

## اثر کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد دانه و ویژگی های برگ ذرت در شرایط آبیاری متفاوت

### Effects of Biofertilizer and Chemical Fertilizer on Maize Yield and leaf Characters in Different Irrigation Conditions

صفر نصراله زاده<sup>۱</sup>، علی شیرخانی<sup>۲\*</sup>، سعید زهتاب سلماسی<sup>۳</sup>، رجب چوکان<sup>۴</sup>

۱. دانشیار آموزشی گروه اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه تبریز
۲. مربی پژوهشی، بخش تحقیقات گیاهان زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی و دانشجوی دوره دکتری دانشگاه تبریز (نگارنده مسئول)
۳. استاد آموزشی گروه اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه تبریز
۴. استاد پژوهشی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۲۵

#### چکیده

نصراله زاده، ص. شیرخانی، ع. زهتاب سلماسی، س. چوکان، ر. اثر کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد دانه و ویژگی های برگ ذرت در شرایط آبیاری متفاوت

نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۲۹ - شماره ۴ - پایاند ۱۱۳ زمستان ۹۵: ۷۲-۸۶

این تحقیق باهدف مطالعه اثر ازتوباکتر و ورمی کمپوست به عنوان کودهای زیستی و همچنین کودهای شیمیایی (NPK) بر عملکرد دانه و ویژگی های برگ ذرت به مدت دو سال (۱۳۹۲ و ۱۳۹۳) در ایستگاه تحقیقاتی اسلام آباد غرب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه انجام شد. این تحقیق به صورت آزمایش اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار بود. تیمار مصرف ازتوباکتر در بلوکهای اصلی در دو سطح (مصرف و عدم مصرف) و کودهای شیمیایی در سه سطح (صفر، ۵۰ درصد و ۱۰۰ درصد مقدار توصیه شده بر اساس آزمون خاک) و ورمی کمپوست در چهار سطح (صفر، ۲، ۴ و ۶ تن در هکتار) در کرت های فرعی قرار گرفتند. آزمایش در دو مکان آبیاری مطلوب و کم آبیاری انجام شد. نتایج نشان داد تیمارهای کودی در هر دو شرایط آبیاری عملکرد دانه، شاخص سطح برگ و شاخص سبزیگی ذرت را به شکل معنی داری افزایش داده و همچنین با استفاده از شش تن در هکتار ورمی کمپوست، می توان تا ۵۰ درصد مصرف کودهای شیمیایی را کاهش داد به نحوی که عملکرد دانه در تیمار مصرف توأم ۶ تن در هکتار ورمی کمپوست با ۵۰ درصد کود شیمیایی به ترتیب ۱۰/۵ و ۵/۲ تن در هکتار در شرایط آبیاری مطلوب و محدود بود، در حالی که عملکرد در تیمار مصرف ۱۰۰ کود شیمیایی به ترتیب ۱۰/۱ و ۴/۸ تن در هکتار بود.

واژه های کلیدی: ازتوباکتر، ذرت، کودهای شیمیایی، ورمی کمپوست و عملکرد

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: ali.shirkhani@gmail.com

## مقدمه

ذرت یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی ایران می‌باشد که از نظر وزارت کشاورزی با توجه به ضرورت و اهمیت آن در تغذیه دام و طیور، در گروه محصولات استراتژیک قرار می‌گیرد، اما یکی از واردات عمده مواد غذایی کشور نیز محسوب می‌شود. بر اساس آمار فائو در سال ۲۰۱۶ حدود ۵/۳ میلیون تن دانه ذرت وارد کشور شده است. ذرت به‌عنوان غذایی اصلی خوراک دام و استفاده در صنعت دارای اهمیت زیادی در سراسر جهان بوده و همچنین فراهم‌کننده امنیت غذایی به‌ویژه در کشورهای درحال توسعه می‌باشد. سطح زیر کشت، تولید و بهره‌برداری از ذرت در پنج دهه گذشته چندین برابر افزایش یافته و در آسیا سریع‌ترین رشد سالانه (حدود ۴ درصد) را در مقایسه با سایر غلات داشته است (Hearn, 2014). پیش‌ازاین در اکثر منابع و به‌طور سنتی ذرت پس از گندم و برنج در رتبه سوم از نظر تولید و اهمیت قرار می‌گرفت، اما بر اساس آمار سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد (FAO, 2013)، ذرت از نظر تولید و عملکرد در واحد سطح، در رتبه نخست و از نظر سطح زیر کشت پس از گندم در رتبه دوم قرار می‌گیرد. همچنین آمار جدیدتر نشان می‌دهد سطح زیر کشت جهانی ذرت در سال ۲۰۱۵ حدود ۱۷۷ میلیون هکتار و تولید دانه آن معادل ۹۷۰ میلیون تن بود (آمارنامه خدمات کشاورزی، وزارت کشاورزی آمریکا، ۲۰۱۶). با این وجود، تقاضای جهانی برای ذرت تا سال ۲۰۵۰ دو برابر خواهد شد و نیاز به سرمایه‌گذاری

1 - USDA, 2016

در تحقیق و افزایش تولید در واحد سطح به‌شدت ضروری می‌باشد (Hearn, 2014). سطح زیر کشت ذرت در ایران در سال ۲۰۱۴ بیش از ۲۶۸ هزار هکتار بوده و یک میلیون و ۹۳۰ هزار تن دانه تولید شده است؛ اما در همین سال ایران با واردات حدود پنج میلیون تن، پنجمین کشور واردکننده عمده ذرت در جهان بود (آمارنامه بخش خدمات کشاورزی، وزارت کشاورزی آمریکا، ۲۰۱۶).

عملکرد دانه در ذرت به‌شدت به مصرف کود وابسته و از نظر تغذیه‌ای یکی از گیاهان پرمصرف می‌باشد. اگرچه امروزه استفاده از کودهای شیمیایی به‌عنوان سریع‌ترین راه برای جبران کمبود عناصر غذایی خاک و عملکرد بالا، گسترش چشمگیری یافته است، اما در بسیاری موارد کاربرد این کودها باعث آلودگی‌های زیست‌محیطی و صدمات اکولوژیکی شده و هزینه تولید را افزایش می‌دهد (Salehi et al., 2014). بررسی‌های سازمان جهانی فائو در ۴۰ سال اخیر حاکی از آن است که ۳۳ الی ۶۰ درصد افزایش عملکرد محصولات کشاورزی به علت مصرف نهاده‌های شیمیایی است، به‌طوری‌که این سازمان از کود به‌عنوان کلید امنیت غذایی نام‌برده است (Hamdallah, 2000). از طرف دیگر مصرف بیش‌ازحد کودهای شیمیایی باعث تخریب ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شود (Kalhapure et al., 2013). کاربرد اصول و مفاهیم بوم‌شناسی از جمله مدیریت و استفاده از میکروارگانیسم‌های موجود در خاک و روابط بین آن‌ها، در طراحی و مدیریت نظام‌های تولید

در گیاهان می شود. اسیدهای هیومیک طبیعی می توانند یک جایگزین زیست محیطی برای افزایش تحمل گیاهان به تنش خشکی، به دلیل سنتز پروتئین در اندام های مختلف گیاهی و سنتز آنزیم و یا افزایش فعالیت آنزیم ها باشند (Muscolo et al, 2007).

ذرت پس از گندم دومین محصول عمده آبی استان کرمانشاه می باشد که در سال ۱۳۹۳ سطح زیر کشت آن بیش از ۴۰ هزار هکتار بود و در برخی سال ها، این مقدار به ۵۰ هزار هکتار نیز می رسد، اما به دلیل خشک سالی های چندساله اخیر سطح زیر کشت ذرت در استان کرمانشاه در سال ۱۳۹۴ به ۱۴ هزار هکتار کاهش یافت (Agricultural Organization of Kermanshah Province). بنا بر بررسی های انجام شده از سوی کارشناسان از جمله مشکلات اصلی زراعت ذرت استان می توان به سه معضل عمده شامل کم آبی، کاهش مواد آلی خاک به کمتر از یک درصد و مصرف بی رویه کودهای شیمیایی اشاره نمود. این تحقیق باهدف بررسی امکان کاهش مصرف کودهای شیمیایی و جایگزینی آن ها با کودهای زیستی، افزایش مواد آلی خاک و بررسی مدیریت مصرف کودهای آلی و شیمیایی در شرایط کم آبی انجام شد.

### مواد و روش ها

این طرح در سال های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ به مدت دو سال در ایستگاه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه انجام شد. این ایستگاه در طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۲۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۸ دقیقه شمالی واقع شده

غذا، قادر است ما را در تولید پایدارتر غذا یاری دهد. بسیاری از محققین معتقدند یکی از ارکان اساسی در کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی در اکوسیستم های زراعی باهدف حذف یا کاهش مصرف نهاده های شیمیایی است (Arrudaa et al., 2013). Kalhapure et al (۲۰۱۳) نیز اعلام کردند استفاده تلفیقی از کودهای آلی و شیمیایی بهترین گزینه در زراعت ذرت می باشد و بیشترین عملکرد ذرت در آزمایش آن ها در تیمار مصرف ۲۵ درصد کود شیمیایی توصیه شده به همراه استفاده از کمپوست، از تو باکتر و کود سبز مشاهده گردید. با افزایش مواد آلی خاک ویژگی های فیزیکی خاک نظیر ثبات ساختار، تخلخل کل، هدایت هیدرولیکی، تشکیل خاکدانه ها بهبود می یابد، به هر حال دسترسی گیاه به آب بستگی به نوع خاک، نوع کمپوست و میزان مصرف مواد آلی دارد (Nguyen et al., 2012). اهمیت مواد آلی در شرایط کم آبی به تأثیر آن در بهبود خصوصیات فیزیکی خاک، حفظ آب و افزایش قابلیت استفاده عناصر غذایی می باشد. این اثرات بایستی در نهایت به افزایش بیوماس و تولید محصول منجر شود. بر اساس برخی گزارش ها با افزایش یک درصد کربن آلی خاک، ظرفیت نگهداری آب در خاک به میزان قابل توجهی افزایش می یابد (Jones, 2006). استفاده از ورمی کمپوست می تواند اثرات مخرب تنش خشکی را در گیاهان زراعی کاهش دهد (Gholipoor et al., 2014). علاوه بر افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، ورمی کمپوست با تولید اسید هیومیک باعث افزایش مقاومت به تنش خشکی

اصلی به عنوان حاشیه کشت شد. همچنین جهت کنترل تیمارهای مربوط به کودهای شیمیایی، کرت‌های مصرف کود شیمیایی شامل دو ردیف کاشت اضافه (۷۵ سانتی‌متر در هر طرف کرت) بودند که در این ردیف‌ها تیمار کودی اعمال نشده و صرفاً به عنوان حاشیه در نظر گرفته شدند. رقم ذرت سینگل کراس KSC704 به دلیل اینکه رقم تجاری منطقه بوده و بیش از ۸۰ درصد سطح زیر کشت ذرت در استان کرمانشاه را به خود اختصاص می‌دهد، انتخاب گردید. پس از جوانه‌زنی و اطمینان از استقرار گیاه چه قبل از اعمال تیمار کود نیتروژن و ازتوباکتر، در مرحله سه برگی تنک کردن مزرعه با دست و استفاده از نیروی کارگری تا رسیدن به تراکم کاشت ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار اجرا شد. کودهای شیمیایی شامل سوپر فسفات تریپل برای تأمین فسفر، اوره برای تأمین نیتروژن و سولفات پتاسیم برای تأمین پتاسیم بود. همچنین در مورد ورمی کمپوست نیز از ۳۰ سایت تولید ورمی کمپوست در سطح استان کرمانشاه نمونه برداری شده و پس از آنالیز در آزمایشگاه، در نهایت یک سایت بر اساس بر خورداری از استانداردهای لازم و میانگین عناصر غذایی موجود در آن (ورمی کمپوست حاصل از کود حیوانی)، انتخاب شد. برای ازتوباکتر از کود ازتوبارور ویژه گیاهان زراعی که حاوی باکتری‌های گونه ازتوباکتر وینلندی سویه ۰۴ می‌باشد، به میزان ۱۰۰ گرم در هکتار و دو بار استفاده شد. تا قبل از مرحله ۵ برگی آبیاری مطلوب برای تمام کرت‌ها به صورت بارانی صورت گرفت تا گیاه مستقر شود و در مرحله پنج برگی سیستم هیدروفیکس

و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۴۶ متر می‌باشد و از لحاظ آب و هوایی در منطقه معتدل قرار دارد. متوسط بارندگی سالیانه آن ۴۱۶/۶ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۰/۵+، حداکثر مطلق درجه حرارت ۴۱+، حداقل مطلق درجه حرارت ۲۸/۸- درجه سانتی‌گراد و بافت خاک آن سیلتی-کلی می‌باشد.

این تحقیق در هر سال به صورت دو آزمایش در دو مکان به فاصله ۱۰ متر از یکدیگر اجرا گردید. مکان‌ها شامل آبیاری نرمال (مطلوب) و آبیاری بر اساس ۶۵ درصد نیاز آبی گیاه (آبیاری محدود یا کم‌آبیاری) بودند. هر آزمایش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمار مصرف ازتوباکتر در بلوک‌های اصلی در دو سطح (مصرف و عدم مصرف) و کودهای شیمیایی و ورمی کمپوست در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. تیمارهای کودی دیگر شامل کود شیمیایی N.P.K در سه سطح (بدون مصرف کود شیمیایی، ۵۰ درصد مقدار توصیه شده کود شیمیایی بر اساس آزمون خاک و مصرف ۱۰۰ درصد کودهای شیمیایی بر اساس مقدار توصیه بر اساس آزمون خاک) و کود آلی ورمی کمپوست در چهار سطح (صفر، ۲، ۴ و ۶ تن در هکتار) بودند. به این ترتیب هر سایت شامل ۲۴ تیمار و ۷۲ کرت و در کل آزمایش شامل ۴۸ تیمار و ۱۴۴ کرت بود. با توجه به اینکه کود ازتوباکتر در واقع نوعی باکتری می‌باشد و به راحتی می‌تواند با آب آبیاری حرکت کند، در کرت‌های اصلی قرار گرفت و چهار ردیف کاشت (۳ متر) بین کرت‌های

تخریبی در محدوده‌ای به اندازه‌ی ۲×۳ میلی‌متر از برگ با دقت  $\pm 1$  واحد SPAD، به وسیله دو منبع دیودی انتشار نور در طول موج‌های ۶۵۰ نانومتر (نور قرمز) و ۹۴۰ نانومتر (نور قرمز دور) با دو سنسور حساس به نور قرمز و حساس به تشعشعات مادون قرمز برآورد می‌نماید. اندازه‌گیری کلروفیل بعد از کالیبراسیون دستگاه و پاک کردن غبار از سطح برگ با قرار دادن دستگاه روی برگ از ناحیه وسط، در حدفاصل رگبرگ اصلی و حاشیه برگ صورت گرفت. همچنین برای اندازه‌گیری شاخص سبزی‌نگی گیاه یا شاخص نرمال شده پوشش گیاهی<sup>۵</sup>، از حسگر قابل حمل مزرعه‌ای بانام گرین سیکر<sup>۶</sup> استفاده شده و بر اساس دستورالعمل شرکت سازنده دستگاه و همچنین دستورالعمل‌های سیمیت (Pask et al., 2015) در مرحله ۱۰ برگی و بین ساعت ۱۱ تا ۱۴ و با قرار گرفتن دستگاه در ارتفاع ۶۰ سانتیمتری بالای کانوپی هر کرت اندازه‌گیری‌ها انجام شد. شاخص پوشش گیاهی نرمال شده جهت اندازه‌گیری و بررسی میزان سبزی پوشش گیاهی و اندازه سطح فتوسنتزی کانوپی به کار می‌رود. شاخص پوشش گیاهی نرمال شده به‌طور گسترده‌ای جهت اندازه‌گیری و بررسی میزان سبزی پوشش گیاهی<sup>۷</sup> و اندازه سطح فتوسنتزی کانوپی<sup>۸</sup> نیز استفاده می‌شود (Pask et al., 2012).

پس از دو سال آزمایش نتایج جمع‌آوری شده و قبل از تجزیه مرکب، آزمون همگنی واریانس

5- NDVI

6 - Trimble® GreenSeeker handheld crop sensor

7 - Vegetation greenness

8 - Canopy photosynthetic size

و کنتورهای آب نصب گردید و آبیاری بر اساس نیاز آبی هر تیمار اعمال گردید و از این مرحله به بعد محاسبات و اندازه‌گیری‌ها انجام شد. نیاز آبی گیاه بر اساس معادله پنمن - منتیث - فائو<sup>۲</sup> و دستورالعمل شماره ۵۶ فائو در دوره‌های ۱۰ روزه، با توجه به آمار هواشناسی منطقه محاسبه گردید (Zotarelli et al., 2015 ; Atta, 2015). در شرایط کشاورزان و در صورتی که راندمان آبیاری ۵۰ درصد باشد (آبیاری جوی و پشته) میزان آب مصرفی برای تولید یک هکتار ذرت هیبرید Ksc704 در شرایط اقلیم معتدل استان کرمانشاه حدود ۱۴۰۰۰ مترمکعب برآورد گردیده است. اما میزان آب بستگی به روش آبیاری دارد، به‌عنوان مثال در آبیاری بارانی به دلیل راندمان بالا این میزان کمتر می‌شود و به حدود ۱۰ هزار مترمکعب می‌رسد. در این آزمایش به دلیل استفاده از سیستم لوله‌های هیدروفیکس راندمان آبیاری حدود ۹۰ درصد بود. میزان نیاز آبی خالص محاسبه شده در طول دوره رشد ذرت برای شرایط آبیاری نرمال ۷۵۲۰ مترمکعب و برای شرایط آبیاری بر اساس ۶۵ درصد نیاز آبی گیاه ۴۸۸۸ مترمکعب بود.

در مرحله گل‌دهی که سطح برگ کامل شده است، با استفاده از دستگاه سان اسکن<sup>۳</sup> شاخص سطح برگ اندازه‌گیری شد (Wilhelm et al., 2000). اندازه‌گیری محتوی کلروفیل برگ نیز توسط دستگاه کلروفیل متر<sup>۴</sup> صورت گرفت. این دستگاه کلروفیل را به روش غیر

2- FAO Penman-Monteith equation

3 - Delta-T UK مدل SunScan canopy analysis

ساخت انگلستان

۴ - مدل SPAD-502 ساخت شرکت مینولتا- ژاپن

شیمیایی و شش تن در هکتار ورمی کمپوست به دست آمد و کمترین میزان آن (۲/۷ تن در هکتار) مربوط به تیمار آبیاری محدود و عدم مصرف کودهای شیمیایی و زیستی بود. علاوه بر این نتایج نشان می دهد که مصرف توأم شش تن در هکتار ورمی کمپوست و ۵۰ درصد کودهای شیمیایی NPK بر اساس نیاز کودی گیاه، از تیمار مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و عدم استفاده از کودهای زیستی در هر دو رژیم آبیاری، بیشتر بود. عملکرد دانه در تیمار مصرف ۵۰ درصد کود شیمیایی و شش تن در هکتار ورمی کمپوست به ترتیب ۵/۲ و ۱۰/۳ تن در هکتار در تیمارهای آبیاری محدود و مطلوب بود، درحالی که در تیمارهای مصرف ۱۰۰ درصد کودهای شیمیایی و عدم مصرف کودهای زیستی این میزان به ترتیب ۴/۷ و ۱۰/۲ بود (جدول شماره ۲).

به عبارت دیگر با استفاده از شش تن در هکتار ورمی کمپوست، می توان مصرف کودهای شیمیایی را ۵۰ درصد کاهش داد، اما مصرف ورمی کمپوست به تنهایی، نتوانست تمام نیاز گیاه را نسبت به مصرف کودهای شیمیایی تأمین نماید و عملکرد دانه در این تیمار به ترتیب ۴/۱ و ۶/۹ تن در هکتار در شرایط آبی محدود و مطلوب بود که احتمالاً دلیل آن نیاز زیاد گیاه ذرت به کود نیتروژن می باشد (جدول شماره ۲)، اما با توجه به تأثیرات سوء کودهای شیمیایی بر محیط زیست و سلامت موجودات زنده، کاهش ۵۰ درصد کودهای شیمیایی می تواند بسیار حائز اهمیت باشد. بر اساس نتایج حتی در تیمار مصرف ۱۰۰ درصد کودهای شیمیایی در

(سال) بر اساس آزمون لُون<sup>۹</sup> انجام گرفت. شایان ذکر است که در صورتی که در آزمون لُون، بین سال ها اختلاف معنی داری وجود داشته باشد، مبین نامتجانس بودن سال بوده، بنابراین تجزیه واریانس صفات باید به صورت جداگانه در سال های مختلف انجام گیرد. در صورت متجانس بودن سال (همگنی سال ها و عدم معنی داری در آزمون لُون)، تجزیه مرکب انجام می گیرد، به عبارت دیگر بین سال ها یکنواختی و هموزنی وجود داشته و کیفیت تجزیه مرکب تأیید می گردد. از آنجای که در مورد این صفات آزمون لُون معنی دار نشد پس یک تجزیه مرکب دوساله بر اساس مدل اسپلیت فاکتوریل پلات انجام شد. محاسبات آماری شامل تجزیه واریانس، مقایسات میانگین به روش حداقل اختلافات معنی دار (LSD) توسط نرم افزارهای آماری SAS و رسم نمودارها توسط نرم افزار EXCEL انجام گردید.

## نتایج و بحث

### ۱- عملکرد دانه

نتایج تجزیه مرکب داده ها نشان داد که سطوح آبیاری، کودهای شیمیایی و ورمی کمپوست اثر بسیار معنی داری بر عملکرد دانه داشتند اما عملکرد دانه ذرت تحت تأثیر تیمار ازتوباکتر قرار نگرفت (جدول شماره ۱). در هر دو سطح آبیاری مطلوب و محدود با افزایش میزان کود شیمیایی و زیستی، عملکرد دانه به شکل معنی داری بیشتر شد. بیشترین میزان عملکرد دانه (۱۰/۷ تن در هکتار) در تیمار آبیاری مطلوب و مصرف توأم ۱۰۰ درصد کود

9- Levene statistic

جدول ۱- تجزیه واریانس شاخص سطح برگ، شاخص سبزیگی گیاه، کلروفیل برگ و عملکرد

Table 1. Analysis of variance for LAI, NDVI, SPAD and Grain Yield

منبع تغییرات SV	DF	LAI	شاخص سبزیگی NDVI	عملکرد دانه Grain Yield	کلروفیل برگ SPAD
Y	1	0.015 ns	0.019 ns	2.24ns	15.6 ns
W	1	167.2 **	0.434**	1010.2 **	1071**
W × Y	1	0.13 ns	0.001ns	0.6ns	0.02 ns
<b>Rep(W × Y) E</b>	8	0.016	0.0004	0.44	4.5
AZ	1	0.25 ns	0.003ns	0.17ns	12.3ns
Y × AZ	1	0.01 ns	0.001ns	0.01ns	0.02ns
W×AZ	1	0.28 ns	0.0001ns	0.027ns	3.4ns
Y×W × AZ	1	0.033 ns	0.0004ns	0.001ns	0.45ns
<b>Rep× AZ(Y×W) E</b>	8	0.06	0.0001	0.117	5.1
<b>NPK</b>	<b>2</b>	<b>19.42**</b>	<b>0.095 **</b>	<b>267.3**</b>	<b>4572.2**</b>
NPK×AZ	2	0.008 ns	0.007 ns	0.008 ns	6.3 ns
NPK × W	2	0.588**	0.088 **	54.51 **	143.2**
NPK× Y	2	0.04 ns	0.001ns	0.04ns	0.333 ns
NPK×Y×W	2	0.086 ns	0.0004ns	0.022 ns	1ns
W×AZ× NPK	2	0.019 ns	0.0001 ns	0.008 ns	0.06 ns
Y× NPK×AZ	2	0.016 ns	0.0002 ns	0.016 ns	0.313 ns
Y× NPK×AZ×W	2	0.024 ns	0.0244ns	0.001 ns	0.058 ns
<b>VC</b>	<b>3</b>	<b>1.96**</b>	<b>0.01**</b>	<b>30.94**</b>	<b>254.5**</b>
Y×VC	3	0.02 ns	0.0002 ns	0.02 ns	0.14 ns
W×VC	3	0.36 **	0.0001 ns	3.32 **	2.8 **
Y ×W×VC	3	0.01 ns	0.0001 ns	0.002ns	0.12ns
AZ×VC	3	0.008 ns	0.0001 ns	0.01ns	0.63ns
Y ×AZ×VC	3	0.002 ns	0.0002 ns	0.004ns	0.25ns
W ×AZ×VC	3	0.08 ns	0.0001 ns	0.018 ns	0.44 ns
Y ×W ×AZ×VC	3	0.003 ns	0.0003ns	0.002ns	0.32ns
NPK× VC	6	0.32 **	0.04 **	3.14 **	68.5 **
Y× NPK× VC	6	0.006 ns	0.0003 ns	0.01 ns	0.41 ns
W× NPK× VC	6	0.36 **	0.05 *	1.32**	4.9ns
Y ×W× NPK× VC	6	0.001 ns	0.0001ns	0.008 ns	0.16 ns
AZ× NPK× VC	6	0.005 ns	0.0003ns	0.005 ns	2.4ns
Y× AZ× VC	6	0.002 ns	0.002 ns	0.002 ns	0.32 ns
W× AZ× NPK× VC	6	0.025 ns	0.025ns	0.025 ns	0.85 ns
Y ×W×AZ× NPK×VC	6	0.003 ns	0.0005 ns	0.003 ns	0.1ns
<b>Error</b>	176	0.053	0.001	0.308	6.11
CV		8.1	1.82	8.8	6.5

\*\* معنی دار از نظر آماری در سطح ۱درصد- \* معنی دار در سطح ۵ درصد = ns از نظر آماری معنی ندارد

W: آبیاری AZ: ازتوباکتر NPK: کود شیمیایی VC: ورمی کمپوست Y: سال Rep: تکرار

ns: Non significant, \* and \*\*: Significant at 5% and 1% probability levels Respectively.

Rep: replication, Az: Azotobacter, NPK: Chemical Fertilizer, VC: Vermicompost, Y: Yield, W: Irrigation

زیادی مواد هیومیکی می باشد که این مواد از طریق بهبود زیست فراهمی عناصر غذایی خاص، به ویژه آهن و روی و اثر مستقیم بر متابولیسم گیاهی باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه می گردند (Tartoura, 2010). همچنین محققین یکی دیگر از دلایل افزایش عملکرد با کاربرد ورمی کمپوست را بیشتر شدن ظرفیت نگهداری آب در خاک به دلیل بیشتر شدن درصد کربن آلی خاک می دانند.

## ۲- شاخص سطح برگ

نتایج حاصل از تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر متقابل سطوح آبیاری، ورمی کمپوست و کودهای شیمیایی بر شاخص سطح برگ معنی دار بود، اما از تو با کتر تأثیری بر این صفت نداشت (جدول شماره ۱). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین سطح برگ ذرت در تیمار آبیاری مطلوب و مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی بر اساس آزمون خاک حاصل گردید و در این تیمار سطوح ورمی کمپوست تأثیر چندانی بر شاخص سطح برگ نداشت. همچنین سطح برگ در تیمار استفاده همزمان از شش تن در هکتار ورمی کمپوست و ۵۰ درصد کود شیمیایی در رتبه دوم قرار گرفت که با تیمار مصرف ۵۰ درصد کود شیمیایی و چهار تن در هکتار ورمی کمپوست تفاوت معنی داری نداشت (جدول شماره ۲).

از سوی دیگر بررسی جدول مقایسه میانگین نشان می دهد سطوح ورمی کمپوست در رژیم آبیاری مطلوب تأثیر بیشتری بر افزایش شاخص سطح برگ داشته و در شرایط آبیاری محدود استفاده از ورمی کمپوست در سطوح مختلف

هر دو سطح آبیاری محدود و مطلوب، استفاده از ورمی کمپوست عملکرد دانه را بیشتر نمود که علت آن احتمالاً تأمین سایر عناصر غذایی به ویژه عناصر کم مصرف و همچنین بهبود وضعیت خاک توسط ورمی کمپوست می باشد.

بر اساس نتایج این تحقیق میانگین عملکرد دانه ذرت در شرایطی که ۱۰۰ درصد نیاز آبی خود را دریافت کرد (مصرف ۷۵۲۰ متر مکعب آب) ۸/۱ تن بود، اما با کاهش آب به میزان ۶۵ درصد نیاز آبی (مصرف ۴۸۸۸ متر مکعب آب)، عملکرد نیز به ۴/۴ تن در هکتار کاهش یافت، در واقع با کاهش آب مصرفی به میزان ۳۵ درصد، عملکرد دانه ۵۴ درصد کاهش داشت. بررسی داده‌های چندساله و گردآوری شده از سرتاسر مناطق ذرت کاری جهان، نشان داده است که ذرت یکی از حساس ترین گیاهان به کم آبی می باشد و عملکرد آن در اثر کم آبیاری یا تنش خشکی به شدت کاهش می یابد. نتایج این مطالعات نشان می دهد که برای دستیابی به عملکرد قابل ملاحظه ذرت، مقدار زیادی آب لازم است و عملکرد محصول رابطه نزدیکی با قابلیت دسترسی به آب دارد (Daryanto et al., 2016). مشابه با نتایج این تحقیق، بررسی سایر محققین نیز نشان داده است که با مصرف ورمی کمپوست به میزان پنج تن در هکتار عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت بیشتر شد، این افزایش عملکرد احتمالاً به دلیل وجود مقادیر بالاتر نیتروژن در دسترس می باشد که برای تولید پروتئین های ساختاری ضروری هستند (Yadav et al., 2016). علاوه بر عناصر غذایی و مواد آلی، کمپوست و ورمی کمپوست دارای مقادیر



سطح برگ در تیمار آبیاری کامل و در حالی که ۷۵۲۰ متر مکعب آب مصرف شد ۳/۷۲ بود، در حالی که میانگین این صفت در تیمار ۶۵ درصد نیاز آبی گیاه با مصرف ۴۸۸۸ متر مکعب ۲/۲ بود. کشیدگی برگ ذرت به طور ویژه ای به کمبود آب حساس می باشد و چون برگ اولین مکان تهیه منبع کربن و تولیدات فتوسنتز است تأثیر قوی و مثبتی بر رشد و عملکرد ذرت دارد. نیتروژن یکی از عوامل اساسی در کنترل بیوماس و عملکرد از طریق تأثیر بر روی شاخص سطح برگ و دریافت تشعشع می باشد، زمانی که گیاه با کمبود نیتروژن مواجه است نسبت رشد برگ و شاخص سطح برگ کاهش پیدا می کند که این موضوع می تواند به خاطر کاهش فتوسنتز خالص و یا کافی نبودن گسترش سلولی باشد (UR Rahman et al., 2007).

### ۳- محتوی کلروفیل برگ

نتایج نشان داد که اثر متقابل کودهای شیمیایی با آب و همچنین سطوح ورمی کمپوست در کودهای شیمیایی روی محتوی کلروفیل برگ در مرحله گل دهی معنی دار بوده و سایر اثرات روی این صفت معنی دار نمی باشند (جدول شماره ۱). مقایسه میانگین بیانگر آن است که افزایش میزان ورمی کمپوست در سطوح کودهای شیمیایی محتوی کلروفیل برگ را افزایش داد، اما این افزایش در سطوح بالای مصرف ورمی کمپوست رخ داده و بین سطح صفر و دو تن در هکتار ورمی کمپوست در تمام سطوح کودهای شیمیایی تفاوت معنی داری وجود ندارد (جدول شماره ۳).

همچنین نتایج جدول مقایسه میانگین نشان

کود شیمیایی، به جز در تیمار مصرف ۵۰ درصد کود شیمیایی، تأثیر چندانی بر این ویژگی نداشته است. همچنین کمترین شاخص سطح برگ در تیمار آبیاری محدود و عدم استفاده از کودهای زیستی و شیمیایی با ۱/۸۲ مشاهده شد. احتمالاً تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و توسعه بیشتر سیستم ریشه ای گیاه جهت جذب عناصر غذایی و همچنین اصلاح حاصلخیزی خاک در تیمارهای مصرف توأم کودهای زیستی و شیمیایی یا تلفیقی باعث شده است که شاخص سطح برگ در سطوح کودی تلفیقی بیشتر از سطوح کودی آلی و شیمیایی باشد (Maghsudi et al., 2012). نیتروژن یکی از عوامل اساسی در کنترل بیوماس و عملکرد از طریق تأثیر بر روی شاخص سطح برگ و دریافت تشعشع می باشد، زمانی که گیاه با کمبود نیتروژن مواجه است نسبت رشد برگ و شاخص سطح برگ کاهش پیدا می کند که این موضوع می تواند به خاطر کاهش فتوسنتز خالص و یا کافی نبودن گسترش سلولی باشد. افزایش دفعات کاربرد نیتروژن با سطح برگ گیاه رابطه مثبتی دارد، این رابطه می تواند نتیجه ای افزایش سطح برگ در اثر تقسیم سلولی سریع تر و توسعه بیشتر سلول باشد (Amanullah et al., 2009). افزایش شاخص سطح برگ ذرت با استفاده ورمی کمپوست توسط بسیاری از محققین تائید شده است (More et al., 2013). همچنین اثر مثبت مصرف توأم کودهای زیستی و کودهای شیمیایی بر شاخص سطح برگ ذرت در بسیاری از منابع مورد تأکید قرار گرفته است (Yourtchi et al., 2013). میانگین شاخص

تنش خشکی یا آبیاری محدود توسط بسیاری از پژوهشگران گزارش شده است (Terzi and Kadioglu, 2006). تنش خشکی کلروفیل برگ را تحت تاثیر قرار داده و میزان آن را کاهش می دهد، همچنین کاهش سبزینگی برگ در شرایط طولانی مدت ممکن است تا حدودی به دلیل کاهش جریان نیتروژن به بافت ها و فعالیت نترات ردکتاز باشد. با کمبود رطوبت، فعالیت ریشه و در نهایت جذب نیتروژن کاهش یافته که این موضوع می تواند باعث کاهش میزان کلروفیل برگ شود (Khazaie et al., 2005). کاهش مقدار کلروفیل در گیاهان باعث تغییر در نسبت جذب نور و در نتیجه کاهش کل جذب نور توسط گیاه می شود، تغییر سطوح کلروفیل برگ سبب تغییر ویژگی های جذب نور شده و میزان جذب تشعشع و بازتابش نور را تغییر می دهد. اصولاً بازتابش از برگ های گیاه با سطح سبزینه ای رابطه عکس دارد و می توان بیان داشت که جذب زیاد و بازتابش کم شاخص سلامتی جامعه گیاهی است. کاهش محتوای کلروفیل با افزایش شدت تنش خشکی یا آبیاری محدود توسط دیگر محققان (Madeh Khaksar et al., 2014) نیز گزارش شده است. برخی پژوهشگران معتقدند با افزایش میزان کود آلی در ترکیب با کود شیمیایی با افزایش عناصر غذایی مانند نیتروژن، آهن و منیزیم که در کلروفیل سازی مؤثر می باشند، محتوی کلروفیل برگ افزایش می یابد و در آزمایش آن ها کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی محتوی کلروفیل برگ ذرت هیبرید ۷۰۴ را بیشتر از مصرف کود شیمیایی یا زیستی افزایش داد (Maghsudi et

داد که افزایش کودهای شیمیایی تأثیر کاملاً معنی داری بر این صفت داشت. از سوی دیگر در تیمار مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی با افزایش ورمی کمپوست، محتوی کلروفیل برگ تحت تأثیر قرار نمی گیرد که احتمالاً به دلیل نقش بارز نیتروژن در تشکیل کلروفیل می باشد که از طریق کود اوره تأمین شده است. از طرف دیگر مقایسه میانگین اثر کودهای شیمیایی و رژیم های آبیاری نشان داد که بیشترین محتوی کلروفیل برگ در تیمار آبیاری مطلوب و مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی با ۴۶/۴ به دست آمد و کمترین کلروفیل مربوط به تیمار آبیاری محدود و عدم مصرف کودهای شیمیایی با ۲۷/۹ واحد اسپد حاصل گردید (جدول شماره ۴). افزایش مصرف کودهای شیمیایی در هر دو رژیم آبیاری موجب افزایش این صفت در برگ ذرت می شود و بین سطوح کودهای شیمیایی در هر دو تیمار آبیاری تفاوت معنی داری وجود داشت. همچنین بین تیمار مصرف ۵۰ درصد کودهای شیمیایی توأم با شش تن در هکتار ورمی کمپوست و تیمار مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی به تنهایی، اختلاف معنی داری وجود نداشت.

میانگین محتوی کلروفیل برگ در تیمار آبیاری مطلوب ۴۰/۲ و در تیمار آبیاری محدود ۳۶/۲ بود و کم آبیاری به شدت محتوی کلروفیل برگ را کاهش داد. با توجه به اهمیت کلروفیل در تولید و رابطه مستقیمی که این صفت با عملکرد دانه دارد، کاهش کلروفیل می تواند باعث کاهش عملکرد دانه شود. کاهش محتوای کلروفیل با افزایش شدت

تحقیقات بسیاری نشان داده است از این شاخص می توان برای بررسی وضعیت تنش آبی در گیاهان استفاده نمود و وقتی قابلیت دسترسی به آب به دلیل تنش خشکی یا کم آبی کاهش یابد، شاخص نرمال شده پوشش گیاهی نیز کم می شود (Bahandari et al., 2012). از شاخص پوشش گیاهی می توان به عنوان یک ابزار بررسی از راه دور و بدون نیاز به نمونه برداری تخریبی جهت بررسی وضعیت نیتروژن مزارع استفاده نمود (Bahandari et al., 2012). گیرما و همکاران (Girma et al., 2006) نیز گزارش دادند که مصرف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم عدد قرائت شده توسط دستگاه گرین سیکر قابل حمل را افزایش می دهد. بر اساس این تحقیق عدد قرائت شده توسط دستگاه همبستگی مثبت و معنی داری با وضعیت حاصلخیزی خاک و تغذیه ای گیاه به ویژه مقدار نیتروژن دارد و از استفاده از دستگاه کلروفیل متر می توان به عنوان ابزاری سریع و ارزان جهت بررسی وضعیت تغذیه ای گیاه زراعی استفاده نمود.

#### نتیجه گیری کلی

استفاده از ورمی کمپوست به میزان شش تن در هکتار و همچنین تلقیح مزرعه با ازتوباکتر اگرچه نمی تواند نیاز کودی گیاه ذرت را تأمین نماید، اما می تواند تا ۵۰ درصد مصرف کودهای شیمیایی را کاهش دهد و بر اساس داده های حاصل از دو سال اجرای آزمایش، استفاده توأم از شش تن ورمی کمپوست در هکتار به همراه ۵۰ درصد مصرف کود شیمیایی بر اساس آزمون خاک تفاوت معنی داری با تیمار مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نداشت.

al., 2012). بررسی اثر ورمی کمپوست از صفر تا ۱۰ تن در هکتار بر غلظت کلروفیل در برگ ذرت نشان داده است که محتوی کلروفیل از ۱/۳۶ به ۱/۹۳ میلی گرم بر گرم افزایش می یابد (Amyanpoori et al., 2015).

#### ۴- شاخص سبزینگی گیاه یا شاخص نرمال

##### شده پوشش گیاهی

نتایج نشان داد که اثر سطوح مختلف آبیاری و تیمارهای کودهای شیمیایی و ورمی کمپوست بر شاخص سبزینگی گیاه معنی دار بود (جدول شماره ۱). کود زیستی ازتوباکتر و اثرات متقابل آن با سایر تیمارها بر این شاخص اثر معنی داری نداشت. مقایسه میانگین این صفت نشان داد که بیشترین میزان سبزینگی برگ در تیمار آبیاری کامل و مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی به دست آمد، اما بین تیمارهای مصرف ۵۰ و ۱۰۰ درصد کودهای شیمیایی تفاوت معنی داری وجود نداشت. کمترین میزان این صفت نیز در تیمار آبیاری محدود و عدم مصرف کودهای شیمیایی و زیستی مشاهده شد. همچنین در همه تیمارها افزایش سطح ورمی کمپوست موجب افزایش شاخص سبزینگی در ذرت شد (جدول شماره ۲). بر اساس نتایج در هر دو شرایط آبیاری، مصرف کودهای شیمیایی و زیستی منجر به بیشتر شدن شاخص سبزینگی در ذرت می شود اما در تیمار آبیاری مطلوب این اثر مشهودتر می باشد، احتمالاً افزایش شاخص سبزینگی با مصرف کود به دلیل نقش موثر نیتروژن در ساختار کلروپلاست می باشد، از سوی دیگر تنش خشکی جذب عناصر غذایی را کاهش می دهد.

جدول ۲- میانگین عملکرد دانه و شاخص سطح برگ ذرت در تیمارهای آبیاری و کودهای زیستی و شیمیایی

Table 2. The mean grain yield, leaf area index (by sun scan) and NDVI (by Greenseeker) of maize under irrigation and biological and chemical fertilizers

صفات Traits			تیمارها Treatments		
شاخص سبزیگی NDVI	شاخص سطح برگ LAI	عملکرد دانه (ton/ha) Grain Yield	ورمی کمپوست (ton/ha) Vermicompost	کود شیمیایی Chemical Fertilizer (Recommended)	آبیاری Irrigation
0.560	1.82	2.7	0		
0.591	1.9	3.0	2	صفر	
0.611	1.94	3.7	4	0	
0.620	1.93	4.1	6		محدود
0.698	1.92	4.0	0		(۶۵ %)
0.70	2	4.6	2		Deficie
0.70	2.21	4.8	4	۵۰ درصد	nt
0.726	2.49	5.1	6	50%	(65%)
0.778	2.48	4.7	0		
0.778	2.53	5.2	2		
0.781	2.63	5.3	4	۱۰۰ درصد	
0.782	2.64	5.4	6	100%	
0.653	2.53	4.4	0		
0.691	3.31	5.2	2	صفر	
0.780	3.53	5.8	4	0	
0.720	3.55	6.9	6		مطلوب
0.780	3.5	7.3	0		(%)
0.781	3.6	8.0	2		(۱۰۰
0.786	3.74	8.5	4	۵۰ درصد	Normal
0.788	3.82	10.3	6	50%	(100%)
0.840	4.18	10.2	0		
0.840	4.20	10.3	2		
0.848	4.35	10.3	4	۱۰۰ درصد	
0.848	4.30	10.7	6	100%	
<b>0.008</b>	<b>0.185</b>	<b>0.448</b>			<b>LSD</b>
					<b>5%</b>

جدول ۴- میانگین محتوی کلروفیل برگ در تیمارهای آبیاری و کودهای شیمیایی

Table 3. Means of SPAD chlorophyll reading of maize under irrigation and chemical fertilizers

محتوی کلروفیل برگ SPAD reading	تیمارها Treatments	
	کود شیمیایی Chemical Fertilizer (Recommended)	آبیاری Irrigation
27.8	0 % صفر	محدود (۶۵٪)
37.7	50% ۵۰ درصد	Deficient (65%)
43.6	100% ۱۰۰ درصد	
34.5	0 % صفر	مطلوب (۱۰۰٪)
39.8	50% ۵۰ درصد	Normal (100%)
46.4	100% ۱۰۰ درصد	
<b>0.996</b>	<b>LSD 5%</b>	

جدول ۳- میانگین محتوی کلروفیل برگ ذرت در تیمارهای کودهای زیستی و شیمیایی

Table 3. Means of SPAD chlorophyll reading of maize under biological and chemical fertilizers

محتوی کلروفیل برگ SPAD reading	تیمارها Treatments	
	ورمی کمپوست (ton/ha) Vermicompost	کود شیمیایی Chemical Fertilizer (Recommended)
30.1	0	
30.4	2	صفر
31	4	0%
33.3	6	
35.6	0	
36.7	2	
38.7	4	۵۰ درصد
44	6	50%
44.8	0	
44.7	2	
44.8	4	۱۰۰ درصد
45.6	6	100%
<b>1.41</b>	<b>LSD 5%</b>	

## Reference

- Amanullah., K.B, Marwat., P, Shah., N, Maula., and S, Arifullah. 2009. Nitrogen levels and its time of application influence leaf area, height and biomass of maize planted at low and high density, Pak. J. Bot., 41(2): 761-768.
- Amyanpoori, S., Ovassi, M., Fathinejad, E. 2015. Effect of Vermicompost and Triple superphosphate on yield of Corn (*Zea mays* L.) . Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences, December - 2015; Volume – 3(VI): 494-499. DOI: [http://dx.doi.org/10.18006/2015.3\(6\).494-499](http://dx.doi.org/10.18006/2015.3(6).494-499).
- Anonymous.2015. Agricultural Organization of Kermanshah Province, Statistics. <http://www.kermanshah.maj.ir>
- Anonymous a .2016.World Agricultural Production United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service Circular Series WAP 3-16 March 2016.
- Anonymous. 2016. Corn harvest quality report, 2015/2016. U.S. Grain council. <http://grains.org/sites/default/files/HarvestReport-20151216.pdf>
- Anonymous. 2013. FAO, <http://www.fao.org/fao/stat/en/#data/QC>
- Arrudaa L, Beneduzi A, Martins A, Lisboa B, Lopes C, Bertolo F, Passaglia Maria LMP and Vargas KL, 2013. Screening of Rhizobacteria isolated from maize (*Zea mays* L.) in Rio Grande do Sul State (South Brazil) and analysis of their potential to improve plant growth. Applied Soil Ecology, 63: 15- 22.
- Atta, Y., Abdel-fatah, A., Gaafar, I., Abdou ElHassan, W. 2015. Validation of accurate Determination

- of Maize Water Requirements in Nile Delta. 26th Euro-mediterranean Regional Conference and Workshops. «Innovate to improve Irrigation performances». 12-15 October 2015, Montpellier, France.
- Bahandari, A.K., Kumar, A., Singh, G. K. 2012. Feature Extraction using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): a Case Study of Jabalpur City. *Procedia Technology* 6 ( 2012 ) 612 – 621.
- Daryanto, S., Wang, L., Jacinthe, P. 2016. Global Synthesis of Drought Effects on Maize and Wheat Production. *PLoS ONE* 11(5): e0156362. doi:10.1371/journal.pone.0156362
- Gholipour, M., A. Karamzadeh, A. and Gholami, A. 2014 . Vermicompost as a soil supplement to relieve the effects of low-intensity drought stress on Chickpea yield. *ISHS Acta Horticulturae* 1018: I International Symposium on Organic Matter Management and Compost Use in Horticulture. DOI 7660/ActaHortic.2014.1018.22
- Girma, K., Martin, K., Andersin, R., Arnall, D., Brixey, K., M. A. Casillas, B. Chung, B. C. Dobey, S. K. Kamenidou, S. K. Kariuki, E. E. Katsalirou, J. C. Morris, J. Q. Moss, C. T. Rohla, B. J. Sudbury, B. S. Tubana, and W. R. Raun. 2006. Mid-Season Prediction of Wheat-Grain Yield Potential Using Plant, Soil, and Sensor Measurements. *Journal of Plant Nutrition*, 29: 873–897. DOI: 10.1080/01904160600649187
- Hamdallah, G. 2000. Soil fertility management: the need for new concepts in the region. A paper presented at regional workshop on Soil Fertility Management through Farmer Field Schools in the Near East, Amman, Jordan.
- Hearn, S. 2014. 12th Asian Maize Conference and Expert Consultation on Maize for Food, Feed, Nutrition and Environmental Security. Bangkok, Thailand; 30 October – 1 November, 2014.
- Jones, C.E. 2006. “Aggregate or aggravate? Creating soil carbon.” YLAD Living Soils seminars, Eurongilly and Young, NSW, Australian, 14 & 15 February 2006.
- Kalhapure, A., Shete, B. and Dhonde, M. 2013. *International Journal of Agriculture and Food Science Technology*. Volume 4, Number 3, pp. 195-206.
- Khazaie, H., Mohammad abadi, A., Borzooei, A. 2005. The effect of drought stress on morphological and physiological characteristics of millets. *Iranian Journal of agricultural research*. Volume 4, Number 3, pp.35-44. (In Persian with English Summary)
- Kolari, F., Barzegar, A., Bakhtiari, S. 2014. Phenology, growth aspects and yield of Maize affected by defoliation rate and applying nitrogen and vermicompost. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences*. Vol. 4 (3) July-September, pp. 61-71.
- Laekemariam, F and Gidago, G. 2012. Response of Maize (*Zea mays* L.) to integrated fertilizer application in Wolaita, South Ethiopia. *Advances in Life Science and Technology*. Vol 5, pp 21-30.
- Madeh Khaksar, A., Naderi, A., Ayeneh Band, A and Lack, S.H. 2014. Simultaneous effect of deficit irrigation and irrigation-off on physiological traits related with yield of maize S.C 704. *Journal of Crop Production Research* Vol. 6, No. 1. (In Persian with English Summary)
- Maghsudi, E., Ghalavand, A. and Aghaalikhani, M. 2012. The effect of different levels of fertilizer

- (organic, biological and chemical) on morphological traits and yield of maize single cross hybrid 704. *Agronomy Journal* (Pajouhesh & Sazandegi) No:104 pp: 129-135. (In Persian with English Summary)
- More, S., Deshmukh, S., Shinde, P., Deshmukh, V. 2013. Effect of integrated nitrogen management with vermiwash in corn (*Zea mays* L.) on growth and yield. *African Journal of Agricultural Research*. Vol. 8(38), pp. 4761-4765, 3. DOI:10.5897/AJAR2013.7304
- Muscolo A, Sidari M, Attinà E, Francioso O, Tugnoli V, Nardi S. 2007. Biological activity of humic substances is related to their chemical structure, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 71: 75-85.
- Nguyen, T., Fuentes, S. and Marschner, P. 2012. Effects of compost on water availability and gas exchange in tomato during drought and recovery. *PLANT SOIL ENVIRON.*, 58, 2012 (11):pp 495-502.
- Pask, A.J.D., Pietragalla, J., Mullan, D.M. and Reynolds, M.P. 2012. *Physiological Breeding II: A Field Guide to Wheat Phenotyping*. Mexico, D.F.: CIMMYT.
- Salehi, A., Seifollah, F., Iranpour, R. And Souraki A, 2014. The effect of fertilizer use in combination with cow manure on growth, yield and yield components of Black-caraway (*Nigella sativa* L.). *Journal of Agroecology*. Vol. 6, No.3, p.495-507. (In Persian with English Summary)
- 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 (*Agria* CV.). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. Vol., 5 (18), 2033-2040.
- Tartoura, A.H. 2010. Alleviation of oxidative-stress induced by drought through application of compost in wheat (*Triticum aestivum* L.) plants. *American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci.* 9(2): 208-216.
- Terzi, R., A, Kadioglu. 2006. Drought stress tolerance and the antioxidant enzyme system in *CTENANTHE SETOSA*, *ACTA BIOLOGICA CRACOVENSIA serles Botanica*, 48(2): 89-96.
- UR Rahman, A., Saleem, U., and G. M, Subhani. 2007. Correlation and path coefficient analysis in maize (*Zea mays* L.), *J. Agric*, 45(3): 177-183.
- Wilhelm, W., Ruwe, K., and Schlemmer, M. 2000. Comparison of three leaf area index meters in a corn canopy. *Crop Sci.* 40:1179-1183.
- Zotarelli, L., Dukes, M., Romero, C., Migliaccio, K. and Kelly, T. 2015. Step by Step Calculation of the Penman-Monteith Evapotranspiration (FAO-56 Method). Agricultural and Biological Engineering Department, UF/IFAS Extension. AE459, <http://edis.ifas.ufl.edu>.

## Effects of Biofertilizer and Chemical Fertilizer on Maize Yield and leaf Characters in Different Irrigation Conditions

S. Nasrolahzadeh<sup>1</sup>, A. Shirkhani<sup>2\*</sup>, S. Zehtab Salmasi<sup>3</sup>, R. Choukan<sup>4</sup>

1. Department of Eco-physiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
2. Crop Horticulture Research Department, Kermanshah Agricultural Resources Research and Education Center (AREEO), Iran (Corresponding author)
3. Department of Eco-physiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
4. Crop Horticulture Research Department, Kermanshah Agricultural Resources Research and Education Center (AREEO), Iran

Received: January 2017 Accepted: July 2017

### Extended Abstract

Nasrolahzadeh, S., Shirkhani, A., Zehtab Salmasi, S., Choukan, R., Effects of Biofertilizer and Chemical Fertilizer on Maize Yield and leaf Characters in Different Irrigation Conditions  
*Applied Field Crops Research* Vol 29, No. 4, 2016 19-22: 72-86(in Persian)

**Introduction:** Corn (*Zea mays* L.) is one of the main crops for poultry and livestock feed as well as human consumption in Iran. Despite the efforts made to increase corn output in Iran, the current production levels fail to meet the growing demand for the crop and consequently the country has become a major importer of corn. This is mainly due to water scarcity in the regions where corn is cultivated. Corn is considered to be a crop with high nutritional requirements. Therefore, grain yield formation in this plant is largely depended on the application of fertilizers. Although the excessive use of chemical fertilizers is always offered by the conventional agriculture as the quickest solution to compensate for the lack of nutrients in the soils and to produce higher yields, this approach has caused environmental pollution and ecological damages, resulting in increased production cost. The alternative approach would be the integration of the concepts and principles of agro-ecology into food production systems. In this context, utilizing soil microorganisms is essential for designing sustainable agricultural systems, which can ensure constant food supply. Biofertilizers as an indispensable component of sustainable agriculture are critically important contributors to the reduction or elimination of the usage of chemical fertilizers (Arrudaa *et al.*, 2013). The combined use of organic and chemical fertilizers is suggested as the best option for corn

---

Email address of the corresponding author: Ali.shirkhani@gmail.com



cultivation where the inclusion of compost, Azotobacter and green fertilizer in the cropping system can produce higher corn yields. (Kalhapure *et al.*, 2013). Under water-limited conditions, the use of vermicomposts can ameliorate the deleterious effects of the stress on crops (Gholipour *et al.*, 2014). Moreover, it may increase soil water retention capability and enhance plant tolerance to drought stress via producing humic acid. The objective of this work was to determine the effects of biofertilizers and chemical fertilizers on yield and yield components of corn under full and deficit irrigation conditions in the western region of Iran. Also the study pursued the aim of finding the best biological treatments that could be applied to corn production systems to obtain higher yields while keeping the environment safe and clean.

**Materials and Methods:** Field experiments were conducted for two cropping seasons (2014 – 2015) at Agricultural and Natural Resources Research Centre in Kermanshah, Iran. The effects of vermicompost and Azotobacter as a biofertilizers along with chemical fertilizers on corn yield performance under two different watering conditions (full and deficit irrigation) were investigated in two sites. The sites, which were 10m apart, were allocated to full irrigation or deficit irrigation (65% of the crop optimum water requirement). The experimental layout at each site was a three-factor factorial split plot in a randomized complete block design with three replications. The main plots were comprised of two levels of Azotobacter treatment (non-inoculation and inoculation), four rates of vermicompost (0, 2, 4 and 6 ton/ha). The subplots consisted of chemical fertilizers including N, P, K (0, 50% and 100%), which were recommended based on soil test results. Deficit irrigation treatment at the relevant site was applied in the middle phase of growth stage (approximately V6). Single cross corn cultivar (KSC704), which is commercially grown in the region and comprises 80% of the total corn cultivated area in Kermanshah province, was selected for the study. Observations on leaf area index (LAI), normalized difference vegetation index (NDVI), chlorophyll content and grain yield were recorded. The statistical variance analysis of the data was performed using ANOVA and means were compared by least significant difference (LSD). SAS software package was used for the statistical computation and the graphs were drawn by MS Excel.

**Results and Discussion:** The results showed that corn grain yield, LAI, leaf chlorophyll content and NDVI were significantly affected by the irrigation treatments. However, Azotobacter had no significant effect on the traits. All the investigated parameters were decreased by deficit irrigation. Vermicompost and chemical fertilizer increased the grain yield, LAI, leaf chlorophyll content and NDVI under both full and deficit irrigation conditions. The addition of vermicompost

at rates of 4, 2 and 6 ton/ha consistently and significantly increased grain yield in both irrigation conditions. The simultaneous application of 6 ton/ha of vermicompost and 50% of the recommended chemical fertilizers under full and deficit irrigation conditions produced 10.3 and 5.2 ton/ha of grain yield, respectively, which did not significantly differ from when 100% of the recommended fertilizers was used alone. The values for the latter were 10.2 and 4.7 ton/ha of grain yield under full and deficit irrigation treatments, respectively. This indicates that it is possible to decrease the application of chemical fertilizers by 50% with no negative impact on yield. Similarly, Laekemariam and Gidago (2012) suggested that the integrated use of compost at 5 ton/ha along with chemical fertilizers resulted in better corn yields.

The highest values of NDVI were obtained with 100 and 50% application of fertilizers under full irrigation treatment. The increasing rates of vermicompost raised NAVI in both irrigation regimes but the extent of the increase was less than that of the fertilizers. It seems that the role of nitrogen in chlorophyll structure is the reason why fertilizers were more effective in increasing NAVI than vermicompost,

**Conclusion:** Although in our experiment vermicompost and Azotobacter were not individually able to provide all the nutritional requirements of the corn, the results showed that the amendment of 6 ton/ha vermicompost in soil together with 50% of NPK fertilizers were adequate to meet the corn nutrient needs. This indicated that corn grain yield did not decline when the consumption of chemical fertilizers was reduced from 100% to 50% because the presence of vermicompost at sufficient rates in rhizosphere compensated for the decreased fertilizer application. This can have positive implications for the environmental safety and soil health. Also, the results showed that under the deficit irrigation, vermicompost and Azotobacter were able to increase corn grain yield.

**Key words:** Sustainable agriculture, Azotobacter, Drought stress, Chemical fertilizers, Vermicompost

#### References:

- Arrudaa L, Beneduzi A, Martins A, Lisboa B, Lopes C, Bertolo F, Passaglia Maria LMP and Vargas KL. 2013, Screening of Rhizobacteria isolated from maize (*Zea mays* L.) in Rio Grande do Sul State (South Brazil) and analysis of their potential to improve plant growth. *Applied Soil Ecology*, 63: 15- 22.
- Gholipour, M., A. Karamzadeh, A. and Gholami, A. . 2014 Vermicompost as a soil supplement to relieve the effects of low-intensity drought stress on Chickpea yield. *ISHS Acta Horticulturae* :1018 I International Symposium on Organic Matter Management and Compost Use in Horticulture. DOI 7660/ActaHor-

tic.2014.1018.22

Kalhature, A., Shete, B. and Dhonde, M.2013. International Journal of Agriculture and Food Science Technology. Volume 4, Number 3, pp. 195-206.

Laekemariam, F and Gidago, G.2012. Response of Maize (*Zea mays* L.) to integrated fertilizer application in Wolaita, South Ethiopia. Advances in Life Science and Technology. Vol 5, pp 21-30