فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۱۴، شماره ۶۸، مهر و آبان‌ماه ۱۴۰۴ صفحه: ۲۱۵-۲۲۶
https://doi.org/10.22034/14.68.215

مقاله پژوهشی

تأثیر مصرف هم‌زمان کودهای زیستی و کود شیمیایی نیتروژن‌دار بر صفات فیزیولوژیکی و عملکرد کشت تأخیری ذرت شیرین (*Zea mays* L. saccharata) در منطقه تاکستان

رسول علی[۱]، سعید سیف‌زاده*[۱]، سید علیرضا ولدآبادی[۱]، ناصر شهسواری*[۲] و حمیدرضا ذاکرین[۱]

[۱] گروه زراعت واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران

[۲] گروه تولیدات گیاهی واحد حاجی‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، حاجی‌آباد، هرمزگان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۰۵، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۴/۰۱/۲۶)

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی تأثیر کودهای زیستی و سطوح نیتروژن بر عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیکی ذرت شیرین در شرایط کشت تأخیری و مواجهه با تنش گرمایی انجام شد. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تاریخ کاشت در دو سطح d_1: تاریخ کاشت معمول منطقه (۱۵ خرداد)، d_2: تاریخ کشت تأخیری (۱۵ تیر)، کود نیتروژن در دو سطح n_1: مقدار نیتروژن توصیه‌شده (۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) و n_2: ۲۰ درصد کمتر از میزان توصیه‌شده (۲۴۰ کیلوگرم در هکتار) و کود زیستی در چهار سطح b_1: عدم مصرف (شاهد)، b_2: بیوسوپر فسفات، b_3: ازتوباکتر + آزوسپریلیوم + سودوموناس و b_4: ازتوباکتر + بیوسوپرفسفات در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد اثر کشت تأخیری بر صفات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌های برهمکنش تاریخ کاشت × نیتروژن × کود زیستی بر محتوای پرولین نشان داد که در هر دو سطح مصرف نیتروژن (۲۴۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) محتوای پرولین در کلیه تیمارهای کود زیستی در تاریخ کاشت تأخیری نسبت به تاریخ کاشت معمول منطقه افزایش داشت. اگرچه به‌کارگیری ترکیب کودهای زیستی به‌طور قابل‌توجهی سبب کاهش محتوای پرولین شد که به نظر می‌رسد این پاسخ فیزیولوژیکی، کمک به بهبود شرایط گیاه در برابر تنش گرمایی باشد. همچنین تیمار ازتوباکتر + آزوسپریلیوم + سودوموناس با میانگین ۲۲۱۹/۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را داشت. در شرایط مصرف ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، استفاده از ترکیب کودهای زیستی سبب جبران کاهش عملکرد ناشی از مصرف کمتر کود شیمیایی نیتروژن دار گردید. نتایج مقایسه میانگین برهمکنش اثر سال × نیتروژن نشان داد که در سال اول با توجه به مناسب‌بودن دمای هوا جهت رشد در مقایسه با سال دوم شاخص سطح برگ افزایش نسبی داشت.

واژه‌های کلیدی: ازتوباکتر، بیوسوپرفسفات، ذرت شیرین، محتوای کلروفیل، تنش گرما

مقدمه

ذرت شیرین با نام علمی *Zea mays* L. saccharata از غلات گرمسیری خانواده گرامینه است که تغییریافته ژنتیکی از ذرت معمولی (*Zea mays* L.) است. این تغییر ژنتیکی باعث تجمع قندها و پلی‌ساکاریدهای محلول در آندوسپرم شده است (Oktem *et al.*, 2010). ذرت شیرین در میان گیاهانی که به‌عنوان سبزیجات طبقه‌بندی شده‌اند، از نظر ارزش غذایی جهت صنایع تبدیلی (کنسروسازی و منجمدسازی) مقام دوم و

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: saeedsayfzadeh@yahoo.com; saeedsayfzadeh@iau.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.215]

جهت مصارف تازه مقام چهارم را داراست (Kalloo and Bergb, 1993). کشت ذرت شیرین به دلیل کوتاه‌بودن دوره رشد آن (۷۵ تا ۸۵ روز) از سبزشدن تا برداشت در تمام مناطق کشور امکان‌پذیر است و حتی در بسیاری از مناطق می‌تواند به‌عنوان کشت تابستانه بعد از برداشت گندم و جو کاشته شود (Pezeshkpour, 2003).

اثرات تنش گرما بر مورفولوژی (سطح برگ و زیست‌توده)، کارکردهای فیزیولوژیکی (تبادل گاز و رنگ‌دانه‌ها)، خواص بیوفیزیکی (پایداری غشا و دمای کانوپی)، سازگاری تولیدمثلی (قابلیت فعالیت گرده) و اجزای عملکرد، در گونه‌های مختلف زراعی به‌طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است (Prasad *et al*., 2006; Jagadish *et al*., 2021). علاوه‌براین، تنش گرما می‌تواند اثرات مضری بر زنده‌مانی گرده و جوانه‌زنی داشته باشد که منجر به کاهش موفقیت تلقیح و درنهایت کاهش عملکرد محصول می‌شود (Iovane and Aronne, 2022). علاوه‌براین، تنش گرما فعالیت گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) را افزایش می‌دهد که بر ساختار و تشکیلات سلولی و بیوسنتز رنگ‌دانه‌ها تأثیر می‌گذارد و غشای تیلاکوئید را تخریب می‌کند و درنتیجه تعادل منبع و مقصد را کاهش می‌دهد (Jumrani and Bhatia, 2019). تنش گرمایی در مرحله گلدهی معمولاً با از بین بردن گرده سبب کاهش تعداد دانه در ذرت می‌شود (Wang *et al*., 2019). تنش گرمایی پس از گرده‌افشانی نیز با کم کردن تقاضای کربوهیدرات، سبب کاهش تعداد دانه می‌شود (Niu *et al*., 2021).

یکی از اساسی‌ترین جنبه‌های مدیریت به‌زراعی در کشت ذرت، مانند هر محصول دیگر، تعیین تاریخ کاشت مناسب است. به هر حال هدف از تعیین تاریخ کاشت ذرت، یافتن زمانی است که پس از آن گیاه بتواند حداکثر استفاده مطلوب را از تمام عوامل اقلیمی نماید و در عین حال از شرایط و عوامل نامساعد محیطی نیز بگریزد (Khajehpour, 2009). نتایج نشان داده است که عملکرد ذرت شیرین در کاشت تأخیری کاهش می‌یابد (George and Dickerson, 2005). بررسی تأثیر تاریخ کاشت بر عملکرد بلال ذرت شیرین در کرمانشاه نشان داد که بیشترین عملکرد بلال در تاریخ کاشت زودهنگام به دست آمد. بیشترین عملکرد بلال زمانی به دست آمد که مراحل گلدهی تاسل، گرده‌افشانی بلال و مرحله شیری ذرت شیرین با گرمای هوا برخورد نداشت (Farsiani *et al*., 2011). در یک تحقیق بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در ذرت شیرین، تحت شرایط آبیاری مطلوب و کوددهی اوره به دست آمد؛ بنابراین تأخیر در آبیاری باعث کاهش عملکرد ذرت شیرین خواهد بود (Rahimi Gavdanehgodari *et al*., 2020).

نیتروژن در گیاهان بالاترین غلظت را داشته و نقش مهمی در رشد و افزایش عملکرد گیاهان دارد، به‌طوری‌که کمبود آن عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از سوی دیگر، نیتروژن با تأثیر مستقیم بر شاخص سطح برگ و کارایی فتوسنتزی در گیاهان، بر تولید ماده خشک اثر می‌گذارد (Tafteh and Sepaskhah, 2012). مهم‌ترین روش تأمین نیتروژن موردنیاز کشاورزی، استفاده از کودهای نیتروژن‌دار است. ضمناً در تولید اقتصادی محصولات مختلف و تأمین نیاز غذایی جامعه، مدیریت نیتروژن از اولویت ویژه‌ای برخوردار است؛ بنابراین استفاده مناسب از کودهای نیتروژن‌دار جهت افزایش تولید محصول و افزایش کارایی نیتروژن، از مهم‌ترین مباحث روز است (Malakouti and Homaii, 2004). در آزمایشی با بررسی سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد ذرت شیرین تأثیر نیتروژن بر وزن تر بلال معنی‌دار شد. در این آزمایش استفاده از کود نیتروژن‌دار از سطح ۱۵۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار منجر به افزایش عملکرد بلال ذرت شیرین از ۹/۱۹ تا ۱۳/۰۳ تن در هکتار شد (Oktem, 2005).

امروزه به دلیل افزایش اهمیت مسائل زیست‌محیطی توجه بیشتری به کودهای بیولوژیک یا زیستی برای جایگزینی کودهای شیمیایی شده است (Kader *et al*., 2002). کودهای زیستی گروهی متنوع از باکتری‌ها و قارچ‌های مفید ساکن ریزوسفر هستند که باعث افزایش رشد گیاه با استفاده از روش‌های مختلف، به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم می‌شوند (Ahemad and Kibret, 2014; Chang *et al*., 2014) و نقش قابل‌توجهی را در شرایط عادی و تنش در راستای بهبود رشد و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.215]

فرآیندهای مرتبط با نمو گیاه ایفا می‌کند (Nadeem *et al.*, 2010). تأمین عناصر غذایی به صورتی کاملاً متناسب با تغذیه طبیعی گیاهان، کمک به تنوع زیستی، تشدید فعالیت‌های حیاتی، قابلیت تکثیر خودبه‌خودی، عدم تولید مواد سمی و میکروبی در چرخه غذایی و اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، بهبود کیفیت و سلامت محیط‌زیست و در مجموع حفظ و حمایت از سرمایه‌های ملی از مهم‌ترین مزایای کودهای بیولوژیک محسوب می‌شوند (Sorkhi, 2017)؛ بنابراین هدف از اجرای این تحقیق ارزیابی صفات فیزیولوژیکی و عملکرد ذرت شیرین تحت تأثیر تاریخ کاشت و سطوح نیتروژن در شرایط استفاده از کودهای زیستی در منطقه تاکستان بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق طی دو سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار در شهرستان تاکستان انجام شد. عرض جغرافیایی محل اجرای آزمایش، ۳۵ درجه و ۹۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی آن ۴۹ درجه و ۶۹ دقیقه شرقی بوده و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۲۶۵ متر است. متوسط بارندگی سالیانه در این منطقه ۳۱۱ میلی‌متر و معدل پایین‌ترین درجه حرارت در دوره ۲۵ ساله ۸/۷ درجه سانتی‌گراد و بالاترین درجه حرارت ۳۹ درجه سانتی‌گراد است. دمای حداقل و حداکثر طی زمان انجام آزمایش (سال‌های ۹۶ و ۹۷) در شکل ۱ (A و B) آورده شده است.

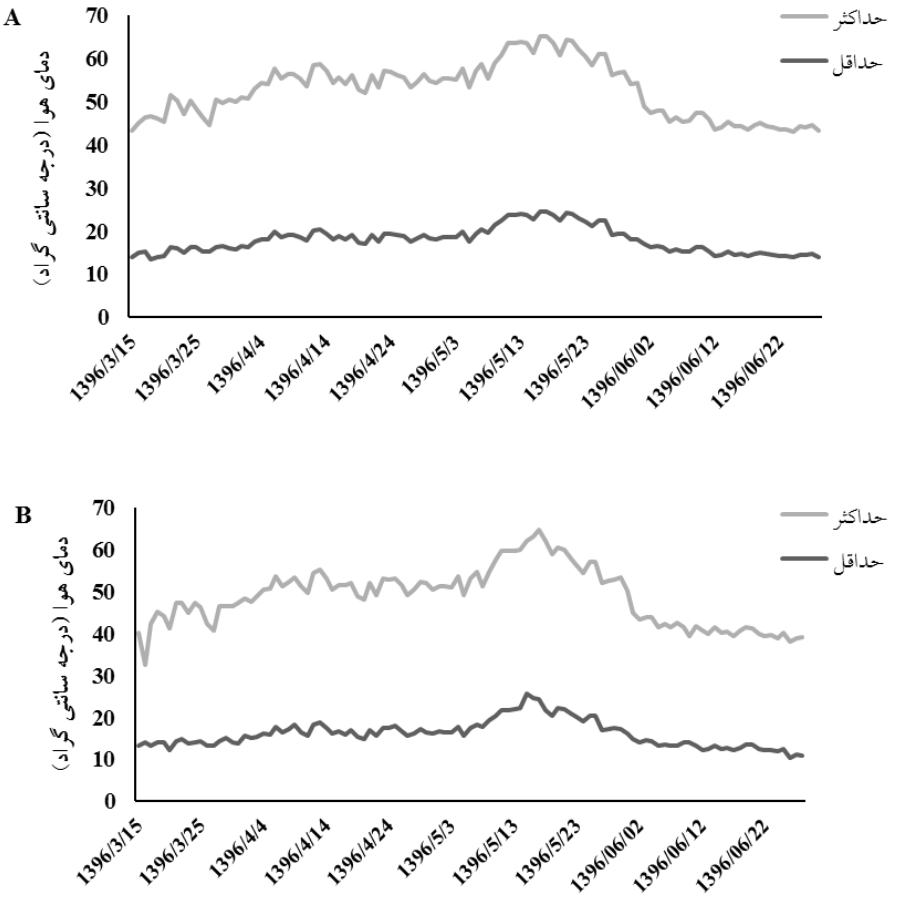
در این تحقیق از بذر هیبرید ذرت شیرین با نام Ksc403su استفاده شد که از مؤسســـه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه گردید. طول دوره رشد این رقم ۱۰۰-۹۰ روز و به‌عنوان کشت بهاره برای اکثر مناطق کشور توصیه می‌شود. فاکتورهای آزمایشی اعمال‌شده شامل: تاریخ کاشت در دو سطح d_1: تاریخ کاشت معمول منطقه (۱۵ خرداد)، d_2: تاریخ کاشت تأخیری (۱۵ تیر)، استفاده از کود نیتروژن در دو سطح n_1: ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار و n_2: ۲۰ درصد کمتر از میزان توصیه‌شده (۲۴۰ کیلوگرم در هکتار)، استفاده از باکتری در چهار سطح b_1: عدم مصرف باکتری (شاهد)، b_2: استفاده از کود زیستی بیوسوپر فسفات، b_3: استفاده از کود زیستی ازتوباکتر + آزوسپریلیوم + سودوموناس و b_4: ازتوباکتر + بیوسوپرفسفات بودند.

بعد از آماده‌سازی زمین جهت آبیاری، به‌منظور صرفه‌جویی در مصرف آب و جلوگیری از نفوذ آب بین کرت‌ها از آبیاری قطره‌ای به‌صورت نوار تیپ استفاده شد. هر تکرار شامل ۱۶ کرت بود. هر کرت آزمایشی از شش خط کشت و عرض فاروها ۶۰ سانتی‌متر و فاصله کرت‌ها از هم ۱/۸ متر (۳ فارو نکاشت) بود. قبل از انجام عملیات کاشت از خاک مزرعه نمونه‌برداری شد و نمونه‌ها جهت اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه منتقل و نتایج آن در جدول ۱ و ۲ آورده شده است. پس از کاشت، اولین آبیاری انجام و دومین و سومین آبیاری به فاصله هر سه روز یک‌بار و آبیاری‌های بعدی به فاصله هر هشت روز یک‌بار به‌طور مرتب و یکنواخت انجام گرفت. کلیه عملیات معمول زراعی در مرحله داشت شامل وجین دستی علف‌های هرز و مبارزه با آفات و بیماری‌های احتمالی انجام شد. پاجوش‌ها حدود یک ماه پس از اولین آبیاری مشاهده شدند که در این زمان اقدام به حذف آن‌ها شد. عملکرد دانه هر کرت در زمان رسیدگی فیزیولوژیک، پس از حذف حاشیه‌ها توزین (یک مترمربع) و برحسب کیلوگرم در هکتار ثبت شد.

جهت ارزیابی پرولین، نمونه استاندارد تهیه‌شده در دستگاه اسپکتروفتومتر قرار گرفت و اعداد در طول‌موج ۵۲۰ نانومتر خوانده شد (Bates *et al.*, 1973). سنجش محتوای کلروفیل برگ در طول‌موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر با روش Arnon (1949) و کارتنوئید (Heath and Packer, 1968) انجام گرفت.

اندازه‌گیری شاخص سطح برگ در مرحله تاسل‌دهی در هر تاریخ کاشت، از تیمارهای مختلف صورت گرفت. برای این منظور تعداد پنج بوته از هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و برگ‌های آن جدا شد. برای محاسبه سطح برگ، طول و عرض برگ به‌وسیله خط‌کش تعیین و سپس با استفاده از معادله زیر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOI: DOI: 10.22034/14.68.215]



شکل ۱- A) دمای حداقل و حداکثر طی انجام آزمایش در سال ۱۳۹۶، B) دمای حداقل و حداکثر طی انجام آزمایش در سال ۱۳۹۷

جدول ۱- مشخصات مواد کود استفاده‌شده در آزمایش

کود	مرجع سازنده	مشخصات کود
بیوسوپرفسفات	شرکت فناوری زیستی مهرآسیا	بذر مال - ۱۳٪ نیتروژن، ۷/۶۸ mg/L فسفر و ۱/۵۴ mg/L پتاسیم
ازتوباکتر	مؤسسه خاک و آب کرج	بذر مال - تثبیت‌کننده نیتروژن مولکولی (آزادزی)
آزوسپریلیوم	مؤسسه خاک و آب کرج	بذر مال - باکتری همیار نیتروژن
سودوموناس	مؤسسه خاک و آب کرج	بذرمال - کود میکروبی فسفات دار (*P. fluorescens*)

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

عمق نمونه‌برداری (cm)	بافت خاک	شن	سیلت	رس	مواد آلی	نیتروژن	پتاسیم	فسفر	pH	هدایت الکتریکی EC (ds/m)
		(٪)					(p.p.m)			
۰-۳۰	سیلت رس لوم	۱۸	۴۲	۴۰	۰/۸۳	۰/۰۸	۲۰۷	۱۲/۷	۷/۶	۱/۰۵

میانگین سطح برگ تعیین شد (Jonckheere *et al.*, 2004). که در این رابطه L_{A1} و L_{A2}: سطح برگ بوته در دو مرحله نمونه‌برداری و G_A: مساحت زمینی که بوته اشغال می‌کند.

شاخص سطح برگ $LAI = (L_{A2}+L_{A1})/2 \times (1/G_A)$

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.215]

به‌منظور اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ، بعد از مرحله تاسل‌دهی از هر ردیف یک بوته انتخاب و از برگ‌های کامل بوته پنج دیسک جدا و وزن تازه آن‌ها بلافاصله با ترازوی حساس توزین شدند. سپس دیسک‌ها در آب‌مقطر در شرایط دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و بعد از ۴۸ ساعت توزین شدند. بعد از این مرحله دیسک‌های برگی به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد در داخل آون گذاشته شدند و پس از آن وزن خشک آن‌ها مشخص شد. محتوای نسبی آب برگ از رابطه زیر به دست آمد (Kostopoulou *et al.*, 2010):

RWC=(وزن خشک- وزن اشباع) / (وزن خشک- وزن تر) × ۱۰۰

به‌منظور اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C آزمون نرمال انجام گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها، بر اساس مدل آماری تجزیه مرکب و به کمک نرم‌افزار آماری SAS ver. 9.1.3 صورت گرفت. به‌منظور بررسی یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی قبل از انجام تجزیه مرکب، آزمون بارتلت با استفاده از نرم‌افزار SPSS ver.21 انجام شد. مقایسه میانگین‌های هر صفت با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد و با نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد. همچنین رسم جدول‌ها با نرم‌افزار Word و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده سال و اثر سال × تاریخ کاشت (در سطح ۵ درصد) بر صفات محتوای کلروفیل *a*، کلروفیل *b*، کلروفیل کل و کارتنوئید معنی‌دار بود. همچنین اثر ساده تاریخ کاشت، نیتروژن و کود زیستی بر صفات مذکور در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر تاریخ کاشت بر محتوای رنگیزه‌های کلروفیل *a*، *b* و کلروفیل کل نشان داد که تاریخ کاشت معمول منطقه (۱۵ خرداد) نسبت به تاریخ کاشت تأخیری (۱۵ تیر) برتری معنی‌داری داشت (جدول ۴). با توجه مصادف‌شدن تاریخ کاشت تأخیری با دمای هوای بالا خصوصاً در دوره زایشی (نیمه دوم مرداد) کاهش رنگیزه‌های کلروفیلی در این تیمار دور از انتظار نیست. چرا که در شرایط تنش دمای بالا تخریب مولکول‌های کلروفیلی اتفاق می‌افتد (Reynolds *et al.*, 1994). کاهش محتوای کلروفیل *a*، *b* و کلروفیل کل در پاسخ به القاء تنش گرمایی در ذرت توسط Kumar و همکاران (۲۰۱۲) نیز گزارش شده است. محتوای کارتنوئید در تاریخ کشت تأخیری (۱۵ تیر) نسبت به تاریخ کاشت اول افزایش نشان داد (جدول ۴). از دلایل افزایش مقدار کارتنوئیدها در مواجهه با دمای بالا، می‌توان به نقش آن‌ها در جلوگیری از اکسیداسیون نوری ناشی از جذب طول‌موج نور آبی اشاره داشت. همچنین این مولکول‌ها از طریق ترکیب با رادیکال‌های آزاد اکسیژن و تشکیل مولکول گزانتوفیل مانع از تخریب کلروفیل‌ها می‌شوند (Shahi *et al.*, 2018).

نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سطوح نیتروژن بر محتوای کلروفیل *a*، *b*، کلروفیل کل و کارتنوئید نشان داد که تیمار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص باعث افزایش میزان کلروفیل *a* نسبت به تیمار ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص شد (جدول ۴). نیتروژن در تشکیل کلروفیل، رشد رویشی و ساخت پروتئین گیاهی دخالت داشته و همراه با منیزیم از اجزای اصلی ساختمان کلروفیل است (Saidi Goraghani *et al.*, 2014). همچنین علاوه بر کلروفیل *a*، نیتروژن در ساختار کلروفیل *b* نیز شرکت دارد؛ بنابراین افزایش مقدار مصرف نیتروژن می‌تواند سبب افزایش رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی کلروفیل *a* و *b* گردد. بررسی‌ها نیز نشان می‌دهد تأمین نیتروژن می‌تواند منجر به افزایش کلروفیل برگ گردد (Mohammadi *et al.*, 2011).

نتایج همچنین نشان داد که تیمار ازتوباکتر + آزوسپریلیوم + سودوموناس نسبت به سایر تیمارها از لحاظ محتوای کلروفیل *a*، *b*، کلروفیل کل و کارتنوئید برتری معنی‌داری داشت (جدول ۴). افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاهان تلقیح‌شده با تلفیق کودهای زیستی می‌تواند ناشی از افزایش جذب نیتروژن و فسفر باشد؛ زیرا نیتروژن در ساختمان

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOI: DOI: 10.22034/14.68.215]

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی مورد مطالعه

منبع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل *a*	کلروفیل *b*	کلروفیل کل	کارتنوئید	پرولین	RWC	شاخص سطح برگ	عملکرد دانه
سال (A)	۱	۰/۹۷۶*	۰/۰۶۴*	۱/۵۲۵*	۰/۰۷۱*	۰/۰۰۰۱ns	۶۳۷/۵۱۹*	۰/۱۲۵ns	۸۴۸۷۲۶۰۶/۵۱۰*
بلوک (سال)	۴	۰/۰۸۹	۰/۰۰۳	۰/۱۰۹	۰/۰۰۸	۰/۳۴۹	۸۷/۰۷۴	۰/۰۳۵	۸۴۱۴۴۵۲/۲۴۰
تاریخ کاشت (B)	۱	۰/۲۹۳**	۰/۰۲۰**	۰/۴۵۹**	۰/۰۲۰**	۰/۹۰۱**	۱۳۷/۲۵۸**	۰/۰۰۵ns	۲۸۴۱۵۲۹۶/۲۶۰**
(B) × (A)	۱	۰/۱۴۱*	۰/۰۰۹*	۰/۲۱۷*	۰/۰۰۹*	/۰۰۰۱ns	۲۱/۹۵۵ns	۰/۰۰۱ns	۱۲۸۱۵۱۶۲/۷۶۰*
نیتروژن (C)	۱	۰/۴۲۱**	۰/۰۸۵**	۲/۱۹۰**	۰/۰۸۶**	۵/۰۴۲**	۱۱۴۴/۶۴۲**	۰/۶۲۲**	۱۰۲۱۸۶۵۸۳/۵۹۴**
(C) × (A)	۱	۰/۰۲۲ns	۰/۰۰۲ns	۰/۰۳۶ns	۰/۰۰۲ns	۰/۰۰۲ns	۲۴/۵۹۴ns	۰/۰۴۹*	۳۷۰۵۵۹۷/۰۹۴ns
(C)× (B)	۱	۰/۰۲۷ns	۰/۰۰۲ns	۰/۰۴۰ns	۰/۰۰۲ns	۰/۸۷۰**	۲۹/۴۹۳ns	۰/۰۰۶ns	۱۰۱۴۱۴۲/۵۹۴ns
(C) × (B) × (A)	۱	۰/۰۲۵ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۴۰ns	۰/۰۰۲ns	۰/۰۰۰۱ns	۱۰/۰۸۲ns	۰/۰۱۳ns	۳۹۹۷۹۹۲/۵۱۰ns
کود زیستی (D)	۳	۰/۹۲۲**	۰/۰۵۴**	۱/۴۱۷**	۰/۰۵۴**	۰/۲۷۴**	۶۷۹/۸۹۷**	۰/۴۳۲**	۷۹۰۳۳۵۲۵/۲۸۸**
(D)× (A)	۳	۰/۰۱۵ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۲۶ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۰۱ns	۲۶/۵۹۴ns	۰/۰۱۲ns	۵۹۶۲۸۹/۲۰۵ns
(D)× (B)	۳	۰/۰۲۴ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۳۷ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۸ *	۲۲/۲۸۹ns	۰/۰۱۰ns	۳۳۷۲۴۶۳/۲۳۳ns
(D) × (B) × (A)	۳	۰/۰۲۱ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۳۱ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۰۱ns	۱۴/۱۵۵ns	۰/۰۱۶ns	۸۷۶۳۸۳/۰۱۰ns
(D) × (C)	۳	۰/۰۷۸ns	۰/۰۰۵ns	۰/۱۱۷ns	۰/۰۰۵ns	۰/۰۰۳ns	۳۳/۷۰۶ns	۰/۰۱۲ns	۷۶۲۳۴۸۲/۳۴۴*
(D) × (C) × (A)	۳	۰/۰۱۴ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۲۱ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۲ns	۲۲/۶۶۲ns	۰/۰۱۹ns	۴۳۸۳۹۹/۰۱۰ns
(D) × (C) × (B)	۳	۰/۰۲۴ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۳۷ns	۰/۰۰۲ns	۰/۰۱۲**	۲۱/۹۱۵ns	۰/۰۱۳ns	۲۸۴۷۶۱۵/۳۴۴ns
(D)×(C)×(B)×(A)	۳	۰/۰۱۳ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۱۹ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۰۱ns	۷/۴۷۵ns	۰/۰۰۳ns	۲۹۸۲۳۴/۲۰۵ns
خطا	۶۰	۰/۰۳۲	۰/۰۰۲	۰/۰۵۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۱۷/۴۰۳	۰/۰۱۲	۳۰۳۷۶۶۷/۱۶۲
ضریب تغییرات (٪)	–	۳/۶۷	۴/۲۰	۳/۷۳	۶/۳۶	۲/۸۵	۶/۱۰	۴/۱۲	۸/۵۱

ns، * و ** به ترتیب بیانگر غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪ هستند.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت، نیتروژن و کود زیستی بر صفات فیزیولوژیکی مورد مطالعه

تاریخ کاشت	Chl a	Chl b	Chl t	Car	RWC (٪)	شاخص سطح برگ	عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)
	($mg.g\ FW^{-1}$)						
۱۵ خرداد	۲/۳۷۸ a	۰/۵۸۹ a	۲/۹۶۸ a	۰/۴۵۸ b	۷۱/۸ a	۲/۷۰ a	۲۱۰۲/۸ a
۱۵ تیر	۲/۲۶۷ b	۰/۵۶ b	۲/۸۲۹ b	۰/۴۷۸ a	۶۴/۹ b	۲/۵۴ b	۱۹۹۳/۶ b
نیتروژن							
۳۰۰	۲/۴۴۴ a	۰/۶۰۴ a	۳/۰۵ a	۰/۵۰۳ a	۶۹/۵ a	۲/۶۳ a	۲۱۵۱/۵ a
۲۴۰	۲/۲۰۱ b	۰/۵۴۵ b	۲/۷۴۷ b	۰/۴۴۳ b	۶۷/۲ b	۲/۶۱ b	۱۹۴۵/۲ b
کود زیستی							
عدم مصرف باکتری	۲/۱۲۸ d	۰/۵۱۵ d	۲/۲۶۴ d	۰/۴۱ d	۶۱/۳۰ c	۲/۴۵ d	۱۸۰۶/۴ d
بیوسوپر فسفات	۲/۲۱۵ c	۰/۵۲۳ c	۲/۷۴۱ c	۰/۴۲ c	۶۷/۴ b	۲/۵۸ c	۲۰۱۸/۸ c
ازتوباکتر + آزوسپریلیوم + سودوموناس	۲/۵۶ a	۰/۵۹۴ a	۳/۱۵۵ a	۰/۶۳۴ a	۷۳/۲ a	۲/۷۵ a	۲۲۱۹/۸ a
ازتوباکتر + بیوسوپرفسفات	۲/۳۸۶ b	۰/۵۶۷ b	۲/۹۵۴ b	۰/۴۴ b	۷۱/۵ a	۲/۷۰ b	۲۱۴۸/۴ b

سطوح تیماری دارای یک حرف مشترک، در گروه‌بندی با آزمون دانکن در سطح ۵٪ در گروه آماری مشابهی قرار دارند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.215]

کلروفیل و اسیدهای آمینه نقش فعالی دارد. از سوی دیگر تبدیل آمونیاک در چرخه فعالیت گلوتامین سنتتاز و گلوتامات سنتتاز نیز می‌تواند میزان کلروفیل را به‌سرعت افزایش دهد (Harbone and Dey, 1997). فسفر نیز در ساختار آنزیم‌های دخیل در فتوسنتز شرکت دارد و افزایش جذب آن به بالا رفتن میزان فتوسنتز در گیاه کمک می‌کند (Boyeri Dehshikh *et al.*, 1996).

محتوای پرولین: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده تاریخ کاشت، نیتروژن و کود زیستی در سطح یک درصد، اثر برهم‌کنش تاریخ کاشت × کود زیستی در سطح ۵ درصد و برهم‌کنش سه‌گانه تاریخ کاشت × نیتروژن × کود زیستی در سطح یک درصد بر محتوای پرولین معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌های برهمکنش سه‌گانه تاریخ کاشت × نیتروژن × کود زیستی بر محتوای پرولین نشان داد که در شرایط مختلف سطوح نیتروژن (۲۴۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) محتوای پرولین در کلیه تیمارهای کود زیستی در تاریخ کاشت تأخیری نسبت به تاریخ کاشت ۱۵ خرداد افزایش نشان داد (شکل ۲). افزایش سطح پرولین در برگ‌ها در شرایط کشت تأخیری (۱۵ تیر) به دلیل مصادف‌شدن دوره زایشی ذرت شیرین با دمای بالا و قرارگرفتن گیاه در وضعیت تنش گرمایی است. استفاده از ترکیب کودهای زیستی ازتوباکتر + آزوسپریلیوم + سودوموناس و همچنین ازتوباکتر + بیوسوپرفسفات تا حد زیادی توانسته سبب کاهش فعالیت پرولین در راستای کاهش تنش گرمایی گردد. افزایش غلظت پرولین به تنظیم اسمزی در طول تنش و حفظ ساختمان اولیه ماکرومولکول‌ها و غشاءها در مدت زمان افزایش سطح دهیدراسیون کمک می‌نماید، در نتیجه سبب بقاء فعالیت‌های سلولی می‌گردد (Hoekstra *et al.*, 2001). نتایج تحقیق Kumar و همکاران نشان داد که افزایش تجمع پرولین ممکن است به تحمل گرمای بیشتر کمک کند که با نتایج فوق مطابقت دارد (Kumar *et al.*, 2012).

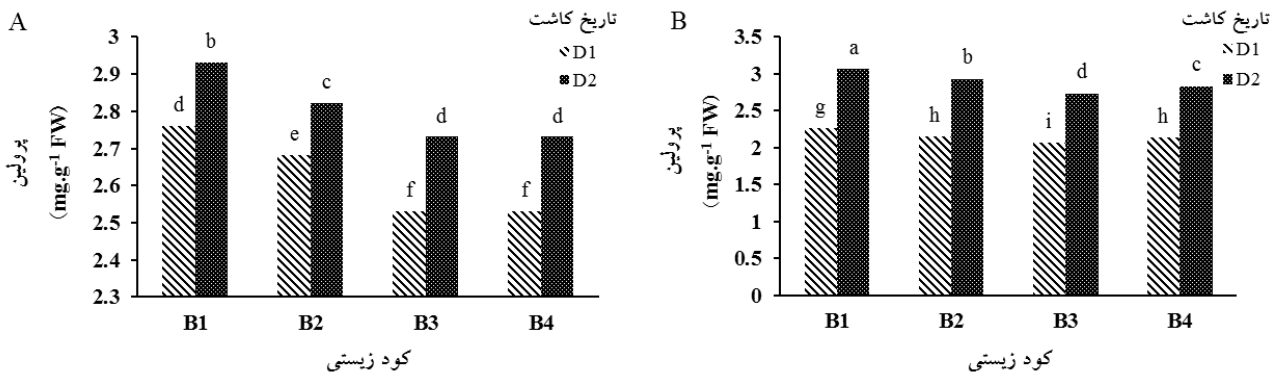
محتوای نسبی آب برگ: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سال (در سطح ۵ درصد) و اثر تاریخ کاشت، نیتروژن و کود زیستی (در سطح ۱ درصد) بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر تاریخ کاشت بر محتوای نسبی آب برگ نشان داد که تاریخ کاشت معمول منطقه با میانگین ۷۱/۸ درصد نسبت به کشت تأخیری برتری معنی‌داری داشت (جدول ۴). با افزایش دمای هوا در کشت تأخیری، دمای برگ نیز افزایش می‌یابد. افزایش دمای برگ باعث می‌شود تا فشار بخار اشباع برگ به‌شدت بالا رود و در اثر افزایش اختلاف فشار بخار بین برگ و هوا، سرعت تعرق نیز افزایش یابد (Soltani anf Faraji, 2007). کاهش محتوای نسبی در کشت تأخیری مواجهه گیاه با تنش گرمایی نیمه دوم مردادماه بود. استفاده از ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن‌دار نیز با میانگین ۶۹/۵ درصد نسبت به مقدار نیتروژن ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار برتری معنی‌داری داشت. همچنین استفاده از ترکیب کودهای زیستی ازتوباکتر + آزوسپریلیوم + سودوموناس و ازتوباکتر + بیوسوپرفسفات بیشترین محتوای نسبی آب برگ را داشتند (جدول ۴).

شاخص سطح برگ: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح نیتروژن و کود زیستی در سطح ۱ درصد و برهمکنش سال × نیتروژن در سطح ۵ درصد بر شاخص سطح برگ معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش سال × نیتروژن نشان داد که در سال اول با توجه به پایین‌تر بودن و مناسب‌بودن دمای هوا جهت رشد در مقایسه با سال دوم شاخص سطح برگ افزایش نسبی داشت (شکل ۱ B و A). به‌طورکلی استفاده از مقدار نیتروژن ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار سبب افزایش شاخص سطح برگ در مقایسه با مصرف ۲۰ درصد نیتروژن کمتر شد (شکل ۳). همچنین استفاده از ترکیب کود زیستی ازتوباکتر + آزوسپریلیوم + سودوموناس با میانگین ۲/۷۵ سبب افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ شد (جدول ۴). تأثیرات مثبت مصرف کودهای زیستی بر شاخص سطح برگ ذرت در بسیاری از منابع مورد تأکید قرار گرفته است (Kolari *et al*., 2014; Sohrabi Yourtchi *et al*., 2013).

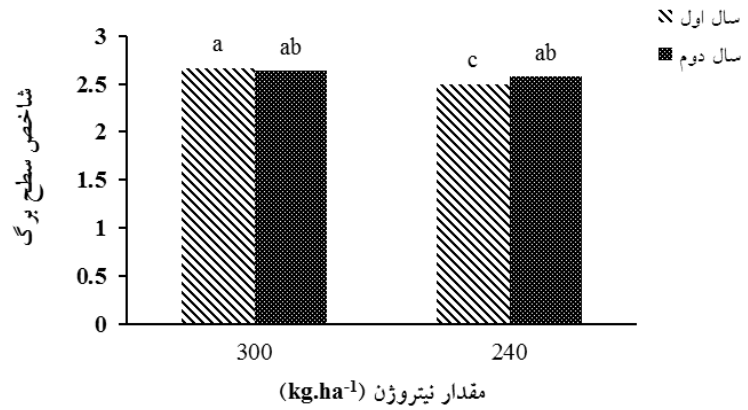
نتایج تجزیه مرکب داده‌های حاصل از آزمایش دوساله نشان داد که اثر تاریخ کاشت، نیتروژن و کود زیستی بر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

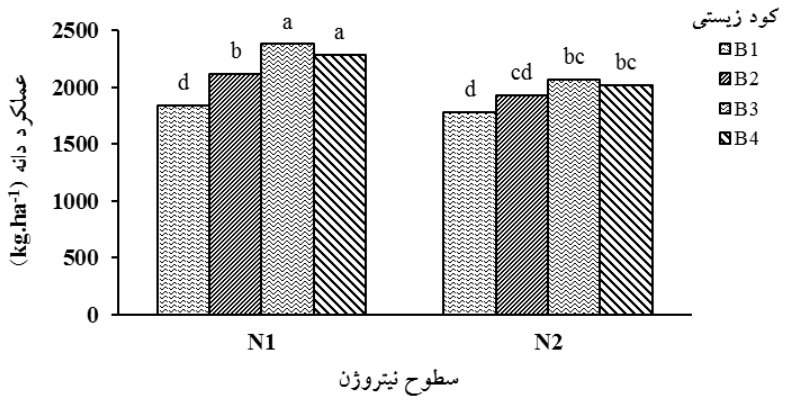
[DOI: DOI: 10.22034/14.68.215]



شکل ۲- A) مقایسه میانگین برهم‌کنش تاریخ کاشت و کود زیستی بر پرولین شرایط مصرف نیتروژن ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، B) مقایسه میانگین برهم‌کنش تاریخ کاشت و کود زیستی بر پرولین شرایط مصرف نیتروژن ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار



شکل ۳- مقایسه میانگین برهمکنش اثر سال و سطوح نیتروژن



شکل ۴- مقایسه میانگین برهم‌کنش نیتروژن و کود زیستی بر عملکرد دانه

عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. همچنین برهمکنش نیتروژن × کود زیستی بر عملکرد دانه در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر تاریخ کاشت بر عملکرد دانه ذرت شیرین نشان داد که تاریخ کاشت معمول منطقه (۱۵ خرداد) با میانگین ۲۱۰۲/۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را داشت که نسبت به کشت تأخیری (۱۵ تیر) تا حدود ۶ درصد افزایش عملکرد داشت (جدول ۴). در کشت‌های تأخیری به دلیل بالا رفتن دمای

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.215]

محیط، فرصت مناسب جهت تکمیل مراحل کوتاه گشته و دوران گلدهی و گرده‌افشانی با شرایط نامساعد محیطی مواجه می‌گردد که در نتیجه عملکرد دانه کاهش می‌یابد. عملکرد بالاتر کشت ۱۵ خرداد را می‌توان به وجود شرایط محیطی مناسب طی دوران رشد رویشی و زایشی که منجر به کارایی بالای فتوسنتزی و انتقال بهتر مواد فتوسنتزی به دانه و در نتیجه افزایش عملکرد دانه می‌گردد، نسبت داد. ذرت در مرحله گلدهی نسبت به تنش گرما و دماهای بالا بسیار حساس است زیرا دماهای بالا موجب عقیمی دانه گرده و به‌موازات آن کاهش عملکرد دانه می‌شود (Gourdji *et al*., 2013). تأثیر تنش گرما در این مرحله نسبت به مرحله‌های دیگر بیشتر است و حتی در مواردی با شدت تنش بالا دانه تشکیل نمی‌گردد (Rahimi-Moghaddam *et al*., 2019).

نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سطوح نیتروژن بر عملکرد دانه نشان داد که تیمار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن با میانگین ۲۱۵۱/۵ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را داشت که نسبت به تیمار ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن برتری معنی‌داری داشت (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر کود زیستی بر عملکرد دانه نشان داد که تیمار ازتوباکتر + آزوسپریلیوم + سودوموناس با میانگین ۲۲۱۹/۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را دارا بود که نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف) حدود ۱۹ درصد افزایش عملکرد داشت (جدول ۴).

نتایج مقایسه میانگین‌های برهمکنش نیتروژن × کود زیستی بر عملکرد دانه نشان داد که تیمار ازتوباکتر + آزوسپریلیوم + سودوموناس در شرایط ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بیشترین عملکرد دانه را داشت. در شرایط مصرف ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، تیمارهای ازتوباکتر + آزوسپریلیوم + سودوموناس و ازتوباکتر + بیوسوپرفسفات بیشترین میزان عملکرد دانه را داشتند که نسبت به عدم مصرف کود زیستی حتی در شرایط کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن برتری معنی‌داری داشتند. این نتایج نشان می‌دهد که با مصرف کودهای زیستی می‌توان حتی کاهش ۲۰ درصدی مصرف نیتروژن را جبران نمود (شکل ۴).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که شاخص‌های فیزیولوژیکی مانند پرولین، رنگیزه‌های کلروفیلی، محتوای نسبی آب برگ، شاخص سطح برگ و همچنین عملکرد دانه ذرت شیرین در پاسخ به تغییر تاریخ کاشت واکنش نشان دادند. محتوای پرولین در کشت تأخیری و مواجهه با دمای بالا افزایش یافت. رنگیزه‌های کلروفیلی، رطوبت نسبی آب و شاخص سطح برگ در اثر کشت تأخیری کاهش یافتند که درنهایت منجر به کاهش عملکرد دانه شد. تیمار ازتوباکتر + آزوسپریلیوم + سودوموناس در شرایط ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بیشترین عملکرد دانه را داشت. به نظر می‌رسد که استفاده از کودهای زیستی با کاهش تأثیر تنش گرمایی بر برخی صفات فیزیولوژیکی، قابلیت جبران افت عملکرد ناشی از کشت تأخیری را دارد. در شرایط مصرف ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، تیمارهای ازتوباکتر + آزوسپریلیوم + سودوموناس و ازتوباکتر + بیوسوپرفسفات بیشترین میزان عملکرد دانه را داشتند که نسبت به عدم‌مصرف کود زیستی حتی در شرایط کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن برتری داشتند. تیمارهای مذکور سبب بهبود صفات فیزیولوژیکی گیاه نیز شدند. این نتایج نشان می‌دهد که با کاهش ۲۰ درصد در میزان نیتروژن موردنیاز ذرت شیرین، از طریق مصرف کودهای زیستی می‌توان کاهش عملکرد دانه را جبران نمود.

منابع

Ahemad, M, & Kibret, M. (2014). Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. *Journal of King Saud University-Science, 26*, 1-20.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.215]

Arnon, D. I. (1949). Copper enzyme in isolated chloroplast and poly phenol oxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology, 24*(1), 15-29.

Bates, L. S., Waldaren, R. P., & Teare, D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Journal of Plant and Soil, 39*, 205-208.

Boyeri Dehshikh, P., Mahmoudi Sorestani, M., Zolfaghari, M., & Anasori Zamir, N. (1996). The study on the effect of biological and chemical fertilizers and humic acid on the growth, physiological characteristics and essential oil content of catnip (*Nepetacataria* L.). *Journal of Plant Production Research, 24*(2), 61-76.

Chang, P., Gerhardt, K. E., Glick, B. R., Gerwing, P. D., & Greenberg, B. M. (2014). Plant growth promoting bacteria facilitate the growth of barley and oats in salt impacted soil: Implications for phytoremediation of saline soils. *International Journal of Phytorem, 16*(11), 1133-1147.

Farsiani, A., Qobadi, M. E., &Jalali Honarmand, S. (2011). Effect of drought stress and planting date on some physiological traits in sweet corn SC403, 11th Iranian Congress of Agricultural Sciences and Plant Breeding.

George, W, & Dickerson, G. (2005). Specialty corn. Guide H-235. Cooperative Extension Service.College of Agriculture and Home Economics. New Mexico State University. Internet search. http:/www. Cahe.Nmsu.Edu.

Gourdji, S. M., Sibley, A. M., & Lobell, D. B. (2013). Global crop exposure to critical high temperatures in the reproductive period: Historical trends and future projections. *Environmental Research Letters, 8*(2), 1-11.

Harbone, J. B, & Dey, P. M. (1997). Plant Biochemistry. Academic Press. New York, United States.

Hoekstra, F. A., Golovina, E. V., & Buitink, J. (2001). Mechanism of plant desiccation tolerance. *Trends in Plant Science, 9*, 431-439. http://doi.10.1016/S1360-1385(01)02052-0

Iovane, M., & Aronne, G. (2022). High temperatures during microsporogenesis fatally shorten pollen lifespan. *Plant Reprod. 35*(1), 9-17. http://doi.10.1007/ s00497-021-00425-0

Jagadish, S. V. K., Way, D. A., & Sharkey, T. D. (2021). Plant heat stress: Concepts directing future research. *Plant Cell Environment, 44*(7), 1992-2005. https://doi.org/10.1111/ pce.14050

Jonckheere, I., Fleck, S., Nackaerts, K., Coppin, P., Muys, B., Weiss, B., & Baret, F. (2004). Review of methods for in situ leaf area index determination: Part I, Theories, sensors and hemispherical photography. *Agricultural and Forest Meteorology*, 121(1-2), 19-35.

Jumrani, K, & Bhatia, V. S. (2019). Interactive effect of temperature and water stress on physiological and biochemical processes in soybean. *Physiology and Molecular Biology of Plants, 25*(3), 667-681. http://doi.org/10.1007/s12298-019- 00657-5

Kader, M. A., Mian, M. H., & Hoque, M. S. (2002). Effect of Azotobacter inoculants on the yield and nitrogen uptake by wheat. *Journal Biological Science, 4*, 259-261.

Kalloo, G, & Bergb, B. D. (1993). Sweet Corn. In: Genetic Improvement of Vegetable Crops. Pergamon Press Publisher, Great Britian.

Khajehpour, M. R. (2009). Principles and Bases of Agriculture. Isfahan University of Technology Publications. (In Persian).

Kolari, F., Barzegar, A., & Bakhtiari, S. (2014). Phenology, growth aspects and yield of maize affected by defolation rate and applying nitrogen and vermicompost. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences, 4*(3), 61-71.

Kumar, S., Gupta, D., & Nayyar, H. (2012). Comparative response of maize and rice genotypes to heat stress: Status of oxidative stress and antioxidants. *Acta Physiology Plant, 34*, 75-86.

Heath, R. L, & Packer, L. (1968). Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of Biochemistry and Biophysics, 125*(1), 189-198. http://doi.org/10.1016/0003-9861(68)90654-1

Kostopoulou, P., Barbayiannis, N., & Basile, N. (2010). Water relations of yellow sweet clover under the synergy of drought and selenium addition. *Plant and Soil, 330*, 65-71. DOI:10.1007/s11104 -009 -0176 – x

Malakouti, M. J, & Homaii, M. (2004). Fertility of Arid and Semi-arid Region Soils (Problems and Solutions). Press of Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran. (In Persian).

Mohammadi, K., Ghalavand, A., Aghaalikhani, M., Rokhzadi, A., Pasari1, B., Modares Sanavy, S. M. A., Eskandari, M., Javaheri, M., Heidari, G., & Sohrabi, Y. (2011). Response of canola yield quantity and quality to different methods of fertilization in crop rotation. *Journal of Agricultural Science, 21/2*(1), 87-103. (In Persian).

Niu, S., Du, X., Wei, D., Liu, S., Tang, Q., Bian, D., Zhang, Y., Cui, Y., & Gao, Z. (2021). Heat stress after pollination reduces kernel number in maize by insufficient assimilates. *Frontiers in Genetics, 12*, 728166.

Nadeem, S. M., Zahir, Z. A., Naveed, M., & Ashraf, M. (2010). Microbial ACC-deaminase: Prospects and applications for inducing salt tolerance in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences, 29*, 360-93.

Oktem, A. (2005). Response of sweet corn to nitrogen and intra row space in semiarid region. *Journal of Biological Sciences, 160*, 160-163.

Oktem, A., Oktem, A. G., & Emeklierc, H. Y. (2010). Effect of nitrogen on yield and some quality parameters of sweet corn. *Soil Science and Plant Analysis, 41*, 832-847.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.215]

Pezeshkpour, P. (2003). Importance of production and consumption of sweet corn. *Journal of Scientific Information, 18* (1), 69. (In Persian).

Prasad, P. V. V., Boote, K. J., & Allen, L. H. J. (2006). Adverse high temperature effects on pollen viability, seed-set, seed yield and harvest index of grain-sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] are more severe at elevated carbon dioxide due to higher tissue temperatures. *Agricultural and Forest Meteorology*, *139*(3), 237-251. http://doi.10.1016/j.agrformet.2006.07.003

Rahimi Gavdanehgodari, M., Modarres-Sanavy Modares, M., Aghaalikhani, M., & Heidarzadeh, A. (2020). The effects of urea, vermicompost and azocompost on some traits of sweet corn cultivars under water deficit stress. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 30*(1), 57-71. (In Persian).

Rahimi-Moghaddam, S., Kambouzia, J., & Deihimfard, R. (2019). Optimal genotype × environment × management as a strategy to increase grain maize productivity and water use efficiency in water-limited environments and rising temperature. *Ecological Indicators. 107*, 1-16.

Reynolds, M. P., Balota, M., Delgado, M. I. B., Amani, I., & Fischer, R. A. (1994). Physiological and morphological traits associated with spring wheat yield under hot, irrigated conditions. *Australian Journal Plant Physiology, 21*, 17-30.

Saidi Goraghani, H., Yazdani Biouki, R., Saidi Goraghani, N., & Sodaeezadeh, H. (2014). Effect of different nitrogen sources and levels on quantitative and qualitative characteristics of parsley (*Petroselinum crispum* Mill.) in Jiroft Region. *Iranian Journal of Field Crop Research*, *12*(2), 327-316. (In Persian).

Shahi, A., Fatahi, M. R., Zamani, Z., & Maali-Amiri, R. (2018). Study of physiological and biochemical responses of some hazelnut cultivars under drought stress and re-watering conditions. *Iranian Journal of Horticultural Science, 51*(1), 229-244. (In Persian).

Soltani, A, & Faraji, A. (2007). The Relationship Between Water, Soil and Plants. Academic Jihad Publications. Mashhad. (In Persian).

Sohrabi Yourtchi, M., Haj Seyyed Hadi, M., & Darzi, M. (2013). Effect of nitrogen fertilizer and vermicompost on vegetative growth, yield and NPK uptake by tuber of potato (cv. Agria). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5*(18), 2033-2040.

Sorkhi, F. (2017). Reaction of corn single cross 640 to chemical, biological and integrated source of nitrogen. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 27*(2), 169-181. (In Persian).

Tafteh, A, & Sepaskhah, A. R. (2012). Application of HYDRUS-1D model for simulating water and nitrate leaching from continuous and alternate furrow irrigated rapeseed and maize fields. *Agricultural Water Management, 113*, 19-29.

Wang, Y., Tao, H., Tian, B., Sheng, D., Xu, C., Zhou, H., Huang, S. B., & Wang, P. (2019). Flowering dynamics, pollen, and pistil contribution to grain yield in response to high temperature during maize flowering. *Environmental and Experimental Botany, 158*, 80-88.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.215]

The effect of simultaneous application of biofertilizers and nitrogen-containing chemical fertilizers on physiological traits and yield of late-crop sweet corn (*Zea mays* L. saccharata) in the Takestan region

Rasoul Ali[1], Saeed Sayfzadeh*[1], Alireza Valadabadi[1], Naser Shahsavari[2], Hamidreza Zakerin[1]

[1] Department of Agronomy, Tak.C., Islamic Azad University, Takestan, Iran
[2] Department of Crop production, Haj.C., Islamic Azad university, Hajiabad, Iran
(Received: 2024/09/26, Accepted: 2025/04/15)

Abstract

This research was conducted with the aim of investigating the effect of biofertilizers and nitrogen levels on the yield and some physiological characteristics of sweet corn under the conditions of delayed cropping and exposure to heat stress. This experiment was conducted as a factorial experiment as the base of a randomized complete block design with three replications. Planting dates were considered at two levels: d_1: usual planting date of the region (June 15); d_2: delayed planting date (July 15); application of nitrogen fertilizer at two levels: n_1: recommended amount of nitrogen (300 kg.ha^{-1}) and n_2: 20% less than the recommended amount (240 kg.ha$^{-1)}$; and the use of bio-fertilizer at four levels: b_1: no bacteria (control), b_2: bio-super phosphate, b_3: azotobacter + azospirillium + Pseudomonas, and b_4: azotobacter + bio-sporphosphate. The results showed that the effect of delayed cropping on the physiological traits and yield of sweet corn was significant. The results of the comparison of the averages of the interaction of planting date × nitrogen × biofertilizer on proline content showed that at both levels of nitrogen consumption (240 and 300 kg/ha), the proline content in all biofertilizer treatments was higher on the second planting date than on the June 15 planting date. Although the use of biofertilizers significantly reduced the content of proline, which seems to be a physiological response to improve plant conditions against heat stress. Also, the Azotobacter + Azosprilium + Pseudomonas treatment had the highest seed yield, with an average of 2219.8 kg.ha^{-1}. In the conditions of consumption of 240 kg.ha^{-1} of nitrogen, the use of the combination of biofertilizers compensated for the decrease in yield caused by the lower consumption of chemical nitrogen fertilizers. The results of the comparison of the mean interaction of the year × nitrogen effect showed that in the first year, due to the suitability of the air temperature for growth, the leaf area index increased relatively compared to the second year.

Keywords: Azotobacter, Bio-superphosphate, Sweet corn, Chlorophyll, Heat stress

Corresponding author email: saeedsayfzadeh@yahoo.com; saeedsayfzadeh@iau.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.215]