

## Evaluation of Growth, Development and Yield of Maize Cultivars for Sustainable Nitrogen Management

Mohammad Madadzadeh<sup>1</sup>, Seyedreza Amiri<sup>2\*</sup>

Received: 23 July 2021 Accepted: 18 March 2022

1-Dept., of Agroecology. Environmental Science Research Institute, University of Shahid Beheshti, G.C., 1983963113 Tehran, Iran

2-Assoc. Prof., Dept. of Plant Production, Faculty of Agriculture, Higher Education Complex of Saravan, Iran.

\*Corresponding Author Email: amirisedreza86@gmail.com and R.amiri@Saravan.ac.ir

### Abstract

**Background & Objective:** Nitrogen is one of the most abundant elements on earth and major essential for crop growth and development that is heavily used in modern agriculture to maximize yields. Therefore, due to the increasing concerns about the destructive environmental effects of high consumption of nitrogen fertilizers and also the high economic cost of supplying these fertilizers, the present study was done to evaluate the growth, development and yield of three common maize cultivars in Response to different amounts of nitrogen in semi-arid climatic conditions of Kerman province in order to sustainable management.

**Materials & Methods:** In order to evaluate the growth, development and yield of three common maize cultivars a two-year experiment was laid out as a randomized complete block design with factorial arrangement of treatments and three replications during 2014 and 2015 growing seasons at Kerman province in Iran. Four nitrogen rates (0 (control), 92, 220 and 368 kg.ha<sup>-1</sup>) were applied to three maize hybrids (KSC 704, Maxima and TWC 604).

**Results:** Results showed both hybrid and nitrogen had significant ( $P<0.01$ ) effect on morphology, biological and grain yield of maize. We found the significant yield benefits of KSC 704 and Maxima compared to TWC 604 under N stress as well as potential conditions. However, the grain yield of all hybrids was lower in 2015 than 2014 which was a consequence of depletion of soil N as a result of previous maize on one side and light texture of the soil (consisting about 85% sand) on the other side which led to high N leaching from the soil. The highest and lowest values for grain yield was observed at 368 kg N. ha<sup>-1</sup> (12359.3 kg.ha<sup>-1</sup>) in 2014 and 0 kg N.ha<sup>-1</sup> in 2015 (640 kg.ha<sup>-1</sup>) respectively.

**Conclusion:** Among all the measured traits, the number of kernel per ear was the most effective trait in maize grain yield formation irrespective of N fertilization condition. N deficiency (368 vs. 0 kg N.ha<sup>-1</sup>) sharply decreased the maximum LAI (3.6 to 2.7 in 2014, and 2.6 to 1.1 in 2015) of maize which had consequences on grain yield and yield components.

**Keywords:** Biological Yield, Morphology, Leaf Area, Number of Seeds per Ear

## بررسی رشد و نمو و عملکرد ارقام غالب ذرت دانه ای در راستای مدیریت پایدار نیتروژن

محمد مددی زاده<sup>۱</sup>، سیدرضا امیری<sup>۲\*</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۵/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۷

۱- گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

۲- دانشیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، مجتمع آموزش عالی سراوان

\*مسئول مکاتبه: Email: amirseyedreza86@gmail.com and R.amiri@Saravan.ac.ir

### چکیده

**اهداف:** نیتروژن به عنوان مهمترین و محدودکننده‌ترین عنصر تغذیه‌ای در تولید محصولات کشاورزی محسوب می‌شود که به طور فشرده‌ای در سیستم‌های کشاورزی برای دستیابی به عملکرد بیشینه محصولات مورد استفاده قرار می‌گیرد. از این رو با توجه به نگرانی‌های روزافزون در رابطه با اثرات مخرب زیست محیطی ناشی از مصرف زیاد کودهای نیتروژنی و همچنین هزینه‌ی اقتصادی بالای تامین این کودها، تحقیق حاضر در راستای مقایسه‌ی رشد و عملکرد سه رقم رایج ذرت در پاسخ به مقادیر مختلف نیتروژن در شرایط اقلیمی نیمه خشک استان کرمان در راستای مدیریت پایدار مزارع اجرا گردید.

**مواد و روش‌ها:** آزمایش مزرعه‌ای طی دو سال زراعی ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان انجام گرفت. این تحقیق در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با آرایش فاکتوریل در سه تکرار انجام شد. فاکتورها شامل سه رقم ذرت دانه‌ای (سینگل کراس ۷۰۴، ماکسیما و تری‌وی کراس ۶۰۴) و چهار مقدار نیتروژن (۰، ۹۲، ۲۲۰ و ۳۶۸ کیلوگرم در هکتار) بودند.

**یافته‌ها:** نتایج حاصل حاکی از تاثیر معنی‌دار ( $P < 0.01$ ) هر کدام از عوامل مقدار نیتروژن و رقم بر صفات مورفولوژیک، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت بود. دو رقم سینگل کراس ۷۰۴ و ماکسیما دارای برتری نسبی و معنی‌دار از نظر عملکرد دانه در مقایسه با رقم تری‌وی کراس ۶۰۴ تحت شرایط وجود یا عدم وجود تنش نیتروژن بودند. به طور کلی در سال ۱۳۹۴، عملکرد تولیدی توسط تمامی رقمها به دلیل تخلیه‌ی نیتروژن اولیه خاک (در نتیجه کاشت ذرت به عنوان یک گیاه تخلیه کننده خاک) و همین‌طور میزان بالای آبشویی خاک (به دلیل درصد بالای شن در بافت خاک) به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از سال ۱۳۹۳ بود. در مجموع دو سال، بیشترین و کمترین میزان عملکرد دانه به ترتیب مربوط به مصرف ۳۶۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سال ۱۳۹۳ و عدم مصرف کود نیتروژنی در سال ۱۳۹۴ (به ترتیب ۱۲۳۵۹/۳ و ۶۴۰ کیلوگرم دانه در هکتار) بود.

**نتیجه‌گیری:** به طور کلی یافته‌های این پژوهش نشان داد که تعداد دانه در بلال به عنوان موثرترین صفت در تعیین عملکرد دانه رقم‌های ذرت تحت شرایط مختلف فراهمی نیتروژن است. همچنین، تنش نیتروژن (مقایسه عدم مصرف و کاربرد ۳۶۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) به شدت مقدار شاخص سطح برگ بیشینه را در رقم‌های ذرت کاهش داد (۳/۶ به ۲/۷ در سال ۱۳۹۳ و ۲/۶ به ۱/۱ در سال ۱۳۹۴) و در نتیجه موجب کاهش شدید عملکرد دانه گردید.

**واژه های کلیدی:** تعداد دانه در بلال، سطح برگ، عملکرد بیولوژیک، مورفولوژی

## مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) از جمله غلات مهم و با ارزش مناطق گرمسیر و معتدل جهان است که پس از گندم و برنج در جایگاه سوم اهمیت جهانی قرار دارد (فائو ۲۰۱۶). ذرت یکی از مهم‌ترین غلات مورد استفاده در رژیم غذایی انسان در بسیاری از نقاط دنیاست که به عنوان یکی از اجزای اصلی تشکیل دهنده رژیم تغذیه‌ای دام و طیور و همچنین یک محصول تجاری پیشرو با ارزش زراعی-اقتصادی بالا به شمار می‌رود (سینگ و هدا ۲۰۱۵).

کشور ایران با مجموع ۱۶۶۰۰۰ هکتار سطح زیر کشت ذرت دانه‌ای و متوسط عملکرد هفت تن دانه در هکتار، سالانه حدود ۱۱۷۰۰۰۰ تن ذرت دانه‌ای تولید می‌کند (بی‌نام ۲۰۱۶). استان کرمان (۱۲۵۰۰ هکتار) و حوزه‌ی جنوب این استان (۱۳۰۰۰ هکتار) مجموعاً با ۲۵۵۰۰ هکتار سطح زیر کشت ذرت دانه‌ای و متوسط عملکرد ۶۵۰۰ کیلوگرم دانه در هکتار، رتبه دوم تولید این محصول را پس از استان خوزستان (۵۴۰۰۰ هکتار) در کشور دارا می‌باشد (بی‌نام ۲۰۱۶).

میانگین عملکرد دانه ذرت در جهان حدود ۵/۲۱ تن در هکتار (فائو ۲۰۱۶) می‌باشد. کاهش عملکرد دانه ذرت را می‌توان به عوامل متعددی مانند وقوع خشکسالی‌های مکرر، کاهش کیفیت خاک، عملیات زراعی ناکارآمد، استفاده محدود از نهاده‌ها، عدم دسترسی به تکنولوژی کافی، فقدان تسهیلات و اعتبارات، کیفیت پایین بذر، بیماری‌ها، آفات، حشرات و علف‌های هرز به ویژه علف جارو<sup>۱</sup> نسبت داد (آبرا ۲۰۱۳). یکی از مهم‌ترین موانع موجود بر سر راه توسعه‌ی سیستم‌های کشاورزی کارآمد به لحاظ اقتصادی، کمبود عناصر تغذیه‌ای برای گیاهان می‌باشد (فاگاریا و بالیگار ۲۰۰۵). برآورد شده است که حدود ۳۰-۵۰ درصد از افزایش تولید غذا در جهان از سال ۱۹۵۰ مربوط به استفاده از کودها می‌باشد. با این وجود بسیاری از کشاورزان به دلایل مختلفی مانند وجود هزینه‌های بالا، عدم اطمینان از بازده اقتصادی محصول تولید شده و اغلب اوقات عدم

آگاهی از نوع و مقدار مناسب کودهای مورد نیاز، از مصرف کود خودداری می‌کنند (هایکینز و همکاران ۲۰۰۸).

در مقایسه با سایر غلات، ذرت نیاز بیشتری به کود نیتروژنی دارد (هایکینز و همکاران ۲۰۰۸؛ آبرا ۲۰۱۳). حداکثر جذب نیتروژن به وسیله ذرت در طول ماه قبل از ظهور گل تاجی و ابریشم‌دهی رخ می‌دهد. از آنجایی که کمبود نیتروژن در زمان ابریشم‌دهی ذرت موجب افت شدید عملکرد دانه می‌شود، وجود موازنه میان فراهمی نیتروژن در محلول خاک و میزان جذب گیاهی برای دستیابی به پتانسیل عملکرد در رقم‌های جدید ضروری می‌باشد. در واقع مطالعات زیادی حاکی از تشکیل دانه‌های ضعیف، افزایش سقط جنین و در نهایت کاهش عملکرد دانه‌ی ذرت تحت شرایط کمبود نیتروژن می‌باشند (آندراده و وگاس ۲۰۰۰). متأسفانه مصرف کود شیمیایی برای ذرت توسط بسیاری از کشاورزان در بسیاری از نقاط دنیا بر مبنای اصول صحیح و علمی صورت نمی‌گیرد. زیرا این توصیه‌ها اغلب بدون توجه به خصوصیات متفاوت فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مختلف، وضعیت پویایی عناصر تغذیه‌ای خاک و همچنین شرایط محیطی صورت می‌گیرند. در واقع می‌توان گفت یک توصیه‌ی مناسب برای استفاده از نیتروژن در تولید محصولات کشاورزی به ویژه محصولات دارای نیاز کودی بالا مانند ذرت، به استفاده-ی کارآمد از نیتروژن در سیستم‌های زراعی توجه دارد. با توجه به میانگین عملکرد ذرت دانه‌ای در کشور و استان کرمان (۷۰۰۰-۶۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) (بی-نام ۲۰۱۶) و مقایسه‌ی آن با متوسط عملکرد قابل دستیابی (۱۵۰۰۰-۱۴۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) (مولر و همکاران ۲۰۱۲)، مشخص می‌گردد که مشاهده‌ی تاثیر عوامل اصلی تعیین کننده‌ی تولید (ژنوتیپ و عوامل مدیریتی) در کنار یکدیگر بر تولید محصول می‌تواند نقش بسیار مهمی در بهبود عملکرد تولیدی و مدیریت پایدار مزارع ایفا نماید. پاسخ رشد و عملکرد رقم‌های ذرت به فراهمی نیتروژن بسته به نوع رقم متفاوت است. علاوه بر این، برهمکنش متقابل ژنوتیپ × محیط این

<sup>۱</sup> . Striga

مقدار بهینه (۲۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) و مقدار بهینه (۳۶۸ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) از منبع اوره و سه رقم ذرت شامل سینگل کراس ۷۰۴، ماکسیما و تری‌وی‌کراس ۶۰۴ بودند. مبنای مقدار بهینه کود نیتروژنی، تحقیقات صورت گرفته توسط محققین مرکز تحقیقات کشاورزی استان کرمان در ایستگاه تحقیقاتی مذکور روی رقم سینگل کراس ۷۰۴ می‌باشد که بین ۸۰۰-۷۰۰ کیلوگرم کود اوره (۴۶ درصد نیتروژن) در هکتار توصیه گردیده است. در هر دو سال آزمایش، اختصاص هر کدام از ترکیب‌های تیماری به کرت‌های آزمایشی در هر بلوک به صورت تصادفی صورت گرفت.

#### تیمارهای آزمایشی

رقم سینگل کراس ۷۰۴ (KSC 704) از گروه رقمهای FAO 700 و دیررس می‌باشد که از تلاقی اینبردلاین MO17 به عنوان والد پدری و اینبردلاین B73 معمولی یا نرعقیم به عنوان والد مادری تولید می‌شود. این رقم دارای بیشترین عملکرد و بیشترین سطح زیر کشت ذرت در ایران را به خود اختصاص داده است. رقم ماکسیما (MV 524 Maxima) متعلق به گروه رقمهای FAO 580 و متوسط‌رس بوده (زوبری و همکاران ۲۰۱۳) و از تلاقی اینبردلاین MO17 به عنوان والد پدری و سینگل کراس ۵۲۴ به عنوان والد مادری تولید می‌شود. رقم تری‌وی‌کراس ۶۰۴ (TWC 604) از گروه رقمهای FAO 600 و متوسط‌رس می‌باشد که از تلاقی اینبردلاین MO17 به عنوان والد پدری و سینگل کراس ۶۰۴ به عنوان والد مادری تولید می‌شود.

انتخاب ارقام مورد مطالعه با توجه به ارقام غالب و رایج در استان کرمان صورت گرفته است. حدود ۹۰ درصد سطح زیر کشت ذرت در استان کرمان مربوط به رقم سینگل کراس ۷۰۴ بوده و حدود ۵ درصد مربوط به رقم ماکسیما و مابقی مربوط به سایر رقمهاست که از این میان، رقم تری‌وی‌کراس ۶۰۴ دارای کشت رایج‌تریست. رقم ماکسیما اخیراً معرفی شده و سطح زیر کشت آن رو به افزایش است. رقم تری‌وی -

گونگونی را تشدید می‌کند (گالیس و کوک ۲۰۰۵؛ وورکو و همکاران ۲۰۰۷). از این رو با توجه به نگرانی‌های روزافزون در رابطه با اثرات مخرب زیست محیطی ناشی از مصرف زیاد کودهای نیتروژنی و همچنین هزینه اقتصادی بالای تامین این کودها، تحقیق حاضر در راستای مقایسه‌ی رشد و عملکرد سه رقم رایج ذرت در پاسخ به مقادیر مختلف نیتروژن در شرایط اقلیمی نیمه خشک استان کرمان در راستای مدیریت پایدار مزارع اجرا گردید.

#### مواد و روش‌ها

##### موقعیت جغرافیایی محل انجام آزمایش

محل انجام آزمایش، ایستگاه تحقیقاتی شهید زنده-روح متعلق به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان واقع در ۱۰ کیلومتری جنوب شهرستان کرمان (کیلومتر ۱۲ محور کرمان- جوپار) می‌باشد. منطقه مذکور، در عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۱۵ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۵۸ دقیقه و در ارتفاع ۱۷۵۴ متری از سطح دریا واقع شده است. متوسط بارندگی سالانه آن حدود ۱۵۰ میلی متر می‌باشد.

##### آماده‌سازی زمین

در هر سال از آزمایش، عملیات خاکورزی زمین حدود دو هفته قبل از کاشت آغاز شد. ابتدا با استفاده از گاواهن برگردان‌دار خاکورزی اولیه صورت گرفت و سپس به وسیله توسط دیسک، پشته‌هایی با فاصله ۷۵ سانتیمتر از یکدیگر ایجاد شد. ایجاد جوی‌های اصلی و تفکیک بلوک‌ها از یکدیگر با استفاده از نه‌رکن و تفکیک کرت‌های آزمایشی به صورت دستی توسط کارگر انجام شد.

##### طرح آزمایشی

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با آرایش فاکتوریل در سه تکرار طی دو کشت تابستانه در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ انجام شد. فاکتورها شامل چهار مقدار کود نیتروژنی مقدار شامل صفر، ۲۵٪ مقدار بهینه (۹۲ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار)، ۶۰٪

اقدامات مانند آبیاری و مبارزه با آفات و بیماری‌های احتمالی در بهترین سطح خود انجام شد؛ به گونه‌ای که به استثنای محدودیت نیتروژن در برخی واحدهای آزمایشی، هیچگونه تنش قابل کنترل دیگری در مزرعه حاکم نباشد. آبیاری مزرعه به روش غرقابی انجام شد. بنابراین، هر زمان که ۳۵ درصد رطوبت قابل دسترس خاک در عمق ۲۰ سانتیمتر تخلیه می‌شد، آبیاری صورت می‌گرفت. بنابراین دور آبیاری با توجه به شرایط آب و هوایی از ۵ تا ۷ روز متغیر بود. در هر نوبت آبیاری رطوبت خاک تا عمق ۸۰ سانتیمتری به نقطه ظرفیت مزرعه برگردانده شد. مقدار کمبود رطوبت خاک از معادله (۱) زیر محاسبه گردید:

$$\text{SMD} = (\Theta_{FC} - \Theta_s) \times D_r \quad (\text{رابطه ۱})$$

در فرمول بالا SMD مقدار کمبود رطوبت بر اساس میلیمتر،  $\Theta_{FC}$  مقدار رطوبت حجمی خاک در ظرفیت مزرعه و  $\Theta_s$  میزان رطوبت حجمی خاک در عمق ۲۰ سانتیمتر قبل از آبیاری و  $D_r$  عمق موثر ریشه ذرت (۸۰ سانتیمتر) است (فائو ۲۰۰۸).

از طرف دیگر، مقدار آب آبیاری برای هر کرت در تیمار شاهد از معادله (۲) زیر محاسبه شد:

$$I = \text{SMD} \times A \quad (\text{رابطه ۲})$$

که در اینجا I مقدار آب آبیاری بر اساس میلیمتر، SMD مقدار کمبود رطوبت (میلیمتر) محاسبه شده در معادله و A سطح کرت (متر مربع) است. برای جبران هر میلیمتر کمبود رطوبت در متر مربع، یک لیتر آب استفاده شد. با استفاده از کنتور میزان آب مورد نیاز به صورت غرقابی به کرت‌ها داده شد.

#### اندازه‌گیری‌ها و نمونه‌برداری‌ها

به طور کلی اندازه‌گیری‌های مربوط به آزمایش حاضر به دو بخش کلی پارامترهای خاکی و گیاهی تقسیم می‌شوند.

کراس ۶۰۴ بیشتر به عنوان یک رقم جایگزین برای رقم سینگل کراس ۷۰۴ در سال‌هایی که کمبود بذر وجود دارد، استفاده می‌شود. همچنین به دلیل ذخیره‌ی ژنتیکی غنی‌تر نسبت به سینگل کراس ۷۰۴، مقاومت بالاتری نسبت به تنش‌ها و بیماری‌ها از خود نشان داده اما عملکرد پایین‌تری دارد (زوبوری و همکاران ۲۰۱۳).

#### عملیات زراعی

اولین آبیاری سه روز قبل از کاشت انجام شد. در هر کدام از سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ کاشت بذور به روش نم‌کاری (هیرم‌کاری) در تاریخ سیزدهم اردیبهشت ماه به صورت دستی انجام شد.

هر کرت آزمایشی به مساحت ۳۱/۵ متر مربع شامل هفت ردیف کاشت به طول شش متر و فاصله‌ی بین ردیف ۰/۷۵ متر بود. به منظور دستیابی به تراکم ۷/۵ بوته در متر مربع، فاصله بوته روی ردیف‌های کاشت معادل ۱۸ سانتیمتر در نظر گرفته شد. به منظور اطمینان از حصول تراکم فوق، در هر کپه سه بذر کاشته و سپس در مرحله سه تا چهار برگی نسبت به تنک‌کاری مزرعه اقدام شد.

عملیات کوددهی در هر سال همزمان با کاشت به صورت دستی با مصرف ۳۰۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل (TSP, 45% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) به عنوان منبع فسفر و ۱۰۰ کیلوگرم کود سولوپتاس (SOP, 51% K<sub>2</sub>O) به عنوان منبع پتاسیم انجام شد. نحوه کاربرد کودهای مذکور به صورت شیاری و با فاصله ۳-۴ سانتیمتری پایین‌تر از عمق کاشت بذر، همزمان با کاشت در زیر خاک بود. مجموع کود اوره تعیین شده برای هر واحد آزمایشی به سه قسمت تقسیم شده به طوری که یک- سوم آن در هنگام سبز کرد کامل مزرعه<sup>۱</sup>، یک- سوم در هنگام ظهور گل تاجی<sup>۲</sup> و یک- سوم باقیمانده همزمان با ابریشم‌دهی<sup>۳</sup> گیاه به کرت‌ها اضافه شد.

طی عملیات داشت، مبارزه دستی با تمامی علف‌های هرز مزرعه در چندین مرحله صورت گرفته و سایر

#### نمونه‌برداری خاک

1. Emergence
2. Tasseling
3. Silking

pH، ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)، میزان کربن آلی، هدایت الکتریکی (EC)، غلظت نیترژن معدنی به تفکیک نیترات و آمونیوم، فسفر و پتاسیم اندازه‌گیری شد. خاک مزرعه از نوع شن لومی بوده و سایر اطلاعات مربوط به آن در جدول ۱ آورده شده است. قابل ذکر است که مزرعه مورد نظر دو سال قبل از انجام آزمایش به صورت آیش بود.

نمونه‌گیری از خاک به روش مرکب انجام شد. پس از آماده‌سازی زمین، چندین نمونه تصادفی از سه لایه ۱۵-۰، ۳۰-۱۵ و ۶۰-۳۰ سانتیمتری خاک گرفته شد و پس از مخلوط کردن نمونه‌های لایه‌های مختلف با یکدیگر، سه نمونه (یک نمونه همگن از هر لایه خاک) به آزمایشگاه ارسال گردید. برخی از صفات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی شامل بافت خاک (درصد رس، سیلت و شن)، وزن مخصوص ظاهری،

جدول ۱- خصوصیات خاک محل انجام آزمایش

عمق خاک (cm)	خصوصیات		
	۱۵-۰	۳۰-۱۵	
۱۵-۰	۳۰-۱۵	۶۰-۳۰	
شن (%)	۸۶	۸۴	۷۸
سیلت (%)	۸	۱۰	۱۶
رس (%)	۶	۶	۶
وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	۱/۵۲	۱/۶۲	۱/۴
اسیدیته	۸	۷/۹	۷/۹
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	۱/۲	۱/۹	۲
ظرفیت تبادل کاتیونی (میلی‌اکی‌والانت در صد گرم خاک)	۳/۸	۳/۷	۳/۷
کربن آلی (%)	۰/۲۳	۰/۲	۰/۲
نیترات (میلی‌گرم در لیتر)	۷۳/۱	۷۹/۷۴	۸/۲
آمونیوم (میلی‌گرم در لیتر)	۲/۷۶	۲/۲۶	۲/۱۳
فسفر قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۱۰	۴	۴
پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۲۰۰	۱۸۰	۱۲۰

### اندازه‌گیری‌های گیاهی

اندازه‌گیری‌های مربوط به ذرت شامل ثبت تاریخ وقوع مراحل اصلی فنولوژیک (سبز شدن، ظهور گل تاجی، ابریشم‌دهی و بلوغ فیزیولوژیک) و اندازه‌گیری سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی به تفکیک اندام، ارتفاع بوته و تعداد برگ بودند. بدین منظور نمونه-برداری‌های تخریبی از دو هفته پس از کاشت (مرحله V4) (برینک و بیلی ۲۰۰۶) آغاز شده و تا انتهای فصل رشد ادامه یافت. در هر مرحله‌ی نمونه‌برداری، تعداد چهار بوته ذرت از سطح خاک قطع شده و صفات مورد اشاره در بالا (به غیر از صفات فنولوژیک) در مورد آنها اندازه‌گیری شد.

به منظور تعیین زمان وقوع هر یک از مراحل اصلی فنولوژیک، تعداد ۱۰ بوته (بوته‌های شاخص) در ابتدای فصل (مرحله V3 رشد ذرت) (برینک و بیلی ۲۰۰۶) در هر کرت علامت‌گذاری شده و تاریخ وقوع مراحل فنولوژیک مورد نظر در آنها ثبت گردید. ملاک ثبت یک مرحله فنولوژیک معین، ورود حداقل ۵۰٪ گیاهان علامت‌گذاری شده در هر کرت به مرحله فنولوژیک مورد نظر بود. با توجه به وجود اختلاف در زمان رسیدگی ارقام، پس از حصول اطمینان از بلوغ فیزیولوژیک در هر کدام از رقم‌ها، نسبت به برداشت هر رقم و اندازه‌گیری‌های نهایی اقدام گردید. شمارش تعداد برگ بر روی بوته‌های شاخص حدود سه هفته پس از کاشت آغاز شده و با فاصله‌ی

تضمینی هر کیلوگرم دانه ذرت در سالهای ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ از سازمان جهاد کشاورزی استان کرمان اخذ و هزینه تولید به ازای هر کیلوگرم کود نیتروژن برای تیمارهای کودی استفاده شد. با توجه به مقدار محصول تولیدی در هر تیمار و قیمت خرید تضمینی ذرت، درآمد ناخالص در واحد سطح (تومان) برآورد شد. تفاوت هزینه کود و درآمد ناخالص برای هر تیمار کودی، به عنوان درآمد خالص (تومان) منظور شد. بهره وری اقتصادی نیتروژن با استفاده از رابطه ۶ محاسبه شد (قبادی و همکاران ۲۰۱۷).

$$R_{an} = \frac{B}{N} \quad (\text{رابطه ۶})$$

در این رابطه،  $B$  درآمد خالص (تومان در هکتار)،  $N$  مقدار نیتروژن خالص مصرفی (کیلوگرم در هکتار) و  $R_{an}$  بهره وری اقتصادی نیتروژن (تومان بر کیلوگرم) هستند.

#### تجزیه داده‌ها

قبل از انجام تجزیه واریانس (ANOVA)، داده‌ها از نظر مفروضات تجزیه واریانس بررسی شده و نیازی به تبدیل داده‌ها وجود نداشت. به دلیل معنی‌دار شدن آزمون عدم یکنواختی بین واریانس داده‌های دو سال، داده‌های هر سال به عنوان آزمایش‌های مستقل فرض شده و به صورت جداگانه مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند. مقایسات میانگین‌ها بر مبنای آزمون دانکن (۵٪) و آنالیز همبستگی میان صفات مختلف با استفاده از نرم‌افزار SAS (۲۰۰۹) انجام شد.

#### نتایج و بحث

##### مورفولوژی و رشد گیاه

##### ارتفاع بوته و تعداد برگ

بین رقمهای مورد بررسی و مقادیر نیتروژن در هر دو سال آزمایش اختلاف معنی‌داری ( $P < 0.001$ ) از نظر ارتفاع بوته وجود داشت (جدول ۲). ارتفاع بوته در رقمهای سینگل‌کراس ۷۰۴ (به ترتیب ۲۰۶ و ۱۷۷ سانتیمتر در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴) و ماکسیما (به ترتیب ۲۰۰ و ۱۸۲ سانتیمتر در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴) به طور معنی‌داری بالاتر (حدود ۱۵٪) از رقم

زمانی چهار روز یک بار تا زمان ظهور برگ پرچم (آخرین برگ) ادامه یافت.

سطح برگ بر مبنای معادله‌ی ۳ زیر محاسبه شد (ایلینگس ۲۰۰۰):

(رابطه ۳)

$$0.75 \times \text{بیشترین عرض برگ} \times \text{طول برگ} = \text{سطح برگ}$$

شاخص سطح برگ و دوام شاخص سطح برگ در هر مرحله از نمونه‌گیری‌های تخریبی با برداشت چهار بوته از هر کرت با استفاده از معادلات ۴ و ۵ اندازه‌گیری و محاسبه شدند. همچنین حداکثر شاخص سطح برگ و همین‌طور حداکثر دوام شاخص سطح برگ در مرحله R1 (برینک و بیلی ۲۰۰۶) اتفاق افتاد.

شاخص سطح برگ (LAI): (ادیچ و اوسیرو ۱۹۸۸)

$$LAI = LA/P \quad (\text{رابطه ۴})$$

که در آن  $LA$  سطح برگ و  $P$  سطح زمین است.

دوام شاخص سطح برگ ( $LAI_{D1}$ ) (روز در شاخص سطح برگ) (هانت ۱۹۷۸):

$$\frac{(LAI_1 + LAI_2)(T_2 - T_1)}{2} \quad (\text{رابطه ۵})$$

$LAI_1$  و  $LAI_2$  به ترتیب شاخص سطح برگ در زمان-های  $t_1$  و  $t_2$  می‌باشند.

در برداشت نهایی سطحی معادل پنج متر مربع از دو ردیف کاشت میانی از هر کرت انتخاب شده و به طور کامل از سطح زمین برداشت شد. از میان بوته‌های برداشت شده، تعداد ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب و صفاتی مانند وزن خشک دانه، چوب بلال، ساقه و برگ اندازه‌گیری شدند. سپس تعداد بوته و تعداد بلال در سطح پنج متر مربع شمارش شده و پس از کاهش رطوبت دانه به ۱۴٪، تعداد دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیوماس در این سطح اندازه‌گیری شد. تمامی مواد گیاهی حاصل از نمونه‌گیری‌های تخریبی در طول فصل رشد و برداشت نهایی در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد کوره الکتریکی خشک و سپس توزین شدند.

به منظور تجزیه و تحلیل اقتصادی مصرف کود نیتروژن در تولید ذرت، هزینه کود و قیمت خرید

<sup>1</sup>. Leaf Area Index Duration

رسد با افزایش مصرف نیتروژن تا حدی که برای رفع نیاز کودی گیاه طی مراحل رشد و نمو کافی باشد، باعث افزایش ارتفاع نیز می‌شود و مقادیر بیشتر نیتروژن اثر افزایشی معنی‌داری بر ارتفاع نخواهند داشت. از طرف دیگر، با مصرف نیتروژن زیاد در شرایط آبیاری احتمالاً به دلیل آبنشویی و نفوذ عمقی، نیتروژن اضافه از دسترس ریشه خارج شده و برای گیاه قابل استفاده نیز نخواهد بود (قبادی و همکاران، ۲۰۱۷).

تری‌وی‌کراس ۶۰۴ (به ترتیب ۱۷۵ و ۱۴۹ سانتیمتر در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴) بود (جدول ۳). مصرف کود نیتروژن (۹۲، ۲۲۰ و ۳۶۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) توانست افزایش معنی‌داری در ارتفاع بوته‌های نرت در مقایسه با عدم مصرف آن (بدون کود) ایجاد نماید (به ترتیب حدود ۹ و ۴۱ درصد در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴). با این حال در هر دو سال، مصرف کود نیتروژن به میزان بیشتر از ۹۲ کیلوگرم در هکتار تاثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته نداشت (جدول ۳). به نظر می‌-

جدول ۲- تجزیه واریانس ارتفاع بوته، تعداد برگ، شاخص سطح برگ بیشینه، دوام سطح برگ، وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، وزن خشک پوسته بلال و وزن خشک چوب بلال در پاسخ به ژنوتیپ و مقادیر نیتروژن در هر یک از سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد برگ	وزن خشک ساقه	شاخص سطح برگ بیشینه	دوام سطح برگ	وزن خشک برگ	وزن خشک پوسته بلال	وزن خشک چوب بلال
۱۳۹۳									
بلوک	۲	۴۵۵/۹*	۰/۴۳*	۷۰/۱۹/۴ <sup>NS</sup>	۰/۱۱۶ <sup>NS</sup>	۷/۲۵۳ <sup>NS</sup>	۴۱۹ <sup>NS</sup>	۳۶۵۴/۴ <sup>NS</sup>	۱۷۵۲/۲ <sup>NS</sup>
ژنوتیپ	۲	۳۲۲۰/۵ <sup>***</sup>	۹/۴۲ <sup>***</sup>	۲۷۰۰۵/۱*	۶/۸۹۸ <sup>***</sup>	۱۷۵۳/۳۷ <sup>***</sup>	۱۶۴۲۹/۴ <sup>***</sup>	۹۵/۳ <sup>NS</sup>	۵۴۸/۸ <sup>NS</sup>
نیتروژن	۳	۴۶۹/۶*	۰/۰۵ <sup>NS</sup>	۲۴۵۴۹/۱*	۱/۲۰۲ <sup>***</sup>	۱۸۳/۲۲ <sup>**</sup>	۳۱۴۸/۷ <sup>NS</sup>	۹۵۸۰/۹ <sup>**</sup>	۵۸۳۰/۱ <sup>**</sup>
ژنوتیپ × نیتروژن	۶	۲۸۵/۳ <sup>NS</sup>	۰/۱۵ <sup>NS</sup>	۴۷۲۹/۳ <sup>NS</sup>	۰/۰۸۹ <sup>NS</sup>	۲۰/۱۷۳ <sup>NS</sup>	۳۲۶/۳ <sup>NS</sup>	۱۲۹۱/۸ <sup>NS</sup>	۳۱۵/۸ <sup>NS</sup>
خطا	۲۲	۱۱۲/۷	۰/۰۷	۷۱۹۸/۳	۰/۱۱۶	۳۱/۵۰۲	۱۰۸۱/۵	۱۸۸۱/۳	۹۶۸/۸
ضریب تغییرات (%)		۵/۵	۱/۵	۱۸/۹	۱۰/۵	۱۱/۳	۱۵/۳	۳۰/۶	۲۰/۲
۱۳۹۴									
بلوک	۲	۵۲۳/۳ <sup>NS</sup>	۰/۴۵ <sup>NS</sup>	۶۲۴/۴ <sup>NS</sup>	۰/۴۷ <sup>NS</sup>	۱۰۱/۳۵ <sup>NS</sup>	۷۷/۴ <sup>NS</sup>	۱۵۰/۶ <sup>NS</sup>	۳۷۴/۷ <sup>NS</sup>
ژنوتیپ	۲	۳۹۳۱/۹ <sup>***</sup>	۶/۶۸ <sup>***</sup>	۲۲۷۹/۹ <sup>**</sup>	۳/۶۹ <sup>***</sup>	۱۱۷۹/۱ <sup>***</sup>	۸۵۲۲/۲ <sup>***</sup>	۶۲۳/۱ <sup>NS</sup>	۲۵۳۶/۶ <sup>**</sup>
نیتروژن	۳	۱۳۲۵۲/۸ <sup>***</sup>	۴/۱۷ <sup>***</sup>	۶۵۸۹۳/۵ <sup>***</sup>	۳/۹ <sup>***</sup>	۱۱۸۹/۶۶ <sup>***</sup>	۲۶۸۷۸/۸ <sup>***</sup>	۹۴۳۸/۹ <sup>***</sup>	۲۴۹۶۸/۱ <sup>***</sup>
ژنوتیپ × نیتروژن	۶	۲۱۵/۶ <sup>NS</sup>	۰/۲۴ <sup>NS</sup>	۴۸۵۰/۱ <sup>NS</sup>	۰/۲۷۲ <sup>NS</sup>	۱۱۷/۶۷*	۹۳۰ <sup>NS</sup>	۱۶۸/۴ <sup>NS</sup>	۵۱۷/۹ <sup>NS</sup>
خطا	۲۲	۲۱۵/۵	۰/۳۴	۲۵۱۶/۹	۰/۱۹۶۵	۴۱/۴	۷۰۹/۶	۱۸۹/۱	۲۷۶/۳
ضریب تغییرات (%)		۸/۶	۳/۳	۲۰/۹	۲۳	۱۹/۹	۱۹/۵	۲۲/۹	۱۷/۷

(۱۳۹۴) بیشترین تا کمترین تعداد برگ را داشتند (جدول ۳). تاثیر نیتروژن بر تعداد برگ تنها در سال ۱۳۹۴ معنی‌دار بود؛ به طوری که مصرف کود نیتروژن (۹۲، ۲۲۰ و ۳۶۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) در این سال، مجموع تعداد برگ گیاه را به طور معنی‌داری در مقایسه با عدم مصرف (بدون کود) آن افزایش داد (۱۸/۳ در مقایسه با ۱۶/۹ عدد برگ) (جدول ۳). تعداد برگ در

همچنین، تعداد برگ گیاه به طور معنی‌داری ( $P < 0.001$ ) در هر دو سال آزمایش تحت تاثیر ژنوتیپ قرار گرفت (جدول ۲). در هر دو سال، به ترتیب رقمهای سینگل کراس ۷۰۴ (به ترتیب ۱۹ و ۱۸/۶ برگ در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴)، ماکسیما (به ترتیب ۱۸ و ۱۸/۵ برگ در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴) و تری‌وی‌کراس ۶۰۴ (به ترتیب ۱۷/۳ و ۱۷/۱ برگ در سال‌های ۱۳۹۳ و



طور کلی، برخی از پاسخ‌های گیاه ذرت به مصرف کود نیتروژن را می‌توان به صورت افزایش در ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، عملکرد دانه نام برد که این نتایج همسو با مطالعات دینگ و همکاران (۲۰۰۵) و سوبدی و ما (۲۰۰۵) می‌باشد. بنابراین، وقوع تنش نیتروژن در ذرت موجب کاهش سطح برگ و گسترش و دوام سطح برگ می‌گردد (ایچارت و همکاران ۲۰۰۸).

گیاه بر اساس الگوی توسعه‌ی برگ و در نتیجه فعالیت فتوسنتزی آن تعیین می‌گردد. سرعت فتوسنتز در ذرت می‌تواند به طور قابل توجهی با افزایش کود نیتروژن تقویت گردد که این موضوع با تعداد بیشتر برگ تحت تاثیر مقادیر بالاتر کود نیتروژن قابل مشاهده می‌باشد. بنابراین، در این مطالعه تعداد برگ ذرت با مصرف مقادیر بیشتر کود نیتروژن افزایش یافت و کاهش تعداد برگ در غلظت‌های پایین‌تر نیتروژن مشهودتر بود. به

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های ارتفاع بوته، تعداد برگ، شاخص سطح برگ بیشینه، دوام سطح برگ، وزن خشک ساقه، برگ، پوسته بلال و چوب بلال ذرت تحت تاثیر رقم و مقادیر مختلف نیتروژن در هر یک از سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴

فاکتورها	ارتفاع بوته (cm)	تعداد برگ	شاخص سطح برگ بیشینه	دوام سطح برگ،	وزن خشک ساقه (g.m <sup>-2</sup> )	وزن خشک برگ (g.m <sup>-2</sup> )	وزن خشک پوسته بلال (g.m <sup>-2</sup> )	وزن خشک چوب بلال (g.m <sup>-2</sup> )
۱۳۹۳								
ژنوتیپ								
KSC 704	۲۰۶/۷a	۱۹a	۳/۸۲a	۵۹/۲۵a	۴۹۹/۷a	۲۴۳/۹a	۱۴۲/۶a	۱۶۰/۲a
Maxima	۲۰۰/۶a	۱۸/۵b	۳/۵۱b	۵۳/۱۶b	۴۳۲/۴ab	۲۲۸/۱a	۱۳۸/۳a	۱۵۵a
TWC 604	۱۷۵/۲b	۱۷/۳c	۲/۳۸c	۳۵/۹۵c	۴۰۸/۲b	۱۷۳/۴b	۱۴۳/۶a	۱۴۶/۸a
نیتروژن (kg.ha <sup>-1</sup> )								
.	۱۸۴/۹b	۱۸/۲a	۲/۷۵c	۴۳b	۳۸۹/۲b	۱۸۷/۲b	۹۶/۱۴b	۱۱۹/۵b
۹۲	۱۹۴/۶ab	۱۸/۳a	۳/۳۳ab	۵۱/۱۸a	۴۳۱/۳ab	۲۲۵/۱a	۱۴۳a	۱۵۵/۲a
۲۲۰	۱۹۴/۸ab	۱۸/۲a	۲/۲۲b	۵۰/۲a	۴۵۱/۸ab	۲۲۱/۹a	۱۵۴/۵a	۱۶۰/۹a
۳۶۸	۲۰۲/۵a	۱۸/۳a	۳/۶۳a	۵۳/۴۴a	۵۱۴/۷a	۲۲۶/۳a	۱۷۲/۵a	۱۸۰/۵a
۱۳۹۴								
ژنوتیپ								
KSC 704	۱۷۷/۷a	۱۸/۶a	۲/۳۴a	۳۷/۷۶a	۲۵۷/۵a	۱۴۳/۸a	۵۹/۵ab	۱۰۵/۸a
Maxima	۱۸۲/۸a	۱۸b	۲/۱۲a	۳۸/۴a	۲۷۱/۲a	۱۵۸/۵a	۶۷/۱a	۹۷/۵a
TWC 604	۱۴۹/۲b	۱۷/۱c	1.29 b	۲۰/۹۲b	۱۸۹/۸b	۱۰۶/۸b	۵۲/۷b	۷۷/۵b
نیتروژن (kg.ha <sup>-1</sup> )								
.	۱۱۲/۵b	۱۶/۹b	۱/۱۳c	۱۷/۱۸c	۱۲۰/۷c	۶۱/۱c	۱۲/۷c	۱۶/۵c
۹۲	۱۸۹/۵a	۱۸/۱a	۱/۶۵b	۳۰/۲۷b	۲۵۱/۱b	۱۳۶/۱b	۶۷/۱b	۱۰۶/۵b
۲۲۰	۱۸۴/۶a	۱۸/۳a	۲/۲۷a	۳۸/۴۹a	۲۶۱/۹b	۱۵۹/۲b	۷۲/۸b	۱۱۷/۲b
۳۶۸	۱۹۲/۸a	۱۸/۳a	۲/۶۳a	۴۳/۵a	۳۲۴/۴a	۱۸۹/۱a	۸۶/۴a	۱۳۴/۳a

میانگین‌های دارای علامت مشابه در هر ستون و برای هر عامل بر اساس آزمون دانکن ( $P=0.05$ ) فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند

مقادیر این شاخص‌ها بودند؛ همچنین، اثر متقابل ژنوتیپ × نیتروژن در رابطه با دوام شاخص سطح برگ در سال ۱۳۹۴ معنی‌دار ( $P<0.001$ ) بود (جدول ۴). در حالی که در سال دوم فقط دو رقم سینگل‌کراس ۷۰۴ و ماکسیما دارای برتری معنی‌دار نسبت به رقم تری‌وی-کراس ۶۰۴ بودند. بیشترین و کمترین مقادیر این شاخص‌ها در مجموع دو سال به ترتیب متعلق به رقم-های سینگل‌کراس ۷۰۴ (۳/۸۲) و ۵۹/۲۵ روز در شاخص سطح برگ) و تری‌وی‌کراس ۶۰۴ (۱/۲۹) و ۲۰/۹۲ روز در شاخص سطح برگ) بود (جدول ۳). همچنین بر

### شاخص سطح برگ (LAI) و دوام شاخص سطح برگ (LAID)

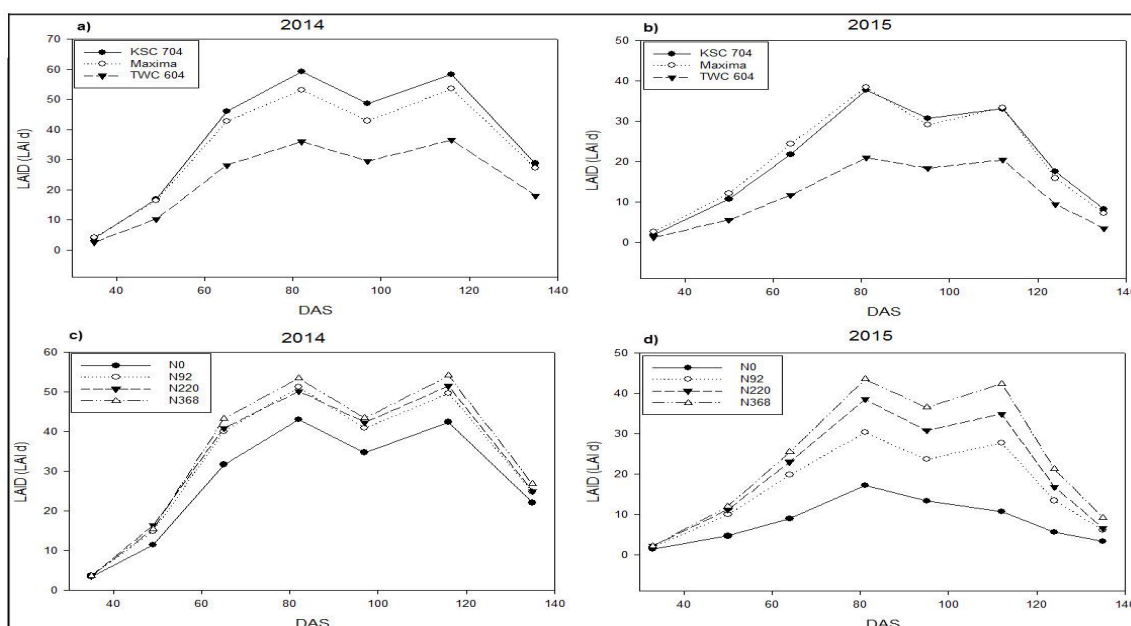
حداکثر شاخص سطح برگ (LAI max) و همین‌طور حداکثر دوام شاخص سطح برگ (LAID max) به طور بسیار معنی‌داری ( $P<0.001$ ) تحت تاثیر هر دو عامل ژنوتیپ و نیتروژن قرار گرفتند (جدول ۲). این شاخص‌ها در هر سال از آزمایش از روند کاملاً مشابهی تبعیت کردند. در سال اول، رقم‌های سینگل-کراس ۷۰۴، ماکسیما و تری‌وی‌کراس ۶۰۴ با اختلاف معنی‌دار از یکدیگر به ترتیب دارای بیشترین و کمترین

شده و در نتیجه شاخص سطح برگ گیاه کاهش یافته (کولین و همکاران ۲۰۰۲) که نهایتاً منجر به کاهش تشعشع دریافتی توسط کانوپی گیاهی می‌گردد.

دوام شاخص سطح برگ (LAID) طی فاز رشد رویشی گیاه به صورت خطی افزایش یافت و پس از ورود گیاه به مرحله‌ی رشد زایشی دچار کاهش شده اما مجدداً طی نیمه‌ی اول دوران پر شدن دانه شروع به افزایش نمود و در نیمه‌ی دوم آن دارای روند کاهشی بود. برخلاف سایر شاخص‌ها، شاخص LAID دارای دو نقطه‌ی اوج تقریباً نزدیک به هم یکی حدود ۸۰ (گله‌ی- ابریشم‌دهی) و دیگری ۱۱۵ (پر شدن دانه) روز پس از کاشت بود (شکل ۱). نرت از جمله گیاهانی است که اثرات انتقال مجدد عناصر پر مصرف به ویژه نیتروژن در آن به وضوح دیده می‌شود و این فرایند در مراحل حساس رشد گیاه (انتقال از فاز رویشی به زایشی و مرحله پر شدن دانه) با شدت بیشتری اتفاق می‌افتد. بنابراین، اعمال کود نیتروژن در هر کدام از مراحل حساس می‌تواند از شدت فرایند انتقال مجدد بکاهد (بنی سعیدی و همکاران ۲۰۲۰).

اساس نتایج این تحقیق، هیبریدهای سینگل‌کراس ۷۰۴ و ماکسیما در طول فصل رشد دارای شاخص سطح برگ نسبتاً مشابهی بودند که برتری قابل مشاهده و محسوسی نسبت به هیبرید تری‌وی‌کراس ۶۰۴ از این نظر نشان دادند (شکل ۱). به نظر می‌رسد میزان دریافت تشعشعات فعال فتوسنتزی به طور عمده توسط شاخص سطح برگ گیاه تعیین می‌گردد که مقدار این شاخص نیز تحت تاثیر عواملی مانند ژنوتیپ، فراهمی نیتروژن قرار می‌گیرد. بنابراین، شاخص سطح برگ بیشتر در مرحله تاسل‌دهی با مصرف بیشتر نیتروژن در هکتار قابل حصول است.

رقم سینگل‌کراس ۷۰۴ در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ بیشترین مقدار شاخص سطح برگ بیشینه (به ترتیب ۳/۸ و ۲/۳) را نشان داد و پس از آن رقم ماکسیما (به ترتیب ۲/۵ و ۲/۱) قرار داشت و کمترین مقدار آن مربوط به رقم تری‌وی‌کراس ۶۰۴ (۲/۳ و ۱/۲) بود (جدول ۳). پونتل (۲۰۱۲) نشان داد که کمبود نیتروژن عملکرد نهایی گیاه را از طریق ایجاد محدودیت در جذب منابع، کارایی مصرف آنها و یا هر دوی این موارد کاهش می‌دهد. در واقع این‌طور می‌توان گفت که تحت شرایط تنش نیتروژن، سرعت توسعه‌ی برگ محدود



شکل ۱- روند تغییرات دوام شاخص سطح برگ (LAID) در سه رقم نرت (KSC 704, Maxima و TWC 604) تحت تاثیر مقادیر مختلف نیتروژن (N0, N92, N220 و N368 کیلوگرم در هکتار) طی سالهای زراعی ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴

از تغییرات معنی‌دار در شاخص سطح برگ بیشینه و دوام شاخص سطح برگ بود.

### وزن خشک برگ، ساقه و چوب بلال

در هر دو سال، وزن خشک برگ و ساقه به طور معنی‌داری تحت تاثیر هر دو عامل ژنوتیپ و نیتروژن قرار گرفت (به استثنای اثر نیتروژن در سال اول) (جدول ۲). رقمهای سینگل‌کراس ۷۰۴ و ماکسیما دارای اختلافات جزئی از نظر وزن خشک ساقه و برگ با یکدیگر بودند، در حالی که رقم تری‌وی‌کراس ۶۰۴ تفاوت معنی‌داری با این دو رقم از نظر صفات مذکور نشان داد (جدول ۳).

تاثیر تیمارهای نیتروژن بر وزن خشک ساقه و برگ در بین دو سال متفاوت بود، به گونه‌ای که اثرات کمبود نیتروژن در سال دوم به مراتب قوی‌تر بود (جدول ۳). در آزمایشی که توسط پونتل (۲۰۱۲) انجام شد، تیمارهای نیتروژن به طور قابل توجهی میزان اختصاص ماده خشک به برگ‌ها و ساقه را تحت تاثیر قرار دادند. در این پژوهش، دو تیمار ۹۰ و ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با وجود اینکه فاقد اختلاف معنی‌دار با یکدیگر بودند اما برتری معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد (بدون کود نیتروژن) از نظر مقدار وزن خشک ساقه و برگ‌ها نشان دادند.

به استثنای وزن خشک چوب بلال در سال ۱۳۹۴، تفاوت معنی‌داری بین رقمها از نظر وزن خشک چوب بلال و پوسته بلال در هر دو سال مشاهده نشد (جدول ۲). در سال ۱۳۹۴، رقم تری‌وی‌کراس ۶۰۴ به طور معنی‌داری وزن چوب بلال کمتری در مقایسه با دو رقم سینگل‌کراس ۷۰۴ و ماکسیما تولید کرد (۷۷/۵ در مقایسه با ۱۰۵/۸ و ۹۷/۵ گرم بر متر مربع) (جدول ۳). تاثیر مقادیر نیتروژن بر وزن خشک چوب و پوسته بلال در هر دو سال از آزمایش معنی‌دار ( $P < 0.001$ ) بود (جدول ۲). نحوه پاسخ وزن خشک چوب و پوسته بلال نسبت به کود نیتروژن مشابه ساقه و برگ بود (جدول ۳). بنابراین نتایج اثبات کرد که با افزایش مصرف نیتروژن تا حدی که برای رفع نیاز کودی گیاه

عدم مصرف نیتروژن در مقایسه با مصرف ۳۶۸ کیلوگرم در هکتار آن، شاخص سطح برگ بیشینه را معادل ۲۴/۲ درصد در سال اول (۲/۷۵ در مقایسه با ۳/۶۳) و ۵۶/۸ درصد در سال دوم (۱/۱۳ در مقایسه با ۲/۶۲) محدود کرد (جدول ۳). حقیقی و همکاران (۲۰۱۰)، یاداو و همکاران (۲۰۱۶) و روضاتی و همکاران (۲۰۱۱) به ترتیب مقادیر ۵/۱، ۳/۸ و ۳/۷ را به عنوان شاخص سطح برگ بیشینه برای ذرت با مصرف ۳۰۰، ۲۰۰ و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ثبت کردند. افزایش در مقدار نیتروژن تا ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار باعث تقویت معنی‌دار دوام شاخص سطح برگ گردید و افزایش نیتروژن بیشتر از این مقدار تاثیر معنی‌داری بر بهبود دوام شاخص سطح برگ نداشت (جدول ۳). مقایسه نتایج مربوط به دو سال آزمایش نشان می‌دهد که عدم مصرف کود از یک سو و تخلیه نیتروژن اولیه خاک از سوی دیگر می‌تواند دوام شاخص سطح برگ را ۲ الی ۳ برابر کاهش دهد (۱۷/۱۸ روز در شاخص سطح برگ در تیمار شاهد در سال دوم در مقایسه با ۵۳/۴۴ روز در شاخص سطح برگ در تیمار ۳۶۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سال اول) (جدول ۳). دوام شاخص سطح در ذرت می‌تواند به طور قابل توجهی با افزایش کود نیتروژن تقویت گردد. بنابراین، در این مطالعه دوام سطح برگ ذرت با مصرف مقادیر بیشتر کود نیتروژن افزایش یافت و کاهش دوام سطح برگ در کاربرد پایین‌تر نیتروژن آشکار بود. به طور کلی، برخی از واکنش‌های گیاه ذرت به مصرف کود نیتروژن را می‌توان به صورت افزایش در شاخص سطح برگ، و همچنین دوام آن مشاهده کرد که این نتایج همسو با مطالعات دینگ و همکاران (۲۰۰۵) و سوبدی و ما (۲۰۰۵) می‌باشد. در نتیجه، وقوع تنش نیتروژن در ذرت موجب کاهش سطح برگ و گسترش و دوام سطح برگ می‌شود. والرو و همکاران (۲۰۰۵) اختلاف معنی‌داری بین مصرف ۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از نظر رشد و عملکرد دانه‌ی ذرت مشاهده کرده و معتقد بودند که اختلافات موجود به طور عمده ناشی

نهایتاً منجر به افزایش تولید ماده خشک و افزایش عملکرد بیولوژیک شده است.

اثر متقابل ژنوتیپ  $\times$  نیتروژن در رابطه با عملکرد بیولوژیک در سال ۱۳۹۴ معنی دار ( $P < 0.01$ ) بود (جدول ۴). برای این منظور از آنالیز برش-دهی اثر متقابل استفاده شد. نتایج این آنالیز نشان داد که عملکرد بیولوژیک رقمهای سینگل کراس ۷۰۴ و ماکسیما پاسخ کاملاً مشابهی به مقادیر نیتروژن نشان داد، به طوری که با افزایش مقدار نیتروژن، عملکرد بیولوژیک آنها افزایش یافت اما این پاسخ فقط در مورد رقم تری-وی کراس ۶۰۴ متفاوت بود. بیشترین عملکرد بیولوژیک رقم تری-وی کراس ۶۰۴ با مصرف ۳۶۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل گردید. از این رو از پرداختن به اثر متقابل صرف نظر شده و اثرات اصلی مورد توجه قرار گرفتند.

در هر دو سال مجموع بیوماس گیاهی با افزایش مصرف کود نیتروژن افزایش یافت؛ به طوری که مقدار این صفت با مصرف ۳۶۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مقایسه با عدم مصرف آن (صفر کیلوگرم در هکتار) در سالهای ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ به ترتیب معادل ۶۸ و ۴۸۳ درصد افزایش نشان داد (جدول ۵). افزایش عملکرد بیولوژیک ذرت در نتیجهی مصرف مقادیر بیشتر نیتروژن منجر به افزایش شاخص سطح برگ و دوام آن خواهد شد زیرا در ذرت اثرات انتقال مجدد نیتروژن در مراحل حساس رشد گیاه (انتقال از فاز رویشی به زایشی و مرحله پر شدن دانه) با شدت بیشتری حادث می‌شود. بنابراین، کاربرد کود نیتروژن در این مراحل حساس می‌تواند از شدت فرایند انتقال مجدد بکاهد و به پویایی رشد و نمو گیاه منجر شود. همچنین، میزان تولید و توزیع ماده خشک در بین اندام‌های مختلف گیاهی بسته به میزان فراهمی نیتروژن و ژنوتیپ موجود متفاوت می‌باشد (دورداس و سیولاس ۲۰۰۹). نتایج آزمایش حاضر نیز موید این مطلب می‌باشند. وجود تنوع ژنتیکی در میان رقم‌های مختلف میزان تولید ماده خشک در پاسخ به مقادیر مختلف نیتروژن می‌تواند نشأت گرفته از عوامل متعددی مانند اختلاف در دریافت تشعشعات فعال فتوسنتزی توسط

طی مراحل رشد و نمو کافی باشد، وزن خشک برگ، ساقه و چوب بلال نیز افزایش می‌یابد و مقادیر بیشتر نیتروژن اثر افزایشی معنی‌داری بر صفات مورد نظر نخواهد داشت. از طرف دیگر، در شرایط کشت آبی، نیتروژن مازاد از طریق آبشویی و نفوذ عمقی از دسترس ریشه خارج می‌شود و برای گیاه قابل استفاده نیز نخواهد بود.

همچنین، تحت شرایط فراهمی پایین نیتروژن، میزان تولید ماده خشک در گیاه به ویژه توسط برگ‌ها کمتر بوده که این موضوع میزان تولید مواد فتوسنتزی و همچنین اختصاص آنها به اندام‌های زایشی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (دورداس و همکاران ۲۰۰۸). یافته‌های این مطالعه، به ویژه در سال ۱۳۹۴ نیز در راستای تایید این مطلب می‌باشند. فاگرا و بالیگار (۲۰۰۵) معتقد بودند که وجود اطلاعات کافی در رابطه با تاثیر نیتروژن بر فرآیندهای تولید و توزیع ماده خشک در گیاه می‌تواند منجر به درک بهتری از سازوکار تشکیل عملکرد در گیاه تحت شرایط مختلف فراهمی نیتروژن و در نهایت مدیریت بهتر منابع موجود در راستای تولید بهینه‌ی محصول گردد.

### عملکرد بیولوژیک

از نظر مجموع بیوماس تولیدی، در هر دو سال آزمایش اختلاف معنی‌داری ( $P < 0.001$ ) هم در بین ژنوتیپ‌ها و هم در میان مقادیر نیتروژن مشاهده گردید (جدول ۴). در هر دو سال، اختلاف معنی‌داری بین مجموع بیوماس تولیدی توسط دو رقم سینگل کراس ۷۰۴ و ماکسیما وجود نداشت؛ در حالی که اختلاف آنها با رقم تری-وی کراس ۶۰۴ معنی‌دار بود (به ترتیب ۲۱۲۳۳ و ۲۰۲۹۸ در مقایسه با ۱۶۴۶۳ کیلوگرم در هکتار در سال ۱۳۹۳؛ ۱۲۵۵۷ و ۱۳۶۱۱ در مقایسه با ۸۷۳۴ کیلوگرم در هکتار در سال ۱۳۹۴) (جدول ۵). رقم‌های سینگل کراس ۷۰۴ و ماکسیما در طول فصل رشد دارای شاخص سطح برگ بیشتری نسبت به هیبرید تری-وی کراس ۶۰۴ بودند (شکل ۱). بنابراین، به نظر می‌رسد این برتری شاخص سطح برگ منجر به دریافت تشعشعات فعال فتوسنتزی بیشتری شده و

۷۵۴۳/۵ و ۴۴۵۶ کیلوگرم دانه در هکتار تولید کردند (جدول ۵).

از نظر مقادیر نیتروژن در هر دو سال، بیشترین میزان عملکرد دانه (۱۲۳۵۹/۳ و ۹۴۶۴/۶ کیلوگرم در هکتار) با مصرف ۲۶۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد. با این وجود همان‌طور که در رابطه با رقمها نیز گفته شد، در مورد مقادیر نیتروژن هم عملکرد دانه در سال دوم کاهش قابل توجهی (حدود ۳۰٪) نسبت به سال اول نشان داد (جدول ۵). با کاهش مصرف نیتروژن از ۳۶۸ به صفر کیلوگرم در هکتار، متوسط عملکرد دانه رقمها معادل ۴۱٪ (۵۰۸۲/۵ کیلوگرم در هکتار) در سال اول و ۹۳٪ (۸۸۲۴/۶ کیلوگرم در هکتار) در سال دوم کاهش یافت (جدول ۵). در سال ۱۳۹۴ بسیاری از گیاهان در تیمارهای بدون کود در ورود به مرحله‌ی زایشی ناکام بودند. به نظر می‌رسد دلیل اصلی تولید عملکرد پایین در سال ۱۳۹۴ به ویژه در کرت‌های بدون کود، عدم موفقیت اکثر گیاهان در ورود به فاز زایشی در نتیجه‌ی تنش شدید نیتروژن بود. گزارش‌های متعددی حاکی از تاثیر عمده‌ی کمبود نیتروژن بر کاهش عملکرد ذرت می‌باشند (راجا ۲۰۰۳؛ محمدی اقدم و همکاران ۲۰۱۴؛ خلیق و همکاران ۲۰۰۹). بر این اساس اهمیت برخی اقدامات مدیریتی مانند آیش (به ویژه آیش‌های طولانی مدت) در باز گرداندن بخشی از عناصر تغذیه‌ای به خاک در رابطه با تولید محصولاتی مانند ذرت به روشنی مشخص می‌گردد که متاسفانه در سیستم‌های فشرده کشاورزی امروزی مورد توجه چندانی قرار نمی‌گیرند. به عنوان نمونه، ووپریس و همکاران (۲۰۰۶) با کاهش طول دوره‌ی آیش از ۶ به ۲ سال، شاهد کاهش شدید عملکرد دانه ذرت از ۳ به ۰/۷ تن در هکتار در سیستمی کم‌نهاد در بنین<sup>۲</sup> بودند.

پاسخ تعداد دانه در بلال و وزن دانه نسبت به تنوع ژنتیکی موجود در بین رقمها و مقادیر نیتروژن در هر دو سال تقریباً مشابه بود (جدول ۵). رقم تری‌وی-کراس ۶۰۴ به طور معنی‌داری از نظر تعداد دانه در بلال

کانوپی گیاهی در نتیجه‌ی مقادیر مختلف شاخص سطح برگ، کارایی مصرف نور و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره شده باشد. در پژوهشی که توسط حمد و همکاران (۲۰۱۱) صورت گرفت، عملکرد بیولوژیک ذرت با مصرف نیتروژن تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. امان‌الله و همکاران (۲۰۰۹) با مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار موفق به تولید ۱۴/۷ تن مجموع بیوماس گیاهی در ذرت شدند.

### عملکرد دانه و اجزای عملکرد

اثر متقابل ژنوتیپ × نیتروژن بر عملکرد دانه در سال ۱۳۹۴ معنی‌دار ( $P < 0.01$ ) بود (جدول ۴). برای این منظور از آنالیز برش‌دهی اثر متقابل<sup>۱</sup> استفاده شد. نتایج این آنالیز نشان داد که عملکرد دانه رقمهای سینگل-کراس ۷۰۴ و ماکسیما پاسخ کاملاً مشابهی به مقادیر نیتروژن نشان داده، به طوری که با افزایش مقدار نیتروژن، عملکرد دانه‌ی آنها افزایش یافت اما این پاسخ فقط در مورد رقم تری‌وی‌کراس ۶۰۴ متفاوت بود. بیشترین عملکرد دانه رقم تری‌وی‌کراس ۶۰۴ با مصرف ۹۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل گردید. از این رو از پرداختن به اثر متقابل صرف‌نظر شده و اثرات اصلی مورد توجه قرار گرفتند.

عملکرد دانه و اجزای آن پاسخ نسبتاً مشابهی به تیمارها نشان دادند. در هر دو فصل زراعی، اثر ژنوتیپ و نیتروژن بر عملکرد دانه، تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه معنی‌دار ( $P < 0.01$ ) بود (جدول ۴). در سال ۱۳۹۳، رقمهای سینگل‌کراس ۷۰۴ و ماکسیما عملکرد دانه کاملاً یکسانی (۱۰۸۷۰/۴ و ۱۰۸۶۵/۵ کیلوگرم در هکتار) و با برتری معنی‌دار نسبت به رقم تری‌وی‌کراس ۶۰۴ (۷۹۰۸/۱ کیلوگرم در هکتار) تولید کردند (جدول ۵). به طور کلی تمامی رقمها در دومین سال آزمایش، نمایش ضعیف‌تری از نظر عملکرد دانه تولیدی نسبت به سال اول داشتند؛ به گونه‌ای که رقمهای سینگل‌کراس ۷۰۴، ماکسیما و تری‌وی‌کراس ۶۰۴ به ترتیب ۶۸۲۲/۴،

<sup>۲</sup>. Benin

<sup>۱</sup>. Physical slicing

آبشویی و نفوذ عمقی، نیتروژن اضافه از دسترس ریشه خارج شده و برای گیاه قابل استفاده نخواهد بود (قبادی و همکاران ۲۰۱۷).

از آنجایی که تفاوت فاحشی بین داده‌های آب و هوایی طی فصل رشد گیاه در دو سال آزمایش مشاهده نشد (داده‌ها ارائه نشده‌اند). میانگین دمای بیشینه طی فصل رشد گیاه در سال ۱۳۹۳ حدود ۰/۵ درجه سانتیگراد بالاتر از سال ۱۳۹۴ بود؛ در حالی که مقدار دمای کمینه به طور متوسط حدود ۰/۳ درجه سانتیگراد کمتر بود. دمای متوسط روزانه در سال ۱۳۹۳ حدود ۰/۹ درجه سانتیگراد بالاتر از سال ۱۳۹۴ بود (۲۴/۲ در مقایسه با ۲۳/۳ درجه سانتیگراد). در هیچکدام از سال‌ها هیچگونه بارشی ثبت نشد، لذا کاهش شدید عملکرد دانه و اجزای آن به ویژه در تیمارهای بدون کود در سال دوم را احتمالاً می‌توان ناشی از تخلیه‌ی نیتروژن اولیه خاک دانست. زمین مورد نظر در طول دو فصل زراعی قبل از انجام آزمایش به صورت آیش بود. بنابراین محتوای نیتروژن اولیه خاک قابل توجه بود (حدود ۴۱۵ کیلوگرم در هکتار در عمق ۰-۶۰ سانتیمتری خاک) (جدول ۱). تخلیه نیتروژن خاک در نتیجه کشت ذرت به عنوان یک گیاه تخلیه کننده از یک سو و وجود بافت سبک خاک (حدود ۰/۸۵٪ شن) که منجر به آبشویی زیاد خاک می‌گردد، از سوی دیگر باعث کاهش شدید مقدار نیتروژن اولیه خاک در آغاز سال دوم آزمایش شدند.

#### شاخص برداشت

تاثیر عوامل ژنوتیپ ( $P < 0.05$ ) و نیتروژن ( $P < 0.001$ ) بر شاخص برداشت فقط در سال دوم آزمایش معنی‌دار بود (جدول ۴). رقمهای سینگل‌کراس ۷۰۴، ماکسیما و تری‌وی‌کراس ۶۰۴ به ترتیب دارای شاخص برداشتی معادل ۵۰/۵، ۵۳/۸ و ۴۷/۷ درصد در سال ۱۳۹۳ و ۴۸/۸، ۴۷/۸ و ۴۳ درصد در سال ۱۳۹۴ بودند (جدول ۵). در سال دوم، مقدار شاخص برداشت در کرت‌های بدون کود به طور ناگهانی تا حدود یک سوم مقدار آن در تیمارهای دارای کود نیتروژن (۹۲، ۲۲۰ و ۳۶۸ کیلوگرم در هکتار) کاهش یافت (۱۹/۷ در مقایسه با ۵۵/۳، ۵۵/۲ و ۵۶٪). مقادیر مربوط به شاخص برداشت در مقادیر ۹۲، ۲۲۰ و ۳۶۸ کیلوگرم

و وزن هزار دانه ضعیف‌تر از دو رقم سینگل‌کراس ۷۰۴ و ماکسیما بود (جدول ۵). بیشترین تعداد دانه در بلال (۵۶۳) مربوط به رقم سینگل‌کراس ۷۰۴ و بالاترین وزن هزار دانه متعلق به رقم ماکسیما (۲۸۸ گرم) بود. در اولین سال آزمایش، اختلاف معنی‌داری بین تعداد دانه در بلال (حدود ۵۳۴) تحت مقادیر ۹۲، ۲۲۰ و ۳۶۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده نشد، در حالی که مصرف نیتروژن در مقادیر مذکور دارای برتری معنی‌داری از این نظر نسبت به عدم مصرف آن (صفر کیلوگرم در هکتار) (۴۳۲) بود (جدول ۵). در سال ۱۳۹۴، اختلاف معنی‌داری از نظر تعداد دانه در بلال بین مقادیر ۹۲ و ۲۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (حدود ۴۰۵) مشاهده نشد، در حالی که به طور معنی‌داری برتر از تیمار شاهد (عدم مصرف کود) (۴۹/۷) بودند. بیشترین مقدار مصرف نیتروژن (۳۶۸ کیلوگرم در هکتار) توانست به طور معنی‌داری برتری خود را نسبت به سایر مقادیر نیتروژن از نظر تعداد دانه در بلال (۴۷۷/۵) نشان دهد. تعداد دانه در بلال نیز همانند عملکرد دانه در تیمار بدون کود با کاهش شدیدی (به ترتیب ۸۸ و ۹۱ درصد) در دومین سال آزمایش نسبت به سال اول مواجه شد (جدول ۵). در هر دو سال، مصرف نیتروژن بیشتر از ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار تاثیر معنی‌داری بر افزایش وزن دانه نداشت.

تعداد بلال فقط تحت تاثیر معنی‌دار ( $P < 0.001$ ) عامل نیتروژن در هر دو سال قرار گرفت (جدول ۴). عدم مصرف کود نیتروژن (صفر کیلوگرم در هکتار) موجب کاهش معنی‌دار تعداد بلال در مقایسه با مصرف آن (۹۲، ۲۲۰ و ۳۶۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) (۷/۵ در مقایسه با ۷/۹ در سال اول و ۵/۶ در مقایسه با ۷/۵ در سال دوم) گردید (جدول ۵). اختلاف معنی‌داری از این نظر بین مقادیر ۹۲، ۲۲۰ و ۳۶۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار یافت نشد (جدول ۵). با توجه به نتایج این آزمایش، افزایش مصرف نیتروژن تا زمانی که منجر به رفع نیاز کودی گیاه باشد، باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود و مقادیر بیشتر نیتروژن اثر افزایشی معنی‌داری بر عملکرد دانه نخواهد داشت و حتی در مواردی عملکرد دانه را کاهش می‌دهد. همچنین با مصرف نیتروژن زیاد در شرایط آبیاری مطلوب احتمالاً به دلیل

نیتروژن در هکتار فاقد اختلاف آماری معنی‌دار با یکدیگر بودند (جدول ۵). همانگونه که در بخش عملکرد دانه نیز اشاره شد، در سال ۱۳۹۴ تعداد زیادی از بوته‌ها در تیمارهای عدم مصرف کود نیتروژن وارد فاز زایشی نشدند، در نتیجه عملکرد دانه کمتری نیز تولید شد که نهایتاً منجر به کاهش شاخص برداشت شد. به نظر می‌رسد کاربرد کود نیتروژن در مزارع ذرت به ویژه در مراحل حساس رشد گیاه (انتقال از فاز رویشی به زایشی و مرحله پر شدن دانه) منجر به افزایش دوام سطح برگ، تولید ماده خشک و سرانجام عملکرد دانه خواهد شد و همچنین از اثرات انتقال مجدد نیتروژن در هر کدام از مراحل حساس زایشی نیز جلوگیری می‌کند (بنی سعیدی و همکاران ۲۰۲۰).

شاخص برداشت، معیار مفیدی برای ارزیابی کارایی گیاه و همچنین پیش‌بینی مقدار عملکرد دانه می‌باشد. شاخص برداشت ذرت تحت شرایط رشدی

مطلوب بین ۵۹-۵۵٪ (هائو و همکاران ۲۰۱۵)، ۵۰-۳۰٪ (سبیر و همکاران ۲۰۰۰)، ۵۵-۴۰٪ (آروس و همکاران ۲۰۱۲) و ۶۰-۵۸٪ (روس و همکاران ۲۰۱۳) گزارش شده است. برخی مطالعات حاکی از عدم تاثیرپذیری شاخص برداشت ذرت، گندم و گلرنگ از مصرف کود نیتروژن می‌باشند (دورداس و سیولاس ۲۰۰۹؛ دورداس و همکاران ۲۰۰۸). در مقابل، مطالعات دیگری تاثیرپذیری شاخص برداشت ذرت از مصرف نیتروژن را گزارش نموده‌اند (فاگاریا و بالیگار ۲۰۰۵؛ لیگویس و همکاران ۱۹۹۹). مشاهده‌ی اختلافات زیاد در مقادیر شاخص برداشت در میان رقمها (۴۳-۵۴٪) و مقادیر نیتروژن (۱۹-۵۶٪) مورد بررسی در این آزمایش، اشاره به وجود اختلاف در قابلیت رقمهای مذکور تحت شرایط مختلف فراهمی نیتروژن در تخصیص سهم اندام‌های رویشی به دانه دارد (دورداس و سیولاس ۲۰۰۹).

جدول ۴- تجزیه واریانس تعداد بلال، تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در پاسخ به اثرات اصلی ژنوتیپ و مقادیر نیتروژن و اثرات متقابل بین آنها در هر یک از سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴

میانگین مربعات							
منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد بلال	تعداد دانه در بلال	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
۱۳۹۳							
بلوک	۲	۰/۰۳ <sup>ns</sup>	۱۱۷۸۷/۷ <sup>ns</sup>	۳۱/۲ <sup>ns</sup>	۴۰۵۶۲۵۶ <sup>ns</sup>	۲۳۹۲۴۲۵۴*	۲ <sup>ns</sup>
ژنوتیپ	۲	۰/۲۲ <sup>ns</sup>	۴۸۸۸۴/۵**	۳۰۵۲/۱**	۳۵۰۲۲۶۱۵***	۷۶۶۷۷۱۳۶***	۱۱۱ <sup>ns</sup>
نیتروژن	۳	۰/۴۶**	۲۸۸۴۳/۳*	۵۱۵۳/۶***	۴۵۳۵۹۱۱۵***	۱۵۶۲۴۹۷۵۲***	۲۱/۷ <sup>ns</sup>
ژنوتیپ × نیتروژن	۶	۰/۱۳ <sup>ns</sup>	۳۳۸۰/۴ <sup>ns</sup>	۴۴۹/۹ <sup>ns</sup>	۴۵۷۳۷۳۱ <sup>ns</sup>	۱۰۲۸۱۳۸۸ <sup>ns</sup>	۱۸/۴ <sup>ns</sup>
خطا	۲۲	۰/۰۶	۶۲۶۸/۳	۵۰۵/۳	۲۸۰۴۱۵۳	۶۳۳۴۵۹۲	۲۴/۲
ضریب تغییرات (%)		۳/۳	۱۵/۶	۸/۲	۱۶/۹	۱۳	۱۱/۵
۱۳۹۴							
بلوک	۲	۰/۵۷ <sup>ns</sup>	۵۶۸ <sup>ns</sup>	۱۱۵/۷ <sup>ns</sup>	۱۸۳۰۶۵ <sup>ns</sup>	۱۲۰۰۳۷۹ <sup>ns</sup>	۷/۸ <sup>ns</sup>
ژنوتیپ	۲	۰/۶۷ <sup>ns</sup>	۲۹۴۸۴/۹***	۱۳۰۴۴/۷***	۳۱۳۰۵۵۹۹***	۷۹۰۰۵۹۱۳***	۱۱۵/۷*
نیتروژن	۳	۷/۵۶***	۳۳۵۲۶۵/۶***	۱۸۳۸۱/۱***	۱۳۵۳۷۷۰۷۵***	۳۳۰۵۴۰۶۵۲***	۲۸۷۴/۳***
ژنوتیپ × نیتروژن	۶	۰/۶۷ <sup>ns</sup>	۷۶۷۷/۳*	۶۴۵/۸ <sup>ns</sup>	۶۵۲۰۳۳۰**	۱۴۶۶۰۰۱۲*	۱۷/۹ <sup>ns</sup>
خطا	۲۲	۰/۲۷	۲۵۱۶/۸	۶۱۲/۲	۱۵۰۷۸۲۴	۴۳۸۰۲۰۲	۲۰/۹
ضریب تغییرات (%)		۷/۴	۱۵	۱۰/۷	۱۹/۶	۱۷/۹	۹/۸

ns و \*\*\* \*\* \* به ترتیب معنی‌دار در سطح ۰/۰۵، ۰/۰۱، ۰/۰۰۱ و غیر معنی‌داری باشد.

## آنالیز همبستگی

به طور کلی از میان تمامی صفات مورد بررسی در هر دو سال، تعداد دانه در بلال بیشترین همبستگی مثبت با عملکرد دانه را صرفنظر از وضعیت فراهمی نیتروژن نشان دادند (جدول ۶ و ۷). در صورت فراهمی کافی نیتروژن برای گیاه (شرایط پتانسیل)، همبستگی قوی-تری بین شاخص سطح برگ با عملکرد دانه در مقایسه با شرایط تنش نیتروژن مشاهده گردید (جدول ۶ و ۷). این بدان معناست که تحت شرایط پتانسیل، منابع (برگ-ها و ساقه) به طور کارآمدتری قادر به تامین مواد فتوسنتزی مورد نیاز مخزن (دانه‌ها) در مقایسه با شرایط وجود تنش نیتروژن می‌باشند. به نظر می‌رسد

تحت شرایط تنش نیتروژن، از اهمیت نقش کلیدی برگ-ها در تعیین عملکرد دانه به مراتب کاسته شده که این موضوع منجر به برجسته‌تر شدن نقش ساقه در تغذیه مخزن تحت این شرایط می‌گردد. وجود همبستگی مثبت و قوی بین مجموع بیوماس گیاهی با عملکرد دانه هم تحت شرایط پتانسیل و هم در صورت وجود تنش نیتروژن نیز موید اهمیت منابع (برگ‌ها و ساقه) در تشکیل عملکرد دانه در نرت می‌باشد (جدول ۶ و ۷). این نتایج با یافته‌های اونیل و همکاران (۲۰۰۴) نیز همخوانی دارند

جدول ۵- مقایسه میانگین برای تعداد بلال در متر مربع، تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه (گرم)، عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)، عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) و شاخص برداشت (درصد) مربوط به سه رقم نرت تحت تاثیر مقادیر مختلف نیتروژن در هر یک از سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴

فاکتورها	تعداد بلال در متر مربع	تعداد دانه در بلال	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه (kg.ha <sup>-1</sup> )	عملکرد بیولوژیک (kg.ha <sup>-1</sup> )	شاخص برداشت (%)
۱۳۹۳						
ژنوتیپ						
KSC 704	۷/۸ ab	۵۶۳ a	۲۷۳/۵ ab	۱۰۸۷۰/۴ a	۲۱۲۳۳ a	۵۰/۵ ab
Maxima	۸ a	۵۲۳/۷ a	۲۸۸/۱ a	۱۰۸۶۵/۵ a	۲۰۲۹۸ a	۵۳/۸ a
TWC 604	۷/۷ b	۴۳۸/۲ b	۲۵۶/۲ b	۷۹۰۸/۱ b	۱۶۴۶۳ b	۴۷/۷ b
نیتروژن (kg.ha <sup>-1</sup> )						
.	۷/۵ b	۴۳۱/۹ b	۲۴۱/۲ c	۷۲۷۶/۸ b	۱۴۳۷۱ d	۵۰/۳ a
۹۲	۷/۸ a	۵۱۸/۹ a	۲۶۶/۸ b	۸۸۹۸/۷ b	۱۷۹۳۸ c	۴۸/۷ a
۲۲۰	۷/۹ a	۵۱۳/۸ a	۲۸۹/۳ a	۱۰۹۹۰/۶ a	۲۰۸۷۳ b	۵۲/۵ a
۳۶۸	۸/۱ a	۵۶۸/۶ a	۲۹۳/۱ a	۱۲۳۵۹/۳ a	۲۴۱۴۴ a	۵۱/۲ a
۱۳۹۴						
ژنوتیپ						
KSC 704	۶/۹ a	۳۶۳/۲ a	۲۲۹/۱ b	۶۸۲۲/۴ a	۱۲۵۵۸ a	۴۷/۸ a
Maxima	۷/۳ a	۳۶۲/۵ a	۲۶۵ a	۷۵۴۳/۵ a	۱۳۶۱۱ a	۴۸/۹ a
TWC 604	۶/۸ a	۲۷۷ b	۱۹۹/۲ c	۴۴۵۶ b	۸۷۳۵ b	۴۳ b
نیتروژن (kg ha <sup>-1</sup> )						
.	۵/۶ b	۴۹/۷ c	۱۶۴/۲ b	۶۴۰ c	۲۸۷۱ c	۱۹/۸ b
۹۲	۷/۵ a	۳۹۲/۸ b	۲۴۸/۱ a	۷۱۶۴/۹ b	۱۲۸۸۳ b	۵۵/۴ a
۲۲۰	۷/۵ a	۴۱۷ b	۲۴۸/۲ a	۷۸۲۶/۴ b	۱۴۰۵۳ b	۵۵/۲ a
۳۶۸	۷/۵ a	۴۷۷/۵ a	۲۶۳/۹ a	۹۴۶۴/۶ a	۱۶۷۳۰ a	۵۶ a

میانگین‌های دارای علامت مشابه در هر ستون و برای هر عامل بر اساس آزمون دانکن ( $P=0/05$ ) فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند





جدول ۷- ضرایب همبستگی پیرسون برای برخی صفات مورفولوژیک، رشدی و عملکرد دانه تحت شرایط پتانسیل (۳۶۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) در هر یک از سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴

شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	تعداد دانه در بلال	تعداد بلال	وزن خشک چوب بلال	وزن پوسته بلال	وزن خشک برگ	وزن ساقه خشک	تعداد برگ	شاخص سطح برگ بیشینه	ارتفاع بوته
۱۳۹۳												
												۱
											۰/۷۲*	ارتفاع بوته
											۰/۷۳*	شاخص سطح برگ بیشینه
										۱	۰/۶۵ <sup>NS</sup>	تعداد برگ
									۱	۰/۲۹ <sup>NS</sup>	۰/۱۷ <sup>NS</sup>	وزن خشک ساقه
									۱	۰/۶۴ <sup>NS</sup>	۰/۵۹ <sup>NS</sup>	وزن خشک برگ
										۱	۰/۱۵ <sup>NS</sup>	وزن خشک پوسته بلال
											۰/۲۹ <sup>NS</sup>	وزن خشک چوب بلال
											۰/۲۸ <sup>NS</sup>	تعداد بلال
											۰/۴۳ <sup>NS</sup>	تعداد دانه در بلال
											۰/۶۳ <sup>NS</sup>	وزن هزار دانه
											۰/۷۲*	عملکرد دانه
											۰/۸۶***	عملکرد بیولوژیک
											۰/۷۱*	شاخص برداشت
											۰/۴۷ <sup>NS</sup>	
۱۳۹۴												
												۱
											۰/۸۸**	ارتفاع بوته
											۰/۷۷*	شاخص سطح برگ بیشینه
										۱	۰/۹***	تعداد برگ
											۰/۸۳**	وزن خشک ساقه
											۰/۷۴*	وزن خشک برگ
											۰/۸۵**	وزن خشک پوسته بلال
											۰/۶۶ <sup>NS</sup>	وزن خشک چوب بلال
											۰/۷۷*	تعداد بلال
											۰/۹۳***	تعداد دانه در بلال
											۰/۷۴*	وزن هزار دانه
											۰/۸۲**	عملکرد دانه
											۰/۸۸**	عملکرد بیولوژیک
											۰/۷۹*	شاخص برداشت
											۰/۸۷**	

\*, \*\*, \*\*\* و NS به ترتیب معنی‌دار در سطح ۰/۰۵، ۰/۰۱، ۰/۰۰۱ و غیر معنی‌دار می باشد.

### تجزیه و تحلیل اقتصادی مصرف کود نیتروژن

درآمد خالص بیشتری عاید شد، اما با افزایش مصرف نیتروژن، بهره‌وری آن کاهش یافت، بطوریکه بیشترین میزان بهره‌وری با مصرف ۹۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدست آمد و با افزایش آن به میزان ۳۶۸ کیلوگرم در هکتار، بهره‌وری به میزان ۶۵ درصد کاهش یافت. رعایت میزان بهینه‌ی مصرف نیتروژن نیز برای تامین نیازهای گیاه ضروری بوده و فرصت‌های قابل توجهی

هزینه کود مصرفی در طی سالهای ۹۳ و ۹۴ یکسان (۷۰۰ تومان) بود. علی رغم افزایش قیمت خرید هر کیلوگرم دانه نرت از ۸۷۰ تومان در سال ۱۳۹۳ به ۹۶۰ تومان در سال ۱۳۹۴، به دلیل عملکرد کمتر، متوسط درآمد خالص هر هکتار در سال ۱۳۹۴ به میزان ۲۵۷۳۶۹۳ میلیون تومان کمتر از سال ۱۳۹۳ بود (جدول ۸). در هر دو سال با افزایش مصرف کود نیتروژن،

مصرف نیتروژن می‌باشد. برخی آزمایش‌های مشابه نیز نیز چنین نتایجی را در رابطه با گیاه ذرت به دست آورده و دریافته‌اند که رشد، باروری و کارایی مصرف نیتروژن در ذرت به شدت تحت تاثیر زمان و میزان مصرف کود نیتروژنی قرار می‌گیرد (آبرا ۲۰۱۳؛ قبادی و همکاران ۲۰۱۷). از این رو با در نظر گرفتن هزینه‌های بالای تامین کود و همچنین اثرات مخرب کمبود نیتروژن بر تولید محصول از یک سو و وجود مخاطرات و تهدیدهای زیست محیطی ناشی از مصرف مقادیر بیش از حد این کودها از سوی دیگر موجب شده تا مسئله‌ی مصرف بهینه‌ی نیتروژن در سیستم‌های تولیدی کشاورزی به یک هدف مهم و مطلوب زراعی، اقتصادی و زیست محیطی مبدل گردد.

برای بهبود کارایی مصرف نیتروژن توسط گیاه فراهم می‌سازد. به همین دلیل تولیدکنندگان اغلب در تلاش برای تامین نیازهای نیتروژنی گیاهان از طریق کوددهی می‌باشند. اما از طرف دیگر، مصرف بیش از حد نیتروژن اقتصادی نبوده، از نظر زیست محیطی ناسالم بوده و برای گیاهان نیز مخرب می‌باشد (هیرل و همکاران ۲۰۰۷).

کشاورزان به ویژه در کشورهای در حال توسعه به دلایل مختلفی مانند میزان دسترسی کمتر به کود، قیمت‌های بالاتر و یا مصرف نادرست کود از نظر زمان یا مقدار مصرف قادر به استفاده صحیح و کارآمد از کودهای نیتروژنی نمی‌باشند. بنابراین بهبود تولیدات کشاورزی و افزایش توان باروری زمین‌ها نیازمند مصرف کودهای نیتروژنی با تاکید فراوان بر کارایی

جدول ۸- مقایسه میانگین بهره وری اقتصادی نیتروژن (تومان بر کیلوگرم)، هزینه و درآمد در تیمارهای کود نیتروژن (۱۳۹۳ و ۱۳۹۴)

بهره وری اقتصادی نیتروژن (تومان بر کیلوگرم)	درآمد خالص	درآمد ناخالص	هزینه کود (تومان)	عملکرد دانه ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )	۱۳۹۳
۶۳۳۰/۱۲۰	۶۳۳۰/۱۲۰	۶۳۳۰/۱۲۰	۰	۷۲۷۶	۰
۸۳۴۴۴/۱۳	۷۶۷۶۸۶۰	۷۷۴۱۲۶۰	۶۴۴۰۰	۸۸۹۸	۹۲
۴۲۷۶۰/۴۵	۹۴۰۷۳۰۰	۹۵۶۱۳۰۰	۱۵۴۰۰۰	۱۰۹۹۰	۲۲۰
۲۸۵۱۸/۲۹	۱۰۴۹۴۷۳۰	۱۰۷۵۲۳۳۰	۲۵۷۶۰۰	۱۲۳۵۹	۳۶۸
۶۱۴۴۰۰	۶۱۴۴۰۰	۶۱۴۴۰۰	۰	۶۴۰	۱۳۹۴
۷۴۰۵۴/۷۸	۶۸۱۳۰۴۰	۶۸۷۷۴۴۰	۶۴۴۰۰	۷۱۶۴	۹۲
۳۳۴۴۹/۸۲	۷۳۵۸۹۶۰	۷۵۱۲۹۶۰	۱۵۴۰۰۰	۷۸۲۶	۲۲۰
۲۳۹۸۸/۷	۸۸۲۷۸۴۰	۹۰۸۵۴۴۰	۲۵۷۶۰۰	۹۴۶۴	۳۶۸

### نتیجه گیری

مدیریت کوددهی، ژنوتیپهای مورد استفاده و شرایط اکولوژیکی موجود در منطقه بستگی دارد. نتایج این پژوهش نشان داد که تعداد دانه در بلال به عنوان موثرترین صفت در تعیین عملکرد دانه رقمهای ذرت تحت شرایط مختلف فراهمی نیتروژن شناخته شد. تنش نیتروژن رشد برگها را تحت تاثیر قرار داده و مقدار شاخص سطح برگ بیشینه تولید شده توسط هر سه رقم مورد بررسی و همچنین دوام شاخص سطح برگ

در این مطالعه عملکرد دانه ذرت با افزایش در میزان کود نیتروژن تا ۳۶۸ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. با این وجود مقدار کودی مناسب از لحاظ بهره‌وری اقتصادی و زیست محیطی ۹۲ کیلوگرم بر هکتار است. در هر حال، تعیین مقدار بهینه کود نیتروژن به فاکتورهای مختلفی نظیر منابع موجود تامین کننده نیتروژن برای گیاه، تناوب زراعی، خصوصیات خاک،

## سیاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند مراتب تقدیر و تشکر صمیمانه خود را از مدیریت و کارکنان مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان که در ارتقاء کیفی این پژوهش ما را یاری دادند، اعلام نمایند.

آنها را کاهش داد. مجموعه عوامل یاد شده منجر به کاهش عملکرد دانه تولیدی توسط رقمهای ذرت تحت شرایط تنش نیتروژن گردید. از میان رقمهای مورد بررسی، دو رقم سینگل کراس ۷۰۴ و ماکسیما دارای برتری نسبی و معنی‌دار از نظر عملکرد دانه تولیدی در مقایسه با رقم تری وی کراس ۶۰۴ تحت شرایط وجود یا عدم وجود تنش نیتروژن بودند.

## منابع مورد استفاده

- Anonymous. 2016. Agricultural production statistics. FAO Food and Nutrition Series No 20. FAO Rome.
- Abera K. 2013. Growth, productivity and nitrogen use efficiency of maize (*Zea mays* L.) as influenced by rate and time of nitrogen fertilizer application in Haramaya District. MSc. Thesis of Haramaya University.
- Amanulah MK, Shah P, Maula N, and Arifullah S. 2009. Nitrogen levels and its time of application influence leaf area, height and biomass of maize planted at low and high density. Pakistan Journal of Botany, 41: 761-768.
- Andrade FH and Vega C. 2000. Intercepted radiation at flowering and kernel number in maize. Agronomy Journal, 92: 92-97.
- Araus JL, Serret MD and Edmeades GO. 2012. Phenotyping maize for adaptation to drought. Frontiers in Physiology, 2012, p. 1-20.
- Bani Saeedi, A., and Motamedi, M. 2020. Effect of nitrogen application on grain yield and remobilization of maize dry matter (*Zea mays* L.) under drought stress. Plant Ecophysiology, 12 (41), 68-77.
- Brink, M and Belay, G. 2006. Plant resources of tropical Africa, vol I, Cereals and pulses. PROTA Foundation, Wageningen.
- Colnenne C, Meynard J, Roche R and Reau R. 2002. Effects of nitrogen deficiencies on autumnal growth of oilseed rape. European Journal of Agronomy, 17: 11-28.
- D'Andrea K, Otegui M and Cirilo A. 2008. Kernel number determination differs among maize hybrids in response to nitrogen. Field Crops Research, 105: 228-239.
- Ding L, Wang K, Jiang G, Biswas D, Xu H, Li L and Li Y. 2005. Effects of nitrogen deficiency on photosynthetic traits of maize hybrids released in different years. Annals of Botany, 19: 925-930.
- Dordas CA, Lithourgidis AS, Matsi T and Barbayiannis N. 2008. Application of liquid cattle manure and inorganic fertilizers affect dry matter, nitrogen accumulation, and partitioning in maize. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 80: 283-296.
- Dordas CA and Sioulas C. 2009. Dry matter and nitrogen accumulation, partitioning, and retranslocation in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) as affected by nitrogen fertilization. Field Crops Research, 110: 35-43.
- Echarte L, Rothstein S and Tollenaar M. 2008. The response of leaf photosynthesis and dry matter accumulation to nitrogen supply in an older and a newer maize hybrid. Crop Science, 48: 656-665.

- Edje, O., Osiru, D., 1988. Methods for determining leaf area in some crop plants. Linking similar environments, Ibadan, Oyo State (Nigeria), 16-19 Nov 1987. IITA.
- Elings A. 2000. Estimation of leaf area in tropical maize. *Agronomy Journal*, 92: 436-444.
- Fageria N and Baligar V. 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Advances in Agronomy*, 88: 97-185.
- FAO Statistics, 2008. <http://faostat.fao.org> (27.03.12).
- Gallais A and Coque M. 2005. Genetic variation and selection for nitrogen use efficiency in maize: a synthesis. *Maydica*, 50: 531-547.
- Gallais A and Hirel B. 2004. An approach to the genetics of nitrogen use efficiency in maize. *Journal of Experimental Botany*, 55: 295-306.
- Ghobadi R, Ghobadi M, Jalali Honarmand S, Mondani F and Farhadi B. 2017. Economic analysis of effect of water and nitrogen levels on grain yield and yield components of maize (*Zea mays* L.) cv. SC 704. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 19: 220-238. (In Persian).
- Haghighi BJ, Yarmahmodi Z and Alizadeh O. 2010. Evaluation the effects of biological fertilizer on physiological characteristic and yield and its components of corn (*Zea mays* L.) under drought stress. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 5: 189-193.
- Hammad HM, Ahmad A, Wajid A and Akhter J. 2011. Maize response to time and rate of nitrogen application. *Pakistanian Journal of Botany*, 43: 1935-1942.
- Hao B, Xue Q, Marek T, Jessup K, Hou X, Xu W, Bynum E and Bean B. 2015. Radiation-Use Efficiency, Biomass Production, and Grain Yield in Two Maize Hybrids Differing in Drought Tolerance. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 202:269-280.
- Hirel B, Le Gouis J, Ney B and Gallais A. 2007. The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: towards a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. *Journal of Experimental Botany*, 58: 2369-2387
- Hopkins B, Rosen C, Shiffler A and Taysom T. 2008. Enhanced efficiency fertilizers for improved nutrient management: potato (*Solanum tuberosum* L.). *Crop Management*, 7: 1-16.
- Hunt, K.H., 1978. Kinematic geometry of mechanisms. Oxford University Press, USA.
- Khaliq T, Ahmad A, Hussain A and Ali M. 2009. Maize hybrids response to nitrogen rates at multiple locations in semiarid environment. *Pakistan Journal of Botany*, 41: 207-224.
- Le Gouis J, Delebarre O, Beghin D, Heumez E and Pluchard P. 1999. Nitrogen uptake and utilisation efficiency of two-row and six-row winter barley cultivars grown at two N levels. *European Journal of Agronomy*, 10: 73-79.
- Mohammadi Aghdam S, Yeganehpour F, Kahrariyan B and Shabani E. 2014. Effect of different urea levels on yield and yield components of corn 704. *International journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 2: 300-305.
- Mueller, N. D., Gerber, J. S., Johnston, M., Ray, D. K., Ramankutty, N., & Foley, J. A. 2012. Closing yield gaps through nutrient and water management. *Nature*, 490(7419), 254-257.
- O'Neill PM, Shanahan JF, Schepers JS and Caldwell B. 2004. Agronomic responses of corn hybrids from different eras to deficit and adequate levels of water and nitrogen. *Agronomy Journal*, 96: 1660-1667.

- Paponov I, Sambo P, Presterl T, Geiger H and Engels C. 2005. Grain yield and kernel weight of two maize genotypes differing in nitrogen use efficiency at various levels of nitrogen and carbohydrate availability during flowering and grain filling. *Plant and Soil*, 272: 111-123.
- Puntel LA. 2012. Field characterization of maize photosynthesis response to light and leaf area index under different nitrogen levels: a modeling approach. MSc. Thesis Iowa State University.
- Raja V. 2003. Effect of N rates and plant population on yield and quality of super sweet corn. *Indian Journal of Agronomy*, 46: 246-249.
- Roth J.A, Ciampitti IA and Vyn TJ. 2013. Physiological evaluations of recent drought-tolerant maize hybrids at varying stress levels. *Agronomy Journal*, 105: 1129-1141.
- Rouzati NS, Gholami A, Asghari H and Bankesaz A. 2011. Effect of Nitrogen Fertilizer Management on growth indexes and Quantitative Characteristics of Three Hybrids of Grain Corn in Shahrood. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 42: 305-318.
- Sabir M, Ahmad I and Shahzad M. 2000. Effect of nitrogen and phosphorus on yield and quality of two hybrids of maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agricultural Research*, 38: 339-346.
- SAS. 2003. SAS Version 9. 1.2 © 2002-2003. SAS Institute, Inc, Cary, NC.
- Singh J and Hadda M. 2015. Maize (*Zea mays* L.) response to subsoil compaction and nitrogen fertilization under semi-arid irrigated conditions. *Journal of Applied and Natural Science*, 7: 493-500.
- Subedi K and Ma B. 2005. Nitrogen uptake and partitioning in stay-green and leafy maize hybrids. *Crop Science*, 45: 740-747.
- Valero JDJ, Maturano M, Ramírez AA, Martín-Benito JT and Álvarez JO. 2005. Growth and nitrogen use efficiency of irrigated maize in a semiarid region as affected by nitrogen fertilization. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 3:134-144.
- Wopereis M, Tamélokpo A, Ezui K, Gnakpénou D, Fofana B and Breman H. 2006. Mineral fertilizer management of maize on farmer fields differing in organic inputs in the West African savanna. *Field Crops Research*, 96:355-362.
- Worku M, Bänziger M, Friesen D, Diallo AO and Horst WJ. 2012. Nitrogen efficiency as related to dry matter partitioning and root system size in tropical mid-altitude maize hybrids under different levels of nitrogen stress. *Field Crops Research*, 130: 57-67.
- Worku M, Bänziger M, Friesen D and Horst WJ. 2007. Nitrogen uptake and utilization in contrasting nitrogen efficient tropical maize hybrids. *Crop Science*, 47: 519-528.
- Yadav BP, Yadav DN, Koirala KB, Pandey KR and Thapa RB. 2016. Effect of preceding crops and nitrogen rates on crop growth indices of winter hybrid maize (*Zea mays* L.) .*International Journal of Current Research*, 8:33894-33900.
- Zsubori ZT, Pinter J, Spitko T, Hegyi Z and Marton CL. 2013. Yield and chemical composition of plant parts of silage maize (*Zea mays* L) hybrids and their interest for biogas production. *Maydica*, 58: 34-41.