



بررسی اثرات توأم آبیاری تکمیلی و آرایش کاشت نخود در منطقه گنبد بر عملکرد و کارایی مصرف آب

*یونس محمدنژاد^۱ و فرامرز سیدی^۱

^۱عضو هیأت علمی، مرکز تحقیقات کشاورزی استان گلستان، ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد

چکیده

به منظور بررسی اثرات آبیاری تکمیلی و آرایش کاشت بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب در نخود رقم آرمان آزمایشی به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و طی دو سال (۸۶-۱۳۸۴) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد اجرا شد. کرت اصلی چهار تیمار آبیاری شامل یک نوبت آبیاری در مرحله شروع گلدهی (I₁)، یک نوبت آبیاری در مرحله شروع دانه‌بندی (I₂)، دو نوبت آبیاری در مراحل شروع گلدهی و شروع دانه‌بندی (I₃) و بدون آبیاری (RF) و کرت فرعی ترکیبی از دو عامل فاصله ردیف کاشت (۲۵ و ۵۰ سانتی‌متر) و تراکم کاشت (۲۰، ۳۲ و ۴۴ بوته در مترمربع) بود. در این آزمایش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صددانه، شاخص برداشت، کارایی مصرف آب و عملکرد دانه در هکتار اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد اثر سال بر صفات اندازه‌گیری شده بالا معنی‌دار است. هیچ‌کدام از صفات مورد بررسی تحت تأثیر آبیاری و فاصله ردیف قرار نگرفتند. در حالی که به غیر از وزن صددانه و تعداد دانه در غلاف سایر صفات به طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر متقابل آبیاری در فاصله ردیف قرار گرفتند. تأثیر آبیاری بر عملکرد دانه در دو سال آزمایش مشابه نبود. با وجود مجموع بارندگی کم‌تر در سال اول تیمار بدون آبیاری و به دنبال آن آبیاری در دانه‌بندی با عملکرد دانه ۲/۹ و ۲/۱ تن در هکتار و کارایی مصرف آب ۸/۳ و ۵/۱ کیلوگرم دانه در میلی‌متر آب و شاخص برداشت ۶/۰ و ۳۸/۴ درصد و در سال دوم آبیاری در دانه‌بندی با عملکرد دانه ۲/۱ تن در هکتار و

*مسئول مکاتبه: yones_mn@yahoo.com

کارآیی مصرف آب ۴/۰ کیلوگرم دانه در میلی‌متر آب و شاخص برداشت ۲۸/۷ درصد بیش‌ترین مقادیر را داشتند. این امر اهمیت زمان وقوع بارندگی را نشان می‌دهد. بنابراین توصیه آبیاری در مرحله دانه‌بندی با توجه به‌میزان افزایش عملکرد دانه در نخود، امری غیرقابل اجتناب به‌نظر می‌رسد. عملکرد دانه در فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر در هر دو سال آزمایش بیش از ۵۰ سانتی‌متر بود. در سال اول کاهش فاصله ردیف عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری در حدود ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش داد. تراکم کاشت ۲۰ بوته در مترمربع نیز در سال دوم عملکرد دانه بیش‌تری نسبت به تراکم‌های کاشت دیگر داشت.

واژه‌های کلیدی: آبیاری تکمیلی، تراکم کاشت، اجزای عملکرد نخود، شروع گلدهی و دانه‌بندی

مقدمه

حبوبات به‌خاطر ویژگی مهم تثبیت ازت اتمسفری در حاصل‌خیزی خاک برای زراعت بعدی به‌خصوص کشت غلات می‌تواند مفید واقع گردد. حبوبات به‌خصوص نخود از منابع مهم پروتئین گیاهی بوده که دارای (۱۶-۲۴) درصد پروتئین می‌باشد پایین بودن اسید آمینه لایسین غلات را نیز می‌توان با مصرف توأم با حبوبات جبران نمود. عمده‌ترین عاملی که عملکرد را در شرایط بدون آبیاری محدود می‌سازد کمبود نزولات در فصل بهار است که آبیاری تکمیلی می‌تواند با رهایی محصول از تنش رطوبت در مراحل بحرانی رشد منتهی به افزایش قابل‌توجهی در عملکرد کشت‌های زمستانه شود (پوستینی و یزدی‌صمدی، ۱۹۹۲). باقری و همکاران (۱۹۹۷) نیز اذعان داشتند که بزرگ‌ترین محدودیت عملکرد دانه نخود دیم مقدار و توزیع بارندگی است. در مورد تأثیر آبیاری تکمیلی بر روی محصولات زراعی تحقیقات زیادی انجام گرفته است. رحمان و ادین (۲۰۰۰) گزارش کردند که در تمامی ارقام نخود تنش آب باعث شروع زودتر گلدهی و کاهش نسبت وزن خشک ریشه به ساقه و اجزای عملکرد می‌گردد. جلیلیان و مدرس‌ثانوی (۲۰۰۴) گزارش کردند که آبیاری تکمیلی موجب افزایش تعداد غلاف در گیاه (۸/۷)، وزن صدانه (۴/۰۵ گرم)، عملکرد تک‌بوته (۳/۳۵ گرم) و عملکرد دانه (۸۲۷ کیلوگرم در هکتار) نسبت به تیمار بدون آبیاری شده و افزایش تراکم بوته موجب کاهش تعداد غلاف در بوته و عملکرد تک‌بوته در نخود می‌گردد. در آزمایش آن‌ها تراکم ۳۳ بوته در مترمربع با آبیاری تکمیلی بیش‌ترین عملکرد را نشان داده است. هاکانی و همکاران (۲۰۰۰) با اعمال آبیاری

تکمیلی بر دو رقم نخود مشاهده کردند بیشترین عملکرد در هر دو رقم از آبیاری در مرحله گلدهی (۱۱۰ روز بعد از کاشت)، نسبت به بدون آبیاری و آبیاری در مرحله رویشی، به دست می‌آید. فری و نعمتی (۲۰۰۰) گزارش کردند که آبیاری تکمیلی (۵۰ میلی‌متر آبیاری در مرحله گلدهی و ۵۰ میلی‌متر آبیاری در مرحله دانه‌بندی) باعث دو برابر شدن عملکرد می‌گردد و از نظر اقتصادی نیز سوددهی نسبی (نسبت منفعت به هزینه) از ۱/۱ به ۲/۱ افزایش می‌یابد.

تراکم کاشت بالا عملکرد دانه را اساساً با کاهش رشد شاخه‌ها و عملکرد دانه شاخه‌ها در بوته کاهش می‌دهد (بورد و همکاران، ۱۹۹۰؛ فردریک و همکاران، ۲۰۰۱). با افزایش تراکم بوته، رقابت بین گیاهان مجاور افزایش یافته و در نتیجه تعداد شاخه فرعی، غلاف و دانه کاهش می‌یابد. این امر سبب کاهش رقابت بین اندام‌های یک گیاه شده، مواد فتوسنتزی بیش‌تری به هر دانه اختصاص یافته و در نتیجه وزن دانه افزایش می‌یابد (نظامی و راشد‌محصل، ۱۹۹۶). در گیاه با رشد نامحدود لویپین^۱، بلیدو و همکاران (۲۰۰۰) مشاهده کردند که تراکم کاشت بر عملکرد دانه در بوته تأثیری ندارد که این امر را به اختلافات شرایط آب و هوایی نسبت دادند. به این صورت که در شرایط محیطی مناسب گیاهان شاخه‌های بیش‌تری تولید و تراکم بوته مناسب با تعداد بوته کمی حاصل می‌گردد. عکس این حالت نیز در شرایط وجود محدودیت‌های محیطی اتفاق می‌افتد. در این منطقه در طول دوره رشد نخود متوسط میزان بارندگی حدود ۲۹۲ میلی‌متر می‌باشد که بیش‌تر بارندگی در اوایل رشد اتفاق می‌افتد و گیاه را با خشکی دیر هنگام مواجه می‌کند. بنابراین انتخاب زمان مناسب آبیاری در مرحله حساس گیاه و آرایش کاشت مناسب جهت حفظ بهتر رطوبت ذخیره‌ای در خاک برای مراحل بعدی، می‌تواند باعث افزایش و تثبیت عملکرد و افزایش کارایی مصرف آب در گیاه گردد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور بررسی اثرات آبیاری تکمیلی، تراکم بوته و فاصله ردیف بر گیاه نخود رقم آرمان^۲ در دو سال (۲۰۰۵-۲۰۰۶ و ۲۰۰۶-۲۰۰۷) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد اجرا شد. این ایستگاه در سه کیلومتری شمال شرقی شهرستان گنبد با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۱۲ دقیقه شرقی واقع شده است. آزمایش به صورت اسپلیت پلات

1- Lupin

2- FLIP 84-48

فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. کرت اصلی چهار تیمار آبیاری شامل یک نوبت آبیاری در مرحله شروع گلدهی (I_1)، یک نوبت آبیاری در مرحله شروع دانه بستن (I_2)، یک نوبت آبیاری در مرحله شروع گلدهی + یک نوبت آبیاری در مرحله شروع دانه بستن (I_3) و یک تیمار بدون آبیاری (RF) و کرت فرعی ترکیبی از دو عامل فاصله ردیف (۲۵ و ۵۰ سانتی‌متر) و تراکم کاشت (۲۰، ۳۲ و ۴۴ بوته در مترمربع) بود. هر کرت فرعی به طول ۴ متر و شامل ۴ ردیف کاشت برای فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر و ۸ ردیف کاشت برای فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر بود. تاریخ کاشت در سال اول ۱۸ آذر (مطابق تاریخ کاشت توصیه شده بخش اصلاح و بذر تحقیقات کشاورزی) و در سال دوم ۵ دی‌ماه (که زمان کاشت به علت وقوع بارندگی‌ها و عدم امکان کار در مزرعه به تاخیر افتاد) بود.

آبیاری به صورت کرتی انجام و با استفاده از کنتور آب حجم آب آبیاری اندازه‌گیری شد. میزان آبیاری نیز با استفاده از فرمول زیر (برای عمق مؤثر توسعه ریشه ۳۰-۰ سانتی‌متری) محاسبه شد:

$$H = ((FC - \text{درصد رطوبت خاک}) \times \rho_b \times D) / 100$$

که در آن H : عمق آبیاری، FC : ظرفیت زراعی خاک، ρ_b : وزن مخصوص ظاهری خاک و D : عمق توسعه ریشه است. در طی اجرای آزمایش محتوای رطوبت خاک در زمان کاشت، شروع گلدهی، شروع دانه بستن و رسیدگی فیزیولوژیک از تمامی تیمارها از عمق‌های ۳۰-۰، ۶۰-۳۰ و ۹۰-۶۰ سانتی‌متری اندازه‌گیری شد. از معادله زیر برای اندازه‌گیری مصرف آب (تبخیر و تعرق) در عمق توسعه ریشه استفاده شد (ماچاوا، ۱۹۸۵):

$$ET = R + SW_{\text{end}} - SW_{\text{start}} \quad (1)$$

که در آن ET : میزان تبخیر تعرق، SW_{end} : محتوای آب خاک در پایان مرحله رویشی موردنظر و SW_{start} : محتوای آب خاک در شروع آن مرحله، با فرض این که روان آب سطحی و نفوذ عمقی در این منطقه ناچیز است می‌باشند. کاشت با دست و به صورت کپه‌ای انجام شد که بعد از سبز شدن طی دو نوبت تنک شدند. برای مبارزه با کرم غلاف‌خوار^۱ در مرحله غلاف بستن طی دو نوبت به فواصل ده روز از سم لاروین به مقدار یک کیلوگرم در هکتار استفاده شد.

1- *Heliothis armigera*

بعد از رسیدگی کامل، ۱۰ بوته از هر کرت انتخاب و تعداد غلاف‌های بارور، تعداد دانه و وزن صددانه شمارش و یا اندازه‌گیری گردید. بوته‌های وسط نیز با حذف تک‌بوته به‌عنوان حاشیه از ابتدا و انتهای خطوط کاشت، برداشت و با دست کوبیده شد. سپس دانه‌های به‌دست آمده با دقت ۰/۱ گرم توزین و عملکرد دانه در واحد سطح برای هر تیمار محاسبه گردید. تجزیه واریانس داده‌ها، مقایسه میانگین صفات و همبستگی بین آن‌ها در هر سال به‌طور جداگانه و در پایان سال دوم نیز با انجام تجزیه مرکب به‌وسیله نرم‌افزار SAS^۱ صورت گرفت.

نتایج و بحث

متوسط بارندگی و درجه حرارت سالیانه به‌ترتیب برابر با ۴۵۳/۷ میلی‌متر و ۱۷/۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در طی فصل رشد مجموع بارندگی سال اول و دوم به‌ترتیب ۲۱۵ و ۳۰۲ میلی‌متر بود. در سال دوم علاوه بر این که میزان بارندگی نسبت به سال اول زیاد بود، بارندگی نسبتاً خوبی نیز در اسفند و فروردین‌ماه (۹۵/۸ و ۹۳/۴ میلی‌متر به‌ترتیب) اتفاق افتاد (جدول ۱).

جدول ۱- متوسط درجه حرارت و مجموع بارندگی ماه‌های طول دوره رشد در سال‌های ۲۰۰۵-۲۰۰۶ و ۲۰۰۶-۲۰۰۷ و میانگین منطقه

ماه‌های سال	مجموع بارندگی (میلی‌متر) سال	مجموع بارندگی (میلی‌متر) سال	مجموع بارندگی (میلی‌متر) میانگین منطقه	میانگین دما (درجه سانتی‌گراد)	میانگین دما (درجه سانتی‌گراد)	میانگین دما (درجه سانتی‌گراد)
آذر	۲۲/۰	۶۳/۵	۴۶/۷	۸/۵	۱۲/۹	۹/۲
دی	۵۹/۹	۴۱/۴	۵۰/۱	۷/۸	۶/۳	۸/۰
بهمن	۵۵/۴	۳۵/۸	۴۶/۱	۱۱/۸	۸/۶	۷/۹
اسفند	۱۵/۶	۹۵/۸	۶۳/۴	۹/۶	۱۲/۴	۸/۹
فروردین	۴۸/۹	۹۳/۴	۴۹/۷	۱۳/۴	۱۵/۶	۱۴/۶
اردیبهشت	۳۳/۵	۴۰/۱	۴۲/۶	۱۸/۳	۲۰/۲	۱۹/۷
خرداد	۶/۹	۸/۰	۱۵/۴	۲۷/۱	۲۷/۶	۲۵/۶

مراحل فنولوژی و برخی ویژگی‌های رویشی: اثر سال بر تعداد روز از کاشت تا گلدهی ($F=5/61, P<0/0121$)، غلاف‌بندی ($F=145, P<0/0001$) و دانه‌بندی ($F=303, P<0/0001$) و طول دوره زایشی ($F=76, P<0/0001$) معنی‌دار بود. زمان گلدهی سال اول در دهه سوم فروردین و در سال دوم در دهه دوم اردیبهشت بود. شروع زودتر دوره زایشی در سال اول می‌تواند به علت حرارت بالاتر و بارندگی‌های کم‌تر (جدول ۱) در ماه‌های اسفند و فروردین در آن سال باشد. تیمارهای آبیاری باعث طولانی‌تر شدن طول دوره زایشی و تعداد روز از کاشت تا دانه‌بندی و رسیدگی گردیدند. این امر در تیمار دو نوبت آبیاری بیش‌تر از یک نوبت آبیاری بود (جدول ۲). ماچاو (۱۹۸۵) نیز مشاهده کرد که کمبود آب باعث کاهش قابل‌ملاحظه‌ای در طول دوره گلدهی، پر شدن دانه و رسیدگی در نخود و برخی از حبوبات می‌گردد.

جدول ۲- میانگین تعداد روز از کاشت († درجه روز رشد) تا ۵۰ درصد گلدهی، ۵۰ درصد غلاف‌بندی و ۵۰ درصد دانه‌بندی و تعداد روز از ۵۰ درصد گلدهی تا رسیدگی کامل در تیمارهای آبیاری مختلف طی سال اول (۸۵-۱۳۸۴) و دوم (۸۶-۱۳۸۵) آزمایش

تیمارهای آبیاری	۵۰ درصد گلدهی		۵۰ درصد غلاف‌بندی		۵۰ درصد دانه‌بندی		۵۰ درصد گلدهی تا رسیدگی	
	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم
گلدهی	۱۲۳/۱ ^a	۱۳۰/۵ ^a	۱۵۲/۱ ^a	۱۴۱/۹ ^a	۱۵۵/۱ ^b	۱۴۷/۳ ^a	۵۴/۹ ^b	۳۰/۵ ^c
	(۱۲۸۷)	(۱۴۸۶)	(۱۸۳۴)	(۱۷۰۳)	(۱۹۰۰)	(۱۸۲۱)	(۱۱۸۲)	(۶۸۲)
دانه‌بندی	۱۲۳/۲ ^a	۱۲۹/۶ ^a	۱۳۴/۷ ^b	۱۳۸/۹ ^b	۱۴۱/۰ ^c	۱۴۴/۵ ^b	۵۰/۸ ^c	۳۱/۴ ^b
	(۱۲۸۷)	(۱۴۵۰)	(۱۵۰۷)	(۱۶۴۴)	(۱۶۱۲)	(۱۷۵۹)	(۱۰۷۱)	(۷۲۱)
گلدهی و دانه‌بندی	۱۲۳/۳ ^a	۱۳۰/۵ ^a	۱۵۳/۳ ^a	۱۴۳/۴ ^a	۱۵۶/۳ ^a	۱۴۸/۴ ^a	۵۷/۶ ^a	۳۲/۵ ^a
	(۱۲۸۷)	(۱۴۸۶)	(۱۸۵۵)	(۱۷۲۱)	(۱۹۲۰)	(۱۸۲۱)	(۱۲۶۸)	(۷۳۶)
بدون آبیاری	۱۲۳/۳ ^a	۱۲۹/۸ ^a	۱۳۴/۶ ^b	۱۳۸/۸ ^b	۱۴۱/۶ ^c	۱۴۴/۶ ^b	۴۵/۷ ^d	۲۶/۱ ^d
	(۱۲۸۷)	(۱۴۶۹)	(۱۴۸۸)	(۱۶۴۴)	(۱۶۱۲)	(۱۷۵۹)	(۹۳۵)	(۵۶۲)

- در هر ستون میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک هستند براساس آزمون دانکن فاقد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

†: اعداد داخل پرانتز درجه روز رشد تجمعی را نشان می‌دهد.

اجزای عملکرد: اثر سال و تراکم بوته و همچنین اثر متقابل سال در آبیاری و سال در فاصله ردیف بر تعداد غلاف بارور معنی‌دار بود (جدول ۳). در سال اول تعداد غلاف (۳۷/۵ غلاف بارور) بیش‌تری نسبت به سال دوم (۲۱/۲ غلاف بارور) تولید شد (جدول ۴). افزایش تعداد غلاف در سال اول را می‌توان به طول دوره زایشی طولانی‌تر (جدول ۲) و خنک‌تر بودن هوا در زمان تشکیل گل و غلاف به‌علت شرایط ویژه در این سال که گلدهی در نیمه دوم فروردین اتفاق افتاد (معمولاً در اواسط اردیبهشت‌ماه است) نسبت داد. عکس‌العمل تعداد غلاف بارور به تیمارهای آبیاری در دو سال آزمایش روند متفاوتی داشت (جدول ۵). در سال اول آزمایش دو نوبت آبیاری کم‌ترین تعداد غلاف را تولید نمود. با این حال آبیاری در دانه‌بندی در هر دو سال آزمایش بیش‌ترین غلاف را تولید نمود. با توجه به این‌که تیمارهای دو نوبت آبیاری و آبیاری در مرحله گلدهی وزن خشک بوته بیش‌تری نسبت به دو تیمار آبی دیگر داشتند (داده‌های منتشر نشده) می‌توان اظهار داشت که آبیاری در مرحله گلدهی باعث افزایش در رشد رویشی و کاهش در رشد زایشی نخود در این منطقه می‌گردد. بین دو فاصله ردیف از نظر تعداد غلاف بارور در سال اول تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ولی در سال دوم فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر غلاف بارور بیش‌تری نسبت به ۲۵ سانتی‌متر تولید نمود (جدول ۵). در سال دوم که زمان گلدهی نسبت به سال اول دیرتر بود و برخورد بیش‌تری با خشکی انتهایی فصل داشت نزدیک کردن ردیف‌های کاشت به هم می‌تواند تولید غلاف را پایین بیاورد.

تعداد غلاف بارور در بوته با افزایش تراکم در هر دو سال کاهش یافت (جدول ۵). به‌نظر می‌رسد که افزایش رقابت بین بوته‌ها و کاهش فضای ایجاد شده برای تولید شاخه فرعی و غلاف برای هر بوته با افزایش تراکم، دلیل اصلی کاهش تعداد غلاف با افزایش تراکم بوته باشد. لیو و همکاران (۲۰۰۳)، بیچ و لیچ (۱۹۸۹) و جتنر و همکاران (۱۹۹۹) نیز گزارش کردند با افزایش تراکم تعداد غلاف‌های بارور در بوته کاهش می‌یابد که علت را افزایش رقابت بین بوته‌ها برای منابع محدود دانستند. اثر سال بر تعداد دانه در غلاف و وزن صدانه معنی‌دار ($P < 0.01$) و اثر متقابل سال در آبیاری بر وزن صدانه نیز معنی‌دار ($P < 0.01$) بود (جدول ۳). تعداد دانه در غلاف در سال دوم (۱/۲۷ دانه) بیش‌تر از سال اول (۱/۱۸ دانه) بود (جدول ۴). این امر می‌تواند به‌دلیل زیاد بودن تعداد غلاف در سال اول باشد. همچنین احتمالاً طول دوره زایشی طولانی‌تر در سال اول باعث افزایش در وزن

صددانه آن نسبت به سال دوم شده است. از نظر وزن صددانه در سال اول اختلافی بین تیمارهای آبیاری نبود ولی در سال دوم تیمارهای دو نوبت آبیاری و بدون آبیاری وزن صددانه بیش‌تری تولید کردند (جدول ۵).

تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر تراکم بوته و فاصله ردیف بر تعداد دانه در غلاف و وزن صددانه معنی‌دار نبود (جدول ۳). براری و همکاران (۲۰۰۳) و رگان و همکاران (۲۰۰۳) نیز به یافته‌های مشابه‌ای دست یافته‌اند.

عملکرد دانه در هکتار، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب دانه: اثر سال بر عملکرد دانه در هکتار ($P < 0/05$)، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب دانه ($P < 0/01$) معنی‌دار شد (جدول ۳). عملکرد دانه در هکتار، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب دانه سال اول به‌ترتیب با مقادیر ۲/۱ تن در هکتار، ۳۶ درصد و ۵/۱ کیلوگرم دانه بر میلی‌متر آب در هکتار بیش‌تر از سال دوم با ۱/۶ تن در هکتار، ۲۴/۳ درصد و ۳/۱ کیلوگرم دانه بر میلی‌متر آب در هکتار بود (جدول ۴). ظاهراً شروع زودتر گلدهی به‌علت کمبود بارندگی و دمای بیش‌تر در اسفند و فروردین (جدول ۱) و افزایش طول دوره زایشی و خنکی هوا در طی دوران زایشی در سال اول با وجودی که کل بارندگی در طول فصل رشد کم‌تری نسبت به سال دوم داشت (جدول ۲) عملکرد دانه در هکتار، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب دانه را افزایش داده است. به‌نظر می‌رسد زمان وقوع بارندگی برای نخود که از لحاظ رشد یک گیاه نامحدود است اهمیت زیادی دارد. چنان‌چه آرودیو (۱۹۸۹) اظهار می‌نماید آنچه که جدی‌تر و شاید مهم‌تر است بروز خشکی‌های احتمالی و اتفاقی است که از الگوی نامنظم بارندگی ناشی می‌شوند و به‌صورت متناوب و غیرقابل پیش‌بینی در مراحل مختلف رشد و نمو گیاه به وقوع می‌پیوندند و موجب صدمات عمده قابل رویت و همچنین غیرقابل مشاهده در گیاه می‌گردند.

جدول ۴- مقایسه میانگین تعداد غلاف بارور در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صددانه، عملکرد در واحد سطح، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب دانه برای سال‌های اول (۸۵-۱۳۸۴) و دوم (۸۶-۱۳۸۵) آزمایش نخود تحت تأثیر آبیاری تکمیلی در فاصله ردیف و تراکم‌های کاشت مختلف

کارایی مصرف آب	شاخص برداشت	عملکرد (تن در هکتار)	وزن صددانه (گرم)	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف بارور در بوته	تیمار
۵/۱۴ ^a	۳۵/۹۹ ^a	۲/۰۵ ^a	۲۹/۵۵ ^a	۱/۱۷ ^b	۳۷/۵۵ ^a	سال اول
۳/۱۱ ^b	۲۴/۳۰ ^b	۱/۶۵ ^b	۲۵/۱۹ ^b	۱/۲۷ ^a	۲۱/۸۸ ^b	دوم
						آبیاری
						گلدهی
۳/۱۶ ^a	۲۶/۴۰ ^a	۱/۴۶ ^a	۲۷/۹۳ ^a	۱/۹۸ ^a	۲۶/۷۹ ^a	دانه‌بندی
۴/۵۵ ^a	۳۳/۵۵ ^a	۲/۱۳ ^a	۲۷/۱۷ ^a	۱/۱۹ ^a	۳۳/۳۰ ^a	گلدهی + دانه بندی
۳/۳۶ ^a	۲۶/۴۳ ^a	۱/۶۹ ^a	۲۷/۲۱ ^a	۱/۲۷ ^a	۲۷/۹۸ ^a	بدون آبیاری
۵/۴۱ ^a	۳۴/۲۱ ^a	۲/۱۲ ^a	۲۷/۱۸ ^a	۱/۲۲ ^a	۲۹/۲۹ ^a	فاصله ردیف (سانتی‌متر)
						۲۵
۴/۴۶ ^a	۲۸/۷۸ ^a	۱/۹۸ ^a	۲۷/۱۰ ^a	۱/۲۲ ^a	۲۸/۵۶ ^a	۵۰
۳/۷۹ ^a	۳۱/۵۲ ^a	۱/۷۱ ^a	۲۷/۶۴ ^a	۱/۲۲ ^a	۳۰/۱۷ ^a	تراکم بوته (مترمربع)
						۲۰
۴/۲۶ ^a	۳۰/۹۸ ^a	۱/۹۱ ^a	۲۷/۰۵ ^a	۱/۲۳ ^a	۳۵/۰۸ ^a	۳۲
۴/۰۷ ^a	۲۹/۳۳ ^a	۱/۸۴ ^a	۲۷/۵۰ ^a	۱/۲۲ ^a	۲۸/۲۶ ^b	۴۴
۴/۰۴ ^a	۳۰/۱۴ ^a	۱/۷۹ ^a	۲۷/۵۷ ^a	۱/۲۲ ^a	۲۴/۷۳ ^c	

- در هر ستون میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

آبیاری چه در مرحله گلدهی و چه در مرحله دانه‌بندی و یا هر دو مرحله باعث کاهش در عملکرد در هکتار، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب دانه نخود در سال اول کاشت شد (جدول ۴). بیش‌ترین عملکرد مربوط به بدون آبیاری با ۲/۸۷ تن در هکتار و کم‌ترین عملکرد نیز مربوط به دو

نوبت آبیاری در مراحل گلدهی و دانه‌بندی با ۱/۴۸ تن در هکتار بود (جدول ۶). در این آزمایش کارایی مصرف آب در کرت بدون آبیاری حدود دو برابر آبیاری در دو مرحله گلدهی و دانه‌بندی بود. همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار عملکرد در واحد سطح با کارایی مصرف آب دانه ($r=0.97$) می‌تواند مؤید این امر باشد که در شرایط بدون آبیاری در این سال نخود حداکثر استفاده از آب را نموده است. آبیاری باعث افزایش تبخیر و تعرق و تولید بیش‌تر بیوماس گیاه به بهای کاهش در رشد زایشی و کاهش شاخص برداشت در گیاه شده است.

جدول ۵- اثرات متقابل سال با آبیاری تکمیلی، فاصله ردیف و تراکم بوته بر تعداد غلاف بارور در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صددانه نخود آرمان در سال ۱۳۸۶ و ۱۳۸۵

تیمار	تعداد غلاف بارور در بوته		تعداد دانه در غلاف		وزن صددانه (گرم)	
	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم
<u>آبیاری</u>						
گلدهی	۳۶/۸۰ ^{ab}	۱۶/۸۰ ^b	۱/۱۷ ^a	۱/۲۲ ^b	۲۹/۹۴ ^{ab}	۲۵/۹۱ ^a
دانه‌بندی	۴۱/۳۸ ^a	۲۵/۲۲ ^a	۱/۱۶ ^a	۱/۲۳ ^b	۲۸/۹۳ ^b	۲۵/۴۲ ^a
گلدهی + دانه‌بندی	۳۱/۲۸ ^b	۲۴/۶۹ ^a	۱/۲۱ ^a	۱/۳۵ ^a	۲۸/۲۵ ^b	۲۶/۱۸ ^a
بدون آبیاری	۴۰/۷۴ ^a	۱۸/۰۳ ^b	۱/۱۶ ^a	۱/۲۷ ^{ab}	۳۱/۰۹ ^a	۲۳/۲۷ ^b
<u>فاصله ردیف (سانتی‌متر)</u>						
۲۵	۳۸/۴۵ ^a	۱۸/۶۷ ^b	۱/۱۷ ^a	۱/۲۷ ^a	۲۹/۳۲ ^a	۲۴/۸۹ ^a
۵۰	۳۶/۶۵ ^a	۲۳/۷۱ ^a	۱/۱۸ ^a	۱/۲۶ ^a	۲۹/۷۸ ^a	۲۵/۵۰ ^a
<u>تراکم بوته (مترمربع)</u>						
۲۰	۴۳/۲۶ ^a	۲۶/۹۱ ^a	۱/۱۷ ^a	۱/۲۹ ^a	۲۸/۸۶ ^a	۲۵/۲۳ ^a
۳۲	۳۶/۶۷ ^b	۱۹/۸۶ ^b	۱/۱۸ ^a	۱/۲۶ ^a	۳۰/۰۴ ^a	۲۴/۹۷ ^a
۴۴	۳۲/۷۲ ^c	۱۶/۸۰ ^c	۱/۱۸ ^a	۱/۲۵ ^a	۲۹/۷۵ ^a	۲۵/۳۸ ^a

- در هر ستون میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

جدول ۶- اثرات متقابل سال با آبیاری تکمیلی، فاصله ردیف و تراکم بوته بر عملکرد دانه در واحد سطح، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب دانه نخود آرمان در سال ۱۳۸۶ و ۱۳۸۵

تیمار	عملکرد (تن در هکتار)		شاخص برداشت (درصد)		کارایی مصرف آب دانه (کیلوگرم دانه بر میلی متر آب در هکتار)	
	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم
<u>آبیاری</u>						
گلدهی	۱/۷۰ ^c	۱/۲۲ ^b	۳۳/۴۷ ^c	۱۹/۳۲ ^a	۴/۰۰ ^c	۲/۳۲ ^c
دانه بندی	۲/۱۴ ^b	۲/۱۱ ^a	۳۸/۳۹ ^b	۲۸/۷۲ ^a	۵/۰۷ ^b	۴/۰۳ ^a
گلدهی + دانه بندی	۱/۴۸ ^c	۱/۸۸ ^a	۲۶/۰۷ ^d	۲۶/۷۲ ^a	۳/۲۱ ^d	۳/۵۱ ^b
بدون آبیاری	۲/۸۷ ^a	۱/۳۷ ^b	۴۶/۰۵ ^a	۲۲/۳۸ ^a	۸/۲۵ ^a	۲/۵۸ ^c
<u>فاصله ردیف (سانتی متر)</u>						
۲۵	۲/۲۵ ^a	۱/۷۲ ^a	۳۵/۵۷ ^a	۲۱/۹۹ ^b	۵/۶۷ ^a	۳/۲۴ ^a
۵۰	۱/۸۴ ^b	۱/۵۸ ^a	۳۶/۴۲ ^a	۲۶/۶۱ ^a	۴/۵۹ ^b	۲/۹۸ ^a
<u>تراکم بوته (مترمربع)</u>						
۲۰	۲/۳۵ ^a	۱/۸۳ ^a	۳۵/۷۶ ^a	۲۶/۱۹ ^a	۵/۰۵ ^a	۳/۴۶ ^a
۳۲	۲/۳۵ ^a	۱/۶۳ ^b	۳۵/۳۳ ^a	۲۳/۳۲ ^a	۵/۰۸ ^a	۳/۰۵ ^b
۴۴	۲/۳۶ ^a	۱/۴۹ ^b	۳۶/۸۹ ^a	۲۳/۳۹ ^a	۵/۲۷ ^a	۲/۸۳ ^b

- در هر ستون میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت آماری معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

عملکرد در واحد سطح همبستگی منفی و بسیار معنی دار با ارتفاع بوته ($r = -0.73$)، وزن خشک بوته ($r = -0.58$)، تعداد روز از کاشت تا شروع غلاف دهی ($r = -0.72$)، شروع دانه بندی ($r = -0.72$) و رسیدگی ($r = -0.81$) و تعداد روز از شروع گلدهی تا رسیدگی ($r = -0.78$) داشت. این امر حاکی از آن است که آبیاری در طول دوره زایشی نخود که یک گیاه رشد نامحدود است، باعث افزایش رشد رویشی در طی این زمان و به تاخیر افتادن مراحل زایشی و طول دوره زایشی در سال اول شده است. شرایط آب و هوایی در این سال باعث شروع زودتر گلدهی گردید که گیاه میل به ادامه رشد رویشی را با یک محرک مانند آبیاری داشته است که تمامی این عوامل متعاقباً باعث افت در عملکرد نخود شد.

پاکوکی و همکاران (۲۰۰۶) گزارش نمودند انجام آبیاری تکمیلی در زمان گلدهی و شروع تشکیل دانه با رساندن رطوبت خاک به حد ظرفیت مزرعه تنها در سه رقم نخود از ۱۰ رقم مورد مطالعه، باعث افزایش ماده خشک (۱۷ تا ۲۴ درصد) و عملکرد دانه (۱۳ تا ۲۴ درصد) گردید. در بقیه ارقام (۷ رقم باقی مانده) باعث کاهش (۱۰ تا ۲۱ درصد) در عملکرد دانه شده و یا بدون تأثیر بوده است. نتایج آن‌ها نشان داد که در محیط‌های مدیترانه‌ای که بارندگی پایینی دارند احتمال حصول عملکرد دانه خوب با انتخاب ارقام خیلی مناسب، وجود دارد. نتایج آزمایش ایشان حساسیت پتانسیل ارقام نخود به پذیرش آب آبیاری را نشان می‌دهد به طوری که در سال اول در این آزمایش نیز نتیجه عکس از آبیاری به دست آمد. اما در سال دوم نسبت به سال اول روند متفاوتی وجود داشت (جدول ۶). در سال دوم آبیاری در مرحله دانه‌بندی بیش‌ترین عملکرد دانه (۲/۱۱ تن در هکتار) و کارایی مصرف آب دانه (۰/۴ کیلوگرم دانه در میلی‌متر آب در هکتار) را به خود اختصاص دادند. همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری بین عملکرد دانه در واحد سطح و تعداد روز از کاشت تا رسیدگی (** $r=0/32$), طول دوره رسیدگی (** $r=0/47$) و بیوماس تولید شده در واحد سطح (** $r=0/38$) بود. این امر نشان می‌دهد که عملکرد دانه در تیمارهای آبیاری با افزایش طول دوران زایشی گیاه و تولید بیوماس بالاتر در ارتباط بوده است. آبیاری در مرحله گلدهی باعث کاهش در تعداد غلاف و به دنبال آن کاهش در عملکرد دانه شده است اگرچه بیوماس بالایی نسبت به بدون آبیاری داشت اما عملکرد آن اختلاف چندانی با آن ندارد به طوری که مشاهده می‌شود شاخص برداشت پایین‌تری نیز نسبت به بدون آبیاری دارد. این امر نشان می‌دهد که آبیاری نخود در شرایط آبیاری در مرحله گلدهی می‌تواند نتیجه معکوس دهد و تولید دانه را کاهش بدهد. همچنین باعث به تاخیر افتادن مراحل غلاف‌بندی و دانه‌بندی گردد که باعث مصادف شدن این مراحل با خشکی انتهای فصل خواهد شد. در سال دوم افزایش عملکرد در تیمار آبیاری نسبت به شرایط دیم مشابه آزمایش بهبودیانی و همکاران (۲۰۰۱) بود که گزارش کردند که خشکی انتهای فصل درصد ماده خشک و عملکرد دانه نخود را به ترتیب ۲۳ و ۳۰ درصد کاهش می‌دهد و هیچ اثری بر وزن خشک تک غلاف یا تک‌دانه ندارد. آن‌ها اثر تنش خشکی بر کاهش عملکرد دانه را به علت افزایش سقط غلاف و یا کاهش تشکیل غلاف‌ها دانستند. در آزمایش مالهورا و همکاران (۱۹۹۷) نیز با بررسی اثرات آبیاری تکمیلی در زمان نیاز گیاه که به میزان ۱۳۰، ۱۲۰ و ۸۰ میلی‌متر برای سال‌های متوالی با میزان بارندگی‌های ۳۱۶، ۳۵۴ و ۵۰۴ میلی‌متر که بیش‌تر مصادف با گلدهی و پر شدن دانه بود نتیجه گرفتند که آبیاری در هر سه سال باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود.

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین فواصل ردیف از نظر عملکرد در واحد سطح، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب دانه وجود ندارد اما اثر متقابل سال در فواصل ردیف بر این صفات معنی‌دار بود (جدول ۳). کاشت نخود با فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر نسبت به کاشت با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر که در منطقه رایج است در سال اول عملکرد دانه را در حدود ۴۰۰ کیلوگرم و به‌طور معنی‌داری افزایش داد در حالی‌که در سال دوم تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۶). در آزمایش لیچ و بیچ (۱۹۸۹) اثر تراکم گیاهی و فاصله ردیف بر نخود در دو فصل خشک و بارانی در استرالیا مورد مطالعه قرار گرفت. در مطالعه آن‌ها تراکم‌های مورد مطالعه ۱۴، ۲۸، ۴۲ و ۵۶ بوته در مترمربع و فواصل ردیف شامل ۱۸، ۳۶، ۵۳ و ۷۱ سانتی‌متر بود. در هر دو سال مورد مطالعه فاصله ردیف تأثیر کمی بر روی ماده خشک تولید شده و عملکرد دانه داشت. ولی بیچ و لیچ (۱۹۸۹) گزارش کردند که سودمندی فاصله ردیف بسته‌تر در دریافت تشعشع خورشیدی بر مزیت کم تخلیه سریع آب برتری دارد.

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر متقابل سال در تراکم بوته بر عملکرد دانه در واحد سطح و کارایی مصرف آب دانه معنی‌دار بود (جدول ۳). تراکم کاشت ۲۰ بوته در مترمربع عملکرد دانه در واحد سطح و کارایی مصرف آب دانه بیش‌تری نسبت به ۳۲ و ۴۴ بوته در مترمربع در سال دوم داشت ولی در سال اول اختلافی مشاهده نشد (جدول ۶). این امر نشان می‌دهد که در سال دوم که طول دوره زایشی کوتاه‌تر بود تراکم کم‌تر بهتر بوده است. بیچ و لیچ (۱۹۸۹) طی بررسی اثر تراکم گیاهی و فاصله ردیف بر نخود در دو فصل خشک و بارانی در استرالیا گزارش نمودند که در فصل خشک با افزایش تراکم، عملکرد دانه به‌ترتیب از ۱۰۴ به ۱۲۶ و در فصل مرطوب از ۲۶۲ به ۲۸۷ گرم در مترمربع افزایش یافت. آن‌ها پیشنهاد کردند که یک تراکم حداقل ۴۰ بوته در مترمربع برای رسیدن به حداکثر عملکرد دانه در این منطقه لازم می‌باشد.

نتیجه‌گیری

همان‌طور که قبلاً اشاره شد در سال اول آزمایش به‌دلیل وقوع زودتر مراحل نمو زایشی، تیمار بدون آبیاری عملکرد دانه بیش‌تری نسبت به تیمارهای آبیاری (به‌خصوص آبیاری در زمان گلدهی که موجب ادامه رشد رویشی در گیاه نخود گردید) داشت. اما در سال دوم با توجه به بارندگی‌های مناسبی که در اسفند و فرودین اتفاق افتاد به‌نظر می‌رسد که آبیاری نخود در زمان گلدهی به‌عبارتی

مدت کوتاهی بعد از بارندگی‌های مناسب، بالعکس باعث کاهش در عملکرد دانه می‌گردد. اما به دلیل افزایش زیاد حرارت و خشکی در ماه‌های بعد که باعث کاهش طول دوره زایشی نیز می‌گردد، گیاه نیاز به آب پیدا می‌کند. افزایش تولید با آبیاری در مرحله دانه‌بندی این امر را نشان می‌دهد. بنابراین توصیه آبیاری در مرحله دانه‌بندی با توجه به میزان افزایش عملکرد دانه در نخود، امری غیرقابل اجتناب به نظر می‌رسد. با توجه به نتایج آزمایش فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر اگر شرایط کاشت و داشت مهیا باشد از ۵۰ سانتی‌متر بهتر به نظر می‌رسد. مقایسه تراکم‌های کاشت در این آزمایش نیز نمی‌تواند تراکم مرسوم ۳۲ بوته در مترمربع را نفی کند. نهایتاً توصیه می‌گردد برای اطمینان از نتایج این آزمایش، آزمایش‌های بیشتر در منطقه مورد بررسی انجام گردد.

منابع

- Arraudeau, M.A. 1989. Breeding strategies for drought resistance. In: F.W.G. Baker, (ed.), Drought resistance in cereals. C.A.B. International, Pp: 107-116.
- Bagheri, A., Nezami, A., Ganjeali, A., and Parsa, M. 1997. The Chickpea. Jahad Agric. Publications. Mashhad, 444p (in Persian).
- Barary, M., Mazaheri, D., and Banai, T. 2003. The effect of row and plant spacing on the growth and yield of chickpea. 11th Australian Agronomy Conference. Geelong.
- Beech, D.F., and Leach, G.J. 1989. Effect of plant density and row spacing on the yield of chickpea grown on the Darling Downs, south-eastern Queensland. Aust J. Exp. Agric. 29: 241-246.
- Behboudian, M.H., Qifu, Ma., Neil, C., Turner, J., and Palta, A. 2001. Reactions of chickpea to water stress: yield and seed composition. J Sci. Food. Agric. 81: 13. 1288-1291.
- Bellido, L.L., Editer, M., and Castillo J.E. 2000. Growth and yield of white lupin under editerranean conditions. Agron J 92: 200-206.
- Board, J.E., Harville B.G., and Saxton, A.M. 1990. Branch dry weight in relation to yield increases in narrow-row soybean. Agron. J. 82: 540-544.
- Ferri, F., and Nemati, E. 2000. Study of economical efficiency of supplemental irrigation on dryland wheat and pulse crops. Sixth Iranian Crop Science Congress. Babolsar (in Persian).
- Frederick, J.R., Camp, C.R., and Bauer P.J. 2001. Drought-Stress effect on branching and main stem seed yield and yield components of determinate soybean. Crop Sci. 41: 759-763.

- Haqqani, A.M., Khan, H.R., and Malik, B.A. 2000. Influence of irrigation at various growth stages on water use efficiency and yield of chickpea. *Sarhad J. Agric* 16: 2. 123-129.
- Jalilian, J., and Modares Sanavi, S.E.M. 2004. Yield and yield component response to supplemental irrigation and sowing rate. The 8th Iranian Crop Science Congress. Rasht-Iran (in Persian).
- Jettner, R.J., Siddique, K.H.M., Loss, S.P., and French, R.J. 1999. Optimum plant density of Desi chickpea increases with increasing yield potential in south-western Australia. *Aust. J. Agric. Res.* 50: 1017-1025.
- Leach, G.J., and Beech, D.F. 1989. Response of chickpea accessions to row spacing and plant density on the vertisol on the Darling Downs, south-eastern Queensland. II: radiation interception and water use. *Aust. J. Exp. Agric.* 28: 377-383.
- Liu, P.H., Gan, Y., Warkentin, T., and McDonald, C. 2003. Morphological plasticity of chickpea in a semiarid environment. *Crop Sci* 43: 426-429.
- Malhotra, R.S., Singh, B., and Saxena, M.C. 1997. Effect of irrigation on winter-sown chickpea in a Mediterranean environment. *J. Agron. Crop. Sci.* 178: 4. 237-243.
- Muchaw, R.C. 1985. Phenology, seed yield and water use of grain legumes grown under different soil water regimens in a semi- arid tropical environment. *Field Crops Res.* 11: 81-97.
- Nezami, A., and Rashed Mohasal, M.H. 1996. Study the effects of sowing date and rate on yield and yield component of soybean in Mashhad. *J. Agric. Sci. Ind* 9: 2. 22-39 (in Persian).
- Pacucci, G., Troccoli, C., and Leoni, B. 2006. Supplementary irrigation on yield of chickpea genotypes in a Mediterranean climate. *Agricultural Engineering International: the CIGR E Journal*. Vol. VIII.
- Postini, K., and Yazdi Samadi, B. 1992. Study of chickpea varieties in rainfed conditions. *J. Agric. Sci. and Ind J. Agric Sci. Ind.* 23: 2. 11-17 (in Persian).
- Rahman, S.M.L., and Uddin, A.S.M.M. 2000. Ecological adaptation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to water stress. *Legume Res.* 23: 1. 1-8.
- Regan, K.L., Siddique, K.H., and Martin, L.D. 2003. Response of kabuli chickpea to sowing rate in Mediterranean type environments of south-western Australia. *Aust. J. Exp. Agric.* 43: 87-97.



Interactive effects of supplemental irrigation and planting arrangement on yield and water use efficiency of chickpea (cv. Arman) in Gonbad

***Y. Mohammad Nejad¹ and F. Sayyedi¹**

¹Faculty of Member, Agricultural and Natural Resources Research Center of Golestan

Abstract

In order to study the effects of supplemental irrigation and planting arrangement on yield, yield components and water use efficiency (WUE) of Kabbuli chickpea (cv. Arman), an experiment was carried out at the Agricultural Research Station of Gonbad for two years, Iran. The experiment was a split-plot factorial arranged in a Randomized Complete Block Design with three replications. The main plots consisted of four irrigation applications: once at the flowering (I_1), once at grain filling (I_2), twice, one at the flowering and one at grain filling (I_3), and rainfed condition (RF). Combination of planting densities (20, 32 and 44 plants per square meters) and rows spacing (25 and 50 cm) were as sub plots. The combined analysis results revealed that all traits were significantly affected by year. None of the traits studied were significantly influenced by simple effects of irrigation or row spacings. All the traits, but 100 grain weight and number of grains per pods were significantly affected by irrigation and row spacings interaction. The effect of irrigation on seed yield did not follow the same trend in two years. In the first year that sum of rainfall was low, RF and then I_2 with 3.2 and 2.5 (t/ha), 8.3 and 5.1 (Kg seed/mmwater.ha) and 46.0 and 38.4 (%) and in the second year with I_2 with 2.1 (t/ha), 4.0 (Kgseed/mmwater.ha) and 28.7 (%) had the highest seed yield per hectare, WUE and harvest index, respectively. It shows the importance of the time when the rainfall occurs. Therefore based on the increase in yield, irrigation at grain filling might be suitable. Twenty five-centimeter-wide rows out yielded the 50-cm-wide rows in both years. In the first year, decrease in row spacing significantly increased grain yield around 400 kg /ha. In the second year, 20 plants m^{-2} produced higher yield than those of other plant densities.

Keywords: Supplemental irrigation; Planting arrangement; Chickpea yield components; Evapotranspiration; Water use.

* Corresponding Author; Email: yones_mn@yahoo.com

