

## تأثیر تنش خشکی آخر فصل بر عملکرد و اجزاء عملکرد پنج ژنوتیپ نخود

مریم ثمن<sup>۱</sup>، علی سپهری<sup>۲\*</sup>، گودرز احمدوند<sup>۳</sup> و سید حسین صباغپور<sup>۴</sup>  
۱، ۲، ۳، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیاران دانشکده کشاورزی  
دانشگاه بوعلی سینا، ۴، دانشیار مؤسسه تحقیقات دیم کشور  
(تاریخ دریافت: ۸۷/۹/۵ - تاریخ تصویب: ۸۸/۴/۲۱)

### چکیده

تنش خشکی خصوصاً در دوره رشد زایشی از مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.) محسوب می‌شود. به منظور بررسی اثرات تنش خشکی در مراحل تشکیل غلاف و پرشدن دانه (تنش خشکی آخر فصل) بر فنولوژی، رشد و عملکرد اقتصادی پنج ژنوتیپ نخود شامل آرمان، جم، هاشم، Flip93-93 (آزاد) و ILC482 آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه بوعلی سینا در سال ۱۳۸۵ انجام گرفت. طرح آزمایشی مورد استفاده کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود که در آن رژیم آبیاری در سه سطح (آبیاری در مرحله تشکیل غلاف، آبیاری در دو مرحله تشکیل غلاف و پرشدن دانه‌ها و بدون آبیاری) در کرت‌های اصلی و پنج ژنوتیپ نخود در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد طول دوره رشد، عملکرد بیولوژیک و عملکرد اقتصادی ژنوتیپ‌های نخود، بطور قابل ملاحظه‌ای در اثر تنش خشکی کاهش یافتند اما تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف آبیاری از نظر شاخص برداشت مشاهده نشد. در بین اجزاء عملکرد تعداد غلاف در بوته و وزن دانه بیشترین تأثیر را در کاهش عملکرد اقتصادی در شرایط تنش داشتند. اعمال یکبار آبیاری در مرحله تشکیل غلاف عملکرد اقتصادی ژنوتیپ‌های مختلف را بین ۱۲ تا ۶۰ درصد افزایش داد اما این افزایش تنها در دو ژنوتیپ جم و ILC482 معنی‌دار بود. مقایسه عملکرد اقتصادی در شرایط تنش نشان داد در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی رقم هاشم کمترین و رقم جم بیشترین عکس‌العمل را نسبت به تنش خشکی داشته است.

**واژه‌های کلیدی:** نخود، تنش خشکی، طول دوره رشد، عملکرد، اجزاء عملکرد.

### مقدمه

محصول، با میانگین بارندگی ۲۵۰ میلی‌متر در سال (کمتر از یک سوم متوسط بارندگی جهان) جزء مناطق خشک و نیمه خشک طبقه‌بندی می‌شود. سطح زیر کشت نخود در ایران حدود ۷۰۰۰۰۰ هکتار است و در ۹۶ درصد از اراضی، کشت بصورت دیم انجام می‌گیرد. حدود ۳۴۰۰۰ هکتار از اراضی زراعی استان همدان به کشت نخود اختصاص یافته است که از این مقدار،

نخود (*Cicer arietinum* L.) از جمله گیاهان مهم تیره بقولات (Fabaceae) است که حدود ۹۰ درصد از کشت آن در سطح جهان بصورت دیم انجام می‌گیرد و بیشتر کشورهای تولید کننده آن در مناطق خشک و نیمه خشک قرار دارند (Kumar & Abbo, 2001). ایران نیز به عنوان یکی از مهم‌ترین کشورهای تولیدکننده این

ریزش گل‌ها، کاهش تشکیل غلاف، افزایش تعداد غلاف‌های پوک و کاهش طول دوره پر شدن 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. Chaichi et al. (2004) با بررسی واکنش پنج لاین نخود سیاه نسبت به شیب کاهش رطوبت در دوره رشد زایشی دریافتند که عملکرد دانه در گیاهان در معرض تنش به طور معنی‌داری کمتر از گیاهان شاهد بود. Shobeiri et al. (2006) با بررسی تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد سه رقم نخود مشاهده نمودند که افت 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 اجزاء عملکرد نخود تأکید کرده‌اند.

از آنجا که در شرایط آب و هوایی مدیترانه (نظیر ایران) کشت گیاه نخود غالباً در بهار و بصورت دیم انجام می‌گیرد، در طی فصل رشد گیاه با افزایش درجه حرارت و طول روز و به دنبال آن با روند فزاینده تقاضای تبخیر اتمسفری مواجه بوده و در نتیجه تنش کمبود رطوبت در مراحل پایانی رشد تشدید می‌گردد. لذا در این تحقیق کوشش شده است اثر سطوح مختلف آبیاری در دوران رشد زایشی (آبیاری در مرحله تشکیل غلاف، آبیاری در هر دو مرحله تشکیل غلاف و پر شدن دانه‌ها و بدون آبیاری) بر طول دوره رشد، عملکرد و اجزاء عملکرد ۵ ژنوتیپ مطرح نخود در منطقه همدان مورد بررسی قرار گیرد.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۸۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه بوعلی سینا واقع در همدان با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۱ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۴ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی انجام گرفت. میانگین بارندگی سالانه این منطقه ۳۳۵ میلی‌متر و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۸۸۰ متر بوده و از نظر اقلیمی جزء مناطق سرد و خشک محسوب می‌شود. طرح آزمایشی مورد استفاده

۳۳۰۰۰ هکتار بصورت دیم می‌باشد (Sabaghpour, 2004). در این شرایط تنش خشکی خصوصاً در زمان تشکیل غلاف و پر شدن دانه‌ها (تنش خشکی آخر فصل<sup>۱</sup>) از مهمترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد این گیاه محسوب می‌شود (Siddique et al., 2000; Turner, 2003).

به گزارش Anwar et al. (2003a) تنش خشکی موجب کاهش طول دوره گلدهی و تسریع رسیدگی گیاه نخود می‌گردد. در آزمایش Anwar et al. (2003a)، کمترین طول دوره رشد و عملکرد در گیاهانی که در معرض تنش خشکی قرار داشتند، بدست آمد. در مطالعه Krishnamurthy et al. (1999) نیز تنش خشکی سبب کاهش طول دوره رشد گیاه گردید به گونه‌ای که درجه روز رشد<sup>۲</sup> مورد نیاز برای رسیدن به مراحل مختلف نمو در اثر تنش کاهش یافت.

عملکرد اقتصادی یک گیاه ثمره بسیاری از فرآیندهای رشد است که در طی دوره رشد و نمو به وقوع می‌پیوندد. تنش خشکی می‌تواند از طریق تأثیرگذاری 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 پر شدن دانه در گیاه نخود بیشترین حساسیت را به تنش خشکی داشته و آبیاری در این مرحله بسیار حیاتی است. Malhorta et al. (1997) نیز هر دو مرحله گلدهی و پر شدن دانه را بعنوان مرحله رشدی حساس گیاه نخود معرفی نمودند. Tesfaye et al. (2006) با بررسی اثرات سه رژیم آبیاری (بدون تنش، تنش در زمان گلدهی و تشکیل غلاف و تنش در زمان پر شدن دانه) بر سه لگوم دانه‌ای (لوبیای معمولی، لوبیا چشم بلبلی و نخود) دریافتند در هر سه گونه، بیشترین کاهش عملکرد با اعمال تنش خشکی در زمان گلدهی و تشکیل غلاف حاصل می‌گردد و بدین ترتیب این مرحله را حساس‌ترین مرحله نسبت به تنش معرفی نمودند. تنش کمبود آب در دوره رشد زایشی نخود از طریق

1. Terminal drought
2. Growing Degree Days (GDD)

گلدهی نیز به منظور پیشگیری از خسارت کرم غلافخوار (*Heliothis spp.*) از سم دیازینون به میزان یک و نیم در هزار استفاده گردید.

زمانی که ۵۰ درصد از گیاهان حداقل یک غلاف سبز قابل مشاهده داشتند بعنوان مرحله تشکیل غلاف در نظر گرفته شد. آبیاری در مرحله پرشدن دانه‌ها نیز زمانی صورت گرفت که در ۵۰ درصد از بوته‌ها یک غلاف به زردی تغییر رنگ داده بود (Anwar et al., 2003a). با توجه به اینکه ژنوتیپ‌های مورد استفاده از نظر طول دوره رشد و به دنبال آن مدت زمان لازم برای رسیدن به مراحل فوق متفاوت بودند، آبیاری هر ژنوتیپ به محض رسیدن به مرحله مورد نظر و بطور مجزا از سایر ژنوتیپ‌ها صورت گرفت. به منظور آبیاری یکنواخت کلیه واحدهای آزمایشی حجم آب ورودی به هر کرت کنترل گردید.

در طول فصل رشد، گیاهان بصورت روزانه مورد بررسی قرار گرفتند و زمان وقوع مراحل مختلف فنولوژیکی ثبت گردید. این مراحل براساس طبقه‌بندی Anwar et al. (2003a) عبارتند از:

**سبز شدن:** هنگامی که ۵۰ درصد از گیاهان هر کرت سبز شده‌اند.

**گلدهی:** هنگامی که ۵۰ درصد از گیاهان هر کرت دارای یک گل باز بر روی ساقه اصلی می‌باشند. غلاف‌دهی (تشکیل غلاف): هنگامی که ۵۰ درصد از گیاهان هر کرت حداقل یک غلاف سبز قابل مشاهده دارند.

**رسیدگی:** پس از طی مرحله رسیدگی فیزیولوژیک و هنگامی که گیاهان برای برداشت به حد کافی خشک شده‌اند.

همچنین به منظور تعیین درجه روز رشد مورد نیاز گیاهان در هر یک از مراحل فوق، در طول دوره رشد درجه حرارت حداکثر و حداقل روزانه توسط دستگاه ترموگراف مستقر در مزرعه ثبت گردید و در نهایت GDD هر یک از مراحل رشد از طریق فرمول زیر محاسبه شد:

$$GDD = \left( \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} - T_{\text{base}} \right)$$

کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار بود که در آن رژیم آبیاری در ۳ سطح شامل آبیاری در دو مرحله تشکیل غلاف و پر شدن دانه‌ها، آبیاری در مرحله تشکیل غلاف و بدون آبیاری در کرت‌های اصلی و ۵ ژنوتیپ نخود از نوع کابلی شامل آرمان، جم، هاشم، ILC482 و لاین امید بخش Flip93-93- که در سال ۱۳۸۷ بعنوان رقم آزاد معرفی شده است (Sabaghpour, 2008)، در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. برخی از ویژگی‌های این ژنوتیپ‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های ژنوتیپ‌های نخود مورد بررسی

ژنوتیپ	سال معرفی	تیپ بوته	میزان مقاومت نسبت به بیماری برق زدگی
آرمان	۱۳۸۳	ایستاده	مقاوم
هاشم	۱۳۷۶	ایستاده	مقاوم
جم	۱۳۴۸	خوابیده	حساس
آزاد	۱۳۸۷	ایستاده	مقاوم
ILC482	لاین امیدبخش	نیمه ایستاده	متحمل

خاک زمین مورد آزمایش رسی لومی با اسیدیته ۷/۲، درصد ازت کل ۰/۰۶ و به ترتیب ۵/۵ و ۲۹۰ میلی گرم در کیلوگرم فسفر و پتاسیم قابل جذب بود. ضمناً زمین مورد نظر سال قبل بصورت نکاشت بود. به منظور آماده سازی زمین جهت کاشت، در اوایل پاییز شخم به عمق ۲۵ سانتیمتر صورت گرفت. در بهار پس از انجام شخم مجدد، جهت نرم کردن خاک از دو نوبت دیسک عمود بر هم استفاده شد. پس از تسطیح و ایجاد جوی و پشته به فاصله ۵۰ سانتیمتر کاشت بذور در تاریخ ۱۲ فروردین انجام گرفت. عمق کاشت ۵ سانتیمتر و تراکم کاشت ۳۳ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. هر کرت فرعی شامل ۵ ردیف و به طول ۳ متر بود. با در نظر گرفتن ۵ ژنوتیپ مورد استفاده، در هر کرت اصلی ۲۵ خط کاشت وجود داشت. به منظور جلوگیری از نشت آب و سهولت اجرای تیمارهای آبیاری فاصله کرت‌های اصلی ۳ متر در نظر گرفته شد.

کود مورد نیاز با توجه به آزمایش خاک از منبع فسفات آمونیوم و اوره به ترتیب با مقادیر ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار تأمین شد. در طول فصل رشد مبارزه با علف‌های هرز بصورت دستی انجام گرفت. در زمان

Desclaux & De Costa et al. (1997) در مورد باقلا، Roumet (1996) در مورد سویا نیز گزارش شده است. از نظر تعداد روز تا سبز شدن تفاوتی بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی وجود نداشت و سبز شدن تمام ژنوتیپ‌ها ۱۹ روز بعد از کاشت (معادل ۱۵۸ درجه روز رشد) اتفاق افتاد. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، تفاوت بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ تعداد روز تا گلدهی، روز تا تشکیل غلاف و روز تا برداشت در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. بیشترین طول دوره رشد در رقم هاشم مشاهده شد و بعد از آن به ترتیب ژنوتیپ‌های آرمان، آزاد، ILC482 و جم قرار داشتند، تفاوت معنی‌داری بین روز تا برداشت دو ژنوتیپ ILC482 و جم وجود نداشت (جدول ۲، ۳ و ۴).

بررسی اثرات متقابل سطوح مختلف آبیاری و ژنوتیپ بر فنولوژی نشان داد که طول دوره رشد گیاهان در معرض تنش به‌طور متوسط ۵ تا ۱۴ روز کمتر از گیاهانی بود که از دو بار آبیاری در مراحل تشکیل غلاف و پر شدن دانه برخوردار بودند. به‌گونه‌ای که بیشترین کاهش طول دوره رشد در لاین ILC482 و کمترین آن در رقم آرمان مشاهده شد (شکل ۱، جدول ۴). آبیاری گیاهان در مرحله تشکیل غلاف طول دوره رشد ژنوتیپ‌های مختلف را به‌طور متوسط ۳ تا ۵ روز افزایش داد اما تأثیر آن بر دو رقم آزاد و جم معنی‌دار نبود.

جدول ۲- تجزیه واریانس تعداد روز بعد از کاشت برای مراحل مختلف فنولوژیک ژنوتیپ‌های نخود تحت سطوح مختلف آبیاری

منابع تغییرات	درجه آزادی	روز تا گلدهی	روز تا تشکیل غلاف	میانگین مربعات
آبیاری	۲	۴/۸۲ <sup>n.s.</sup>	۷/۲۰ <sup>n.s.</sup>	۳۵۵/۴۰ <sup>**</sup>
خطا	۴	۱/۷۸	۳/۴۶	۰/۸۶
ژنوتیپ	۴	۲۲۲/۶۴ <sup>**</sup>	۲۳۶/۵۳ <sup>**</sup>	۷۷۹/۵۸ <sup>**</sup>
ژنوتیپ × آبیاری	۸	۰/۴۶ <sup>n.s.</sup>	۰/۰۳ <sup>n.s.</sup>	۱۱/۷۸ <sup>**</sup>
خطا	۲۴	۰/۳۷	۰/۴۶	۲/۱۵
ضریب تغییرات	-	۱/۰۲	۱/۰۴	۱/۳۳

\*\* معنی‌دار در سطح ۱ درصد n.s. عدم اختلاف معنی‌دار

جدول ۳- میانگین طول دوره رشد برای سطوح مختلف آبیاری و ژنوتیپ‌های مختلف

بدون آبیاری	یکبار آبیاری	دوبار آبیاری	ILC482
۱۰۶c	۱۱۰b	۱۱۶a	آرمان
۱۰۸c	۱۲۲a	۱۰۲d	جم
۱۰۳d	۱۰۸c	۱۱۹b	آزاد
۱۰۳d	۱۲۲a	۱۱۹b	هاشم

در هر ردیف میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

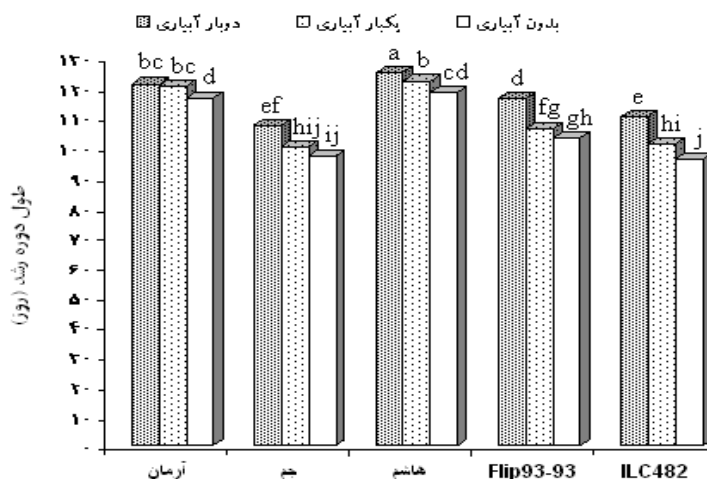
در این فرمول GDD درجه روز رشد برای هر روز،  $T_{max}$  حداکثر درجه حرارت روزانه تا حد ۳۰ درجه سانتیگراد و  $T_{min}$  حداقل درجه حرارت روزانه تا حد ۱ درجه سانتیگراد می‌باشد. علاوه بر این دمای پایه ( $T_{base}$ ) ۱ درجه سانتیگراد در نظر گرفته شد (Anwar et al., 2003a).

در پایان فصل رشد به منظور حذف اثرات حاشیه‌ای، برداشت در سطح ۲ متر مربع از مرکز هر کرت انجام گرفت. پس از توزین نمونه‌ها و تعیین عملکرد بیولوژیک، تعداد کل غلاف‌های پر شمارش گردید و سپس میانگین تعداد غلاف در بوته بدست آمد. همچنین به منظور محاسبه میانگین تعداد دانه در غلاف، تعداد کل دانه‌های با وزن بیش از ۲۰ میلی گرم (Leport et al., 1999) شمارش شد. در پایان با توزین دانه‌ها، وزن هزار دانه محاسبه گردید. شاخص برداشت نیز از تقسیم عملکرد اقتصادی بر عملکرد بیولوژیک بدست آمد. تجزیه و تحلیل داده‌ها به روش آنوا (ANOVA) و تعیین روابط بین پارامترها از جمله همبستگی به روش پیرسون (Pearson) و با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام گرفت. میانگین صفات مورد مطالعه با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مورد مقایسه قرار گرفت. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

## نتایج و بحث

### طول دوره رشد

براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر کل دوره رشد گیاهان (روز تا برداشت) بسیار معنی‌دار بود (جدول ۲). آبیاری سبب افزایش طول دوره رشد گیاهان گردید. به‌گونه‌ای که بیشترین طول دوره رشد (۱۱۶ روز) با اعمال دو بار آبیاری بدست آمد و بعد از آن به ترتیب یکبار آبیاری (۱۱۰ روز) و بدون آبیاری (۱۰۶ روز) قرار داشتند (جدول ۳). به گزارش Soltani et al. (2000) در شرایط ایران تنش کمبود آب از جمله مهمترین عوامل مؤثر بر نمو فنولوژیک نخود محسوب می‌شود که از طریق تسریع مراحل نمو سبب کاهش طول دوره رشد و عملکرد اقتصادی می‌گردد. تأثیر منفی تنش خشکی بر طول دوره رشد گیاهان توسط Singh (1991) در مورد نخود،



شکل ۱- اثرات متقابل سطوح مختلف آبیاری و ژنوتیپ بر طول دوره رشد نخود

جدول ۴- درجه روز رشد (GDD) هر یک از مراحل فنولوژیک در ژنوتیپ‌های نخود مورد بررسی تحت سطوح مختلف آبیاری

برداشت		گل‌دهی		سبز شدن		سطح آبیاری	ژنوتیپ		
GDD	DAP	GDD	DAP	GDD	DAP				
۱۸۸۶	۱۲۰	۷۹۲	۶۶	۷۰۲	۶۱	۱۵۸	۱۹	۱ بار آبیاری	آرمان
۱۹۰۷	۱۲۱	۷۹۲	۶۶	۷۰۲	۶۱	۱۵۸	۱۹	۲ بار آبیاری	
۱۸۰۰	۱۱۶	۷۹۲	۶۶	۷۰۲	۶۱	۱۵۸	۱۹	بدون آبیاری	
۱۴۷۰	۱۰۰	۷۰۲	۶۱	۶۱۸	۵۶	۱۵۸	۱۹	۱ بار آبیاری	جم
۱۶۱۰	۱۰۷	۷۰۲	۶۱	۶۱۸	۵۶	۱۵۸	۱۹	۲ بار آبیاری	
۱۴۰۷	۹۷	۷۰۲	۶۱	۶۱۸	۵۶	۱۵۸	۱۹	بدون آبیاری	
۱۹۲۶	۱۲۲	۹۲۰	۷۳	۸۱۰	۶۷	۱۵۸	۱۹	۱ بار آبیاری	هاشم
۱۹۸۷	۱۲۵	۹۲۰	۷۳	۸۱۰	۶۷	۱۵۸	۱۹	۲ بار آبیاری	
۱۸۴۳	۱۱۸	۹۲۰	۷۳	۸۱۰	۶۷	۱۵۸	۱۹	بدون آبیاری	
۱۵۹۰	۱۰۶	۷۷۵	۶۵	۶۶۷	۵۹	۱۵۸	۱۹	۱ بار آبیاری	آزاد
۱۸۰۰	۱۱۶	۷۷۵	۶۵	۶۶۷	۵۹	۱۵۸	۱۹	۲ بار آبیاری	
۱۵۳۱	۱۰۳	۷۷۵	۶۵	۶۶۷	۵۹	۱۵۸	۱۹	بدون آبیاری	
۱۴۹۱	۱۰۱	۶۸۵	۶۰	۵۹۶	۵۴	۱۵۸	۱۹	۱ بار آبیاری	ILC482
۱۶۷۵	۱۱۰	۶۸۵	۶۰	۵۹۶	۵۴	۱۵۸	۱۹	۲ بار آبیاری	
۱۳۸۸	۹۶	۶۸۵	۶۰	۵۹۶	۵۴	۱۵۸	۱۹	بدون آبیاری	

DAP: روز پس از کاشت.

### عملکرد بیولوژیک

همانگونه که در جدول ۵ مشاهده می‌شود تأثیر سطوح مختلف آبیاری و ژنوتیپ بر عملکرد بیولوژیک در سطح یک درصد معنی دار است. بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک با دو بار آبیاری و کمترین آن در شرایط بدون آبیاری به ترتیب با مقادیر ۱۵/۱۱ و ۱۰/۷۹ گرم در بوته بدست آمد. اعمال دو بار آبیاری در مراحل تشکیل غلاف و پر شدن دانه تأثیر چندانی در افزایش عملکرد بیولوژیک در مقایسه با یکبار آبیاری نداشت زیرا اختلاف این دو سطح آبیاری معنی دار نبود. از سوی دیگر حداقل

یکبار آبیاری در مرحله تشکیل غلاف به طور میانگین سبب افزایش عملکرد بیولوژیک به میزان ۳/۱۱ گرم در بوته گردید (جدول ۶). لذا به نظر می‌رسد محدودیت آب در مرحله تشکیل غلاف می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر عملکرد بیولوژیک ارقام نخود بگذارد. کاهش وزن اندام‌های هوایی و تولید فراورده‌های فتوسنتزی در نتیجه محدودیت آب توسط Leport et al. (1999)، Leport et al. (2006) و Anwar et al. (2003b) نیز گزارش شده است.

در بین ژنوتیپ‌های مختلف بیشترین مقدار عملکرد

نشان‌دهنده ۱۷ و ۳۷/۵ درصد کاهش عملکرد نسبت به دو بار آبیاری است (جدول ۶). کاهش عملکرد دانه نخود در اثر تنش خشکی آخر فصل توسط Behboudian et al. (2001) و Fallah et al. (2005) قبلاً گزارش شده است. با توجه به وجود رابطه خطی بین ماده خشک تولیدی و عملکرد اقتصادی گیاه نخود (Soltani et al., 1999)، کاهش عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش را می‌توان از جمله عوامل مؤثر بر این مسأله دانست. علاوه بر این همانگونه که قبلاً اشاره گردید، طول دوره رشد گیاهان بدون آبیاری شده به‌طور معنی‌داری کمتر از گیاهان آبیاری شده بود که این امر نیز می‌تواند در کاهش عملکرد اقتصادی مؤثر باشد.

بیولوژیک به رقم آزاد (۱۵/۷۷ گرم در بوته) و کمترین آن به رقم جم (۱۱/۴۸ گرم در بوته) اختصاص داشت. اما تفاوت بین عملکرد بیولوژیک ارقام جم، آرمان و هاشم معنی‌دار نبود و هر سه در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۷).

#### عملکرد اقتصادی

براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثر سطوح مختلف آبیاری و ژنوتیپ بر عملکرد دانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۵). بیشترین عملکرد اقتصادی با انجام دو بار آبیاری در مراحل تشکیل غلاف و پرشدن دانه (معادل ۷/۳۷ گرم در بوته) حاصل شد. بعد از آن یکبار آبیاری (۶/۱۱ گرم در بوته) و بدون آبیاری (۴/۶۰ گرم در بوته) قرار داشتند که به ترتیب

جدول ۵- تجزیه واریانس عملکرد بیولوژیک، عملکرد اقتصادی، شاخص برداشت، وزن دانه، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف ژنوتیپ‌های نخود تحت سطوح مختلف آبیاری

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		عملکرد بیولوژیک	عملکرد اقتصادی	شاخص برداشت	تعداد غلاف در بوته
آبیاری	۲	۷۴/۳۴**	۲۸/۷۶**	۱۲۸/۴۳ <sup>n.s.</sup>	۱۵۷/۸۹*
خطا	۴	۱/۹۵	۰/۱۸	۳۱/۸۴	۱۲/۰۸
ژنوتیپ	۴	۲۲/۱۲**	۲/۲۶**	۵۲/۹۲ <sup>n.s.</sup>	۳۵/۵۷**
ژنوتیپ×آبیاری	۸	۱/۲۷ <sup>n.s.</sup>	۱/۲۳**	۶۷/۷۵ <sup>n.s.</sup>	۶/۲۲*
خطا	۲۴	۱/۴۴	۰/۲۵	۴۸/۶۷	۲/۸۸
ضریب تغییرات	-	۹/۰۶	۸/۲۹	۱۵/۲۷	۹/۱۹
		** معنی‌دار در سطح ۱ درصد	* معنی‌دار در سطح ۵ درصد	n.s. عدم اختلاف معنی‌دار	

جدول ۶- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک، عملکرد اقتصادی، شاخص برداشت، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن دانه نخود در سطوح مختلف آبیاری

وزن دانه (میلی گرم)	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف در بوته	شاخص برداشت (درصد)	عملکرد اقتصادی		عملکرد بیولوژیک	
				g/p	kg/h	g/p	kg/h
۳۱۸a	۱/۱۰a	۲۱/۳۷a	۴۹/۰۴a	۷/۳۷a	۲۴۳۲a	۱۵/۱۱a	۴۹۸۶a
۲۹۴b	۱/۱۰a	۱۹/۰۸a	۴۴/۱۵a	۶/۱۱b	۲۰۱۶b	۱۳/۹۰a	۴۵۸۷a
۲۹۰b	۱/۰۵a	۱۴/۹۶b	۴۳/۸۱a	۴/۶۰c	۱۵۱۸c	۱۰/۷۹b	۳۵۶۰b

در ستون مربوط به تعداد غلاف در بوته و وزن دانه، میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند. در سایر ستون‌ها اختلاف بین میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۱ درصد معنی‌دار نیست.

جدول ۷- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک، عملکرد اقتصادی، شاخص برداشت، تعداد غلاف در بوته،

تعداد دانه در غلاف و وزن دانه در ژنوتیپ‌های مختلف نخود

وزن دانه (میلی گرم)	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف در بوته	شاخص برداشت (درصد)	عملکرد اقتصادی		عملکرد بیولوژیک	
				(گرم در بوته)	(گرم در بوته)	(گرم در بوته)	(گرم در بوته)
۳۱۳b	۱/۰۸bc	۱۶/۴۲c	۴۲/۶۶a	۵/۵۷b	۱۲/۷۱bc	آرمان	
۲۸۸c	۱/۱۰b	۱۷/۶۱bc	۴۸/۱۴a	۵/۶۱b	۱۱/۴۸c	جم	
۲۹۱c	۱/۱۵a	۱۷/۶۹bc	۴۷/۵۹a	۵/۹۶b	۱۳/۰۵bc	هاشم	
۳۳۱a	۱/۰۷bc	۱۹/۰۱b	۴۲/۶۳a	۶/۸۰a	۱۵/۷۷a	آزاد	
۲۷۸c	۱/۰۲c	۲۱/۶۲a	۴۶/۳۱a	۶/۱۹ab	۱۳/۳۱b	ILC482	

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

### تعداد غلاف در بوته

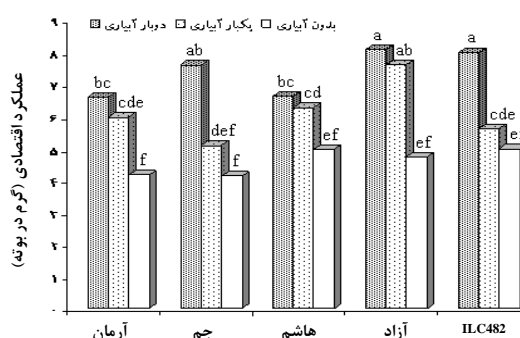
تجزیه واریانس اجزاء عملکرد نشان داد از نظر تعداد غلاف در بوته بین سطوح مختلف آبیاری اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد وجود دارد. گرچه با اعمال دو بار آبیاری در مراحل تشکیل غلاف و پر شدن دانه بیشترین تعداد غلاف در بوته (۲۱/۳۷) بدست آمد، ولی با یکبار آبیاری در مرحله تشکیل غلاف نیز همان نتیجه (۱۹/۰۸) حاصل شد. بنابراین اعمال آبیاری دوم در مرحله پر شدن دانه از لحاظ آماری تأثیری بر تعداد غلاف در بوته نداشت. کمترین تعداد غلاف در بوته (۱۴/۹۶) در شرایط بدون آبیاری حاصل شد (جدول ۵ و ۶). به نظر می‌رسد ریزش غلاف در اثر تنش خشکی آخر فصل یکی از مهمترین عوامل مؤثر بر کاهش عملکرد اقتصادی باشد. Behboudian et al. (2001) تأکید کردند اعمال تنش خشکی بعد از شروع مرحله تشکیل غلاف با کاهش تشکیل و همچنین افزایش ریزش غلافها در بدو تشکیل دانه همراه است. Singh et al. (1987) نیز به حساسیت تعداد غلاف در بوته نسبت به تنش خشکی اشاره نمودند. Yadav et al. (1994) گزارش کردند تحت تنش کمبود آب، تعداد غلاف بیش از سایر اجزاء عملکرد نخود کاهش می‌یابد. در این آزمایش نیز در تمام ژنوتیپها اثر آبیاری در دوران رشد زایشی بر تشکیل و حفظ غلاف در بوتهها کاملاً مشهود بود و یکبار آبیاری در مرحله تشکیل غلاف تأثیر بسزایی در افزایش تعداد غلاف در بوته داشت.

در بین ژنوتیپهای مورد بررسی از نظر تعداد غلاف در بوته تفاوت بسیار معنی داری وجود داشت. بیشترین تعداد غلاف در بوته در ژنوتیپ ILC482 (۲۱/۶۲) و کمترین تعداد در رقم آرمان (۱۶/۴۲) مشاهده شد (جدول ۷). وجود اختلاف در بین ژنوتیپهای مورد آزمایش از نظر تعداد غلاف در بوته حاکی از تأثیر ساختار ژنتیکی بر روی این صفت می‌باشد.

بررسی برهمکنش آبیاری بر ژنوتیپ نشان داد بیشترین تعداد غلاف در بوته با اعمال دو بار آبیاری در لاین ILC482 حاصل شده است. گرچه یکبار آبیاری گیاهان در مرحله تشکیل غلاف، تعداد غلاف در بوته را بین ۱۶ تا ۴۲ درصد افزایش داد ولی در دو ژنوتیپ جم و ILC482 اختلاف معنی‌داری بین گیاهان یکبار آبیاری

در بین ژنوتیپهای مورد آزمایش بیشترین عملکرد دانه به رقم آزاد اختصاص داشت و ژنوتیپهای ILC482، هاشم، جم و آرمان به ترتیب در رتبه بعدی قرار گرفتند (جدول ۷).

اثر متقابل آبیاری با ژنوتیپ نیز از لحاظ عملکرد دانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید که نشان می‌دهد عکس‌العمل ژنوتیپها از نظر تولید دانه در سطوح مختلف آبیاری یکسان نمی‌باشد. اعمال یکبار آبیاری در مرحله تشکیل غلاف، عملکرد اقتصادی ژنوتیپهای مختلف را بین ۱۲ تا ۶۰ درصد افزایش داد. بیشترین افزایش عملکرد دانه در اثر یکبار آبیاری در رقم آزاد مشاهده شد، به گونه‌ای که عملکرد اقتصادی گیاهان فوق‌الذکر حدود ۶۰ درصد بیشتر از گیاهان در معرض تنش بود. این در حالی است که میزان افزایش عملکرد اقتصادی ژنوتیپهای ILC482 و جم در اثر یکبار آبیاری به ترتیب ۱۲ و ۲۲ درصد بود و اختلاف معنی‌داری بین عملکرد گیاهان یکبار آبیاری و بدون آبیاری این ژنوتیپها وجود نداشت. در مورد ژنوتیپهای آرمان، هاشم و آزاد هرچند که دو بار آبیاری نسبت به یکبار آبیاری عملکرد بیشتری حاصل نمود، اما تفاوتی از لحاظ آماری بین این دو سطح آبیاری در ژنوتیپهای مذکور ایجاد نشد و تنها در مورد دو ژنوتیپ جم و ILC482 دو بار آبیاری نسبت به یکبار آبیاری منجر به برتری معنی‌دار عملکرد دانه (۴۹/۱ درصد در مورد رقم جم و ۴۱/۸ درصد در مورد لاین ILC482) گردید (شکل ۲). واکنش متفاوت ارقام نخود نسبت به شرایط محیطی خصوصاً میزان رطوبت خاک توسط محققین مختلفی تأیید شده است که از آن جمله می‌توان Shobeiri et al. (2006) و Chaichi et al. (2004) اشاره نمود.



شکل ۲- اثرات متقابل سطوح مختلف آبیاری و ژنوتیپ بر عملکرد اقتصادی نخود

در مطالعه Davies et al. (1999) نیز تنش خشکی وزن دانه را به طور معنی داری کاهش داد. به نظر می رسد اعمال آبیاری در مرحله پر شدن دانه ها زمینه را برای دوام بیشتر فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی و همچنین انتقال مواد جهت پر کردن دانه ها فراهم نموده و از این طریق سبب بهبود وزن دانه گردیده است.

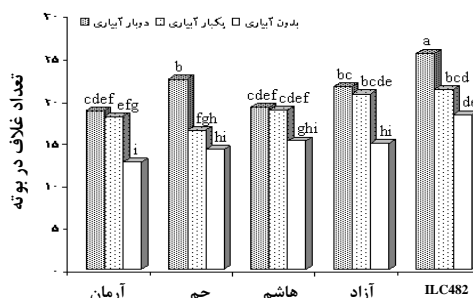
اختلاف بین ژنوتیپها از نظر میانگین وزن دانه در سطح ۱ درصد معنی دار بود. بیشترین وزن دانه به رقم آزاد (۳۳۱ میلیگرم) اختصاص داشت و بعد از آن به ترتیب ژنوتیپهای آرمان، هاشم، جم و ILC482 قرار داشتند اما اختلاف سه ژنوتیپ آخر معنی دار نبود. (جدول ۷).

بررسی اثر متقابل آبیاری با ژنوتیپ (شکل ۴) نشان داد بیشترین وزن دانه به رقم آزاد در وضعیت دو بار آبیاری اختصاص دارد. همچنین مشخص گردید آبیاری در مرحله پر شدن دانه تأثیر بیشتری در افزایش وزن دانه داشته و در مقابل آبیاری در مرحله تشکیل غلاف بر روی این صفت اثر ناچیزی دارد.

#### شاخص برداشت

شاخص برداشت نشان دهنده میزان مواد انتقال یافته و ذخیره شده در دانه نسبت به کل مواد تولید شده در دوران رشد رویشی و زایشی است. همانگونه که در جدول ۵ مشاهده می شود سطوح مختلف آبیاری تفاوت معنی داری در شاخص برداشت ایجاد نکرد. گرچه در دو بار آبیاری نسبت به یکبار آبیاری و بدون آبیاری میزان شاخص برداشت حدود ۴ تا ۵ درصد بیشتر بود. در آزمایش Yadav et al. (1994) انجام آبیاری تکمیلی در مرحله قبل از گلدهی و پر شدن غلافها، تأثیر معنی داری بر روی شاخص برداشت نداشت. Shobeiri et al. (2006) نیز با بررسی اثر چهار تیمار آبیاری بر روی عملکرد نخود تفاوت معنی داری را در شاخص برداشت تیمارهای آبیاری کامل، یکبار آبیاری در گلدهی و بدون آبیاری بدست نیاوردند. با توجه به رشد نامحدود بودن گیاه نخود و همزمانی دوران زایشی با بخشی از دوران رویشی، به نظر می رسد آبیاری در مراحل فوق عملکرد دانه را متناسب با عملکرد بیولوژیک افزایش داده از این رو شاخص برداشت تغییر چندانی نداشته است.

و بدون آبیاری از نظر تعداد غلاف در بوته مشاهده نشد. در ارقام آزاد، هاشم و آرمان از لحاظ تعداد غلاف در بوته تفاوت معنی داری بین سطوح دو بار آبیاری و یکبار آبیاری وجود نداشت اما آبیاری دوم تعداد غلاف در بوته ژنوتیپهای جم و ILC482 را در مقایسه با یکبار آبیاری به طور معنی داری افزایش داد (شکل ۳).



شکل ۳- اثرات متقابل سطوح مختلف آبیاری و ژنوتیپ بر تعداد غلاف در بوته نخود

#### تعداد دانه در غلاف

از نظر تعداد دانه در غلاف در بین سطوح مختلف آبیاری تفاوت معنی داری وجود نداشت، اما اختلاف بین ژنوتیپها از نظر این صفت بسیار معنی دار بود. تعداد دانه در غلاف رقم هاشم به طور معنی داری بیشتر از سایر ژنوتیپها بود و کمترین تعداد دانه در غلاف نیز در لاین ILC482 بدست آمد که تفاوت معنی داری با ارقام آزاد و آرمان نداشت (جدول ۵ و ۷). این نتایج نشان می دهد که تعداد دانه در غلاف در نخود عمدتاً به طور ژنتیکی کنترل می شود و تحت تأثیر تنش رطوبتی قرار نمی گیرد. در مطالعه Ghassemi-Golezani et al. (1998) و Yadav et al. (1994) نیز تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر رژیم آبیاری قرار نگرفت.

#### وزن دانه

از نظر میانگین وزن دانه سطوح مختلف آبیاری در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری نشان دادند (جدول ۵). بیشترین وزن دانه با اعمال دو بار آبیاری و کمترین آن در شرایط بدون آبیاری بدست آمد و بین این دو سطح به طور متوسط ۲۸ میلی گرم اختلاف وجود داشت. میانگین وزن دانه در گیاهانی که از یکبار آبیاری در مرحله تشکیل غلاف برخوردار بودند با بدون آبیاری تفاوتی نداشت ولی با دو بار آبیاری تفاوت زیادی مشاهده شد که نشان دهنده تأثیر آبیاری دوم بر انتقال بیشتر مواد به دانه ها و افزایش وزن دانه است (جدول ۶).



تابعی از رشد رویشی، شاخص برداشت و تعداد غلاف در بوته دانستند که با نتایج حاصل از این تحقیق همخوانی دارد.

**نتیجه گیری کلی**

نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که تنش خشکی آخر فصل ضمن کاهش طول دوره رشد، از طریق کاهش کل ماده خشک تولیدی و عمدتاً کاهش تعداد غلاف در بوته و وزن دانه سبب کاهش عملکرد اقتصادی می‌گردد. در بین اجزاء عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته و وزن دانه بیشترین تأثیر را در کاهش عملکرد اقتصادی ژنوتیپ‌های مورد بررسی در شرایط تنش داشتند، به گونه‌ای که در تیمار یکبار آبیاری در مقایسه با دو بار آبیاری قسمت عمده کاهش عملکرد اقتصادی در اثر کاهش وزن دانه حاصل شد. این در حالی است که در شرایط بدون آبیاری، میانگین وزن دانه و تعداد غلاف در بوته هر دو بطور معنی‌داری کاهش یافت. از این رو با توجه به تأثیر معنی دار تنش خشکی آخر فصل بر کاهش عملکرد اقتصادی گیاه نخود، تأمین رطوبت مورد نیاز گیاه در مرحله رشد زایشی از اهمیت خاصی برخوردار است. قابل ذکر است اعمال یکبار آبیاری در مرحله تشکیل غلاف عملکرد اقتصادی رقم آزاد را بیشتر از سایر ژنوتیپ‌ها افزایش داد. همچنین در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی بیشترین عملکرد اقتصادی و میانگین وزن دانه به این رقم اختصاص داشت.

**سپاسگزاری**

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه بوعلی سینا و کلیه دست‌اندرکاران انجام این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه بوعلی سینا و نیز ریاست محترم مرکز تحقیقات کشاورزی دیم سرارود که در تأمین بذر ژنوتیپ‌های مختلف نهایت همکاری و مساعدت را به عمل آوردند تشکر و قدردانی می‌شود.



شکل ۴- اثرات متقابل سطوح مختلف آبیاری و ژنوتیپ بر وزن دانه نخود

**همبستگی صفات مورد بررسی**

کلیه صفات مورد بررسی (شامل وزن دانه، تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک) به استثنای تعداد دانه در غلاف همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه نشان دادند (جدول ۸). در مطالعه Shobeiri et al. (2006) نیز همبستگی معنی‌داری بین تعداد دانه در غلاف و عملکرد اقتصادی بدست نیامد، از این رو می‌توان نتیجه گرفت این صفت در مقایسه با سایر اجزاء عملکرد تأثیر کمتری بر عملکرد دانه دارد. در بین اجزاء عملکرد تعداد غلاف در بوته بالاترین همبستگی را با عملکرد دانه داشت (Guler et al. (2001) نیز با بررسی روابط بین عملکرد و اجزاء عملکرد پنج لاین نخود همبستگی بالایی بین عملکرد اقتصادی و تعداد غلاف در بوته را ( $r=0/85$  و  $p<0/01$ ) مشاهده نمودند. از سوی دیگر همبستگی بالای بین عملکرد اقتصادی و عملکرد بیولوژیک ( $r=0/80$  و  $p<0/01$ ) نشان می‌دهد 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

جدول ۸- همبستگی بین صفات ژنوتیپ‌های نخود

عملکرد اقتصادی	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن دانه
عملکرد اقتصادی	۱/۰۰				
عملکرد بیولوژیک	۱/۰۰				
شاخص برداشت	-۰/۱۶ <sup>n.s.</sup>	۱/۰۰			
تعداد غلاف در بوته	۰/۸۶ <sup>**</sup>	۰/۴۲ <sup>**</sup>	۱/۰۰		
تعداد دانه در غلاف	۰/۲۴ <sup>n.s.</sup>	۰/۲۱ <sup>n.s.</sup>	-۰/۰۶ <sup>n.s.</sup>	۱/۰۰	
وزن دانه	۰/۳۸ <sup>**</sup>	۰/۰۶ <sup>n.s.</sup>	-۰/۰۴ <sup>n.s.</sup>	-۰/۰۶ <sup>n.s.</sup>	۱/۰۰

\*<sup>n.s.</sup> معنی دار در سطح ۱ درصد <sup>\*\*</sup> معنی دار در سطح ۱ درصد

## REFERENCES

- Anwar, M. R., Mckenzie, B. A. & Hill, G. D. (2003a). Phenology and growth response to irrigation and sowing date of Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) in a cooltemperate subhumid climate. *Journal of Agricultural Science*, 141, 273–284.
- Anwar, M. R., Mckenzie, B. A. & Hill, G. D. (2003b). The effect of irrigation and sowing date on crop yield and yield components of Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) in a cool-temperate subhumid climate. *Journal of Agricultural Science*, 141, 259–271.
- Behboudian, M. H., Ma, Q., Turner, N. C. & Palta, J. A. (2001). Reactions of chickpea to water stress: yield and seed composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81, 1288–1291.
- Chaichi, M. R., Rostamza, M. & 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 (4), 64-55. (In Farsi).
- Davies, S., Turner, N. C., Siddique, K. H. M., Leport, L. & Plummer, J. (1999). Seed growth of desi and kabuli chickpea (*Cicer arietinum*) in a short season mediterranean-type environment. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 39, 181–188.
- De Costa, W. A. J. M., Dennett, M., Ratnaweera, DU. & Nyalemegbe, K. (1997). Effects of different water regimes on field-grown determinate and indeterminate faba bean (*Vicia faba* L.). I. Canopy growth and biomass production. *Field Crops Research*, 49, 83–93.
- Desclaux, D. & Roumet, P. (1996). Impact of drought stress on the phenology of two soyabean (*Glycine max* Merr) cultivars. *Field Crops Research*, 46, 61-70.
- Fallah, S., Ehsanzadeh, P. & Daneshvar, M. (2005). Grain yield and yield components in three chickpea genotypes under dryland conditions with and without supplementary irrigation at different plant densities in Khorram-Abad, Lorestan. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 36 (3), 719-731. (In Farsi).
- Ghassemi-Golezani, K., Movahhedi, M., Rahimzadeh Khooye, F. & Moghaddam, M. (1998). Effects of water deficit on growth and yield of two chickpea varieties at different plant densities. *Agricultural Science*, 7 (3-4), 17-40. (In Farsi).
- Guler, M., Sait Adak, M. & Ulkan, H. (2001). Determining relationships among yield and some yield components using path coefficient analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *European Journal of Agronomy*, 14: 161–166.
- Jettner, R. J., Siddique, K. H. M., Loss, S. P. & 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.
- Krishnamurthy, L., Johansen, C. & Sethi, S. C. (1999). Investigation of factors determining genotypic differences in seed yield of non-irrigated and irrigated chickpeas using a physiological model of yield determination. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 183, 9-17.
- Kumar, J. & Abbo, S. (2001). Genetics of flowering time in chickpea and its bearing on productivity in semi-arid environments. *Advances in Agronomy*, 72, 107-138.
- Leport, L., Turner, N. C., Davies, S. L. & Siddique, K. H. M. (2006). Variation in pod production and abortion among chickpea cultivars under terminal drought. *European Journal of Agronomy*, 24, 236–246.
- Leport, L., Turner, N. C., French, R. J., Barr, M. D., Duda, R., Davies, S. L., Tennant, D. & 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.
- Malhorta, R. S., Singh, K. B. & Saxena, M. C. (1997). Effect of irrigation on winter-sown chickpea in a Mediterranean environment. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 178, 237–243.
- Ravi, N., Sharma, H. M., Singh, R. N. P. & Nandan, R. (1998). Response of late-sown chickpea to irrigation and foliar nutrition in calcareous soil. *Journal of Applied Biology*, 8, 5–8.
- Sabaghpour, S. H. (2004). Present status and future prospects of food legume in Iran. In: Gowda, C. L. L. & F. Pande (Eds), *Role of legumes in crop diversification and poverty reduction in Asia*. (pp. 75-83). ICRISAT.
- Sabaghpour, S. H. (2008). *Report for releasing chickpea variety FLIP (93-93) large seed size, high potential yield and resistant to ascochyta blight for autumn planting in moderate and semi tropical under rainfed condition*. Dryland Agricultural Research Institute. 54 pages. (In Farsi).
- Shobeiri, S., Ghassemi-Golezani, K. and Saba, J. (2006). Effect of water deficit on phenology and yield of three chickpea cultivars. *Agricultural Science*, 16 (2), 137-147. (In Farsi).
- Siddique, K. H. M., Brinsmead, R. B., Knight, R., Knights, E. J., Paull, J. G. & Rose, I. A. (2000). Adaptation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and fababean (*Vicia faba* L.) to Australia. In: Knight, R. (Ed), *Linking Research and Marketing Opportunities for Pulses in the 21<sup>st</sup> Century*. (pp. 289-303). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

22. Singh, P. (1991). Influence of water-deficits on phenology, growth and dry-matter allocation in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Field Crops Research*, 28, 1-5.
23. Singh, D. P., Singh, P., Sharma, H. C. & Turner, N. C. (1987). Influence of water deficit on the water relations, canopy gas exchange and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Field Crops Research*, 16, 231-241.
24. Soltani, A., Ghassemi-Golezani, K., Khooie, F. R. & Moghddam, M. (1999). A simple model for chickpea growth and yield. *Field Crops Research*, 62, 213-224.
25. Soltani, A., Rahimzadeh Khooie, F., Ghassemi-Golezani, K., Moghaddam, M. & Mirnia, M. K. (2000). CICER: A simulation model for chickpea (*Cicer arietinum* L.) growth and yield. *Agricultural Science*, 9(3), 89-103. (In Farsi).
26. Tesfaye, K., Walker, S., & Tsubo, M. (2006). Radiation interception and radiation use efficiency of three grain legumes under water deficit conditions in a semi-arid environment. *European Journal of Agronomy*, 25, 60-70.
27. Thomas, M. J., Fukai, S. & 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.
28. Tomar, R. K. S., Sharma, P., Yadav, L. N., & 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.
29. Turner, N. C. (2003). Adaptation to drought: lessons from studies with chickpea. *Indian Journal of Plant Physiology*, 11-17.
30. Yadav, S. D., Chander, K. & Kumar, A. (1994). Response of late-sown gram (*Cicer arietinum* L.) to irrigation and phosphorous. *Indian Journal of Agricultural Science*, 64, 24-28.