



## به‌زرعی کشاورزی

دوره ۲۴ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۴۰۱

صفحه‌های ۴۹۶-۴۸۱

DOI: 10.22059/jci.2021.314379.2483

مقاله پژوهشی:

### اثر فاصله ردیف و مقدار مصرف نیتروژن بر عملکرد و برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک کینوا

- مصطفی ابراهیمی کیا<sup>۱</sup>، متین جامی معینی<sup>۲\*</sup>، حمید مروی<sup>۳</sup>، یوسف هاشمی نژاد<sup>۴</sup>، محمد قاسم‌زاده گنج‌های<sup>۴</sup>
۱. دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران.
  ۲. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران.
  ۳. استادیار پژوهش، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.
  ۴. استادیار، بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.
- تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۹/۰۷      تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۱۲/۲۴

#### چکیده

به‌منظور بررسی اثر فاصله ردیف و مقدار مصرف نیتروژن بر رشد و عملکرد کینوا، آزمایشی به‌صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۷ در سبزوار انجام شد. عوامل مورد مطالعه شامل فاصله ردیف کاشت در سه سطح ۲۵، ۵۰ و ۷۵ سانتی‌متر و مقدار مصرف نیتروژن در چهار سطح صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بودند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی، طول پانیکول، تعداد دانه در بوته و عملکرد بیولوژیک در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد. تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بالاترین تعداد پانیکول در بوته (۱۹/۲۴ عدد) و وزن هزاردانه (۳/۵۱ گرم) را دارا بود. افزایش فاصله ردیف باعث افزایش محتوای کلروفیل، ارتفاع بوته، تعداد پانیکول، طول پانیکول و تعداد دانه در بوته شد، اما وزن هزاردانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را کاهش داد. کاهش عملکرد دانه با افزایش فاصله ردیف به ۵۰ و ۷۵ سانتی‌متر، به‌ترتیب برابر با ۱۸/۶۲ و ۵۰/۱۴ درصد بود. بالاترین عملکرد دانه (۶۶۴۴/۵ کیلوگرم در هکتار) در شرایط مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و در فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر مشاهده شد. با افزایش فاصله ردیف، نیاز نیتروژنی برای تولید حداکثر عملکرد دانه کاهش یافت، به‌طوری‌که بالاترین عملکرد دانه در فاصله ردیف‌های ۷۵، ۵۰ و ۲۵ سانتی‌متر به‌ترتیب با مصرف ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تولید شد. با توجه به نتایج، مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر برای کاشت ژنوتیپ ساجاما، قابل توصیه می‌باشد.

**کلیدواژه‌ها:** تراکم بوته، شاخص کلروفیل، طول پانیکول، کاروتنوئید، کینوا.

### Effect of Row Spacing and Nitrogen Application Rate on Yield and Some Morphological and Physiological Characteristics of Quinoa

Mostafa Ebrahimi<sup>1</sup>, Matin Jami Moeini<sup>2\*</sup>, Hamid Marvi<sup>3</sup>, Yousef Hasheminejad<sup>3</sup>, Mohammad Ghasemzadeh Ganjehic<sup>4</sup>

1. Ph.D. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran.

2. Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran.

3. Assistant Professor of Research, National Salinity Research Center (NSRC), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran.

4. Assistant Professor, Soil and Water Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran.

Received: November 27, 2020

Accepted: March 14, 2021

#### Abstract

To investigate the effects of row spacing and nitrogen application rate on growth and yield of quinoa, a split plot experiment has been conducted in a randomized complete block design with three replications in Sabzevar during 2018. The studied factors include row spacing at three levels (25, 50, and 75 cm) and nitrogen application rate at four levels (0, 50, 100, and 150 kg N ha<sup>-1</sup>). Results show that the highest content of photosynthetic pigments, panicle length, number of seeds per plant, and biological yield belong to 150 kg N ha<sup>-1</sup> treatment. However, the 100 kg N ha<sup>-1</sup> treatment has had the highest number of panicles per plant (19.24) and 1000-seed weight (3.51 g). More row spacing has resulted in more chlorophyll contents, plant height, number of panicles, panicle length, and number of seeds per plant, but less 1000-seed weight, seed yield, and biological yield. The decrease in seed yield by increasing the row spacing to 50 and 75 cm has been 18.62 and 50.14%, respectively. The highest seed yield (6644.5 kg ha<sup>-1</sup>) has been produced via application of 150 kg N ha<sup>-1</sup> at a row spacing of 25 cm. With increasing row spacing, nitrogen requirement to produce maximum seed yield declines. Thus, the highest seed yield in 75, 50, and 25 cm rows spacing are produced with the application of 50, 100, and 150 kg N ha<sup>-1</sup>, respectively. According to the results, the application of 150 kg N ha<sup>-1</sup> and row spacing of 25 cm is recommended for planting quinoa, Sajama genotype.

**Keywords:** Carotenoid, chlorophyll index, panicle length, plant density, quinoa.

## ۱. مقدمه

کینوا با نام علمی *Chenopodium quinoa* Willd. یک گیاه مقاوم در برابر تنش‌های محیطی به‌ویژه خشکی و شوری است که طی ۷۰۰۰ سال گذشته در منطقه آند در آمریکای جنوبی کشت شده است. دانه‌های آن ارزش غذایی بالاتری نسبت به غلات سنتی دارند و در سراسر جهان گیاهی نویدبخش برای مصرف و تغذیه انسان است (Vega-Gálvez et al., 2010). کینوا به‌عنوان یک دانه خوراکی شناخته می‌شود و به‌دلیل محتوای بالای پروتئین و اسید آمینه لیزین آن که محدودکننده‌ترین اسید آمینه ضروری در غلات می‌باشد، به‌عنوان غذاهای برتر طبقه‌بندی می‌شود. کینوا به‌عنوان جایگزین محصولات دانه‌ای و علوفه سنتی، در سال‌های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده است، زیرا بسیار مقاوم به شوری خاک و خشکسالی می‌باشد (Wu et al., 2016).

افزایش عملکرد گیاهان زراعی در واحد سطح، بیش‌تر متکی به اصلاح و انتخاب ارقام پر محصول و بهینه‌سازی عملیات زراعی مانند تراکم کاشت است که باید هنگام وارد ساختن یک گیاه در الگوی کشت هر منطقه مورد توجه قرار گیرد (Kazemi Taskoh et al., 2017). تعیین فاصله کاشت مناسب یکی از عوامل مهم ایجاد رقابت در میان گیاهان زراعی است. استقرار تراکم مطلوبی از بوته‌های سالم از نظر استفاده از ارزش‌های ژنتیکی ارقام و توانمندی‌های زراعی محیط از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد و تعیین‌کننده فضای رشد قابل استفاده هر بوته خواهد بود (Malek Maleki et al., 2018).

تعیین تراکم مناسب گیاه، عامل موفقیت در تولید تجاری کینوا می‌باشد. تراکم کاشت بستگی به شرایط مختلف، مانند عادت رشدی ژنوتیپ، تاریخ کاشت، شرایط آب‌وهوایی و باروری خاک دارد (Spehar & Dasilva Rocha, 2009). با توجه به وزن هزاردانه و

شوری آب آبیاری، معمولاً بین پنج تا ۱۰ کیلوگرم بذر در هکتار برای کاشت گیاه کینوا مورد نیاز می‌باشد. کینوا قابلیت جبران‌پذیری بالایی نسبت به تراکم دارد و در مناطق مختلف توصیه برای میزان بذر متفاوت است. تراکم کشت در کینوا تحت شرایط مختلف و منابع متفاوت، ۲۵ تا ۲۰۰ بوته در مترمربع گزارش شده است (Bagheri, 2018).

در بررسی اثر تراکم کاشت ۱۰۰ هزار تا ۶۰۰ هزار بوته بر رشد و عملکرد گیاه کینوا، نتایج نشان داد که ارتفاع بوته با افزایش تراکم بوته کاهش یافت، اما عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده و وزن هزاردانه تحت تأثیر تراکم قرار نگرفت (Spehar & Santos, 2005). فاصله ردیف توصیه‌شده برای کینوا بسیار متفاوت است. در آمریکای جنوبی، کینوا در فاصله بین ردیف‌های ۰/۴ و ۰/۸ متر کاشته می‌شود. دامنه گسترده‌ای از تراکم بهینه کاشت گزارش شده است. در حال حاضر، توصیه ویژه‌ای در رابطه با تراکم گیاهی کینوا وجود ندارد. دلیل تفاوت موجود در تراکم‌های گیاهی مورد استفاده برای کینوا، تفاوت در حاصلخیزی خاک و ویژگی‌های عمومی خاک در هر منطقه می‌باشد (Parwada et al., 2020).

یکی از مهم‌ترین زمینه‌های پژوهشی برای توسعه کشت یک محصول، مصرف و مدیریت استفاده از کود شیمیایی به‌ویژه کودهای نیتروژن‌دار است که نقش مهمی در رشد سالم و مطلوب گیاه ایفا می‌کند. مطالعه این عامل به‌ویژه در کنار عوامل دیگر زراعی مانند فاصله ردیف و تراکم بوته حاصل از آن می‌تواند در رسیدن به عملکرد مناسب با خواص مطلوب کمک کند. در بین عناصر مورد نیاز گیاه، نیتروژن مهم‌ترین عنصر می‌باشد و کمبود این عنصر موجب کاهش عملکرد در واحد سطح محصول می‌شود. استفاده از کود نیتروژن (N) نقش مهمی در افزایش تولید محصولات زراعی دارد. کمبود نیتروژن به‌طور کلی منجر به توقف رشد ناگهانی و زردی برگ

بررسی ویژگی‌های زراعی نظیر تعیین تراکم کاشت مناسب و نیاز نیتروژنی آن در مناطق مختلف کشور دارای اهمیت فراوان است. با توجه به اهمیت کینوا از جنبه‌های تغذیه‌ای و گسترش کشت و کار آن در مناطق مختلف به‌ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک، بررسی عوامل مؤثر بر عملکرد و اجزای عملکرد می‌تواند نقش مهمی در بالابردن کمیت و کیفیت محصول داشته باشد. هدف پژوهش حاضر بررسی اثر فاصله ردیف کاشت و مقدار مصرف نیتروژن بر ویژگی‌های رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا بود.

## ۲. مواد و روش‌ها

این پژوهش با هدف بررسی اثر فاصله ردیف کاشت و مقدار مصرف نیتروژن بر عملکرد و برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک کینوا، در سال ۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۹۹۷ متر از سطح دریا انجام شد. براساس طبقه‌بندی اقلیمی کوپن، منطقه انجام آزمایش دارای اقلیم نیمه‌خشک با زمستان سرد و تابستان گرم و میانگین بارندگی سالانه ۱۸۷/۷ میلی‌متر است.

آزمایش به‌صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای مورد مطالعه شامل فاصله ردیف در سه سطح ۲۵، ۵۰ و ۷۵ سانتی‌متر و مقدار مصرف نیتروژن در چهار سطح شاهد (عدم مصرف کود)، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بودند. مقادیر مصرف نیتروژن به کرت‌های اصلی و فاصله ردیف به کرت‌های فرعی اختصاص داده شد. نیتروژن به‌صورت سرک در سه مرحله سبز شدن (کد ۰۹ مقیاس BBCH) به میزان ۳۰ درصد، ۶-۴ برگ حقیقی

ناشی از کاهش آسیمیلایسیون می‌شود که منجر به گلدهی زودرس و کوتاه‌شدن چرخه رشد در گیاه می‌شود (Ghajari et al., 2017).

در کینوا نیز کوددهی نیتروژن، فسفر، پتاسیم نقش مهمی در رشد محصول و بهبود تولید گیاه دارد. گزارش شده است که کینوا دارای نیاز بالا به نیتروژن (N) و کلسیم (Ca)، نیاز متوسط به فسفر (P) و نیاز کم به پتاسیم (K) می‌باشد و به‌شدت به کوددهی N پاسخ می‌دهد (Ruiz et al., 2014). با توجه به میزان پروتئین بالای کینوا، باید در کاربرد کود نیتروژن توجه ویژه‌ای شود. نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که کینوا به کود نیتروژن واکنش خوبی نشان می‌دهد و با کاربرد ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بدون کاهش کارایی مصرف کود، عملکرد بهبود می‌یابد. با این‌که کینوا به کود نیتروژنی عکس‌العمل خوبی نشان می‌دهد، اما کاهش عملکرد با میزان زیاد نیتروژن به‌علت کاهش سرعت رسیدگی فیزیولوژیکی و افزایش ورس گزارش شده است (Tavoosi & Lotfali, 2017). با افزایش مقدار مصرف نیتروژن، عملکرد دانه، وزن پانیکول، وزن هزاردانه، ارتفاع بوته و قطر ساقه در گیاه کینوا افزایش می‌یابد (Azarpour et al., 2014). بیش‌ترین عملکرد، اجزای عملکرد و رشد رویشی گیاه کینوا با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار حاصل شد. در بررسی اثر مصرف نیتروژن بر رشد و عملکرد ژنوتیپ‌های کینوا، مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن برای رشد و نمو کینوا ضروری گزارش شده است (Basra et al., 2014). هم‌چنین، فاصله ردیف کاشت ۸۰-۴۰ سانتی‌متر با کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره برای تولید کینوا توصیه شده است (Sief et al., 2015).

کینوا گیاهی ارزشمند و جدید است که در سال‌های گذشته وارد کشور شده و هنوز بسیاری از جنبه‌های رشد و نمو و نیازهای زراعی آن ناشناخته می‌باشد. بنابراین،

۱۲ و ۱۳ مقیاس BBCH) و پس از انجام عملیات تنک، فاصله بین بوته‌ها در روی ردیف به ۱۰ سانتی‌متر افزایش یافت. علف‌های هرز در طول فصل رشد از طریق وجین دستی کنترل شد.

به‌منظور ارزیابی ویژگی‌های فیزیولوژیک، در مرحله خمیری شدن دانه‌ها، اقدام به نمونه‌برداری از برگ‌های کاملاً توسعه‌یافته فوقانی بوته‌ها شد. نمونه‌های برگ بلافاصله در نیتروژن مایع منجمد و به فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. اندازه‌گیری محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی با روش Lichtenthaler (1987) انجام شد. ۰/۱ گرم بافت تازه برگ در ۱۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد ساییده شد و محلول حاصل با کاغذ صافی صاف شد. جذب محلول‌ها به‌طور جداگانه در طول موج‌های ۶۶۳/۲ نانومتر برای کلروفیل a، ۶۴۶/۸ نانومتر برای کلروفیل b و ۴۷۰ نانومتر برای کاروتنوئیدها توسط اسپکتروفوتومتر (Beckman, Fullerton, CA, USA) قرائت شد. در نهایت با استفاده از فرمول‌های زیر میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه محاسبه شد.

$$\text{Chlorophyll a} = (12.25 A_{663.2}) - (2.79 A_{646.8})$$

$$\text{Chlorophyll b} = (21.51 A_{646.8}) - (5.1 A_{663.2})$$

$$\text{Carotenoides} = (100 A_{470} - 1.8 \text{ chl.a} - 85.02 \text{ chl.b}) / 19$$

محتوای کلروفیل کل از جمع محتوای کلروفیل‌های a و b به‌دست آمد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، ۱۰ بوته از ردیف‌های میانی هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و صفات ارتفاع بوته، تعداد پانیکول در بوته و طول پانیکول اصلی در آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس اقدام به جداسازی دانه‌ها به‌منظور تعیین تعداد دانه در بوته شد.

(حد فاصل کد ۱۲ و ۱۳ مقیاس BBCH) به میزان ۴۰ درصد و آغاز گلدهی (کد ۶۰ مقیاس BBCH) به میزان ۳۰ درصد مورد استفاده قرار گرفت (Sosa-Zuniga et al., 2017). منبع نیتروژن مورد استفاده در این پژوهش کود اوره (حاوی ۴۶ درصد نیتروژن) بود. در این آزمایش از گیاه کینوا ژنوتیپ ساجاما استفاده شد. بذر کینوا از کشت و صنعت انابد وابسته به آستان قدس رضوی تهیه شد.

قبل از اجرای آزمایش، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تعیین شد. بدین منظور، از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری شد و جهت تعیین ویژگی‌ها به آزمایشگاه خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی ارسال شد. براساس نتایج، خاک محل انجام آزمایش دارای بافت لوم شنی با محتوای کربن آلی پایین، شوری متوسط و قلیابیت بالا بود (جدول ۱).

به‌منظور تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه کینوا، مقدار ۸۰ کیلوگرم در هکتار  $K_2O$  به شکل سولفات پتاسیم و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار  $P_2O_5$  به شکل سوپرفسفات‌تربیل قبل از کاشت به خاک اضافه و با آن مخلوط شد. کاشت بذرها به‌صورت دستی و با تراکم بالا در روی ردیف‌هایی با فاصله ۲۵، ۵۰ و ۷۵ سانتی‌متر در تاریخ ۴ مردادماه ۱۳۹۷ انجام شد. هر کرت فرعی متشکل از پنج ردیف کاشت به طول چهار متر بود. بلافاصله پس از کاشت، اقدام به آبیاری شد. اولین مرحله مصرف کود نیتروژنی، هم‌زمان با آبیاری دوم و سه روز پس از کاشت انجام شد. آبیاری مزرعه به‌روش غرقابی و با مدار ۱۰ روز انجام گرفت. در مرحله ۶-۴ برگ حقیقی (حد فاصل کد

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق (cm)	بافت خاک	pH	EC (dS m <sup>-1</sup> )	T.N.V	کربن آلی	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	نیتروژن	فسفر	پتاسیم
۰-۳۰	لوم شنی	۸/۲	۴/۰۴	۱۴/۵	۰/۳۵	۵۶	۳۰	۱۴	۰/۰۳۳	۵/۴	۱۴۸

برای اندازه‌گیری عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، در مرحله رسیدگی محصول، دو مترمربع از هر کرت پس از حذف حاشیه به‌طور کامل از سطح زمین برداشت و به مدت ۴۸ ساعت به آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد منتقل شد. سپس اقدام به جداسازی دانه از کاه و کلس و توزین آن‌ها شد. عملکرد دانه با احتساب رطوبت ۱۲ درصد محاسبه شد. شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک محاسبه شد. برای تعیین وزن هزاردانه، سه تکرار ۲۰۰ تایی از بذرها مربوط به هر تیمار شمارش و توزین شد.

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۳) و مطابق با آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام گرفت. جدول‌ها و نمودارها به کمک نرم‌افزارهای Word و Excel ترسیم شد.

### ۳. نتایج و بحث

#### ۳.۱. رنگدانه‌های فتوسنتزی

اثر مقدار مصرف نیتروژن بر محتوای کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید معنی‌دار شد (جدول ۲). با افزایش مقدار مصرف نیتروژن، محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی افزایش یافت، به‌طوری‌که کم‌ترین محتوای کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید در شرایط عدم مصرف نیتروژن (شاهد) و بیش‌ترین آن در تیمار مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد. تفاوت معنی‌داری بین سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در رابطه با محتوای کلروفیل b و کلروفیل کل مشاهده نشد (جدول ۳).

نیتروژن در تشکیل کلروفیل، رشد رویشی و ساخت پروتئین گیاهی دخالت دارد و به‌همراه منیزیم از اجزای اصلی ساختمان کلروفیل است (Saidi Goraghani *et al.*, 2014). علاوه بر کلروفیل a، نیتروژن در ساختار

کلروفیل b نیز شرکت دارد، پس انتظار می‌رود با افزایش مقدار مصرف نیتروژن، افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی از جمله کلروفیل a و b در ساختار فتوسنتزی وجود داشته باشد. بررسی‌ها نیز حاکی از آن است که تأمین این عنصر می‌تواند دلیل افزایش کلروفیل برگ باشد (Mohammadi *et al.*, 2011). طی یک بررسی در گیاه خرفه مشاهده شد که تأمین نیتروژن براساس نیاز گیاه در تمامی تیمارهای کودی از منابع آلی و شیمیایی منجر به افزایش معنی‌دار کلروفیل a و b نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) شد (Omrani, 2015). از آنجاکه محتوای کاروتنوئید با نیتروژن ارتباط مستقیم دارد، با افزایش میزان نیتروژن، مقدار این صفت هم افزایش می‌یابد (Yousefpour *et al.*, 2014). کاروتنوئیدها از طریق اتصال به مولکول کلروفیل، در تشکیل کمپلکس‌های ویژه پروتئینی کلروفیل-کاروتنوئید در فتوسیستم I و II غشاهای تیلاکوئید مشارکت می‌کنند (Kopsell *et al.*, 2007). گزارش شده است که تیمارهای کودی نیتروژن سبب افزایش مقادیر رنگدانه‌های کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید در برگ‌های گیاه کلزا می‌شوند (Mohammadi *et al.*, 2011).

فاصله ردیف کاشت اثر معنی‌داری بر محتوای کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل داشت، اما محتوای کاروتنوئید را تحت تأثیر قرار نداد (جدول ۲). با افزایش فاصله ردیف و کاهش تراکم کاشت، محتوای کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل افزایش یافت، به‌طوری‌که بیش‌ترین محتوای کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل در فاصله ردیف ۷۵ و کم‌ترین آن در فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر به‌دست آمد. تفاوت معنی‌داری بین فاصله ردیف‌های ۲۵ و ۵۰ سانتی‌متر در رابطه با محتوای کلروفیل برگ وجود نداشت (جدول ۴).

جدول ۲. تجزیه واریانس ویژگی‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک گیاه کینوا در سطوح مختلف نیتروژن و فاصله ردیف

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید	ارتفاع بوته	تعداد پانیکول در بوته
بلوک	۲	۰/۰۶۳ns	۱/۳۲*	۳/۸۷*	۰/۰۷۷*	۹/۵۴ns	۰/۸۸ns
مقدار نیتروژن (A)	۳	۷۳/۹۱۸**	۵/۳۲**	۱۱۸/۸۳**	۵۱/۱۶۳**	۹۱۸/۸۹**	۳۸/۵۵**
خطای a	۶	۰/۰۶۶	۰/۲۰	۰/۷۶	۰/۰۱۴	۴/۱۳	۱/۲۳
فاصله ردیف (B)	۲	۰/۳۴۷*	۰/۲۴**	۱/۱۶**	۰/۰۷۱ns	۸۰/۵۷**	۲۷/۷۱**
AB	۶	۰/۰۰۴ns	۰/۰۱ns	۰/۰۱ns	۰/۰۰۲ns	۱۵/۸۰*	۲/۲۲ns
خطای b	۱۶	۰/۰۶۱	۰/۰۲	۰/۱۴	۰/۰۳۶	۵/۶۴	۳/۵۶
ضریب تغییرات (%)		۲/۰۵	۳/۲۱	۲/۲۹	۱/۱۴	۳/۲۷	۱۰/۹۲

ns، \* و \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر مقدار مصرف نیتروژن بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک گیاه کینوا

مقدار نیتروژن (kg ha <sup>-1</sup> )	میانگین					
	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید	ارتفاع بوته (cm)	تعداد پانیکول در بوته
۰	۸/۴۵ d	۳/۵۵ c	۱۲/۰۰ c	۱۳/۶۲ d	۵۸/۵۱ c	۱۴/۴۰ c
۵۰	۱۱/۰۸ c	۴/۳۵ b	۱۵/۴۳ b	۱۵/۸۲ c	۷۳/۵۱ b	۱۷/۳۵ b
۱۰۰	۱۴/۱۰ b	۵/۰۴ a	۱۹/۱۵ a	۱۷/۹۳ b	۷۵/۰۰ b	۱۹/۲۴ a
۱۵۰	۱۴/۶۱ a	۵/۲۵ a	۱۹/۸۶ a	۱۹/۰۰ a	۸۲/۶۷ a	۱۸/۱۱ ab

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن ( $P \leq 0.05$ ) تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر فاصله ردیف کاشت بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک گیاه کینوا

فاصله ردیف (cm)	میانگین					
	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید	ارتفاع بوته (cm)	تعداد پانیکول در بوته
۲۵	۱۱/۹۵ b	۴/۴۶ b	۱۶/۴۲ b	۱۶/۵۳ a	۶۹/۶۵ b	۱۵/۸۲ b
۵۰	۱۱/۹۷ b	۴/۴۷ b	۱۶/۴۴ b	۱۶/۵۷ a	۷۲/۸۳ a	۱۷/۱۷ b
۷۵	۱۲/۲۶ a	۴/۷۱ a	۱۶/۹۷ a	۱۶/۶۸ a	۷۴/۷۸ a	۱۸/۸۵ a

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن ( $P \leq 0.05$ ) تفاوت معنی‌داری ندارند.

سطوح مختلف تراکم نشان داد که اثر تراکم کاشت بر محتوای کلروفیل a و کلروفیل b معنی‌دار نبود (Forghani *et al.*, 2010).

### ۳.۲. ارتفاع بوته

اثر مقدار مصرف نیتروژن، فاصله ردیف کاشت و اثر متقابل مقدار مصرف نیتروژن و فاصله ردیف کاشت بر

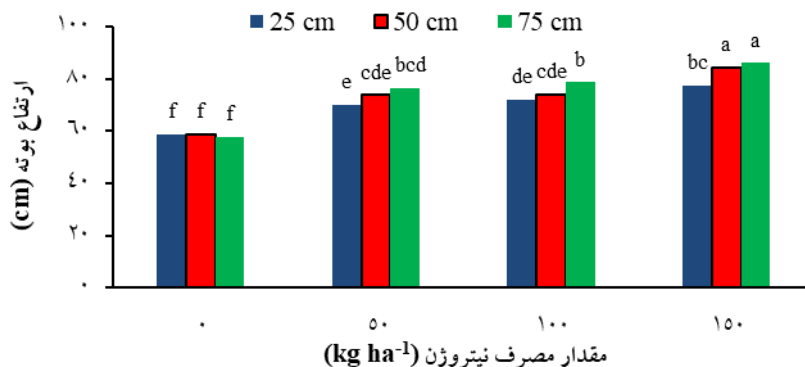
افزایش محتوای کلروفیل در واکنش به کاهش تراکم می‌تواند ناشی از عوامل درونی گیاه و رقابت بوته‌ها برای جذب عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن باشد. کاهش تراکم کاشت باعث افزایش جذب نیتروژن توسط هر یک از بوته‌ها شده که افزایش محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی را به‌دنبال داشته است. برخلاف نتایج پژوهش حاضر، بررسی واکنش رنگدانه‌های فتوسنتزی گیاه ذرت به

فتوستتزی بیش‌تر می‌شود (Imayavaramban *et al.*, 2002). گزارش شده است که ارتفاع کنجد از ۱۲۷/۴۸ سانتی‌متر در تیمار شاهد به ۱۳۶/۳۷ سانتی‌متر در تیمار کاربرد ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش پیدا کرده است، که دلیل این امر اثر مثبت نیتروژن بر رشد سبزینه‌ای گیاه بیان شده که باعث افزایش ارتفاع و حجیم‌شدن بخش هوایی گیاه می‌شود (Malik *et al.*, 2003).

چنین به‌نظر می‌رسد که با افزایش فاصله ردیف‌های کاشت، توانایی بوته‌ها برای استفاده بهینه از عوامل رشدی نظیر آب، نور و عناصر غذایی افزایش یافته و تولید مواد فتوستتزی بیش‌تر می‌شود. این امر منجر به افزایش ویژگی‌های رشدی گیاه به‌ویژه ارتفاع بوته می‌شود. این در حالی است که کاهش فاصله ردیف و در نتیجه افزایش تراکم کاشت، رقابت بین بوته‌ها را افزایش داده و فراهمی عوامل رشدی برای هر بوته و به‌دنبال آن سهم هر بوته از این عوامل کاهش یافته و در نتیجه رشد گیاه کاهش می‌یابد. برخلاف نتایج بالا، گزارش شده است که با افزایش تراکم بوته در عدس، ارتفاع بوته افزایش یافت. این افزایش به تشدید رقابت درون‌گونه‌ای برای رطوبت، عناصر غذایی و به‌ویژه کمیت و کیفیت نوری که به داخل پوشش گیاهی گیاه وارد می‌شود، نسبت داده شده است (Malek Maleki *et al.*, 2011).

ارتفاع بوته معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل مقدار مصرف نیتروژن و فاصله ردیف کاشت بر ارتفاع بوته نشان داد که در شرایط عدم مصرف نیتروژن، تفاوت معنی‌داری بین فاصله ردیف‌های کاشت در رابطه با ارتفاع بوته مشاهده نشد، اما افزایش فاصله ردیف و در نتیجه کاهش تراکم کاشت باعث افزایش ارتفاع بوته در شرایط مصرف ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار شد. بیش‌ترین ارتفاع بوته (۸۶/۱۳ سانتی‌متر) در فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متر و با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر در شرایط نیتروژنی مشابه نداشت. کم‌ترین ارتفاع بوته (۵۷/۸۷ سانتی‌متر) نیز در فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متر و شرایط عدم مصرف نیتروژن حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با فاصله ردیف‌های ۵۰ و ۲۵ سانتی‌متر در شرایط مشابه نداشت (شکل ۱).

از دلایل اثر مثبت نیتروژن بر افزایش ویژگی‌های رشدی گیاهان می‌توان به مشارکت این عنصر در ساختار مولکول‌های بزرگ نظیر پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه و اسیدهای نوکلئیک اشاره نمود (Saidi Goraghani *et al.*, 2014). افزایش ارتفاع بوته با افزایش مصرف کود نیتروژن، می‌تواند نتیجه افزایش تقسیم و طول‌شدن سلول‌های گیاهی باشد که باعث افزایش حجم، توانایی جذب مواد بیش‌تر و



شکل ۱. اثر متقابل مقدار مصرف نیتروژن و فاصله ردیف بر ارتفاع بوته

### ۳.۳. تعداد پانیکول در بوته

اثر مقدار مصرف نیتروژن بر تعداد پانیکول در بوته معنی‌دار شد (جدول ۲). با افزایش مقدار مصرف نیتروژن تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، تعداد پانیکول در بوته افزایش یافت، به طوری که کم‌ترین تعداد پانیکول در بوته (۱۴/۴۰) در تیمار شاهد و بیش‌ترین آن (۱۹/۲۴) در تیمار مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد. تفاوت معنی‌داری بین سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در رابطه با تعداد پانیکول در بوته وجود نداشت (جدول ۳). گزارش شده است که افزایش نیتروژن به‌طور معنی‌داری تعداد پانیکول در واحد سطح گیاه برنج را افزایش داد (Mannan *et al.*, 2010). هم‌چنین گزارش Jeon (2012) نیز حاکی از افزایش معنی‌دار تعداد پانیکول در مترمربع و عملکرد دانه برنج با افزایش مصرف نیتروژن از صفر به ۹۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد.

فاصله ردیف کاشت تأثیر معنی‌داری بر تعداد پانیکول در بوته گیاه کینوا داشت (جدول ۲). با افزایش فاصله ردیف، تعداد پانیکول در بوته افزایش یافت، به طوری که کم‌ترین تعداد پانیکول در بوته (۱۵/۸۲) در فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر و بیش‌ترین آن (۱۸/۸۵) در فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متر مشاهده شد. تفاوت بین فاصله ردیف‌های ۲۵ و ۵۰ سانتی‌متر از نظر تعداد پانیکول در بوته معنی‌دار نبود (جدول ۴).

کاهش تراکم بوته، از طریق بهبود شرایط تغذیه‌ای و هم‌چنین نفوذ بهتر نور به داخل کانوپی، ویژگی‌های رشدی و عملکرد تک‌بوته را افزایش می‌دهد. علاوه بر این، در تراکم‌های پایین، رقابت بین گیاهان مجاور برای جذب عوامل رشدی نظیر نور و عناصر غذایی کاهش می‌یابد. بررسی اثر فاصله ردیف کاشت بر گیاه لوبیا نشان داد که ارتفاع بوته، تعداد دانه در گیاه، تعداد غلاف در بوته، وزن هزاردانه، شاخص برداشت و عملکرد دانه با

کاهش فاصله ردیف کاشت، کاهش پیدا کرد (Babacian *et al.*, 2012).

### ۳.۴. طول پانیکول اصلی

اثر مقدار مصرف نیتروژن بر طول پانیکول اصلی معنی‌دار شد (جدول ۲). مصرف سطوح مختلف نیتروژن باعث افزایش معنی‌دار طول پانیکول اصلی در مقایسه با شرایط عدم مصرف نیتروژن شد. بیش‌ترین طول پانیکول در شرایط مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با سطوح ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن نداشت (جدول ۳).

طول خوشه از صفاتی است که در عملکرد گیاه نقش مهمی دارد، به طوری که هر چه طول خوشه بلندتر و تعداد دانه‌های پرشده در خوشه بیش‌تر باشد، عملکرد افزایش می‌یابد. این صفت به‌طور عمده ژنتیکی می‌باشد، ولی تحت تأثیر عوامل مختلف محیطی نظیر میزان تابش و مواد غذایی نیز قرار می‌گیرد (Moslehi *et al.*, 2016). در پژوهش حاضر، افزایش طول پانیکول با افزایش مصرف نیتروژن را می‌توان به فراهمی مقادیر مناسب نیتروژن در مرحله تشکیل پانیکول نسبت داد. با بررسی اثرات سطوح مختلف نیتروژن در گیاه برنج، مشخص شد که طول پانیکول با مصرف نیتروژن تا سطح ۱۷۵ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت (Manzoor *et al.*, 2006).

فاصله ردیف کاشت بر طول پانیکول اصلی گیاه کینوا تأثیر معنی‌دار داشت (جدول ۲). کم‌ترین طول پانیکول اصلی در فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر و بیش‌ترین آن در فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متر مشاهده شد. تفاوت معنی‌داری بین فاصله ردیف‌های ۲۵ و ۵۰ سانتی‌متر در رابطه با طول پانیکول وجود نداشت (جدول ۴). در تراکم‌های پایین، رقابت درون‌گونه‌ای برای جذب عناصر غذایی کاهش یافته و مقدار مواد غذایی جذب‌شده به‌ازای هر واحد



### اثر فاصله ردیف و مقدار مصرف نیتروژن بر عملکرد و برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک کینوا

افزایش تعداد دانه در بوته با افزایش مصرف نیتروژن در گیاه کینوا می‌باشد. مشابه با نتایج این پژوهش، Saeidi *et al.* (2020) نشان دادند که افزایش میزان نیتروژن مصرفی باعث افزایش تعداد دانه در بوته گیاه کینوا می‌شود.

فاصله ردیف کاشت تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در بوته داشت (جدول ۵). نتایج حاکی از افزایش معنی‌دار تعداد دانه در بوته با افزایش فاصله ردیف کاشت بود. کم‌ترین تعداد دانه در بوته (۳۶۳۱/۱) در فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر و بیش‌ترین آن (۶۰۲۵/۶) در فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متر به‌دست آمد (جدول ۷).

افزایش تعداد دانه در بوته در تراکم‌های پایین می‌تواند ناشی از کاهش رقابت درون‌گونه‌ای برای عوامل محیطی و در نتیجه دسترسی بهتر به فضا، نور و عناصر غذایی جهت انجام فتوسنتز با کارایی بیش‌تر باشد که در تشکیل و پرشدن دانه مؤثر خواهد بود (Naseri *et al.*, 2019).

پانیکول افزایش می‌یابد که منجر به افزایش طول پانیکول می‌شود. گزارش شده است که افزایش تراکم بوته باعث کاهش طول پانیکول در گیاه برنج می‌شود که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد (Saiedzadeh *et al.*, 2010).

### ۳.۵. تعداد دانه در بوته

اثر مقدار مصرف نیتروژن بر تعداد دانه در بوته گیاه کینوا معنی‌دار شد (جدول ۵). با افزایش مصرف نیتروژن، تعداد دانه در بوته افزایش یافت، به طوری که کم‌ترین تعداد دانه در بوته (۲۹۳۸/۱) در تیمار شاهد و بیش‌ترین آن (۵۷۴۲/۷) در تیمار مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد. تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در رابطه با تعداد دانه در بوته وجود نداشت (جدول ۶).

بهبود رشد رویشی، فراهمی بیش‌تر مواد فتوسنتزی و در نتیجه افزایش تعداد و طول پانیکول از دلایل

جدول ۵. تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا در سطوح مختلف نیتروژن و فاصله ردیف

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییرات
عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	وزن هزاردانه	تعداد دانه در بوته		
۲۴۵۶۰۶/۰ns	۲۸۸۹۷۰/۱۵ns	۰/۰۱۵ns	۱۱۳۳۱۵/۹۴ns	۲	بلوک
۱۳۴۴۶۱۹۰۹/۶**	۹۵۹۰۰۰۷/۶۱**	۰/۰۵۵*	۱۴۵۱۳۹۲۷/۹۶**	۳	مقدار نیتروژن (A)
۱۹۴۵۳۱/۴	۱۴۹۵۱۷/۹۱	۰/۰۱۴	۲۳۴۲۵۰/۰۴	۶	خطای a
۱۶۳۱۱۶۰۳۳/۷**	۲۳۲۱۸۲۰۲/۹۷**	۰/۳۸۰**	۱۷۲۴۲۵۱۹/۲۸**	۲	فاصله ردیف (B)
۳۸۱۹۲۷۰/۰**	۷۸۱۷۶۰/۷۸**	۰/۰۲۴ns	۳۳۵۲۱۴/۲۱ns	۶	AB
۱۰۴۱۴۸۸/۲	۱۱۳۰۲۲/۵۶	۰/۰۲۶	۲۴۸۳۸۸/۳۹	۱۶	خطای b
۱۲/۰۷	۹/۰۲	۴/۶۸	۱۰/۳۹		ضریب تغییرات (%)

ns و \*\*: به ترتیب غیر معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر مقدار مصرف نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا

میانگین			تعداد دانه در بوته	مقدار مصرف نیتروژن (kg ha <sup>-1</sup> )
عملکرد بیولوژیک (kg ha <sup>-1</sup> )	عملکرد دانه (kg ha <sup>-1</sup> )	وزن هزاردانه (g)		
۵۲۳۵/۸ d	۲۲۴۵/۷ c	۳/۴۷ ab	۲۹۳۸/۱ c	۰
۸۷۱۱/۱ c	۳۸۱۷/۳ b	۳/۳۴ b	۵۰۴۶/۲ b	۵۰
۹۶۷۶/۶ b	۴۲۶۶/۷ a	۳/۵۱ a	۵۴۴۹/۷ ab	۱۰۰
۱۰۱۹۲/۶ a	۴۵۶۵/۴ a	۳/۴۹ a	۵۷۴۲/۷ a	۱۵۰

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن (P ≤ ۰/۰۵) تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر فاصله ردیف کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا

فاصله ردیف (cm)	میانگین		
	تعداد دانه در بوته	وزن هزاردانه (g)	عملکرد دانه (kg ha <sup>-1</sup> )
۲۵	۳۶۳۱/۱ c	۳/۶۴ a	۵۲۹۱/۷ a
۵۰	۴۷۲۶/۰ b	۳/۴۳ b	۳۲۴۱/۷ b
۷۵	۶۰۲۵/۶ a	۳/۲۹ c	۲۶۳۸/۰ c

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن ( $P \leq 0.05$ ) تفاوت معنی‌داری ندارند.

فاصله ردیف کاشت تأثیر معنی‌داری بر وزن هزاردانه داشت (جدول ۵). با افزایش فاصله ردیف کاشت، وزن هزاردانه به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافت، به‌طوری‌که بیش‌ترین (۳/۶۴ گرم) و کم‌ترین وزن هزاردانه (۳/۲۹ گرم) به‌ترتیب در فاصله ردیف ۲۵ و ۷۵ سانتی‌متر مشاهده شد (جدول ۷).

در پژوهش حاضر، افزایش تعداد دانه در بوته و در نتیجه افزایش رقابت بین دانه‌ها برای دریافت مواد فتوسنتزی، عامل کاهش وزن هزاردانه با افزایش فاصله ردیف کاشت می‌باشد. برخلاف نتایج فوق، Hiltbrunner *et al.* (2005) فواصل بیش‌تر بین ردیف‌ها در گندم را عامل افزایش وزن هزاردانه دانستند.

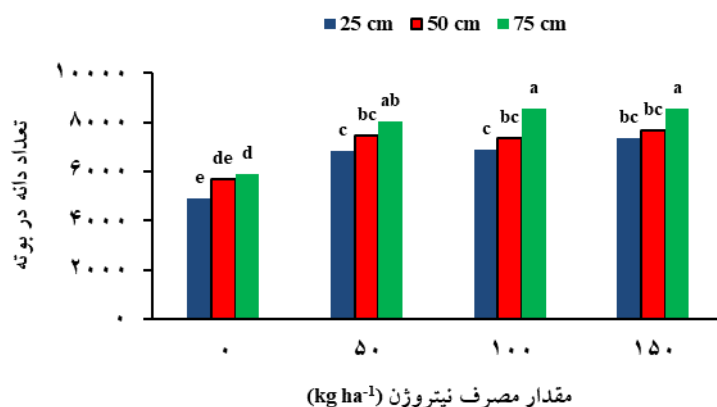
براساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل مقدار مصرف نیتروژن و فاصله ردیف کاشت، بیش‌ترین وزن هزاردانه در فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر و در شرایط عدم مصرف نیتروژن به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با وزن هزاردانه در فاصله ردیف مشابه در شرایط مصرف ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نداشت، اما به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از وزن هزاردانه در فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر و شرایط مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود. در شرایط مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نیتروژن، برخلاف سایر سطوح مصرف نیتروژن، تفاوت معنی‌داری بین فاصله ردیف‌های ۲۵ و ۵۰ سانتی‌متر در رابطه با وزن هزاردانه وجود نداشت (شکل ۳).

مقایسه میانگین اثر متقابل مقدار مصرف نیتروژن و فاصله ردیف کاشت بر تعداد دانه در بوته نشان داد که در کلیه سطوح مصرف نیتروژن، افزایش فاصله ردیف باعث افزایش تعداد دانه در بوته شد، به‌طوری‌که کم‌ترین تعداد دانه در بوته در فاصله ردیف ۲۵ و بیش‌ترین آن در فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متر به‌دست آمد. در شرایط عدم مصرف نیتروژن و هم‌چنین مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، تفاوت معنی‌داری بین فاصله ردیف‌های ۵۰ و ۷۵ سانتی‌متر در رابطه با تعداد دانه در بوته وجود نداشت. این در حالی است که در شرایط مصرف ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، تعداد دانه در بوته در فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متر به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر بود (شکل ۲).

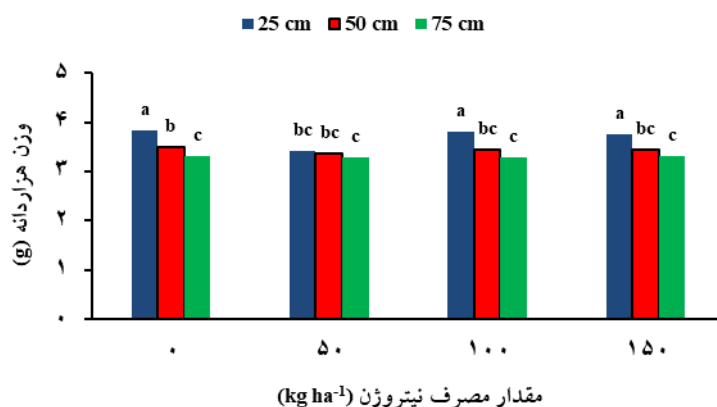
### ۶.۳. وزن هزاردانه

اثر مقدار مصرف نیتروژن بر وزن هزاردانه گیاه کینوا معنی‌دار شد (جدول ۵). کم‌ترین وزن هزاردانه با ۳/۳۴ گرم در تیمار مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد، که تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد (۳/۴۷ گرم) نداشت. افزایش مصرف نیتروژن به ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش معنی‌دار وزن هزاردانه در مقایسه با تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار شد. تفاوت تیمار شاهد با تیمارهای مصرف ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار معنی‌دار نبود (جدول ۶). برخلاف نتایج پژوهش حاضر، Moosavi *et al.* (2015) نشان دادند که وزن هزاردانه در برنج تحت تأثیر مقادیر مختلف کود نیتروژن قرار نگرفت.

اثر فاصله ردیف و مقدار مصرف نیتروژن بر عملکرد و برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک کینوا



شکل ۲. اثر متقابل مقدار مصرف نیتروژن و فاصله ردیف بر تعداد دانه در بوته



شکل ۳. اثر متقابل مقدار مصرف نیتروژن و فاصله ردیف بر وزن هزار دانه

### ۳.۷. عملکرد دانه

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، عملکرد دانه تحت تأثیر مقدار مصرف نیتروژن، فاصله ردیف کاشت و اثر متقابل آنها قرار گرفت (جدول ۵). مقایسه میانگین اثر متقابل مقدار مصرف نیتروژن و فاصله ردیف کاشت بر عملکرد دانه نشان داد که در کلیه سطوح مصرف نیتروژن، فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر بیش‌ترین عملکرد دانه را دارا بود و افزایش فاصله ردیف به ۵۰ و ۷۵ سانتی‌متر باعث کاهش قابل توجه عملکرد دانه در واحد سطح شد. بالاترین

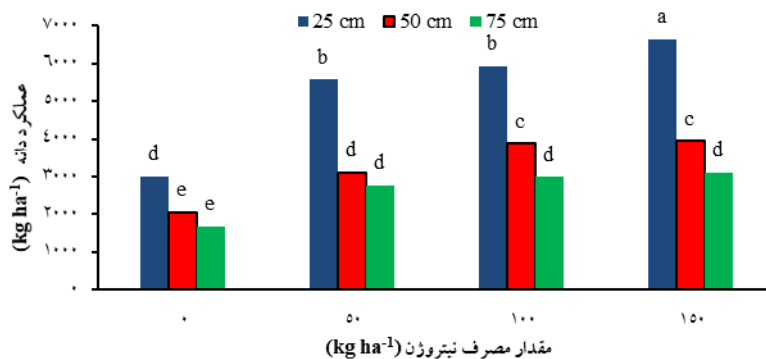
عملکرد دانه (۶۶۴۴/۵ کیلوگرم در هکتار)، در فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر و با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تولید شد که به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر تیمارهای آزمایشی بود. کم‌ترین عملکرد دانه (۱۶۸۱/۵ کیلوگرم در هکتار) نیز در فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متر و شرایط عدم مصرف کود نیتروژنی به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با عملکرد دانه در فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر در شرایط مشابه نداشت. با افزایش فاصله ردیف کاشت و در نتیجه کاهش تراکم بوته، نیاز نیتروژنی گیاه برای تولید

مقادیر مختلف نیتروژن در مزرعه برنج، نتایج نشان داد که عملکرد دانه برنج با افزایش مقدار نیتروژن افزایش یافت (Yoseftabar, 2013).

افزایش تعداد گیاه در واحد سطح، به‌علت سایه‌اندازی بیش‌تر، موجب کاهش نور قابل استفاده برای گیاه و هم‌چنین افزایش رقابت برای جذب عناصر غذایی خواهد شد و از این‌رو باعث کاهش عملکرد تک‌بوته می‌شود. با این وجود، افزایش تعداد بوته در واحد سطح تا حد مطلوب، کاهش عملکرد تک‌بوته را جبران نموده و عملکرد در واحد سطح را افزایش می‌دهد. مطالعات نشان داده است که با افزایش تراکم گیاهی، عملکرد دانه تا حد زیادی افزایش می‌یابد و پس از آن در محدوده‌ای از تراکم، عملکرد ثابت می‌ماند و افزایش بیش‌تر تراکم گیاهی به‌علت تشدید رقابت بین گیاهان منجر به کاهش عملکرد می‌شود (Spehar & Dasilva Rocha, 2009). در حال حاضر، توصیه ویژه‌ای در رابطه با تراکم گیاهی کینوا وجود ندارد. دلیل تفاوت موجود در تراکم‌های گیاهی مورد استفاده برای گیاه کینوا، تفاوت در حاصلخیزی خاک و ویژگی‌های عمومی خاک در هر منطقه می‌باشد (Parwada et al., 2020). طبق گزارش Erazzú et al. (2016)، با افزایش تراکم کاشت گیاه کینوا از ۷۰ هزار بوته به ۴۶۰ هزار بوته در هکتار، عملکرد دانه رقم CICA از ۵۳۸۹ به ۳۰۴۹ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت.

حداکثر عملکرد دانه کاهش یافت، به‌طوری‌که بالاترین عملکرد دانه در فاصله ردیف‌های ۷۵، ۵۰ و ۲۵ سانتی‌متر به‌ترتیب با مصرف ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تولید شد (شکل ۴).

افزایش محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی، بهبود ویژگی‌های رشدی، افزایش تعداد و طول پانیکول و در نتیجه افزایش تعداد دانه در بوته در واکنش به مصرف نیتروژن، از جمله دلایل افزایش عملکرد دانه گیاه کینوا در پاسخ به مصرف نیتروژن می‌باشد. پژوهش‌ها نشان داده است که ارقام مختلف کینوا به سطوح نیتروژن واکنش‌های متفاوتی دارند، به‌طوری‌که در خوزستان ژنوتیپ ساجاما با ۱۵۰ کیلوگرم و ژنوتیپ تی‌تی‌کاکا با ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره بهترین عکس‌العمل را نشان دادند. کینوا به کود نیتروژنی عکس‌العمل خوبی نشان می‌دهد. اما کاهش عملکرد با میزان زیاد نیتروژن به‌علت کاهش سرعت رسیدگی فیزیولوژیکی و افزایش ورس گزارش شده است (Tavoosi & Lotfali Ayne, 2017). گزارش شده است که کاربرد نیتروژن در مقایسه با شاهد باعث افزایش عملکرد دانه گلرنگ شد. این افزایش عملکرد به اثر نیتروژن بر فتوسنتز، مقدار فتوآسمیلات‌هایی که به‌وسیله گیاه تولید می‌شود، تسهیم ماده خشک و رشد و نمو اندام‌ها نسبت داده شد (Dordas et al., 2008). در بررسی کاربرد



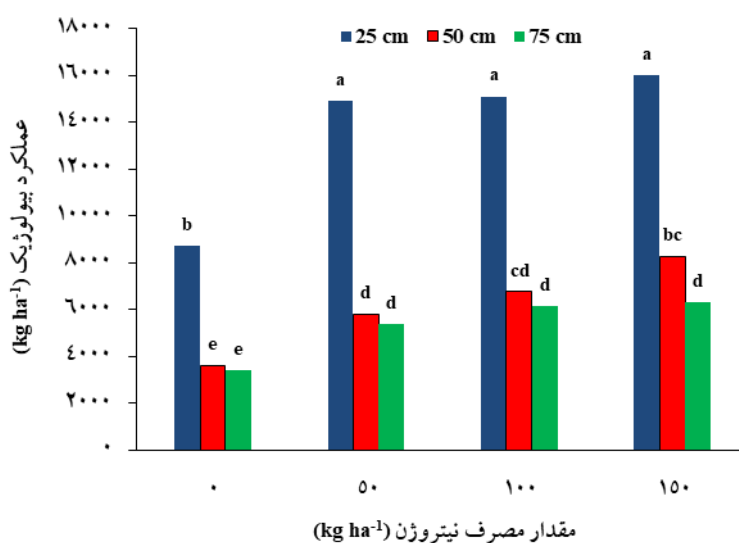
شکل ۴. اثر متقابل مقدار مصرف نیتروژن و فاصله ردیف بر عملکرد دانه

### ۸.۳ عملکرد بیولوژیک

اثر مقدار مصرف نیتروژن، فاصله ردیف کاشت و اثر متقابل مقدار مصرف نیتروژن و فاصله ردیف کاشت بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار شد (جدول ۵). با توجه به نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل، در کلیه سطوح مصرف نیتروژن، کاهش فاصله ردیف کاشت باعث افزایش عملکرد بیولوژیک شد، به طوری که فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر بیش‌ترین و فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متر کم‌ترین عملکرد بیولوژیک را به خود اختصاص دادند. در شرایط عدم مصرف نیتروژن و هم‌چنین مصرف ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، تفاوت معنی‌داری بین فاصله ردیف ۵۰ و ۷۵ سانتی‌متر در رابطه با عملکرد بیولوژیک وجود نداشت، این در حالی است که در شرایط مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، عملکرد بیولوژیک در فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر به‌طور قابل‌توجهی بیش‌تر از فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متر بود. بالاترین عملکرد بیولوژیک (۱۶۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) در فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر و با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با

فاصله ردیف مشابه در شرایط مصرف ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نداشت. کم‌ترین عملکرد بیولوژیک (۳۳۸۵ کیلوگرم در هکتار) نیز در فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متر و شرایط عدم مصرف کود نیتروژنی تولید شد که با عملکرد بیولوژیک در فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر در شرایط مشابه تفاوت معنی‌دار نداشت (شکل ۵).

به‌نظر می‌رسد در شرایطی که نیتروژن در اختیار گیاه باشد، فعالیت‌های فتوسنتزی افزایش یافته و عملکرد بیولوژیک به‌واسطه رشد رویشی (ارتفاع بوته بالاتر و سطح برگ بیش‌تر) و زایشی (عملکرد دانه بالا) افزایش می‌یابد. مصرف بیش‌تر مقادیر کود نیتروژنی باعث افزایش وزن خشک کل گیاه می‌شود. غلظت بالای نیتروژن در تیمارهایی که کود نیتروژنی دریافت کرده‌اند، به‌دلیل افزایش فتوسنتز و رشد اندام هوایی گیاه، در نهایت منجر به افزایش عملکرد بیولوژیک می‌شود (Maleki et al., 2011). در بررسی اثر مقادیر مصرف نیتروژن بر گیاه سورگوم، گزارش شد که با افزایش مصرف نیتروژن، تعداد برگ، شاخص سطح برگ و عملکرد بیولوژیک سورگوم به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Tookaloo, 2014).



شکل ۵. اثر متقابل مقدار مصرف نیتروژن و فاصله ردیف بر عملکرد بیولوژیک

در این پژوهش، با وجود کاهش ارتفاع بوته، تعداد و طول پانیکول و همچنین تعداد دانه در بوته با کاهش فاصله ردیف، زیادتربودن تعداد گیاه در واحد سطح به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای این کاهش را جبران و سبب افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک شد. نتایج این مطالعه با نتایج پژوهش Saiedzadeh et al. (2019) و Naseri et al. (2010) در گیاه برنج مطابقت دارد.

در این پژوهش، با وجود کاهش ارتفاع بوته، تعداد و طول پانیکول و همچنین تعداد دانه در بوته با کاهش فاصله ردیف، زیادتربودن تعداد گیاه در واحد سطح به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای این کاهش را جبران و سبب افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک شد. نتایج این مطالعه با نتایج پژوهش Saiedzadeh et al. (2019) و Naseri et al. (2010) در گیاه برنج مطابقت دارد.

#### ۴. نتیجه‌گیری

مصرف نیتروژن باعث بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیک، موفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا گردید. افزایش فاصله ردیف کاشت باعث افزایش محتوای کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، ارتفاع بوته، تعداد پانیکول در بوته، طول پانیکول اصلی و تعداد دانه در بوته شد، اما وزن هزاردانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را کاهش داد. نیتروژن، واکنش گیاه کینوا به فاصله ردیف کاشت را تحت تأثیر قرار داد. بالاترین عملکرد دانه با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر تولید شد که به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر تیمارهای آزمایشی بود. در شرایط عدم مصرف نیتروژن و مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، تفاوت معنی‌داری بین فاصله ردیف‌های ۵۰ و ۷۵ سانتی‌متر در رابطه با عملکرد دانه وجود نداشت. این در حالی است که در شرایط مصرف ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، عملکرد دانه در فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر به‌طور قابل‌توجهی بیش‌تر از فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متر بود. با افزایش فاصله ردیف، نیاز نیتروژنی کینوا برای تولید حداکثر عملکرد دانه کاهش یافت، به‌طوری‌که بالاترین عملکرد دانه در فاصله ردیف‌های ۷۵، ۵۰ و ۲۵ سانتی‌متر به‌ترتیب با مصرف ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تولید شد. با توجه به نتایج، مصرف ۱۵۰ کیلوگرم

#### ۵. تشکر و قدردانی

از ریاست و کارکنان ایستگاه تحقیقات و آموزش کشاورزی سبزوار جهت همکاری در اجرای این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

#### ۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

#### ۷. منابع

- Azarpour, E., Bozorgi, H. R., & Moraditochae, M. (2014). Effects of ascorbic acid foliar spraying and nitrogen fertilizer management in spring cultivation of quinoa (*Chenopodium quinoa*) in North of Iran. *Biological Forum - An International Journal*, 6(2), 254-260.
- Babaeian, M., Javaheri, M., & Asgharzade, A. (2012). Effect of row spacing and sowing date on yield and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *African Journal of Microbiology Research*, 6(20), 4340-4343.
- Bagheri, M. (2018). Handbook of quinoa cultivation. Ministry of Jihad-e-Agriculture Agriculture Research, Education and Extension Organization Seed and Plant Improvement Institute. (In Persian)
- Basra, S. M. A., Iqbal, S., & Afzal, I. (2014). Evaluating the response of nitrogen application on growth, development and yield of quinoa genotypes. *International Journal of Agriculture and Biology*, 16(5), 886-892.
- Dordas, C. A., & Sioulas, C. (2008). Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rain conditions. *Field Crop Research*, 27(1), 75-85.
- Forghani, A., Khoda Bandeh, N., Habibi, D., & Bankehsaz, A. (2010). Reaction of chlorophylls a and b, proline and yield of corn (SC704) to light stress and different density levels. *Journal of Crop Production Research*, 2(1), 29-37. (In Persian)

- Ghajari, A., Gharanjiki, A., & Dieji, A. (2017). Optimizing the nitrogen fertilizer use and row spacing for yield increasing of Cotton cv. Golestan in double-cropping. *Iranian Cotton Research Journal*, 4(1), 47-60. (In Persian)
- Hiltbrunner, J., Liedgens, M., Stamp, P., & Streit, B. (2005). Effect of row spacing and liquid manure on directly drilled winter wheat in organic farming. *European Journal of Agronomy*, 22, 441-447.
- Imayavaramban, V., Thanunathan, K., Singaravel, R., & Manickam, G. (2002). Studies on the influence of integrated nutrient management on growth, yield parameters and seed yield of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Crop Research-Hisar*, 24(2), 309-313.
- Jeon, W. T. (2012). Effects of nitrogen levels on growth, yield and nitrogen uptake of fiber-rich cultivar, Goami 2. *African Journal of Biotechnology*, 11(1), 131-137.
- Kazemi Taskoh, N., Mostafavi-Rad, M., & Ansary, M. H. (2017). Effect of row spacing on yield quantity and quality of some determinate and indeterminate growth bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties in Guilan climatic condition. *Plant Ecophysiology*, 9(29), 136-145. (In Persian)
- Kopsell, D. A., Kopsell, D. E., & Curran-Celentano, J. (2007). Carotenoid pigments in kale are influenced by nitrogen concentration and form. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, 900-9007.
- Malek Maleki, F., Abbasi, N., Sharifi Ashoorabadi, E., Barari, M., & Zare, M. J. (2018). Effects of row distance on yield of two ecotypes of *Thymbra spicata* L. under field growing conditions. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 34(1), 62-67. (In Persian)
- Malek Maleki, F., Majnoon Hoseini N., & Alizadeh, H. (2011). Effect of plant density on yield and yield components of two lentil (*Lens culinaris* Medik) cultivars. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 42(1), 33-40. (In Persian)
- Maleki, A., Bazdar, A., Lotfi, Y., & Tahmasebi, A. (2011). The effect of azotobacter biofertilizer and different levels of nitrogen on yield and yield components of three bread wheat cultivars. *Journal of Crop and Weed Ecophysiology*, 4(16), 121-132. (In Persian)
- Malik, M. A., Farrukh Saleem, M., Cheema, M. A., & Ahmed, S. (2003). Influence of different nitrogen levels on productivity of Sesame (*Sesamum indicum* L.) under varying planting patterns. *International Journal of Agriculture and Biology*, 4, 490-492.
- Mannan, M. A., Bhuiya, M. S. U., Hossain, H. M. A., & Akhand, M. I. M. (2010). Optimization of nitrogen rate for aromatic Basmati rice (*Oriza sativa* L.). *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 35(1), 157-165.
- Manzoor, Z., Awan, T. H., Safdar, E., Ali, R. I., Ashraf, M. M., & Ahmad, M. (2006). Effect of nitrogen levels on yield and yield components of Basmati 2000. *Journal of Agricultural Research*, 44(2), 115-122.
- Mohammadi, K., Ghalavand, A., Aghaalikhani, M., Rokhzadi, A., Pasari, B., Modares Sanavy, S. M. A., Eskandari, M., Javaheri, M., Heidari, G., & Sohrabi, Y. (2011). Response of canola yield quantity and quality to different methods of fertilization in crop rotation. *Journal of Agricultural Science*, 21/2(1), 87-103. (In Persian)
- Moosavi, S. Gh., Mohamadi, O., Baradaran, R., Seghatoleslami, M. J., & Amiri, E. (2015). Effect of nitrogen fertilizer rates on morphological traits, yield and yield components of three cultivars of rice. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 13(1), 146-152. (In Persian)
- Moslehi, N., Niknejad, Y., Fallah Amoli, H., & Kheiri, N. (2016). Effect of integrated application of chemical fertilizers, organic and biological on some of morpho-physiological traits of rice (*Oryza sativa* L.) var. Ta rom Hashemi. *Journal of Crop Physiology*, 8(30), 87-103. (In Persian)
- Nasari, H. A., Nabavi Kalat, S. M., & Sadrabadi Haghghi, R. (2019). Effect of seedling age and plant density on yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.) in Heart Province-Afghanistan. *Journal of Plant Production*, 9(2), 107-119. (In Persian)
- Omrani, B. (2015). *The response of production and shelf-life of purslane plant to nitrogen and phosphorus supply from different fertilizer sources*. M.Sc. thesis of Agroecology. Faculty of agriculture. Shahrekord University. (In Persian)
- Parwada C., Mandumbu, R., Tibugari, H., Badze, D., & Mhungu, S. (2020). Effect of soil fertility amendment, planting density and growing season on *Chenopodium quinoa* Willd (Quinoa) in Zimbabwe. *Cogent Food & Agriculture*, 6(1), 1792668. <https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1792668>
- Ruiz, K. B., Biondi, S., Oses, R., Acuña-Rodríguez, I. S., Antognoni, F., Martínez-Mosqueira, E. A., Coulibaly, A., Canahua-Murillo, A., Pinto, M., Zurita-Silva, A., Bazile, D., Jacobsen, S. E., & Molina-Montenegro, M. A. (2014). Quinoa biodiversity and sustainability for food security under climate change. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(2), 349-359.

- Saeidi, S. M., Siadat, S. A., Moshatati, A., Moradi-Telavat, M. A., & Sepahvand, N. A. (2020). Effect of sowing time and nitrogen fertilizer rates on growth, seed yield and nitrogen use efficiency of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) in Ahvaz, Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 21(4), 354-367. (In Persian)
- Saïdi Goraghani, H., Yazdani Biouki, R., Saïdi Goraghani, N., & Sodaezadeh, H. (2014). Effect of different nitrogen sources and levels on quantitative and qualitative characteristics of parsley (*Petroselinum crispum* Mill.) in Jiroft Region. *Iranian Journal of Field Crop Research*, 12(2), 327-316. (In Persian)
- Saïdzadeh, F., Tagizadeh, R., & Molazem, D. (2010). Effect of plant density on yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.) in climatic condition of the west part of Guilan Province, Iran. *Crop Ecology*, 6(1), 37-46. (In Persian)
- Sief, A., El-Deepah, H., & Kamel, A. (2015). Effect of various inter and intra spaces on the yield and quality of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.). *Journal of Plant Production*, 6(3), 371-383.
- Sosa-Zuniga, V., Brito, V., Fuentes, F., & Steinfort, U. (2017). Phenological growth stages of quinoa (*Chenopodium quinoa*) based on the BBCH scale. *Annals of Applied Biology*, 171(1), 117-124.
- Spehar, C. R., & Dasilva Rocha, J. E. (2009). Effect of sowing density on plant growth and development of quinoa, genotype 4.5, in the Brazilian Savannah highlands. *Bioscience Journal*, 25, 53-58.
- Spehar, C. R., & Santos, R. L. B. (2005). Agronomic performance of quinoa selected in the Brazilian Savannah. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40(69), 609-612. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2005000600012>
- Tavoosi, M., & Lotfali Ayene, Gh. A. (2017). *Quinoa cultivation and related results*. Agricultural Research, Education and Extension Organization. Karaj, Iran: Agricultural Education Press. (In Persian)
- Tookaloo, M. R. (2014). Effect of planting date and application of nitrogen on yield related traits of forage sorghum cultivars. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, Vol. LVII, 357-359.
- Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L., & Martínez, E. A. (2010). Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90, 2541-2547. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4158>
- Wu, G., Peterson, A. J., Morris C. F., & Murphy, K.M. (2016). Quinoa Seed Quality Response to Sodium Chloride and Sodium Sulfate Salinity. *Frontiers in Plant Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00790>
- Yoseftabar, S. (2013). Effect nitrogen management on panicle structure and yield in rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(11), 1224-1227.
- Yousefpoor, Z., Yadavi, A., Baluchi, H., & Faraji, H. (2014). Evaluation of some physiological, morphological and phenological characteristics in Sunflower (*Helianthus annuus* L.) influenced by biological and chemical sources of nitrogen and phosphorus. *Journal of Agroecology*, 6(3), 508-519. (In Persian)