



اثر تاریخ کاشت، کود زیستی و مقدار نیتروژن بر روی برخی صفات زراعی، عملکرد بلال و دانه کنسروی ذرت شیرین (*Zea mays L. saccharata*)

رسول علی^۱، سعید سیف زاده^{۲*}، سید علیرضا ولدآبادی^۳، ناصر شهسواری^{۴*}، حمیدرضا ذاکرین^۵

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران

۲- استاد گروه زراعت، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران

۳- دانشیار گروه زراعت، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران

۴- استادیار گروه تولیدات گیاهی، واحد حاجی آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، هرمزگان، ایران

۵- استادیار گروه زراعت، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۶/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۴/۲۴

چکیده

با توجه به اهمیت ذرت شیرین در صنایع غذایی و ضرورت کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر تاریخ کاشت تأخیری، کودهای زیستی و سطوح کاهشی نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین رقم KSC403su انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی (۱۳۹۵-۹۶ و ۱۳۹۶-۹۷) در تاکستان اجرا گردید. تیمارها شامل دو تاریخ کاشت (۱۵ خرداد و ۱۵ تیر)، دو سطح نیتروژن (۳۰۰ و ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار) و چهار سطح کود زیستی (شاهد، ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و ترکیب ازتوباکتر + آزوسپیریلوم + سودوموناس) بودند. نتایج تجزیه مرکب نشان داد که تاریخ کاشت زودتر (۱۵ خرداد) به‌طور معنی‌داری منجر به افزایش عملکرد بلال سبز (۱۷۲۷۷ در مقابل ۱۶۱۵۷ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد دانه کنسروی (۸۴۷۹ در مقابل ۷۹۸۶ کیلوگرم در هکتار) و طول بلال شد. بیشترین عملکرد کمی در تیمار تلفیقی ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن به همراه ترکیب کود زیستی (ازتوباکتر + آزوسپیریلوم + سودوموناس) حاصل شد. نکته برجسته تحقیق، عملکرد مطلوب تیمار ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن به همراه کود زیستی ترکیبی بود که حتی از تیمار شاهد با ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن (بدون کود زیستی) نیز بالاتر بود. این موضوع نشان‌دهنده پتانسیل کودهای زیستی در جبران کاهش ۲۰ درصدی مصرف نیتروژن شیمیایی بدون افت عملکرد است. به‌طور کلی، کشت زودتر (۱۵ خرداد) همراه با مصرف ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تلقیح بذر با ترکیب کودهای زیستی (ازتوباکتر + آزوسپیریلوم + سودوموناس) برای دستیابی به حداکثر عملکرد توصیه می‌شود. همچنین، استفاده از این ترکیب کود زیستی با ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به عنوان یک راهکار عملی برای کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی و حرکت به سمت کشاورزی پایدار پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: تاریخ کاشت، ذرت شیرین، کشاورزی پایدار، کود زیستی، عملکرد، نیتروژن

مقدمه

ذرت شیرین به عنوان یکی از محصولات مهم در صنایع غذایی و تغذیه انسانی، به دلیل دارا بودن قند بالا و ارزش غذایی مطلوب، از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است (Oktem *et al.*, 2010). این گیاه تغییر یافته ژنتیکی ذرت معمولی بوده و به دلیل کوتاهی دوره رشد (۷۵ تا ۸۵ روز)، در بسیاری از مناطق ایران به عنوان کشت تابستانه پس از برداشت غلات قابل کشت است (پزشک‌پور، ۱۳۸۲). با این حال، دستیابی به عملکرد مطلوب در ذرت شیرین مستلزم مدیریت بهینه عوامل زراعی از جمله تاریخ کاشت و تغذیه مناسب است.

تاریخ کاشت به عنوان یکی از عوامل کلیدی مدیریتی، تأثیر قابل توجهی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین دارد. تحقیقات نشان داده‌اند که کشت زودتر در بهار به دلیل اجتناب از تنش گرمایی پایان فصل، موجب بهبود عملکرد و کیفیت محصول می‌شود (Oktem *et al.*, 2010; Waligóra (1997)). گزارش کرد که تأخیر در کاشت منجر به

کاهش طول بلال و عملکرد ذرت شیرین می‌شود. همچنین، مطالعه مختارپور و همکاران (۱۳۸۷) نشان داد که تاریخ کاشت سوم تیر در مقایسه با تاریخ‌های دیرتر، برتری معنی‌داری در عملکرد بلال سبز و اجزای مرتبط دارد.

از سوی دیگر، تغذیه بهینه به ویژه ازت، نقش تعیین‌کننده‌ای در رشد و عملکرد ذرت شیرین ایفا می‌کند. نیتروژن به عنوان جزء اصلی پروتئین‌ها و کلروفیل، تأثیر مستقیمی بر فرآیندهای فتوسنتز و تولید ماده خشک دارد. مطابق مطالعه (Mojab (2011) مصرف ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار موجب افزایش معنی‌دار عملکرد بلال تر و دانه کنسروی در ذرت شیرین شد. با این حال، مصرف بی‌رویه کودهای نیتروژنه نه تنها از نظر اقتصادی به صرفه نیست، بلکه می‌تواند موجب آلودگی منابع آب و خاک شده و پایداری سیستم‌های زراعی را با مخاطره مواجه سازد.

در این راستا، استفاده از کودهای زیستی به عنوان راهکاری برای کاهش مصرف نهاده‌های

شیمیایی و حرکت به سمت کشاورزی پایدار مورد توجه قرار گرفته است. کودهای زیستی حاوی باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) مانند ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و سودوموناس، از طریق مکانیسم‌های مختلف از جمله تثبیت نیتروژن اتمسفری، حل‌کنندگی فسفات، تولید هورمون‌های رشد و بهبود جذب عناصر غذایی، موجب افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصول می‌شوند (Vessey, 2003). ملکی نارگ‌موسی و بلوچی (۱۳۹۱) نشان دادند که کاربرد توأم کودهای زیستی و شیمیایی موجب افزایش معنی‌دار عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین می‌شود.

با وجود اهمیت موضوع، پژوهش‌های محدودی به بررسی اثر متقابل تاریخ کاشت، سطوح مختلف نیتروژن و کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین پرداخته‌اند. بنابراین، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر تاریخ کاشت تأخیری، سطوح کاهشی نیتروژن و کاربرد کودهای زیستی بر برخی صفات زراعی، عملکرد بلال و دانه کنسروی ذرت شیرین رقم KSC403su انجام شد تا بتوان

راهکارهای مناسبی را برای دستیابی به عملکرد مطلوب و کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی ارائه نمود.

مواد و روش‌ها

زمان و موقعیت اجرای طرح

این آزمایش در منطقه اک (روستایی از توابع شهرستان تاکستان)، در بهار و تابستان سال‌های زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ انجام شد. عرض جغرافیایی محل انجام آزمایش، ۳۵ درجه و ۳۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی آن ۴۹ درجه و ۴۲ 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 می‌باشد.

مشخصات خاک محل اجرای آزمایش

دو زمین به مساحت ۱۰۰۰ متر مربع در فاصله ۱۰ متری از هم برای انجام آزمایش دو ساله انتخاب شد. قبل از انجام عملیات آماده‌سازی زمین و اجرای نقشه آزمایش، به‌منظور تعیین

بافت خاک و وضعیت عناصر غذایی از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم از عمق ۰-۳۰ سانتیمتری در ۹ نقطه از خاک مزرعه، نمونه‌برداری‌هایی به‌طور تصادفی صورت گرفت. برای این منظور از هر نقطه معادل یک کیلوگرم خاک جدا گردید، سپس نمونه‌های جمع آوری شده را روی هم ریخته و مخلوط کرده و نهایتاً یک نمونه مرکب یک کیلوگرمی که دربرگیرنده کل نمونه‌ها بود، جهت تجزیه به آزمایشگاه منتقل شد.

در هر دو سال زراعی، قبل از عملیات کاشت جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی از عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتری در چند نقطه از خاک مزرعه نمونه‌برداری و به آزمایشگاه ارسال شد. نمونه خاک پس از هوا خشک شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. سپس اندازه‌گیری بافت خاک به روش هیدرومتری (Bouyoucos, 1962)، نیتروژن به روش کجلدال (Bremner, 1996)، فسفر قابل جذب به روش Olsen & Summers (1983) با استفاده از اسپکتوفتومتر مدل DTPA، پتاسیم قابل جذب به روش استات آمونیوم با دستگاه فلیم‌فتومتر (Simard, 1993) مدل Jenway-Pfp7، کربن آلی (Organic Carbon) به روش اکسایش تر (Keeney and Nelson, 1982)، قابلیت هدایت الکتریکی (Electrical Conductivity) به وسیله دستگاه هدایت سنج الکتریکی به روش بن و همکاران (Bohn et al., 1985) از عصاره گل اشباع و pH توسط دستگاه pH متر اندازه‌گیری گردید. نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک در جدول ۱ و دمای کمینه و بیشینه در طول دوره رشد در دو سال آزمایش در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک مورد آزمایش

سال	عمق نمونه برداری (cm)	بافت خاک	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	پتاسیم (p.p.m)	فسفر (p.p.m)	نیتروژن (%)	مواد آلی (%)	واکنش گل اشباع pH	هدایت الکتریکی EC (ds/m)
۱۳۹۵-۱۳۹۶	۰-۳۰	لوم رسی سیلتی	۱۸	۴۲	۴۰	۲۰۷	۱۲/۷	۰/۰۸	۰/۸۳	۷/۶	۱/۰۵
۱۳۹۶-۱۳۹۷	۳۰-۶۰	لوم رسی سیلتی	۱۹	۴۱	۴۰	۲۱۹	۱۲/۹	۰/۰۹	۰/۸۹	۷/۵	۱/۰۸

جدول ۲- حداکثر و حداقل دما در طول دوره رشد در دو سال زراعی ۱۳۹۵-۹۶ و ۱۳۹۶-۹۷ در منطقه تاکستان

ماه Month	سال اول		سال دوم	
	دما (درجه سانتی گراد) حداکثر Temperature (°C)	دما (درجه سانتی گراد) حداقل Temperature (°C)	دما (درجه سانتی گراد) حداکثر Temperature (°C)	دما (درجه سانتی گراد) حداقل Temperature (°C)
خرداد	۱۱/۷	۲۸/۸	۱۵/۵	۳۱/۲
تیر	۱۸/۵	۳۲/۷	۲۰/۱	۳۵/۶

مشخصات رقم KSC403su

در این تحقیق از بذر هیبرید ذرت شیرین با نام KSC403su استفاده شده است طول دوره رشد این رقم ۷۵ تا ۸۵ روز (میان رس) می‌باشد و برای کشت به عنوان کشت بهاره برای اکثر مناطق کشور توصیه می‌شود. هیبرید ذرت شیرین KSC403su. یک رقم پرمحصول با دانه‌های زرد طلایی رنگ، مناسب برای تازه خوری و فرآوری، دارای دانه‌بندی مناسب، کیفیت بالا باطعم شیرین، گیاه قوی و مقاوم به ویروس کوتوله‌گی موزائیک و تحمل به پژمردگی کود زیستیایی و زنگ، پوشش بلال

کامل و متراکم، ارتفاع گیاه حدود ۲۰۵ سانتی‌متر، ارتفاع تشکیل بلال حدود ۹۰ سانتی‌متر، طول بلال حدود ۲۱ سانتی‌متر، تعداد ردیف دانه حدود ۲۰-۲۲ ردیف در هر بلال. می‌باشد و به دلیل مقاومت به برخی بیماری‌ها، گزینه خوبی برای کشت است (شرکت کشت و صنعت و دامپروری مغان، ۱۳۹۰).

طرح آماری مورد استفاده

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل 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)، استفاده از کود نیتروژن در دو سطح: n_1 : ۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار و n_2 : ۲۰ درصد کمتر از میزان توصیه شده (۲۴۰ کیلوگرم بر هکتار)، استفاده از کود زیستی در چهار سطح: b_1 : عدم مصرف کود زیستی (شاهد)، b_2 : ازتوباکتر، b_3 : آزوسپیریوم و b_4 : ازتوباکتر + آزوسپیریوم + سودوموناس در نظر گرفته شد.

سویه‌های باکتری‌های مورد استفاده باکتری ازتوباکتر، *Azotobacter chroococcum* DSM2286 و باکتری آزوسپیریوم *Azospirillum brasilense* DSM169 و باکتری سودوموناس (*Pseudomonas putida* RO3) از مؤسسه آب و خاک کشور واقع در مشکین دشت کرج تهیه شدند.

۲۴ ساعت قبل از کاشت، بذرها در سوسپانسیون باکتری با جمعیت 10^8 کلونی بر میلی‌لیتر (CFU/ml) تلقیح شدند.

عملیات زراعی

بعد از آماده سازی زمین شامل شخم پاییزه به عمق ۳۰ سانتی متر و دو دیسک عمود برهم یک هفته قبل از کاشت، تسطیح زمین با لولر و ایجاد ردیف‌هایی (فاروهای) به عرض ۶۰ سانتی متر که با فاروئر انجام شد. به منظور صرفه‌جویی در مصرف آب و جلوگیری از نفوذ آب بین کرت‌ها از آبیاری قطره‌ای به صورت نوار تیپ استفاده شد. هر تکرار شامل ۱۶ تیمار (۱۶ کرت) و به دلیل داشتن ۳ تکرار، آزمایش دارای ۴۸ کرت (واحد آزمایشی) در هر سال بود. به دلیل داشتن تیمار کشت تأخیری، فواصل کشت 60 cm×18 cm و در نتیجه تراکم بالاتر از کشت معمول (تراکم مورد مطالعه ۹۲۵۹۲ بوته در هکتار) در آزمایش در نظر گرفته شد. در هر کرت ۶ ردیف کاشت به طول ۶ متر و بنابراین، مساحت هر کرت ۲۱/۶

مترمربع بود. فاصله کرت‌ها (واحدهای آزمایشی) از هم یک خط نکاشت (۶۰ سانتی متر) بود.

پس از ایجاد فاروها، کشت براساس دو تیمار تاریخ کشت ۱۵ خرداد و تاریخ کاشت تاخیری (۱۵ تیرماه) به صورت کپه ای و در هر کپه ۳ بذر کاشته شد که در مرحله ۴-۶ برگی به یک بوته تنک شد. پس از کاشت اولین آبیاری بلافاصله انجام شد و آبیاری بعدی (پی آب یا دنبال آب) جهت تسریع و اطمینان از سبز شدن بذر سه روز پس از اولین آبیاری انجام و پس از سبز شدن و استقرار گیاهچه‌ها، آبیاری بر اساس بسته به شرایط آب و هوایی و رطوبت خاک و نیاز گیاه صورت گرفت. مصرف کود براساس آزمون خاک و توصیه کودی شامل فسفات آمونیوم ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، سولفات پتاسیم ۲۰۰ کیلو گرم در هکتار و ۳۰۰ کیلو گرم کود اوره به صورت سرک در سه نوبت یک چهارم پس از سبز شدن + یک دوم پس از ۶ تا ۸ برگی و یک دوم پس از ظهور گل‌آذین نر صورت گرفت. برای مبارزه با علف‌های هرز استفاده از سم علف کش ارادیکان

به مقدار ۵ لیتر در هکتار قبل از کاشت و مخلوط نمودن کامل سم با خاک به وسیله دیسک سبک و استفاده از علف کش آترازین به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار در مرحله بعد از کاشت و قبل از اولین آبیاری بصورت گرفت. در مرحله ۵ تا ۶ برگی از سم علف کش 2, 4-D (تو، فور-دی) به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار جهت حذف علف‌های هرز پهن برگ استفاده شد. ضمناً آفت و بیماری خاصی در طول دوره آزمایش در گیاهان مورد مطالعه مشاهده نشد. به منظور تقویت گیاه ذرت شیرین و حصول عملکرد مطلوب در مرحله ۶ برگی و همچنین وقتی گیاهان در ارتفاع حدود ۵۰ سانتی متر از سطح زمین رسیدند، به حذف پاجوش‌ها به روشی که به ساقه اصلی صدمه ای وارد نشد، اقدام کردیم (شیبانی، ۱۳۶۱).

پاجوش‌ها حدود یک ماه پس از سبز شدن گیاهان مشاهده شدند که اقدام به حذف آن‌ها شد. عملیات فوق الذکر برحسب ضرورت دو تاریخ کشت مورد نظر پژوهش حاضر جداگانه انجام شد. در واقع پس از کاشت براساس فنولوژی گیاه، عملیات معمول زراعی یاد شده

فوق مثل کوددهی، آبیاری، پخش علف کش و ... انجام شد.

صفات مورد بررسی

صفات مورد بررسی شامل ارتفاع گیاه، قطر ساقه، طول بلال، قطر بلال، عملکرد بلال سبز، وزن پوست بلال و عملکرد دانه کنسروی، بود.

روش اندازه گیری صفات

ارتفاع گیاه

ارتفاع گیاه در ۱۰ گیاه انتخابی از هر کرت آزمایشی از سطح زمین تا انتهای گیاه با استفاده از متر برحسب سانتی متر اندازه گیری و پس از میانگین گیری ثبت گردید.

قطر ساقه

برای اندازه گیری قطر ساقه، از قسمت قطورترین بخش ساقه (بین گره دوم و سوم) بوته های هر کرت با استفاده از کولیس دیجیتالی، میانگین قطر ۱۰ ساقه محاسبه شد.

قطر بلال

برای به دست آوردن قطر بلال، قسمت میانی ۱۰ بلال از هر کرت آزمایشی به وسیله کولیس و برحسب میلی متر اندازه گیری شد و سپس میانگین اعداد به دست آمده گرفته شد و به عنوان قطر بلال ثبت گردید.

طول بلال

برای اندازه گیری طول بلال، طول بلال در ۱۰ بلال انتخابی از هر کرت اندازه گیری و سپس میانگین اعداد به عنوان طول بلال ثبت شد.

عملکرد بلال سبز و دانه کنسروی

در زمان برداشت (۲۵ شهریور سال اول و ۳ مهر سال دوم)، بلال سبز ذرت شیرین در مرحله ابتدای خمیری شدن دانه ها (۷۰ درصد رطوبت دانه ها)، پس از حذف حاشیه ها (دو ردیف کناری و نیم متر بالا و پایین هر کرت) از ردیف های میانی ۱۰ گیاه به طور تصادفی انتخاب و توسط دست برداشت شدند. سپس صفات قطر بلال و عملکرد بلال سبز و عملکرد

نتایج و بحث

نتایج آزمون بارتلت برای صفات مورد مطالعه

نتایج آزمون بارتلت برای همگن بودن واریانس خطاهای آزمایشی برای کلیه صفات در دو سال آزمایش در جدول ذیل آورده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود مقدار کای اسکور (K^2) محاسبه شده برای کلیه صفات مورد مطالعه از کای اسکور با احتمال ۱٪ کوچک‌تر بوده که سطح احتمال معنی‌دار $Pr >$ ($ChiSq$) جدول ۳ مؤید این مطلب می‌باشد.

دانه قابل کنسرو پس از جداشدن از بلال‌ها با رطوبت ۷۰ درصد ثبت گردید.

محاسبات آماری

قبل از انجام تجزیه واریانس مرکب دو ساله، آزمون بارتلت^۱ برای اطمینان از یکنواختی خطاهای آزمایشی در دوسال آزمایش (نداشتن تفاوت معنی‌دار بین واریانس خطای آزمایشی دو سال) برای کلیه صفات مورد مطالعه انجام شد. تجزیه واریانس مرکب کلیه صفات بر اساس داده‌های دو سال آزمایش به صورت آزمایش کرت‌های خردشده (Split plot) بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی توسط نرم‌افزار SAS نسخه ۹٫۴ انجام شد. مقایسه میانگین تیمارها در مجموع دو سال به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن (DMRT) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. جهت محاسبه ضرایب همبستگی بین صفات از نرم‌افزار SAS استفاده شد، جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel و به منظور رسم جداول از نرم‌افزار Word استفاده شد.

^۱- Bartlett's test

جدول ۳- تست یکنواختی واریانس برای تجزیه مرکب صفات مورد مطالعه با استفاده از آزمون بارتلت

سطح احتمال معنی دار ($Pr > ChiSq$)	مقدار آماره کای دو (K^2) برای آزمون بارتلت	صفت مورد مطالعه
0.78	1.63 ns	ارتفاع گیاه
0.24	0.84 ns	قطر ساقه
0.103	0.64 ns	طول بلال
0.085	0.42 ns	قطر بلال
1.01	2.12 ns	عملکرد بلال سبز
2.34	1.29 ns	عملکرد دانه کنسروی
0.38	0.18 ns	شاخص برداشت (دانه کنسروی)

ns: non significant (غیر معنی دار)

ارتفاع گیاه

کیلوگرم نیتروژن مشاهده شد (شکل ۱). جالب

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های دو ساله نشان داد که اثر ساده نیتروژن، کود زیستی و اثر متقابل نیتروژن $\times$ کود زیستی بر ارتفاع گیاه ذرت شیرین در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۴). اثر تاریخ کاشت بر ارتفاع گیاه معنی‌دار نبود که نشان می‌دهد ارتفاع گیاه تحت تأثیر تغییرات تاریخ کاشت قرار نگرفته است. عدم تأثیر معنی‌دار تاریخ کاشت بر ارتفاع ممکن است به دلیل تطابق پذیری رقم KSC403su ذرت شیرین با دامنه وسیع‌تری از شرایط محیطی باشد.

توجه اینکه در تیمار ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن، کاربرد همین ترکیب کود زیستی (ازتوباکتر + آزوسپیریلوم) به ارتفاع ۱۶۰ سانتیمتر دست یافت که حتی از تیمار شاهد با ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن (۱۵۵ سانتیمتر) بیشتر بود. این یافته نشان می‌دهد که کودهای زیستی می‌توانند بخشی از کاهش مصرف نیتروژن (تا ۲۰ درصد) را از طریق بهبود کارایی جذب عناصر و تحریک رشد جبران نمایند.

افزایش ارتفاع گیاه در پاسخ به نیتروژن با نتایج حبیبی و مجیدیان (۱۳۹۳) و Oktem *et al* (2010) همسو است که افزایش رشد رویشی ذرت شیرین را تحت تأثیر سطوح بالاتر نیتروژن گزارش کردند. افزایش ارتفاع با افزایش

بیشترین ارتفاع (۱۶۸ سانتیمتر) در تیمار ترکیب ازتوباکتر + آزوسپیریلوم + سودوموناس + سودوموناس تحت مصرف ۳۰۰

نیتروژن می‌تواند ناشی از نقش نیتروژن در تحریک رشد رویشی و توسعه سلولی باشد، چرا که نیتروژن جزئی کلیدی در ساختار پروتئین‌ها و آنزیم‌های دخیل در تقسیم و طول‌شدن سلول‌ها است. نقش مثبت کودهای زیستی در افزایش ارتفاع نیز توسط ملکی نارگ‌موسی و بلوچی (۱۳۹۱) و (2003) Vessey تأیید شده است. این محققان اشاره کردند که

باکتری‌های محرک رشد مانند ازتوباکتر و آزوسپیریلوم با تولید فیتوهورمون‌ها و تسهیل جذب نیتروژن، رشد طولی گیاه را افزایش می‌دهند. این نتایج نشان می‌دهد که کاربرد کودهای زیستی به‌ویژه ترکیب ازتوباکتر و آزوسپیریلوم، با بهبود جذب نیتروژن و تولید هورمون‌های رشد مانند اکسین و جیبرلین، موجب تحریک رشد طولی ساقه شده است.

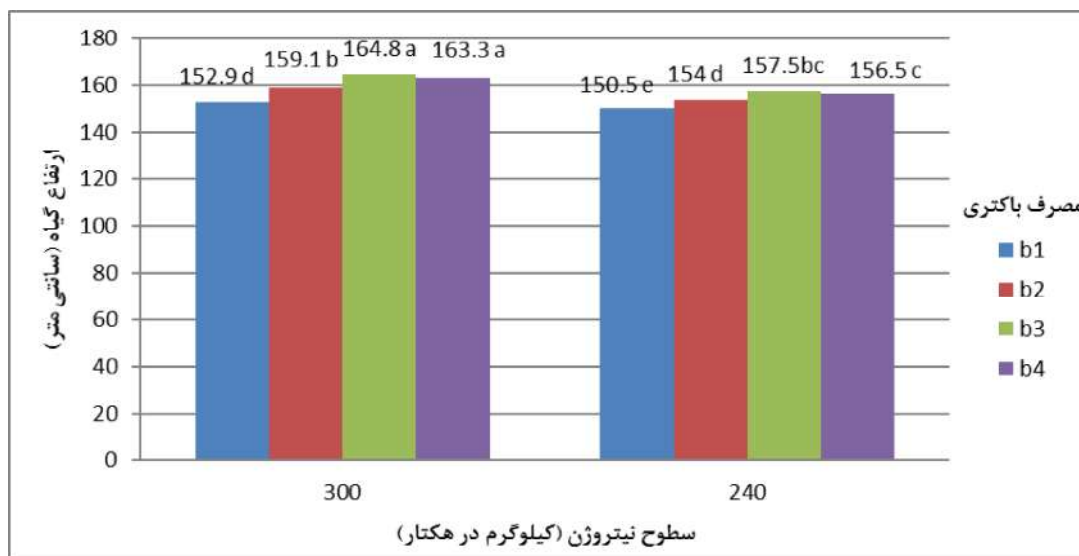
جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب دو ساله صفات ارتفاع گیاه، قطر ساقه و طول تاسل تحت تاثیر تاریخ کاشت، نیتروژن و کود زیستی

منبع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع گیاه	قطر ساقه	طول بلال
سال	۱	۱۸۲/۲۶ ^{ns}	۰/۰۴۷ ^{ns}	۷۴/۳۹۱ ^{ns}
تکرار (سال)	۴	۴۲/۸۵	۰/۰۰۸ ^{ns}	۴۰/۱۵۲
تاریخ کاشت	۱	۸/۷۶ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۲۷۴/۳۶ ^{**}
سال × تاریخ کاشت	۱	۱۱/۶۴ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۱/۱۴۸ ^{ns}
نیتروژن	۱	۶۹۸/۷۶ [*]	۰/۰۳۸ [*]	۶۹۸/۷۶ [*]
سال × نیتروژن	۱	۳/۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۱/۱۲۶ ^{ns}
تاریخ کاشت × نیتروژن	۱	۷/۵۹۴ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}	۴۶۷/۸۱ ^{ns}
سال × تاریخ کاشت × نیتروژن	۱	۱۱/۳۴۴ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۸/۸۸۲ ^{ns}
کود زیستی	۳	۴۲۷/۳۷ ^{**}	۰/۰۸۱ ^{**}	۲۶/۳۵ [*]
سال × کود زیستی	۳	۵/۶۲ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}	۲/۴۸۱ ^{ns}
تاریخ کاشت × کود زیستی	۳	۱۰/۴۶ ^{ns}	۰/۰۰۷ ^{ns}	۷/۷۵۴ ^{ns}
سال × تاریخ کاشت × کود زیستی	۳	۷/۷۱ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۳/۳۸۷ ^{ns}
نیتروژن × کود زیستی	۳	۳۲۴/۶۵ ^{**}	۰/۰۹۹ ^{**}	۲۳۲/۰۹ ^{**}
سال × نیتروژن × کود زیستی	۳	۹/۵۴۱ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۲/۲۷۴ ^{ns}
تاریخ کاشت × نیتروژن × کود زیستی	۳	۱۰/۵۱ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۱۱/۱۰۵ ^{ns}
سال × تاریخ کاشت × نیتروژن × کود زیستی	۳	۷/۷۱ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۲/۲۵۷ ^{ns}
خطای آزمایش	۶۰	۶/۹۵۷	۰/۰۱	۴/۴۰۱
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۲/۵۸	۹/۳۶	۱۸/۳۳

ns، * و ** به ترتیب بیانگر غیرمعنی دار و معنی دار در سطح ۵٪ و ۱٪ می‌باشند.

نتایج اهمیت استفاده توأم از کودهای شیمیایی و زیستی را در دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار و کاهش آلودگی‌های محیطی برجسته می‌سازد.

با توجه به نتایج حاصله، ترکیب کودهای زیستی ازتوباکتر + آزوسپیریلوم + سودوموناس می‌تواند به‌عنوان راهکاری برای کاهش مصرف نیتروژن شیمیایی (تا ۲۰٪) بدون افت معنی‌دار در ارتفاع گیاه مورد استفاده قرار گیرد. این



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل نیتروژن و کود زیستی بر ارتفاع گیاه

b1: عدم مصرف کود زیستی، b2: ازتوباکتر، b3: آزوسپیریلوم و b4: ازتوباکتر + آزوسپیریلوم + سودوموناس

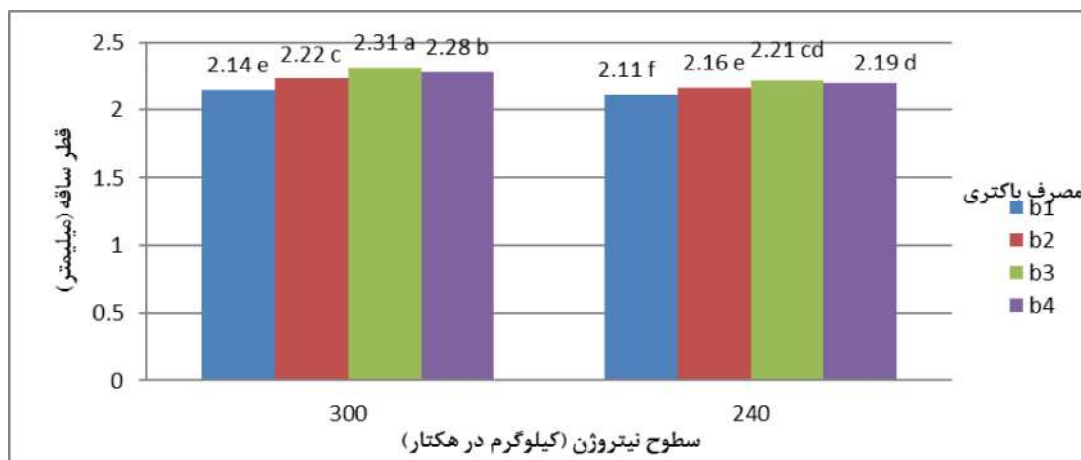
قطر ساقه

آزوسپیریلوم + سودوموناس به همراه ۳۰۰

کیلوگرم نیتروژن مشاهده شد (شکل ۲). حتی در شرایط کاهش ۲۰٪ نیتروژن (۲۴۰ کیلوگرم)، تیمار ازتوباکتر + آزوسپیریلوم + سودوموناس با میانگین ۲/۱۸ سانتیمتر، عملکردی مشابه تیمار شاهد با ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن (۲/۰۵ سانتیمتر) داشت. این

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های دو ساله نشان داد که اثر ساده نیتروژن و کود زیستی در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل نیتروژن × کود زیستی در سطح ۵٪ بر قطر ساقه معنی‌دار بود (جدول ۴). بیشترین قطر ساقه (۲/۳۸ سانتیمتر) در تیمار ترکیب ازتوباکتر +

نشان‌دهنده پتانسیل کودهای زیستی در جبران کاهش مصرف نیتروژن شیمیایی است. نیتروژن کافی (۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار و کودهای زیستی به طور هم‌زمان با بهبود رشد سلولی و توسعه بافت‌های ساقه، قطر ساقه را افزایش دادند.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل نیتروژن و کود زیستی بر قطر ساقه
b1: عدم مصرف کود زیستی، b2: ازتوباکتر، b3: آزوسپیریلوم و b4: ازتوباکتر + آزوسپیریلوم + سودوموناس

دستیابی به سیستم‌های زراعی پایدار تأیید می‌کند.

طول بلال

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر تاریخ کاشت، نیتروژن، کود زیستی و اثر متقابل نیتروژن $\times$ کود زیستی بر طول بلال در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). کشت زودتر (۱۵ خرداد) با میانگین ۲۲/۱ سانتی‌متر نسبت به کشت تأخیری (۱۵ تیر با

افزایش قطر ساقه با کاهش خطر ورس (خوابیدگی) و بهبود انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها همراه بود که نهایتاً بر عملکرد مثبت تأثیر گذاشت. این نتایج با یافته‌های Wu et al (2005) که تأثیر مثبت آزوسپیریلوم بر رشد رویشی ذرت را گزارش کردند، همسو است. این یافته‌ها اهمیت تلفیق کودهای شیمیایی و زیستی را در بهبود ویژگی‌های ساختاری گیاه و

۲۰/۵ سانتی‌متر) حدود ۶/۳٪ افزایش طول بلال نشان داد (شکل ۳)

این تفاوت احتمالاً ناشی از شرایط دمایی مطلوب‌تر و دوره رشد طولانی‌تر در کشت زودتر بوده است. این یافته‌ها با گزارشات (Waligóra 1997) درباره تأثیر تاریخ کاشت و تغذیه بر مورفولوژی بلال ذرت شیرین همخوانی دارد. در مقایسه با استانداردهای صنعتی، رقم مورد مطالعه (KSC403su) با میانگین طول بلال ۲۲/۱ سانتی‌متر در کشت بهینه، از استاندارد صنعت کنسرو (حداقل ۲۰ سانتی‌متر) بالاتر بود. طول بیشتر بلال معمولاً با عملکرد بالاتر و کیفیت بهتر محصول مرتبط است.

بیشترین طول بلال (۲۳/۲ سانتی‌متر) در تیمار ترکیب کود زیستی با ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن حاصل شد (شکل ۴). در شرایط کاهش ۲۰٪ نیتروژن، کاربرد توأم این کودهای زیستی طول بلال را به ۲۱/۸ سانتی‌متر رساند. این موضوع نشان داد که نیتروژن کافی باعث توسعه بهتر محور بلال و تشکیل دانه‌های بیشتر شد.

نیتروژن جزء اصلی اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، کلروفیل و اسیدهای نوکلئیک است. تأثیر افزایش نیتروژن بر طول بلال در این آزمایش را می‌توان به توسعه سلولی نسبت داد، به طوری که نیتروژن کافی باعث تقسیم سلولی بیشتر و طولی‌تر شدن سلول‌ها در محور مرکزی بلال (Cob) می‌شود که مستقیماً به افزایش طول بلال منجر می‌گردد. همچنین با تأمین نیتروژن، برگ‌ها سبزی‌نگی خود را برای مدت طولانی‌تری حفظ می‌کنند (تداوم فتوسنتزی). این امر دوره پر شدن دانه را طولانی‌تر کرده و منابع کافی برای رشد و توسعه کامل بلال فراهم می‌کند. ضمناً، نیتروژن، رشد رویشی (ساقه و برگ) و زایشی (بلال) را هماهنگ می‌کند. رشد رویشی قوی، منبع (Source) قوی‌تری از مواد فتوسنتزی را برای مقصد یا مخزن فیزیولوژیکی (Sink) که همان بلال است، ایجاد می‌کند. این یافته کاملاً با نتایج (Waligóra 1997) و نیز (Bavec & Bavec 2002) همسو است که گزارش کردند مصرف بهینه نیتروژن،

طول بلال را به طور معنی‌داری از طریق بهبود رشد محور مرکزی و تعداد دانه افزایش می‌دهد.

همچنین این باکتری‌ها می‌توانند سیدروفور تولید کنند که جذب آهن را بهبود می‌بخشد.

مکانیسم‌های مؤثر در افزایش طول بلال توسط ترکیب باکتری‌های محرک رشد ازتوباکتر و آزوسپیریلوم شامل بهبود جذب و استفاده از عناصر غذایی، تولید فیتوهورمون‌های محرک رشد و افزایش فعالیت آنزیم‌های دخیل در رشد می‌باشد.

باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلوم با تثبیت بیولوژیکی نیتروژن اتمسفری، دسترسی گیاه به این عنصر را افزایش می‌دهند. به ویژه، آزوسپیریلوم علاوه بر تثبیت ازت، هورمون‌های محرک رشد به ویژه اکسین (IAA) و جیبرلین تولید می‌کند که به طور مستقیم باعث طول‌شدن سلول‌ها و در نتیجه افزایش طول بلال می‌شود. این موضوع یافته حاضر را که ۱۰/۸ درصد افزایش طول را نشان می‌دهد، توجیه می‌کند. سودوموناس با حل کردن فسفات‌های غیرقابل جذب در خاک، دسترسی گیاه به فسفر را که برای انتقال انرژی (ATP) و تقسیم سلولی حیاتی است، افزایش می‌دهد.

ملکی نارگ‌موسی و بلوچی (۱۳۹۱) گزارش کردند که کاربرد توأم کودهای زیستی ازتوباکتر و آزوسپیریلوم باعث افزایش معنی‌دار طول بلال ذرت شد. آن‌ها این اثر را ناشی از بهبود جذب نیتروژن و تولید هورمون‌های رشد دانستند. (Vessey 2003) در مروری بر پژوهش‌های مربوط به ازتوباکتر و آزوسپیریلوم تأیید کرد که این باکتری‌ها نه تنها ازت را تثبیت می‌کنند، بلکه با تولید هورمون‌های رشد، توسعه سیستم ریشه را تحریک کرده و در نهایت جذب آب و مواد غذایی را افزایش می‌دهند که همه این عوامل به افزایش اندازه بلال می‌انجامد.

احمدی و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای بر روی ذرت دانه ای نشان دادند که مخلوط باکتری‌های ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و سودوموناس برترین تأثیر را بر صفات مورفولوژیکی گیاه داشت. آن‌ها اشاره کردند که سینرژیسم (همکاری) بین این باکتری‌ها

باعث می‌شود اثر ترکیبی آن‌ها بسیار بیشتر از مجموع اثرات تک‌تک آن‌ها باشد. ازتوباکتر و آزوسپیریلوم نیتروژن فراهم می‌کنند و هورمون تولید می‌کنند، در حالی که سودوموناس فسفر و آهن در دسترس گیاه قرار می‌دهد.

نکته بسیار مهم و کاربردی در این آزمایش، اثر متقابل معنی‌دار بین نیتروژن و کود زیستی است. مشاهده شد که با کاهش ۲۰ درصدی نیتروژن شیمیایی، استفاده از کود زیستی توانست طول بلال را در حد مطلوب حفظ کند.

این یافته با نتایج تحقیقات *Sharma et al* (2013) که گزارش کردند که تلقیح ذرت با باکتری‌های محرک رشد به گیاه کمک می‌کند تا از نیتروژن موجود در خاک (اعم از شیمیایی و آلی) با کارایی بالاتر استفاده کند (افزایش کارایی مصرف نیتروژن). این امر امکان کاهش مصرف کود شیمیایی بدون افت محسوس عملکرد را فراهم می‌آورد.

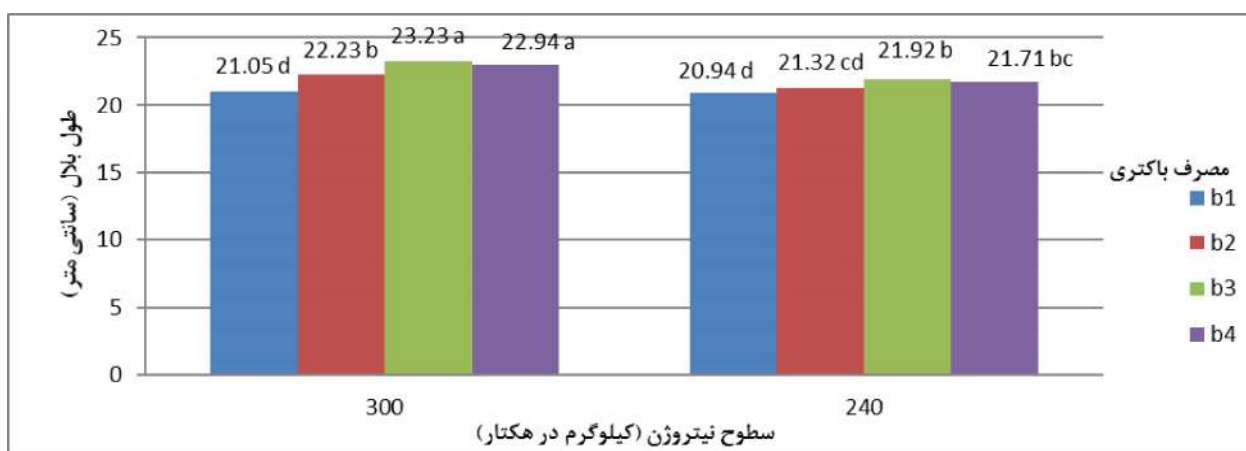
یافته حاضر مبنی بر افزایش طول بلال تحت تأثیر نیتروژن و کودهای زیستی، کاملاً در چارچوب علمی و مطابق با نتایج سایر محققین

قرار دارد. ترکیب ازتوباکتر و آزوسپیریلوم از طریق تثبیت ازت و تولید هورمون محرک رشد عمل می‌کند. سودوموناس با حل‌کنندگی فسفات و بهبود جذب ریز مغذی‌ها، توانست این اثرات را به طور هم‌افزا تقویت کند. بنابراین، استفاده از این کنسرسیوم میکروبی، همراه با مصرف بهینه نیتروژن، یک راهکار استراتژیک برای دستیابی به حداکثر پتانسیل ژنتیکی ذرت شیرین از نظر طول بلال و همزمان، حرکت به سوی کشاورزی پایدار با کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی است.

نتیجه‌گیری کاربردی این است که کشت زودتر (۱۵ خرداد) برای حداکثر طول بلال توصیه می‌شود. مصرف ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به همراه کود زیستی ترکیبی، طول بلال را بهینه می‌کند. این نتایج برای تولیدکنندگان ذرت شیرین جهت بازار تازه‌خوری و صنایع تبدیلی حائز اهمیت است.



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت بر طول بلال



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل نیتروژن و کود زیستی بر طول بلال

b1: عدم مصرف کود زیستی، b2: از تو باکتر، b3: آزوسپیریلوم و b4: از تو باکتر + آزوسپیریلوم + سودوموناس

عملکرد بلال سبز

کشت ۱۵ خرداد با عملکرد ۱۷۲۷۷ کیلوگرم بر

هکتار نسبت به کشت ۱۵ تیر (۱۶۱۵۷)

کیلوگرم بر هکتار) حدود ۶/۹٪ برتری داشت

(شکل ۵). این اختلاف معادل ۱۱۲۰ کیلوگرم

بر هکتار افزایش عملکرد بلال سبز بود. نتایج

این آزمایش، نشان‌دهنده برتری قابل توجه

(۶/۹ درصد) تاریخ کاشت زودتر (۱۵ خرداد)

نسبت به تاریخ کاشت دیرتر (۱۵ تیر) در

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر

تاریخ کاشت در سطح پنج درصد و اثر نیتروژن،

کود زیستی و اثر متقابل نیتروژن × کود

زیستی در سطح یک درصد بر عملکرد بلال

معنی‌دار بود (جدول ۵).

عملکرد بلال سبز است. تاریخ کاشت زودتر مسیر رشد گیاه را طوری تنظیم می‌کند که مراحل حساس گرده‌افشانی، تشکیل بلال و به ویژه دوره پر شدن دانه با شرایط آب و هوایی مطلوب‌تر (دمای معتدل‌تر، رطوبت نسبی مناسب و طول روز کافی) همپوشانی پیدا کند. دمای بالا در ماه‌های تابستان (نتیجه کاشت دیر) می‌تواند منجر به تنش گرمایی شود که اثرات مخربی مثل کاهش فرآیند فتوسنتز و افزایش تنفس گیاه شده و مواد فتوسنتزی ذخیره‌شده برای پر کردن دانه‌ها صرف متابولیسم می‌شود. همچنین گرمای شدید می‌تواند باعث کاهش قابلیت حیات دانه‌های گرده و کاهش موفقیت در تلقیح (اختلال در گرده افشانی) شود. این یافته با نتایج پژوهش‌های (Oktem et al (2010 که گزارش کردند که تاریخ‌های کاشت زودتر بهاره به دلیل اجتناب از تنش گرمایی پایان فصل، عملکرد بلال سبز و اجزای آن را به طور معنی‌داری افزایش دادند. مطابقت می‌نماید. همچنین خوش‌اخلاق و همکاران (۱۳۹۴) در مطالعه‌ای روی ذرت شیرین به این نتیجه رسیدند که تأخیر در کاشت باعث کاهش معنی‌دار عملکرد بلال سبز شد که علت اصلی آن را کاهش دوره رشد رویشی و قرارگیری مرحله پر شدن دانه در معرض دمای بالا ذکر کردند. (Khodarahmpour (2011 در تحقیقی گزارش کرد که اگرچه کاشت زودتر معمولاً بهتر است، اما بهترین تاریخ باید بر اساس داده‌های هواشناسی بلندمدت هر منطقه تعیین شود تا بین استفاده از فصل رشد و اجتناب از تنش‌های دمایی تعادل برقرار شود. یافته حاضر که حاکی از برتری ۱۱۲۰ کیلوگرم بر هکتار عملکرد بلال سبز در تاریخ کاشت ۱۵ خرداد نسبت به ۱۵ تیر است، به وضوح نشان می‌دهد که تاریخ کاشت یک عامل مدیریتی کلیدی در دستیابی به پتانسیل عملکرد ذرت شیرین است. این برتری عمده ناشی از اجتناب از تنش گرمایی پایان فصل و توسعه مطلوب‌تر اجزای عملکرد تحت شرایط محیطی مناسب‌تر است. بنابراین، تعیین تاریخ کاشت بهینه بر اساس الگوی اقلیمی هر

منطقه، اولین و مهم‌ترین گام در برنامه مدیریتی مزرعه ذرت شیرین برای حصول حداکثر عملکرد اقتصادی است.

حداکثر عملکرد بلال سبز (۱۷۹۴۴ کیلوگرم بر هکتار) در تیمار ترکیبی ازتوباکتر+آزوسپیریلوم+سودوموناس با ۳۰۰

کیلوگرم نیتروژن حاصل شد (شکل ۶). در شرایط کاهش نیتروژن (۲۴۰ کیلوگرم)، همین ترکیب کود زیستی عملکردی معادل ۱۶۴۶۷ کیلوگرم بر هکتار تولید کرد. این نشان می‌دهد که پاسخ عملکرد بلال سبز به سطوح مختلف نیتروژن تحت تأثیر نوع کود زیستی قرار گرفته است. از دیدگاه فیزیولوژیک، افزایش عملکرد بلال سبز، ناشی از بهبود رشد رویشی و زایشی گیاه، توسعه بهتر سیستم ریشه و جذب عناصر غذایی و افزایش سطح فتوسنتز کننده و انتقال بهتر مواد فتوسنتزی است. تیمار ۲۴۰

کیلوگرم نیتروژن + ترکیب کود زیستی : عملکرد ۱۶۴۶۷ کیلوگرم بر هکتار ثبت شد. نتایج فوق نشان‌دهنده هم افزایی بین نیتروژن و کودهای زیستی است. کودهای زیستی با مکانیسم‌های مختلف از جمله تثبیت نیتروژن

(توسط ازتوباکتر و آزوسپیریلوم)، حل‌کنندگی فسفات و تولید سیدروفور (توسط سودوموناس) و تولید هورمون‌های رشد (مانند اکسین و جیبرلین)، جذب عناصر غذایی را بهبود بخشیده و رشد رویشی و زایشی گیاه را افزایش دادند.

تحت تیمار ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن (کاهش ۲۰٪ نسبت به سطح توصیه شده)، کاربرد ترکیب کود زیستی عملکردی معادل ۱۶۴۶۷ کیلوگرم بر هکتار تولید کرد که حتی از تیمار شاهد با ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن (۱۵۹۸۲ کیلوگرم بر هکتار) بالاتر بود (شکل ۶). این یافته نشان‌دهنده پتانسیل بالای کودهای زیستی در جبران کاهش مصرف نیتروژن شیمیایی است. به عبارت دیگر، استفاده از کودهای زیستی امکان کاهش ۲۰ درصد مصرف نیتروژن را بدون افت عملکرد فراهم می‌کند.

ازتوباکتر و آزوسپیریلوم با تثبیت نیتروژن اتمسفری، دسترسی گیاه به نیتروژن را افزایش داده و همچنین با تولید هورمون‌های رشد مانند اکسین، تقسیم سلولی و رشد گیاه را

جلوگیری می‌کند و به سوی کشاورزی پایدار حرکت می‌کند.

دو نتیجه‌گیری کاربردی در این رابطه خواهیم داشت. اول آن که برای دستیابی به حداکثر عملکرد بلال سبز، استفاده از ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار همراه با ترکیب کود زیستی (ازتوباکتر + آزوسپیریلوم + سودوموناس) توصیه می‌شود و دوم این که در صورت محدودیت مصرف نیتروژن یا تمایل به کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی، ترکیب کود زیستی با ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار می‌تواند بدون کاهش محسوس عملکرد مورد استفاده قرار گیرد. این نتایج به وضوح نشان می‌دهد که ادغام کودهای زیستی در مدیریت تغذیه ذرت شیرین نه تنها عملکرد را افزایش می‌دهد، بلکه پایداری سیستم زراعی را نیز بهبود می‌بخشد.

تحریک می‌کنند و سودوموناس با حل کردن فسفات‌های غیرقابل جذب و تولید سیدروفور، جذب فسفر و آهن را بهبود می‌بخشد که برای فتوسنتز و انتقال آسمیلات‌ها به بلال ضروری است. این میکروارگانیسم‌ها به طور هم‌زمان با بهبود توسعه سیستم ریشه، جذب آب و عناصر غذایی را افزایش داده و در نهایت منجر به افزایش عملکرد بلال سبز می‌شوند.

افزایش عملکرد (بلال سبز) حدود ۱۹/۶٪ در تیمار ترکیبی نسبت به شاهد، از نظر اقتصادی قابل توجه است و می‌تواند سودآوری را بهبود بخشد. همچنین کاهش مصرف نیتروژن شیمیایی تا ۲۰٪ بدون افت عملکرد، از نظر زیست‌محیطی حائز اهمیت است زیرا از آلودگی آب‌های زیرزمینی و خاک ناشی از نترات

جدول ۵- تجزیه واریانس صفات ارتفاع گیاه، قطر ساقه و تعداد شاخه در گیاه

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد بلال سبز	وزن پوست بلال	عملکرد دانه قابل کنسرو
سال	۱	۱۹۸۹/۳۷ ^{ns}	۵۸/۶۴۷ ^{ns}	۱۴۵۲/۲۵ ^{ns}
تکرار (سال)	۴	۵۰۹/۷۵	۱۴/۲۷۸	۳۶۷/۵۶
تاریخ کاشت	۱	۶۳۴۵/۱۴ *	۳۴۶۷/۸۷ *	۵۰۲۸/۶۵ *
سال × تاریخ کاشت	۱	۳۱/۲۴۸ ^{ns}	۱۱/۰۵۷ ^{ns}	۱۸/۳۶ ^{ns}
نیتروژن	۱	۱۸۶۶/۳۷ *	۴۷۹/۳۶۲ *	۱۴۷۸/۴۴ *
سال × نیتروژن	۱	۱۱/۵۲۴ ^{ns}	۲/۲۰۵ ^{ns}	۵/۳۶ ^{ns}
تاریخ کاشت × نیتروژن	۱	۳۸۶/۰۷۵ ^{ns}	۲۶۱/۷۹ ^{ns}	۳۴۹/۲۸ ^{ns}
سال × تاریخ کاشت × نیتروژن	۱	۱۵/۳۶ ^{ns}	۷/۸۳۶ ^{ns}	۱۱/۸۵ ^{ns}
کود زیستی	۳	۷۶۱/۵۹ *	۴۴/۱۸ *	۵۴۴/۷۲ *
سال × کود زیستی	۳	۵۲/۷۸ ^{ns}	۳/۵۲۲ ^{ns}	۳۶/۸۹ ^{ns}
تاریخ کاشت × کود زیستی	۳	۱۳۶/۵۲۶ ^{ns}	۱۰/۰۲۳ ^{ns}	۱۰۸/۶۷ ^{ns}
سال × تاریخ کاشت × کود زیستی	۳	۲۱/۸۴۷ ^{ns}	۶/۵۳۴ ^{ns}	۱۳/۵۷ ^{ns}
نیتروژن × کود زیستی	۳	۲۷۷/۳۹۲ *	۶/۶۱۸ ^{ns}	۱۸۷/۲۲ *
سال × نیتروژن × کود زیستی	۳	۲۱/۷۵ ^{ns}	۲/۵۵۸ ^{ns}	۲۱/۵۷ ^{ns}
تاریخ کاشت × نیتروژن × کود زیستی	۳	۴۴۱/۳۶۸ ^{ns}	۱۴/۳۴۵ ^{ns}	۳۲۹/۶۵ ^{ns}
سال × تاریخ کاشت × نیتروژن × کود زیستی	۳	۹۰/۰۴۷ ^{ns}	۲/۴۴۷ ^{ns}	۴۰/۰۸ ^{ns}
خطا	۶۰	۷۱/۰۳۹	۵/۴۷۴	۵۲،۵۹
ضریب تغییرات (درصد)	-	۲۲/۳۶	۸/۲۹	۱۹/۷۸

ns، * و ** به ترتیب بیانگر غیرمعنی دار و معنی دار در سطح ۵٪ و ۱٪ می‌باشد.

۲۰٪ مصرف نیتروژن به صورت کود شیمیایی

بدون افت عملکرد وجود خواهد داشت.

از نظر اقتصادی، افزایش ۱۹/۶٪ عملکرد بلال

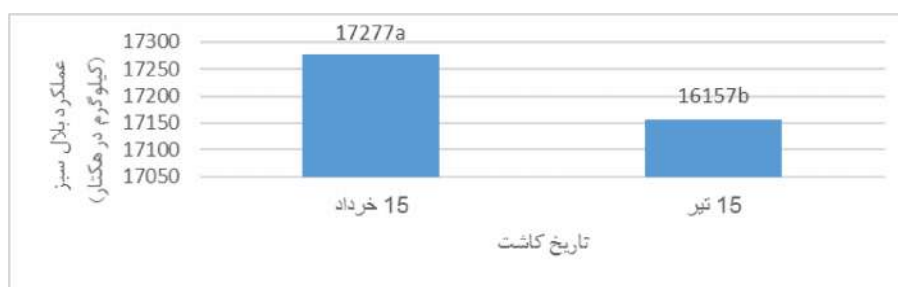
سبز با کودهای زیستی می‌تواند سودآوری قابل

توجهی داشته باشد و همچنین امکان کاهش

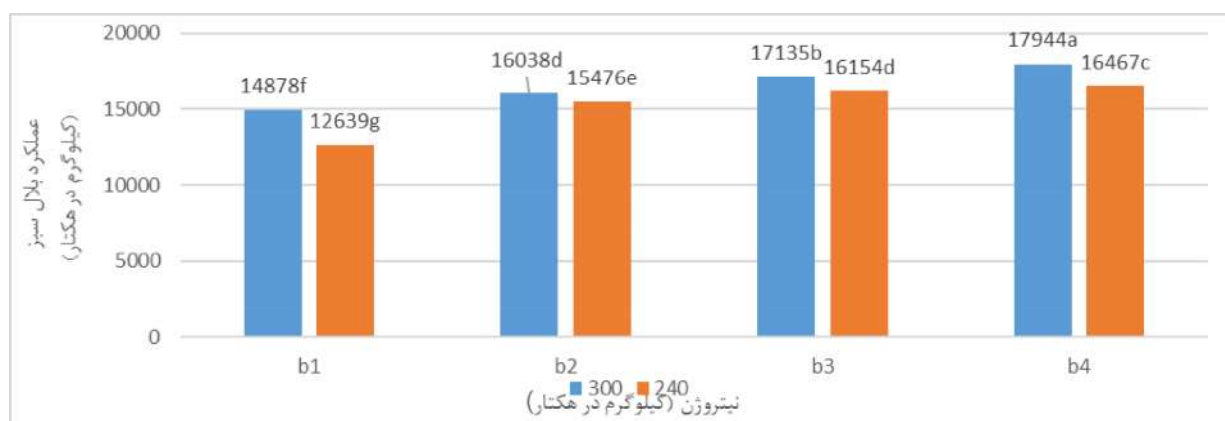
می‌شود. مصرف ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار همراه با کود زیستی ترکیبی نتایج مطلوبی دارد و در صورت محدودیت مصرف نیتروژن، استفاده از ترکیب ازتوباکتر+آزوسپیریلوم می‌تواند کاهش عملکرد را جبران کند.

نتایج حاضر با یافته‌های *Oktem et al* (2010) درباره تأثیر مثبت نیتروژن بر عملکرد ذرت شیرین همخوانی دارد. تأثیر ترکیب کودهای زیستی بر عملکرد بلا نیز توسط ملکی نارگ‌موسی و بلوچی (۱۳۹۱) تأیید شده است.

برای دستیابی به حداکثر عملکرد بلال سبز، کشت در تاریخ بهینه (۱۵ خرداد) توصیه



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت بر عملکرد بلال سبز



شکل ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل نیتروژن و کود زیستی بر عملکرد بلال سبز

b1: عدم مصرف کود زیستی، b2: ازتوباکتر، b3: آزوسپیریلوم و b4: ازتوباکتر + آزوسپیریلوم + سودوموناس

وزن پوست بلال (Husk)

در پژوهش‌های کشاورزی، به ویژه بر روی گیاهان زراعی مانند ذرت شیرین، اندازه‌گیری وزن پوست بلال (Husk weight) یکی از اجزای مهم در ارزیابی عملکرد و کیفیت محصول است. نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر تاریخ کاشت، نیتروژن، کود زیستی و اثر متقابل سال $\times$ تاریخ کاشت در سطح یک درصد بر وزن پوست بلال معنی‌دار بود (جدول ۵). کشت ۱۵ خرداد با میانگین ۲۰٫۰ گرم وزن پوست بلال نسبت به کشت ۱۵ تیر (۱۸٫۳ گرم) حدود ۹/۳٪ افزایش نشان داد (شکل ۷). این اختلاف احتمالاً ناشی از رشد بهتر گیاه و توسعه بیشتر برگ‌های غلافی یا پوشنده بلال (هاسک) در شرایط محیطی مطلوب‌تر کشت زودتر بود.

تیمار ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن با میانگین ۲۰/۱ گرم وزن برگ‌های غلافی نسبت به ۲۴۰ کیلوگرم (۱۸/۲ گرم) حدود ۱۰/۴٪ افزایش وزن پوست داشت (شکل ۸). این نتایج نشان داد که نیتروژن کافی باعث توسعه بهتر

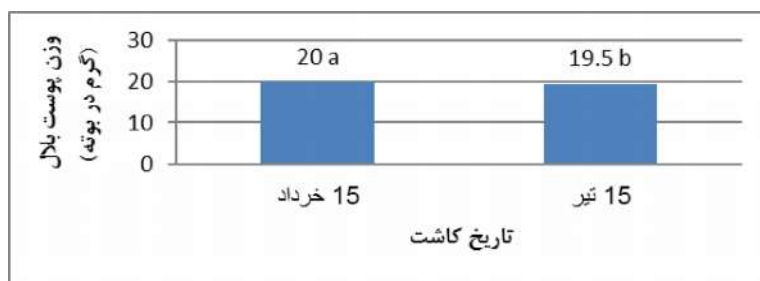
بافت‌های پوششی بلال شد. این یافته‌ها با گزارشات Kaukis & Davis (1986) درباره تأثیر مدیریت زراعی بر ویژگی‌های بلال ذرت شیرین همخوانی دارد.

تیمار ازتوباکتر+آزوسپیریلوم با میانگین ۲۰/۳ گرم بیشترین وزن پوست را نشان داد. این مقدار نسبت به شاهد (۱۸/۱ گرم) حدود ۱۲/۲٪ افزایش معنی‌دار داشت (شکل ۹).

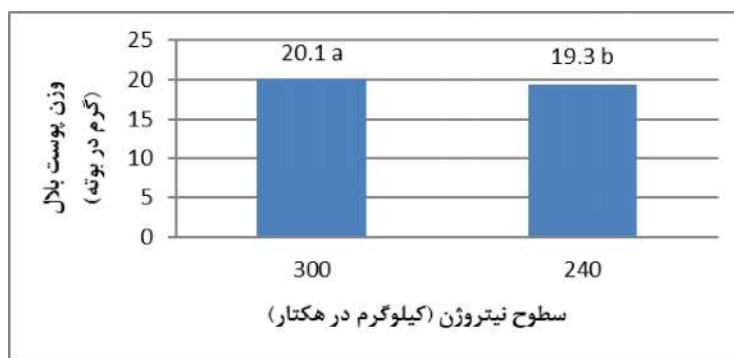
از دیدگاه فیزیولوژیک، وزن بیشتر پوست (هاسک) نشان‌دهنده توسعه بهتر سیستم محافظتی بلال است. این ویژگی می‌تواند از آسیب‌های مکانیکی در طول رشد و برداشت جلوگیری کند. از نظر صنعتی، پوست‌های سنگین‌تر برای مصارف صنعتی (تولید کاغذ سیگار یا بسته‌بندی) مناسب‌ترند، اما برای بازار تازه‌خوری، نسبت مناسب دانه به پوست اهمیت بیشتری دارد. در مقایسه با استانداردهای صنعتی، وزن پوست در محدوده ۱۸-۲۰ گرم برای اکثر مصارف صنعتی قابل قبول است که رقم مورد مطالعه در شرایط بهینه به این استانداردها دست یافت.

برای دستیابی به حداکثر وزن پوست، کشت می‌توان با تنظیم دقیق تر ترکیب کودی، به زودتر (۱۵ خرداد) توصیه می‌شود. مصرف ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن همراه با کود زیستی ترکیبی نتایج مطلوبی دارد. برای بازار تازه‌خوری،

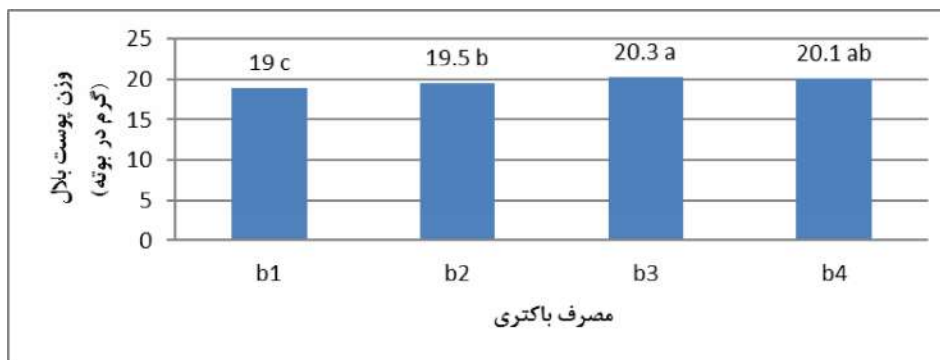
می‌توان با تنظیم دقیق تر ترکیب کودی، به تعادل بهتری بین وزن پوست و عملکرد دانه دست یافت.



شکل ۷- مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت بر وزن پوست بلال



شکل ۸- مقایسه میانگین اثر سطوح نیتروژن بر وزن پوست بلال



شکل ۹- مقایسه میانگین اثر مصرف کود زیستی بر وزن پوست بلال

b1: عدم مصرف کود زیستی، b2: ازتوباکتر، b3: آزوسپیریلوم و b4: ازتوباکتر + آزوسپیریلوم + سودوموناس

عملکرد دانه قابل کنسرو

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر تاریخ کاشت، نیتروژن، کود زیستی و اثر متقابل نیتروژن × کود زیستی در سطح یک درصد بر عملکرد دانه کنسروی معنی‌دار بود (جدول ۵). کشت زودتر (۱۵ خرداد) با عملکرد ۸۴۷۹/۵۶ کیلوگرم بر هکتار نسبت به کشت تأخیری (۱۵ تیر) با عملکرد ۷۹۸۶/۵۴ کیلوگرم بر هکتار برتری معنی‌داری داشت (افزایش ۵/۸۲ درصد) (شکل ۱۰). کشت زودتر (۱۵ خرداد) به دلیل شرایط محیطی مطلوب‌تر (دمای مناسب، نور کافی) و دوری از تنش گرمایی دوره پر شدن دانه، منجر به بهبود عملکرد دانه قابل کنسرو شد. کشت زودتر (۱۵ خرداد) به دلیل

همزمانی دوره پر شدن دانه با شرایط محیطی مطلوب‌تر (دمای معتدل، نور کافی و رطوبت مناسب) منجر به بهبود معنی‌دار عملکرد دانه شد. در مقابل، کشت دیرتر (۱۵ تیر) گیاه را در معرض تنش گرمایی اواخر فصل قرار داد که می‌تواند باعث اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز، انتقال آسیمیلات ها و پر شدن دانه‌ها شود. این یافته با نتایج Oktem et al. و Waligóra (1997) (2010) مطابقت دارد که گزارش کردند اجتناب از تنش گرمایی در دوره بحرانی پر شدن دانه، عامل کلیدی در افزایش عملکرد دانه ذرت شیرین است.

است که بیشترین عملکرد دانه کنسروی را در سطوح بالاتر نیتروژن گزارش کرد.

کودهای زیستی با مکانیسم‌های مختلف از جمله: ۱- با تثبیت نیتروژن مولکولی (توسط باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلوم)، دسترسی گیاه به این عنصر را افزایش داده و نیاز به نیتروژن شیمیایی را کاهش می‌دهند. ۲- با تولید هورمون‌های رشد (اکسین و جیبرلین)، تقسیم سلولی و رشد بافت‌های مریستمی را تحریک کرده و باعث توسعه بهتر بلال و پر شدن دانه‌ها می‌شوند. ۳- با حل کردن فسفات‌های نامحلول و تولید سیدروفور توسط سودوموناس، جذب فسفر و آهن را بهبود بخشیده و به طور غیرمستقیم نقش مهمی در متابولیسم انرژی و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها ایفا می‌کند و در نهایت موجب افزایش عملکرد دانه قابل کنسرو شدند. برای دستیابی به حداکثر عملکرد دانه قابل کنسرو در ذرت شیرین، کشت در تاریخ بهینه یعنی کشت زودتر (۱۵ خرداد) + مصرف ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار + کاربرد توأم

بیشترین عملکرد دانه قابل کنسرو (۸۷۱۸/۳۹ کیلوگرم بر هکتار) در تیمار ترکیبی ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن + ازتوباکتر + آزوسپیریلوم + سودوموناس حاصل شد (شکل ۱۱). حتی در شرایط کاهش ۲۰ درصد نیتروژن (۲۴۰ کیلوگرم بر هکتار)، کاربرد همین ترکیب کود زیستی عملکردی معادل ۸۰۸۸/۳۳ کیلوگرم بر هکتار تولید کرد که از تیمار شاهد با ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن بالاتر بود (شکل ۱۱). این نشان‌دهنده پتانسیل کودهای زیستی در کاهش ۲۰ درصد مصرف نیتروژن شیمیایی بدون افت عملکرد است.

نیتروژن نقش کلیدی در ساختار پروتئین‌ها، آنزیم‌ها و کلروفیل دارد و تأمین بهینه آن برای تشکیل و پر شدن دانه‌ها ضروری است. سطوح بالاتر نیتروژن (۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار) با تأمین بهتر منابع غذایی رشد رویشی و زایشی را تقویت کرده و با افزایش تعداد دانه‌ها و وزن آن‌ها، عملکرد نهایی را بهبود می‌بخشد. این نتیجه با یافته‌های (Mojab 2011) همسو

زیستی نسبت به شاهد، سودآوری قابل توجهی برای کشاورزان به همراه خواهد داشت.

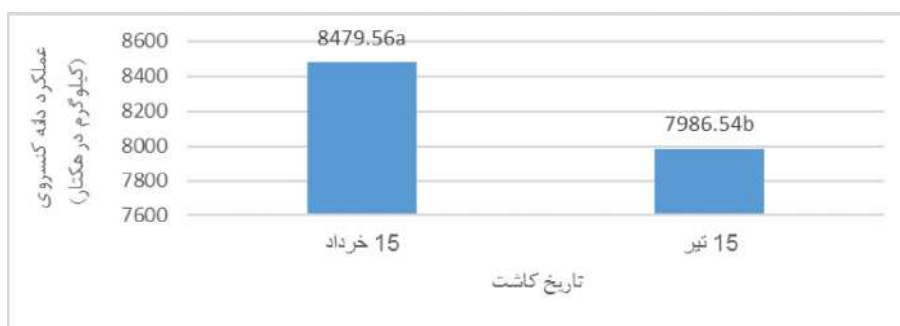
از جنبه زیست‌محیطی، کاهش مصرف نیتروژن شیمیایی تا ۲۰ درصد بدون کاهش عملکرد، از آلودگی آب‌های زیرزمینی و خاک ناشی از نیترات جلوگیری کرده و گامی مهم به سوی کشاورزی پایدار است.

این نتایج به وضوح نشان می‌دهد که ادغام کودهای زیستی در سیستم تغذیه ذرت شیرین، نه تنها عملکرد کمی و کیفی محصول را افزایش می‌دهد، بلکه پایداری سیستم زراعی را از طریق کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی بهبود می‌بخشد.

کودهای زیستی (ازتوباکتر + آزوسپیریلوم + سودوموناس) توصیه می‌شود. در صورت محدودیت دسترسی به نیتروژن یا تمایل به کاهش نهاده‌های شیمیایی، استفاده از ترکیب کود زیستی با ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار می‌تواند به عنوان یک راهکار جایگزین و پایدار مورد استفاده قرار گیرد.

از دیدگاه فیزیولوژیک، کودهای زیستی با بهبود کارایی جذب و استفاده از نیتروژن، امکان دستیابی به عملکرد مطلوب را حتی در سطوح پایین‌تر نیتروژن فراهم می‌کنند.

از نظر اقتصادی، افزایش ۱۴/۷۹ درصدی عملکرد دانه قابل کنسرو در تیمار ترکیبی کود



شکل ۱۰- مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت بر عملکرد دانه کنسروی



شکل ۱۱- مقایسه میانگین اثر متقابل نیتروژن و کود زیستی بر عملکرد دانه کنسروی
b1: عدم مصرف کود زیستی، b2: ازتوباکتر، b3: آزوسپیریلوم و b4: ازتوباکتر + آزوسپیریلوم + سودوموناس

نتیجه گیری

(عملکرد بلال سبز ۱۷۹۴۴ کیلوگرم بر هکتار،

عملکرد دانه کنسروی ۸۷۱۹ کیلوگرم بر هکتار

و عملکرد دانه ۲۳۷۷ کیلوگرم بر هکتار) و

کیفی (پروتئین ۱۴/۲ درصد، روغن ۶/۳۹

درصد) در تیمار تلفیقی ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن

در هکتار + ازتوباکتر + آزوسپیریلوم +

سودوموناس حاصل شد. نکته برجسته تحقیق

این بود که مصرف توأم این کودهای زیستی با

۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (کاهش ۲۰

درصدی نیتروژن شیمیایی) عملکردی معادل یا

حتی بهتر از تیمار شاهد با ۳۰۰ کیلوگرم

نیتروژن (بدون کود زیستی) تولید کرد. این

موضوع پتانسیل بالای کودهای زیستی را در

کشت در تاریخ زودتر (۱۵ خرداد) نسبت به

تاریخ دیرتر یا تاخیری (۱۵ تیر) برتری خود را

در دستیابی به عملکرد بیشتر نشان داد.

عملکرد بلال سبز در کشت زودتر ۱۷۲۷۷

کیلوگرم بر هکتار (۶/۴۸ درصد افزایش)،

عملکرد دانه قابل کنسرو ۸۴۷۹ کیلوگرم بر

هکتار (۵/۸۲ درصد افزایش) و عملکرد دانه

۲۱۰۲ کیلوگرم بر هکتار (۵/۲ درصد افزایش)

بود که دلیل آن شرایط دمایی مطلوب‌تر و طول

دوره رشد طولانی‌تر در کشت بهاره است.

برهمکنش نیتروژن و کودهای زیستی بسیار

حائز اهمیت بود. بیشترین عملکرد کمی

جبران بخشی از نیاز به نیتروژن شیمیایی و امکان کاهش مصرف آن را بدون افت عملکرد نشان می‌دهد. کاربرد کودهای زیستی با افزایش میزان کلروفیل و بهبود سایر شاخص‌های رشدی، بهینه‌سازی فرآیندهای متابولیکی گیاه را به همراه داشت.

در نتیجه‌گیری نهایی و ارائه راهکار کاربردی، به کشاورزان توصیه می‌شود برای دستیابی به حداکثر عملکرد و کیفیت ذرت شیرین در منطقه تاکستان، نسبت به کشت زودتر (۱۵ خرداد) اقدام نمایند. همچنین، مصرف ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار همراه با تلقیح بذر با ترکیب کودهای زیستی ازتوباکتر + آزوسپیریلوم + سودوموناس به‌عنوان بهترین تیمار جهت دستیابی به بالاترین عملکرد بلال سبز، عملکرد دانه کنسروی و عملکرد نهایی دانه (۱۴٪ رطوبت) پیشنهاد می‌گردد. در صورت تمایل به کاهش مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنه و حرکت به سمت کشاورزی پایدار، امکان کاهش ۲۰ درصدی نیتروژن شیمیایی (۲۴۰ کیلوگرم بر هکتار) به شرط استفاده توأم از ترکیب کودهای زیستی مذکور

وجود دارد، بدون آنکه افت معنی‌داری در عملکرد یا کیفیت محصول ایجاد شود. این یافته‌ها از نظر اقتصادی (کاهش هزینه‌های نهاده) و زیست‌محیطی (کاهش آلودگی خاک و آب‌های زیرزمینی ناشی از نیترات) حائز اهمیت فراوان هستند. این راهکار گامی مؤثر در جهت حفظ حاصلخیزی خاک، کاهش آلودگی‌های زیست محیطی و حرکت به سمت نظام‌های کشاورزی پایدار است.

منابع

احمدی، ع.، ه. پیرسته انوشه، و ک. خاوازی. ۱۳۹۸. اثر تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد بر صفات مورفولوژیک و عملکرد ذرت دانه‌ای. مجله تحقیقات خاک و آب، ۳۰(۴): ۱۲۳-۱۳۵.

پزشک‌پور، پ. ۱۳۸۲. اهمیت تولید و مصرف ذرت شیرین. فصلنامه اطلاع‌رسانی علمی، ۱۸(۱): ۶۹-۷۰.

حبیبی، م. و م. مجیدیان. ۱۳۹۳. اثر سطوح مختلف نیتروژن و تراکم بوته بر رشد و عملکرد

Bavec, F. and M. Bavec. 2002. Effects of plant population on leaf area index, cob characteristics and grain yield of early maturing maize cultivars (FAO 100–400). *European Journal of Agronomy*, 16(2): 151-159. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(01\)00122-6](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(01)00122-6)

Bohn, H. L., B. L. McNeal, and G. A. O'Connor. 1985. *Soil Chemistry* (2nd ed.). John Wiley & Sons.

Bouyoucos, G. J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agronomy Journal*, 54(5): 464-465. <https://doi.org/10.2134/agronj1962.00021962005400050028x>

Bremner, J. M. 1996. Nitrogen-Total. In D. L. Sparks (Ed.), *Methods of Soil Analysis: Part 3 Chemical Methods* (pp. 1085-1121). SSSA Book Series No. 5. Madison, WI: Soil Science Society of America. <https://doi.org/10.2136/sssabookser5.3.c37>

Kaukis, K. and D. W. Davis. 1986. Sweet corn production. In *Vegetable Production* (pp. 293-312). Van Nostrand Reinhold.

Kaukis, K. and D. W. Davis. 1986. Sweet corn breeding. In M. J. Bassett (Ed.),

ذرت شیرین. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی، ۲۱ (۲): ۴۵-۶۰.

خوش اخلاق، ف.، ع. کوچکی، و م. نصیری محلاتی. ۱۳۹۴. اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین در شرایط آب و هوایی مشهد. مجله به زراعی کشاورزی، ۱۶ (۱): ۷۷-۹۲.

شرکت کشت و صنعت و دامپروری مغان. ۱۳۹۰. کاتالوگ ارقام ذرت. انتشارات داخلی شرکت مغان.

شیبانی، ح. ۱۳۶۱. باغبانی (سبزیکاری)، جلد سوم. انتشارات مرکز نشر سپهر. ۳۳۲ ص.

مختارپور، ح.، س. ا. مساوات، م. ت. فیض بخش، و ع. صابری. ۱۳۸۷. اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر عملکرد بلال ذرت شیرین در کشت تابستانه. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، ۱۱ (۱): ۱۰۱-۱۱۳.

ملکی نارگ‌موسی، ب.، و ر. بلوچی. ۱۳۹۱. اثر کاربرد توأم کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین، مجله علوم خاک و آب، ۲۶ (۳): ۳۲۱-۳۳۵.

- Olsen, S. R. and L. E. Sommers.** 1982. Phosphorus. In A. L. Page (Ed.), Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties (2nd ed., pp. 403-430). Madison, WI: American Society of Agronomy. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c24>
- Sharma, S. B., R. Z. Sayyed, M. H. Trivedi, & T. A. Gobi.** 2013. Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. SpringerPlus, 2, 587. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-587>
- Simard, R. R.** 1993. Ammonium acetate-extractable elements. In M. R. Carter (Ed.), Soil Sampling and Methods of Analysis (pp. 39-42). Boca Raton, FL: Lewis Publishers.
- Vessey, J. K.** 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil, 255(2): 571-586. <https://doi.org/10.1023/A:1026037216893>
- Waligóra, H.** 1997. The effect of sowing date on growth and yield of sweet corn (*Zea mays* L. var. *saccharata*). Journal of Applied Genetics, 38A(1): 87-95. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF03172845>
- Breeding Vegetable Crops (pp. 475-519). AVI Publishing.
- Keeney, D. R. and D. W. Nelson.** 1982. Nitrogen—Inorganic forms. In A. L. Page (Ed.), Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties (2nd ed., pp. 643-698). Madison, WI: American Society of Agronomy. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c33>
- Khodarahmpour, Z.** 2011. Effect of planting date on yield and yield components of different maize (*Zea mays* L.) hybrids. African Journal of Agricultural Research, 6(16): 3852-3855. <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-full-text-pdf/1F17D1717522>
- Mojab, M.** 2011. Effect of nitrogen fertilizer levels on growth, yield, and quality of sweet corn (*Zea mays* L. *saccharata*). Journal of Agricultural Science and Technology, 13(5): 1023-1031. <http://jast.modares.ac.ir/article-23-10454-en.html>
- Oktem, A., A. T. Oz, S. Yucel, and M. E. Oz.** 2010. Effect of nitrogen on yield and some quality parameters of sweet corn. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 41(7): 832-847. <https://doi.org/10.1080/0010362100359235>

155-

166. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.07.003>

4.07.003

Wu, S. C., Z. H. Cao, Z. G. Li, K. C. Cheung, and M. H. Wong. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma*, 125(1-2):

The effect of planting date, biofertilizer and nitrogen amounts on some agronomic traits, ear yield and canned kernel yield of Sweet Corn (*Zea mays* L. *saccharata*)

Rasoul Ali¹, Saeed Sayfzadeh^{2*}, Seyed Alireza Valadabadi³, Naser Shahsawari^{4*}, Hamidreza Zakerin⁵

1. Ph. D Student, Department of Agronomy, Tak. C., Islamic Azad University, Takestan, Iran.

2. Professor of Department of Agronomy, Tak. C., Islamic Azad University, Takestan, Iran.

3. Associate Professor of Department of Agronomy, Tak. C., Islamic Azad University, Takestan, Iran.

4. Assistant Professor of Department of Agronomy, Haj. C., Islamic Azad University, Hajeabad, Iran.

5. Assistant Professor of Department of Agronomy, Tak. C., Islamic Azad University, Takestan, Iran.

Received: 2025.7.15

Accepted: 2025.9.11

Abstract

Given the importance of sweet corn in the food industry and the necessity to reduce chemical inputs, this research was conducted to investigate the effects of delayed planting date, Biofertilizer, and reduced nitrogen levels on the yield and yield components of sweet corn (*Zea mays* L. var. *saccharata*) cv. KSC403su. The experiment was carried out as a factorial arrangement based on a Randomized Complete Block Design (RCBD) with three replications over two growing seasons (2016-2017 and 2017-2018) in Takestan, Iran. The treatments included two planting dates (June 5 and July 6), two nitrogen levels (300 and 240 kg ha⁻¹) and four Biofertilizer application levels (control, *Azotobacter*, *Azospirillum* and a combination of *Azotobacter*, *Azospirillum* & *Pseudomonas*). Combined analysis of variance revealed that the earlier planting date (June 5) significantly increased green ear yield (17277 vs. 16157 kg ha⁻¹), canned kernel yield (8479 vs. 7986 kg ha⁻¹), and ear length. The highest quantitative yield was achieved with the integrated treatment of 300 kg N ha⁻¹ combined with the mixed Biofertilizer (*Azotobacter* + *Azospirillum* + *Pseudomonas*). A key finding was the satisfactory performance of the treatment receiving 240 kg N ha⁻¹ alongside the mixed Biofertilizer, which outperformed even the control treatment with 300 kg N ha⁻¹ (without Biofertilizer). This underscores the potential of Biofertilizer to compensate for a 20% reduction in chemical nitrogen application without yield loss. In general, for achieving maximum yield, earlier planting (June 5) combined with the application of 300 kg N ha⁻¹ and seed inoculation with the mixed Biofertilizer (*Azotobacter* + *Azospirillum* + *Pseudomonas*) is recommended. Furthermore, using this specific Biofertilizer combination with 240 kg N ha⁻¹ is suggested as a practical strategy for reducing chemical input consumption and moving towards sustainable agriculture.

Keywords: Biofertilizer, Nitrogen, Planting date, Sustainable Agriculture, Sweet corn, Yield

* Corresponding authors (Saeedsayfzadeh@iau.ac.ir) and (shahsawari110@gmail.com)