

## اثر سطوح مختلف کاربرد نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه کینوا (*Chenopodium quinoa* L.) تحت تراکم‌های مختلف کاشت

زهرة نبی پور<sup>۱</sup>، غلامرضا زمانی<sup>۲\*</sup>، یداله قیصری<sup>۳</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۰۱)

### چکیده

به منظور بررسی تأثیر کاربرد سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد کینوا تحت تراکم‌های مختلف کاشت، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ در شهر گناباد انجام شد. تیمارهای تراکم کاشت در چهار سطح (۳۰، ۵۰، ۷۰ و ۹۰ بوته در متر مربع) و مقادیر نیتروژن در چهار سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) بود. نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی نشان داد افزایش تراکم از ۳۰ به ۹۰ بوته در متر مربع باعث افزایش ارتفاع بوته، وزن خشک خوشه و درصد نیتروژن دانه شد، و افزایش نیتروژن به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش ارتفاع بوته، تعداد خوشه در هر بوته، وزن خشک خوشه، تعداد خوشه فرعی در خوشه اصلی و درصد نیتروژن دانه شد. همچنین اثر متقابل تراکم کاشت و کاربرد نیتروژن بر شاخص سطح برگ، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، کارایی زراعی نیتروژن مصرفی، عملکرد دانه، نسبت عملکرد دانه به شاخص سطح برگ در بوته، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت معنی‌دار بود. بر اساس نتایج اثرات متقابل بیشترین میزان تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، نسبت عملکرد دانه به شاخص سطح برگ در بوته و شاخص برداشت تحت تیمار تراکم ۵۰ بوته در متر مربع و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به دست آمد. با توجه به برتری سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و تراکم ۵۰ بوته در متر مربع از لحاظ عملکرد دانه چنین به نظر می‌رسد که این سطح تراکم و نیتروژن برای حصول عملکرد مناسب در منطقه مورد آزمایش و مناطق مشابه قابل توصیه می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** تعداد خوشه، عملکرد دانه کینوا، وزن هزار دانه، نیتروژن

نبی پور ز، زمانی غ، قیصری ی. ۱۴۰۱. اثر سطوح مختلف کاربرد نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه کینوا (*Chenopodium quinoa* L.) تحت تراکم‌های مختلف کاشت. جلد ۱۰، شماره ۴. صفحه: ۶۱-۷۵.

۱- محقق، ایستگاه تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گناباد، مرکز تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، گناباد، ایران

۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۳- دانشجوی دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

\* پست الکترونیک: [Zohreh.nabipour@yahoo.com](mailto:Zohreh.nabipour@yahoo.com)

## مقدمه

گیاه جدید کینوا از طرف سازمان خوار و بار جهانی (FAO) به عنوان یک گیاه استراتژیک برای امنیت غذایی دنیا معرفی شده است. کینوا (*Chenopodium.quinoa wild*) گیاهی دولپه و یکساله با حدود ۹۵ درصد خودگشنی، پهن برگ با ارتفاع یک تا دو متر که از کوه‌های آند کرانه غربی آمریکای جنوبی منشاء گرفته است و علاوه بر دانه‌ها، از برگ‌های جوان آن نیز بعنوان منبع تغذیه‌ای استفاده می‌شود (Saeidi *et al.*, 2020). این گیاه به دلیل کیفیت بالای دانه و تحمل زیاد به شرایط سخت محیطی، در مناطق زیادی از جهان کشت می‌شود (Rashid *et al.*, 2018). دانه کینوا ۱۴ تا ۲۰ درصد پروتئین دارد و سرشار از اسیدهای آمینه ضروری مانند لایسین، متیونین و سیستئین است که در بیشتر غلات به میزان خیلی کم وجود دارد (Bordeny & Abdel-Ati, 2018). با توجه به اینکه ایران کشوری با تنوع آب و هوایی فراوان و جمعیتی رو به افزایش است، تامین نیاز غذایی مردم با استفاده از پتانسیل تولیدات کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Hinojosa *et al.*, 2018). در چند سال اخیر گرایش کشاورزان به کشت کینوا از نظر تولید به ویژه در مناطق جنوبی و جنوب شرق موجب ایجاد تنوع در محصولات زراعی، تولید پایدار و افزایش درآمد کشاورزان و امنیت غذایی خواهد شد (Amiryousefi *et al.*, 2020). بر اساس نتایج آزمایشات، کینوا به سطوح مختلف تراکم کاشت، انواع و میزان مصرف کودها حساس است (Eisa *et al.*, 2018). یکی از عوامل مهم در تعیین عملکرد گیاهان زراعی، تراکم بوته در واحد سطح است؛ در تراکم‌های بیش از حد مطلوب، افزایش رقابت درون گونه‌ای باعث کاهش عملکرد می‌شود و در تراکم‌های کمتر از حد مطلوب، از امکانات محیطی اعم از نور، فضا، آب و خاک به نحو مطلوب استفاده نشده و در نهایت، سبب کاهش عملکرد می‌گردد (parwada *et al.*, 2020). عیسی و همکاران (Eisa *et al.*, 2018) گزارش کردند که تراکم بوته اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه کینوا داشت، بالاترین عملکرد دانه از تراکم ۱۶۸۰۰۰ بوته در هکتار بدست آمد که ۳۴/۷ درصد بیشتر از عملکرد دانه کینوا در تراکم ۵۶۰۰۰ بوته در هکتار بود. در آزمایش دیگری مشخص شد که با کاربرد نیتروژن به میزان ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار و فاصله بین ردیف ۴۰ تا ۸۰ سانتی‌متر بهترین عملکرد کینوا بدست آمد (Saif *et al.*,

2015). مدیریت استفاده از عناصر غذایی جهت تولید اقتصادی محصولات کشاورزی، حفظ کشاورزی پایدار و تامین امنیت غذایی از اولویت ویژه‌ای برخوردار است. در این راستا استفاده مناسب، منطقی و بهینه از نهاده‌های کشاورزی بخصوص نیتروژن و جلوگیری از هدرروی آن جهت تولید، با در نظر گرفتن کیفیت برتر، ارتقای سلامت جامعه و جلوگیری از آلودگی محیط زیست از ضروریات کشت این محصول است (Montemuro *et al.*, 2006). هر چند که مطالعات بر روی کوددهی در کینوا محدود است؛ اما برخی از محققان اهمیت کود نیتروژن در این شبه غله را گزارش کرده‌اند (Geren, 2015; Gomma, 2013; Erley *et al.*, 2005) و از طرف دیگر به دلیل تنوع شرایط اکولوژیکی، مقدار مورد نیاز کود نیتروژن برای گیاهان در مناطق مختلف همچنان تحت مطالعه است (Hakan *et al.*, 2015). طبق نتایج پژوهش کرمی و همکاران (Karami *et al.*, 2020) حداکثر تعداد برگ، تعداد شاخه جانبی، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص به دست آمد. بصرا و همکاران (Basra *et al.*, 2014) اظهار داشتند که کاربرد ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار سطح مطلوب برای تکمیل نیتروژن خاک جهت رشد و نمو کینوا و برداشت حداکثر عملکرد اقتصادی در شرایط اکولوژیکی مصر است. ارلی و همکاران (Erley *et al.*, 2005) در بررسی ارزیابی پاسخ کینوا به میزان کوددهی نیتروژن با مقادیر ۰، ۸۰، و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، به این نتیجه رسیدند که کینوا به شدت به افزایش مقدار نیتروژن پاسخ داده و عملکرد آن با افزایش نیتروژن مصرفی در هکتار افزایش یافت. مشابه با این نتایج چالته و همکاران (Schulte *et al.*, 2005) نیز گزارش کردند که با افزایش مصرف نیتروژن از صفر به ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد کینوا از ۱۷۹۰ کیلوگرم به ۳۴۹۵ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. نتایج پژوهش شومان (Shoman, 2018) نشان داد بین تیمارهای مختلف نیتروژن (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن) از نظر تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه در هکتار اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد اما با افزایش مصرف نیتروژن تا سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه گیاه افزایش یافت. نتایج پژوهش‌های شمس (Shams, 2012) و کاکابوکی و همکاران (Kakabouki *et al.*, 2014) نیز مؤید این مطلب است که با افزایش مصرف نیتروژن خصوصیات

شیاری به عمق دو سانتی متر ایجاد و سپس بذر درون شیارها ریخته، بوسیله ماسه بادی پوشانده شد و بلافاصله پس از کاشت آبیاری انجام شد. بعد از آبیاری اول، آبیاری-های بعدی تا مرحله سبز شدن به فواصل چهار روز انجام شد. واکاری قسمت‌های سبز نشده بعد از گذشت یک هفته از کشت صورت گرفت. در مرحله دوبرگی (یک هفته بعد از کاشت) به دلیل هجوم لارو کارادرینا با سم فن والریت با غلظت ۱/۵ در هزار سمپاشی انجام شد. عملیات دفع علف-های هرز نیز به صورت وجین دستی در طی مراحل مختلف رشد گیاه انجام گرفت. نیتروژن با توجه به تیمارهای آزمایشی، یک سوم به صورت پایه، یک سوم در مرحله رشد طولی ساقه (۴ تا ۶ برگ) و یک سوم در مرحله غنچه‌دهی به خاک داده شد. در مرحله ۵ تا ۶ برگی بوته‌ها، جهت دستیابی به تراکم مورد نظر، بوته‌ها تنک شدند. عملیات برداشت در اول آذرماه ۱۳۹۸ انجام شد. به منظور اندازه-گیری تعداد خوشه در هر گیاه، وزن خشک خوشه، تعداد خوشه فرعی در هر خوشه اصلی، تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی تعداد ۱۰ بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و به آزمایشگاه انتقال داده شد؛ پس از اندازه‌گیری‌ها میانگین ۱۰ بوته بعنوان عدد نهایی برای هر کدام از صفات در نظر گرفته شد. همچنین سطح برگ نیز توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ مدل دلتا تی (Delta T Device, UK) تعیین شد. همچنین برای اندازه‌گیری عملکرد دانه و بیولوژیک، پس از حذف اثر حاشیه، محصول یک متر مربع از هر کرت به صورت دستی کفبر و برداشت شده و به آزمایشگاه منتقل شد. شاخص برداشت نیز از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک محاسبه شد. کارایی زراعی نیتروژن مصرفی از رابطه پیشنهادی (Craswell & Godwin, 1984) به صورت  $NUE = (Ydf - Yef) / F$  برآورد گردید. در این رابطه  $NUE$ : کارایی زراعی نیتروژن مصرفی (کیلوگرم به کیلوگرم)،  $Ydf$ : عملکرد دانه با مصرف نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)؛  $Yef$ : عملکرد دانه بدون مصرف نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)؛  $F$ : مقدار نیتروژن مصرفی (کیلوگرم در هکتار) است. داده‌های حاصل از این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 تجزیه واریانس شد و مقایسه میانگین بین تیمارها با نرم‌افزار MSTATC و به روش دانکن در سطح معنی‌داری پنج درصد انجام شد.

مورفولوژیکی، فیزیولوژیک و عملکرد در کینوا افزایش پیدا کرد. استفاده کارآمد از نیتروژن تحت تراکم مناسب در کشاورزی می‌تواند باعث افزایش عملکرد، کاهش هزینه تولید و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی گردد (Navruz-Varli & Sanlier, 2016). با توجه به استقبال کشاورزان از کشت کینوا در شهرستان گناباد و ورود تدریجی آن به الگوی تناوب کشت در استان خراسان رضوی، همچنین به دلیل اینکه یکی از عوامل مهم کاهش عملکرد محصولات کشاورزی در مناطق مختلف کمبود اطلاعات کافی در زمینه تراکم بهینه کاشت و عدم مدیریت صحیح مصرف عناصر غذایی می‌باشد، بنظر می‌رسد تعیین مقادیر صحیح این فاکتورها راهنمای خوبی جهت اعمال مدیریت زراعی در راستای کاهش اثرات منفی کودها و رسیدن به بیشترین عملکرد تحت تراکم بهینه این گیاه در منطقه گناباد باشد.

#### مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ای واقع در کیلومتر ۵ شهرستان گناباد با عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۴۵ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۰۵۳ متر از سطح دریا انجام شد. این شهرستان از لحاظ اقلیمی جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. در این تحقیق تیمار تراکم در چهار سطح شامل ۳۰، ۵۰، ۷۰ و ۹۰ بوته در متر مربع و تیمار مقادیر کاربرد نیتروژن در چهار سطح ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، از منبع اوره بود. هر تکرار شامل ۱۶ کرت، ابعاد هر کرت ۵×۱/۵ متر، فاصله بین کرت‌ها ۱/۵ متر و فاصله بین تکرارها ۳ متر منظور شد. هر کرت شامل ۴ خط کاشت هر کدام به طول ۵ متر و فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر بود. رقم کینوا مورد کشت Titicaca با طول دوره رشد ۸۵-۱۰۰ روز و ارتفاع بوته ۷۵-۱۰۰ سانتی‌متر بود (Samadzadeh et al, 2020) که بذر آن از مرکز ملی تحقیقات شوری یزد فراهم گردید. بر اساس نتایج آزمون خاک، مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار پنتا اکسید فسفر ( $P_2O_5$ ) از منبع سوپر فسفات تریپل به صورت پایه قبل از کاشت به خاک داده شد (جدول ۱). عملیات کاشت در تاریخ ۲۰ مرداد ۱۳۹۸ انجام شد. بدین منظور ابتدا روی ردیف‌ها

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (گناباد)

Table 1 - Physical and chemical properties of test soil (Gonabad)

Total Potassium	Total Phosphorus	Electrical Conductivity	pH	Total Nitrogen	Clay	Loam	Sand	Soil pattern
mg. kg <sup>-1</sup>		dS.m <sup>-1</sup>	-		%			
135	6.87	5.76	7.6	0.015	20.2	26.7	53.1	Sandy Loamy Clay

## نتایج و بحث

## ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی سطوح تراکم و کاربرد نیتروژن در سطح یک درصد بر ارتفاع بوته در سطح یک درصد معنی‌دار بود؛ در حالیکه اثر متقابل آن معنی‌دار نبود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی سطوح تراکم نشان داد با افزایش تراکم از ۳۰ به ۹۰ بوته در متر مربع ارتفاع ساقه نیز افزایش یافت، بطوریکه بیشترین مقدار آن در تراکم ۹۰ بوته در متر مربع مشاهده شد و نسبت به تیمار ۳۰ بوته در متر مربع ۱۰۲ درصد افزایش یافت (جدول ۳)؛ که دلیل آن را می‌توان افزایش رقابت بر سر نور و نیز کمیت و کیفیت نور در درون کنوپی دانست. هر چه تعداد بوته افزایش می‌یابد نوری که به لایه‌های پایین کنوپی می‌رسد کمتر شده و رقابت بین اندام‌های گیاه برای جذب بیشتر تشعشع افزایش می‌یابد و از طرفی تخریب نوری

اکسین نیز صورت نمی‌پذیرد که مجموعه این عوامل می‌تواند باعث افزایش طول میانگره‌ها و در نتیجه افزایش ارتفاع می‌گردد (Seifati *et al.*, 2015). بر اساس جدول مقایسه میانگین کاربرد مقادیر بالاتر نیتروژن باعث افزایش بیشتر ارتفاع بوته شد، بطوریکه در تیمار کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بیشترین ارتفاع بوته مشاهده شد که البته با تیمار کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در گروه آماری مشترک قرار گرفت (جدول ۳). بر اساس سایر گزارش‌ها مصرف مقادیر بالای کود نیتروژن با گسترش سطح ریشه و افزایش جذب آب و عناصر از خاک، موجب تحریک رشد رویشی گیاه شده و از طریق افزایش سطح برگ و سطح فتوسنتزی گیاه، میزان آسمیلات‌هایی که در اختیار گیاه قرار می‌دهد را افزایش داده و در نتیجه از طریق تقسیم و طولی شدن سلول‌ها موجب افزایش ارتفاع گیاه می‌شود (Karami *et al.*, 2020).

جدول ۲ - تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف تراکم و مصرف نیتروژن بر برخی از خصوصیات رشد، عملکرد و اجزای عملکرد کینوا

Table 2. Analysis of Variance (mean square) for the effect of different levels of density and application of nitrogen on some growth characteristics, yield and yield component of quinoa

S.O. V	df	Plant height	Leaf area index	N. Cluster per plant	Cluster dry weight	N. sub cluster in each main cluster	N. seed in plant	1000-seed weight
Replication	2	102.77 <sup>ns</sup>	1.42 <sup>ns</sup>	14.58 <sup>ns</sup>	0.12 <sup>ns</sup>	5.51 <sup>ns</sup>	1951.03 <sup>ns</sup>	0.07 <sup>ns</sup>
Density (a)	3	7063.79 <sup>**</sup>	6.16 <sup>**</sup>	53.88 <sup>*</sup>	0.98 <sup>**</sup>	104.03 <sup>**</sup>	24949.49 <sup>**</sup>	1.74 <sup>**</sup>
Nitrogen (b)	3	1875.52 <sup>**</sup>	4.70 <sup>**</sup>	70.94 <sup>**</sup>	0.87 <sup>**</sup>	19.39 <sup>**</sup>	14304.38 <sup>**</sup>	1.22 <sup>**</sup>
(a×b)	9	438.44 <sup>ns</sup>	1.24 <sup>*</sup>	21.20 <sup>ns</sup>	0.15 <sup>ns</sup>	8.83 <sup>ns</sup>	3087.93 <sup>**</sup>	0.42 <sup>**</sup>
Experimental Error	30	317.28	0.52	14.47	0.07	6.21	974.74	0.07
CV	-	20.82	20.13	22.16	15.63	16.17	10.16	12.42

\*\* significant at  $\alpha=0.01$  probability level, \* significant at  $\alpha=0.05$  probability level and, ns no significant

جدول ۲ (ادامه) - تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف تراکم و مصرف نیتروژن بر برخی از خصوصیات رشد، عملکرد و اجزای عملکرد کینوا  
Table 2 (Continued). Analysis of Variance (mean square) for the effect of different levels of density and application of nitrogen on some growth characteristics, yield and yield component of quinoa

S.O. V	df	Percentage of seed nitrogen	Seed yield	Field efficiency of nitrogen consumption	Seed yield to leaf area index ratio (In plant)	Biological yield	Harvest Index
Replication	2	0.01 n.s	12660.87 n.s	19762705 n.s	26.17 n.s	24036.07 n.s	42.40 n.s
Density (a)	3	6.82 **	391163.32 **	1946189632 **	280.56 **	1094168.52 **	441.42 **
Nitrogen (b)	3	5.18 **	335402.68 **	4232390545 **	87.17 **	1453468.01 **	212.44 **
(a×b)	9	0.43 n.s	36303.02 **	457147374 **	55.86 **	66308.95 **	100.91 **
Experimental Error	30	0.52	4602.57	58544464	17.20	31175.85	22.13
CV	-	27.34	11.01	23.63	23.38	10.65	12.80

\*\* significant at  $\alpha=0.01$  probability level, \* significant at  $\alpha=0.05$  probability level and, ns no significant

جدول ۳ - مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف تراکم و مصرف نیتروژن بر برخی از خصوصیات رشد، عملکرد و اجزای عملکرد کینوا  
Table 3. Means comparison of the effect of different levels of density and application of nitrogen on some growth characteristics, yield and yield component of quinoa

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability levels, using Duncan Multiple Range Test

	Plant height (cm)	N. Cluster per plant	Cluster dry weight (gr m <sup>-2</sup> )	N. sub cluster in each main cluster	Percentage of seed nitrogen
<b>Density levels(plants m<sup>-2</sup>)</b>					
30	57 <sup>c</sup>	18.75 <sup>b</sup>	1.60 <sup>b</sup>	17.53 <sup>a</sup>	1.69 <sup>c</sup>
50	78.91 <sup>b</sup>	21.91 <sup>a</sup>	2.21 <sup>a</sup>	18.35 <sup>a</sup>	2.44 <sup>b</sup>
70	91 <sup>b</sup>	15.41 <sup>c</sup>	1.73 <sup>b</sup>	13.25 <sup>b</sup>	3.41 <sup>a</sup>
90	115.16 <sup>a</sup>	15.58 <sup>c</sup>	1.63 <sup>b</sup>	12.55 <sup>b</sup>	3.06 <sup>a</sup>
<b>Consumption of Nitrogen (kg ha<sup>-1</sup>)</b>					
0	70.08 <sup>c</sup>	11.66 <sup>c</sup>	1.49 <sup>c</sup>	14.24 <sup>b</sup>	1.87 <sup>b</sup>
50	80.66 <sup>bc</sup>	14.75 <sup>bc</sup>	1.65 <sup>b</sup>	14.44 <sup>b</sup>	2.34 <sup>b</sup>
100	94.91 <sup>ab</sup>	20.75 <sup>a</sup>	2.04 <sup>a</sup>	16.76 <sup>a</sup>	3.07 <sup>a</sup>
150	96.41 <sup>a</sup>	16.33 <sup>b</sup>	2.00 <sup>a</sup>	16.25 <sup>ab</sup>	3.30 <sup>a</sup>

### شاخص سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی سطوح تراکم، کاربرد مقادیر مختلف نیتروژن و اثر متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر شاخص سطح برگ داشت (جدول ۲). بررسی نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد بیشترین شاخص سطح برگ تحت تیمار شاهد (بدون کاربرد نیتروژن) در تراکم ۷۰ بوته در متر مربع حاصل شد (جدول ۴). در سطوح تراکم بالاتر عدم دسترسی کافی به منابعی نور، آب و مواد غذایی و دمای مناسب تأثیر کاهنده بر شاخص سطح برگ دارد (Karami et al., 2020). در سطوح کاربرد ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن تراکم ۷۰ بوته در متر مربع دارای بیشترین شاخص سطح برگ بود که البته اختلاف معنی‌داری با تراکم ۹۰ بوته در متر مربع نداشت و تحت تیمار کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار

تراکم ۹۰ بوته در متر مربع دارای بیشترین مقدار شاخص سطح برگ بود که با تراکم ۷۰ بوته در متر مربع اختلاف آماری معنی‌داری نداشت (جدول ۴). همچنین جدول ۴ نشان داد همزمان با افزایش تراکم تا سطح ۷۰ بوته در متر مربع افزایش مقدار نیتروژن از تیمار شاهد (عدم کاربرد نیتروژن) به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار روند افزایشی در شاخص سطح برگ را به میزان ۵، ۳۱ و ۱۰۰ درصد به ترتیب در تراکم‌های ۳۰، ۵۰ و ۷۰ بوته در متر مربع باعث شد؛ در حالیکه تحت تیمار ۹۰ بوته در متر مربع هرچند روند به صورت افزایشی بود ولی با درصد کمتری نسبت به تیمار ۷۰ بوته در متر مربع همراه بود (۷۵ درصد). می‌توان گفت با افزایش تراکم تا ۷۰ بوته در متر مربع، گیاه بهتر از شرایط محیطی استفاده کرده و فضای خالی را پوشش می‌دهد و کاربرد مقادیر بالاتر نیتروژن نیز باعث افزایش شاخص

افزایش تراکم از ۳۰ به ۵۰ بوته در متر مربع تعداد خوشه در بوته ۱۶ درصد افزایش یافت؛ در حالیکه در تراکم‌های ۷۰ و ۹۰ بوته در متر مربع تعداد خوشه در بوته روند کاهشی در پیش گرفت (جدول ۳). در تراکم‌های بالاتر به دلیل کاهش نفوذ نور به داخل کنوبی و افزایش غالبیت انتهایی، از تعداد خوشه در بوته کاسته می‌شود (Wang *et al.*, 2020). طبق گزارشات ارائه شده توسط سایر پژوهشگران افزایش تراکم بوته از طریق کاهش تعداد شاخه فرعی و اما تعداد خوشه در بوته باعث کاهش عملکرد بوته می‌شود؛ اما تراکم تا حد مطلوب منجر به جبران کاهش تعداد شاخه فرعی، تعداد خوشه در بوته و اجزای عملکرد در گیاه از طریق افزایش تعداد بوته خواهد شد (Seifati *et al.*, 2015). جدول ۳ نشان داد کاربرد مقادیر ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب باعث افزایش تعداد خوشه در بوته به میزان ۲۶، ۷۷ و ۴۰ درصد نسبت به تیمار عدم کاربرد کود نیتروژن شد. به نظر می‌رسد با افزایش مقدار نیتروژن بنیه گیاه در مقایسه با حالتی که نیتروژن کمتری مصرف می‌شود، افزایش یافته و تعداد خوشه در بوته بیشتر می‌شود.

سطح برگ شد؛ در حالیکه افزایش تراکم بیشتر از ۷۰ بوته در متر مربع باعث کاهش فضای رشدی موجود برای هر بوته می‌شود و این واکنش سبب می‌شود که با افزایش بیشتر تراکم گیاهی سطوح بالاتر نیتروژن باعث تغییرات کمتری در میزان شاخص سطح برگ شود. گزارشات مشابه با نتایج این آزمایش مبنی بر تأثیر مثبت کود نیتروژن بر شاخص سطح برگ ارائه شده است که می‌توان به کرمی و همکاران (Karami *et al.*, 2020)، بصرا و همکاران (Basra *et al.*, 2014) و کانسوجت و همکاران (Kansomjet *et al.*, 2017) در کینوا اشاره کرد؛ بر اساس گزارش این پژوهشگران نیتروژن یکی از عوامل موثر در توسعه سطح برگ می‌باشد که با تأثیر بر اندازه برگ باعث افزایش شاخص سطح برگ می‌شود.

#### تعداد خوشه در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی سطوح تراکم و نیتروژن بر تعداد خوشه در بوته در سطح یک درصد معنی‌دار بود؛ در حالیکه اثر متقابل آن معنی‌دار نبود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی سطوح تراکم نشان داد با

جدول ۴ - اثر متقابل سطوح مختلف تراکم و مصرف نیتروژن بر برخی از خصوصیات رشد، عملکرد و اجزای عملکرد کینوا

Table 4. Means comparison of interaction of the effect of different levels of density and application of nitrogen on some growth characteristics, yield and yield component of quinoa  
Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability levels, using Duncan Multiple Range Test

Density levels (plants m <sup>-2</sup> )	Consumption of Nitrogen (kg ha <sup>-1</sup> )	Leaf area index	N. seed in plant	1000 seed weight (gr)	Field efficiency of nitrogen consumption	Seed yield (kg ha <sup>-1</sup> )	Biological yield (kg ha <sup>-1</sup> )	Harvest Index
30	0	2.54 <sup>f</sup>	241.00 <sup>e</sup>	1.36 <sup>f</sup>	0	277.59 <sup>i</sup>	895.92 <sup>f</sup>	30.96 <sup>efg</sup>
	50	3.26 <sup>def</sup>	243.40 <sup>e</sup>	2.26 <sup>bcd</sup>	1834.80 <sup>g</sup>	314.28 <sup>hi</sup>	948.78 <sup>f</sup>	33.15 <sup>cdefg</sup>
	100	3.05 <sup>ef</sup>	258.73 <sup>de</sup>	2.36 <sup>bc</sup>	20596.80 <sup>def</sup>	441.49 <sup>g</sup>	1513.29 <sup>e</sup>	29.97 <sup>fg</sup>
	150	2.68 <sup>f</sup>	251.96 <sup>de</sup>	2.36 <sup>bc</sup>	21342.40 <sup>de</sup>	419.87 <sup>gh</sup>	1570.63 <sup>de</sup>	26.74 <sup>g</sup>
50	0	2.61 <sup>f</sup>	303.96 <sup>bcd</sup>	2.20 <sup>bcd</sup>	0	406.07 <sup>gh</sup>	1135.98 <sup>f</sup>	36.02 <sup>bcdef</sup>
	50	2.84 <sup>f</sup>	315.90 <sup>bc</sup>	2.16 <sup>bcd</sup>	7934.93 <sup>fg</sup>	604.76 <sup>f</sup>	1546.10 <sup>de</sup>	39.07 <sup>bcd</sup>
	100	3.41 <sup>cdef</sup>	410.16 <sup>a</sup>	3.76 <sup>a</sup>	70360.60 <sup>a</sup>	1109.67 <sup>a</sup>	1830.20 <sup>cd</sup>	60.75 <sup>a</sup>
	150	3.42 <sup>cdef</sup>	409.06 <sup>a</sup>	2.60 <sup>b</sup>	71485 <sup>a</sup>	882.64 <sup>bc</sup>	2162.86 <sup>ab</sup>	40.79 <sup>bc</sup>
70	0	3.01 <sup>ef</sup>	269.70 <sup>cde</sup>	1.90 <sup>de</sup>	0	596.27 <sup>f</sup>	1638.60 <sup>de</sup>	36.33 <sup>bcdef</sup>
	50	3.64 <sup>cdef</sup>	289.00 <sup>bcd</sup>	1.96 <sup>cde</sup>	21732.13 <sup>de</sup>	656.24 <sup>ef</sup>	1554.80 <sup>de</sup>	42.56 <sup>b</sup>
	100	4.49 <sup>bc</sup>	403.26 <sup>a</sup>	2.20 <sup>bcd</sup>	36688.40 <sup>bc</sup>	929.82 <sup>b</sup>	2383.59 <sup>a</sup>	39.14 <sup>bcd</sup>
	150	6.06 <sup>a</sup>	296.50 <sup>bcd</sup>	2.16 <sup>bcd</sup>	49501.90 <sup>b</sup>	783.42 <sup>cd</sup>	2124.86 <sup>ab</sup>	36.87 <sup>bcdef</sup>
90	0	2.89 <sup>f</sup>	262.00 <sup>de</sup>	1.66 <sup>ef</sup>	0	383.52 <sup>ghi</sup>	1440.45 <sup>e</sup>	26.49 <sup>g</sup>
	50	4.18 <sup>bcd</sup>	314.56 <sup>bc</sup>	1.83 <sup>de</sup>	12371.33 <sup>efg</sup>	664.28 <sup>ef</sup>	1733.49 <sup>cde</sup>	38.54 <sup>bcde</sup>
	100	4.29 <sup>bcd</sup>	322.51 <sup>b</sup>	1.90 <sup>de</sup>	32545.66 <sup>cd</sup>	742.31 <sup>de</sup>	2004.43 <sup>bc</sup>	37.51 <sup>bcdef</sup>
	150	5.06 <sup>ab</sup>	320.90 <sup>bc</sup>	1.70 <sup>ef</sup>	42056.58 <sup>bc</sup>	649.80 <sup>ef</sup>	2027.03 <sup>bc</sup>	32.64 <sup>defg</sup>

## تعداد خوشه فرعی در خوشه اصلی

گیاه سرمایه‌گذاری بیشتری در افزایش ارتفاع بوته نسبت به افزایش وزن خشک خوشه داشته است (جدول ۳). مطابق با این نتایج سایر تحقیقات نشان داد با افزایش تراکم وزن خشک خوشه روند کاهش در پیش گرفت (Goma, 2013). احتمالاً تحت تراکم‌های بالاتر به دلیل سایه‌اندازی برگ‌ها قدرت فتوسنتزی گیاه کاهش یافته، بنابراین وزن خشک خوشه کاهش می‌یابد (Samadzadeh et al., 2020). جدول مقایسه میانگین اثرات اصلی کاربرد سطوح مختلف نیتروژن بر وزن خشک خوشه نشان داد، با افزایش مقدار نیتروژن به ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در مقایسه تیمار عدم کاربرد نیتروژن مقدار وزن خشک خوشه ۱۰، ۳۷ و ۳۴ درصد افزایش یافت (جدول ۳). مقادیر بیشتر نیتروژن به دلیل اثر مثبتی که بر تعداد خوشه در بوته و تعداد خوشه فرعی در خوشه اصلی (جدول ۳) و نیز افزایش اندازه و طول عمر برگ و نیز بهبود فرایند تنظیم اسمز (Shahzad et al., 2014) می‌گذارد، منجر به افزایش افزایش فتوسنتز و در نهایت وزن خشک خوشه می‌شود.

## تعداد دانه در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی سطوح تراکم، کاربرد نیتروژن و اثر متقابل آن‌ها در سطح یک درصد بر تعداد دانه در بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تراکم و کاربرد نیتروژن نشان داد در همه سطوح تراکم کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن دارای بیشترین تعداد دانه در بوته بود، بطوریکه کاربرد این مقدار نیتروژن نسبت به تیمار عدم کاربرد نیتروژن در سطوح تراکم ۳۰، ۵۰، ۷۰ و ۹۰ بوته در متر مربع به ترتیب باعث افزایش ۷، ۳۵، ۴۹ و ۲۳ درصد شد (جدول ۴). کاهش ۲۶ درصدی تعداد دانه در بوته همزمان با افزایش تراکم از ۷۰ به ۹۰ بوته در متر مربع نشان می‌دهد تحت تراکم‌های بالاتر حتی کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن نیز بطور کامل اثرات رقابتی ناشی از افزایش تراکم را جبران نکرد و تعداد دانه در بوته تحت تأثیر آن با سرعت کمتری افزایش یافت. بر اساس نتایج جدول اثرات متقابل در تیمار شاهد (عدم کاربرد نیتروژن) تعداد دانه در بوته با افزایش تراکم از ۳۰ به ۵۰ بوته در متر مربع ۲۶ درصد افزایش یافته، در حالیکه افزایش تراکم از ۵۰ به ۷۰ و از ۷۰ به ۹۰ بوته در متر مربع به ترتیب باعث کاهش ۱۱ و ۲ درصدی در تعداد دانه در بوته شد که مسلماً ناشی از رقابت درون بوته‌ای و

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی تراکم و کاربرد نیتروژن بر تعداد خوشه فرعی در خوشه اصلی در سطح یک درصد معنی‌دار بود، در حالی که اثر متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول ۲). بررسی نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین تعداد خوشه فرعی تحت تراکم ۵۰ بوته در متر مربع (۱۸/۳۵ عدد) مشاهده شد که البته با تیمار تراکم ۳۰ بوته در متر مربع در گروه آماری مشترکی قرار گرفت و همچنین کمترین آن تحت تیمار ۹۰ بوته در متر مربع (۱۲/۵۵ عدد) حاصل شد (جدول ۳). به‌طور معمول افزایش تراکم باعث کاهش تعداد خوشه فرعی در خوشه اصلی می‌شود. مقایسه میانگین اثر نیتروژن بر تعداد خوشه فرعی در خوشه اصلی نشان داد که با افزایش مصرف نیتروژن، تعداد خوشه فرعی افزایش یافت (جدول ۳). بیشترین تعداد خوشه فرعی در خوشه اصلی تحت تیمار کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد (۱۶/۷۶ عدد) و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد (۱۴/۲۴ عدد) بود (جدول ۳). افزایش کاربرد نیتروژن به دلیل افزایش سطح سبز فتوسنتز کننده موجب افزایش جذب و انتقال مواد فتوسنتزی و نیز هورمون‌های تحریک کننده رشد به سمت مریستم انتهایی و مریستم جانبی می‌شود؛ در نتیجه مجموعه این عوامل سبب افزایش تحریک مریستم انتهایی و مریستم جانبی و افزایش تولید تعداد خوشه فرعی در هر خوشه اصلی در سطوح بالاتر می‌گردد (Fathi et al., 2002).

## وزن خشک خوشه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی سطوح تراکم و کاربرد نیتروژن بر وزن خشک خوشه در سطح یک درصد معنی‌دار بود؛ در حالیکه اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۲). بررسی روند تغییرات وزن خشک خوشه تحت تراکم‌های مختلف نشان داد که افزایش تراکم از ۳۰ به ۵۰، ۷۰ و ۹۰ بوته در متر مربع به ترتیب باعث افزایش ۳۸، ۸ و ۲ درصدی در وزن خشک خوشه شد و تیمارهای تراکم ۷۰ و ۹۰ بوته در متر مربع در گروه آماری مشترک با تیمار ۳۰ بوته در متر مربع قرار گرفت (جدول ۳). بر اساس نتایج می‌توان گفت با افزایش تراکم بیشتر از ۵۰ بوته در مترمربع به دلیل اینکه هر کدام از بوته‌ها جهت توسعه بیشتر فضای کمتری در اختیار دارند، بنابراین بنظر میرسد در این شرایط

وزن هزار دانه گردید. مطابق با نتایج این آزمایش پژوهش عیسی و همکاران (Eisa *et al.*, 2018) نشان داد با افزایش تراکم وزن هزار دانه و کیفیت دانه کاهش یافت. همچنین نتایج پژوهش شومان (Shoman, 2018) نشان داد که بالاترین میزان وزن هزار دانه در کینوا از مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص بدست آمد. نتایج تحقیقات در مورد سایر گیاهان نظیر لوبیا چیتی (Emadi *et al.*, 2013)، گندم (Bastos *et al.*, 2020)، جو (Montemuro *et al.*, 2006) و آفتابگردان (Amjed *et al.*, 2013) نشان داد تحت تراکم‌های بالاتر وزن هزار دانه کاهش یافت.

#### درصد نیتروژن دانه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر اصلی سطوح مختلف تراکم و کاربرد نیتروژن در سطح یک درصد بر درصد نیتروژن دانه معنی‌دار بود در حالیکه اثر متقابل آن معنی‌دار نبود (جدول ۱). جدول مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارها نشان داد روند کاهشی مشاهده شده در تعداد خوشه فرعی و وزن خشک خوشه در درصد نیتروژن دانه نیز همزمان با افزایش تراکم از ۷۰ به ۹۰ بوته در متر مربع قابل مشاهده بود. البته در هر سه صفت مذکور تیمار ۷۰ و ۹۰ بوته در متر مربع در گروه آماری مشترک قرار گرفت (جدول ۳). همچنین بر اساس جدول ۳ همزمان با افزایش مقادیر کاربرد نیتروژن درصد نیتروژن دانه روند افزایشی داشت، بطوریکه بیشترین مقدار تحت تیمار کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن حاصل شد. با توجه به این‌که نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر در افزایش محتوی نیتروژن دانه است، افزایش مصرف کود نیتروژن باعث افزایش تجمع این عنصر در دانه کینوا شد. در همین راستا گوما (Goma, 2013) گزارش کرد که با مصرف کودهای معدنی و زیستی نیتروژن و فسفر رشد و عملکرد دانه و کیفیت دانه کینوا افزایش یافت. این موضوع توسط شاه‌منصوری (Shahmansouri, 2015) نیز گزارش شده است. البته درصد افزایش نیتروژن دانه همزمان با افزایش مقدار نیتروژن از ۱۰۰ به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار (۷ درصد) در مقایسه با افزایش نیتروژن از تیمار ۵۰ به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار (۳۱ درصد) و شاهد (عدم کاربرد) به ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (۲۵ درصد) با سرعت کمتری افزایش یافت (جدول ۲).

بین بوته‌ای تحت تراکم‌های بالاتر است. از طرف دیگر در تیمارهای کاربرد ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن همزمان با افزایش تراکم از ۳۰ به ۵۰ بوته در متر مربع تعداد دانه در بوته شیب افزایشی بیشتری نسبت به سایر تیمارهای تراکم (۷۰ و ۹۰ بوته در متر مربع) داشت؛ بنابراین می‌توان گفت با افزایش تراکم روند افزایشی تعداد دانه در بوته کاهش یافته، هر چند کاربرد نیتروژن تا یک سطح مشخص (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) باعث افزایش شاخص سطح برگ (جدول ۴) و فراهمی بیشتر مواد فتوسنتزی (Shahmansouri, 2015) و در نتیجه افزایش تعداد دانه در بوته نسبت به سایر تیمارهای کاربرد نیتروژن شد (جدول ۴).

#### وزن هزار دانه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف تراکم، کاربرد نیتروژن و اثر متقابل آن‌ها در سطح یک درصد بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). طبق نتایج جدول اثرات متقابل در همه سطوح تراکم کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن وزن هزار دانه بیشتری نسبت به سایر سطوح کاربرد نیتروژن داشت؛ هر چند همزمان با افزایش سطوح تراکم، تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن نسبت به شاهد (عدم کاربرد نیتروژن) با درصد کمتری باعث افزایش وزن هزار دانه شد (۷۳ درصد در تراکم ۳۰ بوته در متر مربع در برابر ۷۰، ۱۵ و ۱۴ درصد به ترتیب در تراکم‌های ۵۰، ۷۰ و ۹۰ بوته در متر مربع) (جدول ۴). می‌توان گفت در تراکم‌های کمتر کاربرد نیتروژن اثرات بیشتری بر افزایش تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه داشته است بطوریکه مقدار عددی وزن هزار دانه در سطوح کاربرد ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن با افزایش تراکم تا ۵۰ بوته در متر روند افزایشی داشت، ولی در سطوح تراکم بالاتر (۷۰ و ۹۰ بوته در متر مربع) کاهش وزن هزار دانه مشاهده شد. بر این اساس بیشترین وزن هزار دانه تحت تراکم ۵۰ بوته در متر مربع و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد (جدول ۴)؛ بنابراین چنین به نظر می‌رسد کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن تحت تراکم بهینه، از طریق فراهم کردن شرایط مناسب برای رشد پوشش گیاهی و بهبود شاخص سطح برگ باعث افزایش تولید مواد فتوسنتزی و از طرف دیگر با تأثیر بر طولانی‌تر شدن دوره پر شدن موثر دانه‌ها (Wang *et al.*, 2020) باعث افزایش



### کارایی زراعی مصرف نیتروژن

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تراکم و سطوح نیتروژن و اثر متقابل آن بر کارایی زراعی مصرف نیتروژن در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین کارایی زراعی مصرف نیتروژن در تیمار تراکم ۵۰ بوته در متر مربع و کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و کمترین آن در در تراکم ۳۰ بوته در متر مربع و ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن حاصل شد (جدول ۴). بر اساس نتایج با افزایش نیتروژن در همه سطوح تراکم هرچند روند بصورت افزایشی بود، ولی کارایی مصرف نیتروژن کاهش یافت. بر اساس قانون بازده نزولی مبنی بر اینکه واحد های اولیه کود مصرفی تأثیر بیشتری بر افزایش رشد و بهبود عملکرد دارند، انتظار می‌رود که هر قدر مصرف نیتروژن افزایش یابد کارایی استفاده از آن کاهش خواهد یافت. این موضوع کاملاً در نتایج این آزمایش مشهود بود و در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع درصد افزایش کارایی زراعی مصرف نیتروژن همزمان با افزایش مقادیر نیتروژن بیشتر از سایر تراکم‌ها بود (جدول ۴). به نظر می‌رسد با توجه به قانون بازده نزولی، بالاترین کارایی نیتروژن معمولاً با جذب اولین واحد کود به دست آمده و با افزایش مصرف نیتروژن، کارایی آن کاهش می‌یابد. بعبارت دیگر با افزایش مقدار کود مصرفی، گیاه امکان استفاده کمتری از نیتروژن کودی اضافه شده به خاک را دارد.

### عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی تراکم، کاربرد نیتروژن و نیز اثر متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر عملکرد دانه کینوا داشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نشان داد همزمان با افزایش سطوح نیتروژن کاربرد بیشترین عملکرد دانه در واحد سطح تحت سطوح تراکم کمتر حاصل شد، بطوریکه در سطوح کاربرد ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بیشترین عملکرد دانه به ترتیب تحت سطوح تراکم ۹۰، ۵۰ و ۵۰ بوته در متر مربع حاصل شد. بنابراین می‌توان گفت همزمان با افزایش مقدار نیتروژن بکار برده شده کارایی زراعی نیتروژن هر بوته کمتر شده و عملکرد در تراکم‌های بالاتر همسطح با افزایش نیتروژن کاربرد افزایش نیافت (جدول ۴). بر اساس نتایج مقایسات میانگین در همه سطوح تراکم کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بیشترین عملکرد دانه را داشت؛ به طوری که کاربرد این مقدار نیتروژن

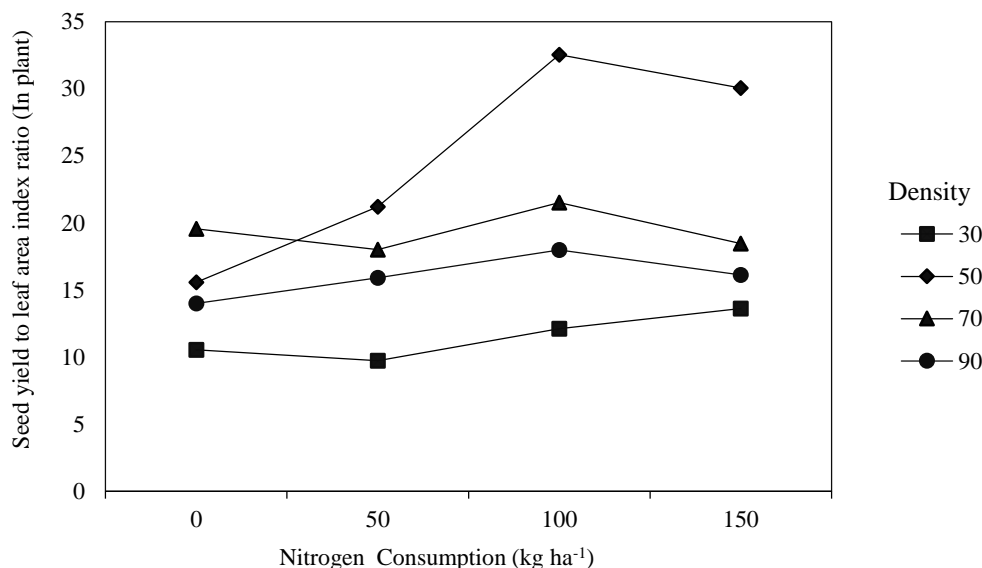
نسبت به تیمار عدم کاربرد در سطوح تراکم ۳۰، ۵۰، ۷۰ و ۹۰ بوته در متر مربع به ترتیب باعث افزایش ۵۹، ۱۷۳، ۵۵ و ۹۳ درصدی در عملکرد دانه شد (جدول ۴). نتایج آزمایش نشان می‌دهد تحت تراکم ۵۰ بوته در متر مربع روند افزایش عملکرد دانه همزمان با افزایش مقدار نیتروژن با سرعت بیشتری انجام شد. همچنین جدول ۴ نشان داد تحت تیمار عدم کاربرد نیتروژن (شاهد) صفات تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه افزایش تراکم را تا ۵۰ بوته در متر مربع تحمل کرد و در تراکم‌های بالاتر از ۵۰ بوته در متر مربع روند کاهش در هر دو صفت مشاهده شد که البته همزمان با افزایش تراکم از ۵۰ به ۷۰ و ۷۰ به ۹۰ بوته در متر مربع تعداد دانه در بوته با سرعت کمتری نسبت به وزن هزار دانه کاهش یافت، یعنی اثرات افزایش تراکم بر کاهش وزن هزار دانه بیشتر از تعداد دانه در بوته بود. همچنین تحت تیمار شاهد (عدم کاربرد نیتروژن) با وجود کاهش تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه در تراکم ۷۰ بوته در متر مربع (به ترتیب ۲۶۹ عدد و ۱/۹۰ گرم) در مقایسه با تراکم ۵۰ بوته در متر مربع (به ترتیب ۳۰۳ عدد و ۲/۲۰ گرم) عملکرد دانه افزایش یافت (تراکم ۷۰ بوته در متر مربع: ۵۹۶/۲۷ کیلوگرم در هکتار؛ تراکم ۵۰ بوته در متر مربع: ۴۰۶/۰۷ کیلوگرم در هکتار) ولی تحت تراکم ۹۰ بوته در متر مربع و تیمار شاهد (عدم کاربرد نیتروژن) عملکرد دانه نیز روند کاهش در پیش گرفت. بنابراین تحت شرایط عدم کاربرد نیتروژن (شاهد) کینوا توانست تا حدی اثرات کاهش ناشی از افزایش تراکم تا سطح ۷۰ بوته در متر مربع را تحمل و اثر کاهش تراکم را بر صفات وابسته به عملکرد در یک بوته را جبران کند. از طرف دیگر تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه گیاه در همه سطوح تراکم همزمان افزایش مقدار نیتروژن تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت ولی افزایش بیش از ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار باعث بروز روند کاهش در هر دو صفت مذکور شد (جدول ۴). مقایسه درصد افزایش تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه همزمان با افزایش مقدار نیتروژن از صفر به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نشان داد کاربرد نیتروژن در تراکم‌های کمتر اثر افزایشی بیشتری بر وزن هزار دانه نسبت به تعداد دانه در بوته داشت (تراکم ۳۰ بوته در متر مربع: ۷ درصد افزایش تعداد دانه در بوته در برابر ۷۳ درصد افزایش وزن هزار دانه؛ تراکم ۵۰ بوته در متر مربع: ۳۴ درصد افزایش تعداد دانه در بوته در برابر ۷۱

درصد افزایش وزن هزار دانه (جدول ۴). عبارت دیگر در تراکم‌های کمتر مواد فتوسنتزی بین تعداد دانه کمتری توزیع شده و وزن هزار دانه افزایش بیشتری داشت. همچنین تراکم‌های بیشتر باعث افزایش بیشتر تعداد دانه در بوته نسبت به وزن هزار دانه شد (تراکم ۷۰ بوته در متر مربع: ۴۹ درصد افزایش تعداد دانه در برابر ۱۵ درصد افزایش وزن هزار دانه؛ تراکم ۹۰ بوته در متر مربع: ۲۳ درصد افزایش تعداد دانه در بوته در برابر ۱۴ درصد وزن هزار دانه). برایند تمام این اثرات باعث شد که عملکرد دانه تحت تیمار کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و تراکم ۵۰ بوته در متر مربع دارای بیشترین مقدار عددی باشد؛ جایی که کاربرد زراعی مصرف نیتروژن، وزن هزار دانه و تعداد دانه در بوته نیز دارای بیشترین مقدار بود (جدول ۴). مطابق با این نتایج در آزمایش دیگری استفاده از نیتروژن باعث افزایش عملکرد دانه کینوا شد (karami et al., 2020). ارلی و همکاران (Erley et al., 2005) بیان کردند که مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در مقایسه با شاهد، عملکرد دانه کینوا را ۹۴ درصد افزایش داد. شاه منصور (Shahmansouri, 2015) نیز در بررسی اثر نیتروژن بر ارقام کینوا گزارش کرد که بیشترین عملکرد دانه در بالاترین سطح کودی (۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) در رقم تی‌تی کاکا مشاهده شد.

#### نسبت عملکرد دانه به شاخص سطح برگ در بوته

به منظور درک بهتر اثر شاخص سطح برگ بر روند تغییرات عملکرد دانه این نسبت اندازه‌گیری شد. بررسی جدول تجزیه واریانس نشان داد اثر تراکم بوته، کاربرد نیتروژن و اثر متقابل آن‌ها در سطح یک درصد بر نسبت عملکرد دانه به شاخص سطح برگ در بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). بر اساس نمودار اثرات متقابل تحت تیمار عدم کاربرد نیتروژن بیشترین مقدار این نسبت در تراکم ۷۰ بوته در متر مربع بدست آمد؛ با توجه به شکل ۱ تحت تیمار عدم کاربرد نیتروژن (شاهد) در تراکم ۳۰ بوته در متر مربع شاخص سطح برگ و نیز عملکرد دانه در بوته کمتر بود؛ در حالیکه تحت تراکم ۹۰ بوته در متر مربع هر چند شاخص سطح برگ نسبت به تراکم ۵۰ بوته در متر مربع در واحد سطح بیشتر بود (جدول ۴)، ولی کارایی فتوسنتزی واحد سطح برگ کمتر از تراکم ۵۰ بوته در متر مربع بود بطوریکه نسبت فوق تحت تیمار عدم کاربرد نیتروژن دارای مقدار عددی کمتری

بود. با افزایش مقدار نیتروژن از صفر به ۵۰ کیلوگرم در هکتار، این نسبت تحت تراکم ۵۰ بوته در متر مربع شیب افزایشی بیشتری نسبت به سایر سطوح تراکم داشت، و دارای مقدار عددی بیشتری بود، از طرف دیگر در تراکم ۳۰ و ۷۰ بوته در متر مربع روند بصورت کاهشی بود؛ بنظر می‌رسد با افزایش مقدار نیتروژن در این تراکم‌ها گیاه سرمایه‌گذاری بیشتری روی افزایش شاخص سطح برگ داشته تا عملکرد دانه. همزمان با افزایش مقدار نیتروژن از ۵۰ به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، شیب افزایشی این نسبت در تیمار ۳۰ بوته در متر مربع نسبت به تیمارهای ۷۰ و ۹۰ بوته در متر مربع بیشتر بود، تحت تیمار ۹۰ بوته در متر مربع احتمالاً به دلایلی نظیر سایه‌اندازی برگ (Amjed et al., 2013) کارایی فتوسنتزی و استفاده از واحد کودی نیتروژن اضافه شده در جهت افزایش عملکرد کمتر شده و روند این نسبت افزایش ناچیزی داشته و سپس به صورت کاهشی بود. تحت تراکم ۷۰ بوته در متر مربع افزایش مقدار این نسبت تا تیمار کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن مشاهده شد و بلافاصله با افزایش مقدار نیتروژن از ۱۰۰ به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار این نسبت روند کاهشی در پیش گرفت. به نظر می‌رسد با افزایش مقدار نیتروژن در این تراکم به مرور سرمایه‌گذاری گیاه در افزایش شاخص سطح برگ بیشتر شده تا جایی مقدار شاخص سطح برگ به حدی افزایش یافت که کارایی فتوسنتزی واحد سطح برگ همزمان با افزایش سطح برگ در بوته افزایش نیافت و به این ترتیب عملکرد دانه در بوته به ازای افزایش واحد شاخص سطح برگ در بوته افزایش نیافت. تحت تراکم ۵۰ بوته در متر مربع همزمان با افزایش مقادیر نیتروژن این نسبت روند افزایشی داشت و شیب افزایش همزمان با افزایش مقدار نیتروژن از ۵۰ به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار با سرعت بیشتری افزایش یافت، بطوریکه بیشترین مقدار این نسبت تحت تیمار ۵۰ بوته در متر مربع و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن حاصل شد. ولی در مرحله بعد همزمان با افزایش نیتروژن از ۱۰۰ به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار روند کاهشی در این تراکم مشاهده شد (شکل ۱). با توجه به شکل ۱ به نظر می‌رسد گیاه تحت تراکم ۵۰ بوته در متر مربع با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به شاخص سطح برگ می‌رسد که بیشترین عملکرد دانه به ازای واحد سطح برگ در بوته را دارد، و بنابراین حداکثر کارایی فتوسنتزی در برگ‌ها مشاهده می‌شود.



شکل ۱- اثر متقابل سطوح تراکم و مصرف نیتروژن بر نسبت عملکرد دانه به شاخص سطح برگ در بوته کینوا  
Figure 1. Means comparison of interaction of the effect of different levels of density and application of nitrogen on seed yield to leaf area index ratio in plant of quinoa

مقادیر بالای نیتروژن باعث افزایش سرمایه‌گذاری مواد فتوسنتزی در بخش‌های برگ و ساقه شده و افزایش زیست توده گیاهی را به دنبال داشت و در نتیجه آن شاخص سطح برگ تا جایی افزایش یافته که منجر به پوشش‌دهی بهتر سطح مزرعه و کارایی استفاده از نور می‌شود، که خود باعث افزایش عملکرد بیولوژیک گیاهان می‌گردد. در این راستا شمس (Shams, 2012) نیز در ارزیابی اثر مقادیر کود نیتروژن (صفر، ۹۰، ۱۸۰، ۲۷۰ و ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار) بر کینوا گزارش کرد که عملکرد بیولوژیک کینوا تا بالاترین سطح نیتروژن افزایش یافت. همچنین نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های شاه‌منصوری (Shahmansouri, 2015) در کینوا و اشرف (Ashraf, 2013) در گلرنگ مطابقت دارد.

#### شاخص برداشت

شاخص برداشت، مقداری از زیست توده گیاه که به دانه اختصاص می‌یابد را نشان می‌دهد و بنابراین شاخصی از توانایی گیاه برای اختصاص منابع بین ساختارهای رویشی و زایشی است (Christiansen *et al.*, 2010). نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی سطوح تراکم، نیتروژن و اثر متقابل آن در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بررسی روند تغییرات شاخص برداشت تحت سطوح مختلف کاربرد نیتروژن نشان داد در هر یک از سطوح کاربرد

#### عملکرد بیولوژیک

نتایج آزمایش نشان داد اثر تراکم بوته، کاربرد نیتروژن و نیز اثر متقابل آن‌ها در سطح یک درصد بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۲). بررسی جدول مقایسه میانگین اثر متقابل تراکم و مقادیر کاربرد نیتروژن نشان داد تحت تیمار عدم کاربرد نیتروژن تراکم ۷۰ بوته در متر مربع دارای بیشترین عملکرد بیولوژیک بود و همزمان با افزایش مقدار نیتروژن از صفر به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار روند افزایش تولید بیوماس در همه تیمارهای تراکم مشاهده شد (جدول ۴). بر اساس نتایج اثرات متقابل کاربرد سطوح مختلف نیتروژن در تراکم‌های کمتر (۳۰ و ۵۰ بوته در متر مربع) نسبت به تراکم‌های بیشتر (۷۰ و ۹۰ بوته در متر مربع) باعث افزایش درصد بیشتری در عملکرد بیولوژیک می‌شود (جدول ۴). به نظر می‌رسد در تراکم‌های بالاتر تعداد بوته بیشتر در واحد سطح باعث بروز اثرات رقابتی شده و مصرف مقادیر بالای نیتروژن نیز باعث افزایش شاخص سطح برگ و رشد رویشی گیاه شده و به دنبال آن افزایش سایه‌اندازی برگ و رقابت برای جذب آب و مواد غذایی را باعث می‌شود و مجموع این دو عامل باعث می‌شود هر چند روند تولید افزایشی است ولی مقدار تولید بیوماس در واحد سطح را کاهش می‌دهد. بر اساس جدول ۴ تحت تراکم‌های کمتر

ولی نیتروژن باعث تحریک بیشتر رشد رویشی و از بین رفتن تعادل بین رشد زایشی و رویشی می‌شود و از این طریق باعث کاهش شاخص برداشت می‌شود (جدول ۴). گزارش‌های دیگری در خصوص کاهش شاخص برداشت در نتیجه افزایش تراکم بوته ارائه گردیده است که نتایج به‌دست آمده در این تحقیق را تأیید می‌نماید (Bordeny & Abdel-Ati, 2018; Fen, 2019).

### نتیجه‌گیری کلی

انتخاب بهینه تراکم و کاربرد مقادیر مناسب انواع کود از اهمیت زیادی در میزان عملکرد نهایی کینوا برخوردار است. نتایج حاصل از این مطالعه ضمن تأیید اثر پذیری عملکرد کینوا به سطوح تراکم و کاربرد مقادیر مختلف نیتروژن مبین آن است که این فاکتورها از طریق تأثیر بر صفات وابسته به عملکرد بر عملکرد نهایی دانه موثر است. نتایج تحقیقات متعدد نشان داد انتخاب تراکم مناسب در بهبود خصوصیات رشدی و عملکرد دانه کینوا موثر است (Saif *et al.*, 2020; Parwada *et al.*, 2020; Bordeny & Abdel-Ati., 2018; Eisa *et al.*, 2018)؛ بر اساس نتایج اثرات متقابل حاصل از این آزمایش تحت تراکم ۵۰ بوته در متر مربع با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن کینوا ضمن تولید تعداد دانه بیشتر در بوته با مجموع وزن هزار دانه بالاتر توانسته سرمایه‌گذاری بهتری در افزایش عملکرد دانه داشته باشد و از طرف دیگر با ایجاد پوشش سبز مناسب در واحد سطح (شاخص سطح برگ بهینه)، احتمالاً توانسته بطور کارآمدتری از تشعشع خورشید در جهت تولید عملکرد اقتصادی بهره‌برداری کند (جدول ۴). هر چند بیشترین مقدار شاخص سطح برگ تحت تراکم ۷۰ بوته در متر مربع با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن حاصل شد ولی بیشترین نسبت عملکرد دانه به شاخص سطح برگ در بوته تحت تیمار ۵۰ بوته در متر مربع و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد بنابراین می‌توان گفت شاخص سطح برگ بهینه که بیشترین فتوسنتز در واحد برگ در جهت افزایش عملکرد دانه داشته است تحت تراکم ۵۰ بوته در متر مربع و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد؛ بطوریکه کارایی زراعی نیتروژن مصرفی نیز در این تیمار در گروه آماری مشترک با تیمار کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و تراکم ۵۰ بوته در متر مربع که دارای بیشترین کارایی زراعی نیتروژن مصرفی بود، قرار گرفت. همچنین بیشترین شاخص برداشت نیز

نیتروژن با افزایش تراکم از ۳۰ به ۷۰ بوته در متر مربع روند شاخص برداشت بصورت افزایشی بود، در حالیکه با افزایش تراکم از ۷۰ به ۹۰ بوته در متر مربع روند بصورت کاهش‌ی شد. به نظر می‌رسد با افزایش تراکم به دلیل تشدید رقابت درون بوته‌ای بوجود آمده بین اندام‌های رویشی و زایشی جهت دریافت مواد فتوسنتزی و از این جهت که تحت چنین شرایطی گیاه سرمایه‌گذاری بیشتری برای رشد رویشی دارد بنابراین احتمالاً مخازن زایشی دیرتر از مخازن رویشی به‌وجود آمده است و می‌توان گفت اثرات سوء ناشی از رقابت در درجه نخست بر مخازن زایشی (اقتصادی) اثر گذاشته است. بر اساس سایر گزارش‌ها نیز شرایط رقابت شدید ممکن است موجب نازایی تعدادی از اندام‌های زایشی گردد (Thiam *et al.*, 2021). از طرف دیگر تحت تیمار عدم کاربرد نیتروژن بیشترین شاخص برداشت در تراکم ۷۰ بوته در متر مربع حاصل شد که البته عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک نیز در این تیمار (عدم کاربرد نیتروژن و تراکم ۷۰ بوته در متر مربع) دارای بیشترین مقدار بود. تحت تراکم ۳۰ بوته در متر مربع همزمان با افزایش مقدار نیتروژن از صفر تا ۵۰ کیلوگرم در هکتار شاخص برداشت روند افزایشی داشت، در حالیکه با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی از ۵۰ به ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار مقدار نیتروژن، سرمایه‌گذاری گیاه برای تولید بیوماس بیشتر از عملکرد دانه بود، عبارت دیگر سرعت رشد رویشی گیاه نسبت به رشد زایشی بیشتر بوده است. تحت تراکم ۵۰ بوته در متر مربع نیز همزمان با افزایش مقدار نیتروژن تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه را بیشتر از عملکرد بیولوژیک افزایش داده است، در حالیکه با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن روند شاخص برداشت کاهش‌ی بود. بر اساس جدول ۴ تحت تراکم ۵۰ بوته در متر مربع با افزایش مقدار نیتروژن از ۱۰۰ به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش ۱۸ درصد در عملکرد بیولوژیک شد ولی اجزای عملکرد و عملکرد دانه کاهش یافت. در تراکم‌های بالاتر (۷۰ و ۹۰ بوته در متر مربع) نیز روند تغییرات تقریباً مشابه همدیگر است؛ به این صورت که با افزایش مقدار نیتروژن از صفر به ۵۰ کیلوگرم در هکتار شاخص برداشت افزایش ناگهانی داشت (در تراکم ۹۰ با درصد بیشتر) و سپس روند به صورت کاهش‌ی بود؛ به نظر می‌رسد در این سطوح تراکم همزمان با افزایش مقدار نیتروژن هر چند درصد افزایش عملکرد بیولوژیک کمتر بود

شد، از طریق کاربرد نیتروژن به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار باعث تولید بیشترین عملکرد دانه (۱۱۰۹ کیلوگرم در هکتار) نسبت به سایر تیمارها شد (جدول ۴). همچنین مطالعات بیشتر و تکرار این آزمایش بصورت دوساله در دامنه‌های گسترده‌تر تراکم و کود نیتروژن توصیه می‌شود.

تحت تراکم ۵۰ بوته در متر مربع و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد که بیانگر توانایی بهتر گیاه تحت این تیمار برای برقراری توازن اختصاص مواد فتوسنتزی بین رشد رویشی و زایشی گیاه بود؛ بنابراین می‌توان گفت افزایش مطلوب تراکم کشت کینوا تا ۵۰ بوته در متر مربع در منطقه گناباد ضمن این که منجر به تولید دانه‌های با وزن مطلوب

## References

- Amiryousefi M., Tadayon M.R., and Ebrahimi R. 2020. Effect of chemical and biological fertilizers on some physiological traits, yield components and yield of quinoa plant. *Journal of Crop Production and Processing*, 10 (2): 1-17. (In persian with English abstract)
- Amjed A., Ashraf A., Tasneem K., and Anser A. 2013. Nitrogen nutrition and planting density effects on sunflower growth and yield: A Review. *Pakistan Journal of Nutrition*, 12(12):1024-1035.
- Ashraf M. 2013. Modeling the influence of nitrogen rate and plant density on seed yield, yield components and seed quality of safflower. *American Journal of Experimental Agriculture*, 3(2):336-360.
- Basra S.M.A., Iqbal S., and Afzal I. 2014. Evaluating the response of nitrogen application on growth, development and yield of quinoa genotypes. *International Journal of Agriculture & Biology*, 16(5):886-892.
- Bastos L.M., Carciocchi W., Lollato R.P., Jaenisch B.R., Rezende C.R., Schwalbert R., Vara-Prasad P.V., Zhang G., Fritz A.K., Foster C., Wright Y., Young S., Bradley P., and Ciampitti I.A. 2020. Winter wheat yield response to plant density as a function of yield environment and tillering potential: A Review and Field Studies. *Frontiers in Plant Science*, 11(54): 1-17.
- Bordeny N., and Abdel-Ati A. 2018. Quinoa in Egypt -plant density effects on seed yield and nutritional quality in marginal regions. *Middle East Journal of Applied Sciences*, 8(2): 515–522.
- Christiansen J.L., Jacobsen S.E., and Jorgensen S.T. 2010. Photoperiodic effect on flowering and seed development in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*, 60: 539–544.
- Craswell E. T., and Godwin D. C. 1984. The efficiency of nitrogen fertilizers applied to cereals grown in different climates. *Advanced in plant nutrition*, 1: 1-55.
- Eisa S.S., Abb-El-Samad E.H., Hussin S.A., Ebrahim A., Gonzalez A., El- Bordeny N.E., and Abdel-Ati A.A. 2018. Quinoa in Egypt- plant density effects on seed yield and nutritional quality in marginal regions. *Middle East Journal of Applied Science*. 8(2): 515- 522.
- Emadi N., Jahanbin S., and Balouchi H.R. 2013. Effect of drought stress and plant density on yield and some physiological characteristics of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in yasouj region. *Journal of Crop production and processing*, 3(8): 25-36. (In persian with English abstract)
- Erley G., Kruse M., and Aufhammer W. 2005. Yield and nitrogen utilization efficiency of the pseudo cereals amaranth, quinoa, and buck wheat under differing nitrogen fertilization. *European Journal of Agronomy*, 22: 95-105.
- Fathi G., Banisaidy A., Siadat A., and Ebrahimipour F. 2002. Effect of different levels nitrogen and plant density on grain yield of rapeseed, cultivar PF7045 in Khuzestan conditions. *The Scientific Journal of agriculture*, 25(1): 43-58. (In Persian)
- Fen S.J. 2019. Experiment report on different planting density of quinoa in loess plateau in longzhong. *Journal of agricultural Science and Technology*, 5: 79–80.
- Geren H. 2015. Effect of different nitrogen levels on the grain yield and some yield components of quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild.) under Mediterranean climatic conditions. *Turkish Journal of Field Crops*, 20(1): 59-64.
- Goma E.F. 2013. Effect of nitrogen, phosphorus and biofertilizers on quinoa plant. *Journal of Applied Sciences Research*, 9(8): 5210-5222.
- Hakan G. 2015. Effect of different nitrogen levels on the grain yield and some yield components of quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild.) under Mediterranean climatic conditions. *Turkish Journal of Field Crops*, 20(1): 59-64.

- Hinojosa L., González J., Barrios-Masias F., Fuentes F., and Murphy K. 2018. Quinoa abiotic stress responses: A review. *Plants*, 7(4): 106-118.
- Kakabouki D., Bilalis A., Karakanis G., Zervas E., and Hela D. 2014. Effect of fertilization and tillage system on growth and crude protein content of quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild.): An alternative forage crop. *Journal of the Science of Food Agriculture*, 26(1): 18-24.
- Kansomjet P., Thobunluepop P., Lermongkol S., Sarobol E., Keawsuwan P., Junhaeng P., Junhaeng P., Pipttanawong N., and Ivan M.T. 2017. Response of physiological characteristics, seed yield and seed quality of quinoa under difference of nitrogen fertilizer management. *Am. Journal of Plant Physiology*, 12(1): 20-27.
- Karami R., Faraji H., Movahedi-Dehnavi M., and Khoshroo A.R. 2020. Interaction of nitrogen and plant density on growth and yield of quinoa. *Journal of Crop Production*, 13(1): 111-129. (In Persian with English abstract)
- Montemuro F., Maiorana M., Ferri D., and Convertini G. 2006. Nitrogen indicators, uptake and utilization efficiency in a maize and barley rotation cropped at different levels and source of N fertilization. *Field Crops Research*, 99(23): 114- 421.
- Navruz-Varli S., and Sanlier N. 2016. Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild.). *Journal of Cereal Science*, 69: 371–376.
- Parwada C., Mandumbu R., Tibugari H., Badze D., and Mhungu S. 2020. Effect of soil fertility amendment, planting density and growing season on *Chenopodium quinoa* Wild (Quinoa) in Zimbabwe. *Cogent Food & Agriculture*, 6: 179-193.
- Rashid N., Basra S.M.A., Shahbaz M., Iqbal S., and Hafeez M.B. 2018. Foliar applied moringa leaf extract induces terminal heat tolerance in Quinoa. *International Journal of Agricultural and Biologica*, 20(1): 157–164.
- Saeidi S.M., Siadat S.A., Moshatati A., Moradi-Telavat M.A., and Sepahvand N.A. 2020. Effect of sowing time and nitrogen fertilizer rates on growth, seed yield and nitrogen use efficiency of quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild) in Ahvaz, Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 21(4): 354-367. (In Persian)
- Saif A., Muhammad U.C., Muhammad U.H., Imran K., Muhammad B., Babar I., Muzammal R., Muhammad N., and Muhammad Z.A. 2020. Growth, biomass production, and yield potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild.) as affected by planting techniques under irrigated conditions. *International Journal of Plant Production*, 14: 427-441.
- Samadzadeh A.R., Zamani G.R., and Fallahi H. 2020. Possibility of quinoa production under South-Khorasan climatic condition as affected by planting densities and sowing dates. *Applied Research in Field Crops*, 33(1): 1-15. (In Persian with English abstract)
- Schulte M., Erley G., Kaul H.P., and Aufhammer W. 2005. Yield and nitrogen utilization efficiency of the pseudo cereals amaranth, quinoa, and buckwheat under differing nitrogen fertilization. *European Journal of Agronomy*, 22(1): 95-100.
- Seifati S.E., Ramazanpour S.S., Soltanloo H., Salehi M., and Sepahvand N.A. 2015. Study on some morpho-phenological traits related to yield and early maturity in quinoa cultivars (*Chenopodium quinoa* Wild.). *Crop Production*, 8(2): 153-169. (In Persian with English abstract)
- Shahmansouri R. 2015. Reaction of quinoa cultivars to nitrogen levels. MSc Thesis. Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Iran. (In Persian with English abstract)
- Shams A.S. 2012. Response of quinoa to nitrogen fertilizer rates under sandy soil. *International Journal of Water Resources Environmental Engineering*, 1(5): 318-325.
- Shahzad M.A., Basra S.M.A., Iqbal S., and Afzal I. 2014. Evaluation the response of nitrogen application on growth, development and yield of quinoa genotypes. *International Journal of Agriculture & Biology*, 16(5): 886-892.
- Shoman H.A. 2018. Effect of sowing dates and nitrogen on productivity of quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild.) at desert areas. *International Journal of Plant Production*, 9(4): 327-332.
- Thiam E., Allaoui A., and Benlhabib O. 2021. Quinoa productivity and stability evaluation through varietal and environmental interaction. *Plants*, 10: 714-728.
- Wang N., Wang F., Clinton C., Meng C., and Qiao L. 2020. Effect of management practices on quinoa growth, Seed yield and quality. *Agronomy*, 10: 445-460.

## Effect of Different Levels of Nitrogen Application on Yield and Yield Components of Quinoa (*Chenopodium quinoa* L.) Under Different Planting Densities

Zohreh Nabipour<sup>1\*</sup>, Gholamreza Zamani<sup>2</sup>, Yadollah Ghysari<sup>3</sup>

(Received: June 2021      Accepted: October 2021)

### Abstract

In order to investigate the effect of application of different levels of nitrogen on yield and yield components of quinoa under different planting densities, a factorial experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications in the crop year 2019-2020 in Gonabad. Planting density treatments were at four levels (30, 50, 70 and 90 plants per square meter) and nitrogen levels were at four levels (zero, 50, 100 and 150 kg ha<sup>-1</sup>). The results of mean comparison showed that increasing the density from 30 to 90 plants per square meter increased plant height, Cluster dry weight and seed nitrogen percentage, and increasing nitrogen to 150 kg ha<sup>-1</sup> increased plant height, number of clusters per plant, Cluster dry weight, number of sub-clusters per major cluster and seed nitrogen percentage. Also, the interaction effect of planting density and nitrogen application on leaf area index, number of seeds per plant, 1000-seed weight, Field efficiency of nitrogen consumption, seed yield, seed yield to leaf area index per plant, biological yield and harvest index were significant. Based on the results of interactions, the highest number of seeds per plant, 1000-seed weight, and seed yield, seed yield to leaf area index per plant and harvest index were obtained under the density of 50 plants per square meter and application of 100 kg ha<sup>-1</sup> nitrogen. Due to the superiority of the level of 100 kg ha<sup>-1</sup> nitrogen and the density of 50 plants per square meter in terms of seed yield, it seems that this level of density and nitrogen is recommended to achieve proper yield in the test area and similar areas.

**Keywords:** Number of clusters per plant, seed yield of quinoa, 1000 seed weight, Nitrogen

Nabipour Z., Zamani G.R. and Ghysari Y. 2023. Effect of different levels of nitrogen application on yield and yield components of quinoa (*Chenopodium quinoa* L.) under different planting densities. *Applied Soil Research*, 10(4): 61-75.

1. Researcher, Gonabad Agricultural Education and Natural Resources Research Station, Khorasan Razavi Agricultural Education and Natural Resources Research Center, Agricultural Education and Extension Research Organization, Gonabad, Iran.
2. Associate Professor, Department of Agriculture and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Birjand University, Birjand, Iran.
3. PhD Student, Faculty of Natural Resources, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran \*  
Corresponding Author Email: [Zohreh.nabipour@yahoo.com](mailto:Zohreh.nabipour@yahoo.com)