نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد پانزدهم، شماره ۳(۵۹)، پاییز ۱۴۰۰، صفحه ۳۴۰-۳۱۷

مقاله پژوهشی DOI: 10.30495/jcep.2021.683380

اثر میزان و تقسیط کود نیتروژن بر عملکرد و کارایی مصرف نیتروژن در ارقام کینوا (*Chenopodium quinoa* willd.)

مهسا منصوری[۱]، مجتبی علوی فاضل[۱*]، عبدالعلی گیلانی[۱و۲]، شهرام لک[۱] و مانی مجدم[۱]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۶/۲۴ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۸/۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۸/۱۰

چکیده

بررسی اثر میزان و تقسیط کود نیتروژن بر عملکرد و کارایی مصرف نیتروژن ارقام کینوا، طی آزمایشی در سال‌های زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ به‌صورت فاکتوریل اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل چهار مقدار کود نیتروژن (۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) و چهار روش تقسیط کود نیتروژن (۵۰ درصد پایه +۵۰ درصد شش برگی، ۵۰ درصد پایه + ۲۵ درصد شش برگی + ۲۵ درصد اواسط گلدهی، ۲۵ درصد پایه + ۵۰ درصد شش برگی + ۲۵ درصد اواسط گلدهی و ۲۵ درصد پایه + ۲۵ درصد شش برگی + ۵۰ درصد اواسط گلدهی) به‌عنوان فاکتورهای اصلی و سه رقم کینوا شامل رقم Gizal، Q26 و Titicaca به‌عنوان فاکتور فرعی بودند. نتایج آزمایش نشان داد شاخص سبزینگی، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد پانیکول در واحد سطح و تعداد دانه در پانیکول تحت تاثیر مقدار کود × تقسیط × رقم قرار گرفتند. برهمکنش چهارگانه سال× میزان نیتروژن× تقسیط × رقم فقط بر ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت و کارایی مصرف نیتروژن معنی‌دار شد. بالاترین عملکرد دانه در کلیه سطوح مختلف نیتروژن مربوط به رقم Q26 و در هر دو سال از مصرف ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن مشاهده شد. به‌طوری‌که، در سال اول تقسیط آن به‌صورت ۲۵ درصد پایه +۵۰ درصد شش برگی + ۲۵ درصد اواسط گلدهی(۱۲۵٪) و در سال دوم تقسیط به صورت ۵۰ درصد پایه + ۲۵ درصد شش برگی + ۲۵ درصد اواسط گلدهی(۸۸٪) بهترین نتیجه را موجب شدند. بالاترین کارایی مصرف نیتروژن ارقام Gizal (۵۲/۸) و Q26 (۵۱/۸ کیلوگرم در کیلوگرم) در سال اول از ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و تقسیط آن به‌صورت ۲۵ درصد پایه + ۵۰ درصد شش برگی + ۲۵ درصد اواسط گلدهی مشاهده شد، در حالی که در سال دوم مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار موجب نتیجه بهتری شد و این امر حاکی از آن است که شرایط اقلیمی و تقسیط دارای نقش مؤثری در افزایش کارایی مصرف نیتروژن بوده است. بنابراین، می‌توان با مدیریت صحیح گام مهمی در جهت افزایش میزان تولید برداشته و میزان ریسک در تولید را کاهش داد.

واژگان کلیدی: ارتفاع بوته، تعداد دانه در پانیکول، رقم، فتوسنتز، کارایی مصرف نیتروژن.

۱- گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

۲- بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

* نگارنده‌ی مسئول mojtaba_alavifazel@iauahvaz.ac.ir

مقدمه

کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd) در سال‌های اخیر به‌عنوان یک گیاه استراتژیک در کل جهان و در کشور ما شناخته شده است (Saeidi *et al*., 2019). این گیاه یک‌ساله، پهن برگ با ارتفاع یک تا دو متر است که علاوه بر دانه‌ها، از برگ‌های جوان آن نیز به‌عنوان سبزی تازه و یا به‌صورت پخته استفاده می‌شود (Sepahvand *et al*., 2010). دانه کینوا دارای مقدار زیادی اسیدهای آمینه لایسین، متیونین و سیستئین و دارای حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد پروتئین می‌باشد (Matiasevich *et al*., 2006). کینوا تحمل زیادی به تنش‌های غیرزنده مانند سرما، شوری و خشکی دارد که این امر موجب افزایش گسترش آن در مناطق مختلف جهان شده و در مناطقی که امکان کشت برنج محدود باشد می‌تواند جایگزینی مناسب برای تأمین غذا به شمار آید (Saeidi *et al*., 2019; Sepahvand *et al*., 2010).

افزایش تولید محصولات کشاورزی هم‌زمان با افزایش رشد جمعیت و برنامه‌های توسعه، مصرف بیشتر کودهای شیمیایی به‌ویژه نیتروژن را بیشتر کرده است (Keshavarz, 2013). نیتروژن یکی از عناصر مغذی مورد نیاز رشد و نمو و تکثیر گیاهان به شمار می‌آید. این عنصر از اجزای اصلی کلروفیل، اسیدهای آمینه و ساختار پروتئین‌ها، ترکیبات انتقال انرژی همچون، ATP و اسیدهای نوکلئیک بوده است (Mengel *et al*., 2001; Lu *et al*., 2007). نیتروژن یک عامل کلیدی برای دستیابی به عملکرد مطلوب در گیاهان است (Rostami and Ahmadi, 2014). کینوا به‌شدت به مصرف کود نیتروژن واکنش نشان می‌دهد (Kaul *et al*., 2005; Saeidi *et al*., 2019). شاه‌منصوری (Shah Mansouri, 2015) گزارش کرد که افزایش میزان مصرف نیتروژن در برخی ارقام کینوا، باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه شده و کاربرد کود نیتروژن تا حد مشخص سبب افزایش تعداد دانه، تعداد خوشه و وزن هزار دانه ارقام مختلف این گیاه گردید (Bascunan-Godoy *et al*., 2018; Hirzel *et al*., 2011).

کارایی مصرف نیتروژن در کشورهای در حال توسعه در حدود ۲۹ درصد بوده که از متوسط مقدار جهانی آن کمتر است (Zhu, 2000). پایین بودن کارایی نیتروژن به دلیل هدر رفت آن از طرق نیترات‌زدایی، آبشویی، خروج نیترات از گیاه و تصعید آمونیوم می‌باشد (Raun and Johnson, 1999). کاهش کارایی مصرف نیتروژن نه‌تنها منجر به افزایش هزینه در تولید بلکه در دراز مدت اثرات مخربی بر روی محیط زیست و سلامتی انسان دارد. از راه‌های افزایش کارایی نیتروژن می‌توان به تعیین مقدار دقیق کود مورد نیاز محصول، مصرف به‌موقع کود از لحاظ زمان و تقسیط آن با توجه به مراحل رشد گیاه، شکل و نوع کود اشاره نمود (Grant and Entz, 2006). همچنین، به‌منظور نمو مناسب گیاهان تأمین نیتروژن آنها در هر یک از مراحل ضروری بوده و لزوم برنامه‌ریزی درست در جهت فراهمی آن بر اساس مراحل رشد گیاه ضروری به‌نظر می‌رسد (Sedaghat *et al*., 2012).

براساس نتایج آزمایش فرجی و همکاران (Faraji *et al*., 2012) تقسیط کود نیتروژن از طریق در دسترس قرار دادن نیتروژن در طی مرحله رویشی و زایشی و افزایش دوام سطح برگ، شاخص سطح برگ و سرعت رشد گیاه در تیمارهای کود نیتروژن باعث افزایش عملکرد دانه در این تیمارها شد. دنینگ و همکاران (Danying

Bagheri *et al.*, 2019) و باقری و همکاران (*et al.*, 2019) در بررسی سازگاری برنج و ژنوتیپ‌های کینوا به‌ترتیب در اصفهان و مشهد گزارش کردند که ژنوتیپ‌های Q26، Q18 و Giza1 به‌ترتیب با عملکرد ۲۱۲۴، ۲۰۹۰ و ۲۰۷۱ کیلوگرم در هکتار از بالاترین میزان عملکرد برخوردار بودند. میرزاشاهی و حسین پور (Mirzashahi and Hosseinpour, 2104) نشان دادند که اثر سطوح نیتروژن و زمان مصرف آن بر عملکرد دانه و وزن هزار دانه معنی‌دار بود. همچنین آنها اعلام کردند که سطوح نیتروژن تنها بر شاخص‌های کارایی نیتروژن، نیترات باقی‌مانده خاک و زمان مصرف نیتروژن فقط بر کارایی استفاده نیتروژن اثرگذار بود. آنها گزارش کردند که با افزایش مصرف نیتروژن، عملکرد دانه به‌صورت معنی‌داری افزایش یافته، در حالی که کارایی مصرف، جذب و استفاده از نیتروژن به‌صورت معنی‌داری کاهش یافته است. نتایج تحقیقی نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۳/۳ گرم در مترمربع) با مصرف ۲۴۰ کیلوگرم در نیتروژن بدست می‌آید (Wang *et al.*, 2020). بصرا و همکاران (Basra *et al.*, 2014) اظهار داشتند که بین ژنوتیپ‌های کینوا و نیتروژن از نظر تعداد خوشه اختلاف معنی‌داری وجود داشت، به‌طوری که بالاترین تعداد خوشه در ژنوتیپ‌های CPJ2 و A9 از سطح ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد که نسبت به شاهد به‌ترتیب باعث افزایش ۷۳ و ۳۷ درصدی تعداد خوشه کینوا گردید.

تغییر و اصلاح شیوه‌های مدیریتی مصرف کودهای نیتروژنی از ضروری‌ترین تحقیقات و برنامه‌ها به‌منظور بهبود وضعیت زراعی و زیست محیطی در کوتاه مدت و بلندمدت در بخش کشاورزی بوده به همین خاطر این تحقیق با هدف بررسی پاسخ عملکرد و اجزای عملکرد ارقام کینوا به زمان و مقدار مصرف کود نیتروژن در شرایط آب و هوایی اهواز به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش طی سال‌های زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان (ایستگاه اهواز) واقع در جنوب غربی شهرستان اهواز با مشخصات جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۸ متر از سطح دریا اجرا شد. منطقه مورد نظر با متوسط بارندگی ۱۶۶ میلی‌متر جزو مناطق خشک و نیمه خشک به‌شمار می‌آید. پارامترهای هواشناسی در طی دو سال انجام آزمایش در شکل یک و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد نظر در دو سال زراعی در جدول ۱ آمده است.

آزمایش طی دو سال به‌صورت فاکتوریل اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عوامل اصلی شامل مقدار کود نیتروژن در چهار سطح (عدم مصرف (شاهد)، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره) و چهار روش تقسیط کود شامل (۵۰ درصد پایه +۵۰ درصد شش برگی، ۵۰ درصد پایه + ۲۵ درصد شش برگی + ۲۵ درصد اواسط گلدهی، ۲۵ درصد پایه +۵۰ درصد شش برگی + ۲۵ درصد اواسط گلدهی و ۲۵ درصد پایه + ۲۵ درصد شش برگی + ۵۰ درصد اواسط گلدهی) و عامل فرعی سه رقم کینوا (Gizal، Q26 و Titicaca) در نظر گرفته شد.

عملیات آبیاری در اوایل شهریور ماه با هدف تحریک جوانه‌زنی علف‌های هرز و تأمین رطوبت

مناسب جهت انجام عملیات شخم زمین، انجام شد. شخم توسط گاوآهن برگردان‌دار تا عمق ۳۰ سانتی‌متر صورت گرفته و جهت خرد کردن کامل کلوخه‌ها، دو مرحله دیسک عمود برهم زده شد. در این آزمایش هر کرت دارای شش پشته به طول پنج و عرض سه متر با فاصله ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر در نظر گرفته شد. با توجه به آزمون خاک، کود فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم هرکدام به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت پایه و کود نیتروژن از منبع اوره با در نظر گرفتن سطوح تیمار با آب آبیاری به خاک افزوده شد. بذور در ۱۵ مهرماه با تراکم ۴۰ بوته در مترمربع با نسبت سه برابر حجمی ماسه مخلوط شد بر روی داغ آب هر دو طرف پشته‌ها در عمق دو الی سه سانتی‌متری کشت گردیدند. بعد از اتمام این عملیات، بلافاصله آبیاری جهت تسهیل خروج گیاهچه‌ها صورت گرفت. پس از جوانه‌زنی و استقرار بوته‌ها، در مرحله چهار تا شش برگی عملیات تنک کردن بوته‌ها انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز نیز در مراحل اولیه رشدی به‌صورت وجین دستی انجام شد. صفات اندازه گیری شده شامل شاخص سبزینگی (SPAD)، ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، تعداد پانیکول در واحد سطح، تعداد دانه در پانیکول، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت و کارایی مصرف نیتروژن بود. جهت اندازه‌گیری شاخص سبزینگی از دستگاه کلروفیل‌متر دستی (اسپد) در مرحله گلدهی استفاده شد. بدین منظور از هر کرت سه بوته و از هر بوته، آخرین برگ توسعه یافته انتخاب شده و از آن برگ از سه نقطه جداگانه عدد اسپد قرائت شد. به‌منظور تعیین ارتفاع بوته در هر کرت، تعداد ۲۰ بوته به‌صورت تصادفی انتخاب و ارتفاع آنها از محل طوقه تا نوک پانیکول محاسبه شد.

برداشت در زمان بلوغ فیزیولوژیکی صورت گرفت، در این مرحله دانه‌ها خشک و سخت شده، به‌راحتی با دست جدا می‌شدند و گیاه رو به خشک و زرد شدن می‌رفت. برداشت در تاریخ ۲۵ دی‌ماه (رقم Titicaca) و چهار بهمن ماه (رقم Q26 و Gizal) به‌صورت دستی انجام شد. به‌منظور تعیین عملکرد دانه، در مرحله رسیدگی و بعد از حذف ۰/۵ متر ابتدا و انتها از خطوط سه، چهار و پنج در سطحی معادل یک مترمربع برداشت انجام گرفت. پس از خرمن‌کوبی دانه از کاه جدا گردید و پس از توزین، عملکرد دانه برحسب کیلوگرم در هکتار با رطوبت ۱۲ درصد محاسبه شد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی، ۱۰ بوته از هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و برای اندازه‌گیری اجزای عملکرد استفاده گردید. جهت تعیین عملکرد بیولوژیکی از هر کرت مساحتی معادل یک مترمربع برداشت و پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه در آون تهویه‌دار با درجه حرارت ۷۵ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد و بعد از خشک شدن وزن آنها محاسبه گردید. جهت اندازه‌گیری وزن هزار دانه، دو تکرار ۵۰۰ تایی شمارش و توزین شدند. شاخص برداشت نیز با استفاده از معادله زیر محاسبه شد که در آن HI شاخص برداشت، Gy عملکرد اقتصادی و By عملکرد بیولوژیک می‌باشد.

$$HI = \frac{Gy}{By} \times 100$$

برای محاسبه کارایی مصرف نیتروژن نیز از رابطه زیر استفاده شد (Fageria and Baligar, 2003):

عملکرد دانه (شاهد) - عملکرد دانه در کاربرد کود نیتروژن

مقدار کود مصرف شده

قبل از انجام تجزیه واریانس مرکب نتایج دو سال آزمایش، به‌منظور اطمینان از یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی از آزمون بارتلت استفاده گردید و با توجه به اینکه اختلاف بین واریانس‌های خطا معنی‌دار نبود، تجزیه واریانس مرکب با تصادفی (Random) در نظر گرفتن سال، تکرار و هر عاملی که در این دو ضرب می‌شود و ثابت بودن بقیه عوامل با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۴/ ۹و مقایسه میانگین تیمارها به روش LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

شاخص سبزینگی

نتایج تجزیه مرکب نشان داد، شاخص سبزینگی تحت تاثیر سال، میزان کود نیتروژن، تقسیط، مقدارکود نیتروژن × تقسیط، رقم، مقدار کود نیتروژن × رقم، تقسیط × رقم و اثرات سه‌گانه مقدارکود نیتروژن × تقسیط × رقم قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها موجود در جدول ۳ نشان داد، بالاترین شاخص سبزینگی از مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و تقسیط آن به صورت ۲۵ درصد پایه+ ۲۵ درصد شش برگی و ۵۰ درصد اواسط گلدهی در رقم Q26 مشاهده شد که در مقایسه با شاهد ۴۸ درصد افزایش نشان داد. بالاترین شاخص سبزینگی در رقم Titicaca و Gazel نیز از مصرف ۲۰۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و تقسیط به صورت ۵۰ درصد پایه + ۲۵ درصد شش برگی+ ۲۵ درصد اواسط گلدهی و ۲۵ درصد پایه +۲۵ درصد شش برگی+ ۵۰ درصد اواسط گلدهی حاصل شده که در مقایسه با شاهد به‌ترتیب ۵۰ درصد و ۲۳ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳).

در برخی از مطالعات بین میزان شاخص سبزینگی با میزان کلروفیل و سطح برگ یک رابطه خطی تعریف شده است (Peng *et al*., 1996; Piekielek *et al*., 1995) این در حالی است که برخی دیگر محققان اعتقاد دارند که رابطه از نوع غیره خطی می‌باشد (Xiong *et al*., 2015). مطالعات متعددی گزارش داده‌اند که قرائت SPAD به دلیل حرکت کلروپلاست وابسته به نور به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر شرایط محیطی قرار دارد. در مطالعه ایکسونگ و همکاران (Xiong *et al*., 2015)، قرائت روزانه SPAD تحت شرایط مقدار پایین نیتروژن متغیر بوده، ولی در مقادیر بالای نیتروژن در دو گیاه برنج و سویا قابل توجه نبوده است. گویلی و همکاران (Guili *et al*., 2016) و اختر و همکاران (Akhtar *et al*., 2015) در مطالعه خود بیان کردند که نیتروژن موجود در کودهای آلی موجب بهبود شاخص سبزینگی در اسفناج، برنج و کتان می‌شود. آنها معتقدند، نیتروژن در ساختمان کلروفیل نقش داشته و مصرف آن موجب افزایش میزان کلروفیل و متعاقباً شاخص سبزینگی در گیاه می‌شود. افزایش ضخامت برگ در اثر مصرف نیتروژن می‌تواند موجب افزایش میزان کلروفیل و شاخص سبزینگی در گیاه شود (Yang *et al*., 2001).

ارتفاع بوته

اثر سال، سال × مقدار کود نیتروژن، سال × تقسیط، و اثر سه‌گانه سال × مقدار کود نیتروژن × تقسیط، مقدارکود نیتروژن × تقسیط × رقم و چهارگانه سال× مقدار کود نیتروژن × تقسیط × رقم بر ارتفاع بوته اثرگذار بود (جدول ۲). نتایج اثر متقابل میزان کود نیتروژن × تقسیط × رقم × سال‌های مختلف نیز نشان داد، در سال اول، در رقم Giza1 (۲۰ درصد در مقایسه با شاهد) مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و در رقم‌های Q26 (۶۰ درصد در مقایسه با شاهد) و Titicaca (۳۲

درصد در مقایسه با شاهد) مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بهترین نتیجه را نشان داد این در حالی است که در سال دوم برای هر سه رقم بالاترین ارتفاع از مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (بهبود ۴۵، ۶۵ و ۴۵ درصد در مقایسه با شاهد برای ارقام Giza1، Q26 و Titicaca). همچنین مشخص شد در هر دو سال در رقم Giza1 و Q26 تقسیط به‌صورت ۵۰ درصد پایه + ۲۵ درصد شش برگی + ۲۵ درصد اواسط گلدهی بهترین تأثیر را داشته، ولی در رقم Titicaca در سال اول ۲۵درصد پایه +۵۰ درصد شش برگی + ۲۵ درصد اواسط گلدهی بهتر بوده است، ولی در سال دوم ۲۵ درصد پایه + ۲۵ درصد شش برگی + ۵۰ درصد اواسط گلدهی بهترین نتیجه را به خود اختصاص داد (جدول ۴).

تقی‌زاده و سید شریفی (Taghizadeh and Seyed Sharifi, 2011) ضمن اشاره به وجود اختلاف معنی‌دار در ارتفاع بوته ارقام ذرت، اظهار نمودند که در ارقام مختلف با افزایش میزان نیتروژن ارتفاع بوته افزایش یافت که با نتایج حسن و همکاران (Hassan *et al*., 2017) در کینوا و رامئه و سلیمی (Rameeh and Salimi, 2015) در گیاه کلزا هم‌خوانی دارد. نتایج پژوهش گرن (Geren, 2015) نیز حاکی از آن است که تیمارهای کود نیتروژن ۱۷۵ کیلوگرم در هکتار ارتفاع بوته کینوا را نسبت به تیمار شاهد ۵۰ درصد افزایش داده است. وانگ و همکاران (Wang *et al*., 2020) نیز بیشترین ارتفاع بوته کینوا (۱۸۳ سانتی‌متر) در مصرف ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به دست آوردند. افزایش ارتفاع بوته کینوا می‌تواند به‌دلیل اثر مثبت نیتروژن بر تحریک رشد گیاه، قابلیت دسترسی بیشتر گیاه به عناصر غذایی و بهبود ظرفیت نگهداری آب خاک باشد. در واقع کاربرد نیتروژن می‌تواند موجب افزایش ظرفیت فتوسنتز و رشد رویشی اندام‌ها شود (Leesawatwong and Rerkasem, 2003). گزارش شد که افزایش نیتروژن از طریق افزایش ساخت هورمون‌های اکسین و سایتوکنین، افزایش تقسیم سلولی و طول سلول‌ها باعث افزایش طول میان‌گره‌ها و ارتفاع ساقه شد (Wajid *et al*., 2007). مشخص شد در سال دوم به علت بارندگی بالاتر تقسیط نیتروژن در اواسط گلدهی باعث ارتفاع بوته بالاتر شده است که این نشان‌دهنده شستشوی کمتر این کود در اثر بارندگی در این تیمار می‌باشد (جدول ۴). ربیعی و همکاران (Rabiee *et al*., 2011) نشان دادند که بین اثر سال، مقدار و تقسیط کود نیتروژن تفاوت معنی‌داری از نظر ارتفاع بوته کلزا وجود دارد. تقسیط کود بر ارتفاع بوته اثر مثبت داشت که این امر می‌تواند به دلیل نامحدود بودن رشد گیاه باشد و کوددهی در این زمان‌ها منجر به افزایش ارتفاع گیاه می‌گردد که در گیاه کینوا نیز به علت رشد نامحدود بودن قابل توجیه می‌باشد.

تعداد شاخه جانبی

تعداد شاخه جانبی نیز تحت تاثیر، مقدار کود نیتروژن، تقسیط، مقدار کود نیتروژن × تقسیط، رقم، تقسیط × رقم و اثرات سه‌گانه مقدار کود نیتروژن × تقسیط × رقم قرار گرفت (جدول ۲). برهمکنش میزان کود نیتروژن × تقسیط × رقم در مورد این صفت نیز نشان داد، بیشترین تعداد شاخه جانبی(۲۱ عدد) در رقم Giza1 و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار و تقسیط در ۵۰ درصد پایه +۵۰ درصد شش برگی بدست آمد که در مقایسه با شاهد ۴۶ درصد افزایش پیدا کردند. بیشترین تعداد شاخه فرعی در ارقام Q26 و Titicaca نیز از مصرف ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در

هکتار و تقسیط به صورت ۵۰ درصد پایه +۵۰ درصد شش برگی و ۵۰ درصد پایه + ۲۵ درصد شش برگی + ۲۵ درصد اواسط گلدهی به ثبت رسید (جدول ۳).

تعداد شاخه‌های جانبی تحت تأثیر ژنتیک و محیط قرار می‌گیرد و فراهمی عناصر غذایی بر این صفت مؤثر است. نتایج مطالعه صیدی و همکاران (Saydi *et al*., 2017) نیز نشان داد که کود نیتروژن باعث افزایش تعداد شاخه‌های جانبی گیاه زنیان شد. پژوهشگران دیگر نیز اعلام کرده‌اند که نیتروژن نخست باعث افزایش رشد طولی بوته و سپس موجب افزایش تشکیل انشعابات می‌شود (Soltaninejhad *et al*., 2013). در تیمار کودی اثر مثبت و مفید کود در افزایش عرضه عناصر غذایی و در نتیجه بهبود فتوسنتز و تسهیم بهتر مواد در مخازن موجب شده است که تعداد شاخه‌های فرعی در بوته افزایش یابد. از طرفی سطح سبز فتوسنتز کننده در نتیجه مصرف کود نیتروژن موجب بیشتر شدن تولید و انتقال مواد فتوسنتزی و هورمون‌های تحریک کننده رشد به مریستم‌های انتهایی و جانبی می‌شود و در نتیجه، مجموعه این عوامل باعث تحریک مریستم انتهایی و جانبی و افزایش تولید شاخه‌های فرعی در تیمار حاوی نیتروژن می‌گردد (Etesami and Beattie, 2018).

تعداد پانیکول در واحد سطح

تعداد پانیکول در واحد سطح نیز تحت تاثیر، رقم، مقدارکود نیتروژن × تقسیط، مقدارکود نیتروژن × رقم و اثرات سه‌گانه مقدار کود نیتروژن × تقسیط × رقم قرار گرفت (جدول ۲). برهمکنش مقدارکود نیتروژن × تقسیط × رقم نشان داد، به‌طور کلی تاثیرات مقادیر مختلف نیتروژن بر ارقام مورد بررسی متفاوت بود. بالاترین تعداد پانیکول در واحد سطح (۶۶۶/۷ عدد) در رقم Q26 و تقسیط به صورت ۲۵ درصد پایه +۵۰ درصد شش برگی + ۲۵ درصد اواسط گلدهی حاصل شد که در مقایسه با شاهد ۴۱ درصد افزایش داشته این در حالی بود که بالاترین تعداد پانیکول در واحد سطح در رقم Titicaca مربوط به مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار در این نوع تقسیط بدست آمد که این رقم نیز در مقایسه با شاهد ۳۶ درصد افزایش داشت. بالاترین تعداد پانیکول در واحد سطح در رقم Gazel نیز از مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار با میانگین ۶۱۳ عدد و تقسیط به صورت ۲۵ درصد پایه +۲۵ درصد شش برگی + ۵۰ درصد اواسط گلدهی مشاهده شد (جدول ۳).

افزایش تعداد پانیکول در اثر افزایش مصرف کود نیتروژن توسط هیرزل و همکاران (Hirzel *et al*., 2011) و سعیدی و همکاران (Saeidi *et al*., 2019) در کینوا گزارش شده است و این شاخص به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل افزایش عملکرد دانه در نظر گرفته می‌شود. افزایش مصرف نیتروژن به‌دلیل افزایش سطح سبز گیاه در بوته باعث افزایش تولید مواد فتوسنتزی، در گیاه شده که این امر می‌تواند موجب افزایش شاخه‌های فرعی و توان گیاه در تولید پانیکول شود. همچنین، افزایش طول دوره گلدهی و باروری گل‌ها در اثر مصرف نیتروژن می‌تواند در تکمیل پانیکول‌های تولیدی توسط گیاه دخالت نموده و تعداد پانیکول در واحد سطح را افزایش دهد (Bascunan-Godoy *et al*., 2018).

تعداد دانه در پانیکول

نتایج نشان داد، تنها اثر سال × رقم و اثرات سه‌گانه مقدار کود نیتروژن × تقسیط × رقم بر تعداد دانه در پانیکول اثرگذار بود (جدول ۲). برهمکنش سه‌گانه مقدار کود در تقسیط در رقم

نشان داد، در هر سه رقم مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بالاترین تعداد دانه در پانیکول را به خود اختصاص داد که بالاترین تعداد مربوط و به رقم Giza1 (۳۵۸ عدد) بود. همچنین مشاهده شد در ارقام Titicaca و Q26 تقسیط ۵۰ درصد پایه + ۲۵ درصد شش برگی + ۲۵ درصد اواسط گلدهی و در رقم Giza1 در تقسیط ۲۵ درصد پایه + ۲۵ درصد شش برگی + ۵۰ درصد اواسط گلدهی بهترین کارایی نیتروژن را بر تعداد دانه در پانیکول داشته که به‌ترتیب موجب افزایش ۲۲، ۲۰ و ۵۲ درصدی این صفت در مقایسه با شاهد شدند (جدول ۴).

افزایش تعداد دانه در پانیکول در اثر افزایش مصرف کود نیتروژن توسط هیرزل و همکاران (Hirzel *et al.*, 2011) و سعیدی و همکاران (Saeidi *et al.*, 2019) در کینوا گزارش شده است. افزایش مصرف نیتروژن در کینوا به‌دلیل تأثیر مثبت نیتروژن در لقاح و تشکیل دانه به‌دلیل رشد و تغذیه مناسب باعث افزایش تعداد دانه در بوته گردید (Saeidi *et al.*, 2019). شاه‌منصوری (Shah Mansouri, 2015) طی آزمایشی اعلام کرد که با افزایش نیتروژن مصرفی، به‌دلیل افزایش رشد رویشی و فراهمی مواد فتوسنتزی، تعداد دانه در بوته کینوا افزایش یافت. افزایش مصرف نیتروژن به‌دلیل کاهش میزان حذف فیزیولوژیک گل‌ها و افزایش سطح سبز گیاه و تعداد شاخه‌های فرعی در بوته باعث افزایش تولید مواد فتوسنتزی، افزایش طول دوره گلدهی و باروری گل‌ها و در نتیجه افزایش تعداد دانه در بوته می‌شد (Bascunan-Godoy *et al.*, 2018). با توجه به پارامترهای هواشناسی نیز در سال اول به علت میزان تبخیر و تعرق کمتر، کارایی مصرف نیتروژن بالاتر بوده ولی در سال دوم به علت افزایش تبخیر و تعرق و بارندگی، اجزای عملکرد افت بیشتری پیدا کرد. روضاتی و همکاران (Rozati *et al.*, 2011) اظهار داشتند که کمبود عناصر غذایی به‌خصوص نیتروژن در زمان گلدهی ذرت باعث می‌شود دانه‌های کمتری تشکیل شوند؛ بنابراین با استفاده از درصد زیادی از نیتروژن در زمان کاشت، به‌دلیل فراهم نبودن نیتروژن در مرحله گلدهی تعداد کمتری گل تلقیح شده، یا دانه‌های تشکیل شده به‌دلیل کمبود مواد غذایی سقط می‌شوند و در نتیجه تعداد کمتری دانه تشکیل می‌شود.

وزن هزار دانه

وزن هزاردانه نیز تحت تاثیر سال، رقم، اثر متقابل سال× مقدار کود نیتروژن، سال × مقدارکود نیتروژن × تقسیط، سال × مقدارکود نیتروژن × رقم و اثرات چهارگانه سال × مقدار کود نیتروژن × تقسیط × رقم قرار گرفت (جدول ۲). برهمکنش سال × میزان کود نیتروژن × تقسیط × رقم در مورد وزن هزار دانه نشان داد، که در دو سال بالاترین وزن هزار دانه در هر سه رقم از مصرف ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار و تقسیط به صورت ۵۰ درصد پایه + ۲۵ درصد شش برگی + ۲۵ درصد اواسط گلدهی و ۲۵ درصد پایه +۵۰ درصد شش برگی + ۲۵ درصد اواسط گلدهی مشاهده شد که با یک دیگر اختلاف معنی‌دار نداشتند و بالاترین وزن هزار دانه مربوط به رقم Q26 بود (جدول ۴). در سال اول وزن هزار دانه در بهترین تیمار در ارقام Giza1، Q26 و Titicaca به‌ترتیب ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۰۰ درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافت که این تغییرات در سال دوم به ۱۴۰، ۱۳۰ و ۱۷۰ درصد تغییر یافت (جدول ۴).

افزایش مصرف نیتروژن در کینوا به‌دلیل تأثیر مثبت نیتروژن در لقاح و تشکیل دانه به‌دلیل

رشد و تغذیه مناسب باعث افزایش وزن هزار دانه گردید (Saeidi *et al*., 2019). گزارش شده است بین میزان نیتروژن برگ و وزن دانه یک همبستگی مثبت وجود دارد و افزایش نیتروژن باعث افزایش سرعت پر شدن دانه می‌شود (Fernandez and Ciampitti, 2018). افزایش مصرف نیتروژن به‌دلیل کاهش میزان حذف فیزیولوژیک گل‌ها و افزایش سطح سبز گیاه (کاهش پیر شدن برگ‌ها) باعث افزایش تولید مواد فتوسنتزی، افزایش طول دوره گلدهی و باروری گل‌ها و در نتیجه افزایش وزن هزار دانه می‌شود (Bascunan-Godoy *et al*., 2018). با توجه به پارامترهای هواشناسی در سال اول به علت میزان تبخیر و تعرق کمتر، کارایی مصرف نیتروژن بالاتر بوده، ولی در سال دوم به علت افزایش تبخیر و تعرق و بارندگی، وزن هزار دانه افت بیشتری پیدا کرده و مصرف نیتروژن نیز بیشتر شد (جدول ۴). همچنین، کمبود عناصر غذایی به‌خصوص نیتروژن در زمان گلدهی ذرت باعث می‌شود دانه‌های کمتری و کوچک‌تری تشکیل شوند (Rozati *et al*., 2011).

عملکرد دانه

اثر سال، اثر متقابل مقدار کود نیتروژن × تقسیط، سال × مقدارکود نیتروژن، مقدار کود نیتروژن × رقم، سال × مقدار کود نیتروژن، تقسیط × رقم، سال× مقدارکود نیتروژن × تقسیط، سال × تقسیط × رقم و اثر چهارگانه سال × مقدار کود نیتروژن × تقسیط × رقم بر عملکرد دانه دارای تاثیر معنی‌داری بودند (جدول ۲). برهمکنش سال × مقدار کود نیتروژن × تقسیط × رقم در مورد عملکرد دانه نیز نشان داد، در ارقام Giza1 و Titicaca در هر دو سال زراعی بالاترین عملکرد دانه مربوط به مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و تقسیط آن به صورت ۲۵ درصد پایه +۵۰ درصد شش برگی + ۲۵ درصد اواسط گلدهی مشاهده شد که در سال اول موجب افزایش ۲/۷ و ۲/۸ برابری و در سال دوم ۴ و ۳/۹ برابری عملکرد دانه نسبت به شاهد شدند. بالاترین عملکرد دانه در رقم Q26 که در هر دو سال بالاترین عملکرد دانه (۷۶۷۳ و ۵۲۵۶ کیلوگرم در هکتار) را به خود اختصاص داد در سال نخست در مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و تقسیط آن به صورت ۲۵ درصد پایه +۵۰ درصد شش برگی + ۲۵ درصد اواسط گلدهی مشاهده شد، این در حالی بود که در سال دوم، بالاترین عملکرد در این رقم از مصرف ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و تقسیط به صورت ۲۵ درصد پایه +۲۵ درصد شش برگی + ۵۰ درصد اواسط گلدهی حاصل شد (جدول ۴).

نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های بصرا و همکاران (Basra *et al*., 2014) در کینوا مطابقت دارد. آوودلا و مرسی (Awadalla and Morsy, 2017) و گرین (Geren, 2015) گزارش کردند که عملکرد دانه کینوا با افزایش سطح نیتروژن افزایش یافت. در این آزمایش وجود مقادیر بالای نیتروژن باعث کاهش عملکرد دانه گردید به‌طوری‌که در هر دو سال، بالاترین اجزای عملکرد از مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم موجب افت اجزای عملکرد شد. کند شدن سرعت رسیدگی دانه در مقادیر بالای نیتروژن و افزایش سهم اسمولیت‌ها به نفع پروتئین می‌تواند علت افت عملکرد در مقادیر بیشتر از بهینه باشد. همچنین، با توجه به اثر عوامل محیطی تظاهر ژن‌های کنترل کننده صفات کمی نظیر عملکرد گیاه، بدیهی است که این صفت تحت تأثیر اثر اصلی و چندگانه زمان قرار

دارد، به طوری که در سال دوم به علت افزایش میزان بارندگی و میزان تبخیر و تعرق، عملکرد کاهش یافته که علت آن کاهش فتوسنتز به علت افزایش مقاومت روزنه‌ای به علت افزایش تبخیر و تعرق می‌باشد. همچنین افزایش بارندگی می‌تواند به شستشو نیتروژن و خروج نیتروژن از دسترس گیاه منجر شود. شواهد نشان می‌دهد که افزایش مصرف نیتروژن باعث افزایش وزن تک بوته می‌شود که علت آن، افزایش سطح سبز گیاه و در نتیجه افزایش توزیع مواد فتوسنتزی بین اندام‌های رویشی و زایشی گیاه است (Zangani, 2006). گزارش شده است اختصاص بیشتر کود در زمان ساقه‌رفتن، موجب افزایش ارتفاع بوته، تعداد سنبله در واحد سطح و عملکرد دانه در گندم شد (Khanjani and Bahrani, 2017). آون و همکاران (Awan *et al*., 2011) در این رابطه بیان کردند، تقسیط نیتروژن در مراحل قبل از کاشت، تشکیل پنجه، ساقه‌دهی و گلدهی، باعث افزایش عملکرد می‌شود. نتایج ما نشان داد، در تقسیط‌هایی که میزان نیتروژن در مرحله گلدهی به‌خوبی فراهم شود (۵۰ درصد در مرحله گلدهی) از طریق بهبود اجزای عملکرد دانه در نهایت عملکرد دانه بهبود پیدا می‌کند. تأمین مقدار کافی و به‌موقع نیتروژن در مراحل رشد و نمو از اهمیت بالایی برخوردار است و مصرف کود نیتروژن، امکان و فرصت کافی را برای رشد و توسعه بخش‌های هوایی در گیاه فراهم شده و باعث افزایش توان گیاه در ذخیره کربوهیدرات لازم برای رشد و انتقال مجدداً آنها بعد از فاز زایشی، موجب بهبود عملکرد در گیاه می‌شود (Mirzakhani, 2019).

عملکرد بیولوژیکی

عملکرد بیولوژیکی نیز تحت تاثیر سال، مقدار کود نیتروژن، رقم، اثر متقابل سال × مقدار کود نیتروژن، سال × تقسیط، سال × رقم، سال × مقدارکود نیتروژن × رقم، سال × مقدارکود نیتروژن × تقسیط، سال × مقدارکود نیتروژن × رقم، سال × تقسیط × رقم و اثر چهارگانه سال × مقدارکود نیتروژن × تقسیط × رقم قرار گرفت (جدول ۲). برهمکنش چهارگانه سال × مقدارکود نیتروژن × تقسیط × رقم نشان داد، در سال اول مورد مطالعه مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در هر سه رقم بالاترین عملکرد بیولوژیکی را به خود اختصاص دادند (۱۲۶۸۹، ۱۴۸۷۵ و ۱۰۶۶۸ کیلوگرم در هکتار به ترتیب برای ارقام Giza1، Q26 و Titicaca) این در حالی است که در سال دوم، بالاترین عملکرد در Titicaca (۹۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) از مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار در تقسیط‌های مختلف حاصل شد. همچنین، مشخص شد در سال اول غالباً مصرف کود به‌صورت ۲۵ درصد پایه + ۲۵ درصد شش برگی + ۵۰ درصد اواسط گلدهی بهترین نتیجه را موجب شد، ولی در سال دوم در رقم Titicaca مصرف به‌صورت ۵۰ درصد پایه +۵۰ درصد شش برگی و ۵۰ درصد پایه + ۲۵ درصد شش برگی+ ۲۵ درصد گلدهی ایده‌آل بود (جدول ۴). به‌طور کلی بالاترین عملکرد بیولوژیکی (۱۴۸۷ کیلوگرم در هکتار) در رقم Q26 و مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و تقسیط به صورت ۲۵ درصد پایه + ۲۵ درصد شش برگی + ۵۰ درصد اواسط گلدهی به ثبت رسید که در مقایسه با شاهد ۱/۸ برابر افزایش نشان داد (جدول ۴).

بصرا و همکاران (Basra *et al*., 2014)، آوودلا و مرسی (Awadalla and Morsy, 2017) و گرین و همکاران (Geren, 2015) گزارش کردند که عملکرد بیولوژیکی کینوا با افزایش سطح کود

نیتروژن افزایش پیدا می‌کند. عملکرد گیاه تحت تأثیر عوامل مختلف قرار دارد.

در سال دوم به علت افزایش میزان بارندگی و میزان تبخیر و تعرق، بالاترین عملکرد از ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که علت آن کاهش فتوسنتز به علت افزایش مقاومت روزنه‌ای به علت افزایش تبخیر و تعرق می‌باشد. همچنین، افزایش بارندگی می‌تواند به شستشو نیتروژن و خروج آن از دسترس گیاه منجر شود. شواهد نشان می‌دهد که افزایش مصرف نیتروژن باعث افزایش عملکرد بیولوژیکی می‌شود که علت آن، افزایش سطح سبز گیاه و در نتیجه افزایش توزیع مواد فتوسنتزی بین اندام‌های رویشی و زایشی گیاه است (Zangani, 2006).

خانجانی و بحرانی (Khanjani and Bahrani, 2017) اظهار داشتند که تقسیط کود نیتروژن به‌صورت سه‌مرحله‌ای و اختصاص بیشتر کود در زمان ساقه‌رفتن، ضمن افزایش ارتفاع بوته تا حد مطلوب و اجزای عملکرد را بهبود می‌دهد. در رابطه با زمان تقسیط کود نیتروژن نیز گزارش شده است که تقسیط کود نیتروژن به چهار قسمت مساوی در مراحل قبل از کاشت، تشکیل پنجه، ساقه‌دهی و گلدهی، باعث افزایش تولید عملکرد بیولوژیکی گردید (Awan *et al*., 2011). در مطالعه‌ای دیگر نتایج نشان داد که تأمین مقدار کافی و به‌موقع نیتروژن در مراحل رشد و نمو گیاه از اهمیت بالایی برخوردار است و با تأخیر مصرف کود نیتروژن، گیاه امکان و فرصت کافی را برای رشد و توسعه بخش‌های هوایی خود نخواهد داشت و با ذخیره نامطلوب کربوهیدرات‌ها وارد فاز زایشی خواهد شد و در نتیجه روند کاهشی عملکرد بیولوژیکی مشاهده می‌گردد (Mirzakhani, 2019).

شاخص برداشت

اثر سال، اثر متقابل سال× مقدار کود نیتروژن، سال × تقسیط، سال × مقدار کود نیتروژن × تقسیط، سال × رقم، سال × تقسیط × رقم و اثر چهارگانه سال× مقدارکود نیتروژن × تقسیط × رقم تنها بر شاخص برداشت کینوا دارای اثر معنی‌دار بود (جدول ۲). برهمکنش اثرات چهارگانه در مورد شاخص برداشت نیز نشان داد، بالاترین شاخص برداشت در هر دو سال از ارقام Giza1 و Q26 و تقسیط به صورت ۲۵ درصد پایه +۵۰ درصد شش برگی + ۲۵ درصد اواسط گلدهی مشاهد شده با این تفاوت که در سال نخست مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار(۵۵/۹ درصد) و در سال دوم مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار (۵۲/۵ و ۵۳/۴ درصد) بالاترین شاخص برداشت را به ثبت رساندند (جدول ۴).

شاخص برداشت بالا در صورتی می‌تواند منجر به افزایش عملکرد دانه گردد که عملکرد کل ماده خشک نیز در حدی قابل قبول باشد و در صورت پایین بودن مقدار تولید، وزن بالای دانه به توانایی گیاه در تولید و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها و توزیع کلی مواد فتوسنتزی در کل گیاه بستگی دارد (Ghorbani Gilayeh and Ashouri, 2018). در این رابطه گرین (Geren, 2015) و شاه‌منصوری (Shah Mansouri, 2015) نیز گزارش کردند که با افزایش مصرف نیتروژن، شاخص برداشت کینوا افزایش یافت. همان‌طور که در نتایج مقایسه میانگین مشاهده شد، شاخص برداشت در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بیشترین مقدار بود. به‌نظر می‌رسد که در این شرایط مواد فتوسنتزی به نسبت بیشتر از این‌که صرف رشد رویشی و تولید ساقه و بافت‌های ساختمانی شود به اندام‌های زایشی انتقال یافته

است. همچنین، مشخص شد در سال اول با توجه به شرایط آب و هوایی، شاخص برداشت بالاتر بوده که این امر مؤید بهره‌وری بهتر از منابع به‌خصوص نیتروژن در سال اول مطالعه می‌باشد. در آزمایشی دیگر در آفتابگردان گزارش شده که هرچه نیتروژن در مراحل پیشرفته‌تر رشد مصرف شود، شاخص برداشت به مقدار بیشتری افزایش می‌یابد به‌طوری‌که بالاترین میزان شاخص برداشت از تقسیط در مرحله یک سوم پیش از کاشت + یک سوم چهار برگی و یک سوم در مرحله ۸۰ درصد گرده‌افشانی به‌دست آمد (Sedaghat *et al.*, 2012) در این مطالعه نیز بالاترین شاخص برداشت از مصرف نیتروژن به‌صورت ۵۰ درصد پایه + ۲۵ درصد شش برگی + ۲۵ درصد اواسط گلدهی حاصل شد.

کارایی مصرف نیتروژن

کارایی مصرف نیتروژن نیز تحت تاثیر سال، مقدارکود نیتروژن × تقسیط، سال × مقدار کود نیتروژن، سال × مقدار کود نیتروژن، سال × تقسیط، سال × مقدار کود نیتروژن × تقسیط، رقم، سال × تقسیط × رقم و اثر چهارگانه سال × مقدارکود نیتروژن × تقسیط × رقم قرار گرفت (جدول ۲). نتایج نشان داد، بالاترین کارایی مصرف نیتروژن (۵۲/۸، ۵۱/۸ و ۴۵ کیلوگرم در کیلوگرم) در سال اول در هر سه رقم (Giza1، Q26 و Titicaca) مورد بررسی از مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و تقسیط به صورت ۲۵ درصد پایه +۵۰ درصد شش برگی + ۲۵ درصد اواسط گلدهی مشاهده شد، این در حالی بود که در سال دوم مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نتیجه بهتری نشان داد. همچنین، در سال دوم مشخص شد که در رقم Giza1 و تقسیط به صورت ۲۵ درصد پایه +۵۰ درصد شش برگی + ۲۵ درصد اواسط گلدهی مناسب‌تر بود، ولی در مورد ارقام Q26 و Titicaca، تقسیط ۵۰ درصد پایه + ۲۵ درصد شش برگی + ۲۵ درصد اواسط گلدهی مناسب‌تر بود (جدول ۴).

با توجه به قانون بازده نزولی مبنی بر اینکه واحدهای 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، ولی در مطالعه حاضر بالاترین کارایی مصرف نیتروژن در کینوا در سطح ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد که علت آن می‌تواند پایین بودن عملکرد این گیاه در شاهد و سطوح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در سال نخست باشد که با مصرف مقدار بالایی نیتروژن افزایش عملکرد توانست جبران کننده نسبت افزایش مقدار نیتروژن شود. در بررسی که سعیدی و همکاران (Saeidi *et al.*, 2019) به منظور مطالعه مقدار کود نیتروژن بر کارایی مصرف نیتروژن کینوا صورت گرفت، افزایش مصرف کود موجب کاهش میزان کارایی مصرف نیتروژن شد. به‌نظر می‌رسد که اگرچه در سطوح کم نیتروژن، به‌دلیل آبشویی یا تصعید نیتروژن، مقدار نیتروژن در دسترس گیاه کاهش می‌یابد، اما در سطوح بالای نیتروژن، مقدار تلفات ناشی از آبشویی و تصعید بیشتر شده و باعث عدم استفاده مؤثر از نیتروژن و کاهش جذب و کارایی نیتروژن می‌شود (Biswas and Mukhherejee, 1987). در مطالعه دیگر کاربرد سطوح ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن موجب افزایش میزان کود مصرفی کاهش کارایی مصرف نیتروژن را به همراه داشت (Dabighi *et al.*, 2017). بررسی سطوح مختلف نیتروژن در تولید کینوا نشان داد که بالاترین میزان کارایی در تیمار ۶۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد و افزایش کاربرد نیتروژن، منجر

به کاهش میزان شاخص گردید (Abou-Amer and Kame, 2011). از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر افزایش کارایی نیتروژن، می‌توان به میزان تولید کلروفیل، مقدار ماده خشک تولید شده و میزان تخصیص و انتقال آسیمیلات‌های فتوسنتزی به مخازن اشاره کرد (Ghanbari Kashan *et al.*, 2016).

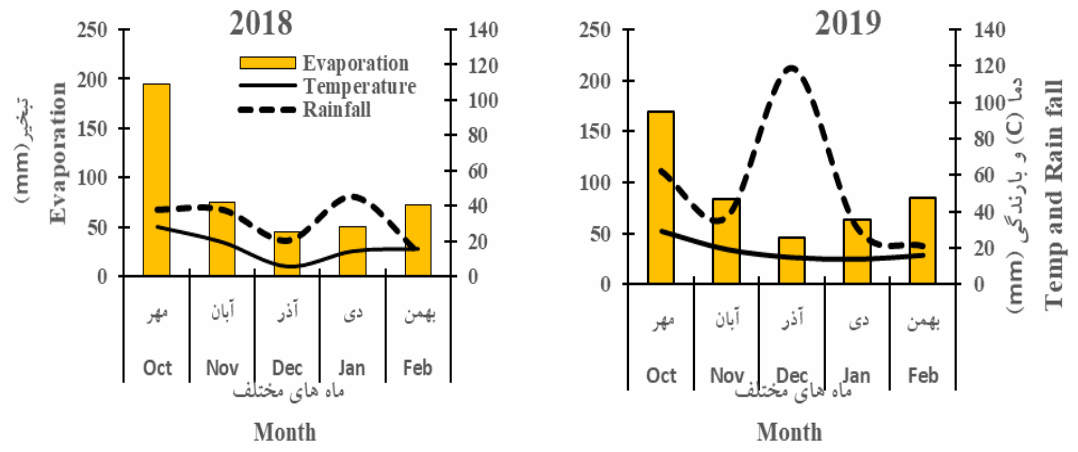
نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد، نیتروژن از طریق افزایش سطح سبز گیاهی و طولانی‌تر کردن دوره پر شدن دانه‌ها باعث افزایش اجزای عملکرد از جمله تعداد دانه در پانیکول، تعداد پانیکول در واحد سطح و وزن هزار دانه در نتیجه عملکرد دانه کینوا گردید. در بین مقادیر استفاده شده، مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در اکثر ارقام مورد مطالعه دارای بالاترین کارایی مصرف نیتروژن بوده و بالاترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد. همچنین، مشخص شد که تقسیط ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌صورت ۲۵ درصد پایه + ۲۵ درصد ۶ برگی + ۵۰ درصد اواسط گلدهی بیشترین تأثیر را بر اجزای عملکرد و عملکرد دانه در دو رقم Gizal و Q26 داشته و بالاترین عملکرد را نیز تولید کرد. افزایش بارندگی و افزایش تبخیر و تعرق در طول دوره رشد نیز موجب افزایش میزان هدر رفت نیتروژن و محدودیت در رشد گیاه شده و تقسیط نیتروژن در دوره‌های ابتدای رشد می‌تواند نتیجه بهتری داشته باشد. همچنین، مشخص شد که رقم Q26 دارای بالاترین عملکرد دانه و کارایی مصرف نیتروژن بوده و می‌تواند رقم مناسب برای کشت در شرایط آب و هوایی اهواز باشد.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در سال‌های زراعی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸

Table 1- Some physical and chemical properties of the test site soil in 2018 and 2019

سال Years	عمق Depth (cm)	شوری salinity ($ds.m^{-1}$)	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	اسیدیته PH	رس clay	سیلت silt	شن sand	کربن آلی C	بافت خاک soil texture
			($mg.kg^{-1}$)				(%)				
2018	0-30	5.4	0.058	10.5	245	7.9	22	30	48	0.58	Lomy
2019	30-60	4.4	0.053	11.2	265	8	24	30	46	0.53	Lomy



شکل ۱- پارامترهای هواشناسی طی مدت اجرای آزمایش در دو سال زراعی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸

Figour 1- Meteorologyparameter long coicidend ecperiment in two years 2018 and 2019

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب عملکرد و اجزای عملکرد ارقام کینوا تحت تأثیر میزان نیتروژن و تقسیط در دو سال ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸

Table 2- Analyze variance of yield and yield component some cultivare quinoa influenced by nitrogen, split in two years 2018 and 2019

S.O.V. منابع تغییر	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means square					
		شاخص سبزینگی SPAD	ارتفاع بوته Height plant	تعداد شاخه جانبی Number branches	تعداد پانیکول در واحد سطح Number panicule per area	تعداد دانه در پانیکول Number grain per panicule	وزن هزار دانه Weight 1000 grain
سال Years (Y)	1	237.09*	39501.12**	40.04^{ns}	110251.9^{ns}	3.12^{ns}	22.56**
تکرار (سال) R (Y)	4	27.90	83.45	33.65	20118.5	25.61	0.16
میزان کود †† Nitrogen (N)	2	271.69*	213.41^{ns}	48.22*	50340.7^{ns}	44.58^{ns}	7.00^{ns}
تقسیط Split (S)	3	64.96**	303.79^{ns}	20.65**	7851.9^{ns}	1.93^{ns}	0.42^{ns}
N×S	6	43.34**	158.22^{ns}	17.33*	28592.6**	27.79^{ns}	0.28^{ns}
Y×N	2	4.60^{ns}	146.91*	0.72^{ns}	7229.6^{ns}	16.36^{ns}	5.00**
Y×S	3	1.92^{ns}	142.89**	0.26^{ns}	5165.4^{ns}	6.90^{ns}	0.08^{ns}
Y×N×S	6	1.42^{ns}	137.89**	3.74^{ns}	2469.1^{ns}	8.51^{ns}	0.54**
خطای اصلی Main error	44	35.21	30.77	4.39	6324.6	8.08	0.15
رقم Cultivar (C)	2	1871.07**	5341.62^{ns}	216.17*	266674.1*	46.47^{ns}	0.59*
N×C	4	74.52**	107.27^{ns}	4.03^{ns}	5685.2*	6.69^{ns}	0.12^{ns}
S×C	6	32.19*	152.09^{ns}	2.12*	2377.8^{ns}	4.49^{ns}	0.013^{ns}
Y×C	2	5.94^{ns}	843.42**	3.17^{ns}	4140.7^{ns}	22.64*	0.02^{ns}
Y×N×C	4	4.53^{ns}	74.55**	1.12^{ns}	618.5^{ns}	2.15^{ns}	0.33*
Y×S×C	6	3.87^{ns}	97.22**	0.30^{ns}	2343.2^{ns}	6.96^{ns}	0.04^{ns}
N×S×C	12	32.71**	58.35^{ns}	5.38*	4796.3**	10.77*	0.10^{ns}
Y×N×S×C	12	5.08^{ns}	189.80**	1.43^{ns}	924.7^{ns}	3.03^{ns}	0.22*
خطای فرعی Sub error	96	24.87	20.16	2.52	5774.1	4.98	0.10
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	10.4	5.1	9.1	13.9	15.8	10.1

ns، *و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant, significant at probability levels 5 and 1%, respectively.

††: برای جلوگیری از ایجاد کرت موهومی بین عدم مصرف نیتروژن و تقسیط نیتروژن، مقدار صفر نیتروژن وارد آنالیز واریانس نشد.

††: Zero nitrogen was not included in the analysis of variance to avoid creating an imaginary plot between not using nitrogen and splitting nitrogen

ادامه جدول ۲-

Table 2- Continued

S.O.V. منابع تغییر	درجه آزادی df	Means square میانگین مربعات			
		عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیکی Biologic yield	شاخص برداشت Harvest index	کارایی مصرف نیتروژن NUE
سال Years (Y)	1	115286050**	120543390**	3553.80**	11291.52**
تکرار (سال) R (Y)	4	46779	765928	11.62	1.61
میزان کود †† Nitrogen (N)	2	33708413^{ns}	109297847*	239.63^{ns}	3219.97^{ns}
تقسیط Split (S)	3	2766911^{ns}	3269075^{ns}	209.15^{ns}	433.57^{ns}
N×S	6	6169170*	13264148^{ns}	196.17^{ns}	620.75*
Y×N	2	4586462**	1754049**	495.07**	3370.15**
Y×S	3	398163^{ns}	1267421*	42.97**	68.64**
Y×N×S	6	1043803**	4914225**	47.75**	78.58**
خطای اصلی Main error	44	142539	310637	6.56	9.62
رقم Cultivar (C)	2	55556123^{ns}	167258860*	217.65^{ns}	1778.67**
N×C	4	1413477*	4110491^{ns}	18.97^{ns}	157.52^{ns}
S×C	6	534838^{ns}	1013798^{ns}	14.03^{ns}	44.22^{ns}
Y×C	2	6975860**	8399814**	87.36**	14.50^{ns}
Y×N×C	4	156433^{ns}	1368660*	18.54^{ns}	75.20**
Y×S×C	6	475590**	1958375**	34.25**	100.14**
N×S×C	12	924011^{ns}	1487292^{ns}	48.25^{ns}	80.82^{ns}
Y×N×S×C	12	389117**	1228063**	24.82**	37.46**
خطای فرعی Sub error	96	151542	451769	9.95	11.72
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	8.8	7.1	6.9	13.4

ns، *و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant, significant at probability levels 5 and 1%, respectively.

††: برای جلوگیری از ایجاد کرت موهومی بین عدم مصرف نیتروژن و تقسیط نیتروژن، مقدار صفر نیتروژن وارد آنالیز واریانس نشد.

††: Zero nitrogen was not included in the analysis of variance to avoid creating an imaginary plot between not using nitrogen and splitting nitrogen.

جدول ۳- مقایسه میانگین شاخص سبزینگی، تعداد شاخه جانبی، تعداد پانیکول در واحد سطح و تعداد دانه در پانیکول کینوا در اثر متقابل نیتروژن × تقسیط× رقم

Table 3- Comper means of Number branches and Number grain per panicule influenced by intraction nitrogen content × split× cultivar

نیتروژن Nitrogen ($kg.ha^{-1}$)	تقسیط Split	رقم cultivar	شاخص سبزینگی SPAD	تعداد شاخه جانبی Number branches	تعداد پانیکول در واحد سطح Number panicule per area	تعداد دانه در پانیکول Number grain per panicule
0	-	Giza1	43.07	14.33	433.3	234.7
		Q26	40.27	15.83	473.3	213.8
		Titicaca	30.37	12.83	393.3	245.3
100	T_1	Giza1	45.87	16.17	433.3	264.1
		Q26	52.33	18.17	613.3	122.7
		Titicaca	39.63	15.00	406.7	268.6
	T_2	Giza1	44.47	19.33	506.7	310.9
		Q26	50.50	20.00	566.7	255.8
		Titicaca	36.82	14.83	426.7	298.9
	T_3	Giza1	49.35	16.50	486.7	358.5
		Q26	51.77	16.50	593.3	212.7
		Titicaca	37.33	15.00	493.3	164.3
	T_4	Giza1	53.13	15.17	613.3	202.9
		Q26	49.93	18.00	626.7	204.7
		Titicaca	44.43	14.50	513.3	205.0
200	T_1	Giza1	42.93	17.83	566.7	196.0
		Q26	51.53	17.83	653.3	158.7
		Titicaca	44.63	15.33	513.3	195.2
	T_2	Giza1	47.80	18.83	600.0	178.2
		Q26	52.70	19.50	646.7	162.6
		Titicaca	46.08	16.33	533.3	170.5
	T_3	Giza1	50.07	17.33	606.7	191.7
		Q26	52.28	17.67	666.7	149.3
		Titicaca	44.23	14.67	526.7	203.8
	T_4	Giza1	46.59	19.67	520.0	290.6
		Q26	51.14	20.33	600.0	210.5
		Titicaca	43.40	16.50	473.3	200.1
300	T_1	Giza1	47.93	21.17	546.7	219.6
		Q26	55.77	20.33	566.7	214.4
		Titicaca	42.93	17.00	480.0	204.1
	T_2	Giza1	50.97	19.33	586.7	168.5
		Q26	53.63	18.50	620.0	137.1
		Titicaca	42.10	17.33	533.3	156.6
	T_3	Giza1	53.17	18.00	566.7	180.4
		Q26	54.37	19.33	586.7	181.7
		Titicaca	46.17	15.67	466.7	214.1
	T_4	Giza1	48.47	18.83	506.7	228.8
		Q26	60.13	19.00	566.7	192.9
		Titicaca	46.16	14.00	480.0	174.0
LSD 0.05			3.91	**1.23**	31.25	1.78

T_1: ۵۰ درصد پایه +۵۰ درصد شش برگی، T_2: ۵۰ درصد پایه + ۲۵ درصد شش برگی + ۲۵ درصد اواسط گلدهی، T_3: ۲۵ درصد پایه +۵۰ درصد شش برگی + ۲۵ درصد اواسط گلدهی و T_4: ۲۵ درصد پایه + ۲۵ درصد شش برگی + ۵۰ درصد اواسط گلدهی.

T_1; 50% basic + 50% six-leaf, T_2;50% basic + 25% Six-leaf percentage + 25% mid-flowering, T_3;25% basic + 50% six-leaf + 25% mid-flowering and T_4; 25% basic + 25% six-leaf + 50% mid-flowering.

جدول ۴- مقایسه میانگین برخی صفات مورد ارزیابی در کینوا در اثر متقابل میزان نیتروژن × تقسیط × رقم × سال

Table 4- Comper means of some traits of quinoa influenced by intraction nitrogen content × split× cultivar× year

سال Years	نیتروژن ($kg.ha^{-1}$) Nitrogen	تقسیط Split	ارتفاع گیاه Plant height (cm)			وزن هزار دانه Weight 1000 grain (g)			عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)		
			Giza1	Q26	Titicaca	Giza1	Q26	Titicaca	Giza1	Q26	Titicaca
2018	0	-	97.0	85.3	72.7	1.87	1.90	1.70	2458.6	2496.3	1664.6
	100	T_1	111.0	109.0	81.0	2.87	3.30	3.33	3664.3	3879.3	2182.7
		T_2	117.0	118.7	83.7	3.07	3.30	3.07	5124.7	6506.7	3880.3
		T_3	104.7	104.7	85.3	3.33	3.80	3.23	6138.0	6528.0	3827.3
		T_4	106.7	109.7	94.0	3.10	3.77	3.03	5660.0	6694.3	2946.7
	200	T_1	100.3	109.3	92.0	3.03	3.47	3.43	6015.0	6266.0	4486.7
		T_2	104.0	136.0	90.3	3.67	4.00	3.80	6379.0	6532.7	4732.0
		T_3	112.3	114.7	96.0	3.90	3.17	3.80	6818.7	7673.3	4643.7
		T_4	107.0	103.7	87.7	3.63	3.17	3.63	6512.3	6779.3	3801.3
	300	T_1	106.3	106.7	83.7	3.07	3.13	3.43	5141.3	4502.3	4173.7
		T_2	96.0	99.7	88.7	3.37	3.47	3.30	5300.0	5785.7	4071.3
		T_3	106.3	103.3	85.7	3.30	3.80	3.43	5488.3	5661.7	3637.0
		T_4	109.0	109.0	88.0	3.03	3.57	3.30	5147.0	5235.3	3023.7
2019	0	-	46.7	50.7	56.3	1.40	1.53	1.17	1259.6	1440.3	1143.6
	100	T1	84.0	76.7	63.3	2.77	2.80	2.67	2627.0	3340.0	2652.7
		T2	70.0	85.3	66.3	2.60	2.63	2.63	4598.0	4961.7	2841.3
		T3	72.0	67.7	65.0	2.67	3.00	3.23	4232.0	4480.7	3324.7
		T4	77.0	85.0	70.0	2.37	2.90	3.03	4128.3	5256.7	3422.7
	200	T1	72.0	80.3	72.0	3.13	3.43	3.23	4313.3	4796.0	3368.3
		T2	95.0	79.7	77.0	3.37	3.47	3.20	4642.7	4944.7	3312.3
		T3	76.3	68.3	64.3	3.37	3.50	3.23	5281.3	4722.0	4526.7
		T4	74.7	86.0	62.0	3.20	3.37	3.03	4492.7	5180.3	3529.3
	300	T1	79.0	75.3	76.3	2.57	2.60	2.43	3273.0	3910.7	2745.3
		T2	84.3	87.3	66.3	2.07	2.23	2.60	2796.3	2917.0	2856.0
		T3	76.3	66.3	73.3	2.07	1.93	1.97	2818.3	2981.3	2173.0
		T4	72.3	73.7	66.7	1.87	1.93	1.73	2528.7	2520.0	1743.7
LSD 0.05				3.95			0.64			415.5	

T_1: ۵۰ درصد پایه +۵۰ درصد شش برگی، T_2: ۵۰ درصد پایه + ۲۵ درصد شش برگی + ۲۵ درصد اواسط گلدهی، T_3: ۲۵ درصد پایه +۵۰ درصد شش برگی + ۲۵ درصد اواسط گلدهی و T_4: ۲۵ درصد پایه + ۲۵ درصد شش برگی + ۵۰ درصد اواسط گلدهی.

T_1; 50% basic + 50% six-leaf, T_2;50% basic + 25% Six-leaf percentage + 25% mid-flowering, T_3;25% basic + 50% six-leaf + 25% mid-flowering and T_4; 25% basic + 25% six-leaf + 50% mid-flowering.

ادامه جدول ۴-

Table 4- Continued

سال Years	نیتروژن ($kg.ha^{-1}$) Nitrogen	تقسیط Split	عملکرد بیولوژیکی Biological yield ($kg.ha^{-1}$)			شاخص برداشت Harvest index (%)			کارایی مصرف نیتروژن NUE($kg.kg^{-1}$)		
			Giza1	Q26	Titicaca	Giza1	Q26	Titicaca	Giza1	Q26	Titicaca
2018	0	-	7115.3	8177.3	5767.0	34.5	30.3	29.1	-	-	-
	100	T_1	8733.0	8834.0	6274.0	41.4	43.7	34.8	13.7	19.0	15.1
		T_2	11004.7	12737.7	8724.7	46.4	52.9	44.5	33.6	36.4	19.0
		T_3	12196.3	11702.7	6522.3	55.9	55.9	56.4	31.2	40.7	22.6
		T_4	10407.0	11715.7	6795.0	54.4	55.5	45.2	29.9	31.5	25.3
	200	T_1	11831.3	13297.0	9738.0	50.3	49.1	44.5	43.1	48.0	33.7
		T_2	12689.0	14875.7	10668.3	52.0	51.6	46.3	46.4	49.4	33.1
		T_3	12048.7	12241.7	9271.7	54.2	53.4	50.8	52.8	51.8	45.3
		T_4	11330.0	12703.7	7767.3	53.2	51.2	49.4	44.9	47.2	35.3
	300	T_1	11001.0	10524.3	8224.0	48.0	52.0	48.5	28.2	25.2	27.5
		T_2	10269.7	8646.7	7508.7	53.3	53.8	50.1	28.0	29.2	28.6
		T_3	9660.0	10915.3	8555.3	53.6	53.0	47.6	32.7	39.1	21.7
		T_4	9879.3	9658.3	6849.7	52.2	54.2	44.5	25.3	29.8	17.4
2019	0	-	4302.3	4729.6	4227.6	29.2	30.4	27.0	-	-	-
	100	T1	6789.7	8433.3	6530.0	38.7	39.6	40.6	12.1	13.8	5.2
		T2	9418.0	10308.3	7050.7	42.2	45.6	44.2	26.2	50.8	28.9
		T3	8883.0	10899.3	6975.3	46.5	48.6	47.3	43.6	40.8	25.1
		T4	9974.7	9823.3	6422.7	42.4	48.2	48.5	31.1	38.7	11.9
	200	T1	9642.7	10833.3	8311.0	44.7	44.3	36.8	18.2	20.2	14.1
		T2	10625.3	11384.7	8989.7	43.7	43.5	40.5	19.6	30.3	16.8
		T3	10648.7	12231.3	8872.0	52.5	53.4	49.5	19.8	20.7	14.5
		T4	10056.0	9697.7	7626.7	48.8	38.6	39.8	17.8	19.1	14.3
	300	T1	8095.7	10792.0	6641.3	36.5	36.2	36.0	9.5	9.6	8.4
		T2	7672.3	7945.0	9150.7	40.5	36.7	43.0	8.8	10.6	7.6
		T3	7251.7	7441.3	6037.0	38.9	40.1	39.6	10.1	11.1	7.7
		T4	7320.7	7752.0	5487.7	34.5	32.5	28.9	8.7	8.7	7.0
LSD 0.05				685.5			5.9			6.35	

T_1: ۵۰ درصد پایه +۵۰ درصد شش برگی، T_2: ۵۰ درصد پایه + ۲۵ درصد شش برگی + ۲۵ درصد اواسط گلدهی، T_3: ۲۵ درصد پایه +۵۰ درصد شش برگی + ۲۵ درصد اواسط گلدهی و T_4: ۲۵ درصد پایه + ۲۵ درصد شش برگی + ۵۰ درصد اواسط گلدهی.

T_1; 50% basic + 50% six-leaf, T_2;50% basic + 25% Six-leaf percentage + 25% mid-flowering, T_3;25% basic + 50% six-leaf + 25% mid-flowering and T_4; 25% basic + 25% six-leaf + 50% mid-flowering.

References منابع مورد استفاده

- Abou-Amer, A.I., and A.S. Kame. 2011. Growth, yield and nitrogen utilization efficiency of quinoa (*Chenopodium quinoa*) under different rates and methods of nitrogen fertilization. *Egyptian Journal of Agronomy*. 33(2): 155-166.
- Akhtar, S.S., M.N. Andersen, and F. Liu. 2015. Residual effects of biochar on improving growth, physiology and yield of wheat under salt stress. *Agricultural Water Management*. 158: 61-68.
- Awadalla, A., and A.S.M. Morsy. 2017. Influence of planting dates and nitrogen fertilization on the performance of quinoa genotypes under Toshka conditions. *Egyptian Journal of Agronomy*. 39(1): 27-40.
- Awan, TH., R.I. Ali, Z. Manzoor, M .Ahmad, and M. Akhtar. 2011. Effect of different nitrogen levels and row spacing on the performance of newly evolved medium grain rice variety, KSK-133. *The Journal of Animal and Plant Sciences*. 21: 231-234.
- Bagheri, M., A. Molaei, A. Mansoorian, and F. Heidari, 2019. Evaluation of compatibility of quinoa genotypes in Mashhad and Isfahan. Seed Seedling Breeding Research Institute. 1-20. (In Persian).
- Bascunan-Godoy, L., C. Sanhueza, K. Pinto, L. Cifuentes, M. Reguera, V. Briones, and H. Silva. 2018. Nitrogen physiology of contrasting genotypes of *Chenopodium quinoa* Willd. (Amaranthaceae). *Scientific Reports*. 8(1): 1-12.
- Basra, S.M.A., S. Iqbal, and I. Afzal. 2014. Evaluating the response of nitrogen application on growth, development and yield of quinoa genotypes. *International Journal of Agriculture and Biology*. 16: 886-892.
- Biswas, T.D., and S.K. Mukhherejee. 1987. Text book of science. Publishing Co. LTD. New dehli. 297 pp.
- Dabighi, Kh., E. Fateh, and A. Aynehband. 2017. The study of nitrogen efficiency indices of canola (*Brassica napus* L.) under different green manure crops and nitrogen sources. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 15(2): 413-424. (In Persian).
- Danying, W.A.N.G., Y.E. Chang, X.U. Chunmei, W.A.N.G. Zaiman, C.H.E.N. Song, C.H.U. Guang, and Z.H.A.N.G. Xiufu. 2019. Soil nitrogen distribution and plant nitrogen utilization in direct-seeded rice in response to deep placement of basal fertilizer-nitrogen. *Rice Science*. 26(6): 404-415.
- Etesami, H., and G.A. Beattie. 2018. Mining halophytes for plant growth-promoting halotolerant bacteria to enhance the salinity tolerance of non-halophytic crops. *Frontiers in Microbiology*. 9: 148-156.
- Fageria, N.K., and V.C. Baligar. 2003. Fertility management of tropical acid soils for sustainable crop production. Handbook of Soil Acidity. 359-385.
- Faraji, F., M. Isfahani, M. Kavousi, M. Nahvi, and B. Rabiee. 2012. Effect of nitrogen fertilizer amounts and methods on growth and yield indices of caspian rice. *Iranian*

Journal of Crop Science. 43(2): 323-333. (In Persian).

- Fernandez, J.A., and I.A. Ciampitti. 2018. Effect of late nitrogen applications on grain filling in corn. Kansas Agricultural Experiment Station Research Report s, 12.
- Geren, H. 2015. Effects of different nitrogen levels on the grain yield and some yield components of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.) under mediterranean climatic conditions. *Turkish Journal of Field Crops*. 20(1): 59-64.
- Ghanbari Kashan, M., M. Mirzakhani, and S.A. Faridhashemi 2016. Physiological efficiency response of safflower nitrogen to the use of livestock and chemical fertilizers in Kashan region. *Journal of Plant Environmental Physiology*. 41: 53-64. (In Persian).
- Ghorbani Gilayeh, H., and M. Ashouri. 2018. The effect of planting density and nitrogen fertilizer levels on yield and yield components of beans in Rudsar city. *Journal of Crop Production*. 11(1): 73-84. (In Persian).
- Grant, C., and E. Entz. 2006. Crop management to reduce N fertilizer use. *Maydica*. 50: 538-542.
- Guili, I., S.A.A. Mousavi, and A.A. Kamgar Haghighi. 2016. Effect of cattle manure biochar and moisture stress on growth characteristics and spinach water use efficiency in greenhouse conditions. *Journal of Water Research in Agriculture*. 30(2): 259-243. (In Persian).
- Hassan A., F. Moharam, F. Attia, and R.H. Hagab. 2017. Effect of nitrogen fertilization and organic acids on grains productivity and biochemical contents of quinoa plant grown under soil conditions of ras sadersinai. *Egyptian Journal of Desert Research*. 67(1): 171-185.
- Hirzel, J., A. Pedreros, and K. Cordero. 2011. Effect of nitrogen rates and split nitrogen fertilization on grain yield and its components in flooded rice. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 71(3): 436-444.
- Kaul, H.P., M. Kruse, and W. Aufhammer. 2005 Yield and nitrogen utilization efficiency of the pseudocereals amaranth, quinoa, and buckwheat under differing nitrogen fertilization. *European Journal of Agronomy*. 22(1): 95-100.
- Keshavarz, P. 2013. Management strategies in increasing nitrogen consumption efficiency in agriculture. *Journal of Land Management*. 1(1): 48-53. (In Persian).
- Khanjani, M., and A. Bahrani. 2017. Effects of amounts and nitrogen fertilizer splitting on yield, yield components and dry matter remobilization of wheat (cv. Chamran). *Bi-Quarterly Journal of Crop Science*. 7(2): 89-101. (In Persian).
- Leesawatwong, S., and B. Rerkasem. 2003. Nitrogen fertilizer increases protein and reduces breakage of rice cultivar chain at 1. *International Rice Research Notes* (IRRN). 29: 67-68.
- Lu, Z.X., X.P. Yu, K.L. Heong, and H.U. Cui. 2007. Effect of nitrogen fertilizer on herbivores and its stimulation to major insect pests in rice. *Rice Science*. 14(1): 56-66.

- Matiasevich, S.B., M.L. Castellion, S.B. Maldonado, and M.P. Buera. 2006. Water-dependent thermal transition in quinoa embroys. *Thermochimica Acta*. 448: 117-122.
- Mengel, K., E.A. Kirkby, H. Kosegarten, and T. Appel. 2001 Nitrogen. In principles of plant nutrition (pp. 397-434). Springer, Dordrecht.
- Mirzakhani, M. 2019. Response of nitrogen use efficiency and agronomic characteristics of winter wheat to rate, time and method of nitrogen application. *Iranian Journal of Field Crop Science*. 50(2): 77-87. (In Persian).
- Mirzashahi, K., and M. Hosseinpour. 2104. Nitrogen fertilizer management on grain yield and nitrogen efficiency indices in maize. *Applied Agricultural Research*. 27(102): 31-40.
- Peng, S., F. Garcia, R. Laza, A. Sanico, R. Visperas, and K. Cassman. 1996. Increased N-use efficiency using a chlorophyll meter on high-yielding irrigated rice. *Field Crop Research*. 47: 243-252.
- Piekielek, W.P., R.H. Fox, J.D. Toth, and K.E. Macneal. 1995. Use of a chlorophyll meter at the early dent stage of corn to evaluate nitrogen sufficiency. *Agronomy Journal*. 87: 403-408.
- Rabiee, M., M. Kavousi, and P. Tusi Kohl. 2011. Investigation of the effect of nitrogen fertilizer levels and its splitting time on grain yield and some agronomic traits of rapeseed (Hayola 401 cultivar) in autumn cultivation of Guilan. *Journal of Agricultural Science and Technology and Natural Resources*. 58: 199-212. (In Persian).
- Rameeh, V., and M.B. Salimi. 2015. Effect of different nitrogen rates on phenology, plant height and yield components and seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Journal of Oil Plants Production*. 2(1): 1-12. (In Persian).
- Raun, W.R., and G.V. Johnson. 1999. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. *Agronomy Journal*. 91: 357-363.
- Rostami, M., and A. Ahmadi. 2014. Investigation of the effect of type and frequency of application of nitrogen fertilizers on yield and grain nitrogen percentage of two maize cultivars. *Journal of Agriculture*. 104: 41-46. (In Persian).
- Rozati, N.S., A. Gholami, and H.R. Asghari. 2011. Study of nitrogen split application levels and variety effects on yield and agronomical characteristics of corn. *Electronic Journal of Crop Production*. 4(2): 1-16. (In Persian).
- Saeidi, S.M., S.A. Siadat, A. Moshatati, M.R. Moradi-Telavat, and N.A. Sepahvand. 2019. Effect of sowing time and nitrogen fertilizer rates on growth, seed yield and nitrogen use efficiency of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) in Ahvaz. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 21(4): 354-367. (In Persian).
- Saydi, Z., E. Fateh, and A. Aynehband. 2017. Effect of different sources of nitrogen and organic fertilizers on yield and yield components of Ajowan (*Trachyspermum ammi* L.). *Journal of Agroecology*. 9(1): 115-128. (In Persian).
- Sedaghat, M., J. Ramzjoo, and Y. Imam. 2012. The effect of nitrogen fertilizer amount

and timing at different stages of growth on yield and yield components of sunflower. *Journal of Crop Production and Processing*. 2(6): 21-30. (In Persian).

- Sepahvand, N.A., M. Tavazoa, and M. Kohbazi. 2010. Quinoa valuable plant for alimentary security and adaptation agricultural in Iran. 11th National Iranian Crop Science Congress. 24-26 Jul. Tehran. (In Persian).
- Shah Mansouri, R. 2015. Reaction of yield of quinoa (Willd *quinoa Chenopodium*) cultivars to nitrogen levels. Master Thesis. Ramin Khuzestan University of Agriculture and Natural Resources, Faculty of Agriculture and Natural Resources. (In Persian).
- Soltaninejhad, F., S. Fallahand, and M. Heidari. 2013. Effect of different sources and rates of nitrogen fertilizer on the growth and biomass production of purslane (*Portulaca oleracea*). *Journal of Crop Production*. 6 (3): 125-143. (In Persian).
- Taghizadeh, R., and R. Seyed Sharifi. 2011. Effect of nitrogen fertilizer on fertilizer efficiency and yield components in maize cultivars. *Journal of Agricultural Science and Technology and Natural Resources. Science and Soil*. 15 (57): 209-217. (In Persian).
- Wajid, A., A. Ghaffar, M. Maqsood, K. Hussain, and W. Nasim. 2007. Yield response of maize hybrids to varying nitrogen rates. *Pakistanian Journal of Agricultural Science*. 44(2): 217-220.
- Wang, N., F. Wang, C.C. Shock, C. Meng, and L. Qiao. 2020. Effects of management practices on quinoa growth, seed yield, and quality. *Agronomy*. 10(3): 445-???.
- Xiong, D., J. Chen, T. Yu, W. Gao, X. Ling, Y. Li, and J. Huang. 2015. SPAD-based leaf nitrogen estimation is impacted by environmental factors and crop leaf characteristics. *Scientific Reports*. 5: 13389-????.
- Yang, J., J. Zhang, Z. Wag, Q. Zho, and W. Wang. 2001. Remobilization of carbon reserves to water deficit during grain-filling of ice. *Field Crop Research*. 71: 97-55.
- Zangani, E. 2006. Effect of different levels of nitrogen on growth and quantitative yield of two canola varieties in Ahvaz region. MSc Thesis. Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan.
- Zhu, Z. 2000. Loss of fertilizer N from the plant-soil system and strategies and techniques for its reduction in china. *Soil and Environment Science*. 9: 1-6.

Research Article DOI: 10.30495/jcep.2021.683380

Effect of Nitrogen Fertilizer Rates and Its Split Application on Yield and Nitrogen Use Efficiency of Quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.) Cultivars

Mahsa Mansouri[1] , Mojtaba Alavi Fazel [1*], Abdolali Gilani [1, 2], Shahram Lak[1] and Mani Mojdam [1]

Received: September 2020 , Revised: 31 October 2020, Accepted: 1 November 2020

Abstract

To evaluate the effect of nitrogen rate and its split application on seed yield and nitrogrn use efficiency (NUE) of quinoa cultivars, experiments were performed during 2018-2019 and 2019-2020 growing seasons as factor split plot based on randomized complete block design with three repetitions at Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Training Center Station. Experiment treatments were nitrogen fertilizer (0, 100, 200 and 300 kg.ha^{-1}) as the main factor and four levels of split nitrogen fertilizer applications (50% basic + 50% six-leaf, 50% basic + 25% Six-leaf percentage + 25% mid-flowering, 25% basic + 50% six-leaf + 25% mid-flowering and 25% basic + 25% six-leaf + 50% mid-flowering) and three cultivars of quinoa (Gizat, Q26, Titicaca) as sub-plot. The results showed, SPAD, height plant, number of plant branches, number of panicules per area unit and seeds per panicule as influenced by nitrogen content × split × cultivare, interaction. The years× nitrogen rate×split application× cultivar intractions were significant on plant height, 1000 seed weight, seed yield, biological yields, harvest index and NUE. The highest seed yield under all different levels of nitrogen was related to cultivar Q26, in both years by the use of 200 kg of nitrogen, the highest seed yield in the first year belonged to at 25% base application + 50% at six-leaf stage+ 25% at mid-flowering stage and in the second year, to at 50% as base application+ 25% at six-leaf stage+ 25% mid-flowering stage. Highest NUE belonged to Gizal (52.8 g.kg^{-1}) and Q26 (51.8 g.kg^{-1}) cultvars from 200 kg.ha^{-1} nitrogen by split applications of 25% base + 25% at six-leaf stage+ 50% at mid-flowering stage, while in second year from 100 kg.ha^{-1} nitrogen. In general, climatic conditions and split application of fertilizer were effective roles in increasing the efficiency of nitrogen consumption. Thus by the use of proper management seed yield can be increased and the risk of its production decreased.

Key words: Cultivar, Height plant, Nitrogen use efficiency, Photosynthesis, Seed per panicle.

1- Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
2- Department of Seed and Plant Improvement Research, Khuzestan Agricultural and Natural Resources and Extension Center, AREEO, Ahvaz, Iran.
**Corresponding Author: mojtaba_alavifazel@iauahvaz.ac.ir*