab	۴۴/۵۷a	۰/۲۴c
I۴	۴۴/۲۵c	۱۴/۵۸d	۱۶۹/۴b	۰/۴۲c	۳۳/۹۸b	۴۳/۷۴a	۰/۱۹c
D۱	۶۴/۲۶b	۳۰/۱۲c	۱۷۶/۸a	۰/۷۰a	۴۷/۲۱a	۴۳/۷۲ab	۰/۳۱ab
D۲	۷۹/۷۰b	۳۰/۵۹c	۱۷۷/۷a	۰/۷۶a	۴۰/۵۷a	۴۶/۴۴a	۰/۳۶a
D۳	۸۰/۷۲b	۳۸/۴۹b	۱۷۹/۴a	۰/۷۷a	۴۸/۸۵a	۴۵/۳۳ab	۰/۳۵a
D۴	۱۱۱/۴۰a	۴۲/۷۶a	۱۸۱/۴a	۰/۶۳a	۴۲/۳۰a	۴۱/۸۳b	۰/۲۶b
I۱D۱	۹۶/۲۰cde	۵۹/۲۵c	۱۸۳/۷ab	۱/۱۰ab	۶۸/۵۱ab	۴۷/۵۰ab	۰/۵۳b
I۱D۲	۱۴۶/۹۰b	۵۵/۴۴c	۱۸۳/۰ab	۱/۴۰a	۳۹/۹۰c	۵۰/۹۱a	۰/۶۹a
I۱D۳	۱۲۰/۳۰bc	۷۶/۵۲b	۱۸۵/۲ab	۱/۰۹ab	۷۶/۶۵a	۴۷/۸۳ab	۰/۵۲b
I۱D۴	۲۰۱/۶۰a	۸۲/۸۷a	۱۸۵/۲ab	۱/۰۵b	۴۱/۲۹bc	۴۰/۶۱b	۰/۴۲bc
I۲D۱	۷۹/۸۵def	۲۷/۶۴ef	۱۷۹/۶abc	۰/۷۰cb	۳۵/۴۰c	۴۱/۰۸b	۰/۲۹cd
I۲D۲	۷۸/۹۰def	۳۲/۰۳e	۱۸۱/۶abc	۰/۶۱d	۴۸/۰۳bc	۴۳/۵۴ab	۰/۲۶d
I۲D۳	۱۰۷/۶bcd	۳۹/۴۳d	۱۸۴/۰ab	۰/۹۸bc	۳۸/۶۵c	۴۳/۹۷ab	۰/۴۳bc
I۲D۴	۱۲۶/۷۰bc	۴۲/۰۶d	۱۸۶/۲a	۰/۶۳cd	۴۷/۶۰bc	۴۰/۶۴b	۰/۲۶d
I۳D۱	۴۶/۱۰fg	۲۰/۸۴fgh	۱۷۷/۰abcd	۰/۵۸d	۴۶/۴۰bc	۴۶/۳۶ab	۰/۲۷d
I۳D۲	۵۵/۵۰efg	۲۱/۹۹fg	۱۷۹/۰abcd	۰/۶۵cd	۳۹/۷۵c	۴۵/۰۹ab	۰/۳۰cd
I۳D۳	۴۸/۴۰fg	۲۳/۷۵fg	۱۷۵/۵abcd	۰/۵۷d	۴۹/۹۹bc	۴۳/۰۰ab	۰/۲۴d
I۳D۴	۵۹/۲۵efg	۲۷/۷۱ef	۱۸۳/۸ab	۰/۴۰d	۴۷/۶۲bc	۴۳/۸۱ab	۰/۱۷d
I۴D۱	۳۴/۹۰g	۱۲/۷۶i	۱۶۷/۰d	۰/۴۱d	۳۸/۵۳c	۳۹/۹۵b	۰/۱۷d
I۴D۲	۳۷/۵۵fg	۱۲/۸۹i	۱۶۷/۲d	۰/۳۹d	۳۴/۶۱c	۴۶/۲۱ab	۰/۱۸d
I۴D۳	۴۶/۶۵fg	۱۴/۲۷hi	۱۷۲/۹bcd	۰/۴۶d	۳۰/۱۰c	۴۶/۵۴ab	۰/۲۲d
I۴D۴	۵۷/۹۰efg	۱۸/۴۱ghi	۱۷۰/۵cd	۰/۴۴d	۳۲/۶۹c	۴۲/۲۶ab	۰/۱۹d

I۱ دور آبیاری یک هفته، I۲ دور آبیاری دو هفته، I۳ دور آبیاری سه هفته، I۴ دور آبیاری چهار هفته، D۱ تراکم ۵ بوته در مترمربع،D۲ تراکم ۴بوته در متر مربع،D۳ تراکم۳ بوته در متر مربع، D۴ تراکم ۲ بوته در متر مربع.

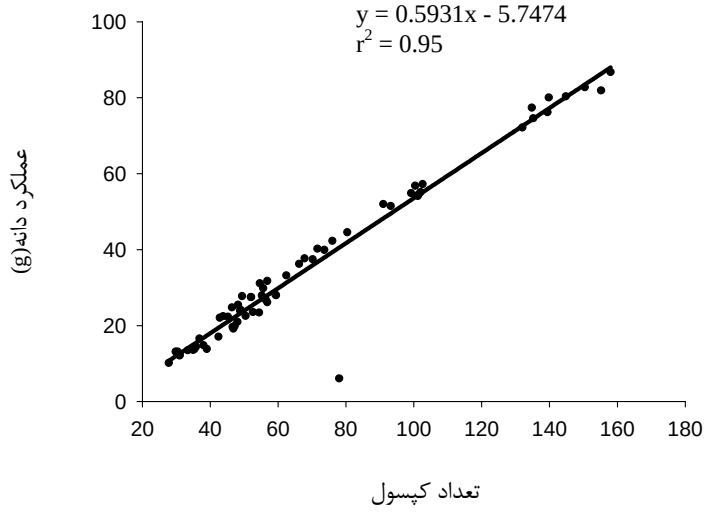
در هر ستون و برای هر تیمار، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری ندارند.

بین تیمارهای دور آبیاری از نظر وزن هزار دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P≤۰/۰۱)، اما بین تیمارهای تراکم بوته در واحد سطح از نظر وزن هزار دانه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد(P≤۰/۰۵) (جدول۳).

وزن هزار دانه با کاهش فواصل دور آبیاری افزایش یافت که مشابه با گزارشات سایر محققین است (۱۲ و۱۰). کاهش دور آبیاری در طی فصل رشد باعث ایجاد بوته‌های قوی تر شده و در هنگام پرشدن دانه‌ها در صورت مواجه شدن بوته‌ها با کمبود آب امکان انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره شده از سایر اندام‌ها به مخزن دانه وجود دارد که باعث افزایش وزن هزار دانه می‌شود.



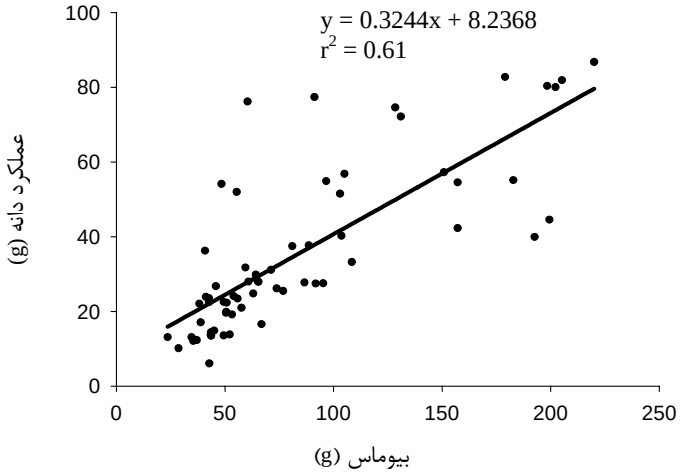
شکل ۱. همبستگی ارتفاع گل‌آذین با عملکرد دانه در بوته



شکل۲. همبستگی بین تعداد کپسول در بوته و عملکرد دانه در بوته

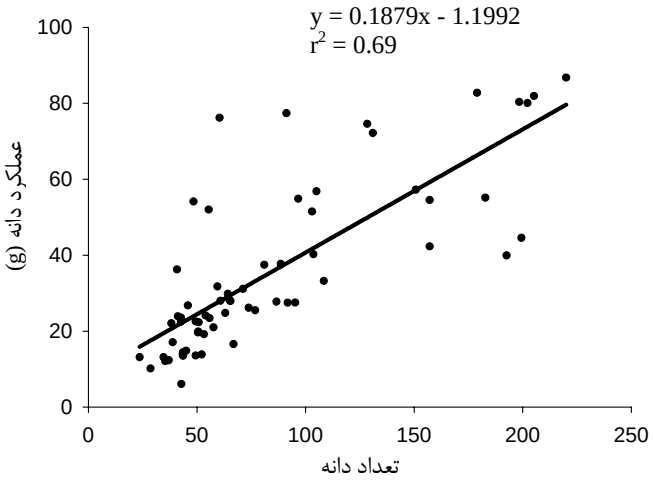
از نظر تعداد دانه در بوته اثر متقابل معنی‌داری بین تیمارهای دور آبیاری و تراکم بوته در واحد سطح مشاهده شد (P≤۰/۰۱) (جدول۲). تعداد دانه در بوته با افزایش مقدار آب آبیاری و کاهش تراکم بوته در متر مربع افزایش یافت (جدول۴). تعداد دانه در بوته نسبت به تعداد کپسول در بوته معیار مناسب‌تری جهت ارزیابی عملکرد دانه است، زیرا امکان پوک بودن تعدادی از کپسول‌ها وجود دارد. با توجه به اشکال ۴ و۲ همبستگی تعداد دانه در بوته با عملکرد دانه در بوته (r^2 =۰/۹۹) نسبت به همبستگی تعداد کپسول در بوته با عملکرد دانه در بوته (r^2 =۰/۹۵) بیشتر بود.

از نظر شاخص برداشت، اثر متقابل معنی‌داری بین تیمارهای دور آبیاری و تراکم بوته در واحد سطح مشاهده نشد (P≤۰/۰۵) (جدول۳).



شکل ۳. همبستگی بین بیوماس در بوته با عملکرد دانه در بوته

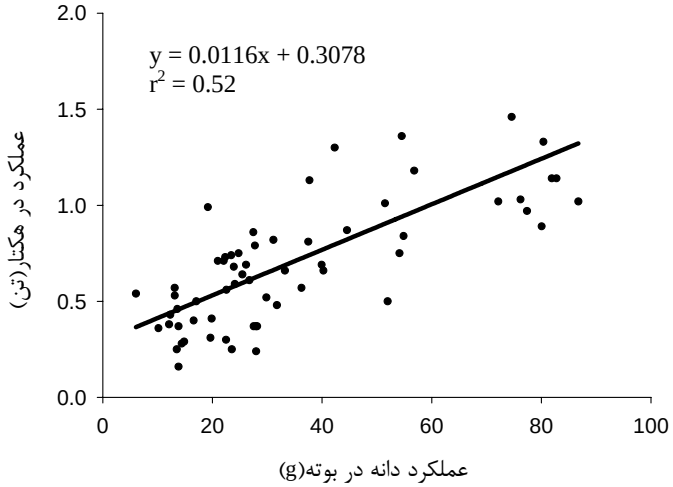
بین تیمارهای دور آبیاری از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P≤۰/۰۱)، اما بین تیمارهای تراکم بوته در واحد سطح از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (P≤۰/۰۵) (جدول۳). عملکرد در واحد سطح تابعی از تعداد گل آذین در بوته، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه و تعداد بوته در واحد سطح است، همانطور که در پارامترهای فوق مشاهده شد با کاهش فاصله دور آبیاری و کاهش تراکم بوته در واحد سطح پارامترهای وابسته به عملکرد افزایش یافتند. با افزایش آب قابل دسترس بوته‌ها فتوسنتز و در نهایت عملکرد بالاتری تولید کردند اما تراکم بوته در واحد سطح هیچ تأثیر آماری معنی‌داری (P≤۰/۰۵) بر عملکرد دانه در هکتار نداشت، زیرا عملکرد را دو گل آذین اولیه تعیین می‌کنند و سایر گل آذین‌ها بر روی عملکرد تأثیری ندارند. کاهش آب آبیاری در این بررسی باعث زودرسی کرچک شد. تیمارهایی که بیشتر تحت تنش آبیاری بودند نسبت به تیمارهایی که کمتر در معرض تنش آبیاری بودند، ۱۰ روز زودتر برداشت شدند.



شکل۴. همبستگی بین تعداد دانه در بوته با عملکرد دانه در بوته

بین تیمارهای دور آبیاری و تراکم بوته در واحد سطح از نظر درصد روغن اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (P≤۰/۰۵) (جدول۳). با توجه به این مطلب می توان نتیجه گرفت که درصد روغن دانه در شرایط تنش و بدون تنش خشکی اختلافی با هم ندارند، همچنین تراکم بوته در واحد سطح که خود عامل رقابت جهت جذب آب، عناصر غذایی و نور می‌باشد نیز روی درصد روغن بی تاثیر است.

از نظر عملکرد روغن، اختلاف معنی داری بین تیمارهای دور آبیاری (P≤۰/۰۱) و تیمارهای تراکم بوته در واحد سطح (P≤۰/۰۵) وجود داشت که این نتایج با یافته های کوتروباس و همکاران (۱۱) مشابه، اما با یافته‌های لورتی و مارس (۱۳) متناقص است. با توجه به اینکه تنش خشکی عملکرد دانه را کاهش می‌دهد و همچنین عملکرد روغن خود تحت تاثیر عملکرد دانه و درصد روغن می‌باشد، علی رغم معنی دار نبودن درصد روغن بین تیمارها، عملکرد دانه، عملکرد روغن را تحت تاثیر خود قرار داده و در تیمارهای فواصل دور آبیاری طولانی‌تر عملکرد روغن کمتری حاصل شد. عملکرد روغن در تراکم چهار بوته در متر مربع بیشترین مقدار بود اما با تراکم پنج و سه بوته در متر مربع اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول۵). بنابراین با توجه به این نتایج می‌توان گفت که ممکن است تراکم بوته اثر چندانی بر عملکرد روغن در هکتار نداشته باشد.



شکل ۵. همبستگی بین عملکرد دانه در تک بوته با عملکرد کل

بر اساس نتایج حاصله از این آزمایش، اثر فواصل مختلف آبیاری و تراکم بوته برعملکرد و اجزای عملکرد کرچک متفاوت می‌بود اما به لحاظ اینکه عملکرد دانه و روغن در واحد سطح، هدف اصلی از کشت کرچک می‌باشد لذا می‌توان گفت دور آبیاری یک هفته و تراکم چهار بوته در متر مربع جهت بدست آوردن عملکرد بیشتر دانه و روغن، بهترین ترکیب تیماری بودند.

سپاسگزاری

بودجه اجرای این طرح از محل اعتبارات قطب علمی گیاهان زراعی ویژه گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تامین شده است لذا بدینوسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع:

۱- آقاجانی مازندرانی، ق. ۱۳۷۹. تجزیه وتحلیل ویژگی‌های نزولات جوی از نظر زراعی در استان خراسان. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

1. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytic Chemists. Washington, D.C.
2. Barradas,V. L., H. G. Jones, and J. A. Clark. 1994. Stomatal responses to changing irradiance in *Phaseolus vulgaris* L. *J. Exp. Bot*. 45: 931–936.
3. Berenguer, M. J., and J. M. Faci. 2001. Sorghum (*Sorghum Bicolor* L. Moench) yield compensation processes under different plant densities and variable water supply. *Eur. J. Agron.* 15: 43–55.
4. Brigham, R. D., and B. R. Spears. 1960. Castorbeans in Texas. Agric. Exp. Sta. B-954. 12pp.
5. Champolivier, L., and A. Merrien. 1996. Effects of water stress applied at different growth stages to *Brassica napus* L. var. *oleifera* on yield, yield components and seed quality. *Eur. J. Agron*. 5: 153-160.
6. Franc, M. G. C., A. T. P. Thi, C. Pimentel, R. O. P. Rossiello, Y. Z. Fodil, and D. Laffray. 2000. Differences in growth and water relations among *Phaseolus vulgaris* cultivars in response to induced drought stress. *Env. Exp. Bot*. 43:227–237.
7. Hooks, J. A., J. H. Williams, and C. O. Gardner. 1971. Estimates of heterosis from a diallel cross of inbred lines of castors,*Ricinus communis* L. *Crop. Sci*. 11: 651–655.
8. Kanga, S., W, Shib. and J. Zhangc. 2000. An improved water-use efficiency for maize grown under regulated deficit irrigation. *Field Crops Res.* 67: 207-214.
9. Kittock, D. L., J. H. Williams , and D. G. Hanway. 1967. Castor bean yield and quality as influenced by irrigation schedules and fertilization rates. *Agron. J*. 59: 463-467.
10. Koutroubas, S.D., D.K. Papakosta, and A. Doitsinis. 1999. Adaptation and yielding ability of castor plant (*Ricinus communis* L.) genotypes in a Mediterranean climate. *Eur. J. Agron.* 11: 227–237.

1- Koutroubas, S. D., D. K. Papakosta, and A. Doitsinis. 2000. Water requirements for castor oil crop (*Ricinus communis* L.) in a Mediterranean climate. *J. Agron. Crop Sci*. 184: 33-41.

11. Laureti, D., and G. Marras. 1995. Irrigation of castor (*Ricinus communis* L.) in Italy. *Eur. J. Agron.* 4: 229-235.

2- Laureti, D., A. M. Fedeli, G. M. Scarpa, and G. F. Marras. 1998. Performance of castor (*Ricinus communis* L.) cultivars in Italy. *Indust. Crops and Prod. J*.7: 91-93.

3- Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stresses. Vol. II. Water, radiation, salt and others stresses. Academic Press, New York. pp. 395–43.

4- Mullet, J. E., and M. S. Whitsitt. 1996. Plant cellular responses to water deficit. *Plant Growth Regul.* 20: 119–124.

5- Nwokolo, E., and J. Smartt. 1996. Food and Feed from Legumes and Oilseeds. Chapman and Hall.
pp: 355-359.

6- Sepaskhah, A. R., and S. Ilampour. 1996. Relationships between yield, crop water stress index (CWSI) and transpiration of cowpea (*Vigna sinesis* L). *Agron. Agric. Environ.* 16: 269-279.

7- Vanderwerf, H. M. G., M. Wijlhuizen, and J. A. A. D. Schutter. 1995. Plant density and self-thinning affect yield and quality of fiber hemp(*Cannabis sativa* L.). Field Crops Res. 40: 153-164.
8- Weiss, E. A. 2000. Oilseed crops. Blackweel Science. pp:13-52
9- Zimmerman, L. H. 1957. The relationship of a dwarf-internode gene to several important agronomic characters in castor-beans. *Agron.* J. 49: 251–254.

Investigation on morphological characteristics, grain and oil yields of castor bean at different plant densities and irrigation intervals

P. Rezvani Moghaddam, J. Nabati, G. Norozpoor - A. A. Mohamadabadi[1]

Abstract

Because of importance of castor bean oil in different industries and limited water resources in many parts of Iran, an experiment was conducted to determine the effect of irrigation intervals and plant densities on grain, oil yield and yield components of castor bean, at Experimental Station, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. Four irrigation intervals (one, two, three and four weeks) and four plant densities (1, 2, 3 and 4 plants per square meter) were compared in a split arrangement based on completely randomized block design with four replications. The plant characteristics were studied in terms of plant height, inflorescence height, the first inflorescence height from soil surface, inflorescence number, branch number, number of capsule per plant, number of grain per plant, biomass per plant, 1000 grains weight, grain yield, harvest index and oil yield. Result showed that the effect of different irrigation intervals was significant on all of characteristics under study except harvest index and oil percentage ($P<0.01$). Height of plant, 1000-grain weight, grain yield, harvest index and oil percentage were not influenced by different plant densities, but plant density had significant effect on other traits. The highest grain yield (1.16 tons/ha) and oil yield (0.54 tons/ha) were observed at one week irrigation interval. Among all treatments, four plants per square meter and two weeks irrigation interval had the highest grain yield (1.4 tons/ha) and oil yield (0.69 tons/ha).

Key words: Irrigation intervals, plant density, oil yield, castor bean.

[1] - Contribution from collage of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Center of Excellence for Special Crops.