



بررسی اثر کاربرد توأم کودهای شیمیایی و زیستی نیتروژن بر شاخص‌های فیزیولوژیکی و

مورفولوژیکی ذرت

بنفشه حاتم پور^۱، سید کیوان مرعشی^{۲*}

۱- گروه زراعت، پردیس علوم و تحقیقات خوزستان، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۲- گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۷/۱ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۱۲

چکیده

به منظور بررسی کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژن بر شاخص‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی ذرت، این آزمایش در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه شهید سالمی شهر اهواز اجرا گردید. تیمارهای مورد مطالعه شامل: کاربرد اوره، کاربرد نیتروکسین، نیتروکسین + ۲۵٪ نیتروژن از منبع اوره، نیتروکسین + ۵۰٪ نیتروژن از منبع اوره، نیتروکسین + ۷۵٪ نیتروژن از منبع اوره، کاربرد ازتوباکتر، ازتوباکتر + ۲۵٪ نیتروژن از منبع اوره، ازتوباکتر + ۵۰٪ نیتروژن از منبع اوره، ازتوباکتر + ۷۵٪ نیتروژن از منبع اوره بودند. نتایج نشان داد اثر تیمار تلفیقی کود زیستی و شیمیایی نیتروژن بر شاخص‌های رشد و مورفولوژیکی معنی‌دار بود. بیشترین میزان تجمع ماده خشک، شاخص سطح برگ، سرعت رشد نسبی، سرعت رشد محصول، سرعت جذب خالص، ارتفاع گیاه، طول بلال، قطر بلال و طول کچلی از تیمار نیتروکسین + ۷۵٪ نیتروژن از منبع اوره، ازتوباکتر + ۷۵٪ نیتروژن از منبع اوره و تامین نیتروژن تماماً از منبع اوره حاصل شد. کمترین میزان شاخص‌های رشدی و صفات مورفولوژیکی در تیمار ۱۰۰٪ نیتروژن از منبع نیتروکسین و ۱۰۰٪ نیتروژن از منبع ازتوباکتر مشاهده شد. نتایج کلی آزمایش نشان داد استفاده توأم از کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژن می‌تواند ضمن کاهش مصرف کود شیمیایی بر شاخص‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی اثر مثبت داشته باشد. این امر کمک قابل توجهی به سالم‌سازی محیط زیست می‌کند و راهبرد مهمی در جهت حرکت به سمت کشاورزی پایدار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ازتوباکتر، ذرت، سرعت جذب خالص (NAR)، نیتروکسین

* نگارنده مسئول (Marashi@iauahvaz.ac.ir)

مقدمه

در کشاورزی رایج نیتروژن یکی از عناصر غذایی بسیار مهم و مؤثر در رشد و نمو گیاهان زراعی محسوب می‌شود که نقش مهمی در تغذیه گیاه دارد. بنابراین، در بسیاری از مناطق به ویژه در خاک‌های فقیر از مواد آلی، یک عنصر محدود کننده رشد و تولید محصول می‌باشد. کودهای نیتروژن اغلب در خاک متحرک هستند که این امر اثرات نامطلوب زیادی از جمله آلوده سازی آب‌های زیرزمینی و خاک را به دنبال دارد (De Pascal *et al.*, 2006).

کودهای زیستی در حقیقت ماده‌ای شامل انواع مختلف ریز موجودات آزادی بوده که توانایی تبدیل عناصر غذایی اصلی را از فرم غیرقابل دسترس به فرم قابل دسترس طی فرآیندهای بیولوژیکی داشته و منجر به توسعه سیستم ریشه‌ای و جوانه زنی بهتر بذور می‌گردند (Rajendran & Devarj, 2015). از جمله کودهای زیستی که حاوی ریز موجودات متعددی هستند، می‌توان به باکتریهای ازتوباکتر اشاره کرد. باکتری‌های ازتوباکتر علاوه بر تثبیت نیتروژن هوا، قادر به تولید ترکیبات ضدقارچی بر علیه کلیه

بیماری‌های گیاهی بوده و سبب تقویت جوانه زنی و بنیه گیاه می‌شوند که رشد پایه گیاهی را به دنبال دارند همچنین باعث متعادل کردن جذب عناصر پرمصرف و ریزمغذی، ترشح اسیدهای آمینه و انواع آنتی بیوتیک و در نتیجه موجب رشد و توسعه ریشه، اندام‌های هوایی و در نهایت افزایش محصول می‌شوند (Blak, 2011). پاسخ غلات به تلقیح با ازتوباکتر بر حسب سویه‌های باکتری و شرایط خاک و آب و هوای منطقه متفاوت بوده و در موارد پاسخ مثبت، افزایش محصول در حدود ۷ تا ۱۲ درصد و حداکثر تا ۳۹ درصد گزارش شده است (Khavari, 2010). کود زیستی نیتروکسین دارای مجموعه‌ای از مؤثرترین باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن از جنس‌های *Azospirillum* و *Azotobacter* می‌باشد. باکتری‌های موجود در کود زیستی نیتروکسین افزون بر تثبیت نیتروژن هوا و متعادل کردن جذب عناصر پرمصرف و ریزمغذی مورد نیاز گیاه با سنتز و ترشح مواد محرک رشد نظیر انواع هورمون‌های تنظیم کننده موجب رشد و توسعه ریشه و قسمت‌های هوایی گیاهان می‌گردد (اسدی کوپال و عیسی زاده لزرجان، ۱۳۸۸). با استفاده از کود

شیمیایی و زیستی بر شاخص‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی ذرت دانه‌ای به مورد اجرا گذاشته شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۴ در مزرعه شهید سالمی در شهرستان اهواز با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۲۳ متر از سطح دریا انجام شد. قبل از اجرای آزمایش از خاک مزرعه در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین گردید (جدول ۱).

نیتروکسین نه تنها می‌توان از مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنه پرهیز نمود بلکه به دلیل اثرات متعدد کود نیتروکسین می‌توان محصول بیشتری تولید نمود (Tilake *et al.*, 2005).

Shaharoon *et al* (2012) در شرایط مزرعه نشان دادند که کاربرد تلفیقی کود شیمیایی نیتروژن توانست تاثیر کودهای زیستی را به طور قابل توجهی افزایش دهد و تولید ماده خشک را در مقایسه با شاهد ۵۸ درصد افزایش دهد.

Hamidi & Dabbagh Mohammadi Nasab (2010) گزارش دادند که فراهمی عناصر غذایی به ویژه نیتروژن در دوره بحرانی تشکیل دانه از طریق افزایش سرعت رشد گیاه بر تعداد دانه موثر است و این وضعیت موجب ایجاد همبستگی قوی میان تعداد دانه در بلال با شاخص سطح برگ می‌شود.

با توجه به این که لازم است مدیریت تغذیه گیاهی در جهت افزایش و پایداری سیستم‌های کشاورزی باشد. از طرفی با توجه به مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و احتمال آلودگی‌های زیست محیطی، تحقیق حاضر با هدف بررسی مصرف توام کودهای

جدول ۱- مشخصات خاک محل اجرای آزمایش

عمق نمونه برداری (cm)	درصد اشباع	هدایت الکتریکی (ds/m)	اسیدیت °	کربن آلی (%)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	ذرات تشکیل دهنده خاک			
							(درصد)			
							شن	رس	لای	
۰-۳۰	۴۸	۴/۶۲	۷/۷	۰/۶	۹/۱	۱۴۳	۲۱	۴۱/۵	۳۷/۵	رسی لومی

کشت به طول ۵ متر، فاصله ردیف‌های ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بذور روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر بود. بین هر تکرار آزمایشی ۱/۵ متر و بین هر کدام از کرت‌ها یک خط نکاشت به عنوان فاصله در نظر گرفته شد. مزرعه در سال قبل از آزمایش بصورت آیش بود. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم با گاواهن برگردان‌دار و تکمیل آن با دیسک دو طرفه عمود بر هم و عملیات تسطیح با ماله انجام شد. کود پایه بکار برده شده در مزرعه شامل: ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات-پتاسیم بود. کود زیستی به صورت آغشته‌سازی با بذر و تیمار کود شیمیایی نیتروژن نیز به صورت تقسیط در دو مرحله (۵۰٪ همزمان با کاشت و ۵۰٪ در مرحله ۶ برگی) اعمال گردید. باکتری‌های محرک رشد از موسسه تحقیقات آب و خاک

این آزمایش در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای نیتروژن شامل: فقط کاربرد اوره (T₁)، فقط کاربرد نیتروکسین (باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن از جنس‌های *Azospirillum* و *Azotobacter*) (T₂)، نیتروکسین+۲۵٪ نیتروژن از منبع اوره (T₃)، نیتروکسین +۵۰٪ نیتروژن از منبع اوره (T₄)، نیتروکسین +۷۵٪ نیتروژن از منبع اوره (T₅)، فقط کاربرد ازتوباکتر (باکتری ازتوباکتر) (T₆)، ازتوباکتر+۲۵٪ نیتروژن از منبع اوره (T₇)، ازتوباکتر +۵۰٪ نیتروژن از منبع اوره (T₈)، ازتوباکتر+۷۵٪ نیتروژن از منبع اوره (T₉) بودند. کود نیتروژنه از منبع اوره به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص در نظر گرفته شد. این آزمایش دارای ۳ تکرار و هر تکرار دارای ۹ کرت آزمایشی بود. هر کرت آزمایشی دارای شش ردیف

کرج زیر نظر وزارت جهاد کشاورزی تهیه شد. برای آغشته‌سازی بذر با کودزیستی از تو باکتر، بذرها ابتدا مرطوب و سپس روی سطح پلاستیکی پخش و با ازتوباکتر بر اساس توصیه شرکت تولید کننده به میزان ۱۰۰ گرم از تو باکتر به ازای مقدار بذر مصرفی در هکتار آغشته شدند. برای آغشته‌سازی بذر با کود زیستی نیتروکسین نیز کود مایع بر اساس توصیه شرکت تولید کننده به میزان ۱ لیتر به ازای ۳۵ کیلوگرم بذر به طور کامل اسپری و بذور به طور کامل با کود زیستی آغشته و خیس شدند. عملیات کاشت بذر در اواخر بهمن با دست انجام شد. اولین آبیاری بعد از کاشت بذر و آبیاری‌های بعدی در زمان‌های مورد نیاز گیاه اعمال شد. مبارزه با علف‌های هرز صرفاً به روش دستی در طول دوره رشد صورت گرفت. برای اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد در دو مرحله ظهور گل آذین نر و پر شدن دانه، نمونه برداری از هر کرت فرعی از سطحی معادل ۰/۴ مترمربع به طور تصادفی با رعایت حاشیه جهت تعیین شاخص سطح برگ (LAI) و وزن خشک کل (TDW) انجام گرفت. سپس شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد مانند سرعت رشد

محصول (CGR)، سرعت رشدی نسبی (RGR) و سرعت جذب خالص (NAR) با استفاده از معادلات زیر محاسبه شدند (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۹۱).

$$CGR = (W_2 - W_1) / GA (T_2 - T_1)$$

$$RGR = (\ln W_2 - \ln W_1) / (t_2 - t_1)$$

$$NAR = (W_2 - W_1) / (T_2 - T_1) \times (\ln LA_2 - \ln LA_1) / (LA_2 - LA_1)$$

در معادلات بالا، GA سطح زمینی که توسط گیاه اشغال می‌شود بر حسب متر مربع، W_1 وزن خشک اولیه و W_2 وزن خشک ثانویه بر حسب گرم در متر مربع، T_1 زمان نمونه برداری اولیه، T_2 زمان نمونه برداری ثانویه بر حسب روز و \ln لگاریتم طبیعی می‌باشد. ارتفاع بوته با استفاده از متر بر حسب سانتی‌متر از سطح زمین تا انتهای گل‌آذین نر در ۱۰ بوته بصورت تصادفی اندازه‌گیری و سپس ثبت شد. طول بلال از ابتدا تا انتهای بلال و طول کچلی در انتهای بلال با استفاده از خط‌کش و با دقت ۱ میلی‌متر در ۱۰ بلال بصورت تصادفی اندازه‌گیری شد. قطر بلال با استفاده از کولیس دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر در ۱۰ بلال به صورت تصادفی در قسمت وسط بلال اندازه‌گیری و ثبت گردید.

تجزیه واریانس داده‌ها توسط نرم افزار آماری SAS انجام و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

ماده خشک کل (TDW)

اثر تیمارهای مختلف نیتروژن در دو مرحله ظهور گل آذین نر و مرحله پر شدن دانه بر تجمع ماده خشک معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین مقادیر ماده خشک در مرحله رشدی ظهور گل آذین نر و پر شدن دانه به ترتیب با ۱۱۷۵ و ۷۴۵ گرم در متر مربع به تیمار مصرف نیتروکسین + ۷۵٪ نیتروژن از منبع اوره (T₅) و کمترین میزان در هر دو مرحله رشدی به ترتیب با ۹۱۰ و ۵۰۱ گرم در متر مربع به مصرف ازتوباکتر به تنهایی (T₆) تعلق داشت. (شکل ۱- A). نتایج این آزمایش نشان داد که در شرایط مصرف کودهای زیستی با افزایش مصرف کود شیمیایی از منبع اوره درصد ماده خشک گیاه افزایش می‌یابد و این افزایش به گونه‌ای است که در شرایط تیمار ۷۵٪ نیتروژن از زیستی و تلفیق با مصرف نیتروژن گزارش کردند که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

منبع اوره، مقدار ماده خشک تفاوت معنی‌داری با ماده خشک تولیدی در تیمار شاهد (مصرف اوره به تنهایی) نداشت. (Zahir et al (2004) اظهار داشتند که کاربرد کودهای زیستی در ذرت افزایش عملکرد ماده خشک در گیاه را به دنبال دارد، زیرا این کودها علاوه بر توانایی تثبیت نیتروژن منجر به تولید محرک‌های رشد، نظیر ایندول استیک اسید، جیبرلین و ویتامین‌ها گردیده و باعث افزایش جذب عناصر غذایی و در نتیجه رشد بهتر گیاه می‌شوند.

(Mirza et al (2000) گزارش کردند که کاربرد کودهای زیستی غیر از تثبیت نیتروژن، موجب تولید اکسین می‌شود که این امر تارهای کشنده را توسعه داده و در نهایت جذب مواد غذایی و نیتروژن مصرفی را افزایش می‌دهد که در نتیجه تولید ماده خشک گیاه را بهبود می‌بخشد. اشکاوند و همکاران (۱۳۹۲)، افزایش ۳۲ درصدی و (Zahir et al (2004) افزایش ۱۸ درصدی تولید ماده خشک ذرت را بر اثر تلقیح بذر با کودهای

شاخص سطح برگ (LAI)

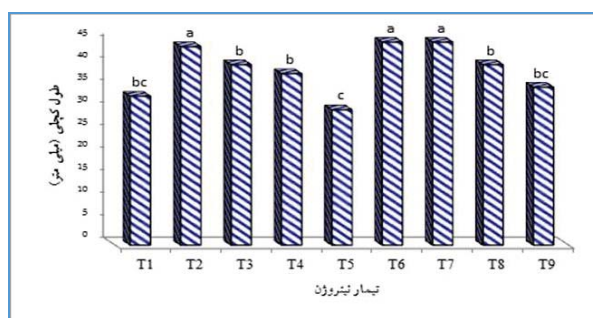
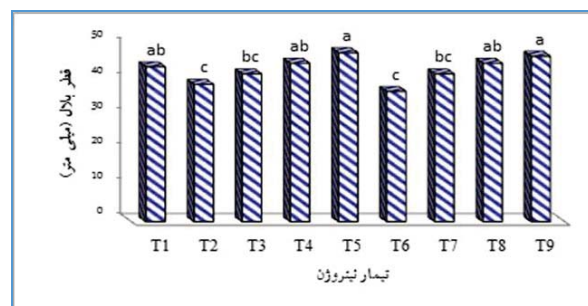
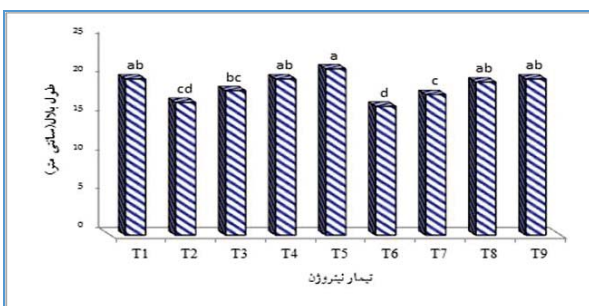
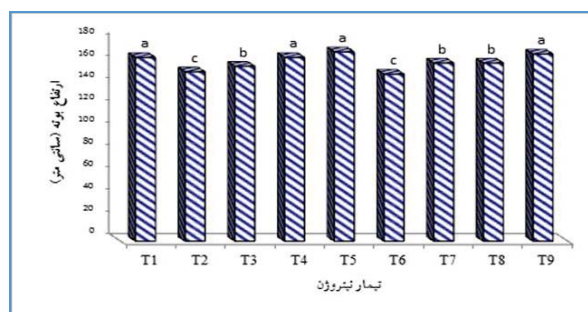
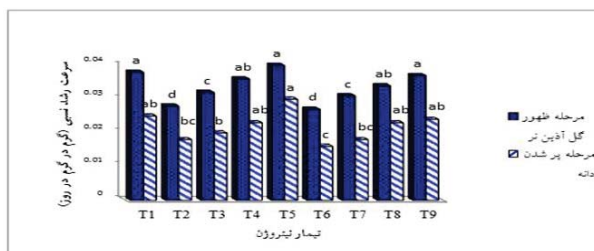
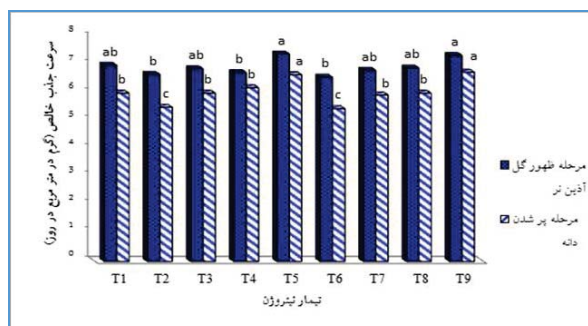
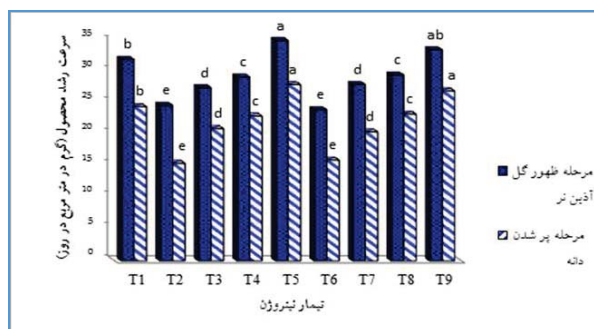
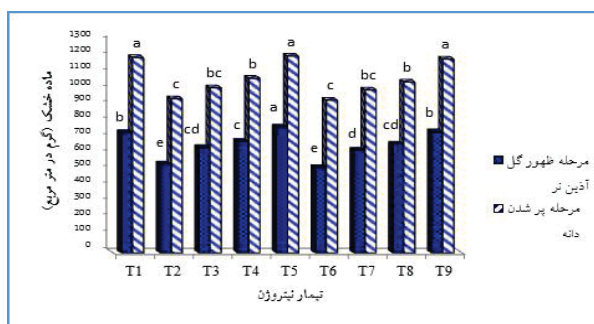
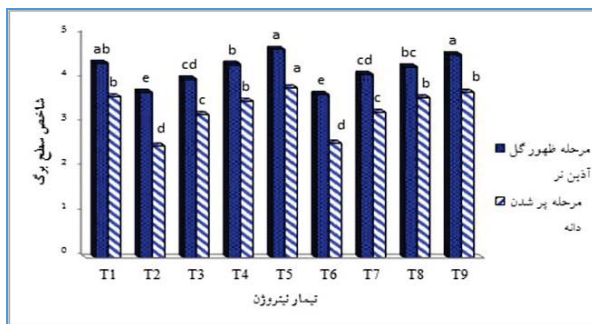
تفاوت شاخص سطح برگ در تیمارهای مختلف معنی‌دار بود (جدول ۲). در مرحله ظهور گل آذین

نر و پر شدن دانه، بالاترین مقادیر شاخص سطح برگ در تیمارهای نیتروکسین + ۰.۷۵٪ نیتروژن از منبع اوره (T₅) به ترتیب با ۴/۶ و ۳/۷ و کمترین شاخص سطح برگ در این مراحل به مصرف ازتوباکتر (T₆) به ترتیب با ۳/۶ و ۲/۴ اختصاص داشت (شکل ۱-B). می‌توان نتیجه گرفت که با تلفیق مناسب کودهای شیمیایی و زیستی می‌توان مصرف کود شیمیایی را در مزارع کاهش و صفات رشدی از جمله

جدول ۲- میانگین مربعات اثر کاربرد توأم کود زیستی و شیمیایی نیتروژن بر شاخص های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی ذرت

طول کجلی	ارتفاع گیاه			مرحله پر شدن دانه			مرحله ظهور گل آذین نر			درجه آزادی df	ماده خشک کل	منابع تغییر S.O.V
	طول بلال	قطر بلال	طول بلال	سرعت جذب خالص	سرعت رشد محصول	نسبتی	سرعت رشد محصول	سرعت رشد محصول	نسبتی			
۳/۵۴ ns	۷/۹۱ ns	۱۲/۹ ns	۲۲/۴۹ ns	۳/۸ ns	۳۶/۱۷ ns	۰/۰۰۲ ns	۲/۴۱ ns	۲۷/۲ ns	۲/۷۷ ns	۲/۷۷ ns	۲/۷۷ ns	تکرار
۱۸/۴ *	۵۷/۵ **	۱۸۰/۳۳**	۸۹/۳۵ **	۶۲/۳**	۲۹۵/۳۶**	۰/۳۳**	۲۱/۴**	۳۸۸/۴**	۲۵/۷**	۴۱۱/۷**	۲۵/۷**	عامل های آزمایشی
۴/۱۳	۸/۱۸	۱۰/۹۲	۵۱/۵۲	۵/۲	۲۵/۱	۰/۰۰۲	۳/۸	۳۲/۲	۳/۷۲	۲۵/۸	۳/۷۲	اشتباه آزمایشی
۶/۸۸	۸/۷۸	۱۱/۲۲	۱۲/۳۱	۶/۷۲	۷/۵۲	۱۰/۳۴	۱۲/۰۷	۱۲/۰۷	۸/۱۹	۸/۳۳	۷/۵۲	ضریب تغییرات (%)

ns، * و ** بترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح ۱ درصد و ۵ درصد می باشند.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر تلفیقی کود زیستی و شیمیایی نیتروژن بر تجمع ماده خشک (A)، شاخص سطح برگ (B)، سرعت رشد محصول (C)، سرعت جذب خالص (D)، سرعت رشد نسبی (E)، ارتفاع بوته (F)، طول بلال (G)، طول کپلی (H) و طول کپلی (I)

گرفت (جدول ۲). بیشترین سرعت رشد محصول در هر دو مرحله به تیمارهای نیتروکسین + ۷۵٪ نیتروژن از منبع اوره (T₅) به ترتیب با ۳۵ و ۲۶/۹ مربوط بود. همزمان با استفاده از ۱۰۰٪ نیتروژن از منبع ازتوباکتر (T₆)، سرعت رشد محصول نسبت به سایر تیمارهای تلفیقی کاسته شد و کمترین میزان در هر دو مرحله رشدی به ترتیب با ۲۳/۳ و ۱۵/۱ گرم در متر مربع در این تیمار حاصل گردید (شکل ۱-D). نتایج یافته‌های قبلی نشان دهنده این است که سرعت رشد محصول در هر گونه به طور معمول به میزان دریافت تشعشع نور خورشید بستگی دارد و در پایان دوره رشد گیاه به دلیل افزایش سایه‌اندازی برگ‌ها، کاهش تشعشع دریافتی و میزان فتوسنتز، مقدار CGR کاهش می‌یابد (Campillo *et al.*, 2010). در آزمایش حاضر قسمت زیادی از تفاوت‌های سرعت رشد گیاه در تیمارهای مختلف تلفیق کود نیتروژن، مربوط به تفاوت‌های شاخص سطح برگ است. زیرا تغییرات سرعت رشد گیاه بستگی به تغییرات دو پارامتر شاخص سطح برگ و میزان آسیمیلاسیون خالص دارد.

شاخص سطح برگ را افزایش داد. (Burris (2000) در پی آزمایشات خود کاهش میزان مصرفی کود همراه با افزایش صفاتی مانند شاخص سطح برگ، تعداد پنجه و افزایش عملکرد بیولوژیک را از اثرات بهینه مصرف کودهای زیستی در تلفیق با کودهای شیمیایی ذکر کرده‌اند. این تاثیرات ممکن است به علت افزایش میزان جذب کود نیتروژن، همچنین تولید تریپتوفان (پیش‌ساز هورمون اکسین) توسط میکروارگانیسم‌های کودهای زیستی باشد. Hamidi & Dabbagh Mohammadi Nasab (2010) گزارش کردند که فراهمی عناصر غذایی به ویژه نیتروژن در دوره بحرانی تشکیل دانه از طریق افزایش سرعت رشد گیاه بر تعداد دانه مؤثر است و این وضعیت موجب ایجاد همبستگی قوی میان تعداد دانه در بلال با شاخص سطح برگ می‌شود.

سرعت رشد محصول (CGR)

سرعت رشد محصول در تیمارهای مختلف در دو مرحله رشدی ظهور گل آذین نر و مرحله پر شدن دانه به طور معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ تحت تاثیر تیمارهای مختلف نیتروژن قرار

سرعت جذب خالص (NAR)

اثر تیمارهای تلفیقی نیتروژن بر سرعت جذب خالص در مرحله ظهور گل آذین نر در سطح ۵٪ و مرحله پر شدن دانه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). در تیمارهای تلفیقی با افزایش میزان نیتروژن از منبع اوره، سرعت جذب خالص افزایش یافت به طوری که در مرحله ظهور گل آذین نر و مرحله پر شدن دانه بالاترین میزان سرعت جذب خالص در هر دو مرحله به تیمارهای نیتروکسین + ۷۵٪ نیتروژن از منبع اوره (T₅) به ترتیب با ۷/۲ و ۶/۷ گرم در متر مربع در روز تعلق داشت. در تیمارهای مصرف کودهای زیستی و عدم تلفیق با کود اوره سرعت جذب خالص کاهش یافت و کمترین میزان سرعت جذب خالص مرحله ظهور گل آذین نر و مرحله پر شدن دانه به تیمار ۱۰۰٪ نیتروژن از منبع ازتوباکتر (T₆) به ترتیب با ۶/۴ و ۵/۳ گرم در متر مربع در روز مربوط بود (شکل ۱-D). از آنجا که مرحله رشد زایشی مصادف با سرعت بالای فتوسنتز و رشد گیاه است، لذا عدم کمبود مواد غذایی در این مرحله باعث بهبود فتوسنتز و در نتیجه افزایش سرعت جذب خالص می‌شود.

بنابر اظهار (Nemat & Seyed Sharifi (2014) میزان فتوسنتز خالص با گذشت زمان ثابت نمی‌ماند و با افزایش سن گیاه، روندی نزولی را در رشد و تکامل گیاه نشان می‌دهد و این افت در محیط نامناسب همراه با کمبود آب و عناصر غذایی تسریع می‌شود. نتایج آزمایش Lawrence *et al* (2008) نیز مبین کاهش سرعت جذب خالص در شرایط وجود محدودیت در گیاه ذرت می‌باشد. ظاهراً میزان آسیمیلایون خالص تحت تاثیر عوامل بسیار زیادی قرار دارد که عملاً اندازه‌گیری آن‌ها پیچیده بوده و در بسیاری موارد به سادگی قابل تشخیص نیست به همین دلیل نتایج بسیاری از محققین در مورد میزان آسیمیلایون خالص با یکدیگر متفاوت است. به عنوان مثال Sturz & Christe (2003) نتیجه گرفتند که با افزایش شاخص سطح برگ میزان آسیمیلایون خالص کاهش یافت، اما (Sharma (2012) طی تحقیقات خود عنوان کرد، تغییرات آسیمیلایون خالص همبستگی مثبت بالایی با شاخص سطح برگ دارد. در مجموع در این آزمایش به نظر می‌رسد که میزان آسیمیلایون

خالص از جمله پارامترهایی است که در مقایسه با سرعت رشد گیاه و شاخص سطح برگ از ثبات بیشتری برخوردار است.

سرعت رشد نسبی (RGR)

سرعت رشد نسبی در مراحل مختلف رشد به طور معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ تحت تاثیر تیمارهای تلفیقی نیتروژن قرار گرفت (جدول ۲). اثر تیمارهای مختلف تلفیقی نیتروژن بر تغییرات سرعت رشد نسبی در دو مرحله قبل از ظهور گل آذین نر و پر شدن دانه در (شکل ۱-E) نشان داده شده است. در هر دو مرحله رشدی بیشترین مقادیر سرعت رشد نسبی به تیمار نیتروکسین + ۷۵٪ نیتروژن از منبع اوره (T₅) به ترتیب با ۰/۰۴ و ۰/۰۲۹ گرم در متر مربع و کمترین میزان به تیمار تأمین نیتروژن فقط از منبع ازتوباکتر (T₆) به ترتیب با ۰/۰۲۶ و ۰/۰۱۵ گرم در گرم درروز مربوط بود. مقدار RGR تابع سطح کل فتوسنتز کننده گیاه است و به همین دلیل با افزایش سن گیاه و افزایش مقدار تنفس در اواخر مرحله رشد کاهش می‌یابد. در شرایط مناسب و عدم کمبود مواد غذایی به دلیل دسترسی بهتر

به آب و مواد غذایی و افزایش فتوسنتز تولید اندام‌های رویشی و زایشی تسریع می‌یابد که به دنبال آن افزایش سرعت رشد نسبی گیاه در شرایط مناسب حاصل می‌گردد (Lawrence et al., 2008). شریفی و همکاران (۱۳۹۰) بیان داشتند نیتروکسین و ازتو باکتر که حاوی باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌باشد با گسترش سطح و عمق ریشه، توانایی در تثبیت نیتروژن و تولید هورمون‌های تنظیم کننده رشد به طور مؤثری سبب افزایش سرعت رشد بویژه در تیمارهای تلفیقی در ذرت می‌گردد. به نظر می‌رسد که افزایش جذب نیتروژن از طریق کودهای زیستی نیتروکسین و ازتو باکتر در شرایط مصرف ۷۵٪ نیتروژن از منبع اوره نسبت به سایر تیمارهای مورد تحقیق بیشتر بوده است. در همین رابطه حمزه‌یی و سرمدی (۱۳۸۹) اظهار داشتند که کودهای زیستی در ترکیب با نیتروژن از طریق بهبود کارایی جذب نیتروژن شرایط افزایش محصول در ذرت را فراهم می‌آورند که این نتایج با یافته‌های حاصل از این تحقیق مطابقت داشت.

ارتفاع بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای مختلف نیتروژن تلفیقی بر ارتفاع بوته در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در تیمارهای تلفیقی نسبت به تیمارهای جداگانه، ارتفاع بوته افزایش یافت. بیشترین ارتفاع بوته با میانگین ۱۶۴ سانتی متر به تیمار نیتروکسین + ۷۵٪ نیتروژن از منبع اوره (T₅) و ازتوباکتر + ۷۵٪ نیتروژن از منبع اوره (T₉) تعلق داشت و پس از آن ۱۰۰٪ نیتروژن از منبع اوره (T₁) بیشترین ارتفاع بوته را نشان داد. کمترین ارتفاع بوته با میانگین ۱۴۴ سانتی متر در تیمار ۱۰۰٪ نیتروژن از منبع ازتوباکتر (T₆) حاصل گردید (شکل ۱-F). کودهای زیستی، ریز موجودات باکتریایی و قارچی هستند که علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفر خاک (به ویژه در مناطقی که کلسیم خاک بالا باشد)، با تولید مقادیر قابل ملاحظه هورمون‌های محرک رشد (انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکنین)، بر رشد و نمو و عملکرد گیاهان زراعی و همچنین ویژگی‌های

رشدی از قبیل ارتفاع بوته تاثیر می‌گذارند (Zahir et al., 2004). کودهای زیستی امروزه به عنوان مکمل کودهای شیمیایی، پایداری تولید را در نظام‌های کشاورزی تضمین کنند (Vessey, 2003).

طول بلال

طول بلال در سطح احتمال ۱٪ تحت تاثیر تیمارهای مختلف نیتروژن قرار گرفت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در تیمارهای کود زیستی به تنهایی نسبت به تیمارهای تلفیقی طول بلال کاهش یافت. بیشترین طول بلال با ۲۱ سانتی متر از تیمار نیتروکسین + ۷۵٪ نیتروژن از منبع اوره (T₅) حاصل گردید. در تیمارهای ۱۰۰٪ نیتروژن از منبع ازتوباکتر (T₆) کمترین طول بلال با میانگین ۱۶/۵ سانتی متر حاصل شد اما اختلاف معنی‌داری با تیمار ۱۰۰٪ نیتروژن از منبع نیتروکسین (T₂) نشان نداد (شکل ۱-G). (Dhillon 1980) به افزایش اندازه اندام‌های زایشی و افزایش تعداد دانه در حضور کودهای زیستی تلفیق با کود نیتروژن اشاره کردند.

دریافتند در تیمارهای ترکیبی همزمان با افزایش رشد اندام های رویشی و زایشی، اجزای عملکرد از قبیل طول و قطر بلال نیز به طور معنی داری نسبت به کاربرد انفرادی کود نیتروژن و کود زیستی افزایش یافت که ممکن است این امر به دلیل افزایش دسترسی گیاه ریشه به عناصر غذایی و سنتز هورمون های درگیر در رشد و تقسیم سلولی باشد.

طول کچلی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن از منبع اوره در ترکیب با کودهای زیستی بر طول کچلی در سطح ۵٪ معنی دار بود (جدول ۲). همزمان با تأمین نیتروژن و افزایش دسترسی گیاه به آن طول کچلی کاهش یافت. بیشترین طول کچلی در تیمار ۱۰۰٪ نیتروژن از منبع ازتوباکتر (T₆) با ۴۴/۲ میلی متر مشاهده شد که با تیمارهای T₂ و T₇ اختلاف آماری نداشت. کمترین طول کچلی نیز با میانگین ۳۰ میلی متر به تیمار نیتروکسین + ۷۵٪ نیتروژن از منبع اوره (T₅) مربوط بود (شکل ۱-۱). در شرایط کمبود دسترسی گیاه به

Gholami (2009) همچنین در تحقیق خود افزایش طول و قطر بلال ذرت تحت تاثیر کودهای زیستی را گزارش نمود.

قطر بلال

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، قطر بلال به طور معنی داری در سطح احتمال ۱٪ تحت تاثیر تیمارهای تلفیقی نیتروژن قرار گرفت (جدول ۲). در بین تیمارهای مختلف، بالاترین قطر بلال با میانگین ۴۷ میلی متر به تیمار نیتروکسین + ۷۵٪ نیتروژن از منبع اوره (T₅) و ازتوباکتر + ۷۵٪ نیتروژن از منبع اوره (T₉) مربوط بود. کمترین قطر بلال با میانگین ۳۴ میلی متر به تیمار ۱۰۰٪ نیتروژن از منبع ازتوباکتر (T₆) تعلق داشت و اختلاف معنی داری بین دو تیمار کود زیستی نیتروکسین و ازتوباکتر از لحاظ قطر بلال مشاهده نشد (شکل ۱-۱). افزایش قطر بلال در تیمارهای تلفیقی نیتروژن ممکن است، ناشی از افزایش تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف و همچنین اندازه دانه باشد که به دنبال آن قطر بلال نیز افزایش یافت. در آزمایشی به منظور بررسی تاثیر تیمارهای تلفیقی نیتروژن بر ذرت (Yazdani (2009)

طول کچلی را کاهش می‌دهد. آن‌ها علت این امر را به افزایش جذب عناصر غذایی از طریق زیستی نسبت دادند.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این آزمایش نشان داد که در بین تیمارهای مورد مطالعه بهترین حالت برای شاخص‌های فیزیولوژیکی و صفات مورفولوژیکی مورد مطالعه مربوط به تیمار نیتروکسین + ۷۵٪ نیتروژن از منبع اوره، ازتوباکتر + ۷۵٪ نیتروژن از منبع اوره و همچنین تأمین ۱۰۰٪ نیتروژن فقط از طریق اوره می‌باشد. از آنجایی که شاخص‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی در تیمارهای فوق در اغلب موارد اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری نداشتند. لذا می‌توان کودهای زیستی را به عنوان یک راهکار کاهش مصرف کودهای نیتروژنه توصیه نمود. این امر کمک قابل توجهی به سالم‌سازی محیط زیست می‌کند و راهبرد مهمی در جهت حرکت به سمت کشاورزی پایدار می‌باشد.

نیتروژن و وجود محدودیت در جذب این عنصر، توانایی تخمدان‌ها برای تأمین آسمیلات مورد نیاز جهت ادامه رشد کاهش می‌یابد. همچنین تحت این شرایط ممکن است، جریان آسمیلات بطور غیرمستقیم از طریق بازدارندگی توسعه سلولی و تقسیم آن کاهش یابد (Jacobs & Pearson, 1991). Hamidi & Dabbagh Mohammadi (2010) Nasab گزارش دادند که اثر فراهمی عناصر غذایی به ویژه نیتروژن در دوره بحرانی تشکیل دانه از طریق افزایش سرعت رشد گیاه و بهبود لقاح و افزایش باروری بر تعداد دانه و طول کچلی موثر است و این وضعیت موجب ایجاد همبستگی قوی میان تعداد دانه در بلال و طول کچلی با شاخص سطح برگ در مرحله ابریشم دهی می‌شود.

(Biari (2008) نیز اظهار داشتند که تلقیح بذر ذرت با باکتری‌های محرک رشد همزمان با مصرف نیتروژن به طور معنی‌داری وزن بلال، طول بلال و تعداد دانه در ردیف را افزایش و

- Biari, A., A.Gholami, and H. A. Rahmani.** 2008. Growth Promotion and enhanced nutrient uptake of maize (*Zea mays* L.) by application of plant growth promoting rhizobacteria in arid region of Iran. *J. Biol. Sci.* 8: 1015-1020.
- Blak, C.A.** 2011. Soil Fertility Evaluation and Control. Lewis Publisher, London 415 pp.
- Burris, R.H.** 2000. Retrospective on biological nitrogen fixation, International Rice Research Institute (IRRI).
- Campillo, R., C. Jobet, and P. Undurraga.** 2010. Effects of nitrogen on productivity, grain quality, and optimal nitrogen rates in winter wheat cv. Kumpa-inia in andisols of southern Chile. *Chilean J. Agri. Res.* 70(1):122-131.
- De Pascal, S., R. Tamburrino, A. Maggio, G. Barbieri, V. Fogliano, and R. Pernice.** 2006. Effect of nitrogen fertilization on the nutritional value of organically and conventionally grown tomatoes. *Proceedings of the International Symposium towards Ecologically*

منابع

- اسدی کوپال، ص.، و س. عیسی زاده لزرگان. ۱۳۸۸. تأثیر کود بیولوژیک نیتروکسین و بافت خاک بر رشد و عملکرد گیاه برنج. اولین همایش منطقه‌ای مدیریت منابع آب و خاک و نقش آن در کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس.
- اشکانوند، م.، م. رشدی، ف. جلیلی، و آ. حسین پور. ۱۳۹۲. اثر تنش خشکی و مصرف کودهای زیستی نیتروژن دار و مراحل مختلف زیستی تکاملی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای هیبرید سینکل کراس ۷۰۴. مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۶ (۴): (۲۴).
- حمزه‌یی، ج.، و ح. سرمدی. ۱۳۸۹. تأثیر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد، اجزای عملکرد، کارایی زراعی و جذب نیتروژن در ذرت. فن آوری تولیدات گیاهی. جلد دهم. شماره دوم.
- کوچکی، ع. و غ. سرمدنیا. ۱۳۹۱. فیزیولوژی گیاهان زراعی، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۰۰ ص.

- Lawrence J.R., Q.M. Ketterings, J.H. Cherney.** 2008. Effect of nitrogen application on yield and growth of corn. *Agro. J.* 100(1) : 73-79.
- Mirza, M.S., G. Rasul, J.K. MehnazLadha, S. Ali, and K.A. Malik.** 2000. Beneficial effects of inoculated nitrogen-fixing bacteria on rice. In: Ladha, J.K., Reddy, P.M. (eds) *The quest for nitrogen fixation in rice.* International Rice Research Institute. P: 191–204.
- Nemat, A.R., R . Seyed Sharifi.** 2014. Effects of rates and nitrogen application timing on yield, agronomic characteristics and nitrogen use efficiency in corn. *Inte. Journal Agri. Crop Sci. IJACS/2012/4-9/534-539.*
- Rajendran, K. and P. Devarj.** 2015. Biomass and nutrient distribution and their return of *Casuarina equisetifolia* inoculated with bio fertilizers in farm land. *Biomass and Bioenergy.* 26(3): 235-249.
- Shaharoon, B., M. Arshad, A.Z. Zahir, and A. Khalid.** 2012. Performance of *Pseudomonas* spp. containing ACC-deaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in the presence of Sound Fertilization Strategies for Field Vegetable Production. 700: 107–110.
- Dhillon, G., G.S. Kler, A.S. Walia, and V.P.S. Chahal.** 1980. Effect of *Azotobacter chroococcum* and seed size on growth and yield of maize. *Indian Agron. J.* 25: 244-249.
- Gholami, A., S. Shahsavani, and S. Nezarat.** 2009. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. *World Academy of Science, Engineering and Technology.* 49: 19.
- Hamidi, A., and A. Dabbagh Mohammadi Nasab.** 2010. Effects of plant density on crop nitrogen use efficiency in corn hybrid. *Agri. Sci.* 10: 57-43.
- Khavari, S.** 2010. The need for industrial production of bio-fertilizers in the country. *Sinai Publishing,* 420 pp.
- Jacobs, B.C. and C. J. Pearson.** 1991. Potential yield of maize determined by rates of growth and development of ears. *Field Crops Res.* 27: 281-298.

- Vessey, J.K.** 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil* 255: 571-586.
- Yazdani, M., M.A. Bahmanyar, H. Pirdashti, and M.A. Esmaili.** 2009. Effect of phosphate solubilization microorganisms and plant growth promoting rhizobacteria on yield and yield components of corn. *Inter. J. Biol. Life Sci.* 1:2.
- Zahir, A.Z., M. Arshad, and W.F. Frankenberger.** 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: Application and perspectives in agriculture. *Adv. Agron.* 81: 97-168.
- nitrogenous fertilizer. *Soil Biol. Bioc.* 38(9): 2971-2975.
- Sharma, A.K.** 2003. Biofertilizer for sustainable agriculture agro bios. India. 534 pp.
- Sturz, A.V. and B.R. Christe.** 2003. Beneficial microbial allelopathies in the root zone: The management of Soil quality and plant disease with rhizobacteria. *Soil Tillage. Res.* 72 (2): 107-123.
- Tilake, K.V.B.R., N. Ranganayaki, K.K. Pal, A. Saxena.** 2005. Diversity of plant growth and soil health supporting bacteria. *Current Science.* 89(1): 136-150.

The effect of combined application of chemical and biological nitrogen fertilizers on growth indices and morphological characteristics of maize

B. Hatampor¹, S.K. Marashi^{2*}

1- Department of Agronomy, Khuzestan Science and Research Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

2- Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

Abstract

Due to study the effect of combined application of chemical and biological nitrogen fertilizers on growth indices and morphological characteristics of maize, an experiment was done as a randomized complete blocks design with three replications at Shahid Salemi field - Ahvaz. Nitrogen treatments including: T₁: urea fertilizer, T₂: nitroxin fertilizer application, T₃: nitroxin + 25% nitrogen from urea source, T₄: nitroxin + 50% nitrogen from urea source, T₅: nitroxin + 75% nitrogen from urea source, T₆: only use azotobacter, T₇: azotobacter + 25% nitrogen from urea source, T₈: azotobacter + 50% nitrogen from urea source, T₉: azotobacter + 75% nitrogen from urea source. The results showed that a combination of biological and chemical nitrogen fertilizer on physiological indices and morphological traits were statistically significant. The maximum total dry matter, LAI, RGR, CGR, NAR, plant height, ear height, ear diameter and bald height were obtained from nitroxin + 75% nitrogen from urea source, azotobacter + 75% nitrogen from urea source and only usage of urea. The lowest growth indices and morphological traits observed for 100% nitrogen from source of nitroxin and 100% nitrogen from source of azotobacter. In general, by combination of biological and chemical nitrogen fertilizers, while reduce the chemical fertilizer consumption, it have a positive effect on physiological indices and morphological characteristics which contribute to the healthy environment and it is an important strategy towards sustainable agriculture.

Keywords: Azotobacter, Maize, Morphological traits, Net Assimilation Rate (NAR), Nitroxin

* Corresponding author (Marashi@iauahvaz.ac.ir)