اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیک رشد و رنگیزه‌های فتوسنتزی هیبریدهای دیررس، میان‌رس و زودرس ذرت (*Zea mays* L.)

محیل پورابراهیمی[۱]، علیرضا سیروس‌مهر[۱*]، حمیدرضا عشقی‌زاده[۲]، محمدرضا اصغری‌پور[۱] و عیسی خمری[۱]

[۱]گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، [۲]گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹٦/۰۷/۰۲، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹٦/۱۰/۰۵)

چکیده

این پژوهش به‌منظور بررسی سطوح مختلف کود شیمیایی نیتروژن (۰، ۸۰، ۱٦۰ و ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره N=٪٤٦) بر برخی صفات فیزیولوژیک رشد و رنگیزه‌های فتوسنتزی در سه هیبرید ذرت سینگل کراس با دوره رسیدگی مختلف (زودرس ۲٦۰، میان رس ۵۰۰ و دیررس ۷۰٤)، در زابل و اصفهان به ترتیب در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹٤ اجرا شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. نتایج آزمایش نشان داد که شاخص‌های فیزیولوژیک مانند شاخص سطح برگ، سرعت رشد گیاه و سرعت رشد نسبی تحت تأثیر کود نیتروژن قرار گرفتند. افزایش کود نیتروژن از ۸۰ تا ۲٤۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار شاخص سطح برگ، سرعت رشد گیاه و سرعت رشد نسبی را از ۳۵ روز پس از کاشت (حدود ۳۰۰ درجه روز رشد) افزایش داد که این افزایش پس از رشد زایشی معنی‌دار بود. با افزایش مقدار کود نیتروژن، مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی افزایش یافت. بیشینه عملکرد دانه ذرت در منطقه اصفهان و زابل به ترتیب در هیبریدهای ۷۰٤ و ۵۰۰ در سطح کودی ۱٦۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین میزان عملکرد دانه در هر دو منطقه در تیمار شاهد به دست آمد. حد آستانه مصرف کود نیتروژن جهت ۵۰ درصد افت عملکرد در منطقه زابل و اصفهان برای هیبرید ۷۰٤ به ترتیب ۲۰۰ و ۱۷۸ و برای هیبرید ۵۰۰ به ترتیب ۱۹۲ و ۱٦٤ و برای هیبرید ۲٦۰ به ترتیب ۱۸٦ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. درمجموع، هیبرید سینگل کراس ۷۰٤ در مقایسه با دو هیبرید دیگر و همچنین منطقه اصفهان نسبت به زابل از لحاظ صفات اندازه‌گیری شده برتری نشان دادند.

کلمات کلیدی: حد بهینه مصرف کود، دوره رسیدگی، شاخص‌های رشد.

مقدمه:

در میان نهاده‌های مصرفی، مقدار کود نیتروژن در حصول حداکثر عملکرد و ارتقای ارزش غذایی ذرت نقش به سزایی دارد. همان‌گونه که تأمین نیتروژن کافی سبب تولید عملکرد بهینه می‌گردد، عدم مدیریت در مصرف کودهای نیتروژنه مانند کاربرد مقادیر زیاد آن منجر به ایجاد نتایج نامناسبی مانند آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌شود، بنابراین تعیین میزان بهینه کود نیتروژن برای تولید بیشتر و کاهش خسارت به محیط‌زیست امری ضروری است (Hosen and Yagi, 2011). ذرت (*Zea mays* L.) یکی از گیاهان زراعی است که نیاز

[*]نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: asirousmehr@uoz.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.18.2]

زیادی به نیتروژن داشته و این عنصر اغلب به‌صورت کود شیمیایی تأمین می‌شود. ویژگی‌های گیاهی ذرت می‌تواند به‌شدت تحت تأثیر میزان نیتروژن قابل‌دسترس آن قرار گیرد (Hernandez *et al.*, 2002). نتایج بررسی‌های Bundy و Carter (۲۰۰۸) نشان داد که واکنش هیبریدهای ذرت به سطوح مختلف کود نیتروژن متفاوت است. تعیین سطح بهینه نیتروژن برای ذرت بستگی به نوع هیبرید، مکان، نوع خاک و شرایط آب و هوایی منطقه و دیگر عوامل دارد. بسیاری از محققان، افزایش عملکرد دانه با مقدار کافی نیتروژن را گزارش کرده‌اند (Khan *et al.*, 2011; Sangoi *et al*, 2007). Al-Kaisi و Yin (۲۰۰۳) حد بهینه کود نیتروژن برای دستیابی به بیشینه عملکرد در هیبریدهای میان‌رس و دیررس ذرت را ۱٤۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند. بر اساس مشاهدات Dipaolo و Rinaldi (۲۰۰۸) اثر سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد دانه در ذرت اثر معنی‌داری دارد و با افزایش سطح نیتروژن عملکرد دانه افزایش می‌یابد.

نیتروژن جزو اولیه تشکیل دهنده ترکیبات آلی همانند اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها و اسید نوکلئیک به شمار می‌رود و کمبود آن نمو فنولوژیکی را در دو مرحله رویشی و زایشی به تأخیر می‌اندازد و از سرعت گسترش برگ و دوام سطح برگ در گیاهان می‌کاهد (El-Sayed *et al.*, 2000). در این شرایط راندمان استفاده از نور نیز کاهش می‌یابد و هرچه غلظت نیتروژن در برگ‌ها افزایش یابد، شدت کربن‌گیری نیز بیشتر می‌شود (Huang *et al.*, 2004). نیتروژن علاوه بر آن که به‌صورت پروتئین در گیاه وجود دارد عنصر اصلی تشکیل دهنده کلروفیل در گیاه است (Okumura *et al.*, 2011). محتوی کلروفیل نقش مهمی در تعیین میزان فتوسنتز و تولید ماده خشک دارد (Karimi, 2001). همبستگی بالای بین محتوی کلروفیل و غلظت نیتروژن در واحد سطح برگ در دیگر مطالعات نشان داده شده است (Ghosh *et al.*, 2004; Okumura *et al.*, 2011).

فیزیولوژیست‌های گیاهی شاخص‌های رشد را به‌عنوان ابزارهای مفیدی جهت تجزیه و تحلیل کمی رشد گیاه به کار می‌برند (Patel *et al.*, 2006). در میان شاخص‌های رشد، سرعت رشد محصول و شاخص سطح برگ اهمیت بیشتری در بررسی فیزیولوژی تولید ماده خشک گیاهی دارند (احسان زاده و زارعیان بغدادی، ۱۳۸۲). سپهری و همکاران (۱۳۸۱) عنوان کردند، میزان نیتروژن یکی از عوامل مؤثر بر توسعه سطح برگ هر گیاه و به‌تبع آن توسعه سایه‌اندازی گیاهی در ذرت است و با تأثیر بر اندازه و طول عمر هر برگ، سبب افزایش شاخص سطح برگ می‌شود، این افزایش سطح فتوسنتز کننده گیاه می‌تواند به بهبود سایر شاخص‌های رشدی و درنهایت عملکرد آن منجر شود. فرخی و ارادتمند اصلی (۱۳۸۷) گزارش نمودند با مصرف سه مقدار ۹۰، ۱٤۰ و ۱۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول اختلاف معنی‌داری نشان دادند و بیشترین میزان شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول به ترتیب به میزان ۳/۵۰ و ۸۰ گرم بر مترمربع بر روز با مصرف ۱۹۰ کیلوگرم در هکتار در ۷۵ روز پس از کاشت به دست آمد. در مطالعه Kogbe و Adediran (۲۰۰۳) با افزایش کود نیتروژن از سطح ۵۰ به ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار سرعت رشد گیاه افزایش یافت و کمترین سرعت رشد گیاه از سطح صفر کیلوگرم نیتروژن به‌دست آمد.

با توجه به تأثیرپذیری بالای شاخص‌های رشدی از شرایط تغذیه‌ای گیاه به‌ویژه نیتروژن، در این آزمایش سعی شد تا تأثیر سطوح مختلف کودهای نیتروژن در دو مکان مختلف بر برخی شاخص‌های رشد، رنگیزه‌های فتوسنتزی و عملکرد دانه گروه های مختلف رسیدگی ذرت مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها:

آزمایش در دو مکان؛ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل (٦۱ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۵ دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ٤۸۱ متر) در سال زراعی ۱۳۹۳ و مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در نجف‌آباد (۳۲ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۱۵۷۰ متر) در سال زراعی ۱۳۹٤ اجرا شد. اطلاعات دمایی و بارندگی دو منطقه زابل و اصفهان در سال‌های کاشت ذرت در این آزمایش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.18.2]

جدول ۱- میزان بیشینه و کمینه درجه حرارت و بارندگی در زابل و اصفهان به ترتیب در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹٤

ماه‌های سال	درجه حرارت (°C)				بارندگی (mm)	
	بیشینه		کمینه			
	زابل (۱۳۹۳)	اصفهان (۱۳۹٤)	زابل (۱۳۹۳)	اصفهان (۱۳۹٤)	زابل (۱۳۹۳)	اصفهان (۱۳۹٤)
فروردین	۲۹/۱	۲۷/٤	۱۳/۸	۱۰/٦	٤	۰/۵
اردیبهشت	۳٦/۲	۳۱/۳	۲۰/۲	۱۱/۸	۰	۵/۹
خرداد	٤۰/۲	۳٦/٦	۲٤/٦	۱۵/٦	۰	۰
تیر	٤۲/۳	۳۷/۱	۲۷/۹	۱۷/۵	۰	۰
مرداد	٤۲/۰	۳۸/۷	۲۷/۳	۲۱/٤	۰	۰
شهریور	۳۹/۵	۳۵/٦	۲۳/٦	۲۲/۷	۰	۰
مهر	۳۵/۳	۳۱/۹	۱۷/۷	۱۹/۸	۰	۰
آبان	۲٤/۵	۲۳/٤	۸/٦	۱۲/۹	۰	۰/۲
آذر	۱۹/۱	۱۷/٤	۳/۷	۷/٦	۰	۰
دی	۱۹/۹	۱۷/۱	۳/۳	٤/۵	۱۲/۸	۰/۲
بهمن	۲۱/۸	۱۸/۷	٦/٦	٤/۱	۰	٤
اسفند	۱۹/٦	۱٦/۹	٦/٦	۵/۷	۳٦/۸	۰/۸

جدول ۲ - نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک دو منطقه کشت

مکان	بافت خاک	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	pH	نیتروژن (٪)	فسفر ($mg\ kg^{-1}$)	پتاسیم ($mg\ kg^{-1}$)	هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)
زابل	لومی شنی	٤۲	۲۸	۳۰	۷/٤	۰/۰۷	۱۰/٤	۱۳۸	۱/٦
اصفهان	لومی رسی	۳۸/۸	۳۲/٤	۲۸/۸	۷/۸	۰/۰۹	۱۲/۸	۱٦۲	۱/۵

در جدول ۱ آورده شده است. در هر دو منطقه قبل از اجرای آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین شد (جدول ۲).

در هر ایستگاه، آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. کود نیتروژن از منبع اوره (٤٦٪ =N) در ٤ سطح (۰، ۸۰، ۱٦۰ و ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) به عنوان عامل اصلی و سه رقم ذرت شامل SC260، SC500 و SC704 که به ترتیب جزء ارقام زودرس، میان‌رس و دیررس ذرت بودند، به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد.

کرت‌هایی به طول چهار و عرض دو متر و کاشت در خطوطی با فاصله ۵۰ سانتی‌متر انجام شد. بین هر یک از کرت‌ها نیز یک فاصله نکاشت به‌منظور جلوگیری از تداخل رواناب بلوک‌ها با یکدیگر در نظر گرفته شد. کاشت بذور در نیمه اول فروردین ماه سال ۱۳۹۳ در زابل و در اصفهان در نیمه اول تیرماه در سال ۱۳۹٤ (که تاریخ کاشت‌های توصیه شده مناطق موردنظر بودند)، در عمق ۵-۳ سانتی‌متر و به‌صورت دستی انجام شد. در مرحله سه تا چهار برگی ذرت، عملیات تنک انجام و جهت جلوگیری از رقابت با علف‌های هرز، وجین به‌صورت دستی انجام گرفت. اولین آبیاری بعد از کاشت و آبیاری‌های بعدی در طول دوره رشد بر اساس شرایط محیطی و نیاز گیاه زراعی انجام شد. تیمارهای نیتروژن از منبع اوره به‌صورت سرک در سه مرحله شامل، قبل از کاشت، هفت- هشت برگی و شروع ظهور گل‌آذین نر طبق طرح

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.18.2]

آزمایشی به بوته‌ها داده شد. بعد از هر کود دهی به‌منظور نفوذ بهتر کود، آبیاری صورت گرفت و پس از رسیدگی دانه، برداشت در یک مترمربع انجام شد. طول دوره از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیکی ذرت در زابل برای ارقام SC704، SC500 و SC260 به ترتیب ۱۳۰، ۱۲٤ و ۱۱۵ روز و در اصفهان به ترتیب ۱۲۷، ۱۲۱ و ۱۱۲ روز بود.

برای اندازه‌گیری شاخص‌های رشد، هر ۱۵ روز یک‌بار از ۳۰ روز پس از کاشت تا مرحله رسیدگی از مزرعه نمونه برداری انجام شد. در هر مرحله از نمونه‌برداری پنج بوته انتخاب و پس از انتقال به آزمایشگاه به چهار قسمت ساقه، برگ، بلال و گل‌آذین نر (پس از رشد زایشی) تفکیک شدند. برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام‌های‌هوایی، نمونه‌ها، بسته به اندازه آن‌ها سه تا چهار روز در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شدند و وزن خشک آن‌ها محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری سطح برگ از دستگاه سطح برگ‌سنج OGAWA (SEIKI CO., LTD) استفاده شد و برای محاسبه شاخص‌های رشدی شامل شاخص سطح برگ (LAI)، آهنگ رشد گیاه (CGR)، سرعت رشد نسبی (RGR) و سرعت جذب خالص (NAR) از معادله‌های ۱ تا ٤ استفاده گردید. در این معادلات LA سطح برگ، GA سطح زمین، W وزن خشک گیاه و t فاصله زمانی بین مراحل نمونه‌برداری می‌باشد (Hunt, 1990). محاسبه GDD نیز با استفاده از میانگین درجه حرارت‌های حداقل و حداکثر روزانه و با احتساب عدد ۱۰ درجه سانتی-گراد به‌عنوان صفر پایه برای ذرت محاسبه شد.

$$LAI=(LA_2+LA_1)/2(1/GA) \quad (1)$$

$$CGR=(W2-W1)/t2-t1 \quad (2)$$

$$RGR= (LnW_2-LnW_1)/t_2-t_1 \quad (3)$$

$$NAR= CGR\times (LnA_2-LnA_1/LA_2-LA_1) \quad (4)$$

برای اندازه‌گیری محتوای کلروفیل b، a و کاروتنوئیدها از روش Arnon (۱۹۷۲) استفاده شد.

ابتدا آزمون بارتلت برای بررسی متجانس بودن واریانس های خطا انجام شد و فرض صفر مبنی بر عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین واریانس خطا در هر دو محیط جداگانه رد نشد، لذا با توجه به یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی تجزیه واریانس مرکب (در دو منطقه زابل و نجف‌آباد اصفهان) به صورت آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون کمترین تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵٪ با بکارگیری نرم‌افزار MSTATC انجام شد. نمودارهای مربوطه با استفاده از نرم‌افزار SigmaPlot نسخه ۱۲/۳ رسم گردید.

نتایج و بحث

اثر مکان، مقادیر مختلف نیتروژن و هیبرید بر شاخص سطح برگ (LAI): نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس مربوط به شاخص سطح برگ (جدول۳) نشان داد که اثر برهمکنش مکان × نیتروژن و نیتروژن × هیبرید در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بودند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که حداکثر شاخص سطح برگ در تیمار ۲٤۰ نسبت به تیمار شاهد حدود ٤۷ درصد برتری داشت (جدول ٤). در بررسی حاضر، افزایش مقدار کود نیتروژن مصرفی باعث افزایش شاخص سطح برگ گردید. لک و همکاران (۱۳۸۵)، Hani و همکاران (۲۰۰٦)، در آزمایش‌هایی مبنی بر تأثیر مثبت کود نیتروژن روی ذرت و تدین و امام (۱۳۸٦) در گندم (*Triticum aestivum* L.) نتایج مشابهی را گزارش کردند. از مشاهده روند تغییرات شاخص سطح برگ مشخص می‌گردد که در هر دو منطقه زابل و اصفهان با افزایش سطوح کود نیتروژن از ۸۰ به ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار شاخص سطح برگ افزایش می‌یابد (شکل ۱). در مراحل ابتدایی رشد تفاوتی بین شاخص سطح برگ در میان تیمارهای کود نیتروژن مشاهده نشد. دلیل آن را می‌توان این‌گونه بیان نمود که در مراحل ابتدایی، رشد بوته‌ها کم بوده و توسعه شاخ و برگ در گیاه چندان نیست ولی با گذشت زمان در زابل حدود (٦۰۰ درجه - روز رشد) و در اصفهان حدود (۸۰۰ درجه – روز رشد) تأثیر تیمارها به‌تدریج آشکارتر شد. به‌طوری‌که در هر دو منطقه کاشت و در تمام هیبریدها بیشترین میزان شاخص سطح برگ در سطح کودی ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کمترین میزان شاخص سطح برگ در سطح شاهد مشاهده شد (شکل ۱). صابرعلی و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.18.2]

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های فیزیولوژیک رشد و عملکرد هیبریدهای مختلف ذرت در سطوح مختلف کود نیتروژن در دو منطقه

تیمارها	درجه آزادی	شاخص سطح برگ	سرعت رشد محصول	سرعت رشد نسبی	سرعت جذب خالص	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید	عملکرد دانه
مکان	۱	۰/۰۶۱۲^{ns}	۲۵/۸۶۸**	۰/۰۰۰۰۶٤**	۰/۹۲۹**	۰/۱٤٤۷**	۰/۰۲۲۹**	۰/۲۷۷۸**	۱۷۷۳۱۵۸**
تکرار (مکان)	٤	۰/۲۳۰۰^{ns}	۰/٦٤۹^{ns}	۰/۰۰۰۰۰٤^{ns}	۰۰/۰۰۲۱^{ns}	۰/۰۰۰۷^{ns}	۰/۰۰۲۱^{ns}	۰/۰۰۱۷^{ns}	۱۲۱۸٦۹/۱^{ns}
نیتروژن	۳	۱۱/۲۹۱**	٦۲/۹۱۰**	۰/۰۰۰۱۵۱**	۰/۰۰۰۱٦^{ns}	۰/۳۱۹٦**	۰/۰۳٤٦**	۰/۰۷٦۷**	۳٤۲۸۲۷۸۳**
مکان × نیتروژن	۳	۰/٤۳۷۹*	۰/۷٤۸^{ns}	۰/۰۰۰۰۸۹^{ns}	۰/۰۰۰۷۳^{ns}	۰/۰۱۲۰**	۰/۰٤۵۲**	۰/۰۱۷۰**	۸۵۱۲۹/۲^{ns}
تکرار (نیتروژن)	۱۲	۰/۲۷۳٤^{ns}	۰/۵۲۵^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۵^{ns}	۰/۰۰۱۰^{ns}	۰/۰۰۱۲^{ns}	۰/۰۰۲۸^{ns}	۰/۰۰۱۵^{ns}	۳۹۷۷۷/٦^{ns}
هیبرید	۲	۰/٦٦۵۱**	۱۰/۷۲۲**	۰/۰۰۰۵۱**	۰/۷۳۹۲**	۲۱/۰۰٤**	٦/٦۷۷۲**	۱٦/٦۱۲**	۱۱۱۹۱۵۰/٦**
نیتروژن × هیبرید	٦	۰/۳۳٦٤*	۰/۰۷٦۹^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۰٤^{ns}	۰/۰۲٦۳**	۰/۰۵۳۸**	۰/۰۵۱۱**	٤۳۹٤٦٤/۷**
مکان × هیبرید	۲	۰/۱٦٤۰^{ns}	۰/۰۵۹۲^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰٦^{ns}	۰/۰۳۵۱**	۰/۰۰۳۱^{ns}	۰/۰۹٤۹**	۵٤۰۸۸۰/۹**
مکان×هیبرید×نیتروژن	٦	۰/۲۹۷۰^{ns}	۰/٤۵٦^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۱٤۵**	۰/۰۳۸۹**	۰/۰۰۹۳**	۸۸٦۲۱۲/۷**
خطا	۳۲	۰/۱۳۲	۰/۲۸٤	۰/۰۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	٤۱۷٦۱
ضریب تغییرات (٪)		۷/۳۸	۵/٤۱	۱/۱٤	۱/۱۳	۱/٦۰	٤/۱۹	۳/۰۹	۳/۲٦

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

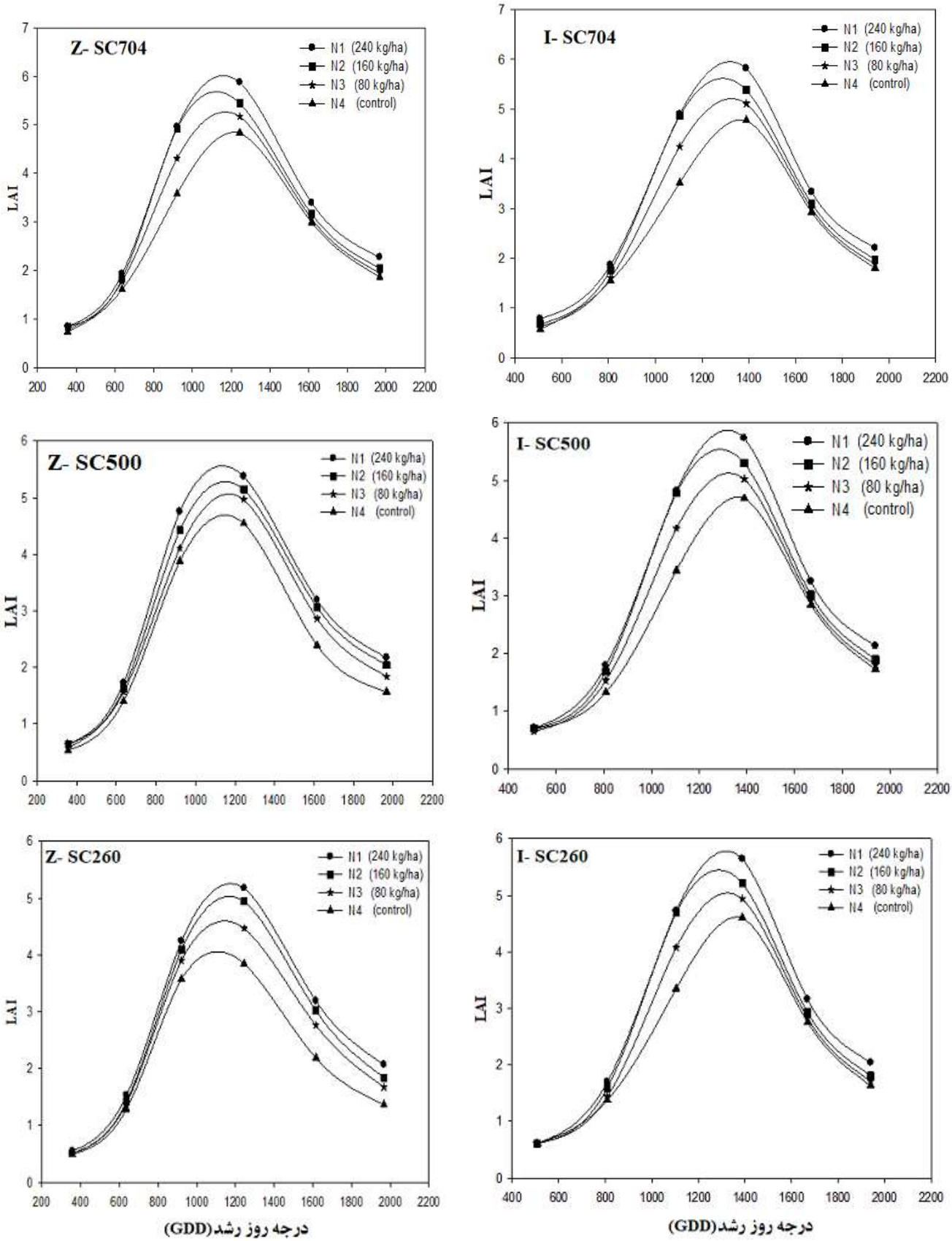
جدول ٤- نتایج مقایسه میانگین‌های اثرات ساده مکان، سطوح کودی نیتروژن و هیبرید بر شاخص‌های فیزیولوژیک رشد هیبریدهای مختلف ذرت

	تیمارها	شاخص سطح برگ	سرعت رشد محصول ($gr.m^{-2}.day^{-1}$)	سرعت رشد نسبی ($gr.gr^{-1}.day^{-1}$)	سرعت جذب خالص ($gr.m^{-2}.day^{-1}$)
مکان	زابل	_	۹/۲۵ ^{b}	۰/۰۸۸ ^{a}	۲/٤۵ ^{b}
	اصفهان	_	۱۰/٤۵^{a}	۰/۰۸٦^{b}	۲/۹۸^{a}
سطوح کودی نیتروژن ($Kg\ ha^{-1}$)	۲٤۰	۵/۷٤ ^{a}	۱۱/۷۷^{a}	۰/۰۹۰ ^{a}	_
	۱٦۰	۵/۲۹ ^{b}	۱۰/۷۱^{b}	۰/۰۸۹^{b}	_
	۸۰	٤/۸۱^{c}	۹/۵۲^{c}	۰/۰۸۷ ^{c}	_
	۰	۳/۸۹^{d}	۷/٤۱ ^{d}	۰/۰۸٤^{d}	_
هیبریدها	Sc704	۵/۱۲^{a}	۱۰/۵۹^{a}	۰/۰۹۲^{a}	۲/۷۵ ^{a}
	Sc500	۵/۰۲^{ab}	۹/٦۸^{b}	۰/۰۸۸^{b}	۲/۵٤ ^{b}
	Sc260	٤/۸٦^{b}	۹/۲۹^{c}	۰/۰۸۳ ^{c}	۲/٤۰ ^{c}

در هر ستون میانگین های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد ندارند.

همکاران (۱۳۸٦) گزارش کردند که مقدار شاخص سطح برگ ذرت در مرحله ابریشم‌دهی به حداکثر می‌رسد (بنابراین هر گونه تنشی در این مرحله باعث کاهش رشد و کوچک شدن برگ‌ها می‌شود). بیشترین شاخص سطح برگ در هیبریدهای SC704(۵/۱۲) و SC500 (۵/۰۲) که در یک سطح آماری قرار داشتند، مشاهده شد (جدول ٤) که این امر می‌تواند به دلیل بیشتر بودن طول دوره رشد در هیبریدهای SC704 و SC500 نسبت به هیبرید SC260 باشد. توسعه و گسترش سطح برگ در گیاهان زراعی به عوامل مختلفی مانند دما، تراکم بوته در واحد سطح، میزان مواد غذایی در دسترس و خصوصیات

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.18.2]



شکل ۱- روند تغییرات شاخص سطح برگ در هیبریدهای مختلف ذرت در سطوح کود نیتروژن در دو منطقه زابل (Z) و اصفهان (I)

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

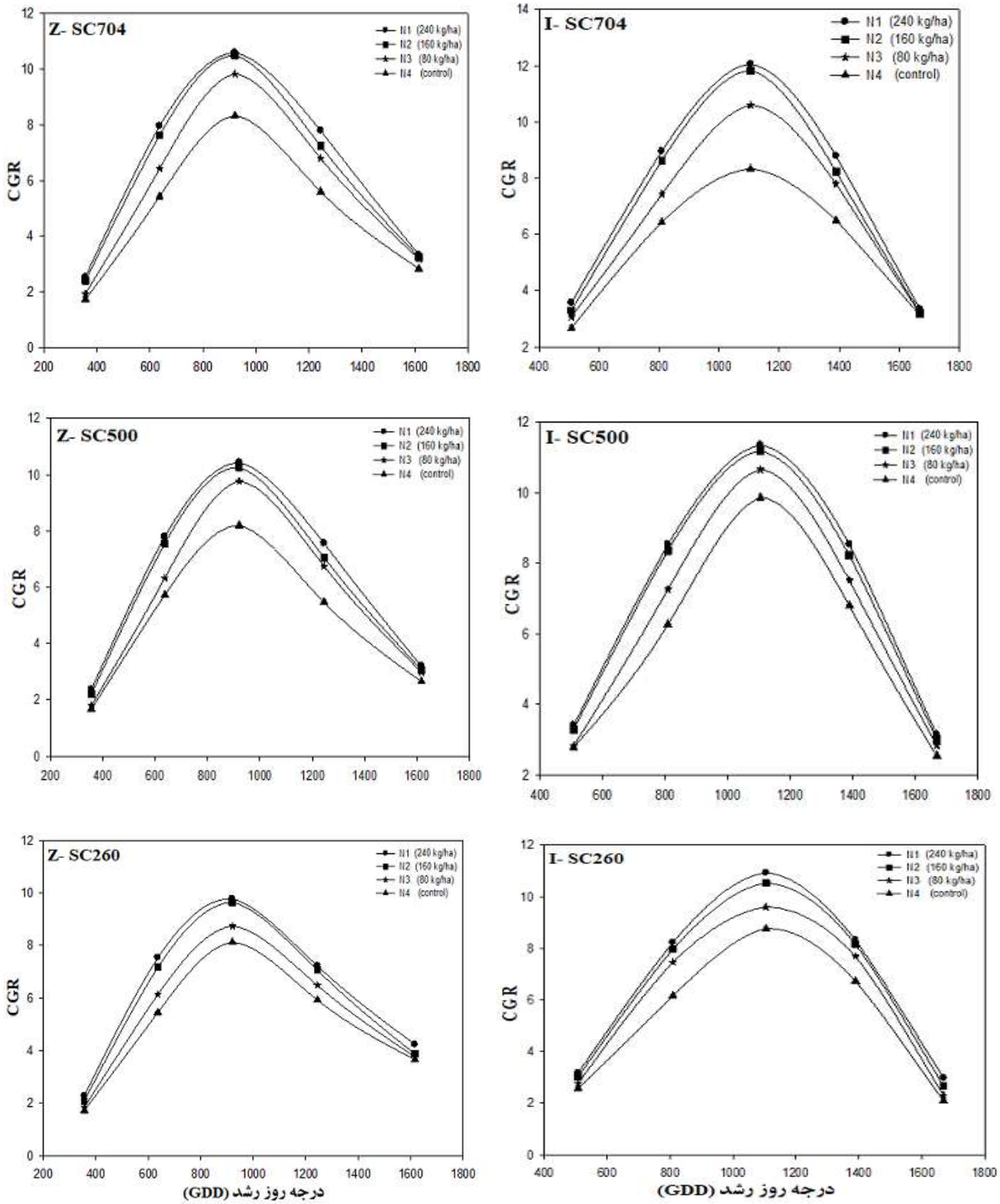
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.18.2]

ریخت‌شناسی ژنوتیپ‌ها بستگی دارد که این عوامل باعث به وجود آمدن تفاوت‌هایی در شاخص سطح برگ می‌گردد (اوزونیدوجی و همکاران، ۱۳۸٦).

اثر مکان، مقادیر مختلف نیتروژن و هیبرید بر آهنگ رشد گیاه (CGR): نتایج نشان داد که عوامل آزمایشی مکان، نیتروژن و هیبرید روی مقدار سرعت رشد گیاه تأثیر معنی‌داری داشتند (جدول ۳). در هر دو منطقه کاشت، با افزایش کود نیتروژن از سطح ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به سطح ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار روند رشد گیاه افزایش یافت و همچنین کمترین میزان آهنگ رشد گیاه در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۱). آهنگ رشد گیاه تقریباً در اواسط فصل رشد به حداکثر خود رسید و پس از آن شروع به کاهش نمود. این مشاهدات مطابق نتایج ساجدی و اردکانی (۱۳۸۷)، مرعشی و همکاران (۱۳۹۵) می‌باشد. سرعت رشد محصول تقریباً برابر با ۳۰ گرم در مترمربع در روز، در مورد گیاهان گروه C_4 مانند ذرت قابل حصول است (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۸۸). روند افزایش سرعت رشد محصول در ادامه فصل به رشد و نمو سریع برگ‌ها و ساقه بستگی دارد. این رشد و نمو به تأمین آب و عناصر غذایی کافی احتیاج دارد (Kogbe and Adediran, 2003). فرخی و ارادتمند اصلی (۱۳۸۷) در مشاهدات خود به این نتیجه رسیدند که استفاده از کود نیتروژن به‌طور معنی‌داری باعث افزایش سرعت رشد محصول می‌شود. تمامی هیبریدها در منطقه زابل در حدود ۱۰۰۰ درجه – روز رشد و در منطقه اصفهان در حدود ۱۱۰۰ درجه روز – رشد (در مرحله ظهور گل آذین نر) به حداکثر مقدار سرعت رشد گیاه رسیدند و پس از آن میزان سرعت رشد گیاه کاهش یافت (شکل ۲) این امر که به علت سایه‌اندازی و کاهش نفوذ نور در سایه‌انداز گیاهی و ریزش برگ‌های مسن می‌باشد، تا انتهای دوره رشد موجب کاهش سطح برگ و سرعت جذب خالص می‌شود (امام، ۱۳۸٦). در زابل حداکثر میزان سرعت رشد گیاه در سطح ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در هیبریدهای SC704، SC500 و SC260 نسبت به تیمار شاهد خود به ترتیب حدود ۲۷، ۲۵ و ۲۰ درصد برتری داشتند (شکل ۲) و در منطقه اصفهان حداکثر میزان سرعت رشد گیاه در هیبریدهای SC704، SC500 و SC260 در سطح ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نسبت به تیمار شاهد به ترتیب حدود ٤٤، ۱۵ و ۲٤ درصد برتری داشتند (شکل ۲). بیشترین میزان سرعت رشد گیاه در اصفهان حدود ۱۳ درصد بیشتر از منطقه زابل بود و همچنین هیبرید SC704 نسبت به هیبریدهای SC500 و SC260، حدود ۹ و ۱٤ درصد برتری داشت که می‌تواند بیانگر برتری فتوسنتزی و ذخیره‌سازی بیشتر مواد در این ارقام باشد (جدول ٤). می‌توان دلیل برتری سرعت رشد نسبی ذرت در اصفهان را به شرایط آب و هوایی مساعدتر و وضعیت خاک بهتر در اصفهان نسبت به زابل دانست.

اثر مکان، مقادیر مختلف نیتروژن و هیبرید بر سرعت رشد نسبی (RGR): با توجه به جدول ۳ می‌توان بیان نمود که اثر مکان، هیبرید و نیتروژن بر سرعت رشد نسبی در سطح یک درصد معنی‌دار بود. در هر دو منطقه کاشت و در تمامی هیبریدها سرعت رشد نسبی گیاهان زراعی بعد از مرحلهٔ جوانه‌زنی بالا رفته و سپس کاهش می‌یابد و درواقع با افزایش سن گیاه میزان رشد نسبی کاهش می‌یابد زیرا بخش‌هایی که به گیاه افزوده می‌شوند بافت‌های ساختمانی هستند که از لحاظ متابولیکی فعال نبوده و نقشی در فتوسنتز ندارند، در زمان ۷۵ روز پس از کاشت (حدود ۱۰۰۰ درجه- روز رشد) در منطقه زابل هیبریدهای ۷۰٤، ۵۰۰ و ۲٦۰ در سطح ۲٤۰ کیلوگرم در هکتار در حداکثر مقدار سرعت رشد نسبی قرار داشتند که نسبت به تیمار شاهد به ترتیب حدود ۱۰، ٦ و ۵ درصد برتری نشان دادند و در منطقه اصفهان نیز در زمان (۱۱۰۰ درجه- روز رشد) هیبریدهای ۷۰٤، ۵۰۰ و ۲٦۰ در سطح ۲٤۰ کیلوگرم در هکتار در حداکثر مقدار سرعت رشد نسبی قرار داشتند که نسبت به تیمار شاهد به ترتیب حدود ۱۱، ۸ و ۹ درصد برتری نشان دادند (شکل ۳). همچنین به دلیل قرار گرفتن برگ‌های اولیه در سایه و افزایش سن آن‌ها فعالیت فتوسنتزی کاهش یافته و سرعت رشد نسبی نیز کاهش می‌یابد (طریق الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۱). بر اساس مشاهدات این آزمایش، کاربرد کود نیتروژن باعث افزایش سرعت رشد نسبی نسبت به شاهد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.18.2]

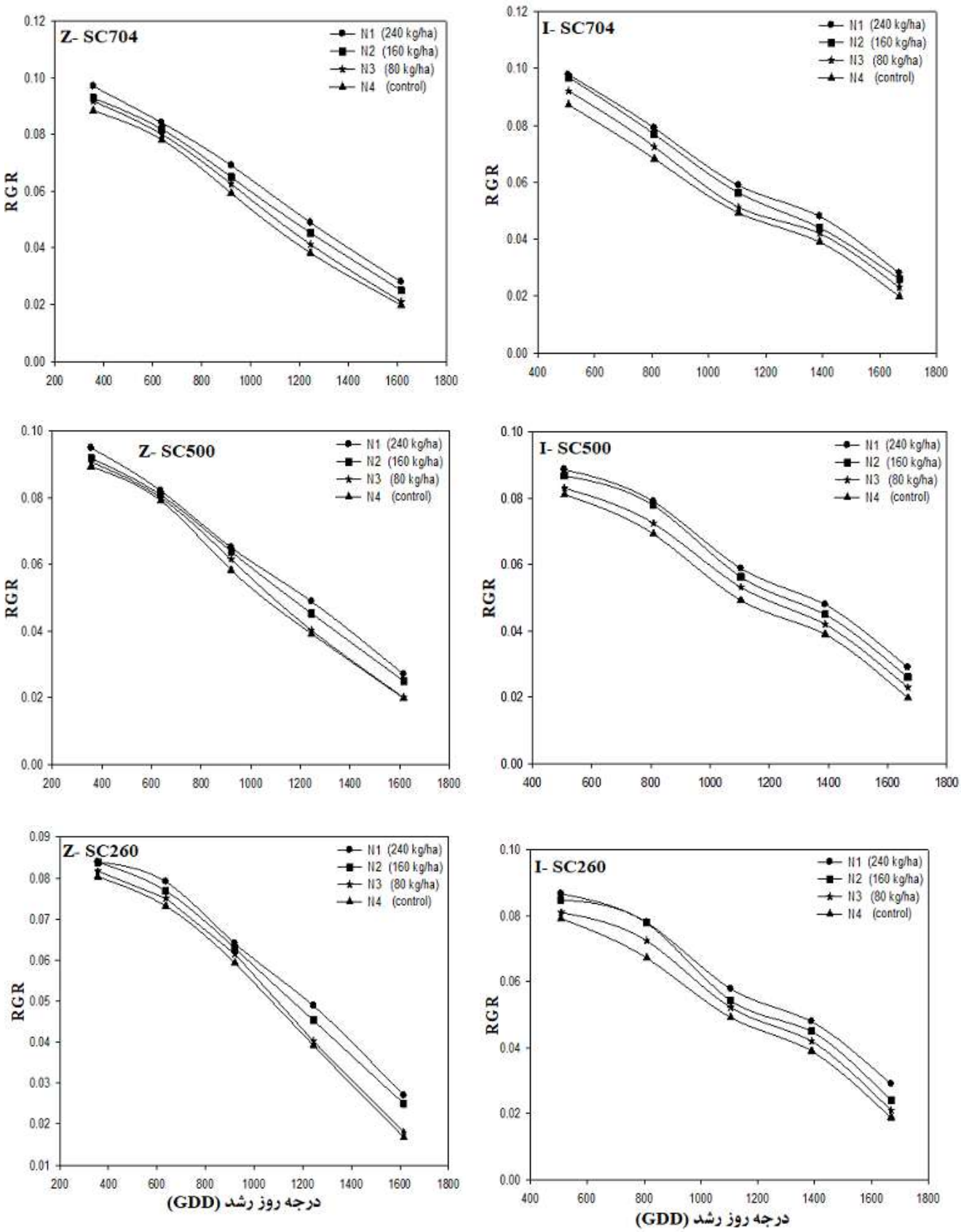


شکل ۲- روند تغییرات سرعت رشد گیاه در هیبریدهای مختلف ذرت در سطوح کود نیتروژن در دو منطقه زابل (Z) و اصفهان (I)

گردید و این امر می‌تواند به دلیل افزایش دسترسی گیاه به این عنصر غذایی مهم باشد. نتایج فرخی و ارادتمند اصلی (۱۳۸۷)

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.18.2]



شکل ۳- روند تغییرات سرعت رشد نسبی در هیبریدهای مختلف ذرت در سطوح کود نیتروژن در دو منطقه زابل (Z) و اصفهان (I)

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.18.2]

و Patel و همکاران (۲۰۰۶) این یافته‌ها را تأیید می‌کنند.

مراحل پایانی رشد نشان‌دهندهٔ کاهش شدید سرعت رشد نسبی و در واقع کاهش وزن خشک گیاه می‌باشد که برداشت اقتصادی در این مرحله را کاملاً توجیه می‌نماید. می‌توان اظهار داشت که میزان سرعت رشد نسبی در هیبرید SC704 با میزان ۰/۰۹۲ گرم بر گرم بر روز نسبت به هیبریدهای SC500 و SC260 به ترتیب حدود ٤ و ۱۰ درصد برتری داشت و همچنین سرعت رشد نسبی در زابل حدود ۲ درصد بیشتر از منطقه اصفهان بود (جدول ٤).

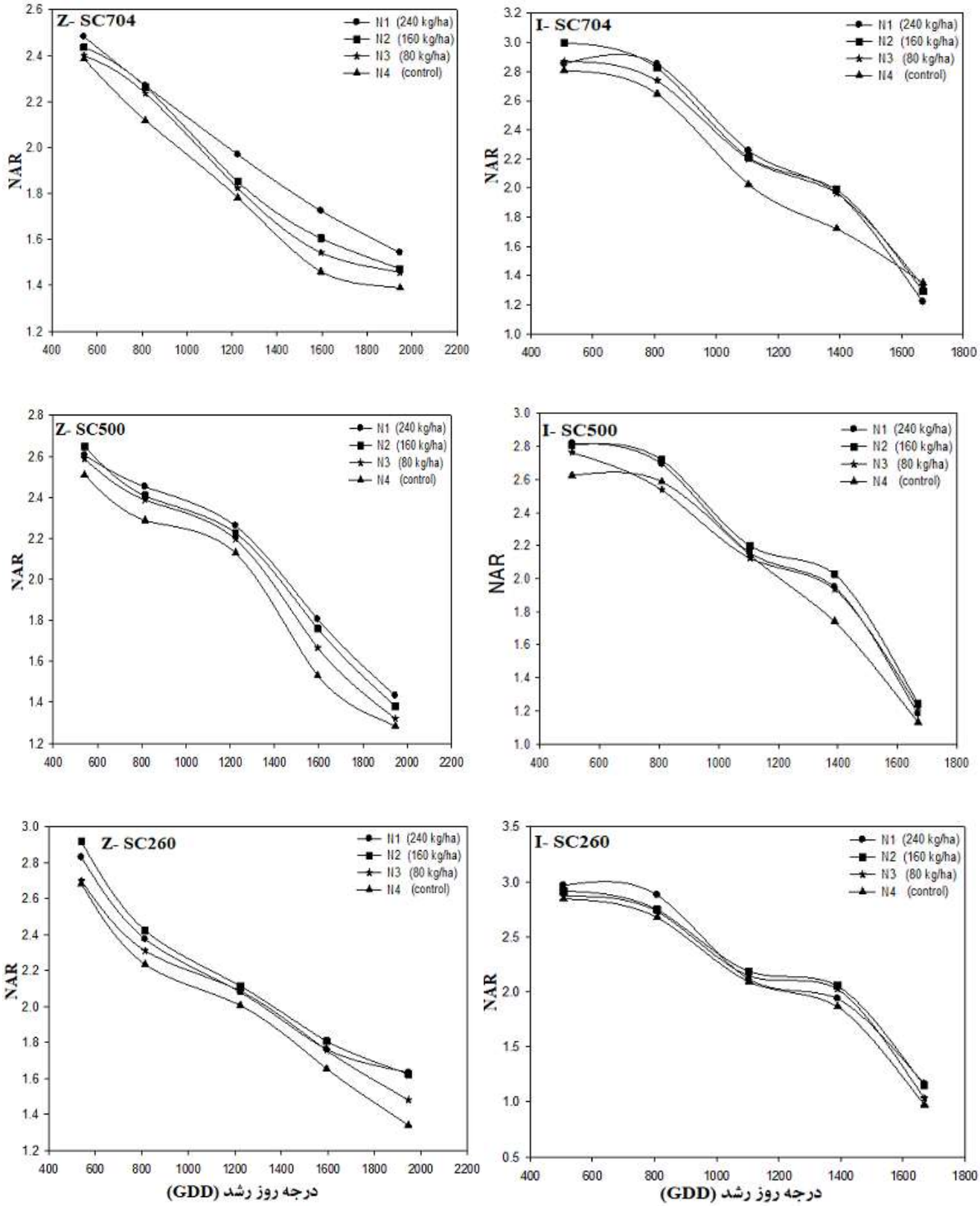
اثر مکان، مقادیر مختلف نیتروژن و هیبرید بر سرعت جذب خالص (NAR): سرعت جذب خالص به طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات مکان و هیبرید در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). با توجه به جدول ٤ می‌توان بیان نمود که سرعت جذب خالص در منطقه اصفهان حدود ۲۱ درصد بیشتر از منطقه زابل بود و همچنین هیبرید SC704 با میزان ۲/۷۵ گرم بر مترمربع بر روز، نسبت به هیبریدهای SC500 و SC260 به‌ترتیب حدود ۸ و ١٤ درصد برتری داشت. نتایج این آزمایش نشان داد که روند تغییرات سرعت جذب خالص در سطوح مختلف کود نیتروژن دارای روند نزولی بود زیرا با افـزایش سـن برگ از فتوسنتز نیز کاسته می‌شود که این امر به نوبـه خـود موجـب کاهش سرعت جذب خالص خواهد شد (Yavas and Unay, 2016). در منطقه زابل، در ابتدای فصل رشد بیشترین میزان NAR در هیبرید SC70 در سطح ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار معادل ۲/٤۸ گرم بر مترمربع بر روز و در هیبریدهای SC500 و SC260 در سطح ١٦۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌ترتیب معادل ۲/٦٤ و ۲/۸۳ گرم بر مترمربع بر روز به‌دست آمد. از سوی دیگر، تیمار شاهد در هیبریدهای SC704، SC500 و SC260، به‌ترتیب معادل ۱/۳۸، ۱/۲۸ و ۱/۳۳ گرم بر مترمربع بر روز کمترین میزان NAR را نشان دادند (شکل ٤). در منطقه اصفهان نیز روند تغییرات جذب و تحلیل خالص در سطوح مختلف کود نیتروژن و در تمام هیبریدها دارای روند نزولی بود، به‌طوری‌که در ابتدای فصل رشد در سطح ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار دارای بیشترین میزان NAR، به‌ترتیب معادل ۲/۸۲ و ۲/۹٦ گرم بر مترمربع بر روز در هیبریدهای SC500 و SC260 و سطح ١٦۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در هیبرید SC704 معادل ۲/۹۹ گرم بر مترمربع بر روز بود (شکل ٤). ظاهراً سرعت جذب خالص (NAR) تحت تأثیر عوامل بسیار زیادی قرار دارد که عملاً اندازه‌گیری آن‌ها پیچیده بوده و به‌سادگی قابل‌تشخیص نیست به همین دلیل نتایج بسیاری از محققان در مورد جذب و تحلیل خالص با یکدیگر تفاوت دارد. این نتایج با نتایج سپهری و همکاران (۱۳۸۱) و ساجدی و اردکانی (۱۳۸۷) مطابقت دارد.

کلروفیل a، b و کاروتنوئید: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش مکان × هیبرید × نیتروژن در سطح یک درصد بر کلروفیل a، b و کارتنوئیدها معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش میزان کود نیتروژن از صفر به ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئید افزایش یافت. به طوری که کلروفیل a در اصفهان در هیبرید SC704 از ۰/۹۱ به ۲/۵۵ و هیبرید SC500 از ۰/۸۵ به ۲/۳۸ و هیبرید SC260 از ۰/۸٤ به ۲/۳٤ میلی‌گرم در گرم وزن تر افزایش یافت. این افزایش در زابل در هیبرید SC704 از ۰/۸۷ به ۲/٤۲، در هیبرید SC500 از ۰/۷٤ به ۲/۳۰ و در هیبرید SC260 از ۰/۷۱ به ۲/۲۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر بود (جدول ۵). همچنین میزان کلروفیل a در هیبریدهای SC704، SC500 و SC260 در سطح ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در اصفهان در مقایسه با زابل به ترتیب حدود ۵، ۳ و ٤ درصد برتری داشتند (جدول ۵).

مقایسه میانگین‌های کلروفیل b نشان داد که هیبریدهای SC704، SC500 و SC260 در سطح ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مقایسه با سطح کودی ١٦۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در اصفهان به ترتیب حدود ١٦، ۹ و ٤۲ درصد و در زابل به ترتیب حدود ۱۹، ۲۱ و ۲۱ درصد برتری داشتند و همچنین میزان کلروفیل b در هیبریدهای SC704، SC500 و SC260 در سطح ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در اصفهان در مقایسه با زابل به ترتیب ۱۲، ٤ و ٦ درصد برتری نشان دادند (جدول ۵). مقایسه میانگین کاروتنوئید نشان داد که هیبریدهای SC704، SC500 و SC260 در سطح ۲٤۰ کیلوگرم

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.18.2]



شکل ٤- روند تغییرات سرعت جذب خالص در هیبریدهای مختلف ذرت در سطوح کودی نیتروژن در دو منطقه زابل (Z) و اصفهان (I)

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.18.2]

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر برهمکنش مکان، هیبرید و نیتروژن بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و عملکرد دانه ذرت

مکان	رقم	نیتروژن (Kg ha^{-1})	کلروفیل a (mg.g^{-1} Fw)	کلروفیل b (mg.g^{-1} Fw)	کاروتنوئیدها (mg.g^{-1} Fw)	عملکرد دانه (Kg ha^{-1})
اصفهان	SC704	۰	۰/۹۱	۰/۵٤	۰/۲۹	٤٦٥۳
		۸۰	۱/۲۱	۰/۵۳	۰/۸۵	٦٥۹٤
		۱٦۰	۱/۸۷	۱/٤۲	۱/٦۳	۸۱۰۰
		۲٤۰	۲/۵۵	۱/٦۵	۲/۳۹	۷۷٦۱
	SC500	۰	۰/۸۵	۰/٤۳	۰/٤۳	٤۰۸۰
		۸۰	۱/۱٦	۰/۹٦	۰/۵۳	٦۱۵۹
		۱٦۰	۱/٦۷	۱./۵۳	۱/٤٤	۸۰۳۱
		۲٤۰	۲/۳۸	۱/٦۸	۲/۲٤	۷۱۱۷
	SC260	۰	۰/۸٤	۰/۳۲	۰/٤٤	٤۷۱۵
		۸۰	۱/۰۵	۰/٦۷	۰/٦٤	۵۹۳٤
		۱٦۰	۱/٦٦	۱/۲۸	۱/٤۷	۷۰٦۳
		۲٤۰	۲/۳٤	۱/۸۲	۲/۲۱	٦۷۳۲
زابل	SC704	۰	۰/۸۷	۰/٤۲	۰/۳٤	٤٤۳۷
		۸۰	۱/۲۰	۰/۷۷	۰/۹٦	۵۷۱۰
		۱٦۰	۱/۷۹	۱/۵۵	۱/٦۵	۷٦۲٤
		۲٤۰	۲/٤۲	۱/۸۵	۲/۳۸	۷٦۰۵
	SC500	۰	۰/۷٤	۰/۳۳	۰/۳٤	٤٤۱۸
		۸۰	۱/۱٤	۰/۸٦	۰/۷۵	٦۰۲۰
		۱٦۰	۱/۵٤	۱/٤٤	۱/٤٤	۷۸۸۲
		۲٤۰	۲/۳۰	۱/۷۵	۲/۲۷	٦٦٤٦
	SC260	۰	۰/۷۱	۰/۵٤	۰/۲۳	٤۱۱۹
		۸۰	۱/۱۰	۰/٦۲	۰/۷۷	۵۷۷۵
		۱٦۰	۱/٤۹	۱/٤۱	۱/۳۵	۷۵٤۷
		۲٤۰	۲/۲۵	۱/۷۱	۲/۱۷	٦۲۸۹
LSD		—	۰/۰۵۲	۰/۰۷٤	۰/۰٤۲	۱٤۳/٤

نیتروژن در هکتار در مقایسه با سطح کودی ۱٦۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در اصفهان به ترتیب حدود ٤٦، ۵۵ و ۵۰ درصد و در زابل به ترتیب حدود ٤٤، ۵۷ و ٦۰ درصد برتری نشان دادند و همچنین میزان کاروتنوئید در هیبریدهای SC704، SC500 و SC260 در سطح ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در اصفهان در مقایسه با زابل تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۵). نتایج Nahed و همکاران (۲۰۱۱) و Saeid و Darband (۲۰۱۱) این یافته را تأیید می‌کنند.

استفاده از کود نیتروژن به‌طور معنی‌داری باعث افزایش کلروفیل‌ها و کاروتنوئید شد که دلیل آن را می‌توان همبستگی مثبت نیتروژن با کلروفیل دانست (Okumura *et al*., 2011; Nawab and Anjum, 2017). افزایش نیتروژن در گیاه توأم با افزایش غلظت کلروفیل و نیتروژن برگ بوده و همچنین افزایش نیتروژن باعث بهبود رنگ گیاه می‌شود، به عبارتی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.18.2]

سبزی را در گیاه تشدید می‌کند (Nawab and Anjum, 2017). نتایج تحقیقات تعداد زیادی از پژوهشگران نشان داده است که مقدار کلروفیل برگ با غلظت نیتروژن، فعالیت آنزیم ریبولوز بی فسفات کربوکسیلاز و ظرفیت فتوسنتزی برگ همبستگی بالایی دارد (Lopez-Bellido *et al*., 2004; Arregui *et al*., 2006.).

عملکرد دانه: برهمکنش اثرات مکان، هیبرید و کود نیتروژن بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد از نظر آماری معنی‌دار شد (جدول ۳). همچنین مقایسه میانگین (جدول ۵) نشان داد که افزایش مصرف کود نیتروژن از ۸۰ به ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش تدریجی و قابل ملاحظه‌ای در عملکرد دانه شد. به طوری‌که در سطح ۱۶۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار در منطقه اصفهان میانگین عملکرد دانه هیبریدهای ۷۰۴ و ۵۰۰ به ترتیب ۶ و یک درصد بیشتر و در هیبرید ۲۶۰ حدود ۷ درصد کمتر از منطقه زابل بود. بالاترین عملکرد دانه در این سطح در منطقه اصفهان به SC704 (۸۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و در منطقه زابل به SC500 (۷۸۸۲ کیلوگرم در هکتار) اختصاص یافت. میزان عملکرد دانه در سطح ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در هر دو منطقه کاهش یافت (جدول ۵). Zaman و Khan (۲۰۱۶) بیان کردند که نیتروژن زیاد سبب تأخیر تولید مثل و در نتیجه کوتاه‌تر شدن طول پر شدن دانه و کاهش عملکرد دانه می‌شود.

همبستگی مثبتی بین شاخص سطح برگ و عملکرد وجود دارد، به‌طوری که افزایش شاخص سطح برگ گیاه با افزایش جذب نور و در نتیجه افزایش ظرفیت فتوسنتزی باعث افزایش عملکرد اقتصـــادی می‌گردد (نوری اظهر و احسان زاده، ۱۳۸۶؛ ساجدی و اردکانی، ۱۳۸۶). به‌طور معمول افزایش عملکرد در هیبریدهای دیررس بیشتر از میان‌رس و زودرس می‌باشد و دلیل آن را می‌توان بیشتر بودن طول دوره رشد گیاه و استفاده بیشتر گیاه از منابع را بیان کرد. پاسخ هیبریدهای مختلف ذرت به نیتروژن مصرفی به شرایط محیطی محل اجرای آزمایش وابسته بود. پاسخ هیبریدهای ذرت به مصرف کود نیتروژن در اصفهان بیش‌تر از زابل بوده است (جدول ۵). این شرایط را می‌توان از دو جنبه خاک و آب و هوا در دو منطقه مورد ارزیابی قرار داد.

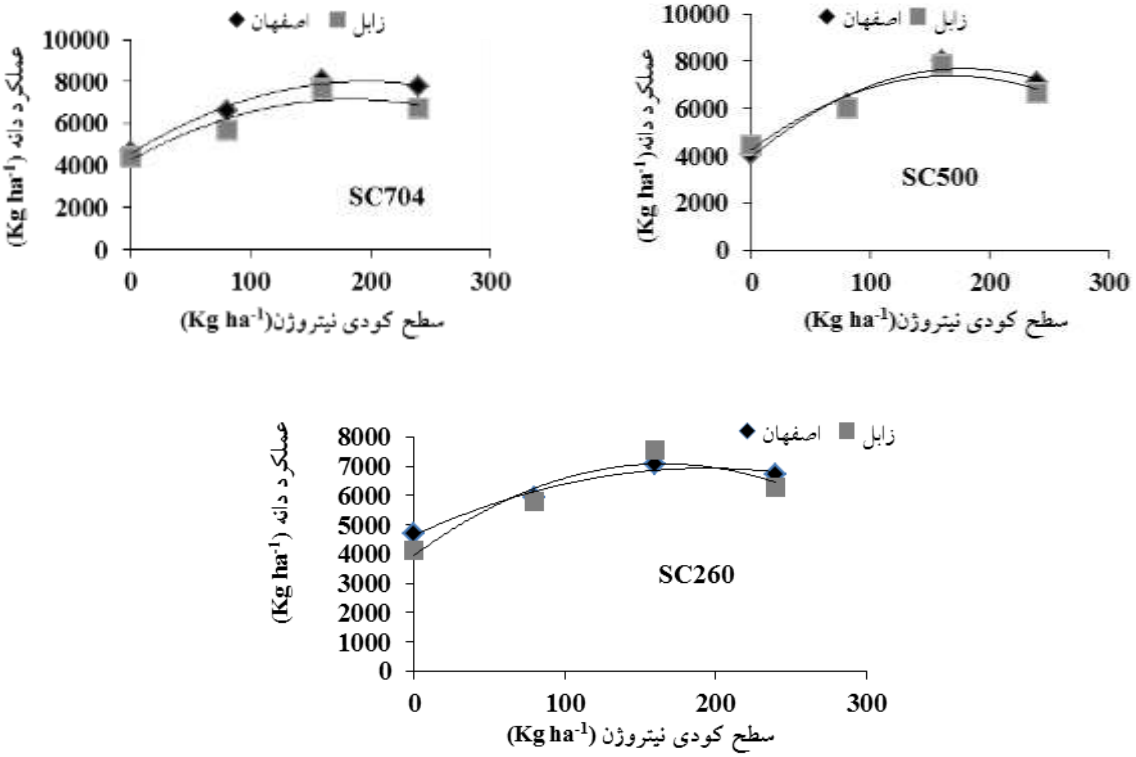
از نظر وضعیت خاک، بافت خاک زابل لومی- شنی و بافت خاک اصفهان لومی – رسی بود اما میزان پتاسیم و فسفر قابل‌دسترس خاک در منطقه اصفهان بیشتر از زابل بود (جدول ۲). همچنین میزان میانگین درجه حرارت در طول فصل رشد در زابل بیشتر از نجف‌آباد اصفهان بود (جدول ۱)، افزایش دما سبب تأخیر در پیدایش کاکل‌دهی و یا سقط جنین در اثر کمبود دسترسی به کربوهیدرات‌های کربن می‌شود که می‌تواند اثر سوء بر تعداد دانه، وزن دانه و درنهایت عملکرد دانه ذرت داشته باشد؛ بنابراین با فرض ثبات مدیریتی در دو منطقه، از نظر دما و خاک شرایط نجف‌آباد برای رشد ذرت مناسب‌تر بوده است. حد آستانه مصرف کود نیتروژن بر اساس ۵۰ درصد افت عملکرد (۵۰ درصد تفاوت بین بیشترین عملکرد با مقدار شاهد یا عدم مصرف کود) در منطقه اصفهان و زابل برای هیبرید ۷۰۴ به ترتیب ۱۷۸ و ۲۰۰، برای هیبرید ۵۰۰ به ترتیب ۱۶۴ و ۱۹۲ و برای هیبرید ۲۶۰ به ترتیب ۱۵۰ و ۱۸۶ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۵ و جدول ۶). مقدار کودهای نیتروژن‌دار موردنیاز گیاهان زراعی جهت رسیدن به عملکردهای بهینه به نوع محصول، خاک، اقلیم، شرایط زراعی و سن بیولوژیک گیاه وابسته است، به‌طوری که میزان رشد در ارقام مختلف یک گونه زراعی ممکن است نسبت به یک میزان مشخص نیتروژن متفاوت باشد (Gehl *et al*., 2005؛ Torbert *et al*., 2001).

نتیجه‌گیری کلی:

به‌طور کلی در هر دو منطقه زابل و اصفهان با مصرف کود نیتروژن از منبع اوره، عملکرد دانه در هیبریدهای مختلف ذرت افزایش یافت و در حالی که بازه نزولی در پاسخ به سطح ۲۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن مشاهده شد. حد آستانه کود نیتروژن موردنیاز جهت ۵۰ درصد افت عملکرد ذرت در منطقه زابل و اصفهان برای هیبرید ۷۰۴ به ترتیب ۲۰۰ و ۱۷۸ و برای هیبرید ۵۰۰ به ترتیب ۱۹۲ و ۱۶۴ و برای هیبرید ۲۶۰ به ترتیب ۱۸۶ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. حد آستانه نیتروژن موردنیاز در هیبرید دیررس نسبت به هیبرید میان‌رس و زودرس بیشتر بود.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.18.2]



شکل ۵- پاسخ عملکرد دانه هیبریدهای مختلف ذرت (SC704, SC500, SC260) به سطوح مختلف کود نیتروژن در دو منطقه زابل و اصفهان

جدول ٦- معادله‌های مربوط به پاسخ عملکرد دانه هیبریدهای مختلف ذرت (SC260، SC500، و SC704) به سطوح مختلف کود نیتروژن در دو منطقه زابل و اصفهان

هیبرید	زابل	اصفهان
SC704	$y = -0.0856x^2 + 31.451x + 4263.6$ $R^2 = 0.8923$	$y = -0.0891x^2 + 34.92x + 4582.6$ $R^2 = 0.9863$
SC500	$y = -0.1109x^2 + 37.286x + 4251.2$ $R^2 = 0.9097$	$y = -0.1169x^2 + 41.794x + 3951.2$ $R^2 = 0.9614$
SC260	$y = -0.0606x^2 + 23.508x + 4646.6$ $R^2 = 0.9714$	$y = -0.1139x^2 + 37.685x + 3961.8$ $R^2 = 0.9182$

افزایش سطح کودی نیتروژن از تیمار شاهد (عدم استفاده از کود نیتروژن) تا ۲٤۰ کیلوگرم در هکتار سبب افزایش شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی شد. با افزایش سطوح کودی نیتروژن، میزان کلروفیل a، b و کارتنوئیدها افزایش یافت. با توجه به نتایج به دست آمده، به نظر می‌رسد هیبرید سینگل کراس ۷۰٤ در مقایسه با دو هیبرید دیگر به لحاظ داشتن سطح برگ مطلوب‌تر و اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتر به برگ و ساقه، به نحو مطلوب‌تری از نیتروژن مصرفی استفاده نموده و در نتیجه ماده خشک تولید شده و انتقال مواد و عملکرد دانه در این رقم بیشتر است.

منابع:

احسان زاده، پ. و زارعیان بغدادآبادی، ع. (۱۳۸۲) اثر تراکم بوته بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی ویژگی‌های رشد دو رقم گلرنگ در شرایط آب و هوایی اصفهان، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۷: ۱۳۰-۱٤۱.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.18.2]

امام، و. (١٣٨٦) زراعت گیاهان غلات. انتشارات دانشگاه شیراز. ١٩٠ صفحه.

اوزونی‌دوجی، ع.، اصفهانی، م.، سمیع‌زاده لاهیجی، ح. و ربیعی، م. (١٣٨٦) اثر آرایش کاشت و تراکم بوته بر عملکرد و اجزا عملکرد دانه دو رقم کلزای گلبرگ‌دار و بدون گلبرگ، مجله علوم زراعی ایران ٩: ٦٠-٧٦.

تدین، م. ر. و امام، ی. (١٣٨٦) تأثیر آبیاری تکمیلی و کود نیتروژن بر واکنش‌های مورفولوژیک و عملکرد دانه دو رقم گندم تحت شرایط دیم در استان فارس، مجله علمی کشاورزی ٣ : ٥٣-٦٩.

ساجدی، ن. ع. و اردکانی، م. ر. (١٣٨٧) اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن، روی و آهن بر شاخص‌های فیزیولوژیک ذرت علوفه‌ای در استان مرکزی، مجله پژوهش‌های زراعی ایران ٦: ٩٩-١١٠.

سپهری، ع.، مدرس ثانوی، م.، قره یاضی، ب. و یمینی، ی. (١٣٨١) تأثیر تنش آب و مقادیر مختلف نیتروژن بر مراحل رشد و نمو، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت، مجله علوم زراعی ایران ٤: ١٨٤-٢٠١.

صابرعلی، ف.، سادات نوری، ا.، حجازی، ا، و زند، ا. (١٣٨٦) تأثیر تراکم و آرایش کاشت بر روند رشد و عملکرد ذرت تحت شرایط رقابت با سلمه تره (*Chenopodium album* L.)، مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی ٧٤: ١٤٣-١٥٢.

فرخی، غ. ر. و ارادتمند اصلی، د. (١٣٨٧) تأثیر پیریدوکسین و سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای رقم سینگل کراس ٧٠٤، مجله زراعت و اصلاح نباتات ایران ٥:٤-١٦.

کوچکی، ع. و سرمدنیا، غ. (١٣٨٨) فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد ٤٠٠ صفحه.

لک، ش.، نادری، ا.، سیادت، ع.، آینه بند، ا. و نورمحمدی، ق. (١٣٨٥) اثر سطوح مختلف نیتروژن و تراکم بوته در شرایط مختلف رطوبتی بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارآیی مصرف آب ذرت دانه‌ای سینگل کراس ٧٠٤ در خوزستان، مجله علوم زراعی ایران ٨: ١٥٣-١٧٠.

مرعشی، ک.، بهداروند، پ.، مجدم، م. و ساکی نژاد، ط. (١٣٩٥) بررسی اثر سطوح مختلف آبیاری، نیتروژن و رقابت علف‌های هرز بر شاخص‌های رشد و عملکرد دانه ذرت (هیبرید SC704). مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی ٨: ٦١-٧٥.

نوری اظهر، ج. و احسان زاده، پ. (١٣٨٦) بررسی روابط شاخص‌های رشد و عملکرد پنج هیبرید ذرت در دو رژیم آبیاری در منطقه اصفهان، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ١١: ٢٦١-٢٧١.

Arregui, L. M., Lasa, B., Lafarga, A., Iraieta, I., Baroja, E. and Quemada, M. (2006) Evaluation of chlorophyll meters as tools for N fertilization in winter wheat under humid Mediterranean conditions. European Journal Agronomy 24:140-148.

Arnon, A. N. (1967) Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal 23:112- 121.

Al-Kaisi, M. M. and Yin, X. (2003) Effects of nitrogen rate, irrigation rate, and plant population on corn yield and water use efficiency. Agronomy Journal 95:1475-1482.

Bundy, G. L. and Carter, P. R. (2008) Corn hybrid response to nitrogen fertilization in northern corn belt. Journal of Production of Agriculture 1: 99-104.

Dipaolo, E. and Rinaldi, M. (2008) Yield response of corn to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment. Journal of Field crops Research 105: 202-210.

El-Sayed, K. A., Ross, S. A., El-Sohly, M. A., Khalafall, M. M., Abdel Halim, O. B. and Ikegami, F.(2000) Effect of different fertilizers on the amino acid, fatty acid and essential oil composition of *Nigella sativa* seeds. Saudi Pharmaceutical Journal 8:175-182.

Gehl, R. J., Schmidt, J. P., Maddux, L. D. and Gordon, W. B. (2005) Corn yield response to nitrogen rate and timing in sandy irrigated soils. Journal of Agronomy 97: 1230-1238.

Ghosh, P. K., Ramesh, P., Bandyopadhyay, K. K., Tripathi, A. K., Hati, K. M. and Misra, A. K. (2004) Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping systems in vertisols of semi-arid tropics. II. Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity. Journal of Bioresour Technology 95:85-93.

Hani, A., Elteliba, M., Hamad, A. and Eltom, E. A. (2006) The effect of nitrogen and phosphorusfertilization on growth, yield and quality of forage maize (*Zea mays* L.). Agronomy Journal5: 515-518.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.18.2]

Hernández, T., Moral, R., Perez-Espinosa, A., Moreno-Caselles, J., Perez-Murcia, M. D. and García, C. (2002) Nitrogen mineralisation potential in calcareous soils amended with sewage sludge. Journal of Bioresour Technology 83: 213-9.

Hosen, Y., and Yagi, K. (2011) Recovery and leaching of 15N- labeled coated urea in a lysimeter system in the north china plain. Journal of Pedosphere 6: 763-772.

Huang, Z., Turner, B. J., Dury, S. J., Wallis, I. R. and Foley, W. J. (2004) Estimating foliage nitrogen concentration from hymap data using continuum removal analysis. Remote Sensing of Environment 93: 18–29.

Hunt, R. (1990) Basic growth analysis: Plant growth, analysis for beginners. London, Edward Arnold.

Khan, H. Z., Iqbal, S., Iqbal, A., Akhbar, N. and Joones, D. L. (2011) Response of maize (*Zea mays* L.) varieties to different levels of nitrogen. Journal of Crop and Environment 2: 15-19

Kogbe, J. O. and Adediran, J. A. (2003) Influence of nitrogen, phosphorus and potassium application on the yield of maize in the savanna zone of Nigeria. Journal of Biotechnology 2:345-349.

Lopez-Bellido, R. J., Shepherd, C. E. and Barraclough, P. B. (2004) Predicting postanthesis N requirements of bread wheat with a Minolta SPAD meter. Eur. J. Agron20:313-320.

Nahed, G., Abdel Aziz, H., Mahgoub, M. and Siam, S. (2011) Growth, Flowering and Chemical Constituents Performence of Amaranthus tricolor Plants As Influenced By Seaweed (*Ascophyllum nodosum*) Extract Application Under Salt Stress Conditions. Journal of AppliedSciences Research 7: 1472-1484.

Nawab, A. and Anjum, M. M. (2017) Effect of different nitrogen rates on growth, yield and quality of maize. Middle East Journal of Agriculture 6(1): 107-112.

Okumura, R. S. Takahashi, H. W., Santos, D. G., Labato, A. K., Mariano, D. C., Marques, O. J., Silva, M. H., Neto, C. F. and Junior, J. A. (2011) Influence of different nitrogen levels on growth and production parameters in maize plants. Journal of Food Agriculture and Environment 9: 510-514.

Patel, J. B., Patel, V. J. and Patel, J. R. (2006) Influence of different methods of irrigation and nitrogen levels on crop growth rate and yield of maize (*Zea mays* L.). Indian Journal of crop science 1:175-177.

Saeid, H. and Darbandi, M. (2011) Effect of nitrogen fertilizer on chlorophyll content and other leaf indicate three cultivars of maize (*Zea mays* L.). World Applied Sciences Journal 15: 1780-1785.

Sangoi, L., Paulo, R. E. and Paulo, R. F. (2007) Maize response to nitrogen fertilization timing in two tillage systems in a soil with high organic matter content. Revista brasileira de ciencia do solo journal 31: 507-517.

Trobert, H. A., Potter, K. N. and Morrison, J. E. (2001) Tillage system, fertilizer nitrogen rate and timing effect on corn yields in the Texas Black land prairie. Agronomy Journal 93:1119-1124.

Yavas, I. and Unay, A. (2016) Evaluation of physiological growth parameters of maize in maize legume intercropping system. Journal of animal and plant science 26:1680-1687.

Zaman, R. and Khan, A. (2016) Growth and yield performance of maize seeded in line and broadcasted to varing doses of nitrogen. Cercetări Agronomice în Moldova 2: 21-27.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.18.2]

Effect of different levels of nitrogen fertilizer on physiological growth indices and photosynthetic pigments of early, middle and late hybrids of corn (*Zea mays* L.)

Mohil Poorebrahimi[1], Alireza Sirusmehr[1*], Hamidreza Eshghizadeh[2], Mohammadreza Asgharipour[1] and Isa Khamaari[1]

[1]Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Zabol University, Zabol, Iran.
[2]Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
(Received: 24/09/2017, Accepted: 26/12/2017)

Abstract:

This study was designed and conducted to investigate physiological growth indices and photosynthetic pigments in three maturing corn (*Zea mays* L.) hybrids (SC704, SC500, and SC260) using four nitrogen (N) levels (0, 80, 160, and 240 kg N ha^{-1}, from Urea, N= 45%). The experiments were conducted in Zabol and Isfahan in 2014 and 2015, respectively, using the split-plot arrangement in a randomized complete block design with three replications. Results revealed that LAI, CGR, RGR and NAR were affected by nitrogen. Increasing the nitrogen application rate from 80 to 240 kg ha^{-1} increased the LAI, RGR and CGR from 35 days after planting, which was significant after fertility. Among the physiological growth indices, NAR was lower by nitrogen fertilizer. Increasing the amount of nitrogen fertilizer increased the amount of photosynthetic pigments. The results of the experiment showed that the maximum yield of corn in Isfahan and Zabol were obtained in SC704 and SC500 at 160 $kg.ha^{-1}$, respectively, and the lowest grain yield in both areas was obtained in control treatment. The threshold levels of nitrogen fertilizer requirement based on a 50% maize yield loss were determined to be 178 and 200 kg ha^{-1}, respectively, in SC704 grown in Isfahan and Zabol while related values were 164 and 192 kg ha^{-1} for SC500, and 150 and 186 kg ha^{-1} for SC260. SC704 compared to the other two hybrids also the Isfahan region, in comparison with Zabul, were superior in terms of measured traits. The results of this experiment can be used in the sustainable production of corn under similar climatic conditions.

Key words: Growth Indices, Maturity groups, Threshold level

***Corresponding author, Email: asirousmehr@uoz.ac.ir**

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.18.2]