Plant Production and Genetics **تولید و ژنتیک گیاهی**
Vol. 5, No. 1, Spring & Summer 2024, p. 101-114 **جلد ۵، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۳، صفحه ۱۱۴-۱۰۱**
DOI: 10.22034/PLANT.2024.141340.1107 مقاله پژوهشی

تأثیر محلول‌پاشی کود اوره‌فیت در مرحله رشد زایشی بر عملکرد و کیفیت دانه دو رقم ذرت

علی اکبر کاکائی[۱]، یوسف سهرابی[*۲]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران
۲. استاد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۳۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۱۸

چکیده

این تحقیق به‌منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی کود اوره‌فیت در مرحله رشد زایشی بر عملکرد و کیفیت دانه دو رقم ذرت، در سال ۱۳۹۸، در یکی از مزارع شهرستان اسلام‌آباد غرب انجام شد. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا گردید. فاکتورهای آزمایشی شامل دو رقم سینگل کراس ۷۰۳ و ۷۰۴ و پنج سطح محلول‌پاشی کود اوره‌فیت (۰، ۰/۵، ۱، ۱/۵، و ۲ لیتر در هکتار) بودند. نتایج نشان داد که افزایش غلظت کود نیتروژن موجب افزایش شاخص سطح برگ، اجزای عملکرد، عملکرد، و درصد و عملکرد پروتئین دانه شد. بالاترین شاخص سطح برگ، تعداد دانه در بلال، عملکرد دانه و عملکرد پروتئین دانه در غلظت ۲ لیتر در هکتار کود اوره به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۳۳/۶، ۲۱، ۴۱، و ۱۷۳ درصد افزایش داشتند. در هر دو رقم، محلول‌پاشی در مرحله رشد زایشی باعث افزایش شاخص و دوام سطح برگ، افزایش میزان فتوسنتز و بهبود اجزای عملکرد دانه و در نهایت، افزایش عملکرد دانه ذرت شد. نتایج نشان داد که کاربرد ۲ لیتر در هکتار کود اوره‌فیت علاوه بر بهبود عملکرد دانه، کیفیت دانه را نیز به‌طور معنی‌داری افزایش داد.

کلیدواژگان: اجزای عملکرد، درصد پروتئین دانه، دوام سطح برگ، ذرت

[*]ایمیل نویسنده مسئول: y.sohrabi@uok.ac.ir

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) یکی از مهم‌ترین غلات است که به دلیل بالا بودن عملکرد دانه و ماده خشک و برخورداری از ارزش غذایی متنوع، سهم زیادی در تأمین غذای انسان و تغذیه دام و طیور در جهان دارد (Budak& & Aydemir, 2018). سطح زیر کاشت و میزان تولید جهانی ذرت دانه‌ای در سال ۱۴۰۱ به ترتیب حدود ۲۰۳/۴۷۰/۰۰۷ هکتار و ۱/۱۶۳/۴۹۷/۳۸۳ تن بوده است. سطح زیر کاشت ذرت دانه‌ای کشور در سال ۱۴۰۱ حدود ۵۰ هزار هکتار و تولید آن ۳۰۰/۰۰۰ تن گزارش شده است (FAOSTAT, 2022). با توجه به اهمیت غلات، برنامه‌ریزی برای افزایش تولید این محصولات ضروری است. تأمین عناصر غذایی کافی برای تغذیه گیاه یکی از روش‌های مدیریتی برای افزایش تولید محصول است. در طی ۵۰ سال گذشته، افزایش عملکرد گیاهان زراعی عمدتاً به‌واسطه مصرف کودهای شیمیایی، به‌ویژه نیتروژن بوده است (کوچکی و همکاران، ۱۳۹۶).

نیتروژن یکی از عناصر کلیدی برای رشد و تولید گیاهان است زیرا در ساختار و تشکیل ترکیبات آلی مانند اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، کوآنزیم‌ها، اسیدهای نوکلئیک (Barker & Pilbeam, 2015; Taiz *et al*, 2017) و کلروفیل (Ya-wei *et al*, 2019) نقش دارد. نیتروژن همچنین یک جزء ساختاری از دیواره‌های سلولی می‌باشد. در شرایط کمبود نیتروژن، بسیاری از اختلالات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی در گیاه رخ می‌دهد که موجب کاهش تقسیم سلولی و اختلال در روند فتوسنتز گیاه می‌گردد (Fageria & Baligar, 2005). عملکرد بهینه واریته‌های پرمحصول گیاهان زراعی نیازمند مصرف مقدار کافی نیتروژن است، زیرا توسعه کانوپی، جذب مناسب نور، فتوسنتز و کارآیی مصرف نور به شدت وابسته به میزان نیتروژن جذب شده توسط گیاه هستند (کوچکی و همکاران، ۱۳۹۶).

غلات قادرند قبل از گرده‌افشانی، بخش اعظم نیتروژن نهایی را در بافت‌های رویشی خود تجمع دهند و سپس این نیتروژن را به دانه‌های در حال رشد منتقل کنند. جذب نیتروژن از خاک توسط ریشه گیاه در زمان پر شدن دانه حدود ۳۵-۱۸ درصد از محتوای نهایی دانه را شامل می‌شود (Netanos & Koutroubas, 2012). بسته به عوامل محیطی و نوع ژنوتیپ‌ها، گیاهان ذرت در مرحله رشد رویشی حدود ۶۵-۷۰ درصد از نیتروژن کل را جذب می‌کنند و باقی‌مانده را پس از تاسل‌دهی از خاک جذب می‌کنند (Mueller & Vyn, 2016). کمبود نیتروژن یا عدم دسترسی کافی به آن، باعث کاهش جذب نیتروژن و افزایش وابستگی به انتقال مجدد نیتروژن از بخش‌های رویشی گیاه می‌شود. ۴۵ درصد نیتروژن انتقال یافته به دانه‌ها از برگ‌ها تأمین می‌گردد که این امر باعث تسریع پیری برگ‌ها، کاهش سطح برگ و کاهش توان فتوسنتزی گیاه می‌شود و در نهایت، عملکرد گیاه را کاهش می‌دهد. وضعیت دوگانه‌ای که وجود دارد این است که نیتروژن برگ برای فتوسنتز مورد نیاز است به گونه‌ای که تخصیص مجدد آن به دانه، ظرفیت تأمین مواد فتوسنتزی را تحلیل می‌برد. بنابراین، تأمین نیتروژن در زمان پرشدن دانه می‌تواند وابستگی به نیتروژن ذخیره شده در اندام‌های رویشی را کاهش داده و دوام سطح برگ را افزایش دهد. این امر به معنای افزایش فتوسنتز و در نهایت، افزایش رشد و عملکرد گیاه است. نیتروژن با تأثیر بر اندازه و دوام هر برگ، باعث افزایش شاخص سطح برگ می‌شود و این افزایش سطح فتوسنتز کننده گیاه، تولید کربوهیدرات و ماده خشک بیشتری را به دنبال دارد (Jamaati *et al*, 2010).

مقدار و زمان مصرف کود نیتروژن می‌تواند بر رشد و نمو بوته‌ها و در نهایت بر اجزای عملکرد و عملکرد دانه مؤثر باشد (Nemati & Seyed Sharifi, 2015). به دلیل نقش اساسی نیتروژن در به تأخیر انداختن پیری برگ و افزایش فتوسنتز، تأمین نیتروژن در زمان توسعه سطح برگ برای گیاه بسیار حیاتی است (Zhai *et al*, 2022). تحقیقات نشان داده‌اند که افزایش مصرف کود نیتروژن منجر به افزایش محتوای نیتروژن در برگ‌ها می‌شود. بخشی از این نیتروژن در ساختار کلروفیل مشارکت کرده و از طریق بهبود فتوسنتز، ترکیبات نیتروژنه بیشتری به بذر منتقل می‌کند. بخشی دیگر از این نیتروژن از طریق انتقال مجدد به بذر منتقل شده و باعث افزایش درصد نیتروژن بذر می‌شود (Yadavi & Yuosefpur, 2015).

مطالعات Kakabouki و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد که بیشترین شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول به کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن مرتبط است. در مطالعه‌ای دیگر، گزارش شد که کاربرد ۹۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به‌طور قابل توجهی رشد رویشی ذرت، اجزای عملکرد و عملکرد دانه را نسبت به مقدار کم آن (۳۰ کیلوگرم در هکتار) بهبود بخشید (Afolabi *et al*, 2020).

همچنین محققین عنوان کردند که عملکرد دانه انواع هیبریدهای ذرت با افزایش نیتروژن بهبود می‌یابد (Singh & Daoudi, 2017; Jena *et al*, 2015). در تحقیقی دیگر، کاربرد ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن باعث تولید دو بلال در هر بوته ذرت شد، در حالی که در تیمار با ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بیشتر بوته‌های ذرت تک‌بلالی بودند (Zaman & Khan, 2016).

روش‌های صحیح مدیریت نیتروژن باعث کاهش تلفات نیتروژن و افزایش میزان نیتروژن در دسترس برای محصولات زراعی می‌شود که به نوبه خود کارایی استفاده از نیتروژن را بهبود بخشیده و تأثیر منفی بالقوه نیتروژن بر محیط را کاهش می‌دهد (Havlin *et al*, 2016). با توجه به مطالب فوق، تأمین نیتروژن در زمان پرشدن دانه می‌تواند وابستگی به نیتروژن ذخیره شده در اندام‌های رویشی را کاهش داده و باعث افزایش دوام سطح برگ و میزان فتوسنتز گردد. این تحقیق با هدف بررسی تأثیر تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاه در مرحله رشد زایشی، کاهش انتقال مجدد نیتروژن و افزایش دوام سطح برگ در راستای افزایش فتوسنتز و بهبود عملکرد دانه ذرت انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در بهار سال ۱۳۹۸ در زمین زراعی واقع در شهرستان اسلام‌آباد غرب (طول جغرافیایی۴۶/۴۷ درجه و عرض جغرافیایی ۳۳/۵۵ درجه، با ارتفاع ۱۳۴۰ متر از سطح دریا) انجام شد. متوسط درجه حرارت ده ساله منطقه ۱۴/۲ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی ده ساله آن ۴۱۸/۵ میلی‌متر است. به‌منظور ارزیابی حاصلخیزی و تعیین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک، از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری شد و نمونه‌ها به آزمایشگاه تجزیه خاک منتقل گردید. نتایج تجزیه خاک در جدول ۱ ارائه شده است. بافت خاک محل انجام آزمایش، لومی رسی بود.

جدول ۱- نتایج آزمایش نمونه خاک محل اجرای کشت ذرت

عمق (cm)	EC (dS/m)	pH	کربن آلی (%)	نیتروژن (%)	فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)	مس (ppm)	روی (ppm)	آهن (ppm)	منگنز (ppm)
۰-۳۰	۰/۷۳	۸	۰/۹۹	۰/۰۹۹	۶/۴	۳۴۰	۱/۷	۱/۵۱	۱۱/۴۹	۹/۸

این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل دو رقم ذرت سینگل کراس ۷۰۴ و ۷۰۳ و پنج سطح محلول‌پاشی کود اوره بود. سطوح محلول‌پاشی شامل شاهد (محلول‌پاشی با آب مقطر) و مقادیر ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ لیتر در هکتار بودند. کود اوره استفاده شده در این تحقیق، اوره‌فیت بود. عملیات محلول‌پاشی با استفاده از سمپاش دستی پشتی رونیکس مدل RH-6005 با حجم ۲۰ لیتر و نازل مارپیچی با طرح پاشش مخروط توپر در اوایل مرحله رشد زایشی (ظهور تاسل) انجام شد. محلول‌پاشی این نازل به میزان ۰/۱ لیتر در متر مربع (۱۰۰۰ لیتر در هکتار) بود. برای تهیه محلول‌های مورد نیاز، به ترتیب ۸، ۱۵، ۲۲ و ۲۹ میلی‌لیتر کود مایع اوره‌فیت (حاوی ۱۸ درصد نیتروژن خالص) در ۲۰ لیتر آب حل شد تا غلظت‌های مورد نظر ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ لیتر در هکتار حاصل شود.

هر کرت آزمایشی شامل ۵ ردیف کاشت با فاصله ۷۵ سانتی‌متر و طول ۶ متر بود. برای جلوگیری از اختلاط تیمارها، فاصله بین کرت‌های آزمایشی یک ردیف نکاشت و فاصله بین تکرارها دو متر در نظر گرفته شد. ارقام ذرت مورد استفاده در این آزمایش از شرکت پیشگام تهیه شد. کاشت بذور در ۱۴ اردیبهشت ماه در عمق ۸-۶ سانتی‌متر بر روی خطوط کاشت با فاصله ۱۸ سانتی‌متر به‌صورت دستی انجام گرفت و در هر کپه ۳ بذر قرار داده شد. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و آبیاری‌های بعدی هر سه روز یک بار تا مرحله سبز شدن انجام شد. پس از سبز شدن، دور آبیاری به هفت روز افزایش یافت و تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی به همین ترتیب ادامه یافت. آبیاری در تمام مراحل رشد به‌صورت بارانی انجام شد. پس از سبز شدن و استقرار گیاه، در مرحله ۳-۲ برگی به‌منظور رسیدن به تراکم مطلوب، عملیات تنک کردن بوته‌های اضافی انجام شد. تراکم نهایی مزرعه ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار در نظر گرفته شد. علف‌های هرز مزرعه به‌صورت دستی وجین شدند.

برای تعیین شاخص سطح برگ در اواخر گلدهی، پنج بوته به‌طور تصادفی از هر کرت انتخاب شدند. پس از جدا کردن برگ‌های این بوته‌ها، سطح برگ با استفاده از دستگاه سنجش سطح برگ (Li-Cor, Model Li-1300; USA) اندازه‌گیری شد و نسبت به واحد سطح محاسبه گردید. شاخص سطح برگ نیز با استفاده از نسبت سطح برگ به سطح زمین طبق روش Gardner و همکاران (۱۹۸۵) محاسبه شد.

معادله ۱ $$LAI = LA \times \frac{1}{GA}$$

LA: سطح برگ بوته‌های یک مترمربع، GA: سطح زمین که توسط بوته‌های یک مترمربع پوشیده شده است. دوام سطح برگ نیز طبق رابطه ۲ محاسبه شد (Gardner *et al*., 1985)

معادله ۲ $$LAD = \left[\frac{(LAI1 + LAI2) \times (t2 - t1)}{2}\right]$$

LAI_1: شاخص سطح برگ در زمان گلدهی LAI_2: شاخص سطح برگ در زمان رسیدگی فیزیولوژیک، t_2-t_1: فاصله زمانی بین زمان گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک در پایان دوره رشد، پس از مشاهده علائم رسیدگی (مانند تغییر رنگ برگ‌ها و ظهور لایه سیاه در قسمت پایینی دانه‌ها) برداشت نهایی و اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد دانه انجام شد. برای تعیین اجزای عملکرد دانه، تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در هر ردیف، تعداد دانه در بلال، و وزن دانه در بلال هر کرت، پنج بوته تصادفی انتخاب و مورد ارزیابی قرار گرفتند. همچنین، برای تعیین وزن صد دانه، چهار نمونه ۱۰۰ دانه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. برای ارزیابی عملکرد دانه، پس از حذف اثر حاشیه، مساحت ۱/۵ مترمربع از هر کرت برداشت گردید. لازم به توضیح است که بعد از برداشت، تا رسیدن رطوبت دانه به ۱۴ درصد، بلال‌ها به صورت طبیعی خشک شدند.

برای اندازه‌گیری پروتئین دانه، از دستگاه NIR (مدل DA7200 ساخت شرکت Perten سوئد) استفاده شد. مقدار ۴۰ گرم از نمونه‌های آسیاب شده دانه ذرت در مخزن دستگاه قرار داده شد و میزان پروتئین دانه به‌صورت درصد قرائت گردید (Amiri *et al*, 2018). عملکرد پروتئین دانه نیز از حاصل‌ضرب عملکرد دانه در درصد پروتئین دانه محاسبه و به کیلوگرم در هکتار ثبت گردید. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.2 انجام شد. قبل از تجزیه واریانس، نرمال بودن باقیمانده داده‌ها بررسی شد و نیاز به تبدیل داده‌ها نبود. مقایسه میانگین‌ها با روش آزمون LSD انجام شد.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که شاخص سطح برگ در زمان گلدهی به طور معنی‌داری ($P<0.01$) تحت تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن قرار گرفت، اما تغییر معنی‌داری نسبت به نوع رقم و اثر متقابل رقم در کود نیتروژن مشاهده نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن، شاخص سطح برگ نیز افزایش یافت. در غلظت ۲ لیتر در هکتار، شاخص سطح برگ با افزایش ۳۳/۶ درصدی نسبت به شاهد، به بیشترین مقدار خود رسید. این افزایش به میزان کمتری در سایر تیمارهای محلول‌پاشی نیز مشاهده شد. در شرایط محلول‌پاشی ذرت با غلظت ۰/۵ لیتر در هکتار کود نیتروژن، شاخص سطح برگ افزایش معنی‌داری نداشت (شکل ۱). تحقیقات دیگر نیز نشان داده‌اند که کاربرد کود نیتروژن باعث افزایش شاخص سطح برگ می‌شود (Ciriello *et al*, 2016)، که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. نیتروژن از طریق افزایش فرآیند تقسیم و توسعه سلولی و همچنین افزایش طول دوره رشد گیاه، تولید و گسترش سطح برگ را افزایش میدهد و به واسطه افزایش دوام سطح برگ و تولید برگ‌های بزرگ‌تر باعث بهبود شاخص سطح برگ می‌شود (Ahmadi *et al*, 2018).

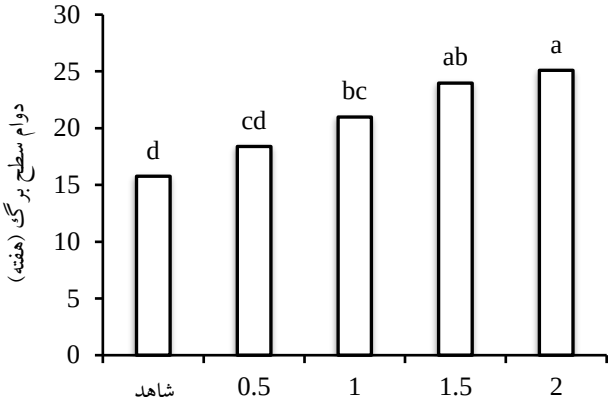
دوام سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که دوام سطح برگ تحت تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن به طور معنی‌داری ($P<0.01$) تغییر کرد، اما تأثیر معنی‌داری از نوع رقم و اثر متقابل رقم در کود نیتروژن مشاهده نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش مقدار کود نیتروژن، دوام سطح برگ نیز افزایش یافت. در غلظت ۲ لیتر در هکتار، بیشترین دوام سطح برگ (۲۵/۱۱ هفته) به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد حدود ۹ هفته بیشتر بود، اما تغییر معنی‌داری نسبت به دوام سطح برگ بوته‌های محلول‌پاشی شده با غلظت ۱/۵ لیتر در هکتار نداشت. تیمارهای کاربرد ۱ و ۰/۵ لیتر در هکتار کود اوره‌فیت نیز موجب افزایش دوام سطح برگ شدند، اگرچه تفاوت بین تیمار ۰/۵ لیتر در هکتار با شاهد معنی‌دار نبود (شکل ۲). مطالعات نشان داده‌اند که کاربرد کود نیتروژن و فراهمی آن در مراحل رشد رویشی و زایشی باعث افزایش شاخص سطح برگ می‌شود که با نتایج این تحقیق هماهنگ است (Mansouri-Far *et al*, 2010). به نظر می‌رسد که با دسترسی کافی به نیتروژن، طول و عرض برگ افزایش یافته و در نتیجه، سطح برگ بیشتر می‌شود (Ahmadi *et al*, 2018). این امر، به افزایش سطح فتوسنتزکننده و به تبع آن جذب نور بیشتر، بهبود فتوسنتز و کاهش نیاز به انتقال مجدد نیتروژن منجر می‌گردد (Ajeng *et al*, 2020) و لذا شاخص و دوام سطح برگ را افزایش می‌دهد.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی سطوح مختلف کود اوره‌فیت بر مقادیر شاخص و دوام سطح برگ دو رقم ذرت

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		شاخص سطح برگ	دوام سطح برگ
بلوک (تکرار)	۳	۰/۰۴ ns	۴/۹۲ ns
رقم	۱	۰/۰۴ ns	۱/۷۰ ns
محلول‌پاشی	۴	۲/۲۸ **	۱۱۹/۵۰ **
رقم × محلول‌پاشی	۴	۰/۱۰ ns	۴/۶۷ ns
خطای آزمایشی	۲۷	۰/۰۹	۴/۶۰
ضریب تغییرات (٪)		۶/۹۷	۱۰/۲۸

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد



شکل ۲- مقایسه میانگین دوام سطح برگ ذرت تحت محلول‌پاشی سطوح مختلف کود اوره‌فیت

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد می‌باشند.

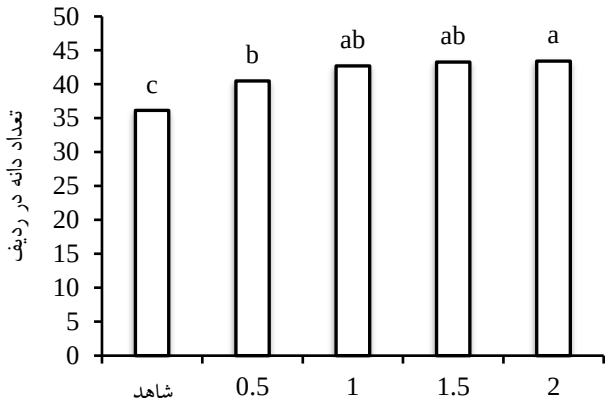
اجزای عملکرد دانه ذرت

تعداد ردیف دانه در بلال

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که رقم، محلول‌پاشی کود نیتروژن و تعامل بین این دو عامل تأثیر معنی‌داری بر تعداد ردیف دانه در بلال نداشتند (جدول ۳). به نظر می‌رسد صفت تعداد ردیف دانه در بلال بیشتر تابع عوامل ژنتیکی می‌باشد و کمتر توسط عوامل محیطی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Nemati & Seyed Sharifi, 2015).

تعداد دانه در ردیف

تعداد دانه در ردیف به‌طور بسیار معنی‌داری تحت تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن قرار گرفت. با این حال، نوع رقم و اثر متقابل رقم و کود نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که تعداد دانه در ردیف بلال با افزایش غلظت‌های مختلف کود نیتروژن به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت. بیشترین تعداد دانه در ردیف مربوط به غلظت ۲ لیتر در هکتار کود نیتروژن بود که نسبت به شاهد، ۲۰ درصد افزایش داشت. تیمار مذکور با تیمارهای ۱/۵ و ۱ لیتر در هکتار کود نیتروژن در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۳). تحقیقات دیگر نیز نشان داده‌اند که تعداد دانه در ردیف بلال با کاربرد کود نیتروژن افزایش می‌یابد (Jafartayari *et al*, 2012)، که این نتایج با یافته‌های این مطالعه همخوانی دارد. تقی‌زاده و سیدشریفی (۱۳۹۰) نیز گزارش کرده‌اند که با افزایش مصرف نیتروژن، تعداد دانه در ردیف بلال افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد مقدار کافی نیتروژن از طریق افزایش رشد، تولید سطح برگ مناسب، بهبود فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی کافی برای پر شدن دانه‌ها باعث افزایش تعداد دانه در بلال ذرت می‌گردد (Hejazi & Soleymani, 2014).



شکل ۳- مقایسه میانگین تعداد دانه در ردیف بلال ذرت تحت محلول‌پاشی سطوح مختلف کود اوره‌فیت

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد می‌باشند.

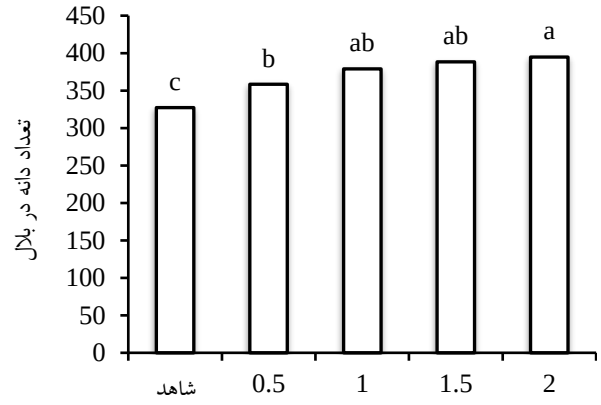
تعداد دانه در بلال

طبق نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، تعداد دانه در بلال به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر محلول‌پاشی سطوح مختلف کود نیتروژن قرار گرفت ($P<0.01$)، اما تغییر معنی‌داری نسبت به نوع رقم و اثر متقابل رقم و محلول‌پاشی کود نیتروژن مشاهده نشد (جدول ۳). با افزایش غلظت کود نیتروژن، تعداد دانه در بلال نیز روند افزایشی داشت. بیشترین تعداد دانه در بلال مربوط به غلظت ۲ لیتر در هکتار کود نیتروژن بود که نسبت به شاهد، حدود ۲۱ درصد افزایش نشان داد (شکل ۴).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی سطوح مختلف کود اوره‌فیت بر عملکرد، اجزای عملکرد و پروتئین دانه دو رقم ذرت

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف	تعداد دانه در بلال	وزن صد دانه	عملکرد دانه	درصد پروتئین دانه	عملکرد پروتئین دانه
بلوک (تکرار)	۳	۰/۶۵ ns	۱/۵۴ ns	۲۶۷/۵۵ ns	۴/۸۹ ns	۸۹۸۳/۱۷ ns	۰/۳۶ ns	۴۰۳۰/۲۵ ns
رقم	۱	۰/۹۱ ns	۰/۳۵ ns	۳۳۱/۰۵ ns	۸/۶۵ ns	۱۲۵۱۱۶۶/۲۶ **	۰/۰۰۳ ns	۳۱۰۷/۵۹ ns
محلول‌پاشی	۴	۲/۵۱ ns	۷۴/۵۵ **	۶۰۰۸/۵۱ **	۳۳/۸۹ **	۱۰۴۲۳۶۸۴/۹۹ **	۶۶/۷۵ **	۸۸۲۱۴۶/۴۲ **
رقم × محلول‌پاشی	۴	۰/۷۰ ns	۲/۱۹ ns	۱/۰۸ ns	۱۰/۲۲ *	۶۲۸۴۹۸/۲۵ **	۱/۶۲ ns	۱۸۷۱۹/۸۳ ns
خطای آزمایشی	۲۷	۰/۹۸	۳/۷۸	۲۸۵/۷۲	۳/۲۷	۷۴۳۶۸/۵۳	۱/۹۳	۱۴۱۴۱/۲۱
ضریب تغییرات (٪)		۶/۴۵	۴/۷۲	۴/۵۷	۶/۰۳	۳/۲۷	۱۴/۷۰	۱۴/۶۵

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد



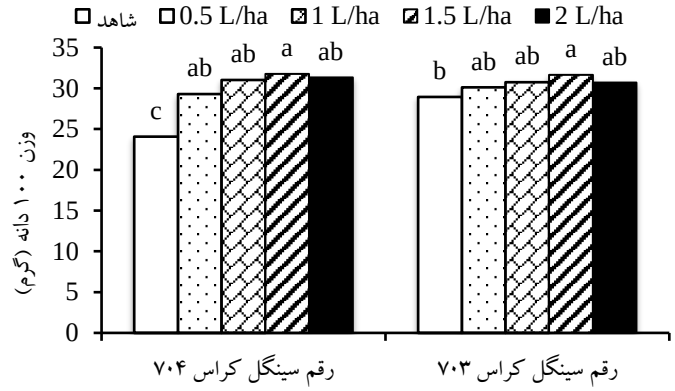
شکل ۴- مقایسه میانگین تعداد دانه در بلال تحت محلول‌پاشی سطوح مختلف کود اوره‌فیت

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد می‌باشند.

تعداد دانه در بلال به‌عنوان یکی از اجزای مهم عملکرد دانه در ذرت، تحت تأثیر محلول‌پاشی کود نیتروژن افزایش یافت. این نتایج با یافته‌های دیگر محققین مبنی بر افزایش تعداد دانه تحت تأثیر کاربرد نیتروژن (Qian *et al*, 2016) همخوانی دارد. به نظر می‌رسد که محلول‌پاشی بوته‌های ذرت با کود اوره‌فیت باعث دسترسی بیشتر گیاه به نیتروژن شده و در نتیجه، شاخص سطح برگ (شکل ۱) و دوام سطح برگ (شکل ۲) افزایش یافته و این امر منجر به افزایش فتوسنتز جاری و تولید ماده فتوسنتزی بیشتر برای تشکیل دانه در بلال شده است. گزارش‌ها نشان می‌دهند که در سطوح بالای نیتروژن، به دلیل توسعه سطح برگ، افزایش جذب نور و در نتیجه، افزایش بازده فتوسنتزی گیاه، مواد پرورده بیشتری به بخش زایشی تخصیص می‌یابد و لذا عملکرد دانه افزایش پیدا می‌کند (Sedghi *et al*, 2016). همچنین، در مطالعه‌ای دیگر نشان داده شده است که افزودن نیتروژن باعث افزایش تعداد دانه و وزن هزار دانه ذرت گردیده است (Seadh *et al*, 2015).

وزن صد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که وزن صد دانه به طور معنی‌داری تحت تأثیر محلول‌پاشی کود نیتروژن ($P<0.01$) و اثر متقابل رقم و محلول‌پاشی کود نیتروژن ($P<0.05$) قرار گرفت، اما تفاوت معنی‌داری بین دو رقم مشاهده نشد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و کود نیتروژن نشان داد که وزن صد دانه در رقم سینگل کراس ۷۰۴ با افزایش غلظت کود نیتروژن نسبت به شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافت. در رقم سینگل کراس ۷۰۳ نیز افزایش وزن صد دانه تحت تأثیر محلول‌پاشی کود نیتروژن مشاهده شد، اما این افزایش تنها در غلظت ۱/۵ لیتر در هکتار معنی‌دار بود (شکل ۵). نتایج نشان داد که در شرایط عدم محلول‌پاشی، وزن صد دانه رقم سینگل کراس ۷۰۳ حدود ۱۶/۷۸ درصد بیشتر از رقم ۷۰۴ بود. اما با محلول‌پاشی نیتروژن، تفاوت معنی‌داری بین دو رقم مشاهده نشد (شکل ۵). به نظر می‌رسد که این اختلاف در تیمار شاهد به دلیل تفاوت‌های ژنتیکی بین دو رقم بوده و کود اوره‌فیت تأثیر بیشتری بر رقم سینگل کراس ۷۰۴ نسبت به ۷۰۳ داشته که منجر به عدم اختلاف معنی‌دار بین دو رقم شده است. مطالعات دیگر نشان داده‌اند که افزایش کود نیتروژن از ۱۰۰ به ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار تأثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه نداشته، اما افزایش از ۵۰ به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش قابل توجهی در وزن هزار دانه شده است (Moraditochaee *et al*, 2012). نتایج این تحقیق با یافته‌های حاضر در خصوص تأثیر مثبت کود نیتروژن بر وزن هزار دانه مطابقت دارد. همچنین، تحقیقات دیگر نیز نشان داده‌اند که استفاده از کود نیتروژن باعث افزایش وزن هزار دانه ذرت شده است (Seadh *et al*, 2015).

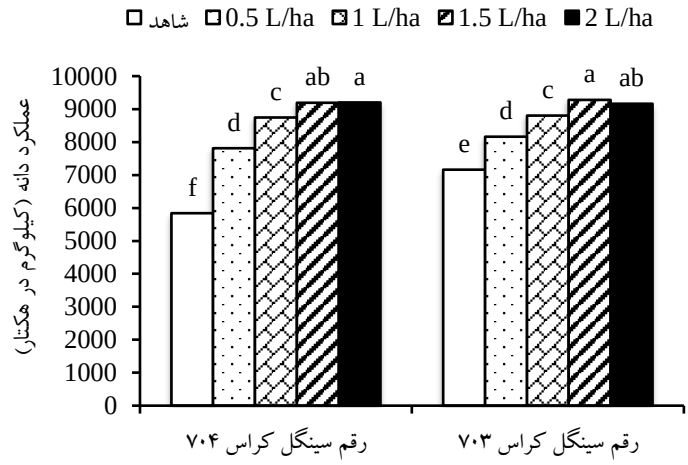


شکل ۵- مقایسه میانگین وزن ۱۰۰ دانه دو رقم ذرت تحت محلول‌پاشی سطوح مختلف کود اوره‌فیت

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد می‌باشند.

عملکرد دانه

بر اساس تجزیه واریانس داده‌ها، عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر رقم، سطوح مختلف محلول‌پاشی کود نیتروژن و اثر متقابل این دو ($P<0.01$) قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و کود نیتروژن نشان داد که در هر دو رقم، کاربرد کود نیتروژن باعث افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شد. بالاترین عملکرد دانه در رقم سینگل کراس ۷۰۴ با غلظت ۲ لیتر در هکتار و در رقم سینگل کراس ۷۰۳ با غلظت ۱/۵ لیتر در هکتار به دست آمد، اما بین این دو غلظت تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۶).



شکل ۶- مقایسه میانگین عملکرد دانه دو رقم ذرت تحت محلول‌پاشی سطوح مختلف کود اوره‌فیت

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد می‌باشند.

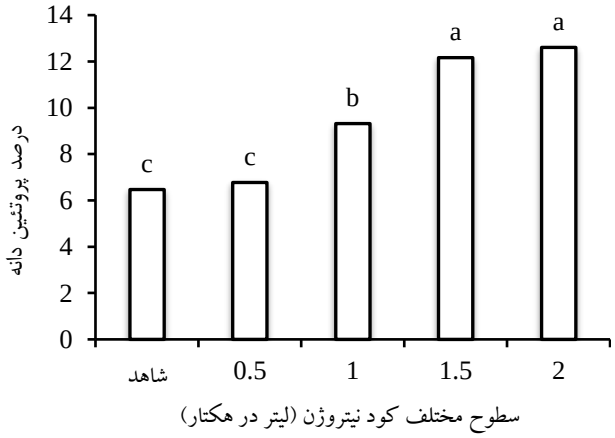
در شرایط بدون محلول‌پاشی کود نیتروژن، عملکرد دانه در رقم سینگل کراس ۷۰۳ به‌طور معنی‌داری حدود ۲۰ درصد بیشتر از رقم ۷۰۴ بود، که این اختلاف ممکن است به دلیل تفاوت در وزن صد دانه بین دو رقم باشد. در سایر تیمارهای محلول‌پاشی تفاوت معنی‌داری بین عملکرد دانه دو رقم مشاهده نشد (شکل ۶). با این حال، عملکرد دانه رقم سینگل کراس ۷۰۳ به‌طور کلی بیشتر از رقم سینگل کراس ۷۰۴ بود، که احتمالاً به بالاتر بودن وزن دانه در بلال رقم ۷۰۳ مرتبط است (شکل ۵). در رقم سینگل کراس ۷۰۴ تحت محلول‌پاشی غلظت ۲ لیتر در هکتار کود اوره‌فیت، عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری به میزان ۵۷/۶ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. در رقم سینگل کراس ۷۰۳ نیز عملکرد دانه با کاربرد غلظت ۱/۵ لیتر در هکتار کود اوره-فیت نسبت به شاهد، افزایش ۳۰ درصدی نشان داد (شکل

۶). طبق نتایج این بررسی، عملکرد دانه در هر دو رقم با کاربرد و افزایش کود اوره‌فیت بهبود یافت که این یافته‌ها با نتایج تحقیقات دیگر نیز مطابقت دارد (Singh and Daiudi, 2017; Afolabi *et al*, 2020). به نظر می‌رسد که کاربرد نیتروژن باعث افزایش شاخص سطح برگ (شکل ۱) و دوام سطح برگ (شکل ۲) و به تبع آن افزایش فتوسنتز و ماده‌سازی در گیاه شده است که به بهبود صفات تعداد دانه در بلال (شکل ۴) و وزن صد دانه (شکل ۵) به‌عنوان اجزای عملکرد دانه منجر گردید که در نهایت، تأثیر آن در افزایش عملکرد دانه (شکل ۶) نمود پیدا کرد. اما نمی‌توان چنین پنداشت که هرچه غلظت نیتروژن و تعداد برگ افزایش بیشتری پیدا کند عملکرد دانه نیز بیشتر خواهد شد. با توجه به نتایج پژوهش حاضر در هر دو رقم سینگل کراس ۷۰۳ و ۷۰۴، بین غلظت‌های ۱/۵ و ۲ لیتر در هکتار تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد دانه مشاهده نشد. به نظر می‌رسد با افزایش شاخص سطح برگ، کارایی مصرف نور نیز افزایش می‌یابد اما این افزایش کارایی مصرف نور تا حد معینی از افزایش شاخص سطح برگ (یعنی تا زمانی که کانوپی بسته می‌شود) تبعیت می‌کند. بعد از بسته شدن کانوپی، برگ‌ها شروع به سایه انداختن می‌کنند و کارایی مصرف نور کاهش می‌یابد. در واقع، افزایش بیشتر سطح برگ تأثیری بر افزایش تولید خالص گیاه و افزایش عملکرد دانه آن ندارد.

در تحقیق دیگری، بیشترین عملکرد دانه ذرت با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن تحت تراکم ۶۶۶۶۶ بوته در هکتار به میزان ۶۹۲۵/۷۹ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (ShrEStha *et al*, 2018).

درصد پروتئین دانه

درصد پروتئین دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی کود نیتروژن قرار گرفت، اما نوع رقم و اثر متقابل رقم و کود نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر صفت مذکور نداشتند (جدول ۳). با افزایش غلظت محلول‌پاشی کود نیتروژن، درصد پروتئین دانه افزایش یافت. به‌طور خاص، در غلظت‌های ۱/۵ و ۲ لیتر در هکتار، به ترتیب افزایش ۹۵ و ۸۸ درصدی در مقایسه با شاهد مشاهده شد. در غلظت ۰/۵ لیتر در هکتار، تغییر معنی‌داری در درصد پروتئین دانه نسبت به شاهد مشاهده نشد، اما غلظت ۱ لیتر در هکتار باعث افزایش ۴۴ درصدی پروتئین دانه نسبت به شاهد گردید (شکل ۷).



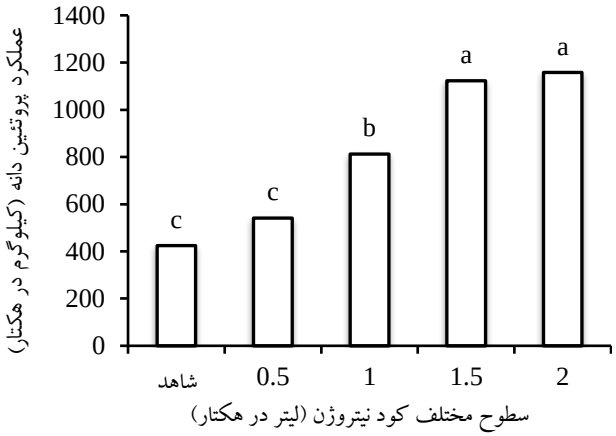
شکل ۷- مقایسه میانگین درصد پروتئین دانه ذرت تحت محلول‌پاشی سطوح مختلف کود اوره‌فیت

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد می‌باشند.

فلاح و تدین (۱۳۸۸) در تحقیقاتی روی ذرت نشان دادند که با افزایش مصرف نیتروژن، درصد پروتئین دانه افزایش می‌یابد، که با نتایج این بررسی همخوانی دارد. موسوی و همکاران (۱۳۹۵) نیز گزارش کردند که با افزایش نیتروژن، درصد پروتئین دانه سورگوم افزایش می‌یابد و بیشترین درصد پروتئین در غلظت ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد. نیتروژن به عنوان یکی از اجزای اصلی اسیدهای آمینه، موجب افزایش درصد پروتئین دانه می‌شود. با کاربرد کودهای نیتروژنه، مقدار واردات نیتروژن از قسمت‌های رویشی به دانه در مقایسه با کربوهیدرات‌ها افزایش یافته و موجب افزایش غلظت نیتروژن و درصد پروتئین دانه می‌شود (مرادی تلاوت و همکاران، ۱۳۸۶).

عملکرد پروتئین دانه

عملکرد پروتئین دانه به‌طور معنی‌داری ($P<0.01$) تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی کود نیتروژن قرار گرفت. با این حال، نوع رقم و اثر متقابل رقم و محلول‌پاشی تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با کاربرد نیتروژن، عملکرد پروتئین دانه افزایش یافت. بیشترین عملکرد پروتئین دانه (۱۱۵۸/۵۷ کیلوگرم در هکتار) به غلظت ۲ لیتر در هکتار مربوط بود که در مقایسه با غلظت ۱/۵ لیتر در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۸).



شکل ۸- مقایسه میانگین درصد پروتئین دانه ذرت تحت محلول‌پاشی سطوح مختلف کود اوره‌فیت

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد می‌باشند.

عملکرد پروتئین دانه رابطه مستقیمی با عملکرد دانه و درصد پروتئین دانه دارد و تغییر در هر یک از این صفات به‌طور مستقیم، عملکرد پروتئین دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همان‌طور که قبلاً اشاره شد، کود نیتروژن اثر افزایشی بر عملکرد دانه (شکل ۶) و درصد پروتئین دانه (شکل ۷) دارد که به تبع آن، عملکرد پروتئین دانه نیز افزایش می‌یابد (شکل ۸). بر اساس گزارش محققان، با افزایش نیتروژن، عملکرد پروتئین دانه افزایش یافت و حداکثر عملکرد پروتئین دانه ذرت تحت غلظت ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد (Shapiro & Wortmann, 2006). در پژوهشی دیگر، بررسی سه سطح نیتروژن (۴۰، ۶۰ و ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) بر جو (*Hordeum vulgare*) نشان داد که بیشترین عملکرد پروتئین دانه در غلظت ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد (Shafi *et al*, 2011). همچنین، محققان دیگری گزارش کرده‌اند که عملکرد پروتئین دانه با استفاده از کود نیتروژن افزایش یافت و این افزایش به تأثیر مثبت نیتروژن بر تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه نسبت داده شد (Fateh *et al*, 2021).

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج این مطالعه، استفاده و افزایش مصرف کود اوره‌فیت منجر به بهبود صفات مرتبط با عملکرد و پروتئین دانه شد. بیشترین شاخص سطح برگ، تعداد دانه در بلال، وزن صد دانه، عملکرد دانه، و درصد و عملکرد پروتئین دانه در تیمار محلول‌پاشی با غلظت ۲ لیتر در هکتار کود اوره-فیت مشاهده شد. دو رقم سینگل کراس ۷۰۴ و ۷۰۳ تقریباً واکنش یکسانی نسبت به محلول‌پاشی با کود اوره‌فیت نشان دادند و تفاوت معنی‌داری در بیشتر صفات بررسی شده، به‌ویژه عملکرد و کیفیت دانه، بین این دو رقم مشاهده نشد. در این تحقیق، محلول‌پاشی ذرت در مرحله گلدهی با کود اوره‌فیت منجر به افزایش شاخص و دوام سطح برگ شد که به نظر می‌رسد به دلیل افزایش سطح فعال فتوسنتزی در مرحله گلدهی و کاهش انتقال مجدد ماده خشک، عملکرد و کیفیت دانه ذرت را بهبود بخشیده است. با توجه به اینکه در اغلب صفات، اختلاف معنی‌داری بین دو سطح ۱/۵ و ۲ لیتر در هکتار کود اوره‌فیت مشاهده نشد، جهت صرفه‌جویی در مصرف کود به‌ویژه در کشت وسیع، استفاده از ۱/۵ لیتر در هکتار این کود پیشنهاد می‌شود.

سپاسگزاری

از زحمات کارشناسان آزمایشگاه‌های دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان، نهایت تشکر و سپاسگزاری را داریم.

منابع

Afolabi, M. S., Murtadha, M.A., Lamidi, W.A., Waheed, J. A., Salami, A.E., & Bello, O. B. (2020). Evaluation of yield and yield components of low n maize (*Zea mays* L.) varieties under low and high nitrogen conditions. *African Journal of Agricultural Research*, *15*(1), 66-72.

Ahmadi, M., Mondani, M., Khorramivafa, F., Mohammadi, M.Gh., & Shirkhani, A. (2018). The effect of nitrogen on radiation use efficiency and growth indices of maize hybrids (*Zea mays* L.) under Kermanshah condition. *Iranian Journal of Field Corps Research, 15*(4), 885-900. (In Persian).

Ajeng A.A., Abdullah, R., Malek, M.A., Chew, K.W., Ho, Y.C., Ling, T.C., Lau, B.F., & Show, P.L. (2020). The effects of biofertilizers on growth, soil fertility, and nutrients uptake of oil palm (*Elaeis guineensis*) under greenhouse conditions. Processes, 8(12), 1681-1697.

Amiri, R., Sasani, S., Jalali-Honarmand, S., Rasaei, A., Seifolahpour, B., & Bahraminejad, S. (2018). Genetic diversity of bread wheat genotypes in Iran for some nutritional value and baking quality traits. *Physiology and Molecular Biology of Plants, 24*(1), 147-157.

Barker, A. V., & Pilbeam, D. J. (Eds.). (2015). Handbook of plant nutrition. CRC press, Taylor and Francis Group, New York, NY, USA, 2015.

Budak, F., & Aydemir, S.K. (2018). Grain yield and nutritional values of sweet corn (*Zea mays* var. saccharata) in produced with good agricultural implementation. *Nutrition and Food Science International Journal, 7*(2), 555710.

Ciriello, V., Guerrini, I. A., & Backes, C. (2016). Nitrogen doses on the initial growth and nutrition of guanandi plants. *Cerne*, *20*(4), 653-660.

Fageria, N. K., & Baligar, V. C. (2005). Growth components and zinc recovery efficiency of upland rice genotypes. *Agronomy Journal*, *40*, 1211-1215 .

Fallah, S., & Tadayyon, A. (2010). Effects of plant density and nitrogen rates on yield, nitrate and protein of silage maize. *Journal of Crop Production, 2*(1), 105-121. (In Persian)

Fateh, M., Kazemi Arbat, H., Mohammadi, S., Farahvash, F., & Zand, E. (2021). Investigation of plant density and nitrogen fertilizer on leaf area, chlorophyll and grain protein of *Zea mays* and biomass of *Amaranthus retroflexus*. *Iranian Journal of Plant Physiology*, *11*(3), 3719-3730. (In Persian) .

FAOSTAT. (2022). https://www.fao.org/faostat/en/#compare.

Gardner, F.P., Pearce, R.B., & Mitchell, R.I. (1985). Physiology of Crop Plant. Iowa State University Press, Ames, 997p.

Havlin, J.L., Tisdale, S.L., Nelson, W.L., & Beaton, J.D. (2016). Soil Fertility and Fertilizers. Pearson Education India, 40p.

Hejazi, L., & Soleymani, A. (2014). Effect of different amounts of nitrogen fertilizer on gran yeild of forage corn cultivars in Isfahan. *International journal of Advanced Biological and Biomedical Research, 2*(3), 608-614. (In Persian)

Jafartayari, D., Naderidarbahghsahi, M., & Javanmard, H. (2012). Source limitation, nitrogen topdressing and seed yield relationship in different cultivars of maize (*Zea mays* L.). *International Journal of Agriculture Science*, 2(5), 408-413.

Jamaati, S, Zabihi, R.M., Yari, A., Khayatnezhad, M., & Gholami, R. (2010). Effect of nitrogen fertilizer levels and plant density on some physiological traits of durum wheat. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science*, *9*, 121-127.

Jena, N., Vani, P., Rao, K. P. V., & Siva Sankar, A. (2015). Effect of nitrogen and phosphorus fertilizers on growth and yield of Quality Protein Maize (QPM). *International Journal of Science and Research* (IJSR), *4*(12), 197-199 .

Kakabouki, I.P., Roussis, I.E., Papastylianou, P., Kanatas, P., Hela, D., Katsenios, N., & Fuentes Carmona, F.F. (2019). Growth analysis of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in response to fertilization and soil tillage. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, *47*(4), 1025-1036.

Koocheki1, A., Nassiri Mahallati1, M., Bakhshaei, S., & Davari, A. (2017). A meta-analysis on nitrogen fertilizer experiments on cereal crops in Iran. *Journal of Agroecology, 9*(2), 296-313. (In Persian).

Mansouri-Far, C., Modarressanavy, S.A. M., & Saberali, S. F. (2010). Maize yield response to deficit irrigation during low-sensitive growth stages and nitrogen rate under semi-arid climatic conditions. *Agricultural Water Management*, *97*(1), 12-22.

Moradi Telavat1, M.R., Siadat, S.A. Nadian, H., & Fathi, G. (2008). Response of canola grain and oil yields, oil and protein contents to different levels of nitrogen and boron fertilizers in Ahwaz region. *Journal of Agricultural Sciences of Iran, 9*(3), 213-224. (In Persian).

Moraditochaee, M., Motamed, M.K., Azarpour, E., Khosravi Danesh, R., & Bozorgi, H.R. (2012). Effects of nitrogen fertilizer and plant density management in corn farming arpn. *Journal of Agricultural and Biological Science, 7*(2), 133-137.

Mousavi, S.G.R., Seghatoleslami, M.J., & Arefi, R. (2012). Effect of N fertilization and plant density on morphological traits and grain yield of grain sorghum. *Applied Research of Plant Ecophysiology*, *3*(2), 141–160 .

Mueller, S. M., & Vyn, T. J. (2016). Maize plant resilience to N stress and post-silking N capacity changes over time: a review. *Frontiers in Plant Science*, *7*(53), 1-14.

Nemati, A. & Seyed Sharifi, R. (2015). Influence of nitrogen application rate and timing on grain yield, phyllochron and leaf appearance rate of corn (*Zea mays* L.). *Journal of Crop production and processing, 5*(16), 219-231. (In Persian).

Netanos, D. A., & Koutroubas, S. D. (2012). Dry matter and an accumulation and translocation for Indica and Japonica rice under Mediterranean conditions. *Field Crops Research, 74*, 93-101.

Qian, C., Yu, Y., Gong, X., Jiang, Y., Zhao, Y., Yang, Zh., Hao, Y., Li. L., Song, Zh., & Zhang, W. (2016). Response of grain yield to plant density and nitrogen rate in spring maize hybrids released from 1970 to 2010 in Northeast China. *The Crop Journal*, *4*(6), 459-467.

Seadh, S.E., Abido, W.A.E., & Abdulrahman, D.R. (2015). The role of foliar application in reducing maize nitrogen requirements. *Journal of Plant Production, 6*(7), 1169-1181.

Sedghi M., Nemati, A., Seyed Sharifi, R., & Gholamhosseini, M. (2016). *Journal of Crop Production*, *9*(3), 45-65. (In Persian).

Shafi, M., Bakht, J., Jalal, F., Khan, M. A., & Khattak, S.G. (2011). Effect of nitrogen application on yield and yield components of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Pakistan Journal of Botany*, *43*(3), 1471-1475.

Shapiro, C. A., & Wortmann, C. S. (2006). Corn response to nitrogen rate, row spacing, and plant density in eastern Nebraska. *Agronomy Journal*, *98*(3), 529-535.

ShrEStha, J., YaDav, D. N., Amgain, L. P., & SharMa, J. P. (2018). Effects of nitrogen and plant density on maize (Zea mays L.) phenology and grain yield. *Current Agriculture Research Journal, 6*(2), 175.

Singh, R., & Daoudi, M. (2017). Effect of nitrogen and sulphur on growth and yield of hybrid maize (*Zea mays* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *6*(6), 1930-1935.

Taghizadeh, R., & Seyed Sharifi, R. (2011). Effect of nitrogen fertilizer on yield attributes and nitrogen use efficiency in corn cultivars. *Journal of, Water and Soil Sciences*, *15*(57), 209-217. (In Persian).

Taiz L., Zeiger E., Moller I.M., & Murphy A. (2017). Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal, 6th ed.; Artmed: Porto Alegre, Brazil. ISBN. 978-85-8271-367-9.

Vos, J. P. E. L., Van Der Putten, P. E. L., & Birch, C. J. (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*(1), 64-73.

Yadavi, A., & Yuosepur, Z. (2015). Effect of nitrogen and phosphorus sources on soil chemical properties and elements concentration in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Water and Soil*, *29*(1), 210-224.

Ya-wei, W., Qiang, L., Rong, J., Wei, Ch., Xiao-lin, L., Fan-lei, K., Yong-pei, K., Haichun, Sh., & Jichao, Y. (2019). Effect of low-nitrogen stress on photosynthesis and chlorophyll fluorescence characteristics of maize cultivars with different low-nitrogen tolerances. *Journal of Integrative Agriculture*, *18*(6), 1246–1256.

Zaman, R., & Khan, A. (2016). Growth and yield performance of maize seeded in line and broadcasted to varying doses of nitrogen .*Cercetari Agronomice in Moldova*, *2*, 21-27.

Zhai, J., Zhang, G., Zhang, Y., Xu, W., Xie, R., Ming, B, Hou P., Wang, K., Xue, J., & Li, Sh. (2022). Effect of the rate of nitrogen application on dry Matter accumulation and yield formation of densely planted maize. *Sustainability*, *14*, 14940

Plant Production and Genetics **تولید و ژنتیک گیاهی**

Vol. 5 , No. 1, Spring & Summer 2024, p. 101-114 **جلد ۵، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۳، صفحه ۱۱۴-۱۰۱**

Research Article DOI: 10.22034/PLANT.2024.141340.1107

Effect of foliar application of UrePhit fertilizer in reproductive growth stage on grain yield and quality of two corn cultivars

Ali Akbar Kakaei [1], Yousef Sohrabi[*2]

1. MSc. graduate, Department of Production and Plant Genetics, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran
2. Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

Received: 20-05-2024
Accepted: 08-07-2024

Abstract

This study aimed to investigate the impact of foliar application of urea fertilizer (UrePhit) during the reproductive growth stage on the yield and grain quality of two corn varieties in the year 2019, conducted in a field in Eslamabad-e-Gharb County. The experiment was carried out as a factorial based on a randomized complete block design with four replications. The experimental factors included two single cross hybrids, 703 and 704, and five levels of UrePhit foliar application (0, 0.5, 1, 1.5, and 2 L ha^{-1}). The foliar application was performed at the beginning of the reproductive growth stage. The results showed that increasing the nitrogen fertilizer concentration led to an increase in leaf area index, yield components, overall yield, and grain protein percentage and yield. The highest leaf area index, number of grains per ear, grain yield, and grain protein yield were obtained at the concentration of 2 liters per hectare of UrePhit, which showed an increase of 33.6%, 21%, 41%, and 173% respectively compared to the control treatment. In both varieties, foliar application during the reproductive growth stage led to an increase in leaf area index and leaf area duration, enhanced photosynthesis, improved grain yield components, and ultimately increased corn grain yield. The results indicated that the application of 2 liters per hectare of UrePhit not only improved grain yield but also significantly enhanced grain quality.

Keywords: Yield components, grain protein percentage, leaf surface durability, corn

Citation: Kakaei, A.A., & Sohrabi, Y. (2024). Effect of foliar application of UrePhit fertilizer in reproductive growth stage on grain yield and quality of two corn cultivars. *Plant Production and Genetics*, 5(1), 101-114. https://doi.org/ 10.22034/PLANT.2024.141340.1107.

Copyrights:
Copyrights rights for this article is retained by the author (s), with publication rights granted to Plant Production and Genetics. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

[*]Corresponding Author Email: y.sohrabi@uok.ac.ir