

تأثیر مقدار و زمان مصرف کود نیتروژن بر عملکرد و برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد ذرت

رنوف سیدشریفی* و علیرضا نعمتی^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۹/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۷/۱۲)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر مقدار و زمان مصرف نیتروژن بر عملکرد دانه و برخی شاخص‌های فیزیولوژیک ذرت، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۸۸ اجرا شد. کود نیتروژن با چهار سطح (صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) در کرت‌های اصلی، زمان مصرف کود نیتروژن در سه سطح (۱/۳، ۱/۲، ۱/۴) در زمان کاشت + ۱/۳ در زمان ۸ تا ۱۰ برگی + ۱/۳ در زمان ظهور گل تاجی)، (۱/۲ زمان کاشت + ۱/۲ ظهور گل تاجی) و (۱/۲ کاشت + ۱/۴ در مرحله ۸ تا ۱۰ برگی + ۱/۴ زمان ظهور گل تاجی) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. بررسی روند تغییرات انباشت ماده خشک کل نشان داد که در تمامی ترکیبات تیماری، روند انباشت ماده خشک به آهستگی تا دریافت ۳۰۰-۴۰۰ درجه روز- رشد بعد از کاشت روند صعودی داشت و سپس به طور سریعی تا ۸۵۰-۹۰۰ درجه روز- رشد افزایش یافت و از ۹۰۰-۹۰۰ درجه روز- رشد تا رسیدگی، به آهستگی به واسطه افزایش پیری برگ‌ها و کاهش سطح برگ کاهش یافت. بیشترین میزان انباشت ماده خشک کل در کرت‌هایی مشاهده گردید که مقدار ۲۲۵ کیلوگرم کود نیتروژن به صورت تقسیط مساوی در سه مرحله ۱/۳ زمان کاشت + ۱/۳ در زمان ۸ تا ۱۰ برگی + ۱/۳ در زمان ظهور گل تاجی به کار برده شد. روند مشابهی نیز در سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی برآورد گردید. افزایش در مقدار کود نیتروژن به طور معنی‌داری شاخص سطح برگ را افزایش داد. بیشترین مقدار آن در بالاترین سطح از کود نیتروژنی در تقسیط مساوی کود در سه مرحله ۱/۳ زمان کاشت + ۱/۳ در زمان ۸ تا ۱۰ برگی + ۱/۳ در زمان ظهور گل تاجی با دریافت ۸۵۰-۹۰۰ درجه روز- رشد و کمترین مقدار آن در عدم کاربرد کود نیتروژن برآورد گردید. مقدار، زمان و اثر برهمکنش این دو عامل بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه معنی‌دار شد. حداکثر عملکرد دانه (۷۹۲۸/۶ کیلوگرم در هکتار) در ترکیب تیماری مصرف ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن به صورت ۱/۳ زمان کاشت + ۱/۳ در زمان ۸ تا ۱۰ برگی + ۱/۳ در زمان ظهور گل تاجی به دست آمد. بنابراین، به نظر می‌رسد که به منظور دستیابی به حداکثر عملکرد دانه و دیگر شاخص‌های رشد مانند بیوماس کل و سرعت رشد محصول از سطح کودی ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار و به صورت تقسیط مساوی کود در سه مرحله ۱/۳ زمان کاشت + ۱/۳ در زمان ۸ تا ۱۰ برگی + ۱/۳ در زمان ظهور گل تاجی در شرایط اقلیمی اردبیل استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: ذرت، نیتروژن، شاخص‌های فیزیولوژیک رشد، عملکرد

۱. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: raouf_ssharifi@yahoo.com

مقدمه

در بین غلات ذرت پس از گندم و برنج، مهم‌ترین ماده غذایی دنیا را تشکیل می‌دهد (۳۷). به لحاظ عملکرد بالا، سهولت نگه‌داری و حمل و نقل، دامنه وسیع کشت و کار، دارا بودن ارقام مختلف با انعطاف‌پذیری‌های فنوتیپی و ژنوتیپی موجب شده است که تقریباً در بیشتر مناطق کشت گردد (۳۴). پتانسیل عملکرد در واحد سطح به گونه‌ای است که برداشت ۱۵ تا ۲۰ تن دانه در هکتار در سطح تجاری رایج می‌باشد (۳۷).

نظر به نقش مهم نیتروژن در رشد و تولید ذرت، این عنصر به عنوان یکی از عوامل تعیین‌کننده عملکرد محسوب می‌شود. ارتباط مستقیم و مثبت این عنصر با عملکرد علوفه و دانه ذرت طی بررسی‌های مختلفی ثابت شده است (۶ و ۱۹). جوکیلا و رندل (۱۶) گزارش نمودند که با افزایش مصرف نیتروژن از صفر تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، اما با افزایش بیشتر آن تا ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار، افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه دیده نشد. پراساد و سینگ (۲۷) مشاهده نمودند که در ارقام مختلف ذرت با افزایش میزان نیتروژن، عملکرد دانه افزایش یافت. تاکر و مالهورا (۳۶) دریافتند که وزن هزار دانه به‌طور معنی‌داری با افزایش میزان نیتروژن در مقایسه با شاهد افزایش یافت. هانوی (۱۴) گزارش کرد که تعداد دانه یکی از اجزای اصلی عملکرد دانه بوده و تأثیر مثبت افزایش نیتروژن در بهبود عملکرد دانه بیشتر از طریق افزایش تعداد دانه در بلال است. جمیل (۱۵) گزارش کرد که عملکرد و اجزای عملکرد ذرت با افزایش سطوح نیتروژن نسبت به شاهد افزایش یافت. صابر و همکاران (۳۲)؛ محمود و همکاران (۲۳) طی بررسی‌های جداگانه اعلام کردند که با افزایش مقادیر نیتروژن در تقسیم کودی بیشتر، تعداد دانه در بلال به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد.

کوکس (۷) معتقد است که کمبود نیتروژن به دلیل کاهش فعالیت‌های متابولیسمی (فتوستتوز و متابولیسم نیتروژن) و اختلال در حمل مواد فتوستتوزی به بلال (مقصد فیزیولوژیک اصلی)، منجر به کاهش جبران‌ناپذیر عملکرد دانه ذرت

می‌گردد. کسکین و همکاران (۱۸) طی آزمایشی دو ساله با چهار سطح کودی صفر، ۸۰، ۱۶۰ و ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بر روی ارقام ذرت اظهار داشتند که بالاترین سطح نیتروژن (۲۴۰ کیلوگرم در هکتار)، بیشترین مقدار پروتئین خام و نسبت بلال به ماده خشک را به همراه داشت. امان‌اله و همکاران (۲) عنوان داشتند که افزایش مقدار نیتروژن مصرفی در زمان‌های مناسب رشدی گیاه، به افزایش تعداد و اندازه برگ‌ها، بیوماس تولیدی و ارتفاع گیاه منجر می‌شود. بر اساس بررسی‌های سابدی و همکاران (۳۵) عملکرد دانه ذرت با افزایش مقدار نیتروژن در سطوح تقسیمی بیشتر آن، به‌طور نمایی افزایش یافت و حداکثر عملکرد دانه با مقدار ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آوردند.

تجزیه و تحلیل کمی رشد، روشی مناسب برای توجیه و تفسیر واکنش‌های گیاه نسبت به شرایط محیطی مختلف می‌باشد که گیاه در طول دوره حیات خود با آنها مواجه است. به کمک این روش شناخت بهتری از چگونگی انتقال مواد ساخته شده فتوستتوزی به اندام‌های مختلف و انباشت آنها از طریق اندازه‌گیری ماده خشک تولید شده در طول فصل رشد و نمو ذرت به دست می‌آید. شاخص حرارتی درجه روز-رشد (Growth Degree Days) اهمیت بالایی در بررسی و توصیف کمی مراحل فنولوژی ذرت دارد (۱۰). گارسید (۱۲) گزارش کرد که مقدار نیتروژن قابل دسترس بر توزیع مواد فتوستتوزی بین اندام‌های رویشی و زایشی موثر است و مراحل فنولوژیک در اثر کمبود نیتروژن به تأخیر می‌افتد. این امر می‌تواند به دلیل تأثیر زیاد نیتروژن بر گسترش سطح برگ و تداوم بهتر آن باشد. بررسی‌های رشید و همکاران (۲۹) نشان داد که کاربرد ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مقایسه با شاهد منجر به افزایش شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک کل، سرعت رشد محصول و میزان جذب خالص می‌شود. اسکار و تولنار (۲۵) گزارش کردند که با کاربرد مقدار بالاتر نیتروژن، شاخص سطح برگ افزایش یافت. دجان‌الرو و همکاران (۸) طی آزمایشی سه ساله گزارش کردند که به‌کارگیری مقادیر

کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد. وی اظهار داشت که بین سرعت رشد محصول و عملکرد دانه رابطه مثبتی وجود دارد و وجود سرعت رشد محصول بالاتر در طی گلدهی ممکن است پیش نیازی جهت به دست آوردن عملکرد دانه بالاتر باشد. صابر علی و همکاران (۳۱) گزارش کردند که مقدار شاخص سطح برگ ذرت در مرحله ابریشم دهی به حداکثر می‌رسد و پس از آن به دلیل ریزش برگ‌ها، روند نزولی پیدا کرد. سرعت رشد محصول در یک دوره ۳۰ روزه (در طول مدت کاکل‌دهی) که ارتباط زیادی با تعداد دانه و در نهایت عملکرد دانه دارد نیز به طور موثری تحت تأثیر کود نیتروژن قرار می‌گیرد (۵). جمیل (۱۵) بیشترین مقدار شاخص سطح برگ (۵/۷) را بعد از ظهور گل تاجی و با کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آوردند. با افزایش مقادیر کود نیتروژن از ۱۵۰ به ۲۲۵ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار همراه با افزایش شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول نیز افزایش یافت که تقریباً در اواسط فصل رشد به حداکثر خود رسید و پس از آن روند کاهشی نشان داد. میزان سرعت رشد نسبی در تیمار کودی ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از ۳۸ روز پس از کاشت در مرحله ۹ برگی تا مرحله شیری نسبت به دو سطح دیگر برتری نشان داد. در این راستا آزمایشی به منظور بررسی تأثیر مقدار و زمان مصرف کود نیتروژن بر عملکرد و برخی شاخص‌های فیزیولوژیک رشد ذرت در شرایط اقلیمی اردبیل انجام گرفت تا ضمن مطالعه روند رشد، مناسب‌ترین ترکیب تیماری از نظر مقدار و زمان مصرف کود نیتروژن برای دستیابی به بالاترین عملکرد و دیگر شاخص‌های فیزیولوژیکی ذرت مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی اجرا شد. مختصات جغرافیایی محل آزمایش، ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۵ دقیقه عرض شمالی با ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا بود. میانگین دمای حداقل، حداکثر و میزان بارندگی در

مختلف کود نیتروژن مقدار شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و تجمع ماده خشک را افزایش و تأثیر معنی‌داری بر عملکرد نهایی می‌گذارد. هم‌چنین آنان بیان داشتند که میزان جذب خالص در مراحل اولیه رشد بالا بود اما در طی مراحل بعدی کاهش یافت، آنان نتیجه گرفتند که کاهش میزان جذب خالص می‌تواند در نتیجه سایه اندازی برگ‌های بالای کانوپی بر برگ‌های پایین، کاهش کارایی فتوسنتزی به واسطه افزایش سن برگ و هم‌چنین فقدان عناصر غذایی در مراحل بعدی رشد باشد. برزسنیا (۴) معتقد است استفاده از آنالیز رشد و پارامترهای رشد می‌تواند نقش مهمی را در بهبود بهره‌وری از نیتروژن توسط هیبریدهای ذرت فراهم سازد، وی با اعمال سطوح مختلف نیتروژن دریافت که مقادیر پارامترهای رشدی مانند شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و میزان جذب خالص در حالت مصرف نیتروژن در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافت.

امان اله و همکاران (۲) بیان داشتند که مصرف مقدار بالاتر کود نیتروژن در مراحل مختلف رشد گیاه ذرت، دوره رشد رویشی و زایشی گیاه را به تأخیر انداخته و منجر به افزایش معنی‌دار تعداد برگ، شاخص سطح برگ و ماده خشک بیشتر می‌شود. موتوکومار و همکاران (۲۴) واکنش معنی‌داری در پارامترهای رشد بواسطه کاربرد کود نیتروژن در زمان‌های مختلف رشد گیاه مشاهده کردند و بالاترین میزان شاخص سطح برگ و ماده خشک کل را در مصرف نیتروژن به صورت یک دوم در زمان کاشت، یک چهارم ۲۵ روز پس از کاشت و یک چهارم ۴۵ روز پس از کاشت گزارش نمودند. آنان دلیل این امر را به افزایش قابلیت دسترسی به نیتروژن و تامین به موقع آن برای رشد رویشی نسبت دادند. کاربرد کود نیتروژن به صورت سرک بر اساس مراحل رشدی گیاه بهره‌وری کود بوسیله گیاه را افزایش و اتلاف آن را کاهش می‌دهد. در آزمایش خلیق و همکاران (۱۹) کاربرد نیتروژن به طور معنی‌داری میانگین سرعت رشد محصول را افزایش داد و حداکثر آن (۲۱/۳۷ گرم بر مترمربع در روز) با اعمال ۳۰۰

فصل زراعی در شکل ۱ و مشخصات اقلیمی خاک مزرعه آزمایش در جدول ۱ آورده شده است. آزمایش به صورت کرت خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. سطوح نیتروژن با چهار سطح (صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) در کرت‌های اصلی، نحوه مصرف نیتروژن در سه سطح (۱/۳) زمان کاشت + ۱/۳ در مرحله ۸ تا ۱۰ برگگی + ۱/۳ در مرحله ظهور گل تاجی، (۱/۲) زمان کاشت + ۱/۲ مرحله ظهور گل تاجی و (۱/۲) کاشت + ۱/۴ در مرحله ۸ تا ۱۰ برگگی + ۱/۴ در مرحله ظهور گل تاجی) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. هر کرت اصلی شامل ۵ ردیف کاشت به طول ۴ متر و فاصله بین ردیفی ۷۵ سانتی‌متر و بین بوته‌ای ۱۵ سانتی‌متر بود. بذر ذرت مورد استفاده رقم کوردونا بود که از مرکز تحقیقات سازمان جهاد کشاورزی اردبیل تهیه شد. این رقم جزو ارقام میان رس طبقه‌بندی می‌شود و از طول دوره رشدی ۱۱۵-۱۱۰ روزه در شرایط اقلیمی اردبیل برخوردار است. کشت به طریقه کپه‌ای بود که در هر کپه دو بذر ضد عفونی شده با قارچ‌کش ویتاواکس کشت گردید و بعد از مرحله ۴-۶ برگگی نسبت به تنک کردن بوته‌ها در مزرعه اقدام گردید طوری که در هر کپه فقط یک بوته باقی بماند. اولین آبیاری بعد از کاشت و آبیاری‌های بعدی بسته به شرایط محیطی و نیاز گیاه زراعی بر اساس عرف متداول زارعین محلی انجام شد. در طول دوره رشد، کنترل علف‌های هرز به طریق دستی در دو مرحله (دوره سبز شدن و زمانی که ارتفاع بوته‌ها به ۲۰-۳۰ سانتی‌متر برسد) انجام گرفت. برای بررسی شاخص‌های فیزیولوژیک رشد نمونه‌برداری از هر کرت فرعی با انتخاب ۳ بوته به طور تصادفی با رعایت اثر حاشیه‌ای از بین بوته‌های رقابت کننده و از ۴۲ روز پس از کاشت در مجموع با هفت مرحله نمونه‌برداری در فاصله زمانی هر ۱۰ روز یکبار تا زمان برداشت ادامه یافت. برای محاسبه سطح برگ ابتدا برگ‌های هر بوته جدا گردید و طول و بزرگ‌ترین پهنای هر برگ توسط خط‌کش اندازه‌گیری شد و سپس سطح برگ بوته‌ها از رابطه

$$A = L \times W \times 0.75$$

برگ، L طول برگ و W بزرگترین پهنای برگ می‌باشد. با اندازه‌گیری دو عامل سطح برگ و وزن خشک، مقادیر شاخص‌های فیزیولوژیک رشد مانند سرعت رشد محصول (CGR)، سرعت رشد نسبی (RGR) و سرعت جذب خالص (NAR) با استفاده از معادلات زیر برآورد گردید (۱۰).

$$CGR = \frac{W_r - W_1}{GA(t_r - t_1)} \quad RGR = \frac{\ln W_r - \ln W_1}{t_r - t_1}$$

$$NAR = \frac{W_r - W_1}{t_r - t_1} \times \frac{\ln A_r - \ln A_1}{A_r - A_1}$$

در این روابط، W_1 و W_2 به ترتیب وزن خشک اولیه و ثانویه بر حسب گرم در مترمربع، t_1 و t_2 به ترتیب زمان نمونه‌برداری اولیه و ثانویه بر حسب درجه روز- رشد در آن محدوده زمانی، $\ln A_1$ و $\ln A_2$ به ترتیب لگاریتم طبیعی سطح برگ اولیه و ثانویه بر حسب مترمربع و $\ln W_1$ و $\ln W_2$ به ترتیب لگاریتم طبیعی وزن خشک اولیه و ثانویه بر حسب گرم در مترمربع می‌باشد. برای برآورد ماده خشک کل از معادله $TDM = (a + bt + ct^2 + dt^3)$ استفاده گردید. در این معادله t زمان بین مراحل نمونه‌برداری و a، b، c ضرایب معادله هستند. برای محاسبه درجه روز- رشد از رابطه زیر استفاده شد (۱۳).

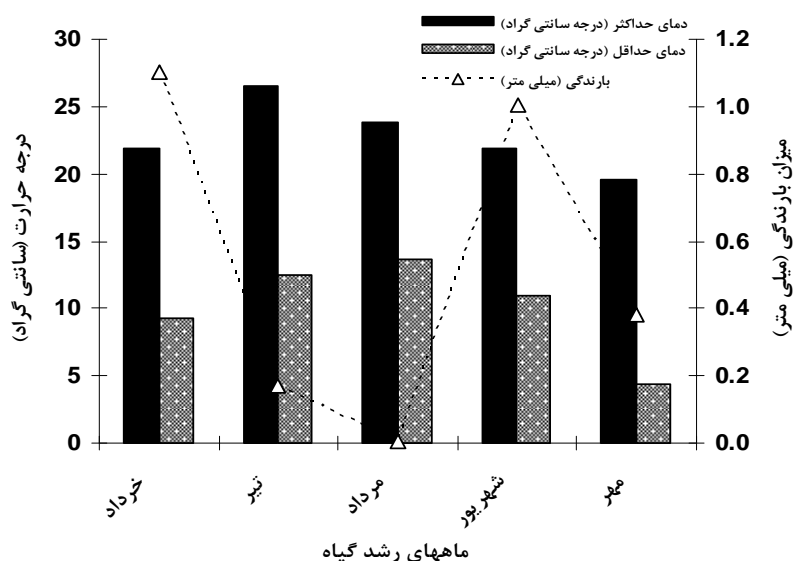
$$GDD = \sum \left[\left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) - T_b \right]$$

در این رابطه، GDD = درجه روز- رشد یا شاخص حرارتی تجمعی در طی فصل رشد، T_{max} و T_{min} به ترتیب حداکثر، حداقل دمای روزانه در طی فصل رشد و T_b = دمای پایه یا صفر فیزیولوژیک ذرت می‌باشد که برای ذرت ۱۰ درجه سانتی‌متر گراد منظور گردید (۱۰ و ۲۶). در پایان دوره رشد و قبل از برداشت، تعداد هشت بوته از خطوط اصلی هر کرت با رعایت اثر حاشیه از بین بوته‌های رقابت کننده به تصادف انتخاب و میانگین داده‌های حاصل به عنوان ارزش آن صفت در جدول تجزیه واریانس استفاده گردید. عملکرد دانه نیز از سطحی معادل یک متر مربع با رعایت اثر حاشیه برآورد گردید.

جدول ۱. تجزیه برخی خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک محل آزمایش

مشخصه	شوری (EC)	pH	درصد اشباع	آهک (TNV)	رس	سیلت	شن	بافت	کربن آلی	نیتروژن
میزان	۳/۷۴	۷/۸۳	۴۹	۱۴/۴۵	۲۳	۴۲	۳۵	سیلتی لومی	۰/۶۲۶	۰/۰۶۲۶

شوری (EC): بر حسب دسی زیمنس بر متر، اشباع (SP)، آهک (TNV)، رس، سیلت، شن، کربن آلی (OC) و نیتروژن کل بر حسب درصد



شکل ۱. میانگین درجه حرارت حداقل، حداکثر و میزان بارندگی در ماه های رشد گیاه ذرت در فصل زراعی ۱۳۸۸

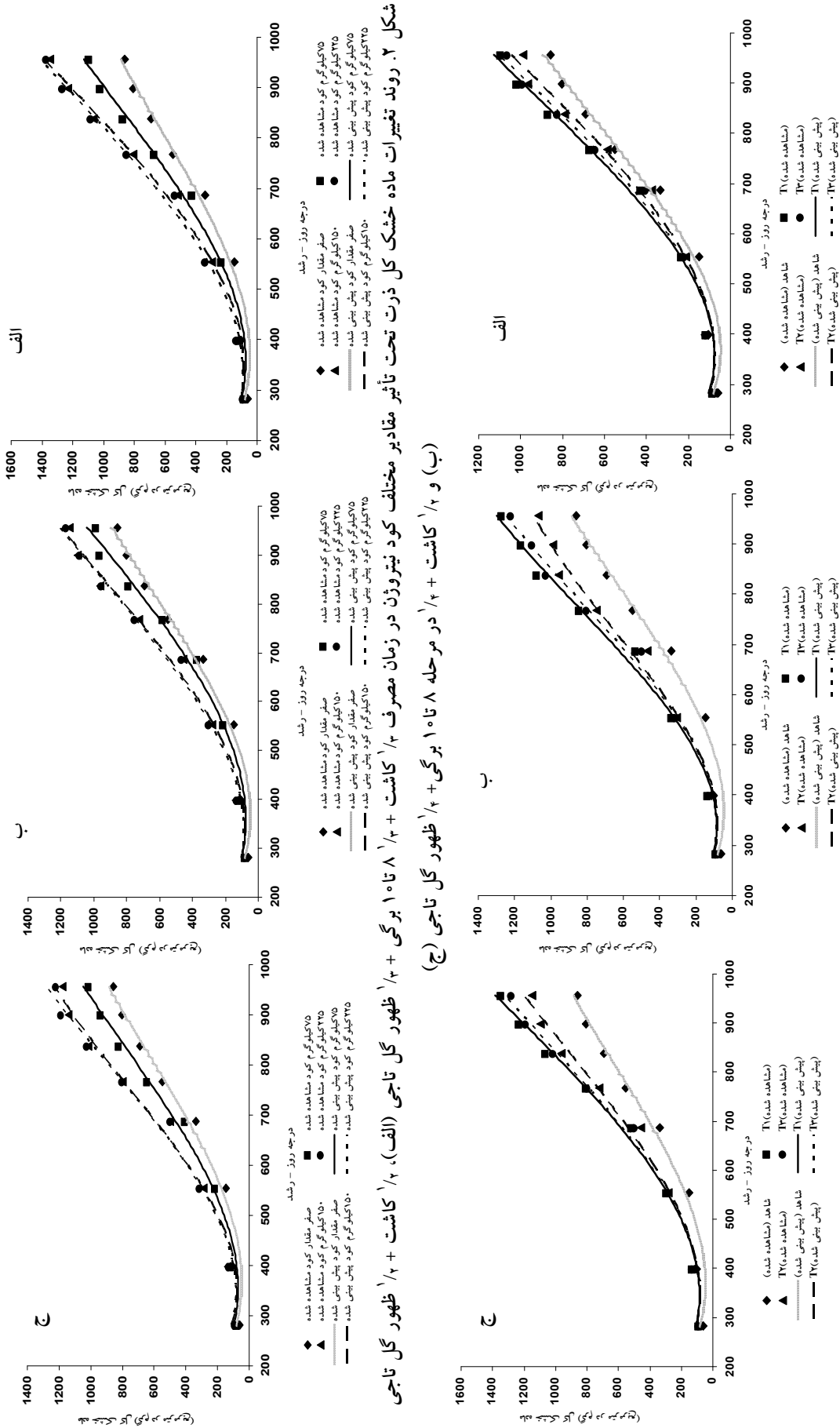
واقعی در اطراف منحنی و منطقی بودن تغییرات ماده خشک از نظر فیزیولوژیک گویای انتخاب صحیح معادله $TDM = (a + bt + ct^2 + dt^3)$ برای کلیه تیمارها بود. کریمی و سدیک (۱۷) نیز رابطه مشابهی را برای ارقام گندم استرالیایی به عنوان بهترین رابطه گزارش کرده اند. در کلیه ترکیبات تیماری، روند تغییرات در ابتدا کند و پس از دریافت ۴۰۰ واحد دمایی، رشد نمایی را در تمام ترکیب های تیماری آغاز و با دستیابی به حداکثر وزن خشک کل گیاه ذرت در انتهای ظهور گل تاجی، سیر نزولی به خود می گیرد. این کاهش در نتیجه پیری برگ ها، عدم توانایی آنها در ساخت مواد فتوسنتزی و در نهایت با ریزش آنها، همراه می باشد.

در طی روند این تغییرات، سطح کودی ۲۲۵ کیلوگرم

درصد پروتئین دانه، بعد از به دست آوردن درصد نیتروژن موجود در دانه به روش کجلدال و ضرب آن در عدد ثابت ۶/۲۵ به دست آمد. برای محاسبات آماری از نرم افزار آماری SAS و مقایسه میانگین تیمارها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. برای ترسیم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

ماده خشک کل: روند تغییرات تجمع ماده خشک و معادله های رگرسیونی برازش داده شده با به کارگیری مقادیر و زمان های مختلف مصرف کود نیتروژن در شکل های ۲ و ۳ نشان داده شده است. ضرایب تبیین بالا و معنی دار و توزیع مناسب نقاط



شکل ۳. تغییرات ماده خشک کل ذرت تحت تأثیر زمان‌های مصرف کود در به کارگیری ۷۵ (الف)، ۱۵۰ (ب) و ۲۲۵ (ج) کیلوگرم نیتروژن در هکتار $T_1 = T_2 = T_3$ / ظهور گل تا جایی و $T_1 = T_2 = T_3$ / ظهور گل تا جایی، ۱ تا ۸ مرحله در $T_1 = T_2 = T_3$ / کاشت + ظهور گل تا جایی، ۱ تا ۸ مرحله در $T_1 = T_2 = T_3$ / کاشت + ظهور گل تا جایی

شکل ۲. روند تغییرات ماده خشک کل ذرت تحت تأثیر مقادیر مختلف کود نیتروژن در زمان مصرف ۱/۳، ۱/۴، ۱/۸ تا ۱۰ برگی + ۱/۳، ۱/۴، ۱/۸ ظهور گل تا جایی (الف)، ۱/۳، ۱/۴، ۱/۸ ظهور گل تا جایی (ب) و ۱/۴، ۱/۸ کاشت + ۱/۴ در مرحله ۸ تا ۱۰ برگی + ۱/۴ ظهور گل تا جایی (ج)

برخوردار است. کاربرد نیتروژن به صورت تقسیط مساوی در مراحل کاشت، ۸ تا ۱۰ برگی و ظهور گل تاجی در مقایسه با روش های دیگر، نتیجه بهتری داشت و بالاترین میزان شاخص سطح برگ (۵/۴) را دارا شد. اسکار و تولنار (۲۵) دویر و استوارت (۹) گزارش کردند که با کاربرد مقدار بالاتر نیتروژن، شاخص سطح برگ افزایش یافت. صابر علی و همکاران (۳۱) گزارش کردند که مقدار شاخص سطح برگ ذرت در مرحله ابریشم دهی به حداکثر می رسد و پس از آن به دلیل ریزش برگ ها، روند نزولی پیدا می کند. مصرف کود به صورت $\frac{1}{2}$ کاشت + $\frac{1}{4}$ تا ۱۰ برگی + $\frac{1}{4}$ ظهور گل تاجی موجب شد که روند کاهشی شاخص سطح برگ در انتهای مرحله رشد تشدید شود. در این روش مصرف کود، مقدار کمتری از نیتروژن در ظهور گل تاجی به کار برده شد که می تواند دلیل این موضوع بوده باشد. به عقیده امان اله و همکاران (۲) تقسیط کود نیتروژن و کاربرد آن در مراحل مختلف رشد گیاه ذرت، دوره رشد رویشی و زایشی آن را به تأخیر می اندازد و موجب می شود افزایش معنی داری در گسترش سطح برگ گیاه به وجود آید و این امر می تواند به افزایش شاخص سطح برگ منجر شود (۲).

کاربرد نیتروژن به صورت تقسیط در مراحل کاشت، ۸ تا ۱۰ برگی و ظهور گل تاجی بهترین وضعیت را از لحاظ افزایش سرعت رشد محصول ذرت به همراه داشت و حداکثر آن $31/25$ گرم در مترمربع در درجه روز- رشد در این زمان کوددهی برآورد شد (شکل های ۶ و ۷). این در حالی بود که مصرف نیتروژن در دو مرحله کاشت و ظهور گل تاجی کمترین سرعت رشد محصول را در مقایسه با دیگر زمان های مصرف کود داشت، این امر می تواند ناشی از عدم توانایی کافی گیاه در استفاده بهینه از مقادیر بالای نیتروژنی باشد که طی دو مرحله اعمال می شود. سیریلو و آندراد (۵) معتقد است سرعت رشد محصول در یک دوره ۳۰ روزه (در طول مدت کاکل دهی) که ارتباط زیادی با تعداد دانه و عملکرد آن دارد، به طور موثری تحت تأثیر کود نیتروژن قرار می گیرد.

نیتروژن در هکتار بالاترین وزن خشک را در طی مقادیر مختلف مصرف کود به خود اختصاص داده است، هرچند مصرف آن به صورت $\frac{1}{2}$ زمان کاشت + $\frac{1}{2}$ ظهور گل تاجی و یا $\frac{1}{2}$ کاشت + $\frac{1}{4}$ مرحله ۸ تا ۱۰ برگی + $\frac{1}{4}$ در زمان ظهور گل تاجی با مقدار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تفاوتی نداشت، با این حال حداکثر آن (۱۲۸۹) گرم بر مترمربع پس از دریافت ۹۶۰ واحد دمایی) در زمان مصرف به صورت $\frac{1}{3}$ زمان کاشت + $\frac{1}{3}$ تا ۱۰ برگی + $\frac{1}{3}$ ظهور گل تاجی برآورد گردید. مصرف کود نیتروژن به صورت $\frac{1}{3}$ زمان کاشت + $\frac{1}{3}$ تا ۱۰ برگی + $\frac{1}{3}$ ظهور گل تاجی موجب تولید مقادیر بالاتری از وزن خشک در طول فصل رشد گیاه ذرت شد و در مقایسه با دو روش دیگر کوددهی حداکثر تجمع ماده خشک (۱۲۷۱) گرم بر مترمربع) را با دریافت ۹۶۰ واحد دمایی تولید کرد. موتوکومار و همکاران (۲۴) با تقسیط کود نیتروژن در ذرت، واکنش معنی داری در پارامترهای رشد در نتیجه کاربرد کود نیتروژن در زمان های مختلف رشد گیاه مشاهده کردند. آنان دلیل افزایش در بیوماس کل را به افزایش قابلیت دسترسی گیاه به نیتروژن و تامین به موقع آن در طول دوره رشدی گیاه نسبت دادند. به نظر می رسد کاربرد نیتروژن به صورت سرک براساس مراحل رشدی گیاه، بهره وری به وسیله گیاه را افزایش و اتلاف آن را کاهش می دهد. به نظر می رسد همزمانی فراهمی کود با تقاضای گیاه منجر به افزایش ماده خشک تولیدی می شود.

شاخص سطح برگ

روند تغییرات شاخص سطح برگ در کلیه ترکیب های تیماری در شکل های ۴ و ۵ آورده شده است. در اوایل رشد گیاه، روند آهسته ای در تشکیل شاخص سطح برگ مشاهده شد، این امر به ویژه در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن قابل ملاحظه بود. حداکثر شاخص سطح برگ ($5/3$) متعلق به مقدار کودی ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار می باشد که با دریافت ۸۵۰ واحد دمایی و در مرحله آغاز ظهور گل تاجی گیاه ذرت به دست آمد که در مقایسه با عدم مصرف کود، از افزایش $23/5$ درصدی

سرعت رشد نسبی

با توجه به شکل‌های ۸ و ۹، سرعت رشد نسبی در اوایل رشد بالا و با ادامه فصل رشد روند نزولی به خود می‌گیرد. با افزایش میزان نیتروژن مصرفی، مقدار این شاخص در طی فصل رشد از مقدار بالاتری برخوردار بود و عدم مصرف کود منجر به کاهش این شاخص گردید. مک دوف و همکاران (۲۱) اعلام داشتند که بین نیتروژن جذب شده و رشد نسبی در گیاه ارتباط تنگاتنگی دیده می‌شود. برزسنی (۴) اعلام کرد که کاربرد کود نیتروژنه موجب افزایش سرعت نسبی رشد گیاه در ابتدای دوره رشد می‌گردد. تفاوت روشنی بین کاربرد کود نیتروژن به صورت تقسیم مساوی در مرحله کاشت، ۸ تا ۱۰ برگی و ظهور گل تاجی از نظر سرعت رشد نسبی در مقایسه با روش‌های دیگر مصرف کود مشاهده گردید که حاکی از تأثیر مثبت و مستقیم زمان مصرف کود بر روی این صفت می‌باشد. در آزمایش اکینتوی و همکاران (۱) میزان سرعت رشد نسبی در سطوح بالای کود نیتروژن در مقایسه با دو سطح دیگر (که از سطوح کودی پائین تری برخوردار بودند) برتری نشان داد. در ضمن گزارش نمودند که این شاخص بعد از ظهور گل تاجی تا مرحله برداشت، روند نزولی داشت.

سرعت جذب خالص

میزان سرعت جذب خالص در سطح ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مقایسه با سطوح دیگر کودی و به ویژه شاهد از حد بالایی برخوردار است و حداکثر آن (۲۵/۱) گرم در مترمربع در درجه روز-رشد) که در اوایل رشد گیاه حادث شد، مربوط به همین تیمار کودی بود (شکل‌های ۱۰ و ۱۱). این شاخص در کلیه سطوح کودی در طی دوره رشد گیاه، روند کاهشی داشت، هر چند این روند در عدم مصرف کود از شدت بالاتری برخوردار بود. در آزمایش دجان والرو و همکاران (۸) میزان جذب خالص در مراحل اولیه رشد بالا بود اما در طی مراحل بعدی کاهش یافت، آنان اظهار داشتند که این کاهش می‌تواند ناشی از تأثیر سایه اندازی برگ‌های بالایی کانوپی بر برگ‌های

پایین، کاهش کارایی فتوسنتزی با افزایش سن برگ و هم‌چنین فقدان عناصر غذایی در مراحل بعدی رشد باشد. برزسنیا (۴) معتقد است که استفاده از آنالیز رشد و پارامترهای رشد می‌تواند در بهبود بهره‌وری از نیتروژن توسط هیبریدهای ذرت نقش مهمی را فراهم سازد، وی با افزایش سطوح نیتروژن، افزایش در میزان جذب خالص را گزارش نمود. در این بررسی با به‌کارگیری کود نیتروژن در سه مرحله کاشت، ۸ تا ۱۰ برگی و ظهور گل تاجی به صورت مقدار مساوی امکان افزایش میزان جذب خالص در مقایسه با سایر روش‌های مصرف بهبود یافت. به نظر می‌رسد در این حالت به دلیل توزیع و فراهمی کود طی دوره رشد، میزان جذب خالص افزایش یافته است.

عملکرد و اجزای عملکرد**تعداد دانه در ردیف**

مقدار، زمان مصرف کود نیتروژن و اثر متقابل بین این دو عامل، تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در ردیف داشت، عدم مصرف کود نیتروژن کمترین و مصرف ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشترین تعداد دانه در ردیف بلال را تولید نمود (جدول ۲). مصرف ۲۲۵ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن به صورت ۱/۳ زمان کاشت + ۱/۳ تا ۱۰ برگی + ۱/۳ ظهور گل تاجی، بهترین ترکیب تیماری برای افزایش مقدار این صفت بودند (شکل ۱۲). کوستا و همکاران (۶) با مصرف کود نیتروژن، افزایش تعداد دانه در ردیف بلال را گزارش نمودند.

تعداد ردیف دانه

بر اساس تجزیه واریانس داده‌ها، تعداد ردیف دانه تحت تأثیر مقدار و زمان مصرف نیتروژن واقع نشد، به نظر می‌رسد تعداد این صفت بیشتر تابع عوامل ژنتیکی باشد و کمتر تحت کنترل عوامل محیطی قرار می‌گیرد. پراساد و سینگ (۲۷)؛ تاکر و مالهوترا (۳۶) طی بررسی‌های جداگانه نتایج مشابهی را گزارش نمودند.

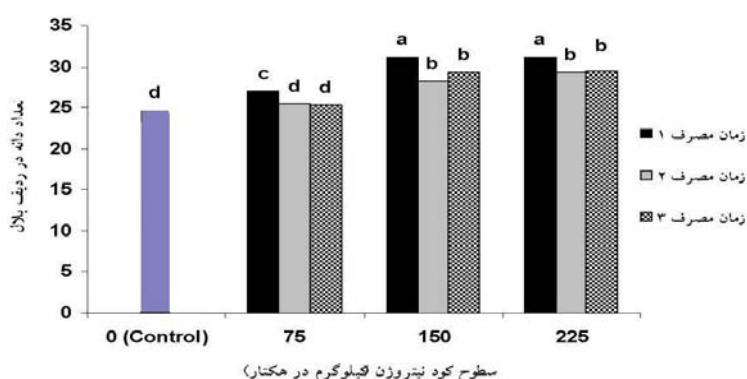
جدول ۲. مقایسه میانگین تأثیر مقدار و زمان مصرف نیتروژن بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات زراعی ذرت

مقدار نیتروژن (کیلوگرم بر هکتار)	صفات				
	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	تعداد دانه در ردیف	تعداد دانه در بلال	وزن هزار دانه (گرم)	محتوی پروتئین (درصد)
صفر	۴۷۴۴/۸ c	۲۴/۷ c	۳۴۸/۴ c	۱۵۱/۳ b	۹/۹۲ c
۷۵	۵۵۳۵/۲ b	۲۵/۹ b	۳۹۲/۶ b	۱۵۸/۲ b	۱۲/۳ b
۱۵۰	۷۱۶۰/۹ a	۲۹/۶ a	۴۶۴/۸ a	۱۷۳/۵ a	۱۴/۲ a
۲۲۵	۷۳۵۵/۵ a	۳۰/۰ a	۴۷۲/۹ a	۱۷۴/۶ a	۱۴/۶ a
زمان مصرف					
زمان اول	۶۵۹۸/۳ a	۲۸/۵ a	۴۳۸/۹ a	۱۶۶/۷ a	۱۲/۹ a
زمان دوم	۵۸۸۴/۴ c	۲۶/۹ b	۴۰۵/۴ c	۱۶۲/۷ b	۱۲/۵ c
زمان سوم	۶۱۱۴/۷ b	۲۷/۲ b	۴۱۴/۷ b	۱۶۳/۸ ab	۱۲/۷ b

میانگین‌های با حروف غیرمشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم دارند.

زمان اول: ۱/۳ زمان کاشت + ۱/۳ در زمان ۸ تا ۱۰ برگی + ۱/۳ در زمان ظهور گل تاجی

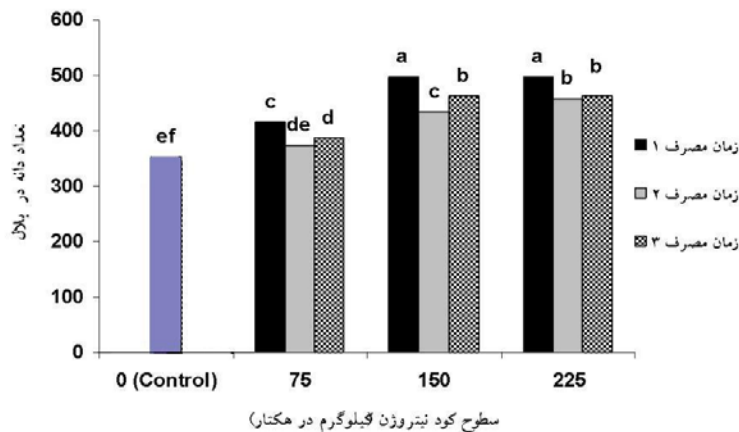
زمان دوم: ۱/۲ زمان کاشت + ۱/۲ ظهور گل تاجی؛ زمان سوم: ۱/۲ کاشت + ۱/۴ در زمان ۸ تا ۱۰ برگی + ۱/۴ ظهور گل تاجی



شکل ۱۲. اثر ترکیب تیماری مقدار و زمان مصرف نیتروژن بر تعداد دانه در ردیف بلال ذرت

تعداد دانه در بلال: بیشترین تعداد دانه در بلال متعلق به بالاترین تیمار کودی بود که در مقایسه با عدم مصرف نیتروژن، ۲۶/۳ درصد افزایش نشان داد (جدول ۲)، البته به کارگیری ۱۵۰ و یا ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تفاوت آماری معنی‌داری با هم در این صفت نشان ندادند (جدول ۲). سیریلو و اندرد (۵) اظهار داشتند که با افزایش مقادیر مصرفی نیتروژن بر تعداد دانه در بلال افزوده می‌شود. مصرف سه مرحله‌ای نیتروژن به صورت تقسیط مساوی در زمان کاشت، مرحله ۸ تا ۱۰ برگی و ظهور گل تاجی در مقایسه با روش‌های دیگر مصرف آن بهترین نتیجه را بر تعداد دانه در بلال داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مصرف مقدار ۱۵۰ یا ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (بدون اختلاف معنی‌دار) به شکل ۱/۳ زمان کاشت + ۱/۳ تا ۱۰ برگی + ۱/۳ ظهور گل تاجی، بهترین ترکیب تیماری برای این صفت بود (شکل ۱۳).

تعداد دانه در بلال: بیشترین تعداد دانه در بلال متعلق به بالاترین تیمار کودی بود که در مقایسه با عدم مصرف نیتروژن، ۲۶/۳ درصد افزایش نشان داد (جدول ۲)، البته به کارگیری ۱۵۰ و یا ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تفاوت آماری معنی‌داری با هم در این صفت نشان ندادند (جدول ۲). سیریلو و اندرد (۵) اظهار داشتند که با افزایش مقادیر مصرفی نیتروژن بر تعداد دانه در بلال افزوده می‌شود. مصرف سه مرحله‌ای



شکل ۱۳. اثر ترکیب تیماری مقدار و زمان مصرف نیتروژن بر تعداد دانه در بلال ذرت

زمان اول: ۱/۳ زمان کاشت + ۱/۳ در زمان ۸ تا ۱۰ برگگی + ۱/۳ در زمان ظهور گل تاجی

زمان دوم: ۱/۲ زمان کاشت + ۱/۲ ظهور گل تاجی؛ زمان سوم: ۱/۲ کاشت + ۱/۴ در زمان ۸ تا ۱۰ برگگی + ۱/۴ ظهور گل تاجی

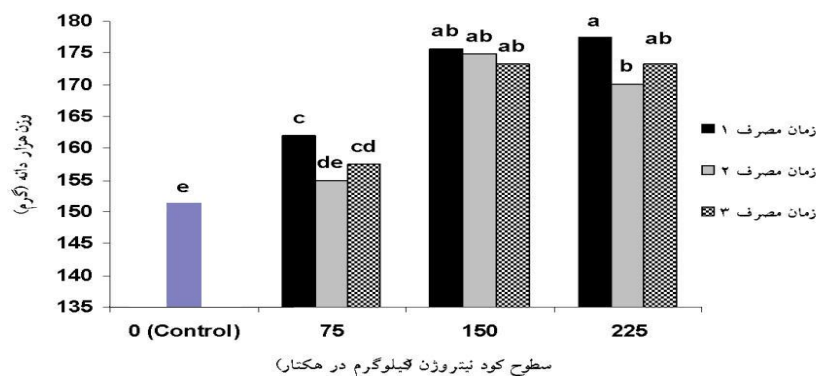
وزن هزار دانه

با افزایش کود مصرفی، بر وزن هزار دانه افزوده شد، هر چند بین دو سطح کود نیتروژن ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی داری دیده نشد (جدول ۲). مارشمن (۲۲) معتقد است که مصرف نیتروژن دوره رشد گیاه را افزایش داده و در اواخر فصل رشد با طولانی تر کردن دوره پر شدن دانه به افزایش وزن هزار دانه کمک می کند. دجان وایلر و همکاران (۸) به افزایش وزن هزار دانه در نتیجه مصرف نیتروژن اشاره کرده اند. مصرف ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به شکل ۱/۳ زمان کاشت + ۱/۳ تا ۱۰ برگگی + ۱/۳ ظهور گل تاجی مناسب ترین شیوه تقسیم کود برای افزایش وزن هزار دانه محسوب شد (شکل ۱۴).

پروتئین دانه

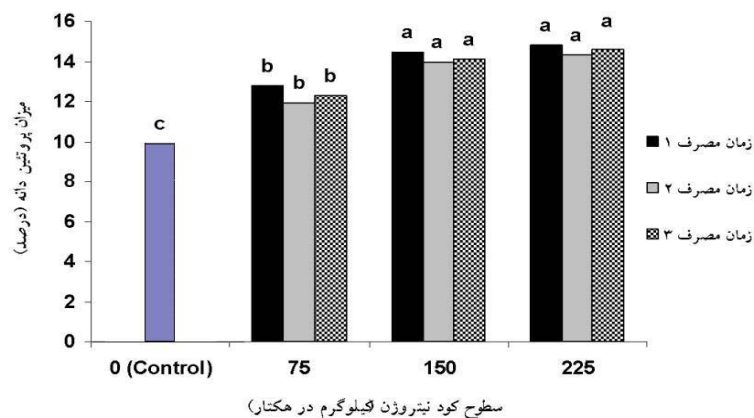
حداقل و حداکثر محتوی پروتئین دانه (۹/۹۲ و ۱۴/۶ درصد) در تیمار عدم مصرف کود و کاربرد ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد (جدول ۲). اگر چه میزان پروتئین دانه با مصرف نیتروژن افزایش یافت ولی در سطوح بالاتر کودی این تغییرات از لحاظ آماری معنی داری نبود.

محمود و همکاران (۲۳) حداکثر پروتئین دانه را (۱۴ درصد) با مصرف ۳۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار گزارش نمودند. آنان عنوان داشتند که واکنش پروتئین خام دانه به مصرف کود نیتروژن به صورت مستقیم بوده و با افزایش هر کیلوگرم نیتروژن غلظت پروتئین دانه حدود ۰/۲۵ گرم در کیلوگرم ماده خشک افزایش می یابد. مصرف نیتروژن به صورت ۱/۳ زمان کاشت + ۱/۳ تا ۸ برگگی + ۱/۳ ظهور گل تاجی محتوی پروتئین را در مقایسه با دیگر روش ها بهبود بخشید (جدول ۲) و بالاترین مقدار پروتئین دانه زمانی به دست آمد که ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن به شکل ۱/۳ زمان کاشت + ۱/۳ تا ۱۰ برگگی + ۱/۳ ظهور گل تاجی اعمال شد، اگر چه این ترکیب تیماری تفاوت آماری معنی داری با مصرف این سطح کودی و سطح کودی پائین تر در زمان های مختلف رشد گیاه نشان نداد (شکل ۱۵). در این بررسی با افزایش هر کیلوگرم نیتروژن درصد پروتئین دانه ۰/۰۲ درصد افزایش یافت. کسکین و همکاران (۱۸) نیز با مصرف کود نیتروژن به نتایج مشابهی دست یافتند، آنان بیشترین عملکرد پروتئین دانه ذرت را با مصرف ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار گزارش نمودند. به عقیده بائومینگ و همکاران (۳) جذب عناصر و الگوی توزیع و پراکنش آن در قسمت های مختلف



شکل ۱۴. اثر ترکیب تیماری مقدار و زمان مصرف نیتروژن بر وزن هزار دانه ذرت

زمان اول: ۱/۳ زمان کاشت + ۱/۳ در زمان ۸ تا ۱۰ برگی + ۱/۳ در زمان ظهور گل تاجی
 زمان دوم: ۱/۲ زمان کاشت + ۱/۲ ظهور گل تاجی؛ زمان سوم: ۱/۲ کاشت + ۱/۴ در زمان ۸ تا ۱۰ برگی + ۱/۴ ظهور گل تاجی



شکل ۱۵. اثر ترکیب تیماری مقدار و زمان مصرف نیتروژن بر میزان پروتئین دانه ذرت

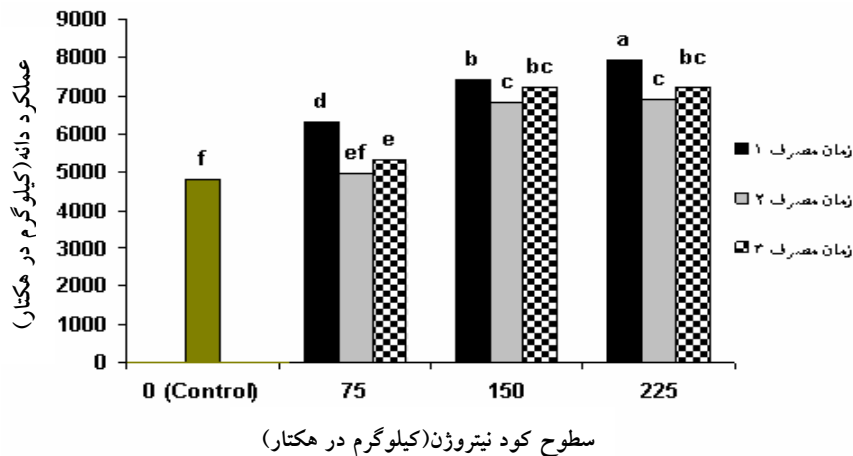
زمان اول: ۱/۳ زمان کاشت + ۱/۳ در زمان ۸ تا ۱۰ برگی + ۱/۳ در زمان ظهور گل تاجی
 زمان دوم: ۱/۲ زمان کاشت + ۱/۲ ظهور گل تاجی؛ زمان سوم: ۱/۲ کاشت + ۱/۴ در زمان ۸ تا ۱۰ برگی + ۱/۴ ظهور گل تاجی

گیاه اهمیت زیادی در کیفیت دانه دارد.

عملکرد دانه

بر اساس مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که عملکرد دانه ذرت رقم کوردونا به طور معنی‌داری تحت تأثیر مقدار، زمان مصرف کود نیتروژن و اثر متقابل این دو عامل قرار گرفت (جدول ۲ و شکل ۱۶). بیشترین عملکرد دانه (۷۳۵۵/۵ کیلوگرم در هکتار) متعلق به بالاترین سطح کودی بود. سابدی و همکاران (۳۵):

قیصری و همکاران (۱۳) با در نظر گرفتن میزان نیتروژن موجود در خاک، بالاترین میزان عملکرد دانه کل را با مصرف ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آوردند. کاربرد نیتروژن به طور مساوی در زمان کاشت، مرحله ۸ تا ۱۰ برگی و ظهور گل تاجی منجر به تولید ۶۵۹۸/۳ کیلوگرم دانه ذرت در هکتار شد (جدول ۲). رندال و همکاران (۲۸) در ذرت، گزارش کردند عملکرد دانه در تیمارهای تقسیط کودی، به طور معنی‌داری افزایش یافت. نتایج مشابهی توسط دیگر محققان گزارش شده



شکل ۱۶. اثر ترکیب تیماری مقدار و زمان مصرف نیتروژن بر عملکرد دانه ذرت

زمان اول: ۱/۳ زمان کاشت + ۱/۳ در زمان ۸ تا ۱۰ برگگی + ۱/۳ در زمان ظهور گل تاجی

زمان دوم: ۱/۲ زمان کاشت + ۱/۲ ظهور گل تاجی؛ زمان سوم: ۱/۲ کاشت + ۱/۴ در زمان ۸ تا ۱۰ برگگی + ۱/۴ ظهور گل تاجی

رشدی مانند بیوماس کل و سرعت رشد محصول مناسب باشد. به طوری که در این بررسی نیز استفاده از سطح کودی ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و به صورت تقسیط مساوی کود در سه مرحله ۱/۳ زمان کاشت + ۱/۳ در مرحله ۸ تا ۱۰ برگگی + ۱/۳ ظهور گل تاجی در شرایط اقلیمی اردبیل مناسب‌تر از دیگر ترکیبات تیماری بود.

است (۱۱،۲۰ و ۳۰). ساینز روزاس و همکاران (۳۳) با کاربرد کود نیتروژن در مرحله کاشت و شش برگگی، عملکرد دانه ذرت را به ترتیب ۱۰/۵ و ۱۱/۲ تن در هکتار برآورد نمودند. مصرف ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن به صورت ۱/۳ زمان کاشت + ۱/۳ تا ۸ برگگی + ۱/۳ ظهور گل تاجی، مناسب‌ترین ترکیب تیماری برای تولید حداکثر عملکرد دانه (۷۹۲۸/۶ کیلوگرم در هکتار) بود (شکل ۱۶). نتایج مشابهی نیز توسط آکینتوی و همکاران (۱) گزارش شده است.

نتیجه گیری

به نظر می‌رسد تقسیط بیشتر کود در مقادیر بالاتر برای دستیابی به حداکثر عملکرد کمی و کیفی دانه و دیگر شاخص‌های

منابع مورد استفاده

1. Akintoye, H.A., E.O. Lucas and J.G. Kling. 1997. Effects of density of planting and time of nitrogen application on maize varieties in different ecological zones of West Africa communications in soil. *Soil and Plant Science* 28: 1163-1175.
2. Amanullah, A., B. Marwat, K. Shah., P. 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(2): 761-768.
3. Bao-ming, CH., W. Zhao-Hui, L. Sheng-Xiu and G. Xuan. 2004. Effect of nitrate supply on plant growth, nitrate accumulation, metabolic nitrate concentration and nitrate reductase activity in three leafy vegetables. *Plant Science* 67: 635-643.

4. Berzsenyi, Z. 2009. Studies on the effect of N fertilisation on the growth of maize (*Zea mays* L.) hybrids I. Dynamics of dry matter accumulation in whole plants and plant organs. *Acta Agronomy* 57:97-110.
5. Cirilo, A.G. and F.H. Andrade. 1994. Sowing date and maize productivity: II. Kernel number determination. *Crop Science* 34: 1044- 1046.
6. Costa, C., L. M. Dwyer, D.W. Stewart and D. L. Smith. 2002. Nitrogen effects on grain yield and yield components of leafy and nonleafy maize genotypes. *Crop Science* 42: 1556- 1563.
7. Cox, W.J. 1996. Whole-plant physiological and yield responses of maize to plant density. *Agronomy Journal* 93:489-496.
8. De Juan Valero¹, J. A., M. Maturano, A. Artigao Ramírez, J. M. Tarjuelo Martín-Benito¹ and J.F. Ortega Álvarez. 2005. Growth and nitrogen use efficiency of irrigated maize in a semiarid region as affected by nitrogen fertilization. *Spanish Journal Agriculture Research* 3(1): 134-144.
9. Dwyer, L.M. and D.E. Stewart. 1986. Leaf area development in field- grown maize. *Agronomy Journal* 77: 334-343.
10. Dwyer, L.M., R.I. Hamilton, H.N. Hayhoe and W. Royds. 1991. Analysis of biological traits contributing to grain yield of short-to mid –season corn (*Zea maize* L.) hybrids. *Canadian Journal of Plant Science* 71:535-541.
11. Gardner, F., P. R. Balle and D. E. Mccloud. 1990. Yield characteristics of ancient races of maize compared to a modern hybrid. *Agronomy Journal*. 82: 864-868.
12. Garsid, A. 2004. Sowing time effects on the development, yield and oil of flaxseed in semi arid tropical. *Australian Journal of Production Agriculture* 23: 607-612.
13. Gheysari, M., S.M. Mirlatifi, M. Bannayan, M. Homae and G. Hoogenboom. 2009. Interaction of water and nitrogen on maize grown for silage. *Agriculture Water Management* (In Farsi). 96: 809 – 821.
14. Hanway,J.J. 1992. How a corn plant develops. State University of Science and Technology--Cooperative Extension Service Ames, Iowa. No. 48.
15. Jamil, M. 1996. Determination of optimum level of nitrogen and its effect on maize (*Zea mays* L.) yield. MSc. (Hons) Agriculture Thesis, Dept. Agron., University of Agriculture, Faisalabad.
16. Jokela, W. E. and G.W. Randall. 1989. Corn yield and residual soil nitrate as affected by time and rate of nitrogen application. *Agronomy Journal* 81: 720-726.
17. Karimi, M.M. and K.H.M. Siddique. 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. *Australian Journal of Agricultural Research* 42:13-20.
18. Keskin, B., H. Akdeniz., I.H. Yilamz and N.Turan. 2005. Yield and quality of forage corn (*Zea mays* L.) as influenced by cultivar and nitrogen rate. *Agriculture Journal* 4(2): 138- 141.
19. Khaliq, T., A. Ahmad, A. Hussain, M. Ranjha and M.A. Ali. 2008. Impact of nitrogen rates on growth, yield, and radiation use efficiency of maize under varying environments. *Pakistan Journal of Agriculture Science* 45(3): 1-7.
20. Kogbe, J.O.S. and J.A. Adediran. 2003. Influence of nitrogen, phosphorus and potassium application on the yield of maize in the savanna zone of Nigeria. *African Journal of Biothechnology* 2: 345- 349.
21. Macduff, J.H., M.O. Humphreys and H. Thomas. 2001. Effects of a stay-green mutation on plant nitrogen relation in *Lolium perenne* during N starvation and after defoliation. *Annial Botany* 89 (1): 11.
22. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd ed., Academic Press., London.
23. Mehmood, M.T., M. Maqsood, T.H. Awan, R. Sarwar and M.I. Hussain. 2001. Effect of different level of nitrogen and intra – row plant spacing on yield and yield components of maize. *Pakistan Journal of Agriculture Science* 38: 48-56.
24. Muthukumar, V.B., K. Velayudham and N. Thavaprakash. 2005. Growth and yield of Corn (*Zea mays* L.) as influenced by plant growth regulators and different time of nitrogen application. *Resaerch Journal of Agriculture and Biological Science* 1(4): 303-307.
25. Oscar, R.V. and M. Tollennar. 2006. Effect of genotype, nitrogen, plant density and row spacing on the area-per-leaf profile in maize. *Agronomy Journal* 98: 94-99.
26. Plett, S. 1992. Comparison of seasonal thermal indices for measurement of corn maturity in a prairie environment. *Canadian Journal of Plant Science* 72:1157-1162.
27. Prasad, K. and P. Singh. 1990. Response of promising raifed maize (*Zea mays* L.) varieties to nitrogen application in North Western Himalayan region. *Indian Journal of Agricultural Science* 60(7): 475- 477.
28. Randall, G.W., J. A. Vetsch and J. R. Huffman. 2003b. Corn production on a subsurface-drained mollisol as affected by time of nitrogen application and nitrapyrin. *Agronomy Journal* 95:1213-1219.
29. Rasheed, M., A. Hussain and T. Mahmood. 2003. Growth Analysis of Hybrid Maize as Influenced by Planting Techniques and Nutrient Management, *International Journal of Agricultural and Biology* 2:169–171.
30. Rizwan, M., M. Maqsood, M. Rafiq, M.Saeed and A. Zahid. 2003. Maize (*Zea mays* L.) response to split application of nitrogen. *International Journal of Agriculture and Biology* 1:19–21.
31. Saberli, S. F., S. A. Sadatnouri, A. Hejazi and E. Zand. 2007. Influence of plant density and planting pattern of corn on its growth and yield under competition with common Lambesquarters (*Chenopodium album*). *Journal of*

Research Production 74: 143-152.

32. Sabir, M. R., I. Ahmad and M.A. Shahzad. 2000. Effect of nitrogen and phosphorus on yield and quality of two hybrids of maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agriculture Research* 38: 339.
33. Sainz Rozas, H. R., H. E. Echeverria and P.A. Barbieri. 2004. Nitrogen balanced as affected by application time and nitrogen fertilizer rate in irrigated no-tillage maize. *Agronomy Journal* 96: 1622-1631.
34. Seyed Sharifi, R. and S. Hokmalipour. 2010. Forage Crops. Amidi press. 422 pp. (In Farsi).
35. Subedi, K.D., B. L. Ma. and D.L. Smith. 2006. Response of a leafy and non-leafy maize hybrid to population densities and fertilizer nitrogen levels. *Crop Science* 46:1860-1869.
36. Thakur, D. R. and V.V. Malhotra. 1991. Response of pop corn to row spacing and nitrogen. *Indian Journal of Agricultural Science* 61: 586.
37. Tollenaar, M. and L. M. Dwyer 1999. Physiology of maize. PP.169-199. In: D. L. Smith and C. Hamel (Eds.), *Crop Physiology and Processes*. Springer – Verlag Berlin Heidelberg.