تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد پانزدهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۱

http://dx.doi.org/ 10.22077/escs.2020.3714.1892

مقاله پژوهشی

تأثیر رژیم آبیاری و تراکم کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.)

ناصر مجنون‌حسینی[1*]، محمدباقر غلامی[2]، اسماعیل افشون[3]، محمدرضا جهانسوز[1]، احسان ربیعیان[4]

۱. استاد زراعت، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران
۲. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران
۳. دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران
۴. دانشجوی دکتری اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
تراکم بوته
تنش کم‌آبی
عملکرد
نخود
وزن هزار دانه

تاریخ دریافت:
۱۳۹۹/۰۶/۲۴

تاریخ پذیرش:
۱۳۹۹/۰۸/۱۲

تاریخ انتشار:
بهار ۱۴۰۱

۱۵(۱): ۶۷-۷۸

چکیده

به‌منظور بررسی رژیم آبیاری و تراکم کاشت بر برخی از ویژگی‌های زراعی نخود، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه آموزشی پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج)، در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. رژیم آبیاری به‌عنوان عامل اصلی در هشت سطح شامل A1: آبیاری کامل در تمام مرحله رشدی، A2: آبیاری کامل تا مرحله دانه‌بندی و سپس قطع آبیاری، A3: آبیاری کامل تا مرحله غلاف دهی و سپس قطع آبیاری، A4: آبیاری کامل تا مرحله گلدهی و سپس قطع آبیاری، A5: کم‌آبیاری (۵۰ درصد آبیاری کامل) در تمام مرحله رشدی، A6: کم‌آبیاری تا مرحله دانه‌بندی و سپس قطع آبیاری، A7: کم‌آبیاری تا مرحله غلاف دهی و سپس قطع آبیاری، A8: کم‌آبیاری تا مرحله گلدهی و سپس قطع آبیاری و تراکم در سه سطح (۳۰، ۴۰ و ۵۰ بوته در مترمربع) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج کلی نشان داد که افزایش سطوح تنش خشکی منجر به کاهش صفات موردمطالعه و درنهایت عملکرد دانه نخود (رقم ILC 48) شد؛ همچنین افزایش تراکم تا ۴۰ بوته در مترمربع، باعث افزایش مقدار ماده خشک تولیدی در واحد سطح و درنهایت بهبود اجزاء عملکرد و عملکرد دانه شد. بیشترین عملکرد دانه (۲۸۹۲ کیلوگرم در هکتار) و شاخص برداشت (۵۲ درصد) در تیمار آبیاری کامل در تمام مراحل رشدی و کمترین میزان آن‌ها (۱۰۷۵ کیلوگرم در هکتار و ۴۰/۰۴۳ درصد)، در تیمار کم‌آبیاری تا مرحله گلدهی و سپس قطع آبیاری به دست آمد.

مقدمه

کل سطح برداشت محصولات زراعی ایران در سال ۹۶-۱۳۹۵، ۱۱ میلیون هکتار بوده و سطح برداشت حبوبات حدود ۸۰۰ هزار هکتار یعنی ۷/۲۷ درصد برآورد شده است و در این میان، نخود در جایگاه نخست حبوبات قرار دارد. تولید حبوبات و نخود ایران در سال یادشده حدود ۷۰۰ و ۲۷۷ هزار تن گزارش شد، درحالی‌که سطح برداشت نخود در جهان حدود ۱۸ میلیون هکتار برآورد شده است (FAOSTAT, 2018).نخود در دامنه وسیعی از شرایط آب‌وهوایی از نواحی نیمه‌گرمسیری تا مدیترانه‌ای غرب آسیا، شمال آفریقا و نیز جنوب و جنوب غربی اروپا رشد می‌کند (Toker et al., 2007).

تنش خشکی و گرما، بحرانی‌ترین تنش‌های محیطی هستند که اثر منفی بر تولید محصول دارند (Rahbarian et al., 2011). پاسخ‌های گیاهان به تنش آبی، بسته به‌شدت و دوره القای تنش، متفاوت است. تنش خشکی شدید به‌واسطه کاهش جذب آب توسط ریشه‌ها، منجر به اخلال در انتقال شیره پرورده در آوند آبکش می‌شود که درنهایت منجر به کاهش جذب مواد غذایی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت

* نگارنده پاسخگو: ناصر مجنون حسینی. پست الکترونیک: mhoseini@ut.ac.ir

می‌گردد (Armand et al. 2016). حساس‌ترین دوره رشدی نخود نسبت به کمبود رطوبت اواخر دوره رشد رویشی تا مرحله رسیدگی (Ganjali and Nezami, 2008) و حساس‌ترین مراحل رشدی آن به تنش خشکی زمان گلدهی و تشکیل غلاف است؛ این تنش در مرحله گلدهی با کاهش باروری گل‌ها، باعث کاهش تعداد دانه در بوته خواهد شد (Nayy et al., 2006) ریزش گل‌ها، نیام‌ها و تعداد غلاف در بوته لوبیا (Boutraa & Sanders, 2001)، کاهش تعداد غلاف (Zhang et al., 2000)، کاهش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک (Mousavi et al., 2010)، کاهش عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد غلاف در بوته و شاخص برداشت (Raei et al., 2008) در بوته نخود به‌واسطه تنش خشکی قبلاً گزارش شده است.

یکی از مهم‌ترین عوامل مدیریتی بر گیاهان زراعی که عملکرد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد، تراکم بوته است. انتخاب تراکم مناسب بوته باید بر اساس عوامل محیطی ازجمله رقم، هدف کشت، رقابت علف‌های هرز، اندازه بذر، تراکم بوته، زاویه برگ و ظرفیت تولیدی محیط رشد صورت گیرد (Khajehpour, 2008). در بررسی‌های پیشین بیشترین عملکرد دانه نخود از تراکم ۳۳، ۶۴ و ۷۰ بوته در مترمربع به ترتیب در اسلام‌آباد غرب (Jalilian et al., 2005)، اردبیل (Raei et al., 2008) و گنبدکاووس (Barzali, 2018) گزارش شد. با توجه به مطالب ذکرشده، این تحقیق به‌منظور بررسی اثرات سطوح مختلف آبیاری و تراکم کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود در کرج اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه آموزشی و پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرج با ارتفاع ۱۳۲۱ متر از سطح دریا و طول و عرض جغرافیایی به ترتیب ۵۱ درجه شرقی و ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی اجرا شد. این منطقه دارای آب‌وهوای گرم و خشک با میانگین بارندگی ۳۳ سالهٔ حدود ۲۴۸ میلی‌متر است. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش.

Table 1. Some Physical and chemical soil properties of the experimental site

عمق نمونه‌برداری Depth	پتاسیم قابل‌جذب Available K	فسفر قابل‌جذب Available P	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC	بافت خاک Soil texture	شن Sand	لوم Silt	رس Clay	کربن آلی OC	نیتروژن کل **Total N**
cm	--------- mg kg^{-1} ----------			dS m^{-1}		---------- % ----------				
0-30	125	8.3	8.4	0.97	Clay Loam	25	44	31	0.76	0.09

این آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. آبیاری به‌عنوان عامل اصلی در هشت سطح شامل A1: آبیاری کامل در تمام مرحله رشدی، A2: آبیاری کامل تا مرحله دانه‌بندی و سپس قطع آبیاری، A3: آبیاری کامل تا مرحله غلاف دهی و سپس قطع آبیاری، A4: آبیاری کامل تا مرحله گلدهی و سپس قطع آبیاری، A5: کم‌آبیاری (۵۰ درصد آبیاری کامل) در تمام مرحله رشدی، A6: کم‌آبیاری تا مرحله دانه‌بندی و سپس قطع آبیاری، A7: کم‌آبیاری تا مرحله غلاف دهی و سپس قطع آبیاری، A8: کم‌آبیاری تا مرحله گلدهی و سپس قطع آبیاری و تراکم در سه سطح (۳۰، ۴۰ و ۵۰ بوته در مترمربع) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. زمین موردنظر که در سال قبل آیش بود، شخم زده شد و سپس دو بار دیسک عمود برهم انجام گرفت. نخود مورداستفاده در این آزمایش رقم ILC 482 (تیپ رشد بوته‌ای و دانه ریزتر از سایر ارقام نخود است و در کشت پاییزه مقاومت بالایی نسبت به بیماری برق‌زدگی و فوزاریم از خود بروز می‌دهد) بود. کاشت در تاریخ ۱۵ اسفندماه سال ۱۳۹۴ به‌وسیله دست انجام شد. هر کرت شامل شش ردیف کاشت به طول ۴ متر، فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر، فاصله بوته روی ردیف بر اساس تراکم ۳۰، ۴۰ و ۵۰ بوته در مترمربع به ترتیب ۶/۶، ۵ و ۴ سانتی‌متر بود. فاصله بین کرت‌های فرعی نیم متر و بین کرت‌های اصلی یک متر در نظر گرفته شد. توسط شیار بازکن دستی، شیارهای در یک سمت پشته‌ها ایجاد شد و

سپس بذرها در یک سمت پشته به عمق حدود ۳ سانتی‌متر کاشته شدند. در هر کپه دو عدد بذر کاشته شد که در مرحله ۴ برگی همراه با اولین وجین یک بوته باقی ماند و بقیه حذف شدند. کوددهی بر اساس آزمون خاک (۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن از منبع اوره، ۱۰۰ کیلوگرم کود فسفات از منبع سوپر فسفات و ۲۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم) قبل از کاشت انجام شد

جهت برآورد نقطهٔ ظرفیت زراعی و نقطهٔ پژمردگی دائم، از دستگاه صفحه فشاری (مدل ۵۰۵، امریکا) استفاده شد و میزان رطوبت خاک در این نقاط محاسبه شدند. بر این اساس میزان رطوبت خاک در ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم به ترتیب ۲۵/۳۸ و ۱۲/۳ درصد به دست آمد. با توجه به نمونه‌برداری، جرم مخصوص ظاهری خاک ۱/۳۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب تعیین شد. برای محاسبه مقدار آب موردنیاز در هر نوبت آبیاری از رابطه ۱ استفاده گردید (Alizadeh, 2004).

$$Dn=[(FC-PWP)/100]\ \rho b.\ Dr.\ F \qquad [۱]$$

که در آن، DN مقدار آب در هر آبیاری (mm)، FC درصد وزنی رطوبت خاک در نقطه ظرفیت زراعی، PWP درصد وزنی رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم، ρb جرم مخصوص ظاهری خاک ($gr.cm^{-3}$)، Dr عمق مؤثر ریشه (mm) و F ضریب تخلیه رطوبت خاک (درصد) هستند.

به‌منظور تشخیص زمان آبیاری از دستگاه رطوبت‌سنج خاک Delta, T (مدل HD2، آلمان) استفاده شد. اندازه‌گیری رطوبت خاک تا عمق توسعه ریشه (۳۰ سانتی‌متر) انجام گرفت و آبیاری به‌صورت قطره‌ای اعمال گردید. اولین آبیاری بعد از کاشت انجام شد و مابقی آبیاری‌ها طبق تیمارها صورت گرفت. طی دوره رشد مبارزه با علف‌های به‌طور مداوم به روش وجین دستی انجام گرفت. در مرحله رسیدگی (تاریخ ۲۰ خرداد)، از هر کرت تعداد ۱۰ بوته به‌صورت تصادفی انتخاب و صفات ارتفاع بوته، تعداد غلاف و دانه در بوته، تعداد دانه در غلاف و عملکرد تک بوته اندازه‌گیری شد. برای تعیین عملکرد دانه در هکتار، ردیف‌های حاشیه و یک متر از دو طرف ردیف‌های وسط حذف و بقیه برداشت شدند. بوته‌های برداشت‌شده به آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد انتقال و به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و سپس وزن دانه‌ها و بوته‌ها توزین شدند. شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک محاسبه شد.

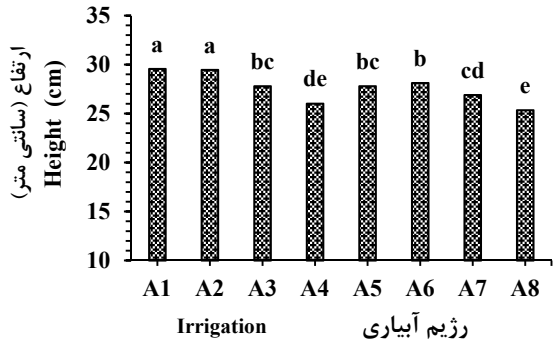
محاسبات آماری

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹,۴) و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت و رسم نمودارها با نرم‌افزار اکسل انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

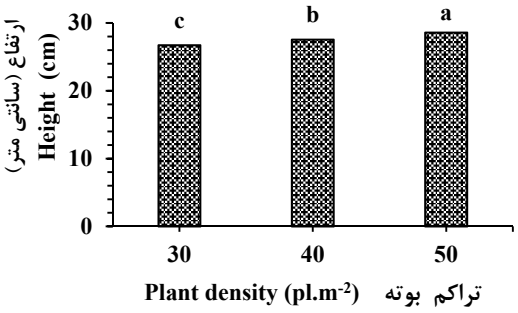
نتایج نشان داد اثر ساده تیمار رژیم آبیاری و تراکم گیاه بر ارتفاع بوته در سطح احتمال ۱ درصد ازنظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین سطوح آبیاری بر ارتفاع نخود نشان داد که بیشترین میزان آن (۲۹/۵۵ سانتی‌متر) در تیمار آبیاری کامل در تمام مراحل رشدی به دست آمد، البته بین این تیمار و تیمار آبیاری کامل تا مرحله دانه‌بندی و سپس قطع آبیاری اختلاف معنی‌داری دیده نشد. کمترین میزان ارتفاع نخود (۲۵/۳۳ سانتی‌متر) در تیمار کم‌آبیاری تا مرحله گلدهی و سپس قطع آبیاری، به دست آمد (شکل ۱).



شکل ۱. تأثیر رژیم آبیاری بر ارتفاع بوته. A1 =آبیاری کامل در تمام مرحله رشدی، A2 =قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی، = A3قطع آبیاری در مرحله غلاف‌بندی، = A4 قطع آبیاری در مرحله گلدهی، A5 =کم آبیاری(۵۰ درصد آبیاری کامل در تمام مرحله رشدی)، A6 =کم آبیاری و سپس قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی، A7 =کم آبیاری و سپس قطع آبیاری در مرحله غلاف‌بندی ، = A8کم آبیاری و سپس قطع آبیاری در مرحله گلدهی. اعداد با حروف مشابه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند

Fig.1. Effect of irrigation regime on plant height. A1=full irrigation at all growth stages, A2= irrigation to grain filling and then cut, A3= irrigation to podding and then cut, A4= irrigation to flowering and then cut, A5= 50% of full irrigation at all growth stages, A6= 50% of full irrigation to grain filling and then cut, A7= 50% of full irrigation to podding and then cut and A8= 50% of full irrigation to flowering and then cut. The numbers with the same letters are not significantantly different.

همچنین مقایسه میانگین بین تراکم‌های مختلف نشان داد که میزان ارتفاع بوته با افزایش تراکم بیشتر شده به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع در تراکم ۵۰ بوته در مترمربع (۲۸/۵۸ سانتی‌متر) و کمترین میزان ارتفاع (۲۶/۷ سانتی‌متر) در تراکم ۳۰ بوته در مترمربع به دست آمد (شکل ۲). بومسما و وین (Boomsma and Vyn, 2008)، گزارش کردند که کم‌آبیاری توسعه و تقسیم سلول را کاهش داده و درنتیجه منجر به کاهش ارتفاع گیاهان می‌شود. با افزایش تراکم، رقابت برای جذب نور افزایش یافت و از این طریق موجب افزایش ارتفاع بوته در گیاه نخود شد.

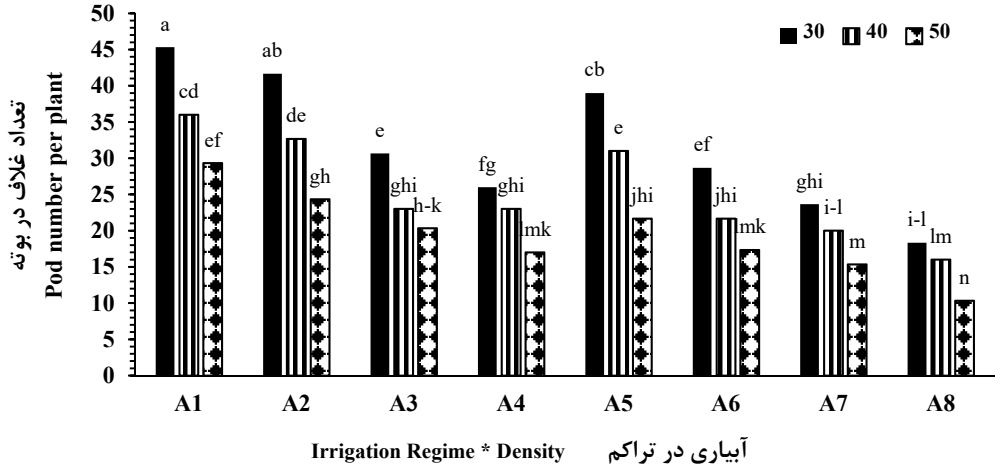


شکل ۲. تأثیر تراکم بوته بر ارتفاع بوته.
Fig. 2. Effect of plant density on plant height

تعداد غلاف در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل آبیاری در تراکم بوته بر تعداد غلاف در بوته نخود در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین ارتفاع بوده (۴۵/۳۳ سانتی-متر) در تیمار آبیاری کامل و تراکم ۳۰ بوته در مترمربع حاصل شد (شکل ۳).

در تراکم‌های بالاتر از حد مطلوب، ازیک‌طرف تشدید رقابت بین بوته‌ها برای آب و مواد غذایی و از طرف دیگر اعمال تنش خشکی در این تراکم‌ها مزید بر علت شده و موجب کاهش در تولید مواد فتوسنتزی به‌واسطه کاهش سطح برگ و ریزش غلاف‌ها به علت کمبود مواد غذایی می‌گردد؛ در چنین شرایطی تعداد اندام‌های زایشی و عملکرد بوته کاهش خواهد یافت. در یک مطالعه بر روی گیاه نخود گزارش شد که در طی تنش خشکی به دلیل عدم تکامل غلاف‌ها، تعداد آن‌ها در بوته کاهش خواهد یافت (Behboudian et al., 2001).



شکل ۳. اثر سطوح رژیم آبیاری و تراکم بوته (۳۰، ۴۰ و ۵۰ بوته در متر مربع) بر تعداد غلاف. A1 =آبیاری کامل در تمام مرحله رشدی، A2 =قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی، A3 =قطع آبیاری در مرحله غلاف‌بندی، = A4 قطع آبیاری در مرحله گلدهی، = A5کم آبیاری(۵۰ درصد آبیاری کامل در تمام مرحله رشدی)، A6 =کم آبیاری و سپس قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی، A7 =کم آبیاری و سپس قطع آبیاری در مرحله غلاف‌بندی ، A8 =کم آبیاری و سپس قطع آبیاری در مرحله گلدهی. اعداد با حروف مشابه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند

Fig. 3. Effect of irrigation regime and plant density (30,40 and 50 pl.m-2) on pod number per plant. A1=full irrigation at all growth stages, A2= irrigation to grain filling and then cut, A3= irrigation to podding and then cut, A4= irrigation to flowering and then cut, A5= 50% of full irrigation at all growth stages, A6= 50% of full irrigation to grain filling and then cut, A7= 50% of full irrigation to podding and then cut and A8= 50% of full irrigation to flowering and then cut.The numbers with the same letters are not significantantly different.

جدول ۲. میانگین مربعات عملکرد و اجزای عملکرد نخود تحت تأثیر رژیم آبیاری و تراکم کاشت

Table 2. Mean squares for yield and yield components of chickpea as affected by irrigation regime and plant density

S.O.V منابع تغییر	درجه آزادی df	ارتفاع Length	تعداد غلاف در بوته Pod per Plant	تعداد دانه در غلاف Seed perPod	تعداد دانه در بوته Seed per Plant	وزن هزار دانه 1000-seed Weight
تکرار Replication	2	0.3472^{ns}	4.18 ^{ns}	0.00013 ^{ns}	2.26 ^{ns}	2.85 ^{ns}
رژیم آبیاری Irrigation Regime (I)	7	20.25**	486.12**	0.09067**	909.31**	7527.92**
خطای اول Ea	14	۰0.9980	5.72	0.00107	3.64	23.04
تراکم بوته Density (D)	2	21.18**	894.43**	0.06693**	1139.08**	1419.47**
آبیاری* تراکم بوته D * I	14	0.7837^{ns}	14.44*	0.00067^{ns}	14.21**	43.81**
خطای دوم Eb	32	1.104	5.79	0.00066	4.91	14.18
ضریب تغییرات CV%		*3.8*	*9.43*	*2.22*	*7.68*	*1.43*

Table 2. Continued **جدول ۲. ادامه**

S.O.V منابع تغییر	درجه آزادی df	عملکرد تک بوته Seed Yield of single plant	عملکرد دانه در هکتار Seed Yield per hectare	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest Index
تکرار Replication	2	0.2082^{ns}	14919.1 ^{ns}	100200.89 ^{ns}	5.09 ^{ns}
رژیم آبیاری Irrigation Regime (I)	7	43.42**	3609856.2 **	8995567.22**	180.98**
خطای اول Ea	14	0.3525	9708.13	54805.34	6.22
تراکم بوته Density (D)	2	36.09**	110485.92**	638416.48**	122.17**
آبیاری* تراکم بوته D * I	14	0.4337^{ns}	13252.41^{ns}	126405.83**	4.22^{ns}
خطای دوم Eb	32	0.2913	10993.04	45637.59	2.26
ضریب تغییرات CV%		*9.31*	*5.26*	*5.02*	*3.26*

Ns غیر معنی‌داری، * و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد Ns,* and**: Significant at 5 and 1%, respectively

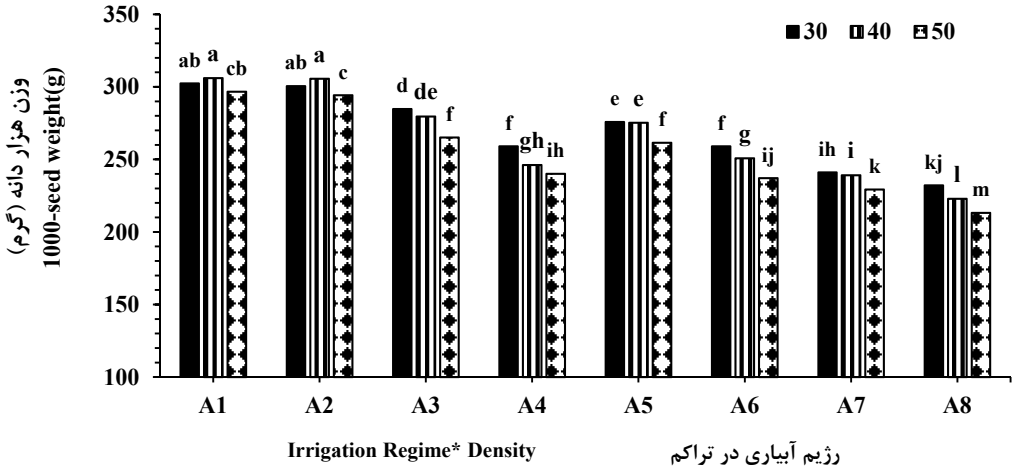
وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر رژیم آبیاری و اثر متقابل رژیم آبیاری در تراکم بر وزن هزار دانه نخود در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین وزن هزار دانه نخود (۳۰۶ گرم) از تراکم ۴۰ بوته در مترمربع از تیمار آبیاری کامل در تمام مراحل رشدی و کمترین آن (۲۱۳/۱ گرم) از تیمار کم‌آبیاری تا مرحله گلدهی و سپس قطع آبیاری در تراکم ۵۰ بوته در مترمربع حاصل شد (شکل ۴).

در طی تنش خشکی به علت محدود شدن فرایند فتوسنتز در گیاه، اختلال در انتقال شیره پرورده به دانه و همچنین کوتاهی طول دوره پر شدن آن رخ خواهد داد. در این شرایط محدود

رطوبتی، اگر عامل نامطلوب دیگری مانند تراکم‌های بالا وجود داشته باشد به دلیل تشدید کمبود آب و مواد غذایی، اندازه دانه و وزن آن‌ها بیش‌ازپیش تحت تأثیر قرار خواهند گرفت و موجب کاهش تعداد دانه و چروک شدن آن‌ها خواهد شد.

کاهش وزن صد دانه لوبیا در واکنش به تنش خشکی نیز توسط مولینا و همکاران (Molina et al., 2001) گزارش شده است.

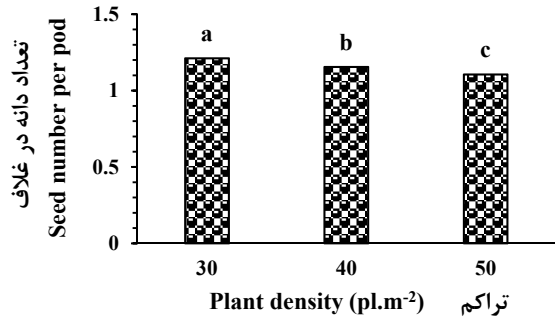


شکل ۴. اثر سطوح رژیم آبیاری و تراکم بوته (۳۰، ۴۰ و ۵۰ بوته در متر مربع) بر وزن هزار دانه. A1 =آبیاری کامل در تمام مرحله رشدی، A2 =قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی، A3 =قطع آبیاری در مرحله غلاف‌بندی ، = A4 قطع آبیاری در مرحله گلدهی، = A5کم آبیاری(۵۰ درصد آبیاری کامل در تمام مرحله رشدی)، A6 =کم آبیاری و سپس قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی، A7 =کم آبیاری و سپس قطع آبیاری در مرحله غلاف‌بندی ، A8 =کم آبیاری و سپس قطع آبیاری در مرحله گلدهی. اعداد با حروف مشابه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند

Fig.4. Effect of irrigation regime and plant density (30,40 and 50 pl.m^{-2}) on 1000- seed weight. A1=full irrigation at all growth stages, A2= irrigation to grain filling and then cut, A3= irrigation to podding and then cut, A4= irrigation to flowering and then cut, A5= 50% of full irrigation at all growth stages, A6= 50% of full irrigation to grain filling and then cut, A7= 50% of full irrigation to podding and then cut and A8= 50% of full irrigation to flowering and then cut. The numbers with the same letters are not significantantly different.

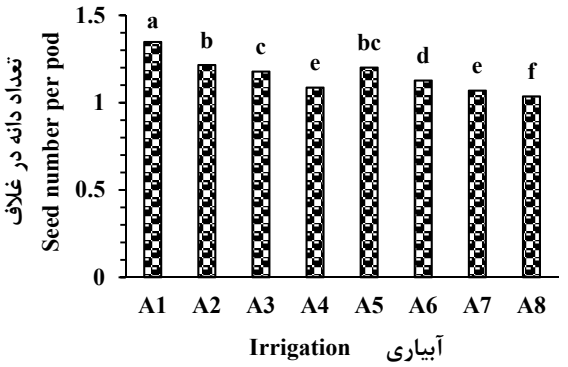
تعداد دانه در غلاف

اثر ساده رژیم آبیاری و تراکم بر تعداد دانه در غلاف نخود در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین میزان تعداد دانه در غلاف (۱/۳) در تیمار آبیاری کامل در تمام مراحل رشدی (A1) به دست آمد و کمترین میزان آن (۱/۰۳) در تیمار کم‌آبیاری تا مرحله گلدهی و سپس قطع آبیاری (A8)، حاصل شد (شکل ۶). همچنین مقایسه میانگین بین تراکم‌های مختلف نشان داد که با افزایش تراکم از میزان تعداد دانه در غلاف کاسته شده است (شکل ۵).



شکل ۵. تأثیر تراکم بوته بر تعداد دانه در غلاف

Fig. 5. Effect of plant density on seed number per pod



شکل ۶. تأثیر رژیم آبیاری بر تعداد دانه در غلاف. A1 =آبیاری کامل در تمام مرحله رشدی، A2 =قطع آبیاری در مرحله دانه بندی، A3 =قطع آبیاری در مرحله غلاف‌بندی ، = A4 قطع آبیاری در مرحله گلدهی، A5 =کم آبیاری(۵۰ درصد آبیاری کامل در تمام مرحله رشدی)، A6 =کم آبیاری و سپس قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی، A7 =کم آبیاری و سپس قطع آبیاری در مرحله غلاف-بندی ، A8 =کم آبیاری و سپس قطع آبیاری در مرحله گلدهی. اعداد با حروف مشابه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند

Fig.6. Effect of different irrigation regime on seed number per pod. A1=full irrigation at all growth stages, A2= irrigation to grain filling and then cut, A3= irrigation to podding and then cut, A4= irrigation to flowering and then cut, A5= 50% of full irrigation at all growth stages, A6= 50% of full irrigation to grain filling and then cut, A7= 50% of full irrigation to podding and then cut and A8= 50% of full irrigation to flowering and then cut The numbers with the same letters are not significantantly different

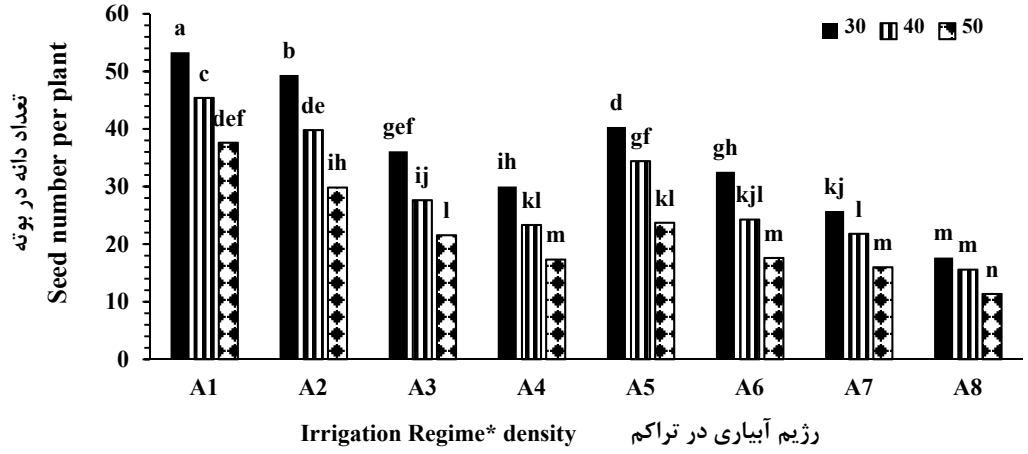
در طی تنش خشکی به دلیل بسته شدن روزنه‌ها و به دنبال آن کاهش در انتقال دی‌اکسید کربن به داخل برگ‌ها ونیز کاهش در تشعشعات فعال فتوسنتزی دریافتی به سبب کاهش در سطح برگ، منجر به کاهش تولید ماده خشک در بوته شده و درنتیجه تعداد دانه‌های پوک و نارس را در گیاه افزایش می‌یابد (Terzi et al., 2010). همچنین در تراکم-های بالاتر به دلیل سایه‌اندازی و همچنین تشدید رقابت بین بوته‌ها، مواد غذایی کمتری به اندام‌های زایشی خواهد رسید و این کمبود منجر به کاهش تقسیم و توسعه سلول‌ها و درنهایت کاهش تعداد و اندازه دانه‌ها خواهد شد. برخلاف نتایج این پژوهش، تانگوانا و اوگولا (Thangwana and Ogola, 2012) گزارش کردند که تراکم تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در غلاف نخود نداشته است.

تعداد دانه در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل رژیم آبیاری در تراکم بر تعداد دانه در بوته نخود در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین میزان تعداد دانه (۵۳/۳۲ عدد) در بوته نخود در تیمار آبیاری کامل در تمام مراحل رشدی در تراکم ۳۰ بوته در مترمربع و کمترین میزان آن (۱۱/۳۴ عدد) در تیمار کم‌آبیاری تا مرحله گلدهی و سپس قطع آبیاری در تراکم ۵۰ بوته در مترمربع حاصل شد (شکل ۷). به نظر می‌رسد که نخود در طی تنش خشکی و تراکم بالاتر از حد مطلوب (در این تحقیق ۵۰ بوته در مترمربع)، با تنش بسیار شدیدی ازلحاظ آب و مواد غذایی مواجه شده و درنتیجه اندام‌های زایشی به‌شدت کاهش یافته است. کاهش وزن و تعداد دانه در بوته نخود با افزایش تنش خشکی قبلاً گزارش شده است (Pang et al., 2017).

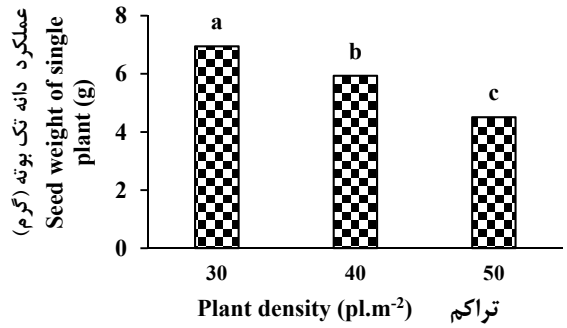
عملکرد تک بوته

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده سطوح رژیم آبیاری و تراکم بوته بر عملکرد تک بوته در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد تک بوته نخود نشان داد که بیشترین میزان عملکرد تک بوته (۹/۸ گرم) در آبیاری کامل در تمام مراحل رشدی و کمترین میزان آن (۳/۰۵ گرم) در تیمار کم‌آبیاری تا مرحله گلدهی و سپس قطع آبیاری، حاصل شد (شکل ۸). همچنین مقایسه میانگین بین تراکم‌های مختلف نشان داد که با افزایش تراکم از میزان عملکرد تک بوته به سبب افزایش رقابت بین بوته‌ها و کاهش تولید غلاف و دانه در بوته، کاسته شده است (شکل ۹). در شرایط نرمال رطوبتی، گیاه با تولید سطح برگ مطلوب توانسته است که تعداد مخزن‌های فعال بیشتری تولید کند و از این طریق موجب افزایش عملکرد دانه در تک بوته‌ها شود. در تراکم ۳۰ بوته در مترمربع به دلیل رقابت کمتر بین بوته‌ها در کارایی تک بوته اختلال ایجاد نگردیده و درنتیجه بالاترین عملکرد تک بوته (۶/۹۴ گرم) در این تراکم با اختلاف معنی‌داری نسبت به سایر تراکم‌ها به‌دست‌آمده است. این نتایج با نایم و همکاران (Naim et al., 2017) در مورد کاهش عملکرد تک بوته نخود با افزایش سطوح تنش خشکی و افزایش تراکم همخوانی دارد.



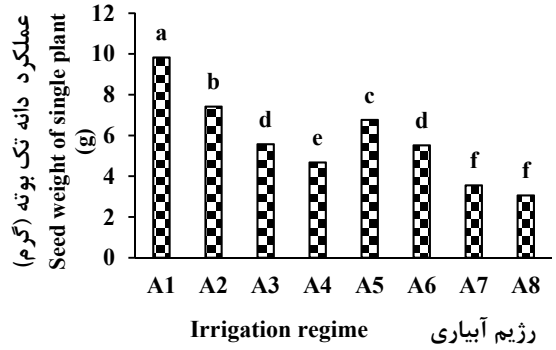
شکل ۷. اثر سطوح رژیم آبیاری و تراکم بوته (۳۰، ۴۰ و ۵۰ بوته در متر مربع) بر تعداد دانه در بوته. A1 =آبیاری کامل در تمام مرحله رشدی، A2 =قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی، A3 =قطع آبیاری در مرحله غلاف‌بندی ، = A4 قطع آبیاری در مرحله گلدهی، A5 =کم آبیاری(۵۰ درصد آبیاری کامل در تمام مرحله رشدی)، A6 =کم آبیاری و سپس قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی، A7 =کم آبیاری و سپس قطع آبیاری در مرحله غلاف‌بندی ، A8 =کم آبیاری و سپس قطع آبیاری در مرحله گلدهی. اعداد با حروف مشابه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند

Fig. 7. Effect of irrigation regime and plant density (30,40 and 50 pl.m^{-2}) on seed number per plant. A1=full irrigation at all growth stages, A2= irrigation to grain filling and then cut, A3= irrigation to podding and then cut, A4= irrigation to flowering and then cut, A5= 50% of full irrigation at all growth stages, A6= 50% of full irrigation to grain filling and then cut, A7= 50% of full irrigation to podding and then cut and A8= 50% of full irrigation to flowering and then cut.The numbers with the same letters are not significantantly different



شکل ۹. تأثیر تراکم بوته بر عملکرد دانه تک بوته

Fig. 9. Effect of plant density on seed weight of single plant



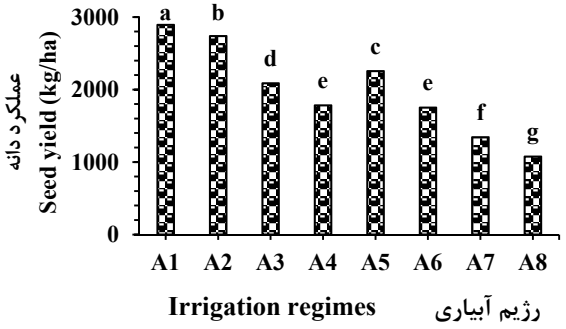
شکل ۸. تأثیر رژیم آبیاری بر عملکرد دانه تک بوته. A1 =آبیاری کامل در تمام مرحله رشدی، A2 =قطع آبیاری در مرحله دانه بندی، A3 =قطع آبیاری در مرحله غلاف‌بندی ، = A4 قطع آبیاری در مرحله گلدهی، A5 =کم آبیاری(۵۰ درصد آبیاری کامل در تمام مرحله رشدی)، A6 =کم آبیاری و سپس قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی، A7 =کم آبیاری و سپس قطع آبیاری در مرحله غلاف-بندی ، A8 =کم آبیاری و سپس قطع آبیاری در مرحله گلدهی. اعداد با حروف مشابه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند

Fig.8. Effect of different irrigation on seed weight of single plant. A1=full irrigation at all growth stages, A2= irrigation to grain filling and then cut, A3= irrigation to podding and then cut, A4= irrigation to flowering and then cut, A5= 50% of full irrigation at all growth stages, A6= 50% of full irrigation to grain filling and then cut, A7= 50% of full irrigation to podding and then cut and A8= 50% of full irrigation to flowering and then cut. The numbers with the same letters are not significantantly different

عملکرد دانه در هکتار

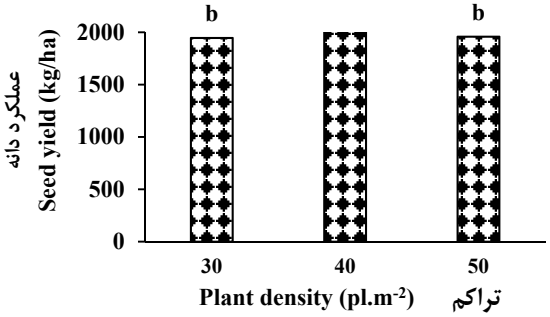
اثر ساده سطوح رژیم آبیاری و تراکم، در سطح احتمال ۱ درصد بر عملکرد دانه در واحد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۲۸۹۲ کیلوگرم در هکتار) در آبیاری کامل در تمام مراحل رشدی و کمترین میزان آن (۱۰۷۵ کیلوگرم در هکتار) در تیمار کم‌آبیاری تا مرحله گلدهی و سپس قطع آبیاری (A8)، به دست آمد (شکل ۱۰). همچنین مقایسه میانگین بین تراکم‌های مختلف

نشان داد که بیشترین میزان عملکرد دانه (۲۰۶۸ کیلوگرم در هکتار) در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع حاصل شد (شکل ۱۱).



شکل ۱۰. تأثیر رژیم آبیاری بر عملکرد دانه در هکتار. A1 = آبیاری کامل در تمام مرحله رشدی، A2 =قطع آبیاری در مرحله دانه بندی، A3 =قطع آبیاری در مرحله غلاف‌بندی ، = A4 قطع آبیاری در مرحله گلدهی، A5 =کم آبیاری(۵۰ درصد آبیاری کامل در تمام مرحله رشدی)، A6 =کم آبیاری و سپس قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی، A7 =کم آبیاری و سپس قطع آبیاری در مرحله غلاف-بندی ، A8 =کم آبیاری و سپس قطع آبیاری در مرحله گلدهی. اعداد با حروف مشابه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند

Fig.10. Effect of irrigation regime on seed yield per hectare. A1=full irrigation at all growth stages, A2= irrigation to grain filling and then cut, A3= irrigation to podding and then cut, A4= irrigation to flowering and then cut, A5= 50% of full irrigation at all growth stages, A6= 50% of full irrigation to grain filling and then cut, A7= 50% of full irrigation to podding and then cut and A8= 50% of full irrigation to flowering and then cut.The numbers with the same letters are not significantantly different



شکل ۱۱. تأثیر تراکم بوته بر عملکرد دانه در هکتار

Fig.11. Effect of plant density on seed yield per hectare

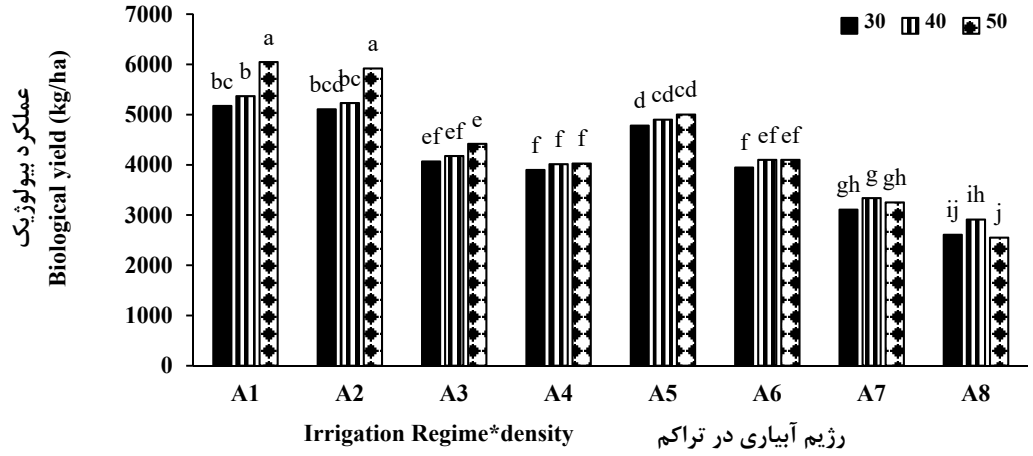
امام و همکاران (Emam et al., 2010)، گزارش کردند تنش خشکی بسته به رقم‌های موردبررسی و همچنین شدت و زمان وقوع تنش، به‌طور قابل‌توجهی عملکرد لوبیا را کاهش می‌دهد. تانگوانا و اوگولا (Thangwana and Ogola, 2012)، بیان کردند که رقابت درون بوته‌ای برای منابع در تراکم‌های خیلی بالا، منجر به کاهش تعداد غلاف در بوته خواهد شد و این کاهش به‌نوبه خود منجر به کاهش عملکرد خواهد شد.

عملکرد بیولوژیک

تأثیر رژیم آبیاری، تراکم و اثر متقابل رژیم آبیاری در تراکم بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری در تراکم نشان داد که بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک نخود (۶۰۴۵/۲ کیلوگرم در هکتار) در تیمار آبیاری کامل در تمام مراحل رشدی و آبیاری کامل تا مرحله دانه‌بندی سپس قطع آبیاری در تراکم ۵۰ بوته در مترمربع و کمترین میزان آن (۲۵۵۱/۳ کیلوگرم در هکتار) در تیمار کم‌آبیاری تا مرحله گلدهی و سپس قطع آبیاری در تراکم ۵۰ بوته در مترمربع به دست آمد (شکل ۱۲).

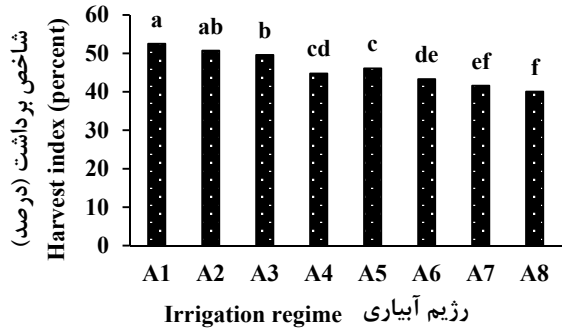
شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده رژیم آبیاری و تراکم در سطح احتمال ۱ درصد بر شاخص برداشت نخود معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین میزان شاخص برداشت (۵۲ درصد) در تیمار آبیاری کامل در تمام مراحل رشدی و کمترین میزان آن (۴۰ درصد) در تیمار کم‌آبیاری تا مرحله گلدهی و سپس قطع آبیاری به دست آمد (شکل ۱۳). همچنین مقایسه میانگین بین تراکم‌های مختلف نشان داد که بیشترین میزان شاخص برداشت (۴۷ درصد) در تراکم ۳۰ و ۴۰ بوته در مترمربع به دست آمد (شکل ۱۴). احتمالاً در طی تنش خشکی محدود شدن تقسیم ماده خشک به اندام-های زایشی منجر به کاهش شاخص برداشت‌شده است. در تطابق با این نتایج، بیات و همکاران (Bayat et al., 2010) نیز کاهش شاخص برداشت براثر تنش آبیاری را در لوبیای چیتی گزارش کردند. فلاح و همکاران (Fallah et al., 2005) نیز تأثیر منفی افزایش تراکم بر شاخص برداشت نخود را گزارش کردند.



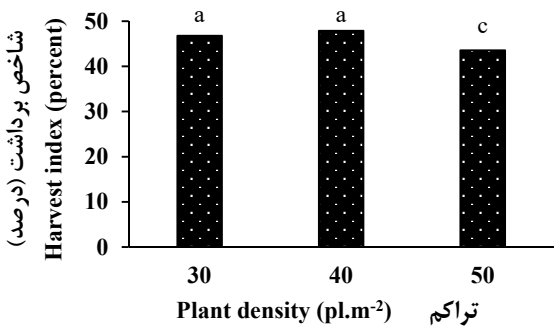
شکل ۱۲. اثر سطوح رژیم آبیاری و تراکم بوته (۳۰، ۴۰ و ۵۰ بوته در متر مربع) بر عملکرد بیولوژیک. A1 =آبیاری کامل در تمام مرحله رشدی، A2 =قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی، A3 =قطع آبیاری در مرحله غلاف‌بندی ، = A4 قطع آبیاری در مرحله گلدهی، A5 =کم آبیاری(۵۰ درصد آبیاری کامل در تمام مرحله رشدی)، A6 =کم آبیاری و سپس قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی، A7 =کم آبیاری و سپس قطع آبیاری در مرحله غلاف‌بندی ، A8 =کم آبیاری و سپس قطع آبیاری در مرحله گلدهی. اعداد با حروف مشابه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند

Fig.12. Effect of irrigation regime and plant density (30,40 and 50 pl.m^{-2}) on biological yield. A1=full irrigation at all growth stages, A2= irrigation to grain filling and then cut, A3= irrigation to podding and then cut, A4= irrigation to flowering and then cut, A5= 50% of full irrigation at all growth stages, A6= 50% of full irrigation to grain filling and then cut, A7= 50% of full irrigation to podding and then cut and A8= 50% of full irrigation to flowering and then cut.The numbers with the same letters are not significantantly different



شکل ۱۳. تأثیر رژیم آبیاری بر عملکرد دانه در هکتار. A1=آبیاری کامل در تمام مرحله رشدی، A2 =قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی، A3 =قطع آبیاری در مرحله غلاف‌بندی، A4= قطع آبیاری در مرحله گلدهی، A5 =کم آبیاری(۵۰ درصد آبیاری کامل در تمام مرحله رشدی)، A6 =کم آبیاری و سپس قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی، A7 =کم آبیاری و سپس قطع آبیاری در مرحله غلاف-بندی ، A8 =کم آبیاری و سپس قطع آبیاری در مرحله گلدهی. اعداد با حروف مشابه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.

Fig. 13. Effect of irrigation Regime on harvest index per hectare. A1=full irrigation at all growth stages, A2= irrigation to grain filling and then cut, A3= irrigation to podding and then cut, A4= irrigation to flowering and then cut, A5= 50% of full irrigation at all growth stages, A6= 50% of full irrigation to grain filling and then cut, A7= 50% of full irrigation to podding and then cut and A8= 50% of full irrigation to flowering and then cut.The numbers with the same letters are not significantantly different



شکل ۱۴. تأثیر تراکم بر شاخص برداشت در هکتار

Fig.14. Effect of density on harvest index per hectare

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج کلی نشان داد که افزایش تراکم تا ۴۰ بوته در مترمربع نسبت به دو تراکم دیگر موجب بهبود شاخص برداشت و درنهایت افزایش ۵/۶ درصدی عملکرد دانه شد. بیشترین عملکرد دانه (۲۸۹۲ کیلوگرم در هکتار) در آبیاری کامل در تمام مراحل رشدی و کمترین میزان آن (۱۰۷۵ کیلوگرم در هکتار) در تیمار کم‌آبیاری تا مرحله گلدهی و سپس قطع آبیاری به دست آمد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که

در شرایط عدم محدودیت آب در کرج، تراکم ۴۰ بوته در مترمربع مناسب‌ترین تراکم برای کاشت نخود است و در شرایط محدودیت آب، با استفاده از ۵۰ درصد آبیاری در تمام مراحل رشدی نخود می‌توان به عملکرد قابل قبولی دست‌یافت.

منابع

Alizadeh, A., 2004. Soil, water, plant relationship (4th Ed.). University of Emam Reza Press, 470p [In Persian].

Armand, N., Amiri, H., Ismaili, A., 2016. Interaction of methanol spray and water-deficit stress on photosynthesis and biochemical characteristics of *Phaseolus vulgaris* L. cv. Sadry. Photochemistry and Photobiology. 92, 102-110. https://doi.org/10.1111/php.12548. Epub 2015 Dec 29.

Barzali, M., 2018. Studying of plant density and supplemental irrigation effects on chickpea (*Cicer arietinum* L.) yield under rainfed condition in east of Golestan. Dryland Legume.1, 16- 28. [In Persian with English Summary].

Bayat. A.A., Sepehri, A., Ahmadvand, G., Dorri, H.R., 2010. Effect of water deficit stress on yield and yield components of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences. 12(1), 42- 54 [In Persian with English Summary].

Behboudian, M.H., Ma, Q., Turner, N.C., Palta, J.A., 2001. Reactions of chickpea to water stress: yield and seed composition. Journal of the Science of Food and Agriculture. 81, 1288-1291. https://doi.org/10.1002/jsfa.939.

Boomsma, C.R., Vyn, T.J., 2008. Maize drought tolerance: potential improvements through arbuscular mycorrhizal symbiosis?. Field Crops Research. 108, 14-31. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2008.03.002

Boutraa, T., Sanders, F.E., 2001. Influence of water stress on grain yield and vegetative growth of two cultivars of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Agronomy and Crop Science. 187, 251-257. https://doi.org/10.1046/j.1439-037X.2001.00525.x

Emam, Y., Shekoofa, A., Salehi, F., Jalali, A.H., 2010. Water stress effects on two common bean cultivars with contrasting growth habits. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences. 9, 495-499. https://doi.org/10.1080/03650340.2010.530256

Fallah, S., Ehsanzadeh, P., Daneshvar, M., 2005. Grain yield and yield components in three chickpea genotypes under dryland conditions with and without supplementary Irrigation at different plant densities in Khorram-Abad, Lorestan. Iranian Journal of Agricultural Sciences. 36(3), 719-731. [In Persian with English Summary].

FAOSTAT data., 2018. http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC. Last updated June 15, 2020

Ganjeali, A., Nezami, A., 2008. Ecophysiology and yield barriers in pulse crops. In: Parsa, M., Bagheri A. (eds.), Pulses. Jehad Daneshgahi Mashhad Publisher, 522p. [In Persian].

Jalilian, J., Modarres Sanavy, S.A.M., Sabbaghpour, S.H., 2005. The effect of density and supplemental irrigation on yield, yield components and protein content of four chickpea (*Cicer aritinum*) cultivars under dry land condition. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources. 12, 1-9. [In Persian with English Summary].

Khajehpour, M.R., 2008. Principles and foundations of agriculture. Jihad University Publishing Center, Isfahan Industrial Branch. 398p. [In Persian].

Molina, J.C., Moda-Cirino, V., Júnior, N.D.S.F., de Faria, R.T., Destro, D., 2001. Response of common bean cultivars and lines to water stress. Crop Breeding and Applied Biotechnology. 1(4), 363-372. http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332018v18n1c16

Mousavi, S.K., Pezeshkpour, A., Khorgami, A., Noori, M.N., 2010. Effects of supplemental irrigation and crop density on yield, and yield components of Kabuli chickpea cultivars. Iranian Journal of Field Crops Research. 7, 657-672. [In Persian with English Summary].

Naim, A.H., Awadelkaraim, A.H., Sershen, F.E., Ahmed, F., 2017. Effect of irrigation regime and plant density on chickpea (*Cicer arietinum* L.) yield in the semi-arid environment of Sudan. Asian Journal of Plant Science and Research. 7(6), 142-151.

Nayyar, H., Sigh, S., Kaur, S., Kumar, S., Upadhyaya, H.D., 2006. Differential sensitivity of macrocarpa and microcarpa types of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to water stress: Association of contracting stress response with oxidative injury. Integrative Plant Biology. 48, 1318-1329. https://doi.org/10.1111/j.1744-7909.2006.00350.x

Pang, J., Turner, N. C., Khan, T., Du, Y. L., Xiong, J. L., Colmer, T. D., ... and Siddique, K. H., 2017. Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to terminal drought: leaf stomatal conductance, pod abscisic acid concentration, and seed set. Journal of Experimental Botany. 68, 1973-1985. https://doi.org/10.1093/jxb/erw153

Raei, Y., Demaghsi, N. and Seyed Sharifi, R., 2008. Effect of different levels of irrigation and plant density on grain yield and its components in chickpea (*Cicer arietinum* L.) deci type cv. Kaka. Iranian Journal of Crop Sciences. 9, 371-381. [In Persian with English Summary].

Rahbarian, R., Khavari-Nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri, A., Najafi, F., 2011. Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water relations in tolerant and susceptible chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. Acta Biologica Cracoviensia. Series Botanica. 53, 47-56. https://doi.org/10.2478/v10182-011-0007-2

Terzi, R., Sağlam, A., Kutlu, N., Nar, H., Kadioğlu, A., 2010. Impact of soil drought stress on photochemical efficiency of photosystem II and antioxidant enzyme activities of Phaseolus vulgaris cultivars. Turkish Journal of Botany. 34, 1-10. https://doi.org/10.3906/bot-0905-20

Thangwana, N.M., Ogola, J.B.O., 2012. Yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum*): Response to genotype and planting density in summer and winter sowings. Journal of Food, Agriculture and Environment.10, 710-715.

Toker, C., Canci, H., Yildirim, T., 2007. Evaluation of perennial wild Cicer species for drought resistance. Genetic resources and crop evolution. 54, 1781-1786. https://doi.org/10.1007/s10722-006-9197-y

Zhang, H., Pala, M., Oweis, T., Harris, H., 2000. Water use and water-use efficiency of chickpea and lentil in a Mediterranean environment. Australian Journal of Agricultural Research. 51, 295-304. https://doi.org/10.1071/AR99059