نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد چهاردهم، شماره ۲(۵۴)، تابستان ۱۳۹۹، صفحه ۳۱۰-۲۹۳

مقاله پژوهشی DOI: 10.30495/jcep.2020.676144

بررسی پاسخ برخی از ارقام نخود (*Cicer arietinum* L.) به تغییرات تراکم بوته

کژال پیرظهیری[۱]، همایون کانونی[۲*] و اسعد رخزادی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۲۹ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۱/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۲/۷

چکیده

نخود (*Cicer arietinum* L.)، در ایران غالباً در شرایط دیم بهاره و در مزارعی که رطوبت را از فصل قبل در خود ذخیره کرده‌اند کشت می‌شود. تراکم بوته می‌تواند اثر مهمی بر تولید و عملکرد نخود داشته باشد. هدف از انجام این پژوهش، بررسی اثرات تراکم‌های مختلف بوته بر عملکرد دانه و تعدادی از صفات زراعی برخی ارقام نخود در سال ۱۳۹۵در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گریزه سنندج (۳۵ درجه و ۱۶ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۱ دقیقه طول شرقی) بود. آزمایش به‌صورت فاکتوریل درقالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجراء و عوامل آزمایشی تراکم بوته در چهار سطح ۱۵، ۲۵، ۳۵ و ۴۵ بوته در مترمربع و ارقام نخود شامل چهار رقم کاکا، پیروز، آی‌ال‌سی ۴۸۲ و ثمین در نظر گرفته شدند. تجزیه واریانس صفات یادداشت برداری شده نشان داد که اثر رقم و اثر متقابل رقم در تراکم برای همه منابع تغییر به استثنای تعداد دانه در غلاف، ارتفاع بوته و ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین معنی‌دار بود. همچنین، اثر عامل تراکم بوته بر عملکرد دانه، وزن ۱۰۰ دانه، شاخص کلروفیل برگ، محتوای پروتئین، ارتفاع بوته و تعداد شاخه در بوته معنی‌دار به‌دست آمد. نتایج نشان دادند که با ازدیاد تراکم بوته، عملکرد دانه در واحد سطح افزایش یافت. مقایسه میانگین عملکرد ارقام تحت بررسی نشان داد که رقم ثمین به تراکم‌های بالا حساس بود و از طرف دیگر، آی‌ال‌سی ۴۸۲ تناسب خوبی به کشت متراکم داشت. در همین ارتباط، ارقام کاکا و پیروز در تراکم‌های متوسط (۲۵ و ۳۵ دانه در مترمربع) به اپتیمم عملکرد خود نزدیک شدند. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل تراکم بوته × رقم نشان داد که از لحاظ محتوای پروتئین تفاوت معنی‌داری بین ارقام ثمین، آی‌ال‌سی ۴۸۲ و پیروز وجود نداشت، ولی کاکا به‌طور معنی‌داری پروتئین دانه بیشتری نسبت به سایر ارقام داشت. همبستگی عملکرد دانه با وزن ۱۰۰ دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد شاخه در بوته و ارتفاع بوته مثبت و معنی‌دار به‌دست آمد. بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش، برای کشت بهاره نخود در سنندج کشت رقم جدید و دانه درشت ثمین با تراکم ۳۵ دانه در مترمربع می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

واژگان کلیدی: جمعیت گیاهی، خصوصیات زراعی، عملکرد دانه، نخود زراعی.

۱- کارشناس ارشد کشاورزی و محیط زیست، اداره کل محیط زیست استان کردستان، سنندج، ایران.

۲- دانشیار پژوهشی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران. (نگارنده‌ی مسئول) hkanouni@gmail.com

۳- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران.

مقدمه

حبوبات یکی از منابع مهم تأمین کننده پروتئین، کالری و مواد معدنی در رژیم غذایی مردم کشورهای در حال توسعه است. مصرف حبوبات همراه با غلات یک رژیم غذایی کامل را تشکیل می‌دهد. ازطرف دیگر با توجه به توانایی تثبیت نیتروژن در این گیاهان، قراردادن آنها در تناوب، به پایداری سیستم‌های زراعی کمک می‌کند (Torabi Jafrudi *et al*., 2007). میزان پروتئین دانه نخود حدود ۲۳ درصد است، اما این میزان پروتئین دانه به رقم، مکانِ تولید، و فصل رشد بستگی دارد (Yadav *et al*., 2007).

نخود از لحاظ سطح زیر کشت رتبه دوم و از نظر میزان تولید رتبه سوم را در بین حبوبات جهان دارد. سطح زیر کشت نخود در جهان حدود ۱۳ میلیون هکتار است و از این سطح سالانه ۱۲/۵ میلیون تن نخود تولید می‌شود (Anonymous, 2017). اغلب کشورهای تولیدکنندهٔ نخود در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارند و حدود ۹۰ درصد از آن در شرایط دیم تولید می‌شود (Kumar and Abbo, 2001). در ایران، نخود بیشترین سطح زیر کشت و میزان تولید را در بین حبوبات دارد (Bagheri *et al*., 2000). در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ سطح زیر کشت این محصول در کشور حدود ۵۰۲ هزار هکتار و میزان تولید سالانه آن حدود ۲۷۸ هزار تن بوده است (Ahmadi *et al*., 2018). ایران از لحاظ میزان تولید نخود پس از هندوستان، استرالیا، میانمار، اتیوپی، ترکیه و پاکستان رتبهٔ هفتم را در جهان داراست (Anonymous, 2017). میانگین عملکرد جهانی نخود، حدود ۷۷۰ کیلوگرم در هکتار و متوسط عملکرد آن در ایران ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (Sabaghpour *et al*., 2006; Nezami *et al*., 2012).

سطح زیر کشت نخود در استان کردستان حدود یکصد هزار هکتار است که بخش اعظم آن به نخود تیپ دسی اختصاص دارد. در این استان، کشت نخود به‌طور سنتی، با استفاده از ارقام محلی و بدون رعایت اصول به‌زراعی صورت می‌گیرد. از جمله مسائل به زراعی مهم در زراعت نخود میزان تراکم بوته در واحد سطح است. در تحقیقات انجام شده در ترکیه، میزان ۴۵ دانه در متر مربع برای کشت نخود سفید (کابلی) توصیه شده است (Yigitoglu, 2006). آزمایش‌ها نشان داده‌اند که جمعیت گیاهی ایده‌آل در نخود ۳۳۰۰۰۰ بوته در هکتار است. مع‌الوصف، در یک محیط مطلوب، می‌توان آن‌را تا ۴۰۰۰۰۰ بوته در هکتار نیز افزایش داد (Yadav *et al*., 2007). از آن‌جایی که قوه نامیه بذور معمولاً ۱۰۰٪ نیست، برای دستیابی به تعداد بوته مطلوب بایستی میزان بذر بیشتری را در نظر گرفت. لذا برای داشتن سطح سبز مطلوب در مزرعه، میزان بذر مورد نیاز با توجه به اندازه دانه و قوه نامیه آن تعیین می‌گردد (Chang *et al*., 2007).

تراکم بوته بالا در نخود موجب رشد سریع کانوپی می‌شود که رطوبت ذخیره شده در خاک را از طریق تبخیر و تعرق تخلیه نموده و موجب می‌شود گیاه در طول مراحل گلدهی و پر شدن دانه در معرض تنش خشکی قرار گیرد. لذا در شرایط دیم، میزان تراکم مناسب باید به جذب بیشتر انرژی خورشیدی، و بهبود بهره برداری از خاک و آب کمک کند (Anonymous, 2001). مشخص شده است که در ژنوتیپ‌های واجد فرم بوته ایستاده، با افزایش تراکم بذر، عملکرد دانه افزایش می‌یابد (Yadav *et al*., 2007). در یک آزمایش با

سه رقم دارای تیپ بوته ایستاده گزارش شد که تغییر در تعداد بوته از ۳۳ به ۵۵ بوته در مترمربع موجب بهبود عملکرد و اجزای عملکرد شد (Gan *et al.*, 2003). مقایسه کشت ارقام نیمه گسترده با تراکم کم با ارقام ایستاده متراکم، حاکی از افزایش تعداد شاخه، تعداد غلاف در بوته، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در ارقام با تیپ ایستاده بود (Naseri *et al.*, 2012). بررسی تراکم ۱۸/۵ و ۲۷/۵ بوته در متر مربع در سه زمان کاشت ۱۳ آذر (۴ دسامبر)، ۱۳ بهمن (۲ فوریه) و ۱۶ اسفند (۶ مارس) آشکار ساخت که نخود کشت شده با تراکم ۲۷/۵ بوته در مترمربع در ۱۳ آذر بیشترین عملکرد را نشان داد، ولی تفاوت معنی‌داری بین دو تراکم در تاریخ کاشت ۱۶ اسفند وجود نداشت (Anonymous, 2001). شاید فاکتور محدود کننده در بهار فقدان رطوبت ناشی از تبخیر و تعرق بالا باشد. در بررسی اثرات تراکم بوته بر عملکرد دانه ارقام نخود کابلی و دسی در استان کردستان، تراکم بوته مناسب برای ارقام نخود تیپ کابلی ۲۵ بوته در مترمربع و برای نخودهای تیپ دسی ۳۵ بوته در مترمربع گزارش شده است (Ahmadi and Kanouni, 1994). فلاح و همکاران (Falah *et al.*, 2006)، در پژوهشی که بر روی نخود دیم انجام دادند، گزارش کردند که بیشترین و کمترین مقادیر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت، به‌ترتیب مربوط به تراکم‌های ۲۰ و ۴۴ بوته در مترمربع بود. در پژوهش دیگری با در نظر گرفتن شرایط محیطی، تراکم کاشت بهینه برای نخود ۳۵ بوته در مترمربع گزارش شده است (Ruggeri *et al.*, 2017).

هدف از انجام تحقیق حاضر، بررسی این فرضیه بود که تراکم بوته نه تنها عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد بلکه می‌تواند سایر خصوصیات وابسته و میزان و محتوای کلروفیل در ارقام نخود تیپ دسی و کابلی را در شرایط دیم بهاره مناطق سردسیر متأثر سازد.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر به‌صورت یک آزمایش مزرعه‌ای تحت شرایط دیم در ایستگاه گریزه سنندج وابسته به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، در سال ۱۳۹۵ انجام شد. ایستگاه تحقیقات کشاورزی گریزه سنندج با مساحت ۵۵/۲ هکتار در جنوب شرقی شهر سنندج واقع شده و با بیش از نیم قرن فعالیت یکی از قدیمی‌ترین ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی سطح کشور است. این ایستگاه بر روی دشت‌های دانه‌ای نسبتاً مسطح وتراس‌های پائین حاشیه رودخانه قشلاق قرار گرفته است. طول جغرافیایی ایستگاه گریزه ۴۷ درجه و ۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی آن ۳۵ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی بوده و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۴۰۵ متر است. در این ایستگاه میانگین حداقل دما ۴/۵ درجه سلسیوس، حداقل مطلق دما ۳۱- درجه سلسیوس، میانگین حداکثر دما ۲۱/۳ درجه سلسیوس، حداکثر مطلق ۴۲ درجه سلسیوس، میانگین بارندگی سالانه ۴۷۰ میلی‌متر، میانگین سالانه رطوبت نسبی ۴۷ درصد، تعداد روزهای یخبندان ۱۰۷ روز می‌باشد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل تراکم بوته در ۴ سطح شامل‌تراکم‌های ۱۵، ۲۵، ۳۵ و ۴۵ بوته در متر مربع و ارقام کاشت شده شامل کاکا، پیروز، آی‌ال‌سی ۴۸۲، و رقم جدید ثمین بودند. ارقام کاکا و پیروز جزو ارقام تیپ دسی هستند که از بین توده‌های بومی کشور گزینش و اصلاح شده‌اند

و نزدیک به نیم قرن از معرفی آنها می‌گذرد. نخود تیپ کابلی آی‌ال‌سی ۴۸۲ جزو ژرم پلاسم مرکز بین‌المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک (ایکاردا) بوده و با توجه به عملکرد مطلوب و سازگاری گسترده با شرایط محیطی مختلف، سال‌ها است که توسط کشاورزان این استان مورد کشت و زرع قرار می‌گیرد. رقم کابلی ثمین (ILC 1799) نیز از سری لاین‌های ایکاردا بوده که توسط موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور در سال ۱۳۹۴ نامگذاری و برای کشت بهاره در مناطق سردسیر معرفی شده است. رقم ثمین دانه درشت و مقاوم به بیماری پژمردگی فوزاریوم است (Sabaghpour *et al*., 2018).

در پاییز سال ۹۴، آماده‌سازی و شخم اولیه زمین صورت گرفت و در بهار ۹۵ دیسک‌زنی، تسطیح و تعیین حدود کرت‌های آزمایشی انجام شد. قبل از کاشت، از سه نقطه از خاک مزرعه نمونه‌برداری شد و جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی به آزمایشگاه مرکز تحقیقات کشاورزی استان ارسال گردید. نتایج تجزیه خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۱ ارایه شده است. بر اساس نتایج آزمایش خاک، ۳۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع اوره به‌عنوان استارتر و ۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر از منبع فسفات آمونیوم مصرف شد.

پس از آماده شدن زمین، عملیات کاشت به‌صورت دستی در فروردین ۹۵ انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف کاشت به طول سه متر با فواصل ۳۰ سانتی‌متر از یکدیگر بود. پس از سبز شدن و استقرار بوته‌ها، به‌منظور دست‌یابی به‌تراکم‌های ۱۵، ۲۵، ۳۵ و ۴۵ بوته در مترمربع، اقدام به تنک نمودن بوته‌های داخل واحدهای آزمایشی شد و فواصل بین بوته‌ها روی ردیف تنظیم شد. در طول دوره نمو گیاه، وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام گرفت. صفات ثبت شده در طول دوره آزمایش شامل تعداد روز از کاشت تا ۵۰ درصد گل‌دهی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد شاخه در بوته، ارتفاع بوته، ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین، درصد پروتئین دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن صد دانه و عملکرد دانه بودند. درصد پروتئین در آزمایشگاه به روش کجلدال تعیین گردید. همچنین، میزان کلروفیل برگ‌ها با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (Minolta Chlorophyll meter SPAD-520) اندازه‌گیری و ثبت گردید.

عملیات آماری شامل تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین تیمارها به روش آزمون LSD و محاسبه ضرایب همبستگی بین صفات بود. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ و برای رسم شکل‌ها از برنامه Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه: تجزیه واریانس صفات، مبین معنی‌دار بودن اثرات تراکم بوته بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد بود (جدول ۲). در واقع با افزایش تراکم بوته عملکرد دانه نیز افزایش یافت (جدول ۳). میانگین اثر متقابل تراکم×رقم نشان داد که بیشترین عملکرد دانه به میزان ۷۴۱ کیلوگرم در هکتار توسط رقم آی‌ال‌سی ۴۸۲ در تراکم ۴۵ بوته در متر مربع و کمترین عملکرد دانه به میزان ۳۲۵ کیلوگرم در هکتار توسط رقم کاکا در تراکم ۱۵ بوته در مترمربع به‌دست آمد (جدول ۳). ناصری و همکاران (Naseri *et al*., 2012) گزارش کرده‌اند که تراکم بوته یکی از عوامل بسیار مهم است که نقش مؤثری در رشد، عملکرد و کیفیت دانه نخود دارد. تراکم بوته مناسب می‌تواند شرایط را برای استفاده از تشعشع خورشیدی،

عناصر غذایی، آب، خاک و فضا به‌منظور رشد مطلوب اندام‌های هوایی و زیرزمینی بوته نخود فراهم نماید (Tawaha *et al*., 2005). در شکل ۱ میانگین عملکرد ارقام نخود در تراکم‌های مختلف به‌همراه خط رگرسیون مربوط به مقادیر برآورد شده درج گردیده است. این شکل نشان می‌دهد که در مجموع پاسخ عملکرد دانه به تغییرات تراکم بوته مثبت بود و روند افزایشی عملکرد با بیشتر شدن تراکم بوته، به‌ویژه در آی‌ال‌سی ۴۸۲ و ارقام ثمین و پیروز مشهود بود. سیر نزولی عملکرد دانه در رقم کاکا با افزایش تراکم بوته، نشان از ضعف ارقام تیپ دسی در برابر افزایش جمعیت گیاهی داشت. محاسبه ضرایب همبستگی بین صفات نشان داد که همبستگی عملکرد دانه با صفات وزن ۱۰۰ دانه، تعداد غلاف در بوته، ارتفاع بوته، و تعداد شاخه در بوته مثبت و معنی‌دار و با ارتفاع اوّلین غلاف از سطح زمین منفی و معنی‌دار بود (جدول ۴). به‌طورکلی، ارقامی مانند ثمین که عادت رشدی نیمه خوابیده داشته و ارتفاع اولین غلاف آنها از سطح زمین کم است از عملکرد دانه بالایی برخوردارند (Sabaghpour *et al*., 2018).

تعداد روز از کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی:

تجزیه داده‌های مربوط به تعداد روز از کاشت تا گلدهی حاکی از معنی‌دار بودن اثر رقم و اثرات متقابل دو عامل رقم و تراکم بوته بود (جدول ۲). اثر متقابل رقم× تراکم بوته نشان داد که بیشترین (۶۳ روز) و کمترین (۵۰ روز) تعداد روز از کاشت تا گلدهی به‌ترتیب متعلق به ارقام آی‌ال‌سی ۴۸۲ درتراکم ۱۵ بوته، و پیروز در تراکم ۴۵ بوته در مترمربع بود. بررسی منابع نشان می‌دهند که ارقام تیپ دسی معمولاً به تعداد روز کمتری برای رسیدن به حد ۵۰ درصد گلدهی نیاز دارند (Singh and Sekhon, 2006). از سوی دیگر، افزایش تراکم بوته، تنش رطوبتی ایجاد کرده و موجب می‌گردد گیاه سریع‌تر مراحل رشدی خود را سپری نماید (Naseri *et al*., 2012). شکل ۲ نشان می‌دهد که ارقام ثمین، کاکا و پیروز با افزایش تراکم بوته، روند کاهشی در تعداد روز از کاشت تا گلدهی داشتند. میانگین‌های مشاهده شده برای آی‌ال‌سی ۴۸۲ مشخص می‌کند که در تراکم‌های ۳۵ و ۴۵ دانه در مترمربع، تعداد روز از کاشت تا گلدهی این رقم تغییری نکرده است.

ضرایب همبستگی بین صفات (جدول ۴) حاکی از آن بود که رابطه تعداد روز از کاشت تا گلدهی با تعداد شاخه در بوته، درصد پروتئین دانه، و وزن ۱۰۰ دانه مثبت و معنی‌دار و با ارتفاع بوته و عملکرد دانه منفی و معنی‌دار بود. در شرایط دیم، گلدهی زودهنگام صفت مطلوبی بوده و نوعی اجتناب از تنش خشکی محسوب می‌گردد (Kumar and Abbo, 2001).

تعداد شاخه در بوته

نتایج تجزیه واریانس تعداد شاخه در بوته در جدول ۲ ملاحظه می‌گردد. به‌نظر می‌رسد گیاه در تراکم‌های پایین امکان توسعه شاخه و برگ را داشته و با افزایش تراکم سریع‌تر به کانوپی مورد نظر رسیده و امکان تشکیل شاخه‌های اضافی فراهم نمی‌شود. در چنین پژوهش‌هایی، کاهش تعداد شاخه در بوته درتراکم‌های بالا را می‌توان به افزایش رقابت بین بوته‌ها در تراکم‌های بالا برای دریافت منابع مختلف از جمله نور و مواد غذایی خاک مرتبط دانست (Yigitoglu, 2006). بررسی‌ها نشان می‌دهند که اختلاف ارقام نخود از لحاظ تعداد شاخه می‌تواند ناشی از تفاوت ژنتیکی آنها باشد (Naseri *et al*., 2016).

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل‌تراکم بوته و رقم حاکی از این بود که ارقام نخود در تراکم‌های

مختلف بوته دارای رفتارهای متفاوتی از لحاظ تعداد شاخه در بوته بودند. در حالی‌که ارقام ثمین و پیروز در تراکم ۳۵ بوته بیشترین تعداد شاخه را داشتند؛ در تراکم ۴۵ بوته، رقم کاکا دارای کمترین تعداد شاخه نسبت به سه رقم دیگر بود، و در تراکم ۲۵ بوته، بیشترین تعداد شاخه مربوط به رقم پیروز بود (شکل ۳). در این آزمایش، تعداد شاخه در بوته همبستگی مثبت و معنی‌دار با تعداد روز تا گلدهی، میزان پروتئین دانه، تعداد غلاف در بوته، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد دانه و همبستگی منفی و معنی‌دار با تعداد دانه در غلاف داشت (جدول ۴).

شاخص کلروفیل برگ: نتایج تجزیه واریانس شاخص کلروفیل برگ (جدول۲) نشان داد که اثرات عامل‌تراکم بوته و عامل رقم و همچنین اثر متقابل این عوامل بر شاخص کلروفیل برگ بسیار معنی‌دار بود. بررسی اثر متقابل رقم و تراکم نشان داد که بیشترین شاخص کلروفیل برگ مربوط به‌تراکم ۴۵ بوته رقم ثمین می‌باشد و به دنبال آن تراکم‌های ۱۵ بوته رقم ثمین و ۴۵ بوته رقم آی‌ال‌سی ۴۸۲ بدون اختلاف معنی‌دار در جایگاه‌های بعدی قرار گرفتند. همان طور که در شکل ۴ مشاهده می‌گردد، شاخص کلروفیل برگ برای همه ارقام در تراکم‌های مختلف روند افزایشی دارد. مطالعات قبلی حاکی از آن است که با افزایش تراکم، سطح سبز فتوسنتز کننده بیشتر شده و در نتیجه میزان کلروفیل افزایش می‌یابد (Gan *et al*., 2003). همبستگی شاخص کلروفیل برگ با تعداد دانه در غلاف منفی و معنی‌دار و با وزن ۱۰۰ مثبت و معنی دار بود (P=0.05).

تعداد غلاف در بوته: برای تعداد غلاف در بوته تفاوت بین ارقام و اثر متقابل‌تراکم در رقم در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود. بررسی اثر متقابل نشان داد که بیشترین تعداد غلاف در بوته مربوط به تراکم‌های ۴۵ و ۲۵ بوته رقم آی‌ال‌سی ۴۸۲ و کمترین تعداد غلاف در بوته متعلق به تراکم ۱۵ بوته در مترمربع رقم کاکا بود (جدول ۳). گزارش شده است که در تراکم‌های بالا، به دلیل افزایش رقابت، تعداد غلاف در بوته کاهش می‌یابد. از طرف دیگر، در تراکم‌های پایین، با افزایش میزان فتوسنتز و فراهم شدن مواد اسیمیلاته، پتانسیل تولید غلاف و دانه در گیاه افزایش می‌یابد (Tawaha *et al*., 2005). در شکل ۵، میانگین‌های مشاهده شده و رگرسیون برآورد شده برای تعداد غلاف در بوته ارایه شده است. روند تغییرات تعداد غلاف در بوته نسبت به افزایش تراکم بوته نشان می‌دهد که برای همه ارقام با افزایش تراکم بوته ابتدا تعداد غلاف در بوته افزایش یافته و سپس رو به کاهش می‌گذارد و یا ثابت می‌ماند. جدول ضرایب همبستگی فیمابین صفات نشان داد که تعداد غلاف در بوته با صفات عملکرد دانه، وزن ۱۰۰ دانه، ارتفاع بوته و تعداد شاخه در بوته رابطه مثبت و معنی‌دار داشت. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین اجزای عملکرد و عملکرد دانه در نخود مورد تأیید اغلب محققان می‌باشد (Majnon Hoseini *et al*., 2005; Yigitoglu, 2006).

عملکرد بیولوژیک: تجزیه واریانس عملکرد بیولوژیک مبین آن بود که ارقام تحت آزمایش از لحاظ عملکرد بیولوژیک با یکدیگر اختلاف معنی‌دار داشتند ولی بین چهار تراکم مختلف تفاوتی مشاهده نشد. از طرف دیگر، اثر برهمکنش دو عامل در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. بررسی اثر متقابل تراکم × رقم نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک مربوط به

تراکم ۴۵ بوته رقم کاکا و به دنبال آن تراکم ۲۵ بوته در متر مربع رقم ثمین بود. تراکم ۱۵ بوته در مترمربع رقم کاکا کمترین عملکرد بیولوژیک را ایجاد نمود. از آنجایی‌که رقم کاکا پتانسیل پایینی در تولید شاخه‌های فرعی دارد، عملکرد بیولوژیک در آن با افزایش تراکم بوته بالا می‌رود (شکل ۶). تغییرات عملکرد بیولوژیک در جمعیت‌های گیاهی متفاوت نخود توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Chang *et al*., 2007; Zakeri Nezhad *et al*., 2016). در مطالعه دیگری بر روی عدس اظهار شده است که با افزایش تراکم، میزان شاخه و برگ گیاه تا یک حد اپتیمم با افزایش مواجه می‌شود (Bicer, 2014). به نظر می‌رسد یکی از دلایل عمده افزایش عملکرد بیولوژیک در تراکم‌های پایین، ایجاد رقابت ضعیف بین گیاهان جهت عوامل رشدی به‌ویژه جذب تشعشع در طول فصل باشد (Cheghakhor *et al*., 2009). احتمالاً در این شرایط انتقال مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی، نسبت به مواد فتوسنتزی ساختمانی که در برگ‌ها و ساقه باقی می‌ماند، بیشتر بوده است. حالت عکس آن در تراکم‌های بالا به‌دلیل وجود رقابت شدید بین بوته‌های نخود می‌باشد که در چنین شرایطی، سهم هر دانه از تولید مواد فتوسنتزی کاهش یافته و به‌دنبال آن عملکرد بیولوژیک پایین می‌آید (Yigitoglu, 2006). در جدول ۴ ملاحظه می‌گردد که همبستگی عملکرد بیولوژیک با ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین، و وزن ۱۰۰ دانه در سطح احتمال ۵٪ مثبت و معنی‌دار بوده است.

درصد پروتئین دانه: تجزیه واریانس آشکار ساخت که اثر عوامل و اثر متقابل آنها بر درصد پروتئین معنی‌دار بودند (P=0.01). بررسی اثر متقابل رقم × تراکم بر پروتئین دانه نشان داد که بیشترین درصد پروتئین دانه در رقم ثمین در تراکم‌های ۱۵ و ۳۵ بوته در مترمربع به‌دست آمد و به دنبال آن تراکم ۱۵ بوته در متر مربع آی‌ال-سی ۴۸۲ بیشترین میزان پروتئین دانه را تولید کردند (جدول ۳). در شکل ۷ مشاهده می‌شود که واکنش درصد پروتئین دانه ارقام نخود به افزایش تراکم بوته به‌طور مشخصی کاهشی است و می‌توان نتیجه گرفت که میزان پروتئین دانه در ارقام نخود به شدت تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد. این نتیجه با گزارش بحر (Bahr, 2007) در انطباق است. جدول ضرایب همبستگی بین صفات حاکی از آن است که درصد پروتئین دانه با تعداد دانه در غلاف همبستگی منفی و معنی‌دار و با تعداد روز از کاشت تا گلدهی، ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین و تعداد شاخه در بوته همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت.

وزن ۱۰۰ دانه: تجزیه واریانس وزن ۱۰۰ دانه نشان داد که اثر عامل تراکم بوته در سطح احتمال ۵٪ و عامل رقم و همچنین اثر متقابل تراکم× رقم بر این صفت در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). میانگین‌های اثر متقابل مبین آن بود که در تراکم ۱۵ بوته، از نظر وزن ۱۰۰ دانه تفاوتی بین ارقام وجود نداشت؛ ولی با افزایش تراکم بوته تفاوت بین ارقام آشکار شد به طوری که در تراکم‌های ۲۵ و ۳۵ بوته در متر مربع، بیشترین وزن ۱۰۰ دانه به‌ترتیب مربوط به ارقام آی‌ال‌سی ۴۸۲ و ثمین بود و در تراکم ۴۵ بوته نیز بیشترین وزن ۱۰۰ دانه در رقم آی‌ال‌سی ۴۸۲ ثبت گردید. خان و همکاران (Khan *et al*., 2001) با بررسی اثرات سه فاصله ردیف (۳۰، ۵۰ و ۷۰ سانتی‌متر) در نخود رقم Nifa-88 نشان دادند که افزایش تراکم بوته به‌طور معنی‌داری موجب افزایش وزن ۱۰۰ دانه شد. بیشتر بودن

وزن ۱۰۰ دانه در نخود تیپ کابلی بازارپسندی بیشتری به همراه دارد. برعکس، در ارقام نخود تیپ دسی افزایش وزن ۱۰۰ دانه از بازارپسندی آنها می‌کاهد (Ahmadi and Kanouni, 1994). رابطه بین وزن ۱۰۰ دانه با عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد روز از کاشت تا گلدهی، شاخص کلروفیل برگ، تعداد شاخه در بوته، و تعداد غلاف در بوته مثبت و معنی‌دار بود. این صفت با تعداد دانه در غلاف همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد. رابطه بین میانگین‌های مشاهده شده و رگرسیون حداقل مربعات برای وزن ۱۰۰ دانه نشان می‌دهد که در تراکم ۴۵ دانه در مترمربع، وزن ۱۰۰ دانه ارقام کاهش می‌یابد (شکل ۸).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که عملکرد دانه نخود از طریق کشت با تراکم بوته مناسب قابل بهبود است. بیشترین عملکرد دانه به میزان ۷۴۱ کیلوگرم در هکتار توسط رقم آی‌ال‌سی ۴۸۲ با تراکم ۴۵ بوته در مترمربع و کمترین عملکرد دانه به میزان ۴۲۵ کیلوگرم در هکتار توسط رقم کاکا با تراکم ۱۵ بوته در مترمربع به‌دست آمد. میانگین عملکرد دانه نشان‌دهنده مناسب بودن ارقام ثمین و آی‌ال‌سی ۴۸۲ برای کاشت در تراکم بالا بود. دو رقم تیپ دسی کاکا و پیروز نیز در تراکم‌های متوسط (۲۵ و ۳۵ بوته) به حداکثر عملکرد خود رسیدند. نتایج نشان داد که سه رقم ثمین، آی‌ال-سی ۴۸۲ و پیروز از لحاظ میزان پروتئین دانه تفاوتی با هم نداشتند. میزان پروتئین دانه رقم کاکا به‌طورمعنی‌داری از سه رقم دیگر بیشتر بود. در مجموع و با توجه به محاسن رقم جدید ثمین نسبت به آی‌ال‌سی ۴۸۲، کشت ۳۵ دانه در مترمربع نخود سفید ثمین برای حصول عملکرد مطلوب در شرایط دیم شهرستان سنندج می تواند مورد توجه قرار گیرد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک ایستگاه تحقیقات کشاورزی گریزه

Table1- Soil physical and chemical properties of Gerizeh agricultural research station

هدایت الکتریکی EC×10-3	اسیدیته گل اشباع pH	کربن آلی O.C.	ازت کل T.N	فسفر قابل جذب P_2O_5(ppm)	پتاسیم قابل جذب K_2O(ppm)	ماسه Sand(%)	سیلت Silt(%)	رس Clay(%)	بافت texture
7.1	7.7	1.09	0.91	9.2	230	71	14	15	**لومی رسی**

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد دانه و سایر صفات ارقام نخود در تراکم بوته‌های متفاوت

Table 2- Analysis of variance for seed yield and other traits of chickpea varieties in different plant densities

S.O.V. منابع تغییر	df درجه آزادی	Mean of Squares میانگین مربعات					
		عملکرد دانه Seed yield	روز تا گلدهی Days to flowering	تعداد دانه در غلاف Seed /pod	تعداد غلاف در بوته Pod /plant	ارتفاع بوته Plant height	کلروفیل برگ Leaf chlorophyll index
Replication تکرار	2	1.49	0.31	1.45	3.01	1.17	0.11
Density (D) تراکم بوته	3	178.05**	2.12^{ns}	49.52^{ns}	28.58^{ns}	8.91*	14.31**
Variety (V) رقم	3	323.62**	12.08*	99.13^{ns}	129.68*	8.72*	68.67**
V×D رقم × تراکم	9	196.95**	9.14*	45.11^{ns}	94.87*	7.51^{ns}	48.14**
Error خطای آزمایشی	30	2.64	3.15	52.36	30.49	2.91	0.81
(%) C.V. ضریب تغییرات		19.73	2.93	6.12	8.03	13.91	3.13

ns ، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, * and ** : not significant, Significant at 5 and 1 percent of probability levels, respectively.

ادامه جدول ۲

Table 2- Continued

S.O.V. منابع تغییر	df درجه آزادی	Mean of Squares میانگین مربعات				
		محتوای پروتئین Protein content	وزن ۱۰۰ دانه Seed weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	ارتفاع اولین غلاف از زمین Height of fist pod	تعداد شاخه در بوته Branch Number/plant
Replication تکرار	2	0.13	0.29	23.87	0.58	1.49
Density (D) تراکم بوته	3	2.98*	1.64*	23.20^{ns}	1.06^{ns}	178.05**
Variety (V) رقم	3	0.77^{ns}	10.08**	66.61*	2.80^{ns}	223.62**
V×D رقم × تراکم	9	3.26*	10.52**	67.88*	2.15^{ns}	106.95*
Error خطای آزمایشی	30	1.15	0.55	25.29	2.14	42.64
(%) C.V. ضریب تغییرات		7.66	20.11	15.85	7.20	8.68

ns ، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, * and ** : not significant, Significant at 5 and 1 percent of probability levels, respectively.

جدول ۳- میانگین صفات در ارقام نخود و در تراکم‌های متفاوت

Table 3- Means of traits in chickpea varieties at different plant densities

عوامل Factors	عملکرد دانه† Seed yield(kg/h)	روز تا گلدهی Days to flowering	تعداد دانه در غلاف Seed /pod	تعداد غلاف در بوته Pod /plant	ارتفاع بوته Plant height(cm)	کلروفیل برگ Leaf chlorophyll index
تراکم بوته Plant density.m^{-2}						
۱۵ D_1: 15 plant/m^2	470.92	58.2	2.21	12.02	26.6	25.3
۲۵ D_2: 25 plant/m^2	450.50	59.9	1.06	11.58	29.7	24.0
۳۵ D_3: 35 plant/m^2	506.50	60.4	1.05	14.24	29.1	24.3
۴۵ D_4: 45 plant/m^2	550.55	59.8	1.09	16.11	28.3	26.5
LSD (P=0.05)	29.01	1.21	Ns	Ns	1.93	2.18
رقم Variety						
کاکا V_1: Kaka	454.00	59.9	1.85	9.29	27.6	22.6
پیروز V_2: Pirouz	523.75	59.1	1.51	12.99	28.8	23.4
آی ال سی V_3: ILC482	591.00	60.5	0.98	12.05	29.6	27.2
ثمین V_4: Samin	519.67	61.9	1.05	10.08	29.1	27.0
LSD(P=0.05)	29.01	1.21	Ns	1.59	1.93	2.18
اثر متقابل رقم×تراکم Variety×Plant density						
V_1D_1	315.43	58.15	2.06	7.33	25.90	19.70
V_1D_2	451.88	59.30	1.89	8.75	27.53	22.60
V_1D_3	430.04	57.22	2.01	8.85	28.93	19.17
V_1D_4	402.32	56.07	1.91	9.10	28.83	24.23
V_2D_1	495.55	60.42	1.62	9.66	30.00	18.91
V_2D_2	460.00	62.45	1.66	11.08	26.40	22.39
V_2D_3	543.61	59.25	1.50	11.09	29.46	22.76
V_2D_4	521.76	50.09	1.39	11.75	29.53	27.71
V_3D_1	450.43	63.02	1.02	10.23	27.53	22.73
V_3D_2	632.09	60.12	0.99	14.50	29.93	23.87
V_3D_3	705.14	61.16	0.98	13.75	28.47	22.70
V_3D_4	747.33	61.35	0.99	14.51	26.57	28.10
V_4D_1	401.87	61.15	1.01	8.33	25.13	29.16
V_4D_2	472.65	61.19	0.98	9.67	25.40	25.83
V_4D_3	703.33	62.05	0.99	10.50	27.96	28.74
V_4D_4	512.90	60.35	0.97	9.50	28.60	29.17
LSD (P=0.05)	270.71	1.41	ns	1.89	ns	2.38

ns: غیر معنی‌دار؛ † : میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

ns: Non significant; †: In each column, there is no significant difference between means with common letters according to LSD test.

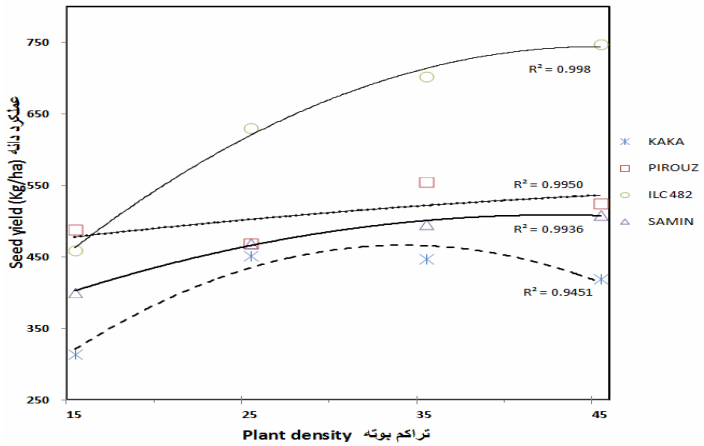
ادامه جدول ۳

Table 3- Continued

عوامل Factors	محتوای پروتئین Protein content	وزن ۱۰۰ دانه Seed weight(g)	عملکرد بیولوژیک Biological yield(kg/ha)	ارتفاع اولین غلاف از زمین Height of fist pod	تعداد شاخه در بوته Branch Number/plant
تراکم بوته Plant density/m^2					
۱۵ D_1: 15 plant/m^2	24.09	18.81	655.12	12..6	19.33
۲۵ D_2: 25 plant/m^2	23.05	20.41	742.01	13.1	20.98
۳۵ D_3: 35 plant/m^2	23.38	19.93	807.45	13.5	19.80
۴۵ D_4: 45 plant/m^2	24.04	20.33	774.55	14.5	18.75
LSD (P=0.05)	1.02	1.53	Ns	Ns	1.01
رقم Variety					
کاکا V_1: Kaka	24.09	18.94	732.54	13.7	16.24
پیروز V_2: Pirouz	23.61	20.32	699.28	13.2	15.67
آی ال سی V_3: ILC482	23.54	28.14	741.09	13.3	22.41
ثمین V_4: Samin	23.62	30.87	740.55	12.5	20.15
LSD(P=0.05)	Ns	1.53	21.41	Ns	1.01
اثر متقابل رقم×تراکم Variety×Plant density					
V_1D_1	23.60	17.8	569.71	12.07	13.2
V_1D_2	23.73	21.2	844.00	11.50	14.5
V_1D_3	22.43	18.3	707.03	11.47	16.0
V_1D_4	20.60	17.9	853.61	11.43	12.4
V_2D_1	22.90	20.5	823.91	11.77	20.1
V_2D_2	22.96	18.7	679.33	12.50	22.1
V_2D_3	22.93	22.1	789.71	13.27	25.3
V_2D_4	21.60	19.7	603.30	11.77	15.9
V_3D_1	24.90	18.7	659.75	11.63	18.4
V_3D_2	24.03	22.1	657.39	12.00	20.2
V_3D_3	23.83	20.4	759.05	12.77	22.4
V_3D_4	20.73	22.0	669.30	9.700	22.1
V_4D_1	24.97	21.4	844.36	16.00	19.4
V_4D_2	23.70	19.8	844.99	13.10	22.8
V_4D_3	24.97	22.2	827.71	11.83	25.1
V_4D_4	22.53	21.1	803.05	13.10	20.4
LSD (P=0.05)	0.97	1.97	203.55	ns	2.08

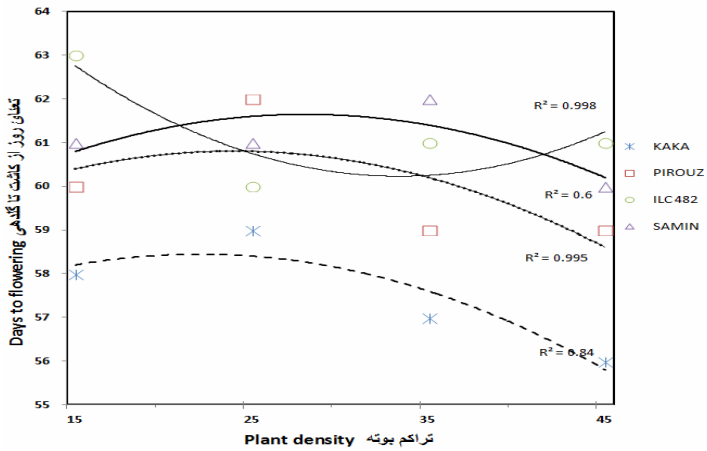
ns: غیر معنی‌دار؛ † : میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

ns: Non significant; †: In each column, there is no significant difference between means with common letters according to LSD test.



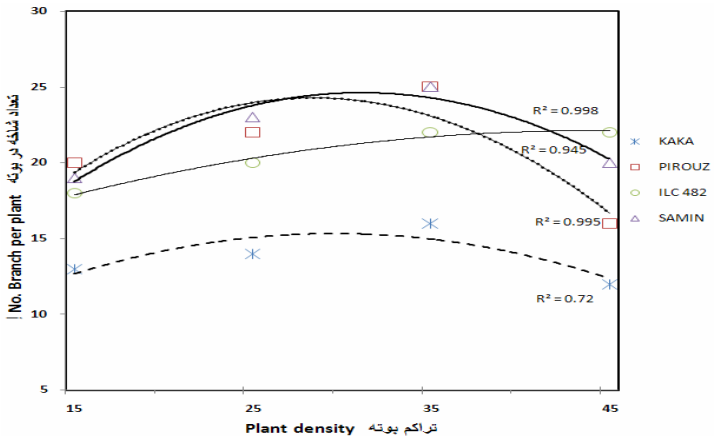
شکل ۱- میانگین‌های مشاهده شده و خط رگرسیون برآورد شده برای عملکرد دانهٔ ارقام نخود در چهار تراکم بوته

Figure 1- Observed means and estimated regression line for seed yield of chickpea varieties at different plant densities



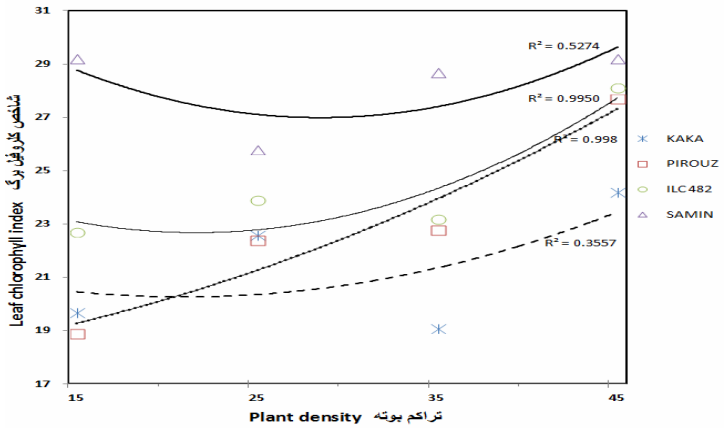
شکل ۲- میانگین‌های مشاهده شده و خط رگرسیون برآورد شده برای تعداد روز از کاشت تا گلدهی در ارقام نخود و تراکم-های مختلف بوته

Figure 2- Observed means and estimated regression line for days to flowering of chickpea varieties at different plant densities



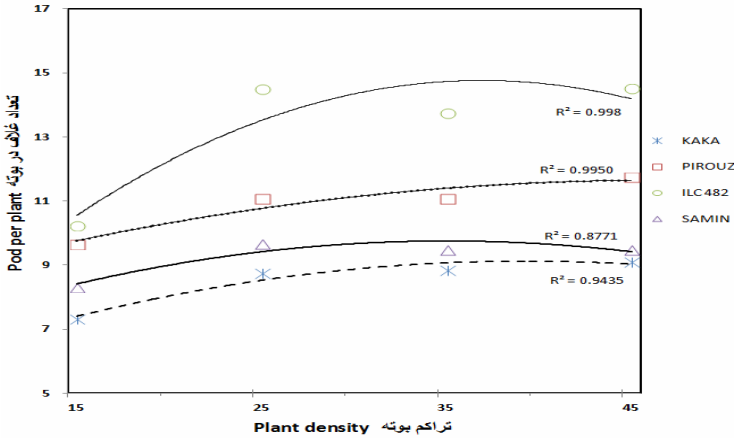
شکل ۳- میانگین‌های مشاهده شده و خط رگرسیون برآورد شده برای تعداد شاخه در بوتهٔ ارقام نخود در چهار تراکم بوته

Figure 3- Observed means and predicted regression line for branch number per plant of chickpea varieties at four plant densities



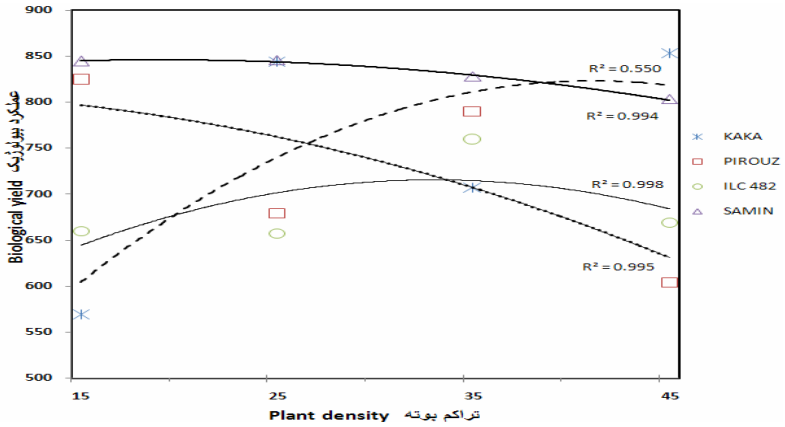
شکل ۴- میانگین‌های مشاهده شده و خط رگرسیون برآورد شده شاخص کلروفیل برگ ارقام نخود در چهار تراکم بوته

Figure 4- Observed means and predicted regression line for leaf chlorophyll index of chickpea varieties at four plant densities



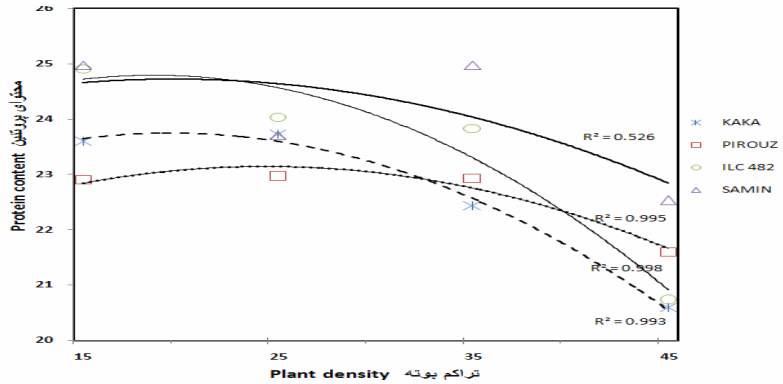
شکل ۵- میانگین‌های مشاهده شده و خط رگرسیون برآورد شده برای تعداد غلاف در بوتهٔ ارقام نخود در چهار تراکم بوته

Figure 5- Observed means and predicted regression line for number of pods per plant of chickpea varieties at four plant densities



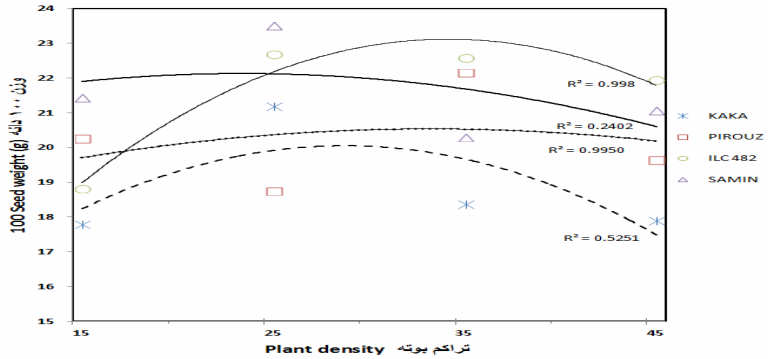
شکل ۶- میانگین‌های مشاهده شده و خط رگرسیون برآورد شده عملکرد بیولوژیک ارقام نخود در تراکم‌های بوته مختلف

Figure 6- Observed means and predicted regression line for biological yield of chickpea varieties at different plant densities



شکل ۷- میانگین‌های مشاهده شده و خط رگرسیون برآورد شده برای محتوای پروتئین دانهٔ ارقام نخود در چهار تراکم بوته

Figure 7- Observed means and predicted regression line for protein content of chickpea varieties at four plant densities



شکل ۸- میانگین‌های مشاهده شده و خط رگرسیون برآورد شده برای وزن ۱۰۰ دانه ارقام نخود در چهار تراکم بوته

Figure 8- Observed means and predicted regression line for one hundred seeds weight of chickpea varieties at four plant densities

جدول۴- ضرایب همبستگی ساده ما بین عملکرد دانه و اجزای عملکرد در ارقام نخود

Table 4- Correlation coefficients among seed yield and yield components of chickpea

صفت Trait	عملکرد بیولوژیک BYLD	تعداد روز تا گلدهی DF	ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین HFP	شاخص کلروفیل برگ LCI	تعداد شاخه در بوته BNP	محتوای پروتئین PC	ارتفاع بوته PHT	تعداد غلاف در بوته PP	تعداد دانه در غلاف SP	وزن ۱۰۰ دانه SW
DF	0.277^{ns}									
HFP	0.371*	0.170^{ns}								
LCI	0.197^{ns}	-0.043^{ns}	0.235^{ns}							
NBP	0.231^{ns}	0.578**	0.222^{ns}	0.288^{ns}						
PC	0.128^{ns}	0.545**	0.518**	-0.058^{ns}	0.297*					
PHT	-0.016^{ns}	-0.404**	-0.315*	-0.186^{ns}	-0.023^{ns}	-0.286^{ns}				
PP	-0.152^{ns}	0.087^{ns}	0.012^{ns}	0.119^{ns}	0.540**	0.048^{ns}	0.457**			
SP	-0.101^{ns}	-0.429**	-0.258^{ns}	-0.691**	-0.672**	-0.331*	0.113^{ns}	-0.248^{ns}		
SW	0.325*	0.292*	0.156^{ns}	0.477**	0.638**	0.214^{ns}	0.156^{ns}	0.498**	-0.573**	
SYLD	-0.087^{ns}	0.176^{ns}	-0.304*	0.281^{ns}	0.556**	-0.201^{ns}	0.297*	0.825**	-0.283^{ns}	0.611**

ns ، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

References منابع مورد استفاده

- Ahmadi, K., H. Gholizadeh, H. Ebadzadeh, R. Hoseinpour, F. Hatami, Z. Mohiti, B. Fazli, and M. Rafiei. 2018. Agricultural year book (2016-2017), Vol. 1. Ministry of Jihad-e-Agriculture, http:// www.maj.ir/portal/File/ShowFile.aspx?ID= 6f66d3e3-0884-4823-b12d-6319a2edad84. (In Persian).
- Ahmadi, M., and H. Kanouni. 1994. Study on the effects of seeding rate on yielding of varieties of white and black chickpea in Kurdistan. *Seed and Plant*. 10(1-2): 32-39. (In Persian).
- Anonymous. 2001. ICARDA Annual report 2000. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, ICARDA, Aleppo, Syria.
- Anonymous. 2014. FAOSTAT, FAO statistical yearbook. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy. Retrieved from http://faostat.fao.org/site/ 291/default.aspx .
- Bagheri, A., A. Nezami, A.A. Mohammad Abadi, and J. Shabahang. 2000. The effects of control of weeds and plant density of chickpea (*Cicer arietinum* L.) on morphological characteristics of yield and yield components. *Agriculture Sciences and Industry*. 14: 145-153.
- Bahr, A.A. 2007. Effect of plant density and urea foliar application on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum*). *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*. 3(4): 220-223.
- Bicer, B.T. 2014. Some agronomic studies in chickpea (*Cicer arietinum* L.) and lentil (*Lens culinaris* Medik). *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences.* 1(1): 42–51.
- Chang, K.F., H.U. Ahmed, S.F. Hwang, R.J. Gossen, T.D. Warkentin, S.E. Strelkov and S.F. Blade. 2007. Impact of cultivar, row spacing and seeding rate on ascochyta blight severity and yield of chickpea. *Canadian Journal of Plant Science*. 87: 395-403.
- Cheghakhor, A., M. Meskarbashee, R. Mamaghani, and M. Nabipour. 2009. Effect of row spacing and plant density on radiation use efficiency and extinction light coefficient on canopy of chickpea cultivars. *Research on Crops*. 10(3): 545-554.
- Falah, S.A., P. Ehsan Zadeh, and M.A. Daneshvar. 2006. Study of the effects of plant density and supplemental irrigation on yield and yield components of three chickpea varieties in Khorramabad, Lorestan. *Iranian Journal of Agricultural Science*. 36(3): 719-731. (In Persian).

- Gan, Y.T., P.R. Miller, B.G. Mc Conkey, R.P. Zentner, P.H. Liu, and C.L. McDonald. 2003. Optimum plant population density for chickpea and dry pea in a semiarid environment. *Canadian Journal of Plant Science*. 83*:* 1–9.
- Khan, R.U., A. Ahad, A. Rashid, and A.Khan. 2001. Chickpea production as influenced by row spacing under rainfed conditions of Dera Ismail Khan. *Journal of Biological Sciences*. 1(3): 103-104
- Kumar, J., and S. Abbo. 2001. Genetics of flowering time in chickpea and its bearing on productivity in the semi-arid environments. *Advances in Agronomy*. 72: 107-138.
- Majnon Hoseini, N., H. Mohamadi, K. Poustini, and H. Zainali Khaneghah. 2005. Effect of plant density on agronomic traits, chlorophyll content and shoot transfer percentage in white chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.). *Iranian Journal of Agricultural Science*. 34: 1011-1019. (In Persian).
- Naseri, R., M.J. Rahimi, S.A.A. Siadat, and A. Mirzaei. 2016. Effect of supplemental irrigation and plant densities on some morphological traits, yield, yield components and grain protein content (*Cicer arietinum* L.). In Sirvan district in Ilam province. *Iranian Journal of Cereals Research.* 6(1): 78-91. (In Persian).
- Naseri, R., S.A.A. Siadat, A. Soleimani-fard, R. Soleimani, and H. Khosh khabar. 2012. Effect of planting date and plant density on yield, yield components and protein content of three chickpea cultivars under dry land conditions of Ilam province. *Iranian Journal of Cereals Research.* 2(2): 7-18. (In Persian).
- Nezami, A., M.S. Bandara, and L.V. Gusta. 2012. An evaluation of freezing tolerance of winter chickpea (*Cicer arietinum* L.) using controlled freeze tests. *Canadian Journal of Plant Science.* 92: 155–161.
- Ruggeri, R., R. Primi, P.P. Danieli, B. Ronchi, and F. Rossini. 2017. Effects of seeding date and seeding rate on yield, proximate composition and total tannins content of two Kabuli chickpea cultivars. *Italian Journal of Agronomy*. 12(3): 201-207.
- Sabaghpour, S.H., Y. Ferayedi, M. Kamel, A.A. Mahmoodi, M. Mahdeyeh, F. Mahmoodi, A. Saeed, H. Kanouni, H.R. Pouralibaba, M. Khaledahmadi, A. Shabani, M. Namatifard , M.R. Shahab, and I. Karami. 2018. Samin, a new drought tolerant, large seed size and high potential yield chickpea cultivar for spring planting on cold dryland condition of Iran. *Research Achievements for Field and Horticultural Crops.* 6(2): 111-121. (In Persian).

- Sabaghpour, S.H., A.A. Mahmodi, M. Kamel, and R.S. Malhotra. 2006. Study on chickpea drought tolerance lines under dryland condition of Iran. *Indian Journal of Crop Science*. 1: 70-73.
- Singh, G., and H.S. Sekhon. 2006. Effect of row spacing and seed rate on the growth and grain yield of desi chickpea (*Cicer arietinum*) genotypes. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*. 76(6): 25-26.
- Tawaha, A.R.M., M.A. Turk, and K.D. Lee. 2005. Adaptation of chickpea to cultural practices in Mediterranean type environment. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*. 1(2): 152-157.
- Torabi Jafrudi, A., A. Hasanzadeh, and A. Fayaz Moghadam. 2007. Effects of planting density on some morphological characteristics in two red bean cultivars. *Agriculture and Horticulture Journal*. 74: 64-71.
- Yadav, S.S., R.J. Redden, W. Chen, and B. Sharma. 2007. Chickpea breeding and management (p.638). Wallingford, Oxon, UK: CAB International.
- Yigitoglu, D. 2006. Research on the effect of different sowing densities on the yield and yield components of some chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars that sown in winter and spring in Kahramanmaras region. Ph.D. Thesis, Department of Field Crops, Institute of Natural and Applied Science, Çukurova University, p. 163.
- Zakeri Nezhad, R., M. Yousefi Rad, and A. Hani. 2016. Effect of supplemental irrigation on yield and yield components of dried chickpea in Azad cultivar in Kharaghan area, Markazi province. Third National Conference on Modern Issues in Agriculture, Saveh, 28-32.

Research Article DOI: 10.30495/jcep.2020.676144

Response of some Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Varieties to Changes in Plant Density

Kazhal Pirzahiri[1], Homayoun Kanouni[2]*, and Asaad Rokhzadi[3]

Received: January 2020 , Revised: 29 March 2020, Accepted: 26 April 2020

Abstract

Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is commonly grown under dryland conditions during spring on soils that conserve moisture from the preceding season, in Iran. Seeding rate can have a major impact on production of chickpea. A field trial was carried out at Gerizeh Agricultural Research Station of Kurdistan (35°16'N 47°1'E), west of Iran during 2015-16 cropping season. The trial was carried out in a factorial experiment based on randomized complete block design (RCBD) with three replications. The factor "A" was plant densities, consisting of 15, 25, 35, and 45 plants m^{-2} and factor "B" was chickpea varieties (Kaka, Pirouz, ILC 482, and Samin). The effect of chickpea varieties and interaction between plant densities and varieties were significant on all measured parameters, except on number of seed per pod, plant height and height of first pod. Also, the effects of plant densities on seed yield, 100 seed weight, leaf chlorophyll index, protein content, plant height, and number of branch per plant were also significant. Results showed that an increase in plant density resulted in significantly higher seed yield per hectare. The mean yields indicated the sensitivity of "Samin" cultivar to high plant population, while it was, suitabilie to cultivar "ILC482" (45 plants m^2). "Kaka" and "Pirouz" produce near optimum yields at medium plant densities (25 and 35 plants m^{-2}). Mean yield comparison of cultivar × palnt density showed that cultivars "Pirouz", "ILC482" and "Samin" did not differ significantly in protein content but "Kaka" significantly produced higher protein content the three cultivars. Correlation coefficient for seed yield, number of pods/plant, seed weight, number of branch/ plant and plant height were positive and significant, while for seed yield, and height of first pod were negative and significant. According to the results of the this study Samin, with its large seed size and other desirable characteristics and plant population of 35 plants m^{-2} can be recommended for planting in Sanandaj and similar climatic areas.

Key words: Agronomic characteristics, Chickpea, Grain yield, Plant population.

1- MS.c., Expert of Agriculture and Environment, Department of Environment of Kurdistan, Sanandaj, Iran.
2- Associate Scientist, Kurdistan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Snandaj, Iran.
3- Assistant Professor, Plant Production and Breeding Department, Faculty of Agriculture, Sanandaj Branch, Islamic Azad Univeristy, Sanandaj, Iran.
**Corresponding Author: hkanouni@gmail.com*