

اثر سطوح متفاوت آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد چهار رقم نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط آب و هوایی مشهد

سلمان انجم‌شعاع^{۱*}، حمید معین‌راد^۲ و حسین ابراهیمی^۲

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

۲- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۲/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۰/۰۳

چکیده

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و تحمل به خشکی چهار رقم نخود، آزمایشی در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در شرایط آب‌وهوایی مشهد اجرا شد. سطوح آبیاری شامل چهار سطح آبیاری کامل، آبیاری با ضریب کم آبیاری ۱۰ درصد، آبیاری با ضریب کم آبیاری ۲۰ درصد و آبیاری با ضریب کم آبیاری ۵۰ درصد با ارقام جم، کرج ۳۱-۶۰-۱۲، ILC482 و کاکا به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد مقایسه قرار گرفتند. مقدار نیاز آبی در هر یک از سطوح آبیاری بر اساس سند آب کشور (با استفاده از نرم‌افزار NETWAT) و بر اساس روش پنمن مانیتیس محاسبه گردید. نتایج آزمایش نشان داد که سطوح مختلف آبیاری، اثر معنی‌داری بر صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد غلاف و تعداد دانه در مترمربع و نیز وزن ۱۰۰ دانه ارقام نخود داشتند. طبق نتایج حاصل، با افزایش میزان آب آبیاری، تعداد غلاف در مترمربع، تعداد دانه در مترمربع، وزن ۱۰۰ دانه و در نتیجه عملکرد دانه افزایش یافت. در بین ارقام، در تمامی سطوح آبیاری، رقم کاکا با ۹۳۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین و رقم کرج با ۱۶۷ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد دانه را دارا بودند. در این مطالعه، به ترتیب رقم‌های کاکا، ILC482 و جم بیشترین تحمل به خشکی را از خود نشان دادند. رقم ILC482 در شرایط آبیاری کامل دارای عملکردی کمتر نسبت به رقم جم بود ولی در تیمارهای کم آبیاری ۲۰ درصد و کم آبیاری ۵۰ درصد، عملکردی بیشتر نسبت به رقم جم از خود نشان داد و در مقایسه با سایر ارقام، صفات اندازه‌گیری شده آن، کمتر تحت تأثیر کم آبیاری قرار گرفت. با توجه به نتایج این آزمایش، رقم ILC482 را می‌توان به عنوان رقمی مناسب برای شرایط کم آبیاری و یا احتمالاً دیم در نظر گرفت.

واژه‌های کلیدی: ارقام نخود، تنش خشکی، عملکرد دانه، کم آبیاری

مقدمه

جهانی حبوبات را به خود اختصاص داده است (FAO, 2005). براساس همین آمار، سطح زیر کشت نخود در ایران، حدود ۷۰۰ هزار هکتار می‌باشد که از این نظر، ایران پس از هندوستان، پاکستان و ترکیه، رتبه چهارم را در دنیا به خود اختصاص داده است. از طرفی، متوسط عملکرد نخود در ایران، ۴۸۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد که نسبت به متوسط عملکرد جهانی (۷۴۶ کیلوگرم در هکتار)، بسیار کمتر است (FAO, 2005). وجود تنش‌های مختلف زیستی و غیرزیستی، عدم وجود یا دسترسی به ارقام مقاوم به تنش‌ها و عدم اعمال صحیح مدیریت زراعی از جمله دلایل اصلی کاهش عملکرد این گیاه می‌باشد (Kashiwagi et al., 2006).

کاهش جهانی تولید نخود که ناشی از تنش خشکی است، ۳/۷ میلیون تن برآورد شده است که پیش‌بینی می‌شود ۲/۱ میلیون تن آن را بتوان از طریق فعالیت‌های اصلاحی، روش‌های

حبوبات پس از غلات، دومین منبع غذایی مهم بشر است. دانه حبوبات با بر خورداری از ۱۸ تا ۳۲ درصد پروتئین، مکمل دانه غلات محسوب می‌شود. نخود با داشتن ۱۵ تا ۲۵ درصد پروتئین، غنی از اسید آمینه ضروری نظیر لایسین است (Mckenzie & Hill, 1995). به‌علاوه قابلیت همزیستی بسیاری از گیاهان این تیره با باکتری‌های مختلفی از جنس ریزوبیوم، سبب تثبیت نیتروژن مولکولی هوا و باروری خاک می‌شود (Miller & Hill, 1990). طبق آمار منتشره از سوی سازمان خواروبار جهانی در سال ۲۰۰۵، نخود با سطح زیر کشت ۱۰/۱ میلیون هکتار در جهان، حدود هشت میلیون تن از تولید

* نویسنده مسئول: مشهد، سنایاد ۳۲، پلاک ۱۳، طبقه دوم، همراه: ۰۹۱۵۵۱۲۹۱۱۳
پست الکترونیک: salman.anjam@yahoo.com

لوبیای چشم‌بلیلی و نخود)، دریافتند در هر سه گونه، بیشترین کاهش عملکرد با اعمال تنش خشکی در زمان گلدهی و تشکیل غلاف می‌گردد و بدین ترتیب این مراحل را حساس‌ترین مراحل به تنش خشکی معرفی نمودند. تنش کمبود آب در دوره رشد زایشی نخود، از طریق ریزش گل‌ها، کاهش تشکیل غلاف، افزایش تعداد غلاف‌های پوک و کاهش طول دوره پُرشدن دانه، عملکرد اقتصادی را متأثر می‌سازد (Davies *et al.*, 1999). در مطالعه Leport *et al.* (1999) عملکرد نخود در شرایط تنش خشکی آخر فصل، در مقایسه با گیاهان آبیاری شده به دلیل کاهش تعداد غلاف و نیز کاهش تعداد دانه، ۴۲ تا ۵۳ درصد کاهش یافت. در یک بررسی واکنش پنج لاین نخود سیاه نسبت به شیب کاهش رطوبت در دوره رشد زایشی مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که عملکرد دانه در گیاهان در معرض تنش به‌طور معنی‌داری کمتر از گیاهان شاهد بود (Chaichi *et al.*, 2004). Shobeiri *et al.* (2006) با بررسی تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد سه رقم نخود مشاهده نمودند که اُفت عملکرد ناشی از کمبود آب، در ارقام جم و هاشم بیشتر از رقم پیروز بود.

Leport *et al.* (2006) نیز بر تأثیر منفی کمبود رطوبت در دوران رشد زایشی بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود تأکید کرده‌اند. در مناطق خشک، ارقامی مورد نیاز هستند که هم زودرس باشند و هم عملکرد قابل‌قبولی داشته باشند. هرچند همبستگی منفی بین این دو عامل در اصلاح همزمان آنها وجود دارد (Begum *et al.*, 1992; Soltani *et al.*, 2001). استفاده بهینه از آب آبیاری در محصولات کشاورزی در شرایط آب‌وهوایی حاضر که تغییر اقلیم و کاهش دما باعث کاهش منابع آب شده است، یکی از مهم‌ترین مسائل کشاورزی ایران است. از سوی دیگر نیاز آبی یک محصول خاص در مناطق مختلف با توجه به اقلیم و بافت خاک بسیار متفاوت است. بنابراین بررسی تأثیر سطوح آبیاری روی عملکرد یک محصول در مناطق مختلف حایز اهمیت است. هدف از این آزمایش، شناخت بهترین رژیم آبیاری و غربال‌گری مقاوم‌ترین رقم به خشکی و نیز بررسی متناسب بودن نیاز آبی برآوردی در سند آب کشور برای گیاه نخود با عملکرد ارقام مورد مطالعه در شرایط آب‌وهوایی مشهد بوده است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر سطوح متفاوت آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد چهار رقم نخود، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۸۷-۸۸ در مزرعه شخصی واقع در ۲۰ کیلومتری شمال شهر مشهد اجرا شد. زمین محل اجرای آزمایش در اوایل پاییز

به‌زرایی و استفاده از ارقام مناسب جبران کرد (Ne smith & Richie, 1992). استان خراسان یکی از مناطقی است که در اکثر مناطق آن، تنش‌های مهم به‌ویژه تنش خشکی به‌شدت عملکرد این محصول را کاهش داده است. اگرچه انتخاب تاریخ مناسب کاشت، اثر تنش خشکی را کاهش می‌دهد، بهترین نتیجه، با ارقام متحمل به خشکی که معمولاً زودرس می‌باشند، حاصل می‌شود (Keating & Cooper, 1984). بر اساس مطالعات انجام شده، از بین عوامل مختلف ایجادکننده تنش مانند بیماری، آفات، علف‌های‌هرز، خشکی، شوری و سرما، عامل خشکی به‌تنهایی عملکرد این گیاه را تا ۴۵ درصد کاهش می‌دهد (Pezeshkpur & Khademi, 2004). از آنجا که تولید نخود در بیشتر مناطق، در اثر کمبود رطوبت به خصوص در طی دوره رشد زایشی محدود می‌شود، انجام آبیاری می‌تواند در بهبود عملکرد و نیز ثبات آن مؤثر باشد (Saxena & Singh, 1987). بررسی‌ها نشان می‌دهد که آبیاری تکمیلی از جمله آبیاری به منظور رفع تنش رطوبت در مرحله بحرانی رشد گیاه (شامل اواخر مرحله گلدهی و مرحله غلاف‌بندی) در افزایش عملکرد تأثیر زیادی داشته است (Saxena, 1984). در همین رابطه، آزمایشی در تل‌حدیده سوریه به منظور تعیین تأثیر آبیاری تکمیلی بر عملکرد نخود در دو تاریخ کاشت بهاره و پاییزه انجام شد. در شرایطی که مجموع میزان بارندگی در هر دو کشت بهاره و پاییزه برابر بود، میزان عملکرد برای این دو کشت به ترتیب ۵۵۶ و ۱۱۵۳ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. انجام آبیاری تکمیلی، یک‌بار در زمان گلدهی و یک‌بار در زمان غلاف‌دهی، عملکرد را برای کاشت بهاره و پاییزه به ترتیب به ۱۳۴۹ و ۱۹۹۷ کیلوگرم در هکتار افزایش داد (Saxena, 1984).

عملکرد اقتصادی یک گیاه، ثمره بسیاری از فرآیندهای رشد است که در طی دوره رشد و نمو به‌وقوع می‌پیوندد. تنش خشکی می‌تواند از طریق تأثیر گذاشتن بر این فرآیندها عملکرد را تحت تأثیر قرار دهد. اما میزان تأثیر، بسته به زمان وقوع تنش خشکی و شدت آن ممکن است متفاوت باشد (Thomas *et al.*, 2003).

به گزارش Ravi *et al.* (1998) و Tomar *et al.* (1999) مرحله پُرشدن دانه در گیاه نخود، بیشترین حساسیت را به تنش خشکی داشته و آبیاری در این مرحله بسیار حیاتی است. برخی محققین نیز هر دو مرحله گلدهی و پُرشدن دانه را به عنوان مرحله رشدی حساس گیاه نخود معرفی نموده‌اند (Malhotra *et al.*, 1997). Tesfaye *et al.* (2006) با بررسی اثرات سه رژیم آبیاری (بدون تنش، تنش در زمان گلدهی و تشکیل غلاف و تنش در زمان پُرشدن دانه) بر سه لگوم دانه‌ای (لوبیای معمولی،

(Looney, 2010). با توجه به کمبود شدید عناصر نیتروژن و فسفر در خاک مورد نظر، مقدار کود پاییزه (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) کم بود و اثر قابل توجهی در جبران کمبود آن نداشت (طبق منبع علمی اخیر، به منظور افزایش فسفر به میزان ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، باید در خاک لومرسی، ۷۰۰ تا ۷۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات مصرف شود). به دلیل اینکه دوره رشد و نمو نخود به ویژه در شرایط تیمارهای کم‌آبیاری، کوتاه می‌باشد و از سوی دیگر، وقوع مراحل فنولوژیک مشابه از جمله گل‌دهی در تیمارهای متفاوت آبیاری همزمان نمی‌باشد، لذا از کوددهی سرک خودداری شد. اما به منظور جبران کمبود عناصر نیتروژن و فسفر، از کود فسفات‌آمونوم در زمان قبل از کشت نیز استفاده شد. مقدار فسفات‌آمونوم قبل از کشت، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار (۱۲۰ گرم برای هر کرت آزمایشی ۲×۴ متر) در نظر گرفته شد. در مجموع، در پاییز و در زمان کشت بر اساس عرف منطقه، حداکثر ممکن یعنی ۳۰۰ کیلوگرم فسفات‌آمونوم در هکتار داده شد. با این وجود، این حد از کوددهی، کمتر از میزان کود توصیه شده توسط Jackson & Looney (2010) بوده است.

با توجه به داده‌های جدول ۱، میزان آب آبیاری بر اساس سند آب کشور (با استفاده از نرم‌افزار NETWAT) و با روش پنمن مانتیس محاسبه شد. سند آب کشور، مرجع نیاز آبی است که در آن نیاز آبی هر محصول در هر منطقه با توجه به عواملی از قبیل نوع محصول، تاریخ کاشت، میزان بارندگی، بافت خاک و ... محاسبه می‌شود.

در ابتدای آزمایش با کمک پمپ، میزان دبی آب ورودی برای هر کرت آزمایشی جداگانه اندازه‌گیری و تعیین شد. با توجه به میزان دبی آب، زمان آبیاری برای هر کرت به گونه‌ای تعیین گردید تا میزان آب مصرفی در کلیه کرت‌های مربوط به یک سطح آبیاری یکسان باشد.

با استفاده از سیفون تا حد ممکن، آب ورودی به طور یکسان به داخل ردیف‌های هر کرت هدایت شد. پس از آبیاری اول، شیب‌بندی ردیف‌ها در هر کرت مجدداً کنترل شد. بسته به نیاز آبی (طبق جدول ۲)، مدت آبیاری و حجم آب مورد نیاز هر کرت محاسبه و با دور هفت روز، آبیاری انجام شد. میزان آب مورد نیاز هر کرت (هشت مترمربع) در طول دوره رشد، در سطوح متفاوت آبیاری و بر اساس محاسبات انجام شده برای تیمارهای آبیاری کامل، کم‌آبیاری ۱۰ درصد، کم‌آبیاری ۲۰ درصد و کم‌آبیاری ۵۰ درصد، به ترتیب ۶۹۸۴، ۶۲۸۵، ۵۵۸۷ و ۳۴۹۲ لیتر در نظر گرفته شد.

۱۳۸۷، توسط گاو آهن برگردان‌دار، همراه با پخش کود فسفات‌آمونوم به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، شخم زده شد. پس از آن در زمان کشت، مراحل آماده‌سازی زمین با استفاده از کولتیواتور، دیسک و لولر انجام گردید. پس از عملیات خاک‌ورزی، در قسمتی از زمین که به طور مشاهده‌ای کاملاً مسطح و از یکنواختی بیشتری برخوردار بود، جوی و پشته تهیه شد. در زمان کاشت توسط خط‌کش فلزی، شیباری به عمق پنج سانتی‌متر بر روی ردیف‌ها جهت کشت بذر ایجاد شد. آزمایش به صورت اسپلیت‌پلات و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. ابعاد کرت‌های آزمایش ۲×۴ متر و فاصله بین تکرارها ۲/۵ متر در نظر گرفته شد. در زمان نمونه‌گیری از هر طرف کرت‌ها، دو ردیف و ۵۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای هر واحد آزمایشی به عنوان اثر حاشیه‌ای، حذف شد. هر واحد آزمایشی، شامل پنج ردیف با طول چهار متر بود. فاصله بین ردیف‌ها، فاصله بوته‌ها روی ردیف و عمق کاشت بذر به ترتیب ۵۰، ۱۰ و ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

تیمارهای آبیاری در چهار سطح شامل: ۱- آبیاری کامل، ۲- آبیاری با ضریب کم‌آبیاری ۱۰ درصد، ۳- آبیاری با ضریب کم‌آبیاری ۲۰ درصد و ۴- آبیاری با ضریب کم‌آبیاری ۵۰ درصد به عنوان کرت‌های اصلی و چهار رقم جم، ILC482، کرج ۳۱-۶۰-۱۲ و کاکا نیز به عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. تفاوت بین ارقام بیشتر مورد توجه بود، لذا اثر آنها در کرت‌های فرعی بررسی شد. انتخاب ارقام مورد نظر نیز بر اساس اهمیت نسبی آنها در مطالعات گذشته انجام گرفت که به عنوان ارقام رایج کشور مورد استفاده می‌باشند. کاشت نخود در بیست‌وهشتم اسفند ۱۳۸۷ پس از ضدعفونی بذور با قارچ‌کش بنومیل (دو در هزار) به روش خشکه‌کاری با دست انجام گرفت. برای اطمینان از تراکم مناسب (۲۰ بوته در مترمربع)، در هر یک از نقاط کشت، دو عدد بذر کشت شد. یک هفته پس از جوانه‌زنی، گیاهان اضافی تنک شدند.

در شروع آزمایش، ویژگی‌های فیزیکی (بافت) خاک و شیمیایی خاک و آب تعیین گردید. با توجه به نتایج آزمایش، خاک محل کشت از نوع لوم رسی بود و مقدار نیتروژن (N) کل ۰/۰۵ درصد، پتاسیم (K) و فسفر (P) به ترتیب ۱۲۵ و ۷ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (EC_e) ۳/۲۲ دسی‌زیمنس بر مترمربع (ds/m²) و اسیدیته (pH) ۷/۶۷، هدایت الکتریکی آب ۰/۸۹ دسی‌زیمنس بر مترمربع و اسیدیته آن ۷/۸۵ بود. حد مطلوب فسفر ۲۵ تا ۳۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک می‌باشد (Jackson &

جدول ۱- داده‌های مورد استفاده برای تخمین نیاز آبیاری نخود در منطقه آزمایش (مشهد)

Table 1. Data which used for estimating of water requirement of chickpea in Mashhad

ماه	فاصله زمانی روز ^{۱۰}	تبخیر و تعرق گیاه (میلی‌متر در روز)	باران مؤثر در دهه (میلی‌متر در ۱۰ روز)	نیاز خالص آبیاری (میلی‌متر در ۱۰ روز)	نیاز ناخالص آبیاری (میلی‌متر در روز)	هیدرومدل (لیتر در ثانیه در هکتار)	آب ناخالص مورد نیاز هر کرت (لیتر/روز)	آب ناخالص مورد نیاز هر کرت در دور آبیاری (لیتر)
Month	10 days intervals	Crop evapotranspiration (mm/day)	Effective rainfall (mm/10 days)	Net irrigation requirement (mm/10 days)	Total irrigation requirement (mm/day)	Haydromodel (lit/s/ha)	Total water required for each plot (lit/day)	Total water required for each plot in irrigation frequency (lit)
فروردین	1	1	0	10	2	0.23	12	84
Mar 21 - Apr 20	2	1.5	10	5	1	0.12	6	42
	3	2	8	12	2.4	0.28	14.4	100
اردیبهشت	1	2.5	10	15	3	0.35	18	126
	2	2.6	10	16	3.2	0.37	19.2	134
Apr 21 - May 20	3	4.5	5	40	8	0.93	48	336
	1	5.4	9	45	9	1.04	54	378
خرداد	2	6.4	0	64	12.8	1.48	76.8	537
	3	7.8	0	78	15.6	1.81	93.6	655
May 21 - Jun 20	1	7.7	0	77	15.4	1.78	92.4	646
	2	7.8	0	78	15.6	1.81	93.6	655
تیر	3	7.9	0	79	15.8	1.83	94.8	663
	1	3.3	0	33	6.6	0.76	39.6	277
مرداد	2	3	0	30	6	0.69	36	252
Jul 21 - 10Aug								

جدول ۲- محاسبات (تخمین) نیاز آبی نخود در منطقه طرح (مشهد) بر اساس سند آب کشور

(با استفاده از نرم‌افزار NETWAT) و با روش پنمن - مانیتیس

Table 2. Estimation of water requirement of chickpea based on national water document (using NETWAT software) and by the method of Penman-Monteith in the region of the experiment (Mashhad)

شهر: مشهد Mashhad		
گیاه: نخود Chickpea		
بافت خاک: لومرسی Soil texture: Clay-loam		
عمق ریشه (متر)	Root depth (m)	0.6
ظرفیت نگهداری آب خاک (میلی‌متر در متر)	Water holding capacity (mm/m)	150
حداکثر تخلیه مجاز (میلی‌متر در متر)	Maximum allowable depletion (mm/m)	60
حداکثر آب قابل استفاده (میلی‌متر در متر)	Maximum usable water (mm/m)	54
سایه‌انداز (درصد)	Shading (%)	100
ضریب یکنواختی	Uniformity factor	90
ضریب انتقال	Transmission ratio	1
راندمان (درصد)	Efficiency (%)	50
حداکثر نیاز آبی (میلی‌متر در روز)	Peak of irrigation requirement (mm/day)	7.8
حداکثر دور آبیاری مجاز (روز)	Peak of irrigation frequency (days)	6.92
حداکثر دور آبیاری انتخابی (روز)	Peak of the selected irrigation frequency (days)	7
عرض کرت (متر)	Basin (plot) width (m)	2
ضریب کاهش	Reducing index	1
هدایت الکتریکی آب آبیاری (دسی‌زیمنس بر متر)	Electrical conductivity of irrigation water (dS/m)	0.89
هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (دسی‌زیمنس بر متر)	Electrical conductivity of soil (EC _e), (dS/m)	3.22

* قبل از آبیاری، آمار بارندگی مربوط به فاصله زمانی ۱۰ روز در هر ماه (در منطقه مطالعه) از اداره هواشناسی دریافت شده و با توجه به افزایش یا کاهش بارندگی پیش‌بینی شده، در جدول طرح، به تناسب از مقدار آب آبیاری کاسته یا به آن افزوده شده است.
* Before irrigation, daily readings of rainfall (in the region of experiment) for each 10 days intervals, obtained from weather station and in regard to 10 days intervals readings the calculations of the table is done. Regarding to data and according to meteorological estimation, in table, the rates (figures) of irrigation water in 10 days intervals decreased or increased.

نیز در این حالت کمتر می‌شود. آن‌ها دلیل این امر را عدم توانایی گیاه در باز نگه‌داشتن روزه‌های خود در محیط‌های خشک بیان کردند و این خود، منجر به کاهش فعالیت فتوسنتزی شده و باعث کاهش سطح سبز گیاه می‌شود. از سوی دیگر، آن‌ها عنوان کردند که افزایش خشکی در لایه‌های سطح خاک، ممکن است گیاه را مجبور کند تا رطوبت مورد نیاز خود را از لایه‌های عمیق‌تر خاک که عناصر غذایی ضروری در آن‌ها کم است، استخراج کند. بدین ترتیب، گیاه دچار تنش عناصر غذایی می‌شود. مجموعه این عوامل، باعث کاهش اندازه گیاه و کاهش ذخایر فتوسنتزی موجود، جهت پُر کردن غلاف‌ها شده و در نهایت عملکرد دانه را کاهش می‌دهد (Benjamin & Nielsen, 2006; Jalota *et al.*, 2006).

عملکرد بیولوژیک

طبق نتایج تجزیه واریانس، اختلاف سطوح متفاوت آبیاری و نیز ارقام، از نظر عملکرد بیولوژیک در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳) به طوری که بیشترین میانگین عملکرد بیولوژیک در تیمار آبیاری کامل یعنی ۱۵۱۴ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن، در تیمار کم آبیاری ۵۰ درصد یعنی ۴۸۶ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۴). حداکثر و حداقل میانگین عملکرد بیولوژیک به ترتیب برای رقم کاکا (۱۲۶۵ کیلوگرم در هکتار) و رقم کرج ۳۱-۶۰-۱۲ (۷۱۱ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد (جدول ۵). اثر متقابل ارقام در سطوح متفاوت آبیاری نیز در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل، بیشترین میانگین عملکرد بیولوژیک، در تیمار آبیاری کامل برای رقم کاکا (۲۰۳۹ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن، در تیمار کم آبیاری ۵۰ درصد برای رقم کرج ۳۱-۶۰-۱۲ (۳۰۲ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد (جدول ۶). اثر خشکی بر کاهش تجمع ماده خشک را می‌توان به کاهش طول دوره رشد به خصوص گرده‌افشانی تا رسیدگی و نیز اثر آن بر کاهش سرعت رشد محصول نسبت داد.

نقش خشکی در تسریع پیری برگ‌ها و کاهش سرعت رشد خود، به واسطه تأثیر آن بر کاهش سطح برگ، توسط

برای تعیین عملکرد و اجزای عملکرد، از هر کرت به صورت تصادفی نمونه‌گیری انجام شد. با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای و با استفاده از کوادرات با اندازه یک مترمربع، نمونه‌گیری‌ها انجام شد. اندازه‌گیری‌ها شامل تعداد غلاف، تعداد دانه، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در واحد سطح تعیین شد. در پایان تحقیق، داده‌ها در نرم‌افزار EXCEL ذخیره و آنالیز آماری با نرم‌افزارهای آماری SAS و MSTAT-C انجام گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد اقتصادی (دانه)

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اختلاف سطوح متفاوت آبیاری و رقم از نظر عملکرد دانه به ترتیب در سطح ۵ درصد و ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسات میانگین اثرات اصلی سطوح آبیاری و ارقام خود به ترتیب در جداول ۴ و ۵ نشان داده شده است. صرف نظر از نوع رقم، بیشترین میانگین عملکرد دانه، در تیمار آبیاری کامل (۶۷۷ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن در تیمار کم آبیاری ۵۰ درصد (۲۴۷ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد (جدول ۴). صرف نظر از سطوح آبیاری، بیشترین میانگین عملکرد دانه در رقم کاکا (۶۱۴ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن در رقم کرج ۳۱-۶۰-۱۲ (۳۳۵ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد (جدول ۵). اثر متقابل سطوح آبیاری و ارقام نیز بر عملکرد دانه در سطح ۵ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳) به طوری که بیشترین میانگین عملکرد دانه، در تیمار آبیاری کامل برای رقم کاکا (۹۳۰ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن در تیمار کم آبیاری ۵۰ درصد برای رقم کرج ۳۱-۶۰-۱۲ (۱۶۷ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد (جدول ۶). عملکرد خود همبستگی مثبتی با میزان آب مصرفی دارد به طوری که توسعه کانوپی آن، تحت تأثیر میزان آب قرار می‌گیرد و پوشش کامل، در صورت قابل دسترس بودن آب بدست می‌آید (Goldani & Rezvani-moghaddam, 2009; Keating & Cooper, 1984). به نقل از Keating & Cooper (1984) از آنجا که میزان انرژی تشعشعی جذب شده توسط کانوپی، در شرایط کم آبیاری کمتر است، لذا مقدار تولید ماده خشک

محققان مختلف تأیید شده است (Auld et al., 1988). طبق گزارش آن‌ها، بهبود عملکرد بیولوژیک به خاطر همزمانی مراحل رشد زایشی با رژیم‌های حرارتی و رطوبتی مطلوب است. به نظر می‌رسد با افزایش طول دوره رشد رویشی و افزایش عمر مؤثر کانوپی، جذب فعال فتوسنتزی افزایش می‌یابد که منجر به افزایش وزن خشک اندام هوایی می‌شود.

شاخص برداشت

شاخص برداشت نشان‌دهنده میزان مواد انتقال یافته و ذخیره شده در دانه نسبت به کل مواد تولید شده در دوران رشد رویشی و زایشی است. طبق نتایج تجزیه واریانس، اثر سطوح آبیاری و نیز ارقام بر صفت شاخص برداشت در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد ارقام نخود در سطوح مختلف آبیاری

Table 3. Analysis of variance (mean squares) of yield and yield components of chickpea cultivars in different

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	تعداد غلاف Number of pods	تعداد دانه Number of seeds per pod	وزن ۱۰۰ دانه 100 Grain weight	
Replication	تکرار	2	427.27	3024.63	0.32	23.25	57.27	25.91
Irrigation	آبیاری	3	18397.29*	461961.09**	183.14**	627.13**	2272.8**	94.54*
Error	خطا	6	3902.38	17470.49	0.8	16.44	4.07	1.9
Cultivar	رقم	3	71118.13**	259289.11**	11.3**	1435.41**	2774.75**	94.77*
Irrigation × Cultivar	آبیاری × رقم	9	5753.76*	15117.27**	7.68**	41.72**	121.69**	22.55*
Error	خطا	24	825.1	2669.85	0.12	7.56	10.79	1.04
CV	ضریب تغییرات		9.41	9.4	6.8	7.73	6.54	1.77

n.s. * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح $\alpha = 0.05$ و $\alpha = 0.01$

ns :Non-significant, *and **: Significant at $\alpha = 0.05$ & $\alpha = 0.01$, respectively

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات اصلی سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد

Table 4. Mean comparisons of main effects of different irrigation levels on yield and yield components

تیمارها Treatments	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg.ha ⁻¹)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	تعداد غلاف در مترمربع Number of pods.m ⁻²	تعداد دانه در مترمربع Number of seeds.m ⁻²	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100 Grain weight (g)
آبیاری کامل Full irrigation	677 a	1514 a	57 a	131 a	193 a	71 a
کم آبیاری ۱۰ درصد 90% ETc	576 a	1274 a	53 b	116 ab	173 b	62 b
کم آبیاری ۲۰ درصد 80% ETc	397 b	802 b	50 bc	99 bc	136 c	55 c
کم آبیاری ۵۰ درصد 50% ETc	247 c	486 c	48 c	74 c	100 d	50 d

میانگین‌هایی که در هر ستون، حداقل یک حرف مشترک دارند، در سطح $\alpha = 0.05$ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means within each column with a letter in common are not significantly different at $\alpha = 0.05$.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات اصلی ارقام نخود بر عملکرد و اجزای عملکرد
Table 5. Mean comparisons of main effects of chickpea cultivars on yield and yield components

تیمارها Treatments	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg.ha ⁻¹)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	تعداد غلاف در مترمربع Number of pods.m ⁻²	تعداد دانه در مترمربع Number of seeds.m ⁻²	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100 Grain weight (g)
Jam جم	436 b	876 c	53 ab	103 c	142 b	58 c
Karaj 12-60-31 کرج	335 c	711 d	53 a	66 d	102 c	64 a
ILC482	448 b	982 b	51 b	110 b	144 b	61 b
Kaka کاکا	614 a	1265 a	52 ab	141 a	213 a	55 d

میانگین‌هایی که در هر ستون، حداقل یک حرف مشترک دارند، در سطح $\alpha = 0.05$ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.
Means within each column with a letter in common are not significantly different at $\alpha = 0.05$.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح آبیاری و ارقام نخود بر عملکرد و اجزای عملکرد
Table 6. Mean comparison of interaction effects between chickpea cultivars and different levels irrigation on yield and yield components

سطوح آبیاری Irrigation levels	رقم Cultivar	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg.ha ⁻¹)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	تعداد غلاف در مترمربع Number of pods.m ⁻²	تعداد دانه در مترمربع Number of seeds.m ⁻²	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100 Grain weight (g)
آبیاری کامل Full irrigation	Jam جم	674b	1536b	55c	129c	195c	69b
	Karaj 12-60-31 کرج	443f	989fg	59a	90i	117g	76a
	ILC482	660b	1497b	56c	135c	175d	75a
	Kaka کاکا	930a	2039a	58b	189a	284a	65c
کم آبیاری ۱۰ درصد 90% ETc	Jam جم	534de	1290cd	52e	109de	168de	63d
	Karaj 12-60-31 کرج	464ef	1075ef	55d	79gh	139f	67c
	ILC482	504def	1217de	52e	152b	159ef	63d
	Kaka کاکا	613bc	1512b	51f	120cd	228b	54g
کم آبیاری ۲۰ درصد 80% ETc	Jam جم	333gh	723ghi	52e	96efg	117g	55f
	Karaj 12-60-31 کرج	265hi	545u	49i	65i	93h	58e
	ILC482	357g	720fgh	50h	103ef	139f	55f
	Kaka کاکا	559cd	1108bc	51g	131c	196c	53gh
کم آبیاری ۵۰ درصد 50% ETc	Jam جم	202ij	390jk	49i	78hi	90h	48i
	Karaj 12-60-31 کرج	167j	302k	50h	43j	59i	57ef
	ILC482	269hi	600hi	45k	83fgh	105gh	51h
	Kaka کاکا	351g	636fgh	48j	93de	145f	45j

میانگین‌هایی که در هر ستون، حداقل یک حرف مشترک دارند، در سطح $\alpha = 0.05$ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.
Means within each column with a letter in common are not significantly different at $\alpha = 0.05$.

ارقام نسبت به سطوح متفاوت آبیاری نیز در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل، بیشترین میانگین شاخص برداشت، در تیمار آبیاری کامل برای رقم کرج ۳۱-۶۰-۱۲ (۵۸ درصد) و کمترین آن، در تیمار کم آبیاری

مقادیر حداکثر و حداقل شاخص برداشت، به ترتیب در تیمار آبیاری کامل (۵۷ درصد) و تیمار کم آبیاری ۵۰ درصد (۴۸ درصد) حاصل شد (جدول ۴). همچنین بیشترین شاخص برداشت، برای رقم کرج ۳۱-۶۰-۱۲ (۵۲ درصد) و کمترین آن، برای رقم ILC48 (۵۱ درصد) به دست آمد (جدول ۵). واکنش

به دلیل تنش خشکی آغاز شده باشد (Siddique *et al.*, 2000). طبق گزارش Liu *et al.* (2003) تنش خشکی شدید در اوایل نمو غلاف‌ها، رشد غلاف‌ها را کاهش داده و منجر به کاهش قابل‌ملاحظه‌ای در مجموع تعداد غلاف می‌شود. مطالعات نشان می‌دهد که بیشترین عملکرد نخود، تحت شرایط فاریاب حاصل می‌شود. در این رابطه، اجتناب از تنش خشکی بعد از مرحله گلدی، به‌ویژه در مرحله غلاف‌دهی تا تشکیل دانه، ضروری است (Jalota *et al.*, 2006). به نقل از (1991) Karamanos & Gimene و (1990) Grashoff، تنش خشکی، بقا و پُرشدن غلاف‌ها را از طریق کاهش مواد فتوسنتزی و با ایجاد اختلال در تعادل هورمونی تحت تأثیر قرار می‌دهد.

تعداد دانه در واحد سطح

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر سطوح مختلف آبیاری و رقم بر روی صفت تعداد دانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). صرف نظر از نوع رقم، بیشترین و کمترین میانگین تعداد دانه در مترمربع، به ترتیب در تیمار آبیاری کامل (۱۹۳ دانه) و تیمار کم‌آبیاری ۵۰ درصد (۱۰۰ دانه) بود (جدول ۴). صرف نظر از سطوح آبیاری، بیشترین میانگین تعداد دانه در مترمربع در رقم کاکا (۲۱۳ دانه) و کمترین آن، در رقم کرج ۳۱-۶۰-۱۲ (۱۰۲ دانه) به دست آمد (جدول ۵). اثر متقابل سطوح آبیاری و رقم، بر صفت تعداد دانه نیز در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳) به‌طوری‌که بیشترین میانگین تعداد دانه در واحد سطح در تیمار آبیاری کامل در رقم کاکا (۲۸۴ دانه) و کمترین آن، در تیمار کم‌آبیاری ۵۰ درصد در رقم کرج ۳۱-۶۰-۱۲ (۵۹ دانه) به‌دست آمد (جدول ۶). تعداد دیگری از محققان نیز به چنین نتایجی دست یافتند (Goldani & Rezvani-moghaddam, 2004). گیاه نخود، در آغاز گلدی دارای رشد رویشی سریعی است که در صورت فراهم بودن رطوبت قابل دسترس، طول دوره رشد زایشی و نیز میزان فتوسنتز افزایش می‌یابد. چنین وضعیتی منجر به تشکیل گل‌های بیشتر در گیاه می‌شود که بر تشکیل غلاف‌های بارور و تولید دانه مؤثر است (Goldani & Rezvani-moghaddam, 2004). با افزایش میزان آب آبیاری، رشد غلاف‌ها و بلوغ آن‌ها در یک دوره طولانی‌تر انجام می‌شود و برگ‌ها با سرعتی آهسته‌تر پیر می‌شوند، در نتیجه تعداد دانه در بوته افزایش می‌یابد. در مقابل، کاهش میزان آب آبیاری و همچنین افزایش

۵۰ درصد، برای رقم ILC482 (۴۵ درصد) به‌دست آمد (جدول ۶). کاهش شاخص برداشت در پتانسیل‌های منفی بالاتر توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Seraj *et al.* 2004). گیاه برای حفظ بقای خود در شرایط تنش، ابتدا سعی در زنده‌ماندن خود دارد و لذا تولید دانه کاهش می‌یابد. گرچه وزن اندام هوایی کاهش می‌یابد اما روند نزولی در بخش اقتصادی در شرایط تنش بیشتر از بخش بیولوژیک است. تحقیقات نشان داده که تأخیر در کاشت در ارقام مختلف، سبب کاهش شاخص برداشت می‌شود و علت آن را قرارگرفتن گیاهان در معرض درجه‌حرارت‌های بالا و در نتیجه کاهش دوره رشد رویشی و زایشی گیاه گزارش کرده‌اند (Van Der Maesen, 1987).

تعداد غلاف در واحد سطح

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر سطوح مختلف آبیاری و رقم بر صفت تعداد غلاف در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات اصلی نشان داد که حداکثر و حداقل تعداد غلاف در مترمربع، به ترتیب در تیمار آبیاری کامل (۱۳۱ غلاف) و تیمار کم‌آبیاری ۵۰ درصد (۷۴ غلاف) حاصل شد (جدول ۴). همچنین بیشترین تعداد غلاف در مترمربع برای رقم کاکا (۱۴۱ غلاف) و کمترین آن برای رقم کرج ۳۱-۶۰-۱۲ (۶۶ غلاف) به‌دست آمد (جدول ۵). اثر متقابل ارقام در سطوح متفاوت آبیاری نیز برای این صفت در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳) به‌طوری‌که بیشترین میانگین تعداد غلاف در مترمربع، در تیمار آبیاری کامل برای رقم کاکا (۱۸۹ غلاف) و کمترین میانگین تعداد غلاف در متر مربع در تیمار کم‌آبیاری ۵۰ درصد برای رقم کرج ۳۱-۶۰-۱۲ (۴۳ غلاف) به‌دست آمد (جدول ۶). گروهی دیگر از محققان نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند (Jalilian *et al.*, 2005). تعداد غلاف در بوته نخود، بستگی به تاریخ کاشت، رژیم آبیاری، تراکم و سایر فاکتورها دارد (Goldani & Rezvani-moghaddam, 2009; Jalota *et al.*, 2006). فراهمی رطوبت قابل دسترس سبب افزایش توسعه کانوپی گیاه شده و در نتیجه انرژی تشعشعی بیشتری جذب گیاه می‌شود که منجر به افزایش اجزای عملکرد، از جمله تعداد غلاف در گیاه می‌گردد (Jalota *et al.*, 2006; Singh *et al.*, 1997). تنش خشکی مهم‌ترین عامل کاهش عملکرد نخود است. این کاهش عملکرد عمدتاً به ریزش غلاف‌ها مربوط می‌شود. در این مورد، غلاف‌ها زمانی شروع به ریزش می‌کنند که پیری برگ‌ها،

را تحت تأثیر قرار داده و تعداد غلاف، تعداد دانه، شاخص برداشت و در نتیجه، عملکرد دانه کاهش می‌یابد (Auld *et al.*, 1988). برخی مطالعات نشان داده است که غلاف‌های در حال پُرشدن نسبت به غلاف‌های جوان، از نظر دریافت مواد فتوسنتزی در اولویت هستند و مواد فتوسنتزی، بیشتر به آن‌ها اختصاص می‌یابد (Ganjeali & Nezami, 2008). مطالعات دیگر نشان دادند که محدودیت رطوبت در زمان گلدهی و غلاف‌دهی، موجب کاهش انتقال مواد فتوسنتزی و در نتیجه چروک شدن دانه می‌شود. در مقابل، فراهمی رطوبت در مرحله گلدهی باعث طولانی‌تر شدن دوره پُرشدن دانه شده و در نتیجه مواد فتوسنتزی بیشتری برای اختصاص به دانه‌ها فراهم می‌شود (Malhotra & Saxena, 2002).

همبستگی بین صفات

همبستگی عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد غلاف و تعداد دانه در واحد سطح و نیز وزن ۱۰۰ دانه با عملکرد دانه، مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۷). با وجود همبستگی مثبت بین این شاخص‌ها، اثرات منفی خشکی بر روی آن‌ها کم‌وبیش یکسان بوده است. شاخص‌های عملکرد بیولوژیک و وزن ۱۰۰ دانه به ترتیب بیشترین ($r=0/99^{**}$) و کمترین ($r=0/53^*$) همبستگی را با عملکرد دانه داشتند (Guler *et al.*, 2001). نیز با بررسی روابط بین عملکرد و اجزای عملکرد پنج لاین نخود، همبستگی بالایی ($r=0/85^{**}$) بین عملکرد اقتصادی و عملکرد بیولوژیک مشاهده نمودند. از سوی دیگر همبستگی بالای بین عملکرد اقتصادی و عملکرد بیولوژیک نشان می‌دهد که کاهش رشد و تجمع مواد در بخش رویشی گیاه طی تنش خشکی، کاهش عملکرد دانه را به دنبال داشته است. به عبارت دیگر، کاهش ماده خشک تولیدی در تنش کمبود آب، نمو زایشی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. (Jettner *et al.*, 1999). نیز عملکرد اقتصادی نخود را تابعی از رشد رویشی، شاخص برداشت و تعداد غلاف در بوته دانستند که با نتایج حاصل از این تحقیق هم‌خوانی دارد.

ناگهانی درجه حرارت، سبب پیری زودرس گیاه می‌شود (Khanna-chopra & Sinha, 1987). علت کاهش تعداد دانه در شرایط تنش خشکی، کاهش تعداد غلاف در ساقه‌های اصلی و فرعی است (Pawar *et al.*, 1992). طبق نتایج (Rezaeianzadeh, 2008) آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی، باعث افزایش تعداد دانه در بوته می‌شود. در باقلا نیز بوته‌هایی که در دوره تشکیل و رشد غلاف، در معرض تنش خشکی قرار داشتند در مقایسه با بوته‌هایی که در سایر مراحل رشد با تنش خشکی مواجه بودند، کمترین تعداد غلاف، دانه و ماده خشک را تولید کردند (Xia, 1997).

وزن ۱۰۰ دانه

اثر سطوح متفاوت آبیاری و رقم بر روی شاخص وزن ۱۰۰ دانه در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات اصلی نشان داد که حداکثر و حداقل وزن ۱۰۰ دانه، به ترتیب در تیمارهای آبیاری کامل (۷۱ گرم) و کم‌آبیاری ۵۰ درصد (۵۰ گرم) حاصل شد (جدول ۴). همچنین بیشترین وزن ۱۰۰ دانه، برای رقم کرج ۳۱-۶۰-۱۲ (۶۴ گرم) و کمترین آن، برای رقم کاکا (۵۵ گرم) به دست آمد (جدول ۵). اثر متقابل ارقام و سطوح متفاوت آبیاری نیز در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳) به طوری که بیشترین میانگین وزن ۱۰۰ دانه، در آبیاری کامل برای رقم کرج ۳۱-۶۰-۱۲ (۷۶ گرم) و کمترین آن، در تیمار کم آبیاری ۵۰ درصد برای رقم کاکا (۴۵ گرم) به دست آمد (جدول ۶). در مطالعات Taliei & Saiadian (2000) و Davies *et al.* (1999) نیز تنش خشکی، وزن دانه را به طور معنی‌داری کاهش داد. با توجه به اینکه در تیمار آبیاری ۵۰ درصد، تعداد غلاف و دانه در واحد سطح در مقایسه با سایر تیمارها کمتر بود، لذا مواد فتوسنتزی تولید شده، بین تعداد دانه کمتری توزیع شده است. چنین وضعیتی، از کاهش بیشتر وزن ۱۰۰ دانه جلوگیری نموده است. گیاه نخود در مرحله گلدهی و تشکیل غلاف به تنش خشکی بسیار حساس بوده و وقوع تنش در این مرحله باعث عقیم شدن گل‌ها و عدم تکامل بذرها می‌شود. این وضعیت، وزن ۱۰۰ دانه

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه در ارقام مختلف نخود

Table 7. Correlation coefficient of traits in chickpea cultivars

صفات اندازه گیری شده Traits	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	تعداد غلاف در متر مربع Number of pods.m ⁻²	تعداد دانه در متر مربع Number of seeds.m ⁻²	وزن ۱۰۰ دانه 100 grain weight
عملکرد دانه Grain yield	1					
عملکرد بیولوژیکی Biological yield	0.99**	1				
شاخص برداشت Harvest index	0.67**	0.58*	1			
تعداد غلاف در متر مربع Number of pods.m ⁻²	0.92**	0.93**	0.50*	1		
تعداد دانه در متر مربع Number of seeds.m ⁻²	0.83**	0.84**	0.36*	0.93**	1	
وزن ۱۰۰ دانه 100 grain weight	0.53*	0.85**	0.85**	0.17ns	0.28ns	1

n.s. * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح $\alpha=0.05$ و $\alpha=0.01$

ns: Non-significant, *and **: Significant at $\alpha=0.05$ & $\alpha=0.01$, respectively

نتیجه‌گیری

کمترین عملکرد دانه مربوط به رقم کرج ۳۱-۶۰-۱۲ با میانگین ۴۴۳ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. بر اساس نتایج بدست آمده، دو رقم جم و ILC482 در تمامی تیمارهای آبیاری از لحاظ شاخص‌های عملکرد دانه، تعداد غلاف و تعداد دانه اختلاف معنی‌داری از خود نشان ندادند، اما عملکرد و اجزای عملکرد در رقم ILC482 در تمامی تیمارهای کم‌آبیاری، کمتر تحت تأثیر کاهش میزان آب آبیاری قرار گرفت و بیشترین مقاومت به کم‌آبیاری را از خود نشان داد. از این نظر می‌توان آن را به عنوان رقمی مناسب برای شرایط کم‌آبیاری و یا احتمالاً دیم در نظر گرفت.

مقایسه میانگین اثرات اصلی سطوح آبیاری نشان داد که میانگین عملکرد دانه در دو تیمار آبیاری کامل و کم‌آبیاری ۱۰ درصد، در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند. بر این اساس می‌توان در منطقه طرح در صورت کمبود آب، به جای تأمین کل نیاز آبی برآوردی برای نخود، تیمار کم‌آبیاری ۱۰ درصد را پیشنهاد نمود که باعث کاهش مصرف آب به میزان تقریبی ۸۴۰ مترمکعب در هکتار می‌شود. در رابطه با ارقام، نتایج حاصل از این آزمایش حاکی است که بالاترین عملکرد دانه، به ترتیب متعلق به ارقام کاکا، جم و ILC482 به ترتیب با میانگین عملکرد ۹۳۰، ۶۷۴ و ۶۶۰ کیلوگرم در هکتار و

منابع

1. Auld, D.L., Bettis, B.L., Crock, J.E., and Kephart, K.D. 1988. Planting date and temperature effects on germination, emergence and seed yield of chickpea. *Agronomy Journal* 80: 909-914.
2. Begum, N., Husain, M., and Chowdury, S.I. 1992. Effect of sowing date and plant density on pod borer incidence and grain yield of chickpea in Bangladesh. *International Chickpea Newsletter* 27: 19-21.
3. Benjamin, J.G., and Nielsen, D.C. 2006. Water deficit effects on root distribution of soybean, field pea and chickpea. *Field Crops Research* 97: 248-253.
4. Chaichi, M.R., Rostamza, M., and Esmaeilan, K. 2004. Tolerance evaluation of chickpea accessions to drought stress under different irrigation systems during generative growth stage. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources* 10: 64-55. (In Persian with English Summary).

5. Davies, S., Turner, N.C., Siddique, K.H.M., Leport, L., and Plummer, J. 1999. Seed growth of Desi and Kabuli chickpea (*Cicer arietinum*) in a short season Mediterranean-type environment. Australian Journal of Experimental Agricultural 39: 181-188.
6. FAOSTAT. Report. Available at Web site <http://faostat.Fao.org/2005/faostat/>
7. Ganjeali, A., and Nezami, A. 2008 . Ecophysiology and determinatives yield of pulses. In: M. Parsa and A. Bagheri (Eds.). Pulses. JDM Press. Iran. p. 500. (In Persian).
8. Goldani, M., and Rezvani, P. 2004. Effects of drought and planting date on yield and yield components of chickpea in climatic condition of Mashhad. Iranian Journal of Agricultural Research 2: 229-239. (In Persian with English Summary).
9. Goldani, M., and Rezvani, P. 2007. The effects of different irrigation regimes and planting date on phenology and growth indices of three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars in Mashhad. J. Agric. Sci. Natur. Resour. 14: 229-242. (In Persian with English Summary).
10. Grashoff, C. 1990. Effect of pattern of water supply on *Vicia faba* L. grown under terminal drought. Field Crops Research 88:115-127.
11. Guler, M., Saitadak, M., and Ulkan, H. 2001. Determining relationships among yield and some yield components using path coefficient analysis in chickpea (*Cicer arietinum*). European Journal of Agronomy 14: 161-166.
12. Jackson, D.I., and Looney, N.E. 2010. Temperate and subtropical fruit production. CAB International, Publishers.
13. Jalilian, J., Moddares-sanavi, S.A.M., and Sabbaghpur, S.H. 2005. Effects of plant density and complimentary irrigation on yield, yield components and protein contents of four cultivars of chickpea. Iranian Journal of Agricultural Science 12: 1-9. (In Persian with English Summary).
14. Jalota, S.K., Sood, A., and Harman, W.L. 2006. Assessing the response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) yield to irrigation water on two soils in Punjab (India): A simulation analysis using the CROPMAN model. Agricultural Water Management 79: 312-320.
15. Jettner, R.J., Siddique, K.H.M., Loss, S.P., and French, R.J. 1999. Optimum plant density of Desi chickpea (*Cicer arietinum* L.) increases with increasing yield potential in south-western Australia. Australian Journal of Agricultural Research 50: 1017-1025.
16. Karamanos, A.J., and Gimenez, C. 1991. Physiological factors limiting growth and yield of faba beans. Options Mediterraneennes-Serie Seminaires 10: 79-90.
17. Kashiwagi, J., Krishnamurthy, L., Crouch, J.H., and Serraj, R. 2006. Variability of root length' density and its contributions to seed yield in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under terminal drought stress. Field Crops Research 95: 171-181.
18. Keatinge, J.D.H., and Cooper, P.J.M. 1984. Physiological and moisture-use studies on growth and development of winter-sown chickpeas. In: M.C. Saxena and K.B. Singh (Eds.). The Chickpea. The Hague, The Netherland, P. 141-157.
19. Khann, R., and Sinha, S.K. 1987. Chickpea: physiological aspects of growth and yield. In: M.C. Saxena and K.B. Singh (Eds.). The Chickpea. C.A.B. International, UK, P. 163-189.
20. Leport, L., Turner, N.C., Davies, S.L., and Siddique, K.H.M. 2006. Variation in pod production and abortion among chickpea cultivars under terminal drought. European Journal of Agronomy 24: 236-246.
21. Leport, L., Turner, N.C., French, R.J., Barr, M.D., Duda, R., Davies, S.K., Tennant, D., and Siddique, K.H.M. 1999. Physiological responses of chickpea genotypes to terminal drought in a Mediterranean-type environment. European Journal of Agronomy 11: 279-291.
22. Liu, P.H., Gam, Y.T., Waruentin, T., and McDonald, C.L. 2003. Morphological plasticity of chickpea in a semiarid environment. Crop Science 43: 426-429.
23. Malhotra, R.S., and Saxena, M.C. 2002. Strategies for over coming drought stress in chickpea. ICARDA 17: 20-23.

24. Malhotra, R.S., Singh, K.B., and Saxena, M.C. 1997. Effect of irrigation on winter-sown chickpea in a Mediterranean environment. *Journal of Agronomy and Crop Science* 178: 237-243.
25. Mckenzie, B.A., and Hill, G.D. 1995. Growth and yield of two chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties in Canterbury, New Zealand. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 23: 467-474.
26. Miller, R.W., and Donahue, R.L. 1990. *Soils-An Introduction to Soil and Plant Growth*. Prentice-Hall International, Inc., Englewood Cliffs, NJ, USA.
27. Ne smith, D.S., and Richie, J.T. 1992. Maize (*Zea mays* L.) response to a severe soil water-deficit during grain filling. *Field Crops Research* 29: 23-35.
28. Pawar, V.S., Patit. P.O., Dahi, S.D., and Magar, S.S. 1992. Effect of irrigation schedule based on critical growth stages on yield, quality and water use of chickpea (*Cicer arietinum* L.) on vertisol. *Indian J. Agric. Sci.* 62: 402-404.
29. Pezeshkpur, P., and Khademi, K. 2004. Agricultural and genetically strategies for drought resistance in chickpea. *Lorestan Agricultural Jihad Organization Issue* 11: 88-92.
30. Ravi, N., Sharma, H.M., Singh, R.N.P., and Nandan, R. 1998. Response of late-sown chickpea to irrigation and foliar nutrition in calcareous soil. *Journal of Applied Biology* 8: 5-8.
31. Rezaeyanzadeh, E. 2008. The effects of supplemental irrigation on yield and yield component and growth index in three chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.). MSc. Thesis. Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary).
32. Saxena, M.C. 1984. Agronomy studies on winter chickpeas. In: M.C. Saxena and K.B. Singh (Eds.). *Ascochyta Blight and Winter Sowing of Chickpeas*. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publisher, The Hague, The Netherland, pp.123-129.
33. Saxena, M.C. 1990. Recent advance in chickpea agronomy. In: Proc. of the First International Workshop on Chickpea Improvement. 1979, ICRISAT, India. p: 89-96.
34. Saxena, M.C., and Singh, K.B. 1987. *The Chickpea*. Wallingford, UK/Allepo, Syria: CAB International/ICARDA.
35. Seraj, R., Krishnamurthy, L., Kashiwagi, J., Kumar, J., Chandra, S., and Crouch, J.H. 2004. Variation in root traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) grown under terminal drought. *Field Crops Research* 88: 115-127.
36. Shabeiri, S., Ghassemi Golazani, K. and Saba, J. 2006. Effect of water deficit on phenology and yield of three chickpea cultivars. *Agricultural Science* 16: 137-147. (In Persian with English Summary).
37. Siddique, K.H.M., Sedegly, R.H., and Marshal, C. 2000. Effects of plant density on growth and harvest index of branches in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Field Crop Research* 31: 193-203.
38. Singh, K.B., Malhotra, R.S., Saxena, M.C., and Bejiga, G. 1997. Superiority of winter sowing over traditional spring sowing of chickpea in the Mediterranean region. *Agronomy Journal* 89: 112-118.
39. Soltani, A., Khooie, F.R., Ghassemi Golazani, K., and Moghaddam, M. 2001. A simulation study of chickpea crop response to limited irrigation in a semiarid environment. *Agric. Water Management* 49: 225-237.
40. Taliei, A., and Saiadian, K. 2000. Effects of complementary irrigation and determination of nutrient requirements of chickpea in dry land farming. *Iranian Journal of Agricultural Science* 2: 66-79. (In Persian with English Summary).
41. Tesfaye, K., Walker, S., and Tsubo, M. 2006. Radiation interception and radiation use efficiency of three grain legumes under water deficit condition in a semi-arid environment. *European Journal of Agronomy* 25: 60-70.
42. Tomar, R.K.S., Sharma, P., Yadav, L.N., and Sharma, P. 1999. Comparison of yield and economics of irrigated chickpea under improved and local management practices. *International Chickpea and Pigeonpea Newsletter* 6: 22-23.

43. Tomas, M.J., Fukai, S., and Peoples, M.B. 2003. The effect of timing and severity of water deficit on growth development, yield accumulation and nitrogen fixation of mungbean. *Field Crops Research* 86: 67-80.
44. Van Der, L.J.G. 1987. Origin, history and taxonomy of chickpea. In: M.C. Saxena and K.B. Singh (Eds.). *The Chickpea*. C.A.B. International, UK. p. 11-34.
45. Xia, M.Z. 1997. Effects of drought during the generative development phase on seed yield and nutrient uptake of faba bean (*Vicia faba* L.). *Aus. Agric. Res.* 48: 447-451.

The effects of different irrigation levels on grain yield and yield components of four chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.) in Mashhad climatic condition

Anjamshoaa^{1*}, S., Moeinrad², H. & Ebrahimi², H.

1- Former MSc Student of Agricultural College, Islamic Azad University of Mashhad

2- Assistants Professor of Agricultural College, Islamic Azad University of Mashhad

Received: 1 May 2010

Accepted: 24 December 2011

Abstract

In order to study the effects of different irrigation levels on yield, yield components and drought tolerance of four chickpea cultivars, a farm experiment was conducted in Mashhad climatic condition during 2008-2009 growing season. Four irrigation levels including: T₁= 100% ET_C (Full irrigation), T₂= 90% ET_C (deficit irrigation), T₃=80% ET_C (deficit irrigation) and T₄=50% ET_C (deficit irrigation) and four chickpea cultivars (Jam, Karaj 12-60-31, Kaka and ILC482) were compared in a split plot layout based on randomized complete block design with three replications. The irrigation levels were imposed as main plot and chickpea cultivars as subplot. In each level of irrigation, based on national water document (using NETWAT software) and by the method of Penman Monteith, water requirement was determined. The results showed that different levels of irrigation had significant effects on grain yield, biological yield, harvest index, number of pods per m², number of seeds per m² and weight of 100 chickpea seeds. By increasing the rate of supplied water, number of pods and seeds per m², the weight of 100 chickpea seeds and consequently, grain yield increased, significantly. In all irrigation levels, Kaka and Karaj 12-60-31 cultivars had the highest (930 Kg/ha) and the lowest (166 Kg/ha) seed yield, respectively. In this study, the most drought tolerant cultivars to drought were Kaka, ILC482 and Jam, respectively. In full irrigation treatment, the yield of ILC482 cultivar was lower than Jam cultivar, but in deficit irrigation treatments (T₃ and T₄) the yield of Jam cultivar was higher than ILC482 cultivar, considerably and in comparison to the other cultivars, its measured qualities less affected by deficit irrigation. Results of this experiment showed that ILC482 cultivar may be recommended as a high tolerant cultivar to drought stress.

Key words: Chickpea cultivars, Deficit irrigation, Drought stress, Grain yield

* Corresponding Author: E-mail: salman.anjam@yahoo.com, Mobile: 09155129113