

واکنش عملکرد و اجزای عملکرد ارقام نخود (*Cicer arietinum* L.) به آبیاری تکمیلی در مراحل مختلف فنولوژی

الیاس رضائیان زاده^{*۱} - مهدی پارسا^۲ - علی گنجعلی^۳ - احمد نظامی^۴

تاریخ دریافت: ۸۹/۵/۲۳

تاریخ پذیرش: ۹۰/۷/۱۰

چکیده

به منظور بررسی تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم نخود (ILC۴۸۲، جم و کرج)، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۸۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. آزمایش به صورت اسپلیت بلوک با طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. که رژیم‌های آبیاری شامل، آبیاری کامل، آبیاری تکمیلی (یک نوبت آبیاری در یکی از مراحل فنولوژیک شاخه‌دهی، گل‌دهی، تشکیل غلاف و دانه بستن) و بدون آبیاری (دیم) به عنوان فاکتورهای اصلی و ارقام نخود به عنوان فاکتورهای فرعی مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که سطوح مختلف آبیاری تکمیلی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام نخود داشت. به طوری که در بین رژیم‌های آبیاری تکمیلی، تعداد غلاف در ساقه اصلی، تعداد غلاف در ساقه‌های فرعی، تعداد دانه در بوته، وزن دانه در تک بوته، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد دانه در شرایط آبیاری در مرحله گل‌دهی به طور معنی‌داری بیشتر از سایر رژیم‌های آبیاری بود. میانگین کلیه صفات به استثنای تعداد غلاف در ساقه اصلی و ساقه‌های فرعی در شرایط آبیاری کامل بیشتر از رژیم‌های آبیاری تکمیلی بود. در بین ارقام، رقم ILC۴۸۲ بیشترین و رقم کرج کمترین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت را دارا بودند. عملکرد دانه بالاترین همبستگی را با سرعت (** $r=0/81$) و دوره موثر پر شدن دانه (** $r=0/79$) داشت. در بین اجزای عملکرد، وزن دانه بالاترین همبستگی را با عملکرد دانه (** $r=0/75$) نشان داد. نتایج مطالعه نشان داد که در بین مراحل فنولوژی گیاه نخود، مرحله گل‌دهی حساس‌ترین مرحله به کمبود آب است و در شرایط محدودیت آب، با انجام آبیاری در این مرحله می‌توان عملکرد نخود را به صورت قابل توجهی افزایش داد. همچنین رقم ILC ۴۸۲، در شرایط تنش خشکی و آبیاری تکمیلی نسبت به سایر ارقام واکنش بهتری نشان داد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری تکمیلی، تنش خشکی، سرعت پر شدن دانه، صفات مورفولوژیک، عملکرد دانه، نخود

مقدمه

تثبیت نیتروژن ملکولی هوا و باروری خاک می‌شود (۲۹ و ۳۳). نخود گیاهی است نسبتاً مقاوم به خشکی و در مناطق با بارندگی کم که مناسب کشت سایر محصولات نمی‌باشد این گیاه می‌تواند عملکرد رضایت‌بخشی تولید نماید (۱۰). تنش خشکی در مناطق غرب آسیا و شمال آفریقا یکی از عوامل اصلی کاهش عملکرد نخود می‌باشد، میزان کاهش عملکرد بر اثر تنش خشکی به زمان وقوع تنش، شدت تنش و میزان تحمل رقم زراعی بستگی دارد (۹). در آزمایشی به منظور بررسی سازگاری نخود نسبت به آب و هوای مدیترانه‌ای مشخص شد که در شرایط تنش خشکی صفاتی مانند شاخص برداشت زیاد، بالا بودن تعداد غلاف در واحد سطح و بالا بودن وزن دانه، به طور معنی‌داری بر عملکرد تأثیر می‌گذارند. ویژگی‌های دیگری مانند سیستم ریشه‌ای عمیق، پتانسیل بالای آب برگ و زیاد بودن تعداد دانه در واحد سطح با تحمل خشکی گیاه همبستگی بالایی دارند

حبوبات، پس از غلات دومین منبع مهم غذایی بشر است. در بین حبوبات، نخود از لحاظ سطح زیر کشت و تولید، پس از لوبیا و عدس در مقام سوم قرار دارد (۳۹). دانه خشک حبوبات با برخورداری از ۱۸ الی ۳۲ درصد پروتئین مکمل پروتئین غلات محسوب می‌شود. در این رابطه نخود با داشتن ۱۵ تا ۲۵ درصد پروتئین، غنی از اسیدهای آمینه ضروری نظیر لایسین است (۳۲). به علاوه قابلیت همزیستی بسیاری از گیاهان این تیره با باکتری‌های مختلفی از جنس ریزوبیوم سبب

۱، ۲، ۳ - به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(Email: elias.r.60@gmail.com)
* - نویسنده مسئول:

۳ - استادیار گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

اعمال ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات آمونیوم و سپس تسطیح انجام شد. این آزمایش به صورت اسپلیت بلوک با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد که در آن رژیم‌های آبیاری به عنوان عامل اصلی و ارقام نخود به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. ابعاد کرت‌های آزمایشی ۳×۵ متر و هر کرت دارای ۶ پشته که فاصله بین دو پشته ۵۰ سانتی‌متر بود. تراکم کاشت برای تمام تیمارها ۳۳ بوته در مترمربع و عمق کاشت ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. ارقام مورد آزمایش شامل ILC ۴۸۲، جم و کرج که از بانک بذر دانشگاه فردوسی مشهد تهیه شدند. به منظور مصونیت بذر از عوامل بیماری‌زا خاکزی، کلیه بذرهای قبل از کاشت با استفاده از سم بنومیل به نسبت دو در هزار ضدعفونی شدند. پس از کاشت به منظور تسهیل در سبز شدن یکنواخت بذرهای کلیه تیمارها به طور سطحی آبیاری شدند. آبیاری‌های بعدی با توجه به مراحل مختلف فنولوژی گیاه انجام شد. به این ترتیب که تیمار آبیاری کامل در تمامی مراحل فنولوژیک و چهار تیمار دیگر هر کدام فقط در یکی از مراحل شاخه‌دهی، گل‌دهی، غلاف‌دهی و دانه بستن آبیاری شدند و تیمار شاهد (دیم) در این مراحل آبیاری نشد. در هر تیمار، آبیاری زمانی انجام می‌شد که ۵۰ درصد از بوته‌های آن به مرحله فنولوژیکی مورد نظر رسیده بودند. به منظور آبیاری یکنواخت، کلیه واحدهای آزمایشی از کنتور استفاده شد. در مواقع ضروری برای مبارزه با علف‌های هرز، و جبین دستی انجام گرفت. برای اندازه‌گیری اجزای عملکرد تعداد ۵ بوته از سطح ۱/۵ متری ابتدای هر کرت برداشت و به آزمایشگاه منتقل شدند. به منظور تعیین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت سایر بوته‌های باقی‌مانده در سطح مورد نظر (۴/۵ مترمربع) پس از برداشت در سایه و هوای آزاد خشک شدند، سپس بوته‌ها توزین شد و پس از عمل کوبیدن، جدا کردن کاه و کلش و بوجاری دانه‌ها توسط کارگر، بذر تمیز شده جهت تعیین عملکرد دانه به آزمایشگاه منتقل شدند. در نهایت صفات ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌ها، تعداد غلاف در ساقه اصلی، تعداد غلاف در ساقه‌های فرعی، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوته، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در سطح نمونه‌برداری شده اندازه‌گیری شد. به منظور بررسی روند افزایش وزن خشک دانه در طول دوره نمو آن بر روی گیاه مادر و به دنبال آن تعیین سرعت و طول دوره پر شدن دانه، در ۵ مرحله و در هر مرحله از هر کرت، ۳ بوته به طور تصادفی برداشت شد. پس از انتقال به آزمایشگاه، تعداد دانه‌های موجود در ۳ بوته برای هر تکرار و تیمار به طور جداگانه شمارش و سپس در یک آون تحت دمای 1 ± 130 درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت نگهداری شدند (۱۵). پس از سپری شدن مدت زمان مذکور، هر یک از نمونه‌ها به طور جداگانه توزین و وزن خشک آنها ثبت شد. بر همین اساس میانگین وزن خشک هر دانه در هر تیمار و در هر مرحله محاسبه گردید. روند تغییرات وزن خشک دانه‌ها

(۴۰). در یک بررسی ملاحظه شد که تنش خشکی مهم‌ترین عامل کاهش عملکرد در نخود است که این کاهش عمدتاً به ریزش غلاف‌ها مربوط بود. در این بررسی غلاف‌ها زمانی شروع به ریزش کردند که پیری برگ‌ها بر اثر تنش کمبود آب آغاز شده بود (۴۴). وقوع تنش خشکی در برخی از مراحل رشد گیاهان می‌تواند خسارت جبران‌ناپذیری وارد نماید. از این رو شناخت مراحل حساس رشد گیاهان به تنش خشکی و تأمین به موقع نیاز آن‌ها می‌تواند ما را در جهت حصول حداکثر عملکرد یاری نماید. بررسی‌ها نشان داده است حساس‌ترین مرحله تنش خشکی در نخود مراحل گل‌دهی و پر شدن غلاف‌ها است. آبیاری تکمیلی در مراحل بحرانی رشد گیاه می‌تواند از شدت خسارت تنش بکاهد و عملکرد را افزایش دهد (۲). آبیاری تکمیلی به منظور رفع تنش در مراحل بحرانی رشد گیاه تأثیر جدی بر افزایش عملکرد نخود داشته است (۴۵). داهیا و همکاران (۲۱) اظهار داشتند که دو نوبت آبیاری در مراحل شاخه‌دهی و شروع تشکیل غلاف‌ها بیشترین عملکرد دانه را در پی داشته است. مالهوترا و همکاران (۳۱)، سلیم و ساکسنا (۴۳)، توبایسر و همکاران (۴۶)، زنگ و همکاران (۴۸)، اولاه و همکاران (۴۷)، طلیعی و صیادیان (۵)، فلاح (۶) و عسگر و طاهر (۱۸) بیان داشتند که بیشترین عملکرد دانه با آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی حاصل شد. بنابراین آن دسته از عملیات زراعی که سرعت رشد محصول را در مرحله پر شدن دانه افزایش دهد و دوام بافت‌های سبز گیاه را طی این مرحله طولانی‌تر سازد، می‌تواند میزان رشد و اندازه (وزن) دانه را در بقولات دانه‌ای بهبود بخشد. علاوه بر آن وزن نهایی بذر، تابعی از سرعت رشد و طول دوره پر شدن دانه است (۳۵). تأثیر تنش خشکی بر روی هر دو صفت (سرعت و طول دوره پر شدن) به چگونگی رشد گیاه و گونه گیاهی بستگی دارد (۳۴).

با توجه به محدودیت منابع آبی در کشور و کمبود نزولات، انجام مطالعه و تحقیق در راستای کاهش هر چه بیشتر مصرف آب، ضمن تولید اقتصادی محصول، بیش از پیش ضروری است. بنابراین، مطالعه حاضر با هدف شناسایی مراحل حساس و بحرانی فنولوژی ارقام نخود به کمبود آب و اعمال مدیریت آبیاری تکمیلی در راستای کاهش خسارت ناشی از تنش خشکی انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در بهار سال ۱۳۸۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا درآمد. خاک زمین مورد آزمایش از نوع لوم سیلتی و در سال قبل از آن به صورت آیش بود. میانگین دما و بارندگی‌های ماه‌های دی تا تیر سال ۸۶-۸۵ از آمار ایستگاه هواشناسی سینوپتیک مشهد تهیه شد (جدول ۱). عملیات آماده‌سازی بستر بذر در اواسط فروردین‌ماه با انجام شخم، دیسک و

در مرحله دانه بستن این است که بخش عمده فرصت برای رشد رویشی گیاه به دلیل کمبود رطوبت از دست رفته و رقابت دانه برای جذب مواد فتوسنتزی افزایش یافته و لذا مواد فتوسنتزی به جای اختصاص به ساقه برای افزایش ارتفاع گیاه به سمت مخزن‌های قوی‌تر (دانه) منتقل شده است. رقم و اثر متقابل آبیاری و رقم تأثیر معنی‌دار بر ارتفاع بوته نداشت (جدول ۲). افزایش درجه حرارت همراه با تنش خشکی عامل موثر بر تسریع نمو و کاهش دوره رشد گیاه است (۱۹). به نظر می‌رسد افزایش سرعت نمو و کاهش دوره رشد به دلیل محدودیت رطوبت سبب کاهش ارتفاع گیاه می‌شود. مطالعات نشان داده است که کاهش میزان آب قابل دسترس به خصوص در ابتدای دوره گل‌دهی ضمن کاهش سرعت رشد رویشی و کوتاه کردن رشد زایشی به‌طور غیرمستقیم روی ارتفاع بوته نیز تأثیر منفی دارد (۴، ۷، ۳۱ و ۴۳). ارتفاع بیشتر گیاه در شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به تیمار دیم را احتمالاً می‌توان به رشد نامحدود گیاه نخود نسبت داد چرا که عدم محدودیت رطوبت موجب تداوم رشد رویشی و نتیجه آن افزایش ارتفاع گیاه می‌باشد. این نتایج با نتایج یوسفی و همکاران (۱۷) مطابقت دارد.

تعداد شاخه در واحد سطح: سطوح مختلف آبیاری تأثیر

معنی‌داری بر تعداد شاخه در واحد سطح زمین نداشت (جدول ۲). تعداد شاخه در واحد سطح، در شرایط آبیاری کامل و آبیاری در هر یک از مراحل فنولوژی اختلاف معنی‌داری نداشت. به‌طوری‌که آبیاری کامل و آبیاری در مرحله گل‌دهی با داشتن ۱۵/۳ بیشترین و آبیاری در مرحله دانه بستن با ۱۳/۱ کمترین تعداد شاخه را دارا بودند. در مجموع شرایط آبیاری کامل با شرایط یک‌بار آبیاری تکمیلی از این نظر تفاوت معنی‌داری نداشتند. تیمار دیم با ۱۲/۱ کمترین تعداد شاخه را داشت که در مقایسه با آبیاری کامل و آبیاری در مراحل غلاف‌دهی و گل‌دهی کاهش معنی‌داری را نشان داد.

افزایش وزن هر دانه بر حسب میلی‌گرم در روز) با استفاده از معادله ۱ محاسبه و برازش گردید:

$$w = \begin{cases} a + bt & t < t_m \\ a + btm & t \geq t_m \end{cases} \quad (1)$$

در این معادله w : وزن دانه، a : عرض از مبدا، خط، b : شیب خط تا مرحله رسیدگی وزنی (Mass maturity) (زمانی که وزن دانه به حداکثر مقدار خود می‌رسد) که نمایان‌گر سرعت پر شدن دانه است. t : روزهای پس از تشکیل غلاف و t_m : نیز زمان رسیدگی وزنی است. برای تعیین دوره موثر پر شدن دانه از معادله ۲ استفاده شد:

$$GFD = \frac{MGW}{GFR} \quad (2)$$

در معادله مذکور GFD (Grain Filling Duration)، دوره موثر پر شدن دانه، MGW (Maximam Grain Weight)، حداکثر وزن دانه و GFR (Grain Filling Rate)، نیز سرعت پر شدن دانه می‌باشد. کلیه محاسبات آماری مورد نیاز با استفاده از بسته‌های نرم‌افزاری JMP، MSTATC، EXCEL و MINITAB انجام شد. جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیکی

ارتفاع گیاه: رژیم‌های مختلف آبیاری تأثیر معنی‌دار بر ارتفاع گیاه نداشت (جدول ۲). بیشترین و کمترین ارتفاع گیاه به ترتیب متعلق به شرایط فاریاب (۳۳/۶۴ سانتی‌متر) و دیم (۲۹/۲۵ سانتی‌متر) بود. تفاوت معنی‌داری از این نظر بین رژیم‌های آبیاری تکمیلی در مراحل شاخه‌دهی و گل‌دهی با شرایط فاریاب وجود نداشت (جدول ۳). اما تفاوت‌های معنی‌داری بین آبیاری در مراحل دانه بستن و شرایط دیم با شرایط فاریاب وجود داشت. احتمالاً علت کاهش ارتفاع برای آبیاری

جدول ۱- درجه حرارت متوسط حداقل، حداکثر و روزانه و درجه حرارت مطلق حداقل و حداکثر و

بارندگی حداکثر روزانه و جمع کل آن در سال زراعی ۱۳۸۶-۱۳۸۵ در مشهد

ماه	درجه حرارت هوا بر حسب سانتی‌گراد		بارندگی به میلی‌متر	
	متوسط	حداکثر	مطلق	حداکثر روزانه
دی	۸/۰۰	-۴/۰	۱۵/۸۰	۲۵/۰
بهمن	۹/۹۰	-۱	۱۸/۴	۱۸
اسفند	۱۳/۵	۳/۳	۲۲/۲	۱۹/۹
فروردین	۱۳/۸	۴/۱	۲۵	۱۵
اردیبهشت	۲۱/۴	۸/۱	۲۹/۷	۱۱/۵
خرداد	۲۳/۳	۱۱/۵	۳۰/۲	۷/۸
تیر	۳۱/۳	۲۰/۵	۲۵/۲	۰

کمترین تعداد غلاف در ساقه اصلی را داشتند و رقم کرج حد واسط این دو رقم بود (جدول ۴). تنش رطوبت باعث می‌شود گل‌ها ریزش کند یا نسبت گل‌های بارور در روی ساقه اصلی کاهش یابد که بدین ترتیب تعداد غلاف روی ساقه کم شود. گزارشات مایکل و همکاران (۳۴)، اولاه‌ها و همکاران (۴۷) و زنگ و همکاران (۴۸) نشان می‌دهد که تنش خشکی تأثیر منفی بر تعداد غلاف در ساقه نخود داشته و با آبیاری تکمیلی در مراحل گل‌دهی و قبل از تشکیل غلاف می‌توان اثرات آن را تخفیف داد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات آبیاری، رقم و اثرات متقابل آبیاری و رقم بر تعداد غلاف در ساقه‌های فرعی معنی‌دار است (جدول ۲). در بین رژیم‌های آبیاری تکمیلی، آبیاری در مرحله گل‌دهی با ۲۰/۵ عدد بیشترین و آبیاری در مرحله غلاف‌دهی با ۱۴/۴ عدد کمترین تعداد غلاف در ساقه‌های فرعی را داشتند. بین آبیاری در مرحله گل‌دهی با سایر رژیم‌های آبیاری تکمیلی و آبیاری کامل اختلاف معنی‌داری وجود داشت. کمترین تعداد غلاف مربوط به شرایط دیم ۱۳/۸ عدد بود که در مقایسه با سایر سطوح، آبیاری تفاوت معنی‌داری داشت. از نظر تعداد غلاف در ساقه اصلی فرعی بین رژیم‌های آبیاری در مراحل شاخه‌دهی، غلاف‌دهی و دانه بستن تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). رقم ۴۸۲ ILC با تولید ۱۷/۷ و رقم کرج با ۱۵/۴ عدد به‌ترتیب بیشترین و کمترین تعداد غلاف را در ساقه‌های فرعی تولید کردند. همچنین ارقام جم و کرج از این نظر تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۴). براساس میانگین داده‌های حاصل از اثرات متقابل سطوح آبیاری و رقم بیشترین و کمترین تعداد غلاف در ساقه‌های فرعی در بین رژیم‌های آبیاری تکمیلی مربوط به آبیاری در مرحله گل‌دهی (۲۲/۷) و آبیاری در مرحله غلاف‌دهی (۱۰/۸) بود. در شرایط آبیاری کامل رقم جم با (۲۰/۵) بیشترین تعداد غلاف در ساقه‌های فرعی را تولید کرد که تفاوت معنی‌داری با رقم ۴۸۲ ILC نداشت و همچنین در شرایط دیم رقم ۴۸۲ ILC با (۲۰/۰) عدد نسبت به دو رقم دیگر تعداد غلاف بیشتری در ساقه‌های فرعی تولید کرد (جدول ۵). این‌طور به‌نظر می‌رسد که آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی به لحاظ تولید غلاف در ساقه‌های فرعی نسبت به سایر رژیم‌های آبیاری نقش موثرتری دارد و همچنین رقم ۴۸۲ ILC با آبیاری در مرحله گل‌دهی نسبت به ارقام جم و کرج پتانسیل و توانایی تولید غلاف بیشتری را در ساقه‌های فرعی دارد. در واقع با کاهش رطوبت و اعمال تنش خشکی در مرحله گل‌دهی، جوانه‌های مولد گل تحت تأثیر خشکی قرار گرفته و ریزش گل‌ها باعث کاهش تولید غلاف‌ها روی شاخه‌های فرعی در گیاه نخود می‌گردد (۴۳). داهیا و همکاران (۲۱) گزارش کردند که یک نوبت آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی باعث تشکیل غلاف‌های بیشتر و در نهایت محصول دانه بالاتر شد. اثرات تیمارهای آبیاری و رقم بر تعداد دانه در بوته

مقایسه تعداد شاخه‌ها در سطوح آبیاری در مراحل فنولوژی نشان می‌دهد که تعداد شاخه‌ها در رژیم آبیاری در مرحله شاخه‌دهی کمتر و در مرحله گل‌دهی بیشتر بود و برای آبیاری در مرحله بعدی (غلاف‌دهی و دانه بستن) نیز کاهش یافته است (جدول ۳). این تغییرات با رشد نامحدود بودن گیاه نخود و الگوی تجمع ماده خشک در نخود که دارای یک مرحله رشد رویشی آهسته و یک مرحله سریع بعد از گل‌دهی و یک کاهش در مرحله تشکیل غلاف می‌باشد هماهنگ است (۲). در همین ارتباط یوسفی و همکاران (۱۷) نشان دادند که انجام آبیاری تکمیلی در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی، که گیاه نخود رشد رویشی فعالی دارد تأثیر معنی‌داری بر تعداد شاخه‌های نخود داشت. رقم ۴۸۲ ILC با ۱۵/۴ و رقم کرج با ۱۲/۳ عدد به‌ترتیب بیشترین و کمترین تعداد شاخه‌ها را دارا بودند، همچنین رقم جم با ۱۴/۵ عدد حد واسط این دو رقم بود (جدول ۴). نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و آبیاری تکمیلی نشان داد که بیشترین و کمترین تعداد شاخه در بین رژیم‌های آبیاری تکمیلی متعلق به آبیاری در مرحله غلاف‌دهی برای رقم ۴۸۲ ILC (۱۷/۶) و آبیاری در مرحله دانه بستن برای رقم کرج (۱۱/۳) می‌باشد. در شرایط آبیاری کامل رقم جم با ۱۹/۰ عدد بیشترین شاخه را داشت و همچنین در شرایط دیم رقم ۴۸۲ ILC با ۱۵/۶ عدد نسبت به دو رقم دیگر شاخه‌های بیشتری تولید نمود (جدول ۵). لنگری (۱۴) در مطالعه روی سه رقم نخود گزارش کرد که تعداد شاخه‌ها، تحت تأثیر ژنوتیپ قرار گرفت. نخفروش و همکاران (۱۶) نشان دادند که بین ژنوتیپ‌های مختلف عدسی از نظر شاخص‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک تفاوت بسیار معنی‌داری وجود دارد. نتایج بررسی‌های لنگری (۱۴)، فلاح (۶) و گلدانی و رضوانی مقدم (۱۱) نشان داد که آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی تعداد شاخه‌های تولیدی را به‌طور معنی‌داری افزایش داد.

اجزای عملکرد

تعداد غلاف در گیاه: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که آبیاری و رقم تأثیر معنی‌داری بر تعداد غلاف در ساقه اصلی دارند (جدول ۲). تعداد غلاف در ساقه اصلی در بین تمام سطوح آبیاری و همچنین بین سطوح آبیاری تکمیلی تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهد، به‌طوری که بیشترین تعداد غلاف در ساقه اصلی در رژیم آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی (۶/۹) مشاهده شد که در مقایسه با آبیاری کامل تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین تعداد غلاف مربوط به شرایط دیم (۵/۱) بود که در مقایسه با سایر سطوح آبیاری به استثنای آبیاری کامل و آبیاری در مرحله گل‌دهی تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳). در بین ارقام، رقم ۴۸۲ ILC با تعداد ۶/۸ و رقم جم با تعداد ۵/۲ غلاف به ترتیب بیشترین و

خشکی به‌ویژه در مرحله رشد زایشی می‌تواند از این طریق باعث کاهش میانگین تعداد دانه در غلاف شود. نتایج آزمایش‌های متعدد، ساکسنا (۴۱)، پاوار و همکاران (۳۷) و سلیم و ساکسنا (۴۳) حاکی از آن است که با افزایش رطوبت طی مراحل رشد زایشی به‌خصوص در مراحل گل‌دهی و غلاف‌دهی تعداد دانه در غلاف افزایش می‌یابد. رقم ILC ۴۸۲ با ۱/۳ دانه در هر غلاف تفاوت معنی‌داری با رقم کرج (۱/۲) داشت و سایر تفاوت‌های موجود بین ارقام از این نظر معنی‌دار نبود (جدول ۴). براساس گزارش اولاد و همکاران (۱۹) تعداد دانه در غلاف در ارقام مختلف نخود زراعی به‌طور عمده تحت کنترل ساختار ژنتیکی است و تأثیر عوامل محیطی بر آن اندک است. پانندی و همکاران (۳۸) در مورد بادام زمینی نتایج مشابهی گزارش کردند. بیشترین تعداد دانه در غلاف در بین رژیم‌های آبیاری تکمیلی برای رقم و ILC ۴۸۲ آبیاری در مرحله گل‌دهی (۱/۵) و کمترین آن برای رقم کرج و آبیاری در مرحله گل‌دهی با (۱/۱) بود. در شرایط آبیاری کامل رقم کرج با ۱/۴ عدد دانه در غلاف و در شرایط دیم رقم ILC ۴۸۲ با ۱/۲ عدد بیشترین تعداد دانه در غلاف را داشتند (جدول ۵). نتایج تحقیقات گان و همکاران (۲۵ و ۲۶) نشان داد که در نخود زراعی تعداد دانه در غلاف علاوه بر آن که به‌صورت ژنتیکی کنترل می‌شود، تحت تأثیر عوامل محیطی مانند کمبود آب نیز قرار می‌گیرد.

وزن دانه در تک بوته : نتایج تجزیه واریانس مشاهدات

نشان داد که اثرات آبیاری، رقم و اثر متقابل آبیاری و رقم بر وزن دانه در تک بوته معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲). بیشترین وزن دانه در تک بوته در تیمار آبیاری کامل با ۹/۲ گرم و کمترین آن در تیمار دیم با ۴/۵ گرم حاصل شد. در بین رژیم‌های آبیاری تکمیلی، آبیاری در مرحله گل‌دهی با ۷/۹ گرم بیشترین و آبیاری در مراحل شاخه‌دهی با ۵/۸۳۳ گرم کمترین وزن دانه در تک بوته را داشتند. هر چند که از این نظر بین رژیم‌های آبیاری در مراحل شاخه‌دهی و غلاف‌دهی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. آبیاری در مرحله گل‌دهی و دانه بستن با سایر سطوح آبیاری تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۳). تفاوت معنی‌داری بین ارقام از نظر وزن دانه در تک بوته وجود داشت، به‌طوری‌که رقم ILC ۴۸۲ با ۷/۳ گرم بیشترین وزن دانه در تک بوته را داشت و با سایر ارقام تفاوت معنی‌داری نشان داد. رقم کرج با ۶/۱ گرم کمترین وزن دانه در تک بوته را به خود اختصاص داد (جدول ۴). وزن دانه پایین تک بوته در شرایط آبیاری تکمیلی را می‌توان به سرعت پایین‌تر تجمع مواد در دانه و کوتاه‌تر بودن دوره موثر پر شدن دانه در مقایسه با آبیاری کامل نسبت داد (جدول ۱۱). بنابراین، برتری رقم ILC ۴۸۲ از نظر وزن دانه در تک بوته نسبت به ارقام جم و کرج می‌تواند به سرعت بالاتر و دوره طولانی‌تر پر شدن دانه در این رقم نسبت به سایر ارقام مربوط دانست. تأثیر منفی عدم آبیاری در مراحل مختلف رشد گیاه به‌ویژه در مرحله گل‌دهی بر روی

معنی‌دار بود (جدول ۲). در بین رژیم‌های آبیاری تکمیلی، آبیاری در مرحله گل‌دهی با ۳۰/۲۷ عدد بیشترین تعداد دانه در بوته را داشت که نسبت به سایر رژیم‌ها افزایش معنی‌داری را نشان داد. از نظر تعداد دانه در بوته، بین رژیم‌های آبیاری تکمیلی در مراحل شاخه‌دهی، غلاف‌دهی و دانه بستن تفاوت‌های معنی‌داری وجود نداشت. با وجود این آبیاری طی مرحله دانه بستن با ۲۰/۵۷ عدد کمترین تعداد را دارا بود. در بین کل سطوح آبیاری، آبیاری کامل با داشتن ۳۱/۸۷ دانه بیشترین تعداد دانه در بوته را داشت که تفاوت معنی‌داری با آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی نشان نداد. ضمناً تیمار شاهد (دیم) با ۱۷/۱۸ دانه در بوته کمترین تعداد را دارا بود (جدول ۳). ساکسنا (۴۱) گزارش کرد، به علت افزایش درجه حرارت در طی رشد غلاف، سرعت تنفس افزایش یافته و میزان مواد فتوسنتزی قابل دسترس برای انتقال به دانه‌های در حال رشد کاهش می‌یابد و در نتیجه غلاف‌ها ریزش می‌کنند. به‌نظر می‌رسد در شرایط فراهم بودن رطوبت قابل دسترس طول دوره رشد زایشی و میزان فتوسنتز جاری افزایش می‌یابد که منجر به تشکیل گل‌های بیشتر در هر گل آذین می‌شود. در بین ارقام، رقم ILC ۴۸۲ بیشترین تعداد دانه در بوته (۲۷/۸۸) را داشت که نسبت به سایر ارقام برتری معنی‌داری را نشان داد. رقم کرج با ۲۲/۶۹ عدد کمترین تعداد دانه در بوته را تولید کرد که نسبت به رقم جم تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). اثر متقابل آبیاری و رقم برای صفت تعداد دانه در بوته معنی‌دار نبود (جدول ۲). از آنجا که تعداد دانه در غلاف به‌صورت ژنتیکی کنترل می‌شود و کمتر تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد، بنابراین علت کاهش تعداد دانه در بوته در شرایط تنش خشکی و کاهش رطوبت قابل استفاده، کاهش تعداد غلاف در ساقه‌های اصلی و فرعی می‌باشد. این نتایج با یافته‌های پاوار و همکاران (۳۷)، ساکسنا و همکاران (۴۵) و گلدانی و رضوانی مقدم (۱۲) در مورد نخود هماهنگی دارد.

تعداد دانه در غلاف: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که

آبیاری، رقم و اثر متقابل آبیاری و رقم تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در غلاف دارند (جدول ۲). تعداد دانه در غلاف بین آبیاری کامل و رژیم‌های آبیاری تکمیلی به استثنای آبیاری در مرحله دانه بستن، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. با این وجود آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی با ۱/۲ بیشترین تعداد دانه در غلاف را به خود اختصاص داد. شرایط دیم با ۱/۱ دانه در غلاف کمترین تعداد را دارا بود و تفاوت معنی‌داری با سایر سطوح آبیاری داشت (جدول ۳). نی و همکاران (۳۵) در مطالعات خود روی نخود نتیجه گرفتند وقتی محدودیت مواد فتوسنتزی وجود داشته باشد دانه‌هایی که در بدو تشکیل هستند، سقط می‌شوند و در نتیجه تعداد دانه در غلاف کاهش می‌یابد به‌طوری‌که ممکن است غلاف کاملاً پوک شود. بنابراین وجود تنش

شد. گلدانی و رضوانی مقدم (۱۲) با آزمایش روی سه رقم نخود، گزارش کردند که بیشترین وزن صد دانه برای رقم ILC۴۸۲ (۲۹/۹۱ گرم) و کمترین آن برای رقم جم (۲۳/۶۸ گرم) به دست آمد. به نظر می‌رسد کمبود رطوبت سبب انتقال آهسته مواد به دانه شده و از طرفی کاهش طول دوره رشد سبب عدم پر شدن کامل دانه شده که منجر به کاهش وزن صد دانه در شرایط تنش رطوبتی می‌شود. عکس‌العمل ارقام نسبت به رژیم‌های مختلف آبیاری نشان داد که در بین رژیم‌های آبیاری تکمیلی بیشترین و کمترین وزن صد دانه مربوط به رقم ILC ۴۸۲ و آبیاری در مرحله گل‌دهی (۳۵/۸۸) گرم و رقم ILC۴۸۲ و آبیاری در مرحله شاخه‌دهی با (۲۴/۰۰) گرم می‌باشد. در شرایط آبیاری کامل رقم ILC۴۸۲ با (۴۰/۸۸) گرم بیشترین و در شرایط دیم رقم ILC۴۸۲ با (۲۲/۰۱) گرم بالاترین وزن صد دانه را داشتند (جدول ۵). محدودیت رطوبت در مراحل غلاف‌بندی و پر شدن دانه‌ها موجب کاهش انتقال مواد فتوسنتزی و در نتیجه چروک شدن دانه‌ها می‌شود (۱۵). آبیاری تکمیلی محدودیت رطوبتی را تا حدودی مرتفع نموده و در نتیجه دوره پر شدن دانه طولانی‌تر و بنابراین مواد فتوسنتزی بیشتری به دانه‌ها اختصاص یافته است. در این آزمایش، آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی سبب افزایش ۱۶ گرمی وزن دانه نسبت به شرایط دیم شد. وجود رطوبت باعث می‌شود که ریشه‌ها به‌طور موثرتری عناصر غذایی را جذب کنند و در این شرایط احتمالاً تنفس نیز به‌دلیل تخفیف تنش حرارتی ناشی از وجود رطوبت در محیط ریشه کاهش می‌یابد (۷، ۴۰، ۴۸).

عملکرد دانه: براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس مشاهدات نشان داد که، آبیاری، رقم و اثرات متقابل آبیاری و رقم تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه نخود دارند (جدول ۶). بیشترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل (۱۹۸۸ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد و پس از آن به ترتیب رژیم‌های آبیاری در مرحله گل‌دهی، شاخه‌دهی، غلاف‌دهی و دانه بستن قرار گرفتند. شرایط دیم با (۱۰۶۸ کیلوگرم در هکتار) کمترین عملکرد دانه را تولید نمود که اختلاف آن با سایر سطوح آبیاری تکمیلی معنی‌دار بود (جدول ۷). ارقام مورد آزمایش از نظر عملکرد دانه، تفاوت‌های معنی‌داری داشتند، به‌طوری‌که رقم ILC۴۸۲ از بالاترین (۱۷۵۲ کیلوگرم در هکتار) و رقم کرج (۱۳۸۱ کیلوگرم در هکتار) از پایین‌ترین میزان عملکرد دانه برخوردار بود. رقم جم نیز از نظر میزان عملکرد در حد واسط (۱۶۱۵ کیلوگرم در هکتار) بین ارقام ILC۴۸۲ و کرج قرار گرفت (جدول ۸).

وزن دانه در تک بوته، در سویا به‌وسیله فرود و همکاران (۲۴)، در برنج به‌وسیله جونز و همکاران (۲۹) و در باقلا به‌وسیله پاندی و همکاران (۳۸) گزارش شده است. فوگرثوکس و همکاران (۲۳) نیز با آزمایشی روی نخود فرنگی مشاهده نمودند که با یک نوبت آبیاری در ابتدای مرحله گل‌دهی، وزن دانه‌های تولید شده نخود فرنگی به‌طور چشم‌گیری افزایش یافت، به‌طوری‌که اختلاف وزن آنها با دانه‌های حاصل شده از شرایط آبیاری کامل ناچیز می‌باشد ولی در این شرایط تعداد دانه‌های تولید شده در واحد سطح نسبت به آبیاری کامل کمتر می‌شود. تفاوت ارقام در عکس‌العمل به رژیم‌های مختلف آبیاری نشان داد که در بین رژیم‌های آبیاری تکمیلی، رقم ILC ۴۸۲ با وزن ۸/۴ گرم برای آبیاری در مرحله گل‌دهی بیشترین و رقم جم و آبیاری در مرحله غلاف‌دهی با وزن ۵/۱ گرم کمترین وزن دانه در تک بوته را داشتند در شرایط آبیاری کامل رقم جم با وزن ۱۰/۱ گرم و در شرایط دیم رقم ILC ۴۸۲ با وزن ۶/۵ گرم بیشترین وزن دانه در تک بوته را داشتند (جدول ۵). قاسمی گل‌دانی و همکاران (۸) در نخود و فرود و همکاران (۲۴) در سویا، بیان داشتند که آبیاری تکمیلی در طی مراحل رشد زایشی تأثیر معنی‌داری بر افزایش وزن دانه در تک بوته دارد، به‌طوری‌که یک نوبت آبیاری در مرحله گل‌دهی و تشکیل غلاف‌ها باعث افزایش وزن دانه‌ها به میزان ۵۰ درصد نسبت به شرایط دیم گردید.

وزن صد دانه: نتایج تجزیه واریانس مشاهدات نشان داد که اثرات آبیاری، رقم و اثرات متقابل آبیاری و رقم تأثیر معنی‌داری بر وزن صد دانه نخود داشت (جدول ۲). بیشترین وزن صد دانه در شرایط آبیاری کامل با ۳۶/۶۷ گرم و کمترین آن در شرایط دیم با ۲۰/۳۱ گرم به دست آمد. در بین رژیم‌های آبیاری تکمیلی، بیشترین و کمترین وزن صد دانه به ترتیب مربوط به آبیاری در مراحل گل‌دهی با ۳۶/۵۴ گرم و دانه بستن با ۲۵/۰۶ گرم بود. آبیاری در مرحله گل‌دهی تفاوت معنی‌داری با سایر رژیم‌های آبیاری تکمیلی نشان داد، در حالی‌که تفاوت معنی‌داری میان آبیاری تکمیلی در مراحل شاخه‌دهی، غلاف‌دهی و دانه بستن مشاهده نشد (جدول ۳). محققان معتقدند که گیاه نخود در مرحله گل‌دهی و اوایل تشکیل غلاف نسبت به تنش رطوبت بسیار حساس است و هر گونه تنش رطوبت در این مرحله سبب عقیم شدن گل‌ها و عدم تکامل بذرها می‌شود که نهایتاً وزن صد دانه، شاخص برداشت و در نتیجه عملکرد دانه کاهش می‌یابد (۱۳، ۳۷، ۴۱). اولاه‌ها و همکاران (۴۷) و زنگ و همکاران (۴۸) نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند. در بین ارقام، رقم ILC ۴۸۲ با ۲۹/۲۲ گرم و رقم کرج با ۲۷/۲۶ گرم بیشترین و کمترین وزن صد دانه را دارا بودند، وزن صد دانه در رقم جم ۲۷/۲۵ گرم بود. رقم ILC ۴۸۲ با ارقام و کرج تفاوت معنی‌داری داشت، هر چند که بین ارقام جم و کرج از این نظر تفاوت معنی‌داری مشاهده

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس خصوصیات مورفولوژیک و اجزای عملکرد سه رقم نخود تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد شاخه‌ها	تعداد غلاف (ساقه اصلی)	تعداد غلاف (ساقه‌های فرعی)	تعداد دانه در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن دانه در بوته (گرم)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم)
تکرار	۲	۲/۴۳ ^{NS}	۸۵۲/۳ ^{NS}	۰/۹۷۸ ^{NS}	۵/۷۴۰ ^{NS}	۰/۱۶۵ ^{NS}	۰/۰۰۱ ^{NS}	۰/۰۴۵ ^{NS}	۳/۶۸۳ ^{NS}
آبیاری (A)	۵	۱۶/۳۸۲ ^{**}	۶۶۳/۱۵ [*]	۴/۳۴۷ [*]	۵۷/۸۳۱ ^{**}	۲۴۲/۹۲۰ ^{**}	۰/۰۴۰ ^{**}	۱۹/۳۳۴ ^{**}	۲۹۴/۶۴۲ ^{**}
خطای (a)	۱۰	۲/۰۵۶	۱۸۵/۵	۱/۱۱۵	۷/۰۷۲	۱۸/۳۵۳	۰/۰۰۱	۰/۰۸۱	۵/۴۳۰
رقم (B)	۲	۴/۷۴۴ ^{NS}	۷۹۶/۴۵ ^{**}	۶/۸۲۲ [*]	۲۴/۴۴۶ ^{**}	۱۵۳/۱۵۴ [*]	۰/۰۱۷ ^{**}	۶/۱۳۳ ^{**}	۲۷/۶۲۸ ^{**}
خطای (b)	۴	۳/۸۶۰	۸/۳۵۲	۰/۹۲۰	۱/۱۲۷	۱۹/۴۷۴	۰/۰۰۲	۰/۰۳۳	۲/۷۷۵
آبیاری × رقم	۱۰	۵/۰۱۳ ^{NS}	۹/۶۶۳ ^{**}	۰/۹۱۰ ^{NS}	۳۵/۴۶۲ ^{**}	۲۷/۳۵۷ ^{NS}	۰/۰۲۸ ^{**}	۱/۴۱۹ ^{**}	۳۴/۵۸۶ ^{**}
خطای (c)	۲۰	۵/۰۴۳	۳/۰۵۲	۱/۶۹۹	۲/۵۸۳	۱۴/۱۳۸	۰/۰۰۳	۰/۰۸۳	۳/۰۷۰

NS, * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین خصوصیات مورفولوژیک و اجزای عملکرد نخود تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

سطوح آبیاری	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد شاخه‌ها	تعداد غلاف (ساقه اصلی)	تعداد غلاف (ساقه‌های فرعی)	تعداد دانه در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن دانه در بوته (گرم)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم)
آبیاری کامل	۳۳/۶۴ ^a	۱۵/۳۳ ^a	۶/۶۲۲ ^{ab}	۱۸/۳۳ ^{ab}	۳۱/۸۷ ^a	۱/۳۱۲ ^a	۹/۱۶۹ ^a	۳۶/۶۷ ^a
آبیاری (شاخه‌دهی)	۳۱/۸۳ ^{ab}	۱۳/۷۸ ^{ab}	۵/۷۵۶ ^{bc}	۱۶/۴۰ ^{bc}	۲۲/۹۰ ^b	۱/۲۶۹ ^a	۵/۸۳۳ ^d	۲۶/۰۵ ^b
آبیاری (گل‌دهی)	۳۳/۱۳ ^a	۱۵/۳۳ ^a	۶/۹۵۶ ^a	۲۰/۵۶ ^a	۳۰/۲۷ ^a	۱/۲۸۵ ^a	۷/۹۲۲ ^b	۳۶/۵۴ ^a
آبیاری (غلاف‌دهی)	۳۲/۲۵ ^{ab}	۱۴/۸۹ ^a	۵/۶۷۸ ^{bc}	۱۴/۴۴ ^{bc}	۲۱/۳۸ ^b	۱/۲۶۸ ^a	۵/۸۵۶ ^d	۲۶/۱۶ ^b
آبیاری (دانه بستن)	۳۰/۵۸ ^b	۱۳/۱۱ ^{ab}	۵/۲۳۳ ^c	۱۵/۴۲ ^{bc}	۲۰/۵۷ ^b	۱/۱۹۲ ^b	۶/۴۱۱ ^c	۲۵/۰۶ ^b
دیم	۲۹/۲۵ ^c	۱۲/۱۱ ^b	۵/۱۷۸ ^c	۱۳/۸۷ ^c	۱۷/۱۸ ^c	۱/۱۲۹ ^c	۴/۴۲۷ ^e	۲۰/۳۱ ^c

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترکی می‌باشند، مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($p \leq 0.01$) اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین خصوصیات مورفولوژیک و اجزای عملکرد سه رقم نخود

رقم	تعداد شاخه‌ها	تعداد غلاف (ساقه اصلی)	تعداد غلاف (ساقه‌های فرعی)	تعداد دانه در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن دانه در بوته (گرم)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم)
۴۸۲ ILC	۱۵/۴۴a	۶/۸۲۵a	۱۷/۷۶a	۲۷/۸۸a	۱/۲۷۲a	۷/۲۵۷a	۲۹/۲۲a
جم	۱۴/۵۰ab	۵/۲۲۸b	۱۶/۳۱b	۲۲/۹۶b	۱/۲۳۴ab	۶/۹۲۸b	۲۷/۲۵b
کرج	۱۲/۳۲b	۶/۳۳۳a	۱۵/۴۵b	۲۲/۶۹b	۱/۲۱۲b	۶/۱۲۲c	۲۶/۹۲b

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترکی می‌باشند، مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($p \leq 0.01$) اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح آبیاری و رقم بر خصوصیات مورفولوژیک و اجزای عملکرد نخود

سُطوح آبیاری	رقم	تعداد شاخه‌ها	تعداد غلاف (ساقه فرعی)	تعداد دانه در غلاف	وزن دانه در بوته (گرم)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم)
آبیاری کامل	۴۸۲ILC	۱۵/۳۳ ^{b-e}	۱۹/۰۷ ^{a-d}	۱/۲۲۷ ^{c-g}	۹/۳۷۳ ^b	۴۰/۸۸ ^a
	جم	۱۹/۰۰ ^a	۲۰/۵۳ ^{ab}	۱/۳۰۰ ^{b-d}	۱۰/۱۰۱ ^a	۳۰/۷۳ ^{c-e}
	کرج	۱۶/۶۷ ^f	۱۵/۴۰ ^{d-g}	۱/۴۱۰ ^{ab}	۸/۰۳۳ ^{cd}	۳۴/۳۹ ^{bc}
آبیاری (شاخه‌دهی)	۴۸۲ILC	۱۵/۳۳ ^{b-e}	۱۵/۹۳ ^{c-g}	۱/۲۷۰ ^{c-e}	۵/۷۰۰ ^g	۲۴/۰۰ ^{g-i}
	جم	۱۴/۰۰ ^{c-f}	۱۸/۹۳ ^{a-d}	۱/۲۲۷ ^{b-e}	۶/۵۰۰ ^f	۲۹/۲۴ ^{d-f}
	کرج	۱۲/۰۰ ^{ef}	۱۴/۳۳ ^{e-h}	۱/۲۵۷ ^{c-e}	۵/۳۰۰ ^{gh}	۲۴/۹۲ ^{f-i}
آبیاری (گل‌دهی)	۴۸۲ILC	۱۶/۶۷ ^{a-c}	۲۲/۷۰ ^a	۱/۴۵۷ ^a	۸/۳۳۳ ^c	۳۵/۸۸ ^b
	جم	۱۵/۶۷ ^{b-d}	۱۸/۹۷ ^{a-d}	۱/۲۴۰ ^{c-g}	۷/۹۰۰ ^{cd}	۳۱/۴۷ ^{cd}
	کرج	۱۳/۶۷ ^{c-f}	۲۰/۰۰ ^{a-c}	۱/۱۱۰ ^{fg}	۷/۵۳۳ ^{de}	۳۲/۰۸ ^{b-d}
آبیاری (غلاف‌دهی)	۴۸۲ILC	۱۷/۶۷ ^{ab}	۱۶/۱۳ ^{c-f}	۱/۳۶۰ ^{a-c}	۷/۱۳۳ ^{ef}	۲۷/۰۹ ^{e-g}
	جم	۱۴/۳۳ ^{b-f}	۱۰/۸۰ ^{h-i}	۱/۲۵۰ ^{c-f}	۵/۰۳۳ ^{gh}	۲۴/۴۲ ^{g-i}
	کرج	۱۲/۶۷ ^{d-f}	۱۶/۴۰ ^{b-e}	۱/۱۹۳ ^{d-g}	۵/۴۰۰ ^{gh}	۲۶/۹۶ ^{e-h}
آبیاری (دانه بستن)	۴۸۲ILC	۱۳/۰۰ ^{d-f}	۱۵/۴۰ ^{d-g}	۱/۱۳۳ ^{e-g}	۶/۵۰۰ ^f	۲۲/۴۸ ^{h-j}
	جم	۱۳/۰۰ ^{d-f}	۱۸/۸۷ ^{a-d}	۱/۲۴۰ ^{c-g}	۷/۱۶۷ ^{ef}	۲۶/۳۴ ^{e-i}
	کرج	۱۱/۳۳ ^f	۱۲/۰۰ ^{f-i}	۱/۲۰۰ ^{d-g}	۵/۵۶۷ ^{gh}	۲۶/۳۵ ^{e-i}
دیم	۴۸۲ILC	۱۵/۶۷ ^{b-d}	۲۰/۰۰ ^{a-c}	۱/۱۸۷ ^{d-g}	۶/۵۰۰ ^f	۲۲/۰۱ ^j
	جم	۱۱/۰۰ ^f	۹/۷۴ ⁱ	۱/۱۰۰ ^g	۴/۸۶۷ ^h	۱۹/۳۳ ^j
	کرج	۱۲/۶۷ ^{d-f}	۱۱/۸۷ ^{g-i}	۱/۱۰۰ ^g	۴/۹۰۰ ^h	۱۹/۵۹ ^j

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترکی می‌باشند، مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($P \leq 0.01$) اختلاف معنی‌داری ندارند.

عملکرد در بقولات وابستگی شدیدی به شرایط آب و هوایی در دوره‌های بحرانی رشد گیاه دارد، بدین صورت که هوای گرم و خشک سبب کاهش رشد گیاه و نمو غلاف و تعداد دانه در غلاف را کاهش می‌دهد. به‌نظر می‌رسد فراهمی رطوبت سبب ماندگاری بیشتر گیاه و ثبات عملکرد می‌شود. در حالی که در شرایط تنش رطوبتی تلفات گیاهی افزایش یافته و منجر به کاهش شاخه‌های غلاف‌دار و در نهایت عملکرد دانه می‌شود.

عملکرد بیولوژیک: تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد بیولوژیک نخود معنی‌دار بود (جدول ۶). در شرایط آبیاری کامل بالاترین عملکرد بیولوژیک (۲۹۲۰ کیلوگرم در هکتار) و در شرایط دیم کمترین آن (۲۱۷۲ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد. در بین رژیم‌های آبیاری تکمیلی، آبیاری در مرحله گل‌دهی (۲۶۸۵ کیلوگرم در هکتار) و آبیاری در مرحله دانه بستن (۲۳۲۲ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک را داشتند (جدول ۷). آبیاری تکمیلی در زمان گل‌دهی و پر شدن غلاف‌های نخود به دلیل تأثیر مثبت بر توسعه تعداد شاخه‌های فرعی و ارتفاع بوته در افزایش عملکرد بیولوژیک موثر است. زنگ و همکاران (۴۸)، اولاه‌ها و همکاران (۴۷) و توباسیر و همکاران (۴۶) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند. ارقام مورد مطالعه از لحاظ عملکرد بیولوژیک اختلاف بسیار معنی‌داری داشتند (جدول ۸)، رقم ILC۴۸۲ با (۲۹۱۳ کیلوگرم

طبیعی و صادقیان (۵) با انجام آزمایشی در ایستگاه تحقیقات دیم سرارود گزارش کردند که به ازای هر میلی‌متر آبیاری در مراحل گل‌دهی و غلاف‌دهی نخود، حدود ۵/۹ کیلوگرم در هکتار به عملکرد دانه اضافه شد. در این ارتباط مالپوترا و همکاران (۳۱) در نخود و نی و همکاران (۳۵) در نخود فرنگی نتایج مشابهی را گزارش کردند. یوسفی و همکاران (۱۷) پیشنهاد کردند که در شرایط دیم عملکرد دانه خوبات با انتخاب ارقام با تولید ماده خشک بالا، ممکن است افزایش یابد. در مطالعه پوستینی ویزدی صمدی (۳) روی ۱۵ رقم نخود سفید، نخفروش و همکاران (۱۶) روی ۱۲ رقم عدس و کانونی و احمدی (۱) روی دو رقم نخود سفید مشاهده شد که بین ارقام از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت. تفاوت ارقام در عکس‌العمل به رژیم‌های مختلف آبیاری نشان داد که در بین رژیم‌های آبیاری تکمیلی، رقم ILC۴۸۲ و آبیاری در مرحله گل‌دهی بالاترین عملکرد (۲۰۳۹ کیلوگرم در هکتار) را داشت و کمترین عملکرد مربوط به رقم کرج و رژیم آبیاری در مرحله دانه بستن (۱۲۳۷ کیلوگرم در هکتار) بود. در شرایط آبیاری کامل بالاترین عملکرد (۲۰۴۵ کیلوگرم در هکتار) مربوط به رقم ILC ۴۸۲ بود و در شرایط دیم نیز بالاترین عملکرد مربوط به رقم ILC۴۸۲ (۱۱۴۶ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن مربوط به رقم کرج (۹۴۴ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۹). ساکسنا (۴۲) نشان داد که ثبات

آبیاری نشان داد (جدول ۷). تأثیر رقم بر شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۶). رقم ILC۴۸۲ با دارا بودن شاخص برداشت معادل ۶۷/۵۵ درصد و رقم کرج با ۶۲/۸۶ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین شاخص برداشت را دارا بودند. بین رقم کرج و جم از این نظر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۸). ساکسنا (۴۲) و سینگ (۳۹) نیز گزارش کردند که با افزایش رطوبت خاک، شاخص برداشت افزایش یافت. در مطالعه یوسفی و همکاران (۱۷) روی ۲۰ رقم نخود مشاهده شد که ارقام از لحاظ شاخص برداشت اختلاف معنی‌داری داشتند. اثر متقابل آبیاری و رقم برای شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۶). در بین رژیم‌های آبیاری تکمیلی و ارقام، رقم ILC۴۸۲ و آبیاری در مرحله گل‌دهی با ۷۲/۷۶ درصد و رقم جم با آبیاری در مرحله غلاف‌دهی با ۵۰/۸۶ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین شاخص برداشت را دارا بودند. در شرایط آبیاری کامل، رقم جم با ۷۶/۵۲ درصد و در شرایط دیم، رقم کرج با ۵۵/۷۳ درصد بیشترین شاخص برداشت را داشتند (جدول ۹). شاخص برداشت بیان‌گر میزان انتقال مواد آلی ساخته شده از منبع به مخزن می‌باشد. بدیهی است هر چقدر میزان مواد فتوسنتزی بیشتری از اندام‌های سبز گیاه به دانه منتقل شود سبب افزایش عملکرد دانه می‌گردد (۴۰ و ۴۳). به‌نظر می‌رسد فراهمی رطوبت در مرحله پر شدن دانه سبب افزایش شاخص برداشت می‌شود، چرا که فراهمی رطوبت تأثیر مثبت بر فتوسنتز جاری دارد. در این بررسی رقم ILC۴۸۲ بیشترین تحمل را به تنش خشکی نشان داد، به‌طوری‌که در تیمار بدون آبیاری و تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی، بیشترین عملکرد بیولوژیک را دارا بود، همچنین رقم ILC۴۸۲ نسبت به سایر ارقام، بیشترین عملکرد دانه را تولید نمود.

در هکتار) بیشترین و رقم کرج با ۲۰۲۷ کیلوگرم در هکتار) کمترین عملکرد بیولوژیک را دارا بودند. در مطالعه یوسفی و همکاران (۱۷) روی نخود و نخفروش و همکاران (۱۶) روی ۱۲ رقم عدس مشاهده شد که ارقام از نظر عملکرد بیولوژیک تفاوت‌های معنی‌داری دارند. عکس‌العمل عملکرد بیولوژیک ارقام در سطوح مختلف آبیاری نشان داد که در بین رژیم‌های آبیاری تکمیلی، رقم ILC۴۸۲ و آبیاری در مرحله گل‌دهی با ۳۴۵۹ کیلوگرم در هکتار بیشترین و رقم کرج در آبیاری طی مرحله دانه بستن با ۱۸۲۰ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد بیولوژیک را داشتند. در شرایط آبیاری کامل، رقم جم با ۲۷۸۸ کیلوگرم در هکتار و در شرایط دیم، رقم ILC۴۸۲ با ۳۰۸۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد بیولوژیک را داشتند (جدول ۹). تأثیر تنش رطوبت بر کاهش تجمع ماده خشک و کاهش طول دوره رشد به‌خصوص گرده‌افشانی تا رسیدگی و نیز اثر آن بر کاهش سطح برگ به تأیید محققین رسیده است (۱۹ و ۲۱). به‌نظر می‌رسد وزن خشک بیشتر به دلیل کارایی مصرف بالاتر آب و یا توانایی رقم جهت استحصال آب برای تعرق بیشتر باشد.

شاخص برداشت: اثر سطوح مختلف آبیاری بر شاخص برداشت نخود معنی‌دار بود (جدول ۶). بیشترین مقدار شاخص برداشت (۷۴/۴۸) به تیمار آبیاری کامل و کمترین میزان شاخص برداشت (۴۷/۸۹) مربوط به تیمار دیم بود. در بین رژیم‌های آبیاری تکمیلی، بیشترین شاخص برداشت (۶۷/۴۷) مربوط به آبیاری در مرحله گل‌دهی و کمترین میزان شاخص برداشت مربوط به آبیاری در مرحله دانه بستن (۵۸/۲۰) بود. هر چند که بین رژیم‌های آبیاری تکمیلی، در مراحل شاخه‌دهی، غلاف‌دهی و گل‌دهی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد اما آبیاری در مرحله دانه بستن تفاوت معنی‌داری با سایر سطوح

جدول ۶ - نتایج تجزیه واریانس عملکردهای دانه، بیولوژیک و شاخص برداشت در سه رقم نخود تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

میانگین مربعات				
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
تکرار	۲	۶۹۷۰/۹۶۳ ^{NS}	۲۳۴۴/۳۸۹ ^{NS}	۸/۸۶۴ ^{NS}
آبیاری (A)	۵	۹۷۶۳۰/۹۴ ^{**}	۹۸۰۸۳۴/۷۵۶ ^{**}	۷۳۱/۴۱۰ ^{**}
خطای (a)	۱۰	۲۱۹۸/۱۳۹	۲۴۵۸/۴۷۸	۷/۳۲۴
رقم (B)	۲	۶۳۵۹۳۸/۹۲۰ ^{**}	۳۷۲۱۳۸/۲۲۲ ^{**}	۲۵۳/۸۱۷ ^{**}
خطای (b)	۴	۱۶۰۷۷/۵۸۷	۴۰۹۸/۸۶۱	۱۳/۷۱۰
آبیاری×رقم	۱۰	۵۲۳۲۷/۴۱۴ ^{**}	۳۶۰۰۷۸/۷۱۱ ^{**}	۱۱۹/۲۹۰ ^{**}
خطای (c)	۲۰	۲۷۰۴/۲۳۶	۵۳۱۰/۹۵۰	۴/۳۵۶
c.v		۳/۲۹	۲/۸۸	۳/۳۰

NS, ** و ***: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۷- نتایج مقایسه میانگین عملکردهای دانه، بیولوژیک و شاخص برداشت در نخود تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

سطوح آبیاری	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت
آبیاری کامل	۱۹۸۸ ^a	۲۹۰۲ ^a	۷۴/۴۸ ^a
آبیاری (شاخه‌دهی)	۱۶۷۵ ^c	۲۶۱۵ ^c	۶۵/۲۵ ^b
آبیاری (گل‌دهی)	۱۷۳۲ ^b	۲۶۸۵ ^b	۶۷/۴۷ ^b
آبیاری (غلاف‌دهی)	۱۶۶۸ ^c	۲۶۷۳ ^b	۶۵/۷۴ ^b
آبیاری (دانه بستن)	۱۳۳۴ ^d	۲۳۲۲ ^d	۵۹/۲۰ ^c
دیم	۱۰۶۸ ^e	۲۱۷۳ ^e	۴۷/۸۹ ^d

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترکی می‌باشند، مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($P \leq 0.01$) اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۸- نتایج مقایسه میانگین عملکردهای دانه، بیولوژیک و شاخص برداشت در سه رقم نخود

رقم	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت
۴۸۲ ILC	۱۷۵۱ ^a	۲۹۱۳ ^a	۶۷/۵۵ ^a
جم	۱۶۱۵ ^b	۲۶۴۴ ^b	۶۲/۸۶ ^b
کرج	۱۳۸۱ ^c	۲۰۲۷ ^c	۶۲/۶۱ ^b

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترکی می‌باشند، مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($P \leq 0.01$) اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۹- نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح آبیاری و رقم بر عملکردهای دانه، بیولوژیک و شاخص برداشت

سطوح آبیاری	رقم	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت
آبیاری کامل	۴۸۲ ILC	۲۰۴۵ ^a	۲۷۴۵ ^f	۷۴/۳۳ ^{ab}
جم	جم	۲۰۲۵ ^a	۲۷۸۸ ^{ef}	۷۶/۵۲ ^a
کرج	کرج	۱۸۹۸ ^b	۲۴۸۵ ^g	۷۲/۶۰ ^{abc}
آبیاری (شاخه‌دهی)	۴۸۲ ILC	۲۰۱۰ ^{ab}	۳۱۹۳ ^{bc}	۶۳/۷۰ ^{ef}
جم	جم	۱۷۵۰ ^c	۲۵۷۱ ^g	۶۸/۱۰ ^{cde}
کرج	کرج	۱۳۶۲ ^{de}	۲۰۸۳ ^{hi}	۶۵/۴۷ ^{def}
آبیاری (گل‌دهی)	۴۸۲ ILC	۲۰۳۹ ^a	۳۴۵۹ ^a	۷۲/۷۶ ^{abc}
جم	جم	۱۷۲۱ ^c	۳۰۶۸ ^{cd}	۵۶/۱۱ ^h
کرج	کرج	۱۴۳۵ ^d	۲۰۳۳ ^{ij}	۶۹/۰۵ ^{bcd}
آبیاری (غلاف‌دهی)	۴۸۲ ILC	۱۸۸۸ ^b	۳۲۹۲ ^{ab}	۵۷/۳۶ ^{gh}
جم	جم	۱۷۶۰ ^c	۲۵۹۳ ^{de}	۵۰/۸۶ ⁱ
کرج	کرج	۱۳۵۷ ^{de}	۱۹۵۶ ^{jk}	۶۹/۳۸ ^{bcd}
آبیاری (دانه بستن)	۴۸۲ ILC	۱۳۶۷ ^{de}	۲۲۱۷ ^h	۶۱/۶۶ ^{fg}
جم	جم	۱۳۶۸ ^{de}	۱۸۸۰ ^{jk}	۷۰/۶۰ ^{bcd}
کرج	کرج	۱۲۳۷ ^{ef}	۱۸۲۰ ^k	۶۸/۰۰ ^{cde}
دیم	۴۸۲ ILC	۱۱۴۶ ^g	۳۰۸۰ ^{cd}	۳۷/۱۹ ^k
جم	جم	۱۰۶۶ ^{gh}	۲۱۰۰ ^{hi}	۵۰/۷۵ ^l
کرج	کرج	۹۰۹۴ ^h	۱۷۴۸ ^k	۵۵/۷۳ ^{hi}

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترکی می‌باشند، مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($P \leq 0.01$) اختلاف معنی‌داری ندارند.

آبیاری تکمیلی نیز سرعت پر شدن دانه و حداکثر وزن دانه در رژیم آبیاری در مرحله گل‌دهی به ترتیب بالاتر از یک بار آبیاری در مرحله غلاف‌دهی، یک بار آبیاری در مرحله شاخه‌دهی و آبیاری در مرحله دانه بستن بود. همچنین تیمار دیم کمترین میزان سرعت پر شدن دانه و حداکثر وزن دانه را نشان داد (جدول ۱۱).

سرعت و دوره موثر پر شدن دانه: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح مختلف آبیاری و رقم بر روی سرعت و دوره موثر پر شدن دانه‌ها معنی‌دار بود (جدول ۱۰). بررسی‌ها نشان داد که سرعت پر شدن دانه و حداکثر وزن دانه در شرایط آبیاری کامل به‌طور معنی‌داری بیشتر از رژیم‌های آبیاری تکمیلی است. در شرایط

جدول ۱۰- نتایج تجزیه واریانس سرعت پر شدن دانه، دوره موثر پر شدن دانه و حداکثر وزن دانه سه رقم نخود تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

میانگین مربعات			درجه آزادی	منابع تغییرات
حداکثر وزن دانه (میلی گرم)	دوره موثر پر شدن دانه (روز)	سرعت پر شدن دانه (میلی گرم در روز)		
۰/۱۸۲ ^{NS}	۰/۲۱۸ ^{NS}	۰/۱۵۱ ^{NS}	۲	تکرار
۳۳۳۴۱/۷۵۶**	۹۱/۳۷۹**	۱۱/۰۵۳**	۵	آبیاری (A)
۰/۴۱۴	۰/۱۸۰	۰/۰۴۱	۱۰	خطای (a)
۲۹۰۰/۳۵۹**	۱۷/۲۰۷**	۱/۲۷۹**	۲	رقم (B)
۰/۵۷۱	۰/۰۸۵	۰/۰۳۵	۴	خطای (b)
۷۶/۲۹۹*	۰/۴۰۰ ^{NS}	۰/۱۳۴ ^{NS}	۱۰	آبیاری بترقم
۱/۴۹۹	۰/۲۲۹	۰/۰۶۶	۲۰	خطای (c)

NS, * و ** : به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۱۱- نتایج مقایسه میانگین سرعت پر شدن دانه، دوره موثر پر شدن دانه و حداکثر وزن دانه در ارقام نخود تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

سطح آبیاری	سرعت پر شدن دانه (میلی گرم در روز)	دوره موثر پر شدن دانه (روز)	حداکثر وزن دانه (میلی گرم)
آبیاری کامل	۱۱/۲۷۱ ^a	۳۰/۸۹ ^a	۳۴۷/۷ ^a
آبیاری (شاخه‌دهی)	۹/۳۸۶ ^c	۲۴/۴۹ ^e	۲۳۴/۵ ^d
آبیاری (گل‌دهی)	۱۰/۷۵۳ ^b	۲۹/۴۹ ^b	۳۲۱/۳ ^b
آبیاری (غلاف‌دهی)	۱۰/۶۰۴ ^b	۲۸/۳۰ ^c	۳۰۰/۱ ^c
آبیاری (دانه بستن)	۹/۲۵۹ ^c	۲۵/۳۴ ^d	۲۳۲/۵ ^e
دیم	۸/۳۵۵ ^d	۲۲/۶۶ ^f	۱۹۴/۳ ^f

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترکی می‌باشند، مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($p \geq 0.1$) اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۱۲- نتایج مقایسه میانگین سرعت پر شدن دانه، دوره موثر پر شدن دانه و حداکثر وزن دانه در سه رقم نخود

رقم	سرعت پر شدن دانه (میلی گرم در روز)	دوره موثر پر شدن دانه (روز)	حداکثر وزن دانه (میلی گرم)
۴۸۲ILC	۱۰/۲۴۱ ^a	۲۷/۸۱ ^a	۲۸۴/۸ ^a
جم	۹/۸۱۸ ^b	۲۶/۹۲ ^b	۲۷۱/۱ ^b
کرج	۹/۷۵۱ ^b	۲۵/۸۶ ^c	۲۵۹/۵ ^c

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترکی می‌باشند، مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($p < 0.1$) اختلاف معنی‌داری ندارند.

پر شدن دانه را نشان داد. (جدول ۱۱). میانگین سرعت و دوره موثر پر شدن دانه و حداکثر وزن دانه در رقم ILC۴۸۲ به‌طور معنی‌داری بیشتر از ارقام جم و کرج بود. بین رقم کرج و جم نیز از لحاظ حداکثر وزن دانه و دوره موثر پر شدن دانه تفاوت معنی‌داری مشاهده شد، هر چند که از نظر سرعت پر شدن دانه تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۱۲). به‌طور کلی وزن دانه تابعی از سرعت و طول موثر دوره پر شدن

سطوح مختلف آبیاری تأثیر معنی‌داری بر طول دوره موثر پر شدن دانه‌ها داشت. دوره موثر پر شدن دانه در شرایط آبیاری کامل به‌طور معنی‌داری بیشتر از رژیم‌های آبیاری تکمیلی بود. در شرایط آبیاری تکمیلی نیز دوره موثر پر شدن دانه در رژیم آبیاری در مرحله گل‌دهی به ترتیب بالاتر از آبیاری در مراحل غلاف‌دهی، دانه بستن و شاخه‌دهی بود، در این ارتباط تیمار دیم حداقل طول دوره موثر

(۰/۵۲)، وزن صد دانه (۰/۵۱)، شاخص برداشت (۰/۴۵) و تعداد غلاف در ساقه‌های فرعی (۰/۳۷) بودند. افزایش وزن صد دانه، وزن دانه در بوته و تعداد دانه در غلاف در شرایط حاصل می‌شود که رقابت بین بوته‌ها و داخل بوته‌ها حداقل باشد. از طرف دیگر تولید ماده خشک بالا خصوصاً قبل از وقوع رشد زایشی باعث افزایش توان فتوسنتزی گیاه می‌شود و گیاه قادر خواهد بود که مواد فتوسنتزی لازم برای پر شدن دانه‌ها را تولید نماید، در نتیجه شاخص برداشت بالا رفته و نهایتاً عملکرد دانه در واحد سطح افزایش می‌یابد. وجود همبستگی بالا و مثبت بین عملکرد دانه با اجزای تعداد دانه در غلاف و عملکرد تک بوته موید این است که این دو جزء در مقایسه با تعداد غلاف در ساقه اصلی نقش بیشتری در تشکیل عملکرد دانه در نخود دارند (جدول ۱۳). در بین اجزای عملکرد وزن دانه در بوته بالاترین همبستگی را با عملکرد دانه نشان داد که این امر بیان‌گر نقش به‌سزای این صفت در تعیین عملکرد نهایی دانه در نخود است. همبستگی بالای وزن دانه با عملکرد توسط محمدی و همکاران (۱۵)، سلیم و ساکسنا (۴۰) در مورد نخود و لیون و همکاران (۲۸) در مورد لوبیا تأیید شده است.

آن است که از دو منبع فتوسنتزی جاری و انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای در گیاه تأمین می‌شود. وجود تنش‌های محیطی مانند کمبود آب به‌ویژه در مرحله تشکیل و پر شدن دانه، به دلیل کاهش در میزان فتوسنتزی جاری و انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای، سرعت و طول دوره پر شدن دانه و در نهایت وزن آن را کاهش می‌دهد. علاوه بر آن، عوامل ژنتیکی (رقم) نیز بر روی این صفات تأثیر دارد. گزارش‌های هوساین و همکاران (۲۸) در مورد باقلا، محمدی و همکاران (۱۵) در مورد نخود، گیبهو و همکاران (۲۷) در مورد گندم دوروم، نی اسمیت و ریچی (۳۶) در مورد ذرت و مایکل و همکاران (۳۴) در مورد سویا نیز با یافته‌های این آزمایش مطابقت دارد.

همبستگی در بین صفات مورد مطالعه

ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه در جدول‌های ۱۳ و ۱۴ نشان می‌دهد که کلیه صفات به استثنای تعداد غلاف در ساقه اصلی، همبستگی مثبت و معنی‌داری را با عملکرد دانه نشان داده‌اند. صفاتی که بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه داشتند به ترتیب وزن دانه در تک بوته (۰/۷۵)، تعداد دانه در غلاف (۰/۷۲)، عملکرد بیولوژیک (۰/۶۸)، تعداد دانه در بوته (۰/۵۹)، ارتفاع گیاه (۰/۵۳)، تعداد شاخه‌ها

جدول ۱۳- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه

وزن ۱۰۰ دانه (گرم)	وزن دانه در بوته (گرم)	تعداد دانه در غلاف	تعداد دانه در بوته	تعداد غلاف (ساقه‌های فرعی)	تعداد غلاف (ساقه اصلی)	تعداد شاخه‌ها	ارتفاع بوته	شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه
										عملکرد دانه
									۱	۰/۶۷۶**
									۱	۰/۴۵۳**
									۱	۰/۵۲۳**
									۱	۰/۵۱۸**
									۱	۰/۲۱۸ ^{ns}
									۱	۰/۲۶۹**
									۱	۰/۵۸۴**
									۱	۰/۷۱۶**
									۱	۰/۷۵۰**
									۱	۰/۵۱۰**

ns, ** و ***: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

نتیجه گیری

به طور کلی، در این بررسی مشخص شد که در شرایط محدودیت آب با انجام یک نوبت آبیاری در مرحله گل دهی می توان عملکرد نخود را افزایش داد. هم چنین، وزن دانه در بوته و سرعت و طول دوره پر شدن دانه از مهم ترین عوامل موثر بر عملکرد دانه نخود می باشند. بنابراین پیشنهاد می شود در برنامه های اصلاحی به این شاخص ها توجه بیشتری مبذول گردد.

هم بستگی سرعت و دوره موثر پر شدن دانه ها با عملکرد، مثبت و معنی دار بود، ولی میزان هم بستگی سرعت پر شدن دانه با عملکرد بالاتر بود. این امر نشان می دهد که در محیط های تحت تنش به ویژه در اواخر فصل رشد، سرعت پر شدن دانه، سهم بالاتری در افزایش عملکرد دارد. بررسی محمدی و همکاران (۱۵) روی سه رقم نخود نیز موید این مطلب است. وجود هم بستگی مثبت و معنی دار بین سرعت و دوره موثر پر شدن دانه با عملکرد توسط دانکن و همکاران (۲۲) در مورد بادام زمینی، هوساین و همکاران (۲۸) در مورد باقلا، نی و همکاران (۳۵) در مورد نخود فرنگی، نی اسمیت و ریچی (۳۶)، بروکنر و فروهبرگ (۲۰) در مورد گندم بهاره، گزارش شده است.

جدول ۱۴- ضرایب هم بستگی بین حداکثر وزن دانه، سرعت پر شدن دانه و دوره موثر پر شدن دانه با سایر صفات مورد مطالعه

حداکثر وزن دانه	سرعت پر شدن دانه	دوره موثر پر شدن دانه
۱	۱	۱
۰/۹۵۶**	۰/۹۲۱**	۰/۹۸۱**
۰/۹۸۱**	۰/۸۰۸**	۰/۷۶۷**
۰/۷۶۷**	۰/۴۸۹**	۰/۴۵۹**
۰/۴۵۹**	۰/۴۶۹**	۰/۴۷۱**
۰/۴۷۱**	۰/۴۱۳**	۰/۳۶۷**
۰/۳۶۷**	۰/۴۵۶**	۰/۴۴۷**
۰/۴۴۷**	۰/۳۷۱**	۰/۳۲۳**
۰/۳۲۳**	۰/۳۹۵**	۰/۴۵۹**
۰/۴۵۹**	۰/۶۱۷**	۰/۶۶۱**
۰/۶۶۱**	۰/۶۲۴**	۰/۵۳۴**
۰/۵۳۴**	۰/۵۴۶**	۰/۶۰۵**
۰/۶۰۵**	۰/۷۰۳**	۰/۷۴۶**
۰/۷۴۶**		

NS، * و ** : به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

منابع

- ۱- احمدی م. و کانونی ه. ۱۳۷۳. بررسی اثرات تراکم بذر بر روی عملکرد دانه ارقام نخود سفید و سیاه در کردستان. مجله تحقیقات کشاورزی نهال و بذر. جلد ۱، شماره های ۱ و ۲. ص ۳۹-۳۲.
- ۲- باقری ع.، نظامی ا.، گنجعلی ع. و پارسا م. ۱۳۷۶. زراعت و صلاح نخود (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۴۴ ص.
- ۳- پوستینی ک. و یزدی صمدی ب. ۱۳۷۱. بررسی عملکرد ارقام نخود در شرایط دیم. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۲۳، شماره ۲. ص ۱۷-۱۱.
- ۴- روزرخ م. ۱۳۷۷. تأثیر فرسودگی بذر بر سبز کردن، عملکرد و اجزای عملکرد دولاین نخود تحت شرایط آبیاری کامل و آبیاری محدود. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت و اصلاح نباتات. دانشگاه صنعتی اصفهان. ۸۷ ص.
- ۵- طلیعی ع. و صیادیان ک. ۱۳۷۹. تأثیر آبیاری تکمیلی و تعیین نیاز غذایی در زراعت نخود دیم. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۲، شماره ۳. ص ۶۶-۵۷.
- ۶- فلاح س. ۱۳۸۱. مطالعه رشد، عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم نخود زراعی در تراکم های مختلف و دوسطح رطوبتی در خرم آباد. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه صنعتی اصفهان. ۹۵ ص.
- ۷- فرودنیا ط. ۱۳۷۴. بررسی اثر تنش خشکی بر جوانه زنی، رشد و برخی تغییرات بیوشیمیایی ناشی از تنش در دو لاین نخود ایرانی. پایان نامه کارشناسی ارشد زیست شناسی - علوم گیاهی. دانشگاه تربیت مدرس تهران. ۱۲۵ ص.

- ۸- قاسمی گلعدانی ک.، محمدی س.، رحیم زاده خوبی ف. و مقدم م. ۱۳۷۶. روابط کمی بین تراکم بوته و عملکرد دانه سه رقم نخود در تاریخ های مختلف کاشت. مجله دانش کشاورزی، جلد ۷، شماره های ۱ و ۲. ص ۷۳-۵۹.
- ۹- کانونی ه. ۱۳۷۷. بررسی و تجزیه علیت صفات موثر بر عملکرد دانه در ارقام نخود تحت شرایط دیم استان لرستان. چکیده مقالات کنگره زراعت و اصلاح نباتات. ص ۳۲۹. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر و نهال کرج.
- ۱۰- کوچکی ع. و بنایان اول م. ۱۳۷۶. زراعت حبوبات. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۳۶ ص.
- ۱۱- گلدانی م. و رضوانی مقدم پ. ۱۳۸۶. اثر رژیم های مختلف رطوبتی و تاریخ کاشت بر خصوصیات فنولوژیکی و شاخص های رشد سه رقم نخود دیم و آبی در مشهد. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ۱۴، شماره ۱. ص ۲۴۲-۲۲۹.
- ۱۲- گلدانی م. و رضوانی مقدم پ. ۱۳۸۵. تأثیر رژیم آبیاری بر خصوصیات فنولوژی، فیزیولوژی، عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم نخود آبی و دیم در مشهد. مجله علوم و صنایع کشاورزی، جلد ۲۰، شماره ۳. ص ۳۲-۲۱.
- ۱۳- گلدانی م. و رضوانی مقدم پ. ۱۳۸۳. اثر سطوح مختلف خشکی و تاریخ کشت بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم نخود دیم و آبی در مشهد. مجله پژوهش های زراعی ایران، جلد ۲، شماره ۲. ص ۲۳۹-۲۲۹.
- ۱۴- لنگری م. ۱۳۷۵. مطالعه اثر تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد در سه ژنوتیپ مختلف نخود در شرایط دیم شمال خراسان. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه فردوسی مشهد. ۱۲۸ ص.
- ۱۵- محمدی غ. ک.، قاسمی گلعدانی ع.، جوانشیر و مقدم م. ۱۳۸۵. تأثیر محدودیت آب بر عملکرد سه رقم نخود. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۱۰، شماره ۲، ص ۱۲۰-۱۰۹.
- ۱۶- نغفروش ع. ر.، کوچکی ع. و باقری ع. ۱۳۷۷. بررسی شاخص های مورفولوژیک و فیزیولوژیک موثر بر عملکرد و اجزای عملکرد در ژنوتیپ های مختلف عدس (*Lens culiaris medik*). مجله علوم زراعی ایران، جلد ۱، شماره ۱. ص ۳۵-۲۰.
- ۱۷- یوسفی ب.، کاظمی اربط ح.، رحیم زاده خوبی ف. و مقدم م. ۱۳۷۶. تجزیه علیت و بررسی تنوع ژنتیکی ارقام نخود زراعی تحت دو سطح رطوبت. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۲۸، شماره ۴، ص ۱۶۱-۱۴۷.
- 18- Asghar M., and Tahir M.J. 1997. Effect of irrigation scheduling on Chickpea seed yield. J. Agric. Res. 35: 309-316.
- 19- Auld D.L., Crock J.E., and Kephart K.D. 1988. Planting date and temperature effect on germination, emergence and seed yield of chickpea. Agron. J. 80: 909-914.
- 20- Bruckner P.L., and Frohberg R.C. 1987. Rate and duration of grain filling in spring wheat. Crop Sci. 27: 451-155.
- 21- Dahiya S., Singh M., and Singh R.B. 1993. Economic and water use efficiency of chickpea as effected by genotypes, irrigation and fertilizer application. Crop Reasearch. Hisar. 6: 532-534.
- 22- Duncan W.G., Me Cloud D.E., Me Graw R.L., and Boote K.J. 1978. Physiological aspects of Peanut yield improvement. Crop Science. 18: 1015-1020.
- 23- Fougereux J.A., Dore T., ladonne F., and Fleury A. 1997. Water stress during reproductive stages affects seed quality and yield of Pea (*Pisum Sativum* L.) Crop Science. 37: 1247-1252.
- 24- Foroud N., Mundel H.H., Saidon G., and Entz T. 1993. Effect of level and timing of misture stress on soybean yield, protein and oil responses. Field Crops Res. 31: 195-209.
- 25- Gan Y., Miher P.R., Mc Conkey B.G., Zentner R.P., Liu P.H., and Mc Donald C.L. 2003 a. Response of Chickpea to seed size and planting depth. Can. J. Plant Sci. 83: 39-46.
- 26- Gan Y., Miher P.R., Mc Conkey B.G., Zentner R.P., Liuanel P.H., and Mc Donala C.L. 2003 b. Optimum plant population density of chickpea and dry Pea in semiarid environment. Can.J.Plant Sci. 83: 1-9.
- 27- Gebeyehou G., Kontt D.R., and Baher R.J. 1982. Rate and duration of grain filling in durum wheat cultivars. Crop Sci. 22: 337-340.
- 28- Husain M.M., Hill G.D., and Gallagher J.N. 1988. The response of field beans (*Vieia faba* L.) to irrigation and sowingdate. II. Growth and development in relation to yield . H.Agric Sci. Camb. 111: 233-254.
- 29- Jones D.B., Peterson M.L., and Geng S. 1993. Association between grain filling rate and duration and yield components in rice. Crop Sci. 29: 641-644.
- 30- Jensen E.S. 1987. Seasonal pattern of growth and nitrogen fixatation in field growth Pea. Plant and Soil Sci. 101: 29-37.
- 31- Malhotra R.S., Singh K.B., and Saxena M.C. 1997. Effect of irrigation on winter sown chickpea in a Mediterranean environment. J. Agron. Crop Sci. 178: 237-243.
- 32- Mekenzie B.A., and Hill G.D. 1995. Growth and yield of two chickpea (*Cicer arietinum* L.) Varieties in Canterbury, Newzealand, Newziland Journal of Crop and Horticultural Science. 23: 467-474.
- 33- Miher R.W., and Donahue R.L. 1990. Soils- An Intoduction soil and plant growth (bth ED.) Prentice- Hall International, Inc. Engelwood cliffs, NJ, USA.

- 34- Meckel L., Egli D.B., Pihps R.E., Radeliffe D., and Leggett J.E. 1984. Effect of moisture stress on seed growth in soybeans. *Agron. J.* 76: 647-650.
- 35- Ney B., Duthion C., and Ture O. 1994. Phenological response of Pea to water stress during reproductive development. *Crop Sci.* 34: 141-146.
- 36- Ne Smith D.S., and Ritchie J.T. 1992. Maize (*Zea mays L.*) response to severe soil. water- deficit during grain filling. *Field Crops Res.* 29: 23-35.
- 37- Pawar V.S., Patit P.O., Dahi Walur S.D., and Magar S.S. 1992. Effect of irrigation schedule based on Critical growth stages on yield, quality and wateruse of chickpea. (*Cicer arietinum L.*) on Vertisol. *Indian Journal of Agricultural Science.* 62: 402-404.
- 38- Pandey R.K., Herrera W.A.T., and Pendleton J.W. 1983. Drought response of grain Legumes under irrigation gradient. I. Yield and yield components. *Agron. J.* 76: 549-553.
- 39- Singh S.P. 1997. Chickpea (*Cicer arietinum L.*). *Field Crops Res.* 53: 161-170.
- 40- Silim S.V., and Saxena M.C. 1993. Adaptation of spring- sown the Mediterran- ean basin. II. Factors in fluencing yield under drought. *Field Crops Res.* 34: 137-146.
- 41- Saxena M.C. 1993. The challenge of developing biotic and abiotic stress resistance in cool season food legumes. In: *Breeding for Stress toleramce in Cool-Season Food Legumes.* (Eds. singh, k.B., and M.C. Saxena) John wiley & sons, New York, NY. PP. 3-14.
- 42- Saxena M.C. 1990. Problems and Potential of chickpea prouction in the nineties. In: *Chickpea in the Nineties.* PP. 13-25. proe. of the second International work shop on Chickpea Improvement, 4-8 Dec. 1989, ICRISAT. Potancheru Indica.
- 43- Sillim S.N., and Saxena M.C. 1986. Respanse to supplementary irrigation. In annual Report, Food legume Improvement. Program. ICARDA, Aleppo, Syria.
- 44- Siddique K.H.M., and Sedgley R.H. 1986. Ghickpea (*Cicer arientinum L.*) a potential grain legume for southwestern Australia: Seasonal growth and yield. *Aus. J. Agric Res.* 37: 245-260.
- 45- Saxena N.P., and Sholdrane A.R. 1980. Physiology of growth, development and yield of chickpea in India. In "proc. International workshop on chickpea Impromement", pp. 106-120. ICRISAT, Haydarabad, India.
- 46- Tuba Bicer B., Narin Kolenderand A., and Akar D.A. 2004. The effect of irrigation on spring-sown chickpea. *Journal of Agronomy Asian Network for scientific Information.* 3: 154-158.
- 47- Ullah A., Bakht J., Shafi M., and Islam W.A. 2002. Effect of variousus irrigations level on different chickpea varieties. *Asian Jouranl of Plant Science.* 4: 355-357.
- 48- Zang H., Pala M., Oweis Y., and Harris H. 2000. Water use and water use effieiciency of Chickpea and lentil in a mediterranean environment. *Aus. J. Agric Res.* 51: 295-304.



Responses of Yield and Yield Components of Chickpea Cultivars (*Cicer arietinum* L.) to Supplemental Irrigation in Different Phenology Stages

E. Rezaeyan Zadeh^{1*}- M. Parsa²- A. Ganjali³- A. Nezami⁴

Received:14-8-2010

Accepted:2-10-2011

Abstract

In order to investigate the effects of different irrigation regimes on yield and yield components of three chickpea cultivars, an experiment was conducted during the 2007 growing season at Mashhad. Six irrigation regimes including I₁= full irrigation, I₂= irrigation at branching, I₃= irrigation at flowering, I₄= irrigation at pod formation, I₅= irrigation at seed filling stage, and I₆=dry farming without irrigation(main factors). Three kabuli chickpea cultivars ILC482, Jam, Karaj 12-60-31as (sub factors) in a split block experiment based on randomized block design with three replications. There were significant differences between supplemental irrigation levels on yield and yield components of chickpea cultivars. The results showed that the supplemental irrigation at flowering had significant higher grain yield (1732 kg/ha), pod number in main and substems, grain number and weight in plant and 100 grain weight, compared to other irrigation regimes. All traits exclude of pod number in main and substems were higher in full irrigation than supplemental irrigation regimes. ILC482 and Karaj 12-60-31 cultivars had the highest and lowest grain and biological yields and harvest index respectively. Grain yield had significant positive correlation With Seed filling rate ($r = 0/081^{**}$) and effective seed filling period ($r = 0/79^{**}$). Grain weight had the highest significant positive correlation ($r = 0/75^{**}$) with grain yield. The results showed that the flowering stage in chickpea cultivars is the most sensitive stage to drought stress and in deficit water condition supplemental irrigation in this stage may considerably increases yield of chickpea. In tolerance to drought stress and supplemental irrigation conditions ILC482 cultivar was better compared to other cultivars.

Keywords: Supplemental irrigation, Seed filling rate, Drought stress, Morphological characteristics Grain yield, Chickpea

1,2,4- Former MSc Student, Assistant Professor and Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Respectively

(*-Corresponding Author Email: elias.r.60@gmail.com)

3- Assistant Professor, Department of Biology, Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad