نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال یازدهم، شماره ۴۳، پاییز ۱۳۹۵ / صفحات: ۳۸-۲۵

اثر تراکم بوته بر برخی پاسخ‌های رشدی، فیزیولوژیکی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت سطوح مختلف آبیاری

محمد برزعلی*[1]، محمد نصری[2] و مازیار کریمی‌فر[2]

[1]مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

[2] گروه زراعت، واحد ورامین، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۷/۱۶ تاریخ پذیرش:۹۵/۹/۱۰

چکیده

به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف آبیاری و تراکم بوته بر برخی پاسخ‌های مورفوفیزیولوژیکی و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی رقم نخودهاشم، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در منطقه گنبدکاووس در سال زراعی۹۲-۱۳۹۱ اجراء شد. عامل اصلی شامل سطوح مختلف آبیاری (شرایط دیم بدون آبیاری، آبیاری در مرحله گلدهی و آبیاری در زمان پر شدن نیام‌ها) و عامل فرعی شامل تراکم‌های مختلف ۲۰، ۳۰، ۵۰ و ۷۰ بوته در متر مربع بود. نتایج نشان داد که اثر سطوح مختلف آبیاری بر تمامی صفات به‌جز تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی و ارتفاع بوته معنی‌دار بود اما تراکم تنها بر خصوصیات تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، ارتفاع بوته، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص کلروفیل برگ اثر معنی‌دار داشت. در این آزمایش آبیاری موجب افزایش معنی‌دار محتوی رطوبت نسبی و شاخص کلروفیل برگ نسبت به شرایط دیم گشت اما باعث کاهش معنی‌دار در میزان پروتئین دانه، فعالیت آنزیم‌های سوپر اکسید دیسموتاز و کاتالاز شد. بالاترین درصد پروتئین دانه در کشت بدون آبیاری مشاهده شد. همچنین بیشترین و کمترین عملکرد دانه به‌ترتیب در سطوح آبیاری در مرحله گلدهی و شرایط دیم به‌ترتیب با مقادیر ۱۶۰۲ و ۱۰۱٤ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. در سطوح فاکتور تراکم نیز بالاترین عملکرد دانه توسط تراکم ۷۰ بوته در متر مربع و کمترین عملکرد دانه در تراکم ۲۰ بوته در متر مربع مشاهده گردید.

واژه‌های کلیدی: آبیاری تکمیلی، آنزیم، جمعیت گیاهی، شاخص کلروفیل، عملکرد دانه.

مقدمه

امروزه نخود ایرانی (*Cicer arietinum* L.)، در میان حبوبات بعد از نخود معمولی و سویا بالاترین سطح زیر کشت در دنیا را دارا است و به دلیل اهمیت زراعی آن یک منبع مهم پروتئین گیاهی (۱۹/۳- ۲۵/٤ درصد دانه) در غذای انسان و دام به‌شمار می‌آید (Roy et al., 2016). تولید و سطح زیر کشت این گیاه در کشور به‌ترتیب ۲۹۵ هزار تن و ۵۵۰ هزار هکتار و میانگین عملکرد دانه آن ۵۱۹ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (Kanouni, 2016). از سوی دیگر گستره وسیع تنش‌های غیر زنده و مدیریت‌های زراعی باعث اثر گذاری بر خصوصیات مورفولوژیک، فیزیولوژیک وعملکرد دانه آن بویژه در شرایط دیم‌کاری مناطق معتدله نیمه گرمسیری شده است (Naseri et al.,

*نویسنده مسئول: barzali@hotmail.com

2015). وقوع تنش خشکی در برخی مراحل رشد گیاهان می تواند خسارت جبران ناپذیری نماید. یکی از حساسترین مراحل تنش خشکی در گیاه نخود مراحل گلدهی و پر شدن غلاف‌ها است (Mohammadi et al., 2011). لذا به‌نظر می‌رسد انجام آبیاری تکمیلی به منظور رفع تنش در مراحل بحرانی رشد گیاه تاثیر جدی بر شاخص‌های رشد و عملکرد این گیاه داشته باشد. با توجه به مشاهدات Patel و Hemantaranjan (۲۰۱۳) اِعمال تنش خشکی بر ژنوتیپ‌های مختلف نخود قبل از گلدهی باعث کاهش معنی‌دار کلروفیل برگ شد. Rahbarian و همکاران (۲۰۱۱) با ارزیابی اثر دو سطح آبیاری (شرایط ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای خاک و ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای خاک) گزارش کردند که شاخص کلروفیل در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای خاک در مقایسه با شرایط رطوبتی کافی خاک (تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای خاک) در ارقام مقاوم و حساس به‌ترتیب ٦٨ و ۵۵ کاهش یافت. ضمن آن که تنش خشکی با استفاده از نگهداری رطوبت خاک در ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه، باعث کاهش تثبیت دی‌اکسید کربن، محتوی رطوبت نسبی برگ، پتانسیل آب برگ و پایداری غشاء سلولی در تمامی مراحل گیاهچه ای، گلدهی و نیام‌دهی گردید. یکی دیگر از اثرات مضر تنش خشکی ایجاد اکسیژن فعال در گیاه است که منجر به تغییر عوامل دخیل در حفظ ترکیبات غشائی، آنتی اکسیدانت‌ها و فرایندهای متعدد دیگر می شود. به منظور کاهش و تعدیل این آسیب رسانی، سیستم‌های آنزیمی آنتی اکسیدانی و غیر آنتی‌اکسیدانی در گیاهان شروع به فعالیت می نمایند که از گروه اول می توان سوپر اکسید دیسموتاز و کاتالاز را نام برد (Gill and Tuteja, 2010). در این راستا نتایج Mafakheri و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که در شرایط تنش خشکی به طور معنی‌دار بر فعالیت آنزیم کاتالاز در تمامی ارقام نخود افزوده شد.

انتخاب تراکم بوته مناسب که بر اساس عوامل گیاهی و محیطی صورت می گیرد، روی شاخص‌های رشد و عملکرد گیاه تاثیر می‌گذارد. نتایج تحقیق Shamsi (۲۰۱۰) مشخص ساخت که فاصله کاشت اثرات معنی‌دار بر ارتفاع گیاه، تعداد شاخه در بوته، فاصله اولین نیام از سطح خاک، تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه نخود داشت. در آزمایش Raey و همکاران (۲۰۰۷) اثر آبیاری و تراکم، روی تعداد نیام در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه گیاه نخود در واحد سطح و شاخص برداشت معنی‌دار بود. در تحقیق فوق نتایج مربوط به اثر متقابل آبیاری × تراکم بوته نشان داد که به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه درتراکم ٦٤ بوته در متر مربع با آبیاری کامل و بدون آبیاری حاصل شد. در آزمایش برخی محققین دیگر نیز مشخص شده است که افزایش تراکم بوته با تسریع و تشدید تخلیه رطوبت خاک سبب محدودیت بیش از پیش رطوبت خاک در مرحله دانه‌بندی نخود شده که در نهایت کاهش عملکرد دانه را به‌دنبال داشته است (Fallah et al., 2005; Naseri et al., 2015).

بسیاری از زارعین با آنکه به آبیاری به ویژه در اواخر رشد نخود پاییزه دسترسی دارند ولی نسبت به آبیاری تکمیلی اهتمام نمی ورزند. از طرفی نا آگاهی از تراکم مناسب با اِعمال آبیاری تکمیلی می تواند باعث اثرات سوئی همانند افزایش هزینه‌های تولید گردد. لذا با توجه به مطالب فوق هدف از آزمایش حاضر بررسی پاسخ‌های مورفولوژیک، فیزیولوژیک و فعالیت‌های آنتی اکسیدانت‌ها در نخود تحت تاثیر سطوح مختلف آبیاری و بوته در شرایط دیم نیمه گرمسیری و شناخت بهترین سطح آبیاری و تراکم بوته بر حصول حداکثر عملکرد دانه نخود بود.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه و نحوی اجرای فاکتورهای تحقیق: این آزمایش در مجاورت ضلع جنوبی ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبدکاووس که در یک منطقه معتدله نیمه گرمسیری قرار دارد در سال ۹۲-۱۳۹۱ انجام شد. برخی از خصوصیات آب و هوایی ایستگاه آب و هواشناسی گنبدکاووس در طی فصل رشد در جدول ۱ ارائه شده است. این آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار به اجراء درآمد. فاکتورهای مورد مطالعه در آزمایش عبارت‌بودند از: فاکتور اصلی (سطوح آبیاری): در سه سطح شامل شرایط دیم بدون آبیاری(I_0)، شرایط دیم با آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی (I_1) و آبیاری تکمیلی در مرحله تشکیل نیام (I_2). و فاکتور فرعی (تراکم کاشت): (T_1)۲۰، (T_2)۳۰، (T_3)۵۰ و (T_4)۷۰ بوته در متر مربع. رقم مورد استفاده نخود نیز هاشم بود.

جدول ۱: آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبدکاووس در طی فصل زراعی ۹۱-۹۲

تبخیر (میلی‌متر)	روزهای یخبندان	بارندگی (میلی‌متر)	رطوبت(درصد)		درجه حرارت (سلسیوس)		ماه	سال
			حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل		
۲۵۹/٤	۰	۱	۷۵	۳۲	۳۸/۱	۲۲/۵	تیر	۱۳۹۱
۱۵۷/۵	۰	۵۷/۲	۸٦	۵۲	۳۲/۹	۲۳/۱	مرداد	۱۳۹۱
۱۵۸/۳	۰	۸/۹	۸۱	٤۱	۳۲/۷	۲۰	شهریور	۱۳۹۱
۱۱۱/۷	۰	۲۰/۲	۸٤	۳۸	۲۸/۸	۱٤/۷	مهر	۱۳۹۱
٦٤/۵	۰	۳٦/۹	۸٤	٤۰	۲٤/۲	۹/۵	آبان	۱۳۹۱
۳۱/۸	۱	۵۵/۲	۹۲	۵۷	۱۵/٤	٤/۸	آذر	۱۳۹۱
٤۰/۵	۲	۱۷/۱	۹۰	۵۳	۱۷/۲	٦/۷	دی	۱۳۹۱
۳٦	۳	۱۰۹/۵	۹۱	٦۱	۱۳/۸	٤/۳	بهمن	۱۳۹۱
۳٤/۵	۰	۷۰/۲	۹۵	٦۷	۱۷/۵	۷/۳	اسفند	۱۳۹۱
٦۰/۱	۰	۵٦/۲	۹٤	٦۱	۱۹	۹/۲	فروردین	۱۳۹۲
۸٤/۲	۰	۳۷/۲	۹۱	۵۸	۲٤/۹	۱٤/۲	اردیبهشت	۱۳۹۲
۲٤۷/۱	۰	۰/۲	٦٦	۲٦	۳۷	۱۹/۷	خرداد	۱۳۹۲
۱۰۷/۱۳	----	۳۹/۱۵	۸۵/۸	٤۸/۸	۲۵/۱	۱/۳	**میانگین**	

برای اجرای طرح قبل از فرا رسیدن فصل کشت قطعه زمین مناسبی را که معرف دیم‌زارهای منطقه بود انتخاب گردید که از نوع سیلتی- لوم بود (جدول ۲). در زمان کاشت با استفاده از گاوآهن و دیسک نسبت به شخم و نرم کردن خاک اقدام و بذور نخود در کرت‌های آزمایشی کاشت شدند. کود شیمیایی بر مبنای ٦۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم و ٤۵ کیلوگرم اوره در هکتار محاسبه و در حد فاصل شخم با گاوآهن و دیسک با خاک مخلوط گردید. بذور در ٤ خط ٤/۵٦ متری با فاصله بین خطوط ۲۰، ۳۰، ۵۰ و ۷۰ سانتیمتر کشت شدند که به منظور دستیابی به تراکم‌های ۷۰، ۵۰، ۳۰ و ۲۰ بوته در متر مربع فواصل بین بوته‌ها روی ردیف‌های کاشت باتوجه به تراکم مربوط تنظیم گردید. به‌منظور پیشگیری از بروز بیماری‌های قارچی قبل از کاشت بذور با سم مانکوزب به نسبت ۲ در هزار ضدعفونی گردید و سپس کاشت در شیارهائی

که قبلاً توسط فوکای دستی ایجاد گردیده انجام گرفت. جهت اطمینان بیشتر در هر نقطه دو بذر در خاک قرار داده شد که پس از سبز شدن توسط قیچی باغبانی اقدام به تنک گردید.

جدول ۲: نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

pH	EC (دسی‌زیمنس بر متر)	OC (درصد)	$CaCo_3$ (میلی گرم بر کیلوگرم)	S (میلی گرم بر کیلوگرم)	N (میلی گرم بر کیلوگرم)	P (میلی گرم بر کیلوگرم)	K (میلی گرم بر کیلوگرم)	Fe (میلی گرم بر کیلوگرم)	Zn (میلی گرم بر کیلوگرم)	B (میلی گرم بر کیلوگرم)
۸/۱	۰/۷۳	۱/٤٦	۲۰	٥۲	۰/۱٥	۱٥	۳٥۰	۲/٦	۰/٦	۲

به‌منظور برآورد دقیق مقدار آب مورد نیاز برای آبیاری کرت‌های با آبیاری، میزان رطوبت خاک قبل از انجام آبیاری در مرحله ٥۰ درصد گلدهی و مرحله پر شدن نیام‌ها، از چند نقطه در کرت‌ها به طور تصادفی با مته نمونه برداری (تا عمق ٦۰ سانتی‌متری خاک) صورت گرفت و بلافاصله نمونه‌ها در کیسه‌های پلاستیکی گذاشته شدند و به آزمایشگاه منتقل شدند، سپس مقدار مشخصی از هر نمونه با ترازوی دیجیتالی، توزین و در آون با دمای ۱۰٥ درجه سانتی‌گراد به مدت ٤۸ ساعت قرار داده شدند و دوباره توزین به‌عمل آمد. سپس با کمک رابطه کسر رطوبتی $IN: (FC\times M) \times BD \times D$ که در آن FC ظرفیت مزرعه، BD وزن مخصوص ظاهری (g/cm)، D عمق توسعه ریشه (٦۰ سانتی‌متر) و M رطوبت وزنی قبل از آبیاری و IN کسر آبیاری خالص بود، مقدار خالص آب آبیاری به ترتیب به میزان ٤۸۱ و ٤۹۲ لیتر در مراحل گلدهی و پر شدن نیام‌ها برآورد گردید که به‌طور یکسان در سطح هر کرت آبیاری لازم انجام گرفت.

اندازه‌گیری شاخص‌های رشدی و عملکرد دانه: برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته در زمان رسیدگی ۱۲ بوته که بطور تصادفی پس از حذف حاشیه در هر کرت برداشت شد تعیین گردید. همچنین برای تعیین عملکرد بیولوژیک تعداد ۱۲ بوته بطور تصادفی پس از حذف حاشیه در هر کرت انتخاب شدند و در دمای ۷۲ درجه سلسیوس در آون، به مدت ٤۸ ساعت خشک شده و سپس توزین شدند. پس از حذف حاشیه، مساحت باقی مانده هر کرت برای برآورد عملکرد نهائی دانه مورد استفاده قرار گرفت. عملکرد دانه بر اساس رطوبت ۱٤ درصد محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری برخی صفات دیگر همانند تعداد روز از کاشت تا رسیدن به ٥۰ درصد گلدهی و تعداد روز تا رسیدن فیزیولوژیک از ۱۲ بوته تصادفی انتخاب شده از ردیف‌های ۲ و ۳ و با در نظر گرفتن حاشیه از ابتدا و انتهای هر کرت که نشانه‌گذاری شده بودند، انجام گردید.

سنجش شاخص کلروفیل: در این مطالعه شاخص کلروفیل برگ با دستگاه SPAD-502 مجهز به مونیتور Minolta LCD (مدل –190AUV شیمادزو–ژاپن) پس از انجام تیمار آبیاری در مرحله اواسط پر شدن نیام‌ها در همه تیمارها بر اساس روش Meidner(۱۹۸٤) اندازه گیری شد.

سنجش میزان پروتئین دانه: جهت اندازه گیری پروتئین دانه مقدار۱۰ گرم از دانه هر نمونه به وسیله دستگاه Laboratory mill آرد گردید و بعد با استفاده

از روش کجلدال درصد پروتئین دانه محاسبه شد (Benton, 1991).

اندازه‌گیری محتوی رطوبت نسبی برگ: به‌منظور اندازه گیری محتوی رطوبت نسبی برگ، نیم‌گرم از جوانترین برگ توسعه یافته در پایان هفته بعد از اِعمال آبیاری تکمیلی در مرحله تشکیل نیام‌ها (سطح سوم فاکتور آبیاری تکمیلی) از هر بوته از ردیف‌های میانی هر کرت (با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای) جدا شده و سپس نمونه‌ها به مدت ۲٤ ساعت روی آب مقطر شناور شدند. چهار ساعت بعد از آبگیری، قطعات برگ بلافاصله وزن شدند تا وزن در هنگام تورژسانس (TW) به دست آید. پس از آن قطعات برگ در آون در درجه حرارت ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ٤۸ ساعت خشک شدند تا وزن خشک ثابت بدست آید (DW). محتوی رطوبت نسبی از طریق رابطه زیر محاسبه شد (Gunes et al., 2008):

$$RWC\ \% = \frac{(FW-DW)}{(TW-DW)} \times ۱۰۰$$

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز: برای سنجش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان موجود در برگ گیاه، نمونه برداری از سه خط وسط به‌صورت تصادفی با برداشت ۳ برگ از سه خط هر کرت صورت پذیرفت. برگ‌ها درون کیسه‌های نایلونی و درون یخ قرار داده شده و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند. جهت اندازه‌گیری آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز از روش Misra و Fridorich (۱۹۷۲) استفاده شد. محلول زمینه بافر تریس حاوی فسفات دی سیدیک (pH=7.2) به همراه ۱/۳۵ میلی مول EDTA به همراه ۰/۱۵ میلی مول کربنات مونو سدیک تهیه و از اپی‌نفرین با غلظت ۰/۲۵ میلی‌مول به‌عنوان سوبسترا استفاده شد. سپس مجموعه عصاره به آن‌ها اضافه و تغییرات جذب نوری حاصل از اکسیداسیون اپی‌نفرین اندازه‌گیری و به‌عنوان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز ارزیابی گردید. از آنزیم استاندارد و خالص برای استاندارد شدن نتایج استفاده گردید که هر واحد آن قادر به اکسیداسیون ۰/۵ میلی مول اپی نفرین در یک دقیقه می‌باشد.

برای اندازه‌گیری آنزیم کاتالاز از روش Aebi(۱۹۸٤) استفاده گردید. به این منظور مخلوط واکنش ۰/۷۵ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۱۰۰ میلی مولار با pH=7، ۲۰ میکرو لیتر آب دو بار تقطیر به کووت کوارتز اضافه شد و به‌هنگام اندازه‌گیری آنزیم، ۷۵۰ میکرو لیتر پراکسید هیدروژن ۷۰ میلی مولار به مخلوط واکنش افزوده گردید. تغییرات جذب در ۲٤۰ نانومتر به مدت ٦۰ ثانیه در ۲۵ درجه سانتی‌گراد با استفاده از اسپکتروفتومتر قرائت و تغییرات آنزیمی بر حسب تغییرات در جذب در دقیقه به ازای هر میلی‌گرم پروتئین بیان شد. شاهد نیز شامل ۰/۷۵ میلی‌لیتر بافر پتاسیم فسفات و ۲۰ میکرو لیتر پروتئین محلول بود.

در این آزمایش پس از ثبت اطلاعات، داده‌ها تجزیه واریانس و میانگین‌های آن‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند. به‌منظور ارزیابی همبستگی بین صفات از روش اسپیرمن استفاده گردید.

نتایج

تجزیه واریانس صفات: تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در جداول ۳ و ٤ آورده شده است. نتایج نشان داد با آنکه فاکتور آبیاری بر تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی اثر معنی‌داری نداشت اما در تراکم ۲۰ بوته در مترمربع توانست بالاترین مقدار را (۱٤٤ روز) نسبت به سطح ۷۰ بوته در متر مربع (۱۳۱ روز) بدست آمد (جدول ٦). در این مطالعه با اِعمال آبیاری تفاوت معنی‌دار همراه با افزایش تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک بوته‌های نخود مشاهده شد (جداول ٤ و

۵) و با کاهش تراکم بوته از میزان این صفت کاسته گردید (جدول ٦). همچنین آبیاری تکمیلی نتوانست نسبت به شرایط بدون آبیاری بر ارتفاع بوته اثر معنی‌دار بگذارد اما با افزایش تراکم بر ارتفاع بوته افزوده شد به‌نحویکه بالاترین و کمترین مقادیر آن به‌ترتیب در تراکم‌های ۷۰ و ۲۰ بوته در متر مربع بدست آمد (جدول ٦). فاکتورهای آبیاری و تراکم بوته اثر محسوسی بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گذاشتند (جدول ٤). آبیاری در مرحله گلدهی با ١٦٠٢ کیلوگرم در هکتار بیشترین و شرایط دیم بدون آبیاری با ١٠١٤ کیلوگرم در هکتار کمترین مقدار را حاصل نمود (جدول ٤). تراکم ۷۰ بوته در متر مربع با ١٤٠٢ کیلوگرم نیز در هکتار بطور معنی‌دار نسبت به سطوح ۲۰ و ۳۰ بوته در مترمربع به ترتیب با ١١٤٩ و ١٢٥٩ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه تولید نمود (جدول ٦). مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک نیز در سطوح مختلف فاکتورهای مورد مطالعه نشان دهنده برتری تیمارهای آبیاری تکمیلی در مرحله تشکیل نیام و تراکم ۷۰ بوته در مترمربع بود (جداول ۵ و ٦). در این تحقیق با آنکه تفاوت تراکم‌های گیاهی تاثیری بر میزان پروتئین دانه و محتوی رطوبت نسبی برگ نگذاشت اما اِجرای یک دور آبیاری بطور معنی‌دار از پروتئین دانه کاست اما بر محتوی رطوبت نسبی برگ افزود (جدول ۵). همچنین در این تحقیق آبیاری در مرحله گلدهی با شاخص ٦١٣ واحد بالاترین و شرایط دیم با ٣٧٤ واحد کمترین شاخص کلروفیل برگ را دارا بود (جدول ۵). در این تحقیق افزایش تراکم باعث بالا رفتن شاخص کلروفیل برگ شد به‌طوریکه تفاوت معنی‌دار بین تراکم‌های ۲۰ با ۵۰۵ واحد و ۷۰ بوته در متر مربع با ٥٥٦ واحد وجود داشت (جدول ٦). بررسی فعالیت آنزیم‌های سوپر اکسید دیسموتاز و کاتالاز تحت شرایط مختلف آبیاری حاکی از آن بود که انجام آبیاری باعث کاهش معنی‌دار فعالیت این آنزیم نسبت به سطح بدون آبیاری یا شرایط دیم گردید (جدول ۵)، هر چند که فاکتور تراکم اثر معنی‌دار بر فعالیت این دو آنزیم نداشت(جدول ٦).

جدول۳: تجزیه واریانس اثر تراکم بوته بر صفات مورفولوژیک و عملکرد دانه نخود تحت سطوح مختلف آبیاری

منابع تغییرات (S.O.V.)	درجه آزادی(df)	تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی	تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	ارتفاع بوته	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک
		میانگین مربعات				
بلوک	۳	۲/۱٤ ns	۳/۷۸ ns	۲/۰۵ ns	۱۹۸۷ ns	۱۱۲۵ ns
آبیاری	۲	۲/٤ ns	۲۱٤/۲ **	۱/۹۸ ns	۳۹۱۱٤۵ **	۱۹۱۷٤۵٦ **
خطای a	٦	۸/٤۲	۱۵/۱۲	۱/٤۲	۲٤۸۳٦	٤۵۸۷۹
تراکم	۳	۷/۵٤ *	۱۱/۱۵ *	۱/۱۱ *	۱۵٤۲۰۷ **	۱۸۹۵۲۲ **
تراکم × آبیاری	٦	۲/۲٤ ns	۲/۹۸ ns	۰/۱۷ ns	۱۱٤۵۹ ns	۹۸۵٤ ns
خطای b	۲۷	۲/۲۱	۲/٤۹	۰/۱٤	۹۸۷۹	۷٤۵۲
ضریب تغییرات (C.V.٪)		۱۰/٦	۱٤/۳	۱۰/٤	۱٦/۵	۱۵/٤

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، * معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ns غیر معنی‌دار.

جدول ٤: تجزیه واریانس اثر تراکم بوته بر صفات مورفولوژیک و عملکرد دانه نخود تحت سطوح مختلف آبیاری

منابع تغییرات (S.O.V.)	درجه آزادی(df)	پروتئین	محتوی رطوبت نسبی	شاخص کلروفیل	سوپر اکسید دیسموتاز	کاتالاز
		میانگین مربعات (M.S.)				
بلوک	۳	٤/۱۷ ns	۲۸۹ ns	۲۱٥٤ ns	٤٥۲۱ ns	۱۲۰۱ ns
آبیاری	۲	۳۹/۸٤ **	٤٥۱۲ **	۳۲٤٥٦ **	٤٥۳٥۹ **	۲۱٤۷۸**
خطای a	٦	٥/۲	۲۱۱	۲۹٦۸	٥٦۲٤	۲۰۱
تراکم	۳	۷/٥٤ ns	۲۲۱ ns	۲٤٥۸ *	٦۸٤ ns	۸۳/٦٥ ns
تراکم × آبیاری	٦	۲/۲٤ ns	٥۱/۱ ns	٤٥٤ ns	٥۱٤ ns	٦۸/٥ ns
خطای b	۲۷	۲/٤۱	٦٥/۱۲	۳٤۱	٤۸۹	۷۱/۸
ضریب تغییرات (C.V.٪)		۱۰/٦	۱۱/٤	۹/٥	۱٦/۱	۱٤/۳

**،*معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح احتمال ٥ درصد و ns غیر معنی‌دار.

جدول ٥: مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف آبیاری بر صفات اندازه گیری شده در نخود[1]

سطوح رژیم رطوبتی	تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	پروتئین دانه(درصد)	محتوی رطوبت نسبی برگ (درصد)	شاخص کلروفیل برگ	سوپر اکسید دیسموتاز (واحد در دقیقه به ازای میلی‌گرم پروتئین)	کاتالاز (واحد در دقیقه به ازای میلی‌گرم پروتئین)
بدون آبیاری	۱٥٥ b	۱۰٤۱ c	۲٦۳٤ c	۲٤/٥ a	٤۲/٥ b	۳۷٤ b	۲۰۱ a	۱۰۲/٥ a
آبیاری تکمیلی درمرحله گلدهی	۱٦٦ a	۱٦۰۲ a	۳۹۳۰ a	۲۱/٥ b	٦٤/۸ a	٦۱۳ a	۱۰۱ b	۷۱ b
آبیاری تکمیلی در مرحله تشکیل نیام	۱۷٤ a	۱۲۳٦ b	۳۲٥۹ b	۲۱/۲ b	۷۰/٥ a	٦۰٦ a	٦۱ c	٦٦/۳ b

ستون‌هائی که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد در آزمون چند دامنه‌ای دانکن نیستند.

جدول ٦: مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف تراکم بر صفات اندازه‌گیری شده در نخود[1]

تراکم بوته در مترمربع	تعداد روز تا ٥۰ درصد گلدهی	تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	شاخص کلروفیل برگ
۲۰	۱٤٤ a	۱٥۷ c	۳٥/۰۱ b	۱۱٤۹ c	۲۷۳٤ c	٥۰٥ b
۳۰	۱٤۰ ab	۱٦٥b	۳٦/۹۱ ab	۱۲٥۹ bc	۳۱٤۰ b	٥۱۸ ab
٥۰	۱۳٥ ab	۱٦۸ab	۳۷/۲۹ ab	۱۳٦۱ ab	۳۲٦۲ b	٥٤٤ ab
۷۰	۱۳۱ b	۱۷۰a	۳۸/۸۹ a	۱٤۰۲ a	۳۸٦۱ a	٥٥٦ a

ستون‌هائی که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد در آزمون چند دامنه‌ای دانکن نیستند.

ضرایب همبستگی صفات نشان داد که همبستگی معنی‌دار بین تعداد روزها تا رسیدگی فیزیولوژیک با افزایش محتوی نسبی برگ‌ها (*R^2 =۰/۷۱) و عملکرد دانه با شاخص کلروفیل (**R^2 =۰/۷٤) و عملکرد بیولوژیک (**R^2 =۰/۹۱) وجود داشت (جدول ۷). همچنین همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد بیولوژیک با تعداد روز تا ٥۰ درصد گلدهی (*R^2 =۰/٦۸) و رسیدگی (*R^2 =۰/٦٦) مشاهده شد.

جدول ۷: ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد بررسی

صفات									
تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	۰/۷۹**								
ارتفاع بوته	-۰/۲٤	-۰/۳۸							
عملکرد دانه	۰/٤۳	۰/٤۸	۰/۰۷						
عملکرد بیولوژیک	۰/٦۸*	۰/٦٦*	-۰/۱٦	۰/۹۱**					
پروتئین دانه	-۰/۵۲	-۰/۸۵**	۰/٤۲	-۰/۷۱**	-۰/۷۵**				
محتوی رطوبت نسبی برگ	۰/۲۱	۰/۷۱*	-۰/۳۷	۰/۵۰	۰/۵۰	-۰/۹۱**			
شاخص کلروفیل برگ	۰/٤٦	۰/۸۱**	-۰/۲۸	۰/۷٤**	۰/۷۷**	-۰/۹۷**	۰/۹۳**		
سوپر اکسید دیسموتاز	-۰/۲۹	-۰/۷٦**	۰/٤۲	-۰/٤۸	-۰/۵۱	۰/۹۳**	-۰/۹٦**	-۰/۹۲**	
کاتالاز	-۰/۲۰	-۰/۷۰*	۰/۳٤	-۰/۵٦	-۰/۵٤	۰/۹۲**	-۰/۹۷**	-۰/۹٤**	۰/۹۷**
	تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی	تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	ارتفاع بوته	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	پروتئین دانه	محتوی رطوبت نسبی برگ	شاخص کلروفیل برگ	سوپر اکسید دیسموتاز

*-۱ و **به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

بحث

در این مطالعه عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک تحت تاثیر فاکتورهای آبیاری و تراکم بوته قرار گرفتند. در تحقیق AnjamShoa و همکاران (۲۰۱۱) نیز تغییر در میزان آبیاری بوته‌های ارقام مختلف نخود در شرایط دیم اثر معنی‌دار بر صفات عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک داشت. در آزمایش Mirzaei Heydari و همکاران (۲۰۰۹) تغییر تراکم بوته‌های نخود (۳۰، ٤۲، ۵٤ و ٦٦ بوته در مترمربع) در شرایط دیم باعث ایجاد تغییرات معنی‌دار در عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک شد. در بررسی حاضر علی رغم عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطوح مختلف آبیاری، مقایسه میانگین سطوح مختلف فاکتور تراکم در صفت تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و ارتفاع بوته نشان داد که بین ۲۰ بوته در متر مربع و ۷۰ بوته در مترمربع بوته نخود تفاوت معنی‌دار وجود داشت. در این خصوص می‌توان اظهار داشت که در شرایط دیم به‌علت محدود بودن یکسری از عوامل محیطی نظیر رطوبت، انتظار می‌رود که مراحل نمو تحت تأثیر قرار گیرند و طول دورهٔ رشد گیاه کاهش یابد اما در این تحقیق به لحاظ اینکه تا این مرحله از رشد گیاه، تمامی شرایط محیطی برای هر دو محیط کرت‌های با آبیاری و کرت‌های دیم یکسان بوده و آبیاری بعد از اتمام این مرحله و شروع مرحلهٔ بعدی در کرت‌های مربوطه انجام گردید بنابراین نتایج بدست آمده تا حدودی می‌توانند منطقی می باشند ولی افزایش تراکم گیاهی بویژه در شرایط دیم به علت محدود شدن منبع رطوبتی و تشدید رقابت، موجب کوتاه‌تر شدن مراحل نمو در گیاهان تحت این شرایط می‌گردد.

در این تحقیق آبیاری در مرحله گلدهی به‌طور معنی‌داری طول دوره رشدی را نسبت به سطح شاهد (دیم) افزود. این نتیجه مشابه نتایج مطالعه برخی محققین دیگر در گیاه نخود می باشد (Ulemale et al., 2013; Ouji et al., 2016). البته باید عنوان نمود با وجود اینکه در شرایط آب و هوایی منطقه و در اواخر دورهٔ رشد نخود، دمای هوا بالا می‌رود و رطوبت قابل استفاده برای گیاه نیز کاهش می‌یابد گیاه نخود کم کم وارد مرحلهٔ رسیدگی می‌گردد اما انجام

آبیاری در اواخر دورهٔ رشد می‌تواند تا حدودی رسیدگی نخود را با توجه به رشد نامحدود بودن آن به تأخیر بیندازد.

بررسی اثرات تراکم بر صفت تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک بوته‌های نخود حاکی از آن بود که با افزایش تراکم بوته‌های نخود زودرس‌تر شدند به نحوی‌که افزایش تراکم بوته در واحد سطح از ۲۰ به ۷۰ بوته در متر مربع باعث کاهش معنی‌دار ۱۳ روزه در زمان رسیدگی بوته‌های نخود شد اما افزایش تراکم تا ۳۰ و ۵۰ بوته در متر مربع تغییر معنی‌دار حاصل ننمود. در این خصوص برخی محققین (Fallah et al., 2005; Raey et al., 2007) معتقدند که با افزایش تراکم، رقابت بین بوته‌ها جهت بدست آوردن نهاده‌های محیطی همانند آب، نور، مواد غذایی و ... افزایش یافته و این خود همانند برخی از اقسام تنش‌های محیطی می‌تواند بر رشد آن تاثیر بگذارد و باعث تسریع در پایان یافتن دوره رشدی بوته‌های نخود شود. این تحقیق نشان داد که تاثیر آبیاری بر ارتفاع بوته نخود معنی‌دار نبود. زیرا به نظر می‌رسد که آبیاری زمانی صورت گرفته است که بوته‌ها بخش اعظم رشد رویشی خود را انجام داده بودند اما مقایسه میانگین ارتفاع بوته در تراکم‌های مختلف نشان داد که تنها تراکم ۷۰ بوته در متر مربع با تراکم ۲۰ بوته در متر مربع تفاوت معنی‌دار داشت. در این زمینه می‌توان گفت که ارتفاع بوته بیشتر وابسته به ژنتیک گیاه است و کمتر تحت تاثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (Naseri et al., 2015). هر چند انتظار می‌رود با بالا رفتن تراکم به دلیلی رقابت برای نور ارتفاع گیاه افزایش یابد اما ظاهراً در این آزمایش رقابت شدیدی برای نور بین تراکم‌های ۲۰، ۳۰ و ۵۰ بوته در متر مربع وجود نداشته است.

نتایج همچنین نشان داد که بالا بودن عملکرد دانه در تیمار آبیاری در مرحله گلدهی نخود گویای نیاز رطوبتی این گیاه زراعی برای دستیابی به پتانسیل تولید است. از جانبی باید ذکر نمود که آبیاری تکمیلی در دوره گلدهی می‌تواند به تولید بیشتر تعداد دانه در بوته منجر شود. برخی محققین دیگر نیز به افزایش عملکرد دانه نخود با آبیاری در مرحله گلدهی اشاره داشته‌اند (Ghobadi et al., 2014; Dogan et al., 2013). در مطالعه Karimi و Fernia (۲۰۰۹) آبیاری در مرحله نیام‌دهی با تولید ۱۷۱۲ کیلوگرم در هکتار بیشترین و تیمار بدون آبیاری با ۱۰۶۰ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد دانه را دارا بود. در آزمایش فوق متوسط عملکرد دانه در تیمار آبیاری در مرحله نیام‌دهی و ۵۰ درصد گلدهی نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب معادل ۶۱/۴۷ و ۲۷/۰۱ درصد بود و افزایش عملکرد در شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به تیمار شاهد (شرایط دیم) به طور متوسط برابر ۴۶۸/۹ کیلوگرم در هکتار و معادل ۴۴/۲۴ درصد بدست آمد. در این خصوص می‌توان اظهار نمود که اعمال آبیاری باعث افزایش طول دوره رشد در بوته‌های نخود در شرایط دیم می‌گردد که به تبع آن با افزایش تعداد گره در گیاه روبه رو خواهیم شد و چون هر گره یک واحد عمل کننده در ارتباط با جذب کربن و رشد دانه است بنابراین افزایش سطح برگ در هر گره تولید کننده نیام، ممکن است به بهبود پتانسیل حقیقی تولید دانه در نخود منتهی شود (Karim Abadi et al., 2016). معلوم شده است که آبیاری برای رهاسازی گیاه زراعی ازتنش رطوبتی خاک در مراحل بحرانی رشد و نمو بویژه در شرایط دیم سبب افزایش چشمگیرعملکرد دانه نخود می‌شود (Gholami Zali et al., 2015). Pasandi و همکاران (۲۰۱۴) گلدهی وتشکیل غلاف را حساس‌ترین مراحل رشدی نخود نسبت به تنش آب برشمرده‌اند. به نظر می‌رسد کمبود آب در مراحل زایشی نخود با ریزش گل‌ها وغلاف‌ها سبب ممانعت از دستیابی به پتانسیل عملکرد می شود.

مقایسه میانگین سطوح مختلف فاکتور تراکم نیز مشخص ساخت که تراکم ۷۰ بوته در مترمربع بوته‌های نخود باعث تولید عملکرد دانه‌ای بیشتر نسبت به تراکم‌های ۲۰ و ۳۰ بوته در مترمربع شد. Naseriو همکاران (۲۰۱۵) نیز افزایش عملکرد نخود با افزایش تراکم را گزارش کرده و افزایش مذکور را به افزایش در جذب تشعشع خورشیدی در تراکم‌های بالاتر ربط دادند. همچنین می‌توان اظهار داشت که توسعه کانوپی محصول تحت تاثیر میزان آب قرار می‌گیرد و پوشش کامل در صورت قابل دسترس بودن آب بدست می‌آید. از آنجایی که میزان انرژی تشعشعی جذب شده توسط کانوپی در شرایط کم‌آبیاری کمتر است لذا مقدار تولید ماده خشک نیز در این حالت کاهش می‌یابد. دلیل این امر می‌تواند عدم توانایی گیاه در باز نگه داشتن روزنه‌های خود در شرایط کمی رطوبت خاک باشد که خود منجر به کاهش فعالیت فتوسنتزی شده و باعث کاهش سطح سبز گیاه می‌گردد. همچنین افزایش تنش خشکی در شرایط کمی رطوبت لایه‌های خاک بویژه در شرایط دیم بدون آبیاری گیاه مجبور می‌شود تا رطوبت مورد نیاز خود را از لایه‌های عمیق تر خاک که عناصر غذایی ضروری در آن‌ها کم است استخراج کند. بدین‌ترتیب گیاه دچار تنش عناصر غذایی می‌شود. مجموعه این عوامل باعث کاهش اندازه گیاه و کاهش ذخایر فتوسنتزی موجود در بخش‌های مختلف و وزن خشک گیاه می‌گردد. کاهش وزن اندام‌های هوایی و تولید فراورده های فتوسنتزی در نتیجه محدودیت آب توسط توسط Silva و همکاران (۲۰۱٤) نیز گزارش شده است.

در این بررسی مشابه نتایج آزمایش Ayaz و همکاران (۲۰۰۹) تاثیر افزایش تراکم بوته در بالا رفتن عملکرد بیولوژیک را شاهد بودیم. در این زمینه می‌توان عنوان نمود که افزایش در کل ماده خشک تولیدی در هنگام برداشت با کاهش یافتن فاصله بوته‌ها می‌تواند مربوط به افزایش تعداد بوته در واحد سطح و افزایش وزن ماده خشک در واحد سطح باشد (Mirzaei Heydari et al., 2009).

در مطالعه حاضر تیمار بدون آبیاری باعث افزایش درصد پروتئین در دانه شد. در مطالعه Jalilian وهمکاران (۲۰۰۵) درصد پروتئین دانه‌های نخود در شرایط دیم بیشتر از شرایط آبیاری بود به‌طوری‌که میزان پروتئین دانه در شرایط دیم و آبیاری به‌ترتیب ۲۳/۲۱ و ۲۱/٦۲ درصد بود. در مطالعه Shaban و همکاران (۲۰۱۲) که اثرات سطوح مختلف تنش خشکی (بدون تنش، تنش ملایم و تنش شدید) را بر برخی خصوصیات زراعی چهار رقم نخود مورد بررسی قرار دادند، مشاهده شد که میزان پروتئین دانه از ۱/٤۱ میلی گرم بر میلی‌لیتر در شرایط بدون تنش به ۱/۵۱ و ۱/٦٦ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر به‌ترتیب برای تیمارهای تنش ملایم و شدید خشکی افزایش معنی‌دار یافته است. بالاتر بودن درصد پروتئین در شرایط دیم نسبت به شرایط آبیاری می‌تواند مرتبط با کاهش طول دوره رشد و نمو در کرت‌های دیم باشد که موجب کاهش نسبت کربوهیدرات به پروتئین و در نتیجه افزایش درصد پروتئین در این کرت‌ها شده است.

از جمله نتایج این تحقیق بالا بودن محتوی رطوبت نسبی برگ در تیمار بدون آبیاری است. زیاد بودن میزان آب نسبی برگ و کم بودن سرعت از دست رفتن آب می‌تواند نشاندهنده سازگاری به خشکی باشد. در مطالعه Talebi و همکاران (۲۰۱۳) به‌منظور ارزیابی اثرات تنش خشکی بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیک ارقام مختلف نخود کرت‌های تحقیقاتی را در شرایط آبیاری کامل و شرایط تنش خشکی (شرایط دیم) قرار دادند. آن‌ها مشاهده نمودند بطور میانگین ۱۷ درصد از محتوی رطوبت نسبی

برگ‌های بوته‌های ارقام مختلف نخود کاسته شد. در تحقیق Mirzaei Heydari و همکاران (۲۰۰۹) نیز شاخص کلروفیل برگ ٦١٠ واحد براساس عدد spad در تیمار آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گلدهی و آبیاری در مرحله پر شدن دانه های نخود ٦٠٥ واحد ارزش بر اساس دستگاه SPAD بدست آمد، که بطور معنی‌دار برتر از شرایط بدون آبیاری تکمیلی یا دیم (۳۷۸ واحد) بودند. در مطالعه برخی محققین که اثر شرایط دیم و آبیاری کامل بر ارقام مختلف نخود را مورد بررسی قرار دادند میانگین شاخص پایداری کلروفیل و شاخص کل کلروفیل بر اساس واحد دستگاه SPAD در ارقام مختلف تحت شرایط آبیاری کامل به‌ترتیب ۲۵ و ۱۰ درصد بیشتر بود(Ulemale et al., 2013). تخریب کلروپلاست‌ها و تجزیه کلروفیل در اثر فعالیت آنزیم‌های کلروفیلاز و پراکسیداز از جمله عوامل موثر بر کاهش غلظت این رنگیزه در شرایط تنش کمبود آب محسوب می‌شود (Patel et al., 2011). افزایش تراکم نیز باعث افزایش شاخص کلروفیل برگ‌ها شد اما این افزایش در تراکم‌های ۳۰، ۵۰ و ۷۰ معنی‌دار نبود.

در آزمایش حاضر افزایش فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز در بوته‌های نخود در تیمار عدم انجام آبیاری تکمیلی دیده شد. Patel و Hemantaranjan (۲۰۱۲) نیز به‌منظور ارزیابی فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان در برخی ارقام نخود در شرایط تنش خشکی، بوته‌های این گیاه را در ۵۰ و ٦٥ روز پس از کاشت (قبل و بعد از گرده‌افشانی) تحت تنش خشکی قرار دادند. آن‌ها مشاهده نمودند که فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز در تمامی ارقام نخود به طور معنی‌داری افزایش یافت. در مطالعه Mohammadi و همکاران (۲۰۱۱) که اثرات تنش خشکی را بر خصوصیات فیزیولوژیک دو رقم نخود را مورد بررسی قرار دادند، مشاهده نمودند که ایجاد تنش خشکی در شرایط گلدهی باعث افزایش میزان فعالیت سوپر اکسید دیسموتاز به‌طور میانگین در هر دو رقم از ۷۰ به ۱۱۳ میلی‌گرم پروتئین بر دقیقه گردید. بطور کل افزایش فعالیت این آنزیم در برگ‌های نخود یک نقش اساسی در تبدیل یون‌های سوپر اکسید به H_2O_2 دارد که می‌تواند نمایانگر تحمل بیشتر بوته‌های نخود به شرایط تنش خشکی محسوب شود (Bhattacharjee, 2005). در مطالعه Macar و Ekmekci (۲۰۰۸) که اثرات تنش خشکی را بر میزان فعالیت این آنزیم در گیاه نخود مورد بررسی قرار داد مشاهده نمود که عدم آبیاری بوته‌های نخود ۲۰ روز پس از کاشت به‌مدت ۷ روز، بر فعالیت این آنزیم در گیاه افزوده نمود. علی‌رغم عدم تفاوت معنی‌دار بین سطوح مختلف فاکتور تراکم، مقایسه میانگین اثرات متقابل فاکتورهای مورد تحقیق نشان می دهد که بین تراکم‌های مختلف در سطوح آبیاری تکمیلی نیز تفاوت معنی‌دار مشاهده نمی شود. در مطالعه Patel و همکاران (۲۰۱۱) اثرات اِعمال تنش خشکی در مراحل قبل و بعد از گرده‌افشانی نسبت به شرایط بدون تنش را بر خصوصیات فیزیولوژیک چهار رقم نخود نشان داد که میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز در تیمارهای تنش خشکی در مرحله قبل از گلدهی و بعد از گلدهی به‌ترتیب ١٦٨ و ١٩٤ در مقابل ٥٦ و ٦٨ واحد میلی‌گرم پروتئین بر دقیقه بود که به ترتیب ۲۰۰ و ۱۸۵ درصد افزایش فعالیت از خود نشان دادند. در این مطالعه که اثرات تنش خشکی در قبل و بعد از گرده‌افشانی بر ارقام نخود صورت پذیرفت مشاهده شد که فعالیت آنزیم کاتالاز افزایش معنی‌دار یافته است. در مطالعه Mohammadi و همکاران (۲۰۱۱) که اثرات تنش خشکی را بر خصوصیات فیزیولوژیک دو رقم نخود مورد بررسی قرار دادند، مشاهده نمودند که ایجاد تنش خشکی در شرایط گلدهی باعث افزایش میزان فعالیت کاتالاز

به‌طور میانگین در هر دو رقم از ۵۹ به ۱۰۳ میلی گرم پروتئین بر دقیقه گردید. در این خصوص می‌توان عنوان نمود که تنفس نوری در برگ‌های نخود تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفته است (Luhova et al., 2003).

ضرایب همبستگی صفات نیز نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌دار بین تعداد روزها تا رسیدگی با افزایش محتوی نسبی برگ‌ها وجود دارد (R^2 =۰/۷۱*). این موضوع می‌تواند مبین آن باشد که با توجه به انجام آبیاری و به تبع آن افزایش محتوی رطوبت نسبی برگ در تیمارهای دریافت کننده آبیاری نسبت به تیمار بدون آبیاری، طول دوره رشد بوته‌های نخود افزایش یافته است. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد کل دانه با شاخص کلروفیل بیانگر آن است که فراهم شدن شرایط مطلوب محیطی مانند نور، رطوبت و عناصر غذائی به خصوص در فاز زایشی گیاه باعث می‌شود که گیاه مواد فتوسنتزی بیشتری را تولید نموده و با تخصیص این مواد به بخش‌های زایشی عملکرد دانه را به‌طور مستقیم افزایش دهد. با توجه به وجود همبستگی مثبت و بالای عملکرد بیولوژیک (ماده خشک کل) با عملکرد اقتصادی (عملکرد کل دانه) می‌توان اشاره نمود که رشد رویشی مناسب لازمه تولید دانه است. همچنین همبستگی مثبت عملکرد بیولوژیک با تعداد روز تا گلدهی و رسیدگی حکایت از این دارد که برای افزایش تولید اجزاء عملکرد، رشد رویشی مناسبی لازم است و شکل گیری اجزای عملکرد مطلوب نیز ماده خشک نهایی را افزایش می‌دهد.

نتیجه‌گیری نهایی

در این مطالعه بالاترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری در مرحله گلدهی با ۱۶۰۲ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار در شرایط دیم بدون آبیاری (شاهد یا کنترل) با ۱۰۱۴ کیلوگرم در هکتار بدست آمد و تراکم ۷۰ بوته در مترمربع بوته‌های نخود باعث تولید عملکرد دانه‌ای به مقدار ۱۴۰۲ کیلوگرم شد که نسبت به تراکم‌های ۲۰ و ۳۰ بوته در مترمربع به ترتیب با مقادیر ۱۱۴۹ و ۱۲۵۹ کیلوگرم در هکتار افزایش معنی‌دار از خود نشان داد اما با میزان تولیدی ۱۳۶۱ کیلوگرم در هکتار تحت تیمار ۵۰ بوته در متر مربع بوته نخود تفاوت معنی‌دار نداشت. لذا پیشنهاد می‌گردد جهت حصول به حداکثر عملکرد دانه در کشت نخود دیم پاییزه یک آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی اِعمال نمود و ۵۰ و ۷۰ بوته در مترمربع می‌توانند مطلوب‌ترین تراکم‌ها جهت کشت محسوب گردد.

References

Aebi, H. (1984). Catalase in vitro. Methods in Enzymology. 105: 121-126.

AnjamShoa, S., Moeinrad, H. and Ebrahimi, H. (2011). The effects if different irrigation levels on grain yield and yield components of four chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.) in Mashhad climatic condition. Iranian Journal of Pulses Research. 2(2): 69-82. (In Farsi).

Ayaz, S., McNeil, D.L., Mckenzie, B.A. and Hill, G.D. (2009). Population and sowing depth effects on yield components of grain legumes. Proceeding of Australian Agronomy Conference. 29: 9-15.

Benton, J. J. (1991). Kjeldahl method for nitrogen determination. Athens, GA: Micro-Macro Publishing. p. 79.

Bhattacharjee, S. (2005). Reactive oxygen species and oxidative burst: Roles in stress, senescence and signal transduction in plants. Current. 89(7): 1113-1121.

Dogan, E., Kahraman, A. and Bucak, B. (2013). Varying irrigation rates effect on yield and yield components of chickpea. Irrigation Science. 31(5): 903-909.

Fallah, S., Ehsanzadeh, P., and Daneshvar, M. (2005). Grain yield and yield components in three chickpea

Khani Karim Abadi, Y., Gholami Zali, A. and Esavand, H. R. (2016). Investigation of some physiological response and Chickpea cultivars yield to irrigation regimes and salinity. Crops and Fruits Production and Processing. 19(6):69-83.

Luhova, L., Lebeda, A., Hederrova, D. and Pec, P. (2003). Activities of amine oxidase, peroxidase and catalase in seedling of *pisum sativum* L. under different light conditions. Plant Soil Environment. 49: 151-157.

Macar, T.K. and Ekmekci, Y. (2008). PSII photochemistry and antioxidant responses of a chickpea variety exposed to drought. Naturforsch. 6:583-590.

Mafakheri, A., Siosemardeh, A., Bahramnejad, B., Struik, P. C. and Sohrabi, Y. (2011). Effect of drought stress and subsequent recovery on protein, carbohydrate contents, catalase and peroxidase activities in three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. Australian Journal of Crop Science. 5(10): 1255-1260.

Meidner, H. (1984). Class experiments in plant physiology. British Library Cataloguing in Publication Data, London.

Mirzaei Heydari, M., Nouri, M. and Khogami, H. (2009). The effects of plant density and irrigation levels on agronomic traits, leaf chlorophyll contents and light penetration in canopy bottom in Chickpea cultivars. Iranian Crop Science. 40(30): 113-121. (In Farsi)

Misra, H.P. and Fridorich, I. (1972). The generation of super oxide radical during auto oxidation. The Journal Biological Chemistry. 247: 6960-6969.

Mohammadi, A., Habibi, D., Rohami, M., and Mafakheri, S. (2011). Effect of drought stress on antioxidant enzymes activity of some chickpea cultivars. American-Eurasian Journal of Agriculture and Environment Science. 11(6): 782-785.

Naseri, R., Rahimi, M.J., Siyadat, S.A. and Mirzaei, A. (2015). The effects of supplementary irrigation and different plant densities on morphological traits, 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 Persian).

Ghobadi, M., Salahi, H. and Mansourifar, S. (2014). The effects of supplemental irrigation and N fertilizer application type on seed yield and yield components in Chickpea. Journal of Agricultural Science. 16(3): 585-598.

Gholami, Z., Ehsan Zadeh, P. and Razmjoo, J. (2015). Irrigation regimes effect on yield and yield components of chickpea cultivars in autumn and spring cultivation in Lorestan province. Iranian Journal of Crop Sciences. 46(1): 123-135.

Gill, S., and Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. Plant Physiology and Biochemistry. 48: 909-930.

Gunes, A., Inal, A. and Adak, M.S. (2008). Effect of drought stress implemented at pre- or post-anthesis stage on some physiological parameters as screening criteria in chickpea cultivars. Russian Journal of Plant Physiology. 55(1): 59-67.

Jalilian, J., Modarres Sanavi, S.A.M. and Sabaghpour, S.H. (2005). Effect of plant density and supplemental irrigation on yield, yield components and protein content of four chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under dry land conditions. Agricultural and Natural Resources Magazine. 12(5): 1-9.

Kanouni, H. (2016). Genetic variability, heritability, and interrelationships between seed yield and related components of chickpea genotypes under dryland conditions. Iranian Journal of Filed Crop Science. 47(1): 155-163.

Karimi, B. and Fernia, A. (2009). Investigating of agronomic traits, yield and yield components of chickpea cultivars with supplemental irrigation. Advance Science in Agriculture. 17: 83-90.

Cracoviensia. Series Botanica. 53(1): 47-56.

Roy, H., Biswas, P.K. and Achakzai, M.K. (2016). Effect of supplemental application of Nitrogen, irrigation and hormone on the yield and yield components of Chickpea. World Journal of Agricultural Sciences. 12(1): 70-77.

Shaban, M., Lak, M. and Rahmati Motlagh, Z. (2012). Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars to integrated application of Zinc nutrient with water stress. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 15(4): 1074-1082.

Shaban, M., Lak, M., Hamidvand, Y. and Rahmati Motlagh, Z. (2012). Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars to integrated application of Zinc nutrient with water stress. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 4(15):1074-1082.

Shamsi, K. (2010). The effect of sowing date and row spacing on yield and yield components on Hashem chickpea variety under rainfed condition. African Journal of Biotech. 9: 7-11.

Silva, L. L., Duarte, I. and Lourenço, E. (2014). Yield and water productivity of five chickpea varieties under supplemental irrigation in contrasting years. Irrigation Science. 32: 393.

Talebi, R., Ensafi, M.H., Baghebani, N., Karami, E. and Mohammadi, K. (2013). Physiological responses of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes to drought stress. Environmental and Experimental Biology. 11: 9-15.

Ulemale, C.S., Mate, S.N. and Deshmukh, D.V. (2013). Physiological indices for drought tolerance in Chickpea (*Cicer arietinum* L.). World Journal of Agricultural Sciences. 9(2): 123-131.

yield and its components and protein content of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Sirvan region in Ilam province. Iranian Journal of Pulses Research. 6(1): 78-91.

Ouji, A., El-Bok, S., Mouelhi, M., Ben Younes, M. and Kharrat, M. (2016). Yield and yield components of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) as influenced by supplemental irrigation under semi-arid region of Tunisia. World Journal of Agricultural Research. 4(5): 153-157.

Pasandi, M., Janmohammadi, M. and KarimZadeh, R. (2014). Evaluation of genotypic response of Kabuli Chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars to irrigation regimes in northwest of Iran. Agriculture. 60(1): 22-300.

Patel, P.K. and Hemantaranjan, A. (2012). Antioxidant defense system in chickpea (*Cicer arietinum* L.) Influence by drought stress implemented at pre and post anthesis stage. American Journal of Plant Physiology. 7(4): 164-173.

Patel, R.K. and Hemantaranjan, A. (2013). Differential sensitivity of chickpea genotypes to salicylic acid and drought stress during pre-anthesis: effects on total chlorophyll, phenolics, seed protein and protein profiling. The Bioscan. 8(2): 569-574.

Patel, R.K., Hemantaranjan, A., Sarma, B.K. and Singh, R. (2011). Growth and antioxidant system under drought stress in Chickpea (*Cicer arietinum* L.) as sustained by salicylic acid. Journal of Stress Physiology and Biochemistry. 7(4):130-144.

Raey, Y., Demaghsi, N. and Seied Sharifi, R. (2007). Effect of different levels of irrigation and plant density on grian yield and its components in chickpea (*Cicer arietinum* L.) Deci type cv. Kaka. Iranian Journal of Crop Science. 9(4): 371-381.

Rahbarian, R., Khavarinejad, R. and Ganjali, A. (2011). Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water relations in tolerant and susceptible chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. Acat Biol.