

بررسی نیاز دمایی مراحل فنولوژیک هیبریدهای ذرت دانه‌ای (*Zea mays L.*) تحت شرایط مختلف حاصلخیزی خاک در اقلیم گرم و خشک کرمان

محمد مددی‌زاده^۱، جعفر کامبوزیا^{۱*} و سعید صوفی‌زاده^۱

(تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۴/۱۹)

چکیده

به منظور ارزیابی پاسخ فنولوژیک و نیاز دمایی سه هیبرید ذرت دانه‌ای (*Maxima, KSC 704* و *TWC 604*) تحت مقادیر مختلف نیتروژن (۰، ۹۲، ۲۲۰ و ۳۶۸ کیلوگرم در هکتار)، آزمایشی مزرعه‌ای طی دو سال زراعی ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ انجام شد. این تحقیق در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با آرایش فاکتوریل در سه تکرار اجرا شد. نتایج حاصل حاکی از تأثیر معنی‌دار هر کدام از عوامل نیتروژن و رقم بر سرعت ظهور برگ، فنولوژی و عملکرد دانه هیبریدهای ذرت بود. در هر دو سال، کاهش فراهمی نیتروژن منجر به وقوع تأخیر در زمان گلدهی، ابریشم‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک و افزایش نیاز دمایی در هیبریدها گردید اما تأثیر آن در سال دوم بسیار شدیدتر بود. نیاز دمایی هیبریدها در تمامی مراحل رشد فنولوژیک تنها در تیمار بدون کود در مقایسه با سایر تیمارهای نیتروژن افزایش معنی‌داری نشان داد و اختلاف معنی‌داری از این نظر بین سایر مقادیر نیتروژن مشاهده نشد. دو هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ و ماکسیما دارای برتری نسبی و معنی‌دار از نظر عملکرد دانه در مقایسه با هیبرید تری‌وی کراس ۶۰۴ بودند. با توجه به طول دوره رشد کوتاه‌تر، نیاز حرارتی کمتر و سرعت جوانه زنی بالاتر هیبرید ماکسیما، کشت این هیبرید تحت شرایط مختلف فراهمی نیتروژن توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: فنولوژی، ذرت دانه‌ای، درجه روز رشد، نیتروژن

۱. گروه آگرواکولوژی، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: j_kambouzia@sbu.ac.ir

مقدمه

در جهان امروز که منابع مورد نیاز برای تولید مواد غذایی مانند آب، سوخت‌های فسیلی و عناصر تغذیه‌ای با سرعت زیادی در حال تهی شدن بوده و جمعیت بشری به سرعت در حال افزایش است، چالش‌های بسیاری در رابطه با تولید سالم و پایدار کالاهای کشاورزی مطرح می‌گردد (۴۲). از این میان، مصرف متعادل کودهای شیمیایی به‌ویژه کودهای نیتروژنه برای دستیابی به میزان بهینه محصول و در عین حال کاهش خطرات زیست محیطی ضروری به‌نظر می‌رسد (۵). نیتروژن عنصری ضروری برای رشد گیاهان محسوب شده که تأمین غذا برای انسان و حیوانات بیشتر از هر عنصر دیگری توسط این عنصر محدود می‌شود و دلیل آن تلفات مقادیر زیاد نیتروژن طی فرایندهایی نظیر دنیتریفیکاسیون، آبشویی، تصعید و جذب توسط گیاهان می‌باشد (۲ و ۲۰).

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 (۱۲). به‌نظر می‌رسد تولید موفق ذرت و دستیابی به عملکرد بالای آن نیازمند خاک‌های حاصلخیزی بالا باشد (۳۷ و ۴۵). بنابراین حجم قابل توجهی از کودهای نیتروژنه در تولید این محصول به‌کار گرفته می‌شود (۱۵ و ۳۴). خصوصیات و صفات گیاهی مربوط به جذب و استفاده کارآمد از عناصر معدنی توسط گیاهان، وراثتی بوده و بسته به اثرات متقابل بین متغیرهای محیطی و گیاهان قابل تعدیل می‌باشند. از این رو می‌توانند به‌طور مؤثری در راستای کاهش هزینه‌های اقتصادی و محیط زیستی رو به افزایش ناشی از مصرف کودهای شیمیایی به‌کار گرفته شوند (۱ و ۱۱). علاوه بر این، رعایت میزان و زمان بهینه مصرف نیتروژن نیز برای تأمین نیازهای گیاه ضروری بوده و فرصت‌های قابل توجهی برای بهبود کارایی مصرف نیتروژن توسط گیاه فراهم می‌سازد (۷ و ۸). رشد فنولوژیک گیاه مستقیماً تحت تأثیر محدودیت عناصر غذایی در خاک قرار می‌گیرد، اما درک چنین پاسخ‌هایی به سختی ممکن بوده و کمی‌سازی تأثیر آن بر گیاه بدون انجام

آزمایش‌های جامع تحقیقاتی در مزارع بسیار مشکل خواهد بود. به‌طور مشابهی، مجموع درجه روزهای رشد و نیاز دمایی گیاه نیز فاکتورهای بسیار مهمی هستند که فنولوژی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند (۱۷). از میان پارامترهای گیاهی، آگاهی از تأثیر مقادیر مختلف فراهمی نیتروژن بر زمان وقوع مراحل اصلی نمو گیاهی از اهمیت خاصی در زمینه شناخت مراحل حساس رشدی گیاه نسبت به فراهمی نیتروژن و مدیریت بهینه مصرف نیتروژن برخوردار است. علاوه بر این نیتروژن می‌تواند به‌عنوان راهنمای مناسبی در فرایند گزینش و یا اصلاح ارقام جدید از نظر میزان حساسیت فنولوژی گیاه نسبت به وضعیت فراهمی نیتروژن مورد استفاده قرار گیرد. تنش نیتروژن از طریق کاهش سرعت رشد محصول باعث ایجاد اختلال در تشکیل به موقع و کامل اندام‌های زایشی (وقوع تأخیر در فنولوژی گیاه)، کاهش سرعت ظهور برگ و نهایتاً تولید عملکرد دانه کمتر در ذرت می‌گردد (۶، ۹، ۱۹، ۲۶، ۳۲، ۳۳ و ۳۹).

بدون تردید پاسخ رشد و عملکرد هیبریدهای ذرت نسبت به فراهمی نیتروژن (۲۴ و ۴۰) متفاوت بوده و این گوناگونی در اثر برهمکنش متقابل ژنوتیپ × محیط (۱۳، ۱۴ و ۴۷) نیز تشدید می‌گردد. از این رو تحقیق حاضر با هدف مقایسه و سنجش حساسیت رشد فنولوژیک، نیاز دمایی و عملکرد دانه سه هیبرید رایج ذرت نسبت به مقادیر مختلف نیتروژن و شناسایی صفات فنولوژیک کلیدی و موثر در تعیین عملکرد دانه ذرت تحت شرایط اقلیمی گرم و خشک در استان کرمان طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر طی دو فصل زراعی بهاره در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی استان کرمان انجام شد. مزرعه آزمایشی در عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۵۸ دقیقه شرقی در ۸ کیلومتری جنوب شهر کرمان با ارتفاع ۱۷۵۷ متری از سطح دریا واقع شده است. به‌طور کلی از نظر

به صورت دستی در تاریخ ۱۳ اردیبهشت سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در یک قطعه واحد کاشته شدند. تعداد سه بذر در هر کپه کاشته شد و حدود دو هفته پس از ظهور کامل گیاهچه‌ها برای رسیدن به تراکم مطلوب، تنک‌کاری با دست انجام شد. کرت‌ها با فاصله هفت روز یک‌بار از زمان ظهور گیاهچه تا رسیدگی فیزیولوژیک به صورت غرقابی آبیاری شده و کنترل علف‌های هرز و آفات به ترتیب به صورت دستی و شیمیایی صورت گرفت. به منظور ثبت داده‌های مربوط به فنولوژی گیاه، پس از استقرار کامل گیاهان، تعداد ۱۰ بوته در هر کرت به طور تصادفی انتخاب و علامت‌گذاری شدند. سپس در طول فصل رشد گیاه، تاریخ‌های مربوط به تاسل‌دهی، ابریشم‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک براساس بوته‌های مذکور ثبت شد. ملاک ثبت تاریخ مربوط به هر مرحله فنولوژیک، ورود ۵۰ درصد گیاهان علامت‌گذاری شده به آن مرحله در نظر گرفته شد. برای محاسبه سرعت ظهور برگ، تعداد برگ ظاهر شده بر روی گیاهان علامت‌گذاری شده با فاصله سه روز یک‌بار تا زمان ظهور برگ پرچم ثبت شد. در برداشت نهایی، برای اندازه‌گیری عملکرد دانه، مساحتی معادل ۵ متر مربع از دو ردیف میانی در هر کرت از سطح زمین برداشت شد. تمامی مواد گیاهی در برداشت نهایی در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد کوره الکتریکی خشک و سپس توزین شدند.

قبل از انجام تجزیه واریانس، 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 آزمایشات مستقل فرض شده و به صورت جداگانه مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند (۱۶ و ۳۰). مقایسات میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن و آنالیز همبستگی میان صفات مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد.

نتایج و بحث

در آزمایش حاضر، تمامی مراحل رشد فنولوژیک ذرت به‌طور

پارامترهای آب و هوایی وضعیت نسبتاً مشابهی بین دو فصل زراعی مشاهده شد. میانگین بارش سالیانه در این منطقه برابر با ۱۵۰ میلی‌متر بوده که طی فصل رشد گیاه در هر دو سال مقدار بارش برابر با صفر بود. قبل از انجام آزمایش در سال اول، نمونه‌های خاکی از سه لایه ۰-۱۵، ۱۵-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری خاک گرفته شد. نمونه‌گیری‌های خاکی از چهار نقطه تصادفی در سطح مزرعه صورت گرفته و در نهایت یک نمونه مخلوط و همگن از هر لایه خاک به آزمایشگاه ارسال شد. خاک مزرعه از نوع شن لومی (حدود ۸۵ درصد شن) بوده و محتوای نیتروژن (نترات و آمونیوم) اولیه آن در عمق ۰-۶۰ سانتی‌متری خاک حدود ۴۱۵ کیلوگرم در هکتار بود. لازم به ذکر است که مزرعه مورد نظر دو سال قبل از انجام آزمایش به صورت آیش بود. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به صورت فاکتوریل در سه تکرار انجام شد. چهار سطح نیتروژن (۰، ۹۲، ۲۲۰ و ۳۶۸ کیلوگرم در هکتار) در ترکیب با سه هیبرید ذرت (سینگل کراس ۷۰۴، ماکسیما و تری‌وی کراس ۶۰۴) مورد استفاده قرار گرفتند. هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ (KSC 704) از گروه هیبریدهای دیررس (FAO class 700)، هیبرید ماکسیما (MV 524) جزء هیبریدهای میان رس (FAO class 580) و هیبرید تری‌وی کراس ۶۰۴ (TWC 604) متعلق به گروه هیبریدهای میان‌رس (FAO class 600) می‌باشد. کود نیتروژن طی سه بخش مساوی در مراحل ظهور کامل گیاهچه، ظهور گل تاجی (تاسل‌دهی) و ابریشم‌دهی مصرف شد. قبل از کاشت، عملیات خاک‌ورزی با استفاده از دیسک بشقابی صورت گرفت و پشته‌هایی با فاصله ۷۵ سانتی‌متر از یکدیگر ایجاد شد. عملیات کوددهی همزمان با کاشت به صورت دستی با مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل (TSP, 45% P2O5) به عنوان منبع فسفر و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سولوپتاس (SOP, 51% K2O) به عنوان منبع پتاسیم انجام شد. هر کرت آزمایشی به مساحت ۳۱/۵ متر مربع شامل هفت ردیف کاشت به طول ۶ متر بود. بذر تمامی هیبریدها با تراکم یکسان ۷/۵ بوته در مترمربع و

و ۳۶۸ کیلوگرم در هکتار) با تأخیر در گلدهی مواجه شد که میزان این تأخیر در سال دوم بسیار شدیدتر بود (به ترتیب ۳ و ۲۲ روز تأخیر در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴). در مقایسه تیمار شاهد با سایر تیمارهای نیتروژن، نیاز دمایی گیاهان برای ورود به مرحله ابریشم‌دهی در دومین سال آزمایش نسبت به سال اول حدود پنج برابر افزایش یافت. در هر دو سال بین تیمارهای ۹۲، ۲۲۰ و ۳۶۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختلاف معنی‌داری از نظر تاریخ ابریشم‌دهی و نیاز حرارتی گیاهان مشاهده نشد (جدول ۱). در سال دوم، ثبت تاریخ‌های مربوط به گلدهی و ابریشم‌دهی در تیمار بدون کود به واسطه ظهور تاسل و ابریشم بسیار ضعیف و به تعویق افتاده صورت گرفت که حاکی از توقف شدید رشد و نمو گیاه در نتیجه تنش شدید نیتروژن در خاک بود. وقوع تأخیر معنی‌دار در ابریشم‌دهی ذرت تحت شرایط تنش نیتروژن توسط یاداو و همکاران (۴۸) نیز گزارش شد. امان‌الله و همکاران (۴) با مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار طی سه قسط، مرحله ابریشم‌دهی ذرت را ۵۷ روز پس از کاشت گزارش کردند.

هیبریدهای سینگل کراس ۷۰۴ و ماکسیما به ترتیب دارای طولانی‌ترین (۱۳۶ روز) و کوتاه‌ترین (۱۲۵ روز) طول دوره رشد بودند. میانگین دو ساله نیاز دمایی تجمعی سه هیبرید سینگل کراس ۷۰۴، ماکسیما و تری‌وی کراس ۶۰۴ طی فصل رشد به ترتیب برابر با ۲۲۳۰، ۲۱۴۱ و ۲۱۸۰ درجه روز رشد بود (جدول ۱). از نظر مقادیر مختلف نیتروژن، طولانی‌ترین طول دوره رشد مربوط به تیمار شاهد و کوتاه‌ترین آن متعلق به مصرف ۳۶۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود. مقادیر ۹۲ و ۲۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر در حد وسط قرار داشتند. عدم مصرف نیتروژن در مقایسه با مصرف ۳۶۸ کیلوگرم در هکتار، مجموع نیاز دمایی گیاه در طول فصل رشد در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ را به ترتیب معادل ۳ و ۷ درصد افزایش داد (جدول ۱). براساس گزارش حمد و همکاران (۱۸) تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک

معنی‌دار و متفاوتی تحت تأثیر هر کدام از تیمارهای نیتروژن و رقم قرار گرفتند (جدول ۱). هیبرید ماکسیما دارای بیشترین سرعت جوانه‌زنی (۸/۲۵-۷/۵ روز) (۱۱۰-۹۱ درجه روز رشد)، سینگل کراس ۷۰۴ دارای سرعت متوسط (۸/۷۵-۱۰ روز) (۱۳۳-۱۰۷ درجه روز رشد) و تری‌وی کراس ۶۰۴ دارای کندترین سرعت جوانه‌زنی (۹/۷۵-۱۰/۵۸ روز) (۱۴۲-۱۱۹ درجه روز رشد) بود (جدول ۱). از آنجایی که اولین مرحله مصرف کود اوره در مزرعه همزمان با ظهور کامل گیاهچه‌ها بود، طبیعتاً صحبت از تأثیر نیتروژن بر سرعت جوانه‌زنی بی‌معنا خواهد بود (جدول ۱).

هیبرید دیررس سینگل کراس ۷۰۴ حدوداً با ۴ روز تأخیر نسبت به دو هیبرید میان‌رس ماکسیما و تری‌وی کراس ۶۰۴ وارد فاز گلدهی (ظهور گل تاجی) شد و به‌طور متوسط درجه روز رشد (GDD) حدود ۹۰-۶۰ (با اختلاف معنی‌دار) بیشتر از دو هیبرید دیگر برای رسیدن به این مرحله دریافت نمود (جدول ۱). عدم مصرف کود نیتروژن در مقایسه با سایر مقادیر آن، در اولین و دومین سال آزمایش به ترتیب حدود ۲ و ۹ روز گلدهی گیاه را به تأخیر انداخته و نیاز دمایی گیاه برای رسیدن به این مرحله را حدود ۴ و ۱۱ درصد افزایش داد (جدول ۱). یاداو و همکاران (۴۸) طی آزمایشی نشان دادند که با افزایش شدت تنش نیتروژن، تاسل‌دهی ذرت به‌طور معنی‌داری به تأخیر می‌افتد (مقایسه مقادیر ۰، ۵۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار).

هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ در سال اول با تأخیر نسبی (حدوداً ۲ روز و معادل ۵۰-۴۰ درجه روز رشد) و معنی‌دار نسبت به دو هیبرید دیگر وارد مرحله ابریشم‌دهی شد. این تأخیر دو روزه در سال دوم آزمایش نیز ثبت شد اما تأثیر آن معنی‌دار نبود (جدول ۱). تأثیر عدم مصرف کود نیتروژن در به تأخیر انداختن وقوع مرحله ابریشم‌دهی در گیاهان کاملاً محسوس بود و در هر دو سال آزمایش، تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری نسبت به مقادیر مختلف مصرف نیتروژن (۹۲، ۲۲۰

جدول ۱. مقادیر میانگین برای صفات مورد بررسی در آزمایش مربوط به سه هیبرید ذرت تحت مقادیر مختلف نیتروژن در هر یک از سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۴

عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	سرعت ظهور برگ	فاصله گلدهی تا ابرش‌دهی (روز)	نیاز دمایی		نیاز دمایی		نیاز دمایی		نیاز دمایی		روز تا چولانه‌زنی	تیمار
			نیاز دمایی تجمعی (GDD)	نیاز دمایی تجمعی (GDD)	نیاز دمایی تجمعی (GDD)	نیاز دمایی تجمعی (GDD)	نیاز دمایی تجمعی (GDD)	نیاز دمایی تجمعی (GDD)	روز تا گلدهی	روز تا چولانه‌زنی		
۱۰۸۷/۴ ^a	۰/۲۶۶ ^a	۴/۵ ^a	۲۱۹/۲۹ ^a	۱۲۴۲/۳۶ ^a	۷۴/۶۶ ^a	۱۱۵۷/۲۶ ^a	۱۰۷/۰۸ ^b	۸۷۵ ^b	۸۷۵ ^b	۱۳۹۳	سیگل کراس ۷۰۴	
۱۰۸۶/۵ ^a	۰/۲۶۹ ^a	۵/۵۸ ^a	۲۱۱۵/۳۴ ^b	۱۱۹۶/۲۲ ^b	۷۲/۱۶ ^b	۱۰۸۵/۶۸ ^b	۹۱/۲ ^c	۷/۵ ^c	۷/۵ ^c	۱۳۹۳	ماکسیما	
۷۹۰۸/۱ ^b	۰/۲۵۳ ^b	۵/۸۳ ^a	۲۱۲۱/۰۷ ^b	۱۱۸۷/۳۳ ^b	۷۱/۶۶ ^b	۱۰۷۱/۳ ^b	۱۱۹/۸۳ ^a	۹/۷۵ ^a	۹/۷۵ ^a	۱۳۹۳	تری‌وی کراس ۶۰۴	
۷۲۷/۸ ^b	۰/۲۵۸ ^b	۶/۱۱ ^a	۲۱۸۳/۳۵ ^a	۱۲۵۴/۰۹ ^a	۷۵/۳۳ ^a	۱۱۳۷/۲۳ ^a	۱۰۸/۸۲ ^a	۸/۸۸ ^a	۸/۸۸ ^a	۱۳۹۳	نیتروژن (kg ha ⁻¹)	
۸۸۹/۷ ^b	۰/۲۶۶ ^a	۵/۲۲ ^a	۲۱۴۵/۶ ^b	۱۲۰۰/۰۷ ^b	۷۲/۳۳ ^b	۱۰۹۷/۳۶ ^b	۱۰۰/۰۲ ^a	۹۲	۸/۲۲ ^a	۱۳۹۳	۰	
۱۰۹۹/۰ ^b	۰/۲۶۱ ^{ab}	۵/۱۱ ^a	۲۱۳۶/۲۹ ^b	۱۱۹۹/۳۶ ^b	۷۲/۳۳ ^b	۱۰۹۹/۱۷ ^b	۱۰۷/۶۴ ^a	۲۲۰	۸/۷۷ ^a	۱۳۹۳	۹۲	
۱۲۳۵/۳ ^a	۰/۲۶۵ ^{ab}	۴/۷۷ ^a	۲۱۱۷/۵۱ ^c	۱۱۸۱/۰۲ ^b	۷۱/۳۳ ^b	۱۰۸۵/۲۲ ^b	۱۰۷/۶۶ ^a	۳۶۸	۸/۷۷ ^a	۱۳۹۳	۲۲۰	
۱۶/۹	۲/۵	۳/۸۷	۰/۷۸	۳/۹	۳/۵	۲/۹	۱/۱	۹/۵	۹/۵	۱۳۹۳	۳۶۸	
۶۸۲۲/۴ ^a	۰/۲۳۷ ^{ab}	۹ ^a	۲۲۶۹ ^a	۱۵۷۷/۴۳ ^a	۸۸/۰۹ ^a	۱۳۸۹/۳۳ ^a	۱۳۳/۵۵ ^b	۱۰ ^b	۱۰ ^b	۱۳۹۴	سیگل کراس ۷۰۴	
۷۵۲۳/۵ ^a	۰/۲۴۱ ^a	۱۰/۴ ^a	۲۱۶۵/۹۸ ^c	۱۴۹۷/۲۹ ^a	۸۶/۴۱ ^a	۱۳۱۵/۵۳ ^b	۱۱۰/۵۲ ^c	۸/۲۵ ^c	۸/۲۵ ^c	۱۳۹۴	ماکسیما	
۴۴۵۶ ^b	۰/۲۲۷ ^b	۹/۵ ^a	۲۲۳۹/۰۴ ^b	۱۵۲۸/۶۹ ^a	۸۵/۳ ^a	۱۳۴۲/۳۵ ^b	۱۴۲/۸۸ ^a	۱۰/۵۸ ^a	۱۰/۵۸ ^a	۱۳۹۴	تری‌وی کراس ۶۰۴	
۶۴۰ ^c	۰/۲۰۵ ^b	۲/۱۵ ^a	۲۲۲۶/۵۹ ^a	۱۸۲۴/۸۳ ^a	۱۰۴/۸۳ ^a	۱۴۷۲/۱۷ ^a	۱۲۹/۶۸ ^a	۹/۶۶ ^a	۹/۶۶ ^a	۱۳۹۴	نیتروژن (kg ha ⁻¹)	
۷۱۶۴/۹ ^b	۰/۲۴۲ ^a	۷/۱۱ ^b	۲۱۹۲/۸۲ ^b	۱۴۴۸/۲۲ ^b	۸۲/۶۶ ^b	۱۳۰۷/۳۸ ^b	۱۲۹/۶۸ ^a	۹/۶۶ ^a	۹/۶۶ ^a	۱۳۹۴	۰	
۷۸۲۶/۴ ^b	۰/۲۴۴ ^a	۷/۳۳ ^b	۲۲۱۳/۳۷ ^b	۱۴۵۱/۵۶ ^b	۸۳/۳۳ ^b	۱۳۱۶/۸۷ ^b	۱۲۸/۴۲ ^a	۲۲۰	۹/۵۵ ^a	۱۳۹۴	۹۲	
۹۴۶۴/۶ ^a	۰/۲۴۷ ^a	۶/۶۶ ^b	۲۱۲۳/۱۷ ^c	۱۴۲۲/۲۷ ^b	۸۱/۷۷ ^b	۱۲۹۹/۸۵ ^b	۱۲۸/۱۵ ^a	۳۶۸	۹/۵۵ ^a	۱۳۹۴	۲۲۰	
۱۹/۶	۵/۱۷	۳۵/۷	۱/۲	۶/۲	۶/۳	۳/۶	۷/۳	۶/۷	۶/۷	۱۳۹۴	۳۶۸	

میانگین‌های دارای علامت مشابه در هر ستون و برای هر عامل بر اساس آزمون دلگن (P=۰/۰۵) فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند.

کیلوگرم در هکتار) و به طور معنی‌داری برتر از هیبرید تری‌وی کراس ۶۰۴ (۷۹۰۸/۱ کیلوگرم در هکتار) بود. در سال دوم، عملکرد تولیدی در رابطه با هر دو عامل ژنوتیپ و نیتروژن کاهش قابل توجهی در مقایسه با سال اول آزمایش نشان داد (جدول ۱). از نظر مقادیر نیتروژن، در هر دو سال بیشترین عملکرد دانه (۱۲۳۵۹/۳ و ۹۴۶۴/۶ کیلوگرم در هکتار) با مصرف ۳۶۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد. با کاهش مقدار نیتروژن مصرفی از ۳۶۸ به صفر کیلوگرم در هکتار، متوسط عملکرد هیبریدها معادل ۴۱ درصد (۵۰۸۲/۵ کیلوگرم در هکتار) در سال ۱۳۹۳ و ۹۳ درصد (۸۸۲۴/۶ کیلوگرم در هکتار) در سال دوم کاهش یافت (جدول ۱). آزمایشات متعددی به‌وضوح تأثیر عمده تنش نیتروژن بر کاهش عملکرد دانه ذرت را نشان داده‌اند (۲۱، ۲۳، ۳۱ و ۳۸). از آنجایی‌که اختلاف محسوسی بین داده‌های اقلیمی در طول فصل رشد سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ وجود نداشت، لذا می‌توان دلیل افت ناگهانی عملکرد به‌ویژه در تیمار بدون کود در سال دوم را به تخلیه شدید نیتروژن از خاک نسبت داد. مزرعه مورد نظر دو سال قبل از انجام آزمایش تحت آیش بوده و هر دو سال آزمایش در یک قطعه کشت گردید. از این‌رو در اولین سال آزمایش مقدار نیتروژن اولیه در خاک قابل توجه (حدود ۴۱۵ کیلوگرم در هکتار در عمق ۶۰-۰ سانتی‌متری خاک) بوده است. در سال دوم، تخلیه شدید نیتروژن از خاک به واسطه دو عامل کاشت ذرت به‌عنوان یک گیاه پرمصرف و همچنین وجود درصد بالایی از ذرات شن در خاک (حدود ۸۵ درصد) که منجر به آبشویی زیاد نیتروژن از خاک می‌گردد، صورت گرفت. حمد و همکاران (۱۷) ضمن ارزیابی نیاز دمایی و پاسخ فنولوژیک ذرت نسبت به مقادیر مختلف مصرف نیتروژن (۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار)، حساسیت کامل تمامی مراحل رشد فنولوژیک ذرت نسبت به فراهمی نیتروژن را تأیید نموده و مقدار بهینه اقتصادی مصرف نیتروژن در اقلیم گرم و خشک پاکستان را ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار توصیه نمودند.

ذرت با افزایش مقدار نیتروژن تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت خطی افزایش یافت. فاصله گلدهی تا ابریشم‌دهی تنها توسط عامل نیتروژن در سال ۱۳۹۴ تحت تأثیر معنی‌داری ($P < 0.001$) قرار گرفت (جدول ۱). این فاصله زمانی معادل ۲۱/۵ روز در تیمار شاهد یعنی تقریباً سه برابر مقدار مربوط به سایر مقادیر نیتروژن (حدود ۷ روز) بود (جدول ۱). پانندی و همکاران (۳۶) طی آزمایشی نتیجه گرفتند که تنش فسفر تأثیر منفی معنی‌داری بر فاصله گلدهی تا ابریشم‌دهی دو هیبرید ذرت داشته و حدود ۳ روز آن را افزایش داده است که این پدیده با کاهش ۴۰ درصدی عملکرد دانه هیبریدها همراه شده است. آزمایش مهرداد و همکاران (۲۹) نیز حاکی از بروز تأخیر در وقوع مراحل رشد فنولوژیک ذرت در نتیجه اعمال تنش نیتروژن بود.

سرعت ظهور برگ در دو هیبرید سینگل‌کراس ۷۰۴ و ماکسیما (بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر) به‌طور معنی‌داری برتر از هیبرید تری‌وی کراس ۶۰۴ بود. بیشترین سرعت ظهور برگ در هر دو سال مربوط به هیبرید ماکسیما (۲۶۹/۰ برگ در روز) بود (جدول ۱). در سال دوم، عدم مصرف کود نیتروژن موجب کاهش معنی‌دار سرعت ظهور برگ در مقایسه با سایر مقادیر نیتروژن گردید (جدول ۱). حکم‌علی‌پور و دربندی (۱۹) علاوه بر وجود تنوع ژنتیکی در میان هیبریدهای ذرت از نظر سرعت ظهور برگ، دریافتند که با افزایش مصرف نیتروژن تا ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار، سرعت ظهور برگ در هیبریدهای ذرت افزایش یافت. آزمایشات دیگری نیز حاکی از کاهش سرعت ظهور برگ در ذرت (۴۱) و گندم (۲۷) در نتیجه وقوع تنش نیتروژن بودند. با این وجود در آزمایشی که توسط ووس و همکاران (۴۶) انجام شد، فراهمی نیتروژن مجموع سطح برگ گیاه را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد؛ در حالی‌که تأثیری بر سرعت ظهور برگ (با میانگین ۰/۲۲ برگ در روز) و دوام سطح برگ نداشت.

عملکرد دانه تولیدی توسط دو هیبرید سینگل‌کراس ۷۰۴ و ماکسیما در سال ۱۳۹۳ کاملاً مشابه (۱۰۸۷۰/۴ و ۱۰۸۶۵/۵

ضعیف‌تری در مقایسه با دو هیبرید سینگل‌کراس ۷۰۴ و ماکسیما هم در شرایط تنش نیتروژن و هم در شرایط پتانسیل بود. از این رو کشت این هیبرید توصیه نمی‌شود. پتانسیل تولید دانه در هیبریدهای سینگل‌کراس ۷۰۴ و ماکسیما در شرایط بهینه و همین‌طور تحمل نسبی آنها در مواجهه با تنش نیتروژن تقریباً یکسان بود. از میان دو هیبرید سینگل‌کراس ۷۰۴ و ماکسیما، با توجه به سرعت جوانه‌زنی بیشتر در هیبرید ماکسیما توصیه می‌شود در خاک‌هایی که با مشکل سله مواجه هستند از این هیبرید استفاده شود. همچنین به دلیل استقرار بهتر گیاه در مراحل اولیه رشد و سرعت بیشتر ظهور برگ در هیبرید ماکسیما، قدرت کنترل علف‌های هرز توسط این هیبرید بهتر از سینگل‌کراس ۷۰۴ بود.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله بر خود لازم می‌دانیم از همکاری ریاست مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان و پرسنل محترم که در تأمین مزرعه تحقیقاتی برای این آزمایش همکاری داشته‌اند، قدردانی نماییم.

اول آزمایش برای دستیابی به عملکرد پتانسیل هیبریدهای ذرت کفایت نمود اما پس از یک سال کشت ذرت و همین‌طور وجود بافت سبک خاک، مصرف این میزان کود پاشنگوی دستیابی به عملکرد پتانسیل نبود. تنش نیتروژن سرعت ظهور برگ در هر سه هیبرید مورد بررسی را کاهش داد. علاوه بر این موجب تأخیر در رشد فنولوژیک هیبریدهای ذرت گردید؛ به گونه‌ای که با تشدید میزان تنش، تعداد روز مورد نیاز و مجموع نیاز دمایی برای رسیدن گیاه به مراحل گلدهی، ابریشم‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک افزایش یافته، طول دوره پر شدن دانه کاهش یافته و فاصله زمانی بین تاسل‌دهی تا ابریشم‌دهی طولانی‌تر شد. مجموعه عوامل یاد شده منجر به کاهش عملکرد دانه تولیدی توسط هیبریدهای ذرت تحت شرایط تنش نیتروژن گردید. با توجه به تأثیر مستقیم تنش نیتروژن بر فنولوژی هیبریدهای ذرت مورد بررسی و کاهش قابل توجه عملکرد دانه با وقوع تأخیر در فنولوژی گیاه در نتیجه تنش نیتروژن، شناسایی با اصلاح ارقام جدید با حساسیت کمتر در فنولوژی نسبت به وضعیت فراهمی نیتروژن می‌تواند تأثیر به‌سزایی در بهبود تولید ذرت در خاک‌های دارای محدودیت نیتروژن داشته باشد. از میان سه هیبرید مورد بررسی، هیبرید تری‌وی‌کراس ۶۰۴ دارای رشد و عملکرد

منابع مورد استفاده

1. 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. PhD. Thesis, Haramaya University. Eastern Ethiopia.
2. Acquaah, G. 2002. Principles of Crop Production: Theory, Techniques, and Technology. Prentice Hall, Pearson press, 768 p.
3. Akbar, F., A. Wahid, S. Akhtar, A. N. Ahmad and F. M. Chaudhary. 1999. Optimization of method and time of nitrogen application for increased nitrogen use efficiency and yield in maize. *Pakistan Journal of Botany* 31: 337-341.
4. Amanullah, M. K., P. Shah, N. Maula and S. Arifullah. 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.
5. Azeem, K., S. Shah, N. Ahmad, S. T. Shah, F. Khan, Y. Arafat, F. Naz, I. Azeem and M. Ilyas. 2015. Physiological indices, biomass and economic yield of maize influenced by humic acid and nitrogen levels. *Russian Agricultural Sciences* 41: 115-119.
6. Below, F., J. Cazetta and J. Seebauer. 2000. Carbon/nitrogen interactions during ear and kernel development of maize. Physiology and modeling kernel set in maize. *Crop Science Society of America and American Society of Agronomy*, 15-24.

7. Blankenau, K., H. W. Olf and H. Kuhlmann. 2002. Strategies to improve the use efficiency of mineral fertilizer nitrogen applied to winter wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science* 188: 146-154.
8. Dhugga, K. S. and J. Waines. 1989. Analysis of nitrogen accumulation and use in bread and durum wheat. *Crop Science* 29: 1232-1239.
9. Ding, L., K. Wang, G. Jiang, D. Biswas, H. Xu, L. Li and Y. H. Li. 2005. Effects of nitrogen deficiency on photosynthetic traits of maize hybrids released in different years. *Annals of Botany* 96: 925-930.
10. Dordas, C. A. and C. Sioulas. 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.
11. Eastin, J. D. and C. Y. Sullivan. 1984. Environmental stress influences on plant persistence, physiology, and production. PP. 201-236. In: Tesar, M. B. (Eds.), *Physiological Basis of Crop Growth and Development*. Madison, WI: American Society of Agronomy.
12. FAO. 2015. Agricultural production statistics. Available: <http://faostat.fao.org>.
13. Gallais, A. and M. Coque. 2005. Genetic variation and selection for nitrogen use efficiency in maize: a synthesis. *Maydica* 50: 531-537.
14. Gallais, A. and B. Hirel. 2004. An approach to the genetics of nitrogen use efficiency in maize. *Journal of Experimental Botany* 55: 295-306.
15. Gehl, R. J., J. P. Schmidt, L. D. Maddux and W. B. Gordon. 2005. Corn yield response to nitrogen rate and timing in sandy irrigated soils. *Agronomy Journal* 97: 1230-1238.
16. Gomez, K. A. and A. A. Gomez. 1984. *Statistical Procedures for Agricultural Research*. John Wiley & Sons, 665 p.
17. Hammad, H. M., A. Ahmad, W. Farhad, F. Abbas, K. Qasim and S. Saeed. 2013. Nitrogen stimulates phenological traits, growth and growing degree days of maize. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences* 50: 337-344.
18. Hammad, H. M., A. Ahmad, A. Wajid and J. Akhter. 2011. Maize response to time and rate of nitrogen application. *Pakistan Journal of Botany* 43: 1935-1942.
19. Hokmalipour, S. and M. H. Darbandi. 2011. Effects of nitrogen fertilizer on chlorophyll content and other leaf indicate in three cultivars of maize (*Zea mays* L.). *World Applied Sciences Journal* 15: 1780-1785.
20. Hopkins, B., C. Rosen, A. Shiffler and T. Taysom. 2008. Enhanced efficiency fertilizers for improved nutrient management: potato (*Solanum tuberosum*). *Crop Management* doi: 10.1094 .CM-2008-0317-01-RV.
21. Khaliq, T., A. Ahmad, A. Hussain and M. Ali. 2009. Maize hybrids response to nitrogen rates at multiple locations in semiarid environment. *Pakistan Journal of Botany* 41: 207-224.
22. Khan, F., S. Khan, S. Fahad, S. Faisal, S. Hussain, S. Ali and A. Ali. 2014. Effect of different levels of nitrogen and phosphorus on the phenology and yield of maize varieties. *American Journal of Plant Sciences* 5: 2582-2590..
23. Khan, M. and N. Khan. 2001. Response of mustard and wheat to pre-sowing seed treatment with pyridoxine and basal level of calcium. *Indian journal of plant physiology* 6: 300-305.
24. Kirtok, Y. 1998. *Corn Production and Using*. Kocaoluk Publication, Istanbul, 445 p.
25. Le Gouis, J., O. Delebarre, D. Beghin, E. Heumez and P. Pluchard. 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.
26. Lemcoff, J. and R. Loomis. 1994. Nitrogen and density influences on silk emergence, endosperm development, and grain yield in maize (*Zea mays* L.). *Field Crops Research* 38: 63-72.
27. Longnecker, N., E. Kirby and A. Robson. 1993. Leaf emergence, tiller growth, and apical development of nitrogen-deficient spring wheat. *Crop Science* 33: 154-160.
28. Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press London, 889 p.
29. Mehrdad Lomer, A., V. Ali-zade, R. Chogan and E. Amiri. 2012. Effect of nitrogen on the growth levels and development of maize hybrids in the condition of amino acids application. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 4: 984-992.
30. Milliken, G. A. and D. E. Johnson. 2009. *Analysis of Messy Data Volume 1: Designed Experiments*. CRC Press, 674 p.
31. Mohammadi Aghdam, S., F. Yeganehpoor, B. Kahrariyan and E. Shabani. 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.

32. Monneveux, P., P. Zaidi and C. Sanchez. 2005. Population density and low nitrogen affects yield-associated traits in tropical maize. *Crop Science* 45: 535-545.
33. O'Neill, P. M., J. F. Shanahan, J. S. Schepers and B. Caldwell. 2004. Agronomic responses of corn hybrids from different eras to deficit and adequate levels of water and nitrogen. *Agronomy Journal* 96: 1660-1667.
34. Ogola, J., T. Wheeler and P. Harris. 2002. Effects of nitrogen and irrigation on water use of maize crops. *Field Crops Research* 78: 105-117.
35. Oscarson, P., T. Lundborg, M. Larsson and C.-M. Larsson. 1995. Genotypic differences in nitrate uptake and nitrogen utilization for spring wheat grown hydroponically. *Crop Science* 35: 1056-1062.
36. Pandey, R., S. Khetarpal, V. Jain and S. R. Kushwaha. 2015. Phosphorus fertilization improves growth analysis traits and reduces anthesis-to-silking interval leading to increased grain yield in maize. *Indian Journal of Plant Physiology* 20: 385-390.
37. Paponov, I. A. and C. Engels. 2005. Effect of nitrogen supply on carbon and nitrogen partitioning after flowering in maize. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 168: 447-453.
38. Raja, V. 20003. Effect of N rates and plant population on yield and quality of super sweet corn. *Indian Journal of Agronomy* 46: 246-249.
39. Rajcan, I. and M. Tollenaar. 1999. Source: sink ratio and leaf senescence in maize: I. Dry matter accumulation and partitioning during grain filling. *Field Crops Research* 60: 245-253.
40. Sencer, O. 1988. Effect of Sowing Rate and Nitrogen on Corn Growing. Tokat Agriculture. Faculty publication, Cukurova University, Tokat Agriculture. Faculty publication. No:6, Tokat.
41. Tollenaar, M. and E. Lee. 2002. Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize. *Field Crops Research* 75: 161-169.
42. Tschardtke, T., Y. Clough, T. C. Wanger, L. Jackson, I. Motzke, I. Perfecto, J. Vandermeer and A. Whitbread. 2012. Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. *Biological Conservation* 151: 53-59.
43. Turgut, İ. 2000. Effects of plant populations and nitrogen doses on fresh ear yield and yield components of sweet corn grown under Bursa conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 24: 341-348.
44. Uhart, S. A. and F. H. Andrade. 1995. Nitrogen deficiency in maize: I. Effects on crop growth, development, dry matter partitioning, and kernel set. *Crop Science* 35: 1376-1383.
45. Uribelarrea, M., S. J. Crafts-Brandner and F. E. Below. 2009. Physiological N response of field-grown maize hybrids (*Zea mays* L.) with divergent yield potential and grain protein concentration. *Plant and Soil* 316: 151-160.
46. Vos, J., P. Van Der Putten and C. Birch. 2005. Effect of nitrogen supply on leaf appearance, leaf growth, leaf nitrogen economy and photosynthetic capacity in maize (*Zea mays* L.). *Field Crops Research* 93: 64-73.
47. Worku, M., M. Bänziger, D. Friesen and W. J. Horst. 2007. Nitrogen uptake and utilization in contrasting nitrogen efficient tropical maize hybrids. *Crop Science* 47: 519-528.
48. Yadav, B. P., D. N. Yadav, K. B. Koirala, K. R. Pandey and R. B. Thapa. 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.