نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۰، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۵، ص. ۱۶۱۹-۱۶۰۷

Journal of Water and Soil
Vol. 30, No. 5, Nov.-Dec. 2016, p. 1607-1619

# اثر کاربرد ورمی‌کمپوست بر کاهش اثر سوء تنش آبی بر رشد و ترکیب شیمیایی ذرت در یک خاک آهکی

لیلا زارع[1*] – عبدالمجید رونقی [2]– رضا قاسمی[3] – سید علی اکبر موسوی [4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۳/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۲۴

## چکیده

به منظور مطالعه اثر کاربرد ورمی‌کمپوست بر رشد و ترکیب شیمیایی ذرت تحت تنش آبی، آزمایشی گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل (۴×۳) و در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای مورد استفاده شامل چهار سطح ورمی‌کمپوست دامی (۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ گرم در کیلوگرم خاک) و سه سطح رطوبت ( ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه) بود. نتایج نشان داد که افزایش سطوح ورمی‌کمپوست سبب افزایش معنادار وزن خشک ذرت و غلظت نیتروژن، فسفر، آهن، مس و روی در اندام هوایی ذرت شد. اما غلظت منگنز به طور معناداری کاهش یافت، هرچند غلظت منگنز در گستره کفایت بود. با افزایش سطوح تنش آبی وزن خشک ذرت به طور معناداری کاهش یافت و به دلیل کاهش زیست توده گیاه، غلظت عناصر ذکر شده در اندام هوایی ذرت افزایش معنادار داشت. کاربرد ۳۰ گرم ورمی‌کمپوست تحت تنش آبی ۶۰ و ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه، غلظت نیتروژن، فسفر، روی، مس و آهن اندام هوایی ذرت را نسبت به تیمار شاهد در هر سطح تنش آبی به طور معناداری افزایش داد. در سطح تنش آبی ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه کاربرد ۳۰ گرم ورمی کمپوست سبب افزایش معنادار وزن خشک ذرت نسبت به تیمار شاهد (در تنش آبی مربوطه) شد. با توجه به اثر مثبت کاربرد ورمی‌کمپوست در کاهش اثر سوء تنش آبی بر عملکرد و غلظت عناصر غذایی و همچنین با توجه به نقش این کود در بهبود وضعیت تغذیه‌ای ذرت، کاربرد ورمی‌کمپوست می‌تواند کود مناسبی برای استفاده در زمین های کشاورزی که با مشکل کمبود آب مواجه هستند، باشد.

**واژه‌های کلیدی:** آهن، روی، مس و منگنز

## مقدمه

ورمی‌کمپوست یکی از مهم‌ترین کودهای زیستی است که از طریق فرآوری ضایعات آلی نظیر کودهای دامی و بقایای گیاهی توسط کرم خاکی ساخته می‌شود و به دلیل داشتن پتانسیل قابل توجه جهت اصلاح خاک مورد توجه زیادی قرار گرفته است. این ماده دارای تخلخل زیاد، قدرت جذب و نگهداری زیاد برای عناصر معدنی، تهویه و زهکشی مناسب، ظرفیت زیاد نگهداری آب، بدون بوی نامطبوع و عوامل بیماری‌زا می‌باشد. امروزه استفاده از ورمی‌کمپوست در کشاورزی پایدار، جهت بهبود رشد و کیفیت محصولات زراعی و باغی متداول شده است (۱۴،۱۵و ۳۰). درصد زیاد اسید هومیک در ورمی‌کمپوست در کیفیت محصولات گیاهی نقش دارد. این ماده ساخت ترکیبات فنولی نظیر آنتوسیانین‌ها و فلاونوئیدها را افزایش داده و در نتیجه موجب بهبود کیفیت محصول گیاهی شده و نیز به عنوان بازدارنده آفات و امراض گیاهی عمل می‌کند (۴۳). به گزارش ادواردز و باروز (۱۵) ورمی‌کمپوست ها به ویژه آن‌هایی که از فضولات حیوانی حاصل می‌شوند، نسبت به دیگر کمپوست‌ها دارای مقادیر زیادی از عناصر غذایی است که به راحتی به شکل‌های قابل استفاده برای گیاه تبدیل می‌شوند. ورمی‌کمپوست بر ویژگی‌های شیمیایی خاک مانند پ‌هاش، قابلیت هدایت الکتریکی، درصد مواد آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی تاثیر می‌گذارد (۳۰). خواص شیمیایی هیومیک اسید موجود در کودهای آلی، از طریق نگهداری عناصر غذایی و افزایش هورمونهای تنظیم کننده رشد و فعالیت میکروارگانیسم ها، سبب افزایش تجمع نیتروژن، فسفر و سایر عناصر مورد نیاز در گیاه شده و عملکرد را نیز بهبود می‌بخشد (۶).

دوره خشکی زمانی رخ می‌دهد که میزان رطوبت در سطح خاک کم و دریافت منابع آبی و نزولات جوی در منطقه کم باشد که سبب

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب کارشناس ارشد، استاد، دانشیار و استادیار بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
(*- نویسنده مسئول: Email: Leila.zare88@gmail.com)

ایجاد اختلال در عملکرد طبیعی گیاهان می‌شود. تنش خشکی یک مشکل جهانی و خطر جدی برای کشت گیاهان زراعی محسوب می‌شود (۷). با توجه به اینکه دوسوم از وسعت کشور ایران را مناطق خشک و نیمه‌خشک تشکیل می‌دهد که متوسط بارندگی در آن‌ها کمتر از ۱۵۰ میلی‌متر در سال است و این میزان نیز به صورت نامنظم و غیر قابل پیش‌بینی توزیع می‌شود، بنابراین یکی از مسایل مهم که بایستی مورد توجه قرار گیرد، تنش آبی در طول فصل رشد گیاه و چگونگی مدیریت آن است (۲۲). کمبود آب با تأثیر بر آماس سلولی و در نتیجه باز و بسته شدن روزنه‌ها، فرآیندهای فتوسنتز، تنفس و تعرق را تحت تأثیر قرار داده و از طرف دیگر با تأثیر بر فرایندهای آنزیمی که به طور مستقیم با پتانسیل آب کنترل می‌شوند، بر رشد گیاه اثر منفی می‌گذارد (۱۰).

در پژوهشی که به منظور بررسی اثر کمپوست و ورمی‌کمپوست بر عملکرد کلزا تحت تنش خشکی اجرا شد، مشاهده شد که افزایش رشد گیاه در شرایط تنش خشکی، به دلیل بهبود حاصله در ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و تغذیه‌ای خاک در نتیجه کاربرد کودهای زیستی کمپوست و ورمی‌کمپوست در مقایسه با تیمار شاهد می‌باشد. زیرا اجزای تشکیل دهنده کمپوست و ورمی‌کمپوست نقش مهمی در تحریک فرآیندهای متابولیک، افزایش رشد و افزایش تولید و تجمع متابولیت‌ها در بافت‌های گیاهی در شرایط تنش‌های محیطی دارند. (۳۶). در مطالعه دیگری که بر روی ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۷۰۴ تحت تیمارهای مختلف رطوبتی (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد معادل نیاز آبی گیاه) انجام شد، مشاهده شد که که کاربرد کود دامی توام با کود شیمیایی عملکرد ذرت را نسبت به کاربرد جداگانه کودها، افزایش داد و سبب افزایش تحمل گیاه در برابر تنش خشکی شد (۲۷). چنگ و همکاران (۱۲) نیز افزایش مقاومت گندم به تنش خشکی را با مصرف کودهای آلی مشاهده کردند و بیان کردند که کودهای آلی سبب افزایش نگهداشت آب در خاک می‌گردند. سینها و همکاران (۴۲) بیان داشتند که ورمی‌کمپوست‌ها کودهای آلی غنی از هوموس، عناصر پرمصرف و کم مصرف و باکتری‌ها و قارچ‌های تثبیت کننده نیتروژن می‌باشند که اثرات مفیدی بر رشد گیاه دارند. همچنین به دلیل داشتن تخلخل زیاد، زهکشی مناسب و ظرفیت نگهداشت آب، می‌توانند نیاز آبی گیاهان را به میزان ۳۰ تا ۴۰ درصد کاهش دهند. آگویلار بنیتز و همکاران (۱) نشان دادند که کاربرد سه درصد وزنی ورمی‌کمپوست تحت شرایط تنش آبی سبب افزایش ۳۱ درصدی گل آذین، ۳۶ درصدی غلاف، ۳۴ درصدی دانه و ۳۳ درصدی عملکرد لوبیا شد. فتحی و همکاران (۱۷) نشان دادند که کاربرد ۲۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست سبب دستیابی به بیشترین عملکرد اسانس گیاه دارویی مریم گلی تحت شرایط تنش آبی می‌شود. چیناسمی و همکاران (۱۳) نیز با کابرد ورمی‌کمپوست تحت شرایط تنش آبی، افزایش کلروفیل، پرولین، شکر، سطح برگ، ضخامت ساقه و طول ریشه و ساقه و وزن خشک گوجه فرنگی را مشاهده کردند. عزیزی و همکاران (۸) نیز در کاربرد کودهای آلی تحت شرایط تنش خشکی بهبود کمی و کیفی گیاه دارویی بابونه آلمانی را گزارش کردند.

با توجه به اینکه مدیریت تغذیه گیاهان زراعی با استفاده از کودهای آلی تحت شرایط کم آبیاری و تنش خشکی یکی از جنبه های مهم کشاورزی پایدار و دستیابی به عملکردهای با ثبات می‌باشد، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر کاربرد ورمی‌کمپوست روی کاهش اثر سوء تنش آبی بر رشد و ترکیب شیمیایی ذرت در یک خاک آهکی اجرا شد.

## مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر ورمی‌کمپوست بر کاهش اثر سوء تنش آبی بر وزن خشک و غلظت نیتروژن، فسفر، آهن، منگنز، روی و مس اندام هوایی ذرت رقم ۳۸۰ پایینزه، آزمایشی به صورت فاکتوریل۳×۴ در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط گلخانه‌ای در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز طراحی و اجرا شد. تیمارها شامل چهار سطح ورمی‌کمپوست گاوی (۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ گرم در کیلوگرم خاک به ترتیب معادل ۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ تن در هکتار ) و سه سطح رطوبتی (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه) بود. جهت انجام این تحقیق مقدار کافی خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری سطح خاک آهکی سری دانشکده ( Fine, mixed, mesic Typic Calcixerepts) واقع در منطقه باجگاه جمع‌آوری شد. پس از هوا خشک کردن خاک و عبور از الک دو میلی‌متری برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مانند بافت به روش هیدرومتری (۱۸)، ماده آلی به روش ترسوزانی (۳۳)، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع به وسیله هدایت‌سنج الکتریکی (۳۸)، ظرفیت تبادل کاتیونی (۳۷)، نیتروژن کل به روش کلدال (۱۱)، فسفر قابل استفاده به روش اولسن و همکاران (۳۴)، غلظت عناصر کم‌مصرف کاتیونی (منگنز، مس، روی و آهن) به روش عصاره‌گیری با دی‌تی‌پی‌اِ (۲۶) و قرائت با دستگاه جذب اتمی، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی کردن با اسید کلریدریک (۲۶) و پتاسیم به‌وسیله عصاره گیری با استات آمونیوم (۲۵) و قرائت توسط دستگاه شعله‌سنج تعیین شد (جدول ۱). برخی از ویژگی‌های شیمیایی ورمی‌کمپوست نیز شامل پ‌هاش و قابلیت هدایت الکتریکی در نسبت ۱:۵ (کود به آب) ، نیتروژن و ماده آلی مشابه با روش‌های استفاده شده برای خاک، فسفر به روش کو (۲۹)، پتاسیم، روی، مس، آهن و منگنز به روش خشک سوزانی و حل خاکستر در اسید کلریدریک دو مولار و در نهایت اندازه‌گیری توسط دستگاه جذب اتمی انجام شد (جدول ۲).

**جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده**

**Table 1- Some physical and chemical characteristics of soil**

| ویژگی (واحد) characteristics | مقدار amount | ویژگی (واحد) characteristics | مقدار amount |
|---|---|---|---|
| ظرفیت تبادل کاتیونی ($cmol_+ kg^{-1}$) Cation exchange capacity ($cmol_+ kg^{-1}$) | 13 | شن (٪) Sand (%) | 12 |
| نیتروژن کل (٪) Total nitrogen (%) | 0.13 | سیلت (٪) Silt (%) | 50 |
| فسفر قابل استفاده ($mg\ kg^{-1}$) Available phosphorus ($mg\ kg^{-1}$) | 12 | رس (٪) Clay (%) | 38 |
| پتاسیم ($mg\ kg^{-1}$) Potassium ($mg\ kg^{-1}$) | 560 | بافت خاک Soil texture | رسی-سیلتی Silty clay |
| آهن قابل عصاره‌گیری با دی‌تی‌پی‌اِ ($mg\ kg^{-1}$) DTPA extractable Fe | 5.2 | قابلیت هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$) Electrical conductivity ($dS\ m^{-1}$) | 0.74 |
| منگنز قابل عصاره‌گیری با دی‌تی‌پی‌اِ ($mg\ kg^{-1}$) DTPA extractable Mn | 15.6 | ماده آلی (٪) Organic matter (%) | 1.8 |
| مس قابل عصاره‌گیری با دی‌تی‌پی‌اِ ($mg\ kg^{-1}$) DTPA extractable Cu | 0.81 | پهاش pH | 7.8 |
| روی قابل عصاره‌گیری با دی‌تی‌پی‌اِ ($mg\ kg^{-1}$) DTPA extractable Zn | 0.36 | کربنات کلسیم معادل (٪) CCE (%) | 45 |

**جدول ۲- برخی ویژگی‌های شیمیایی ورمی‌کمپوست مورد استفاده**

**Table 2- Some chemical characteristics of applied Vermicompost**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **آهن کل ($mg\ kg^{-1}$) Total Fe** | **2655** | **قابلیت هدایت الکتریکی (۱:۵ کود به آب، dS ($m^{-1}$) Electrical conductivity (1: 5 vermicompost to water, $dS\ m^{-1}$)** | **1.7** |
| روی کل ($mg\ kg^{-1}$) Total Zn | 270 | پهاش(۱:۵ کود به آب) pH (1: 5 vermicompost to water) | 7.61 |
| منگنز کل ($mg\ kg^{-1}$) Total Mn | 270 | نیتروژن کل (٪) Total nitrogen (%) | 1.7 |
| مس کل ($mg\ kg^{-1}$) Total Cu | 25.5 | فسفر قابل استفاده ($mg\ kg^{-1}$) Available phosphorus ($mg\ kg^{-1}$) | 8750 |

در ابتدا به نمونه‌های سه کیلوگرمی خاک مورد آزمایش عناصر غذایی مورد نیاز (بر اساس نتایج آزمون خاک) شامل ۲۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک (از منبع اوره)، ۳۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک (از منبع مونوکلسیم فسفات)، ۵ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک (از منبع سولفات روی)، ۱۰ میلی‌گرم آهن در کیلوگرم خاک (از منبع سولفات آهن)، ۵ میلی‌گرم مس در کیلوگرم خاک (از منبع سولفات مس) و ۱۰ میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک (از منبع سولفات منگنز) به صورت یکنواخت به خاک گلدان‌ها افزوده شد. نیتروژن در دو نوبت به طور مساوی (۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، قبل از کاشت و ۴ هفته بعد از جوانه زنی بذرها به خاک گلدان‌ها اضافه شد. پس از مخلوط کردن مقادیر ورمی‌کمپوست با خاک، در هر گلدان تعداد ۶ عدد بذر ذرت رقم ۳۸۰ پاییزه (Zea mays) در عمق حدود دو سانتی‌متری سطح خاک کاشته شد و رطوبت خاک به حد ظرفیت مزرعه رسانده شد. پس از گذشت حدود ۱۰ روز از جوانه زنی تعداد دانهال‌ها به سه گیاه در هر گلدان کاهش یافت و آبیاری به صورت روزانه با رساندن رطوبت به مقادیر ذکر شده در تیمارهای رطوبتی خاک، انجام شد. هشت هفته بعد از جوانه زنی، کل گیاه از محل طوقه قطع و پس از شستشو با آب مقطر، در دمای ۶۵ درجه سیلسیوس در آون تا رسیدن به وزن ثابت خشک و توزین شد. سپس جهت تجزیه های شیمیایی، نمونه‌های گیاهی به وسیله آسیاب برقی پودر گردید. یک گرم از ماده خشک گیاهی آسیاب شده، به دقت وزن و داخل بوته چینی ریخته و سپس در کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۴ ساعت قرار داده تا خاکستر شد. بعد از سرد شدن بوته، مقدار ۵ سی‌سی اسید کلریدریک دو نرمال به هر نمونه اضافه گردید. نمونه حل شده از کاغذ صافی واتمن۴۲ عبور داده شد و به یک بالن ۵۰ میلی‌لیتری منتقل شد و به وسیله آب مقطر

جوشانده شده، به حجم رساندیم (۹). غلظت فسفر به روش کو (۲۴) در طول موج ۴۵۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر، غلظت نیتروژن کل به روش کلدال و غلظت آهن، روی، منگنز و مس با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Shimadzu AA-670) اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین ها با آزمون دانکن در سطح احتمال۵ درصد انجام شد.

**جدول ۳- تجزیه واریانس اثر ورمی‌کمپوست و تنش آبی بر وزن خشک و غلظت عناصر غذایی اندام هوایی ذرت**

**Table 3- Variance analysis of the Effect of application vermicompost and water stress on dry matter and concentration of nutrients of corn shoots**

| منابع تغییر Source of variation | درجه آزادی DF | میانگین مربعات Mean Square | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | وزن خشک dry matter | نیتروژن Nitrogen | فسفر Phosphorus | |
| ورمی کمپوست (V) Vermicompost | 3 | 12.54** | 0.124** | 0.60** | |
| تنش آبی (W) Water Stress | 2 | 474.07** | 0.22** | 0.79** | |
| V×W | 6 | 0.71 ns | 0.01** | 0.29 ns | |
| ضریب تغییرات (٪) Coefficient variation | | 7.04 | 1.25 | 4.65 | |
| | | آهن Iron | منگنز Manganese | روی Zinc | مس Copper |
| ورمی کمپوست (V) Vermicompost | 3 | 1294.33** | 53.30** | 246.90** | 8.01** |
| تنش آبی (W) Water Stress | 2 | 1128.60** | 359.77** | 216.53** | 45.92** |
| V×W | 6 | 21.40 ns | 7.61 ns | 2.89 ns | 1.64** |
| ضریب تغییرات (٪) Coefficient variation | | 6.39 | 4.34 | 8.86 | 4.21 |

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns عدم معنی داری می‌باشد

* and ** are significantly different at probability level of 5% and 1% respectively and ns non-significant

## نتایج و بحث

### وزن خشک اندام هوایی ذرت

نتایج داده‌های مربوط به اثر کاربرد ورمی‌کمپوست تحت تنش آبی بر وزن خشک اندام هوایی ذرت در جدول ۴ نشان می‌دهد که به طور کلی با افزایش سطوح ورمی‌کمپوست میانگین وزن خشک اندام هوایی ذرت به طور معناداری افزایش یافته است. بدین ترتیب که بیشترین میانگین وزن خشک اندام هوایی ذرت در تیمار ۳۰ گرم ورمی‌کمپوست در کیلوگرم خاک مشاهده شد که به میزان ۱۹ درصد نسبت به تیمار شاهد بیشتر بود. هرچند با تیمار ۲۰ گرم ورمی‌کمپوست تفاوت معناداری نداشت. میرزایی تالار پشتی و همکاران (۳۰) بیان کردند که کودهای آلی به ویژه زمانی که به صورت کمپوست مصرف می‌شوند، اثر مثبتی بر عملکرد داشته و عملکرد محصول را نسبت به عدم مصرف کود به میزان زیادی افزایش می‌دهند. آرانکون و همکاران (۵) و آگویلاربنیتز و همکاران (۱) نیز با کاربرد ورمی‌کمپوست گاوی به ترتیب به نتایج مشابهی بر روی فلفل و لوبیا دست یافتند.

با افزایش سطوح تنش آبی، میانگین وزن خشک اندام هوایی ذرت به طور معناداری کاهش یافت (جدول ۴). بدین ترتیب که میانگین وزن خشک اندام هوایی ذرت در سطوح تنش آبی ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه، به ترتیب ۳۲ و ۶۰ درصد نسبت به تنش شاهد کمتر بود. نتایج حاصل از این آزمایش با نتایج امام و رنجبر (۱۶) و مجیدیان و همکاران (۲۷) همخوانی دارد. آنان نشان دادند که تنش خشکی، باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه و وزن زیستی گیاه ذرت می‌شود. . یکی از اثرات سوء تنش خشکی ایجاد اختلال در روند جذب و تجمع عناصر غذاییدر گیاه است که علاوه بر افزایش تلفات کود، می‌تواند باعث کاهش عملکرد دانه و علوفه شود (۳).

بررسی نتایج نشان داد که بر همکنش ورمی‌کمپوست و تنش آبی سبب افزایش وزن خشک اندام هوایی ذرت شد هرچند این افزایش معنی‌دار نبود (جدول ۳). در سطح تنش آبی ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه، کاربرد ورمی‌کمپوست در سطوح مورد استفاده تفاوت معناداری را در وزن خشک ذرت نسبت به تیمار شاهد (در تنش آبی مربوطه) نشان نداد. در حالی که در سطح تنش آبی ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه، تیمار

۳۰ گرم ورمی‌کمپوست میانگین وزن خشک انـدام هـوایی ذرت را ۲۹ درصد نسبت به تیمار شاهد (در تنش آبی مربوطه) افزایش معنـادار داد هرچند با تیمار ۲۰ گرم ورمی‌کمپوست تفاوت معناداری نداشت (جدول ۴). رشتبری و علیخانی (۳۶) نشان دادند که کـاربرد ورمـی‌کمپوسـت تحت شرایط تنش خشـکی سـبب افـزایش عملکـرد گیـاه کلـزا شـد. افزایش رشد گیاه در شرایط تنش خشکی بـه دلیـل ایجـاد بهبـود در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در نتیجه کاربرد کودهای زیستی کمپوست و ورمی‌کمپوست می‌باشد و از آنجایی که رشـد و نمـو گیـاه شدیدا وابسته به پارامترهای حاصـلخیزی خـاک مـی‌باشـد، بـه نظـر می‌رسد که بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی بستر کشت با کاربرد ورمی‌کمپوست دلیل افزایش رشد گیاه نسبت به تیمار شـاهد باشد (۳۶).

**جدول ٤- اثر کاربرد ورمی‌کمپوست و سطوح رطوبتی خاک بر و وزن خشک (گرم در گلدان) اندام هوایی ذرت**

**Table 4- Effect of application vermicompost and soil moisture levels on corn dry matter (g in pot)**

| سطوح رطوبتی خاک درصد ظرفیت مزرعه soil moisture levels (% Fc) | ورمی‌کمپوست (گرم در کیلوگرم) Vermicompost (g kg$^{-1}$) | | | | میانگین Mean |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 10 | 20 | 30 | |
| | وزن خشک (گرم در گلدان) Dry weight (g in pot) | | | | |
| 100 | 19.00* c | 20.80 b | 22.23 ab | 22.73 a | 21.16 A |
| 80 | 13.40 d | 13.73 d | 15.00 d | 14.93 d | 14.26 B |
| 60 | 7.43 f | 7.90 ef | 9.50 e | 9.63 e | 8.61 C |
| میانگین Mean | 13.27 B | 14.14 B | 15.54 A | 15.76 A | |

*در هر ردیف یا ستون اعداد دارای حروف مشابه از نظر آماری با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. (اثرات اصلی با حروف بزرگ نشان داده شده است)

* In each row or column numbers followed by the same letters are not statistically significant at probability level of 5% by Duncan's test. (The main effects are shown in capital letters)

**غلظت نیتروژن کل و فسفر اندام هوایی ذرت**

نتایج داده‌های مربوط به اثر کاربرد ورمی‌کمپوسـت تحـت تـنش آبی بر غلظت نیتروژن کل و فسفر اندام هوایی ذرت در جدول ۵ نشان می‌دهد که به طور کلی با افزایش سـطوح ورمـی‌کمپوسـت میـانگین غلظت نیتروژن کل و فسفر در ماده خشک اندام هوایی ذرت بـه طـور معناداری افزایش یافت. بیشترین میانگین غلظت نیتروژن کل و فسفر ماده خشک اندام هـوایی ذرت در تیمـار ۳۰ گـرم ورمـی‌کمپوسـت در کیلوگرم خاک مشاهده شد که به ترتیـب بـه میـزان ۱۰ و ۲۰ درصـد نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان دادند. هرچنـد بـا سـطح ۲۰ گـرم ورمی‌کمپوست تفاوت معناداری نداشت (جدول ۵). نتایج به دست آمده از این پژوهش با نتایج پیوست و همکاران (۳۵) بر روی گیـاه اسـفناج (رقم Viroflay) مطابقت دارد. آنان نشان دادنـد کـه کـاربرد ورمـی-کمپوست دامی در مقادیر ۱۰ درصد وزنی یک خاک لومی شنی، سبب افزایش معنـی‌دار نیتـروژن کـل، فسـفر، کلسـیم، منیـزیم و نیتـروژن نیتراتی در دمبرگ و برگ اسفناج شد. ادواردز و بارو (۱۵) بیان کردنـد ورمی‌کمپوست‌ها، به ویژه آن‌هـایی کـه از فضـولات حیـوانی حاصـل می‌شوند نسبت به دیگر کمپوست‌ها دارای مقادیر بیشتر عناصر غذایی هستند که به راحتی به شـکل‌هـای قابـل اسـتفاده بـرای گیـاه ماننـد نیتروژن نیتراتی، فسفر قابل تبادل و پتاسیم، کلسیم و منیزیم محلـول تبدیل می‌شوند. حمیدپور و همکاران (۱۹) با به کار بـردن ۱۰ درصـد وزنی از ورمی‌کمپوست و زئولیت، بیشترین غلظت نیتروژن کـل بـرگ اطلسی را گزارش کردند که نسبت به شاهد ۳۶ درصد افـزایش نشـان داده است. هـو و بـارکر (۲۱)، آرانکـون و همکـاران (۵) و مـانوچی و همکاران (۲۹) نیز به ترتیب به نتایج مشابهی بـر روی گوجـه‌فرنگـی، فلفل و ذرت دست یافتند.

افزایش سطح تنش آبی سبب افزایش معنـی‌دار میـانگین غلظـت نیتروژن کل و فسفر در اندام هوایی ذرت شد (جدول ۴). که دلیـل آن کاهش وزن ماده خشک ذرت است. صـالحی و همکـاران (۴۰) بیـان داشتند که افزایش نیتروژن در گیاهانی که تحت تنش آبی هستند بـه دلیل تجمع سریع اسیدآمینه‌هایی است که به پروتئین تبدیل نشده‌انـد. بیشترین میانگین غلظت نیتروژن کل و فسـفر انـدام هـوایی ذرت در تنش آبی ۶۰ درصد مزرعه مشاهده شد که به ترتیب به میزان ۱۲/۵ و ۲۲/۵ درصد نسبت به تیمار شاهد (بدون تـنش آبـی) افـزایش نشـان دادند. در تنش آبی ۸۰ درصد ظرفیت مزرعـه نیـز غلظـت نیتـروژن و فسفر به ترتیب ۶ و ۱۲/۶ درصد بیشتر از شرایط بدون تنش آبی بـود. چیناسمی و همکاران (۱۳) نیز با کابرد ورمی‌کمپوسـت تحـت شـرایط

تنش آبی، افزایش کلروفیل و اسید آمینه پرولین را در گیاه گوجه فرنگی مشاهده کردند. که این افزایش کلروفیل تحت تنش آبی، به دلیل همبستگی قوی با غلظت نیتروژن می‌باشد.

**جدول ۵- اثر کاربرد ورمی‌کمپوست و سطوح رطوبتی خاک بر غلظت نیتروژن کل و فسفر اندام هوایی ذرت**

**Table 5- Effect of application vermicompost and soil moisture levels on nitrogen and phosphorus concentration of corn shoots**

| سطوح رطوبتی خاک (درصد ظرفیت مزرعه) Soil moisture levels (%FC) | ورمی‌کمپوست (گرم در کیلوگرم) Vermicompost (g kg$^{-1}$) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 10 | 20 | 30 | میانگین Mean |
| | نیتروژن (درصد) Nitrogen (%) | | | | |
| 100 | 2.177* g | 2.239 f | 2.541 d | 2.536 d | 2.373 C |
| 80 | 2.399 ef | 2.427 e | 2.627 bc | 2.611 bc | 2.516 B |
| 60 | 2.591 cd | 2.651 b | 2.712 a | 2.733 a | 2.672 A |
| میانگین Mean | 2.389 C | 2.439 B | 2.623 A | 2.630 A | |
| | فسفر (میلی‌گرم در گرم وزن خشک) Phosphorus (mg g$^{-1}$ dry weight) | | | | |
| 100 | 2.144 d | 2.150 d | 2.360 cd | 2.438 c | 2.273 C |
| 80 | 2.294 cd | 2.299 cd | 2.798 b | 2.849 b | 2.560 B |
| 60 | 2.494 cd | 2.517 c | 3.061 a | 3.073 a | 2.786 A |
| میانگینMean | 2.311 B | 2.322 B | 2.740 A | 2.787 A | |

*در هر ردیف یا ستون اعداد دارای حروف مشابه از نظر آماری با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. (اثرات اصلی با حروف بزرگ نشان داده شده است)

* In each row or column numbers followed by the same letters are not statistically significant at probability level of 5% by Duncan's test. (The main effects are shown in capital letters)

برهمکنش بین سطوح کود و تنش آبی نیز سبب افزایش غلظت فسفر و نیتروژن کل ماده خشک اندام هوایی ذرت شد که این افزایش برای عنصر نیتروژن معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین میانگین غلظت نیتروژن کل ماده خشک اندام هوایی ذرت در تیمار ۳۰ گرم ورمی‌کمپوست و در تنش آبی ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد در همان سطح از تنش آبی تنها ۵/۵ درصد افزایش معنادار داشت. در تنش آبی ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه نیز کاربرد ۳۰ گرم ورمی‌کمپوست در کیلوگرم خاک، میانگین غلظت نیتروژن کل ماده خشک اندام هوایی ذرت را به میزان ۹ درصد نسبت به تیمار شاهد در همان سطح از تنش آبی به طور معنی‌داری افزایش داد و کمترین میانگین غلظت نیتروژن کل اندام هوایی ذرت در تیمار شاهد (بدون مصرف کود و بدون تنش آبی) مشاهده شد که کاربرد ۳۰ گرم ورمی‌کمپوست در همان سطح از تنش آبی سبب افزایش معنی‌دار ۱۶/۵ درصدی غلظت نیتروژن کل اندام هوایی ذرت نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۵).

بیشترین میانگین غلظت فسفر در اندام هوایی ذرت در تیمار ۳۰ گرم ورمی‌کمپوست و در تنش آبی ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد (در همان سطح از تنش آبی) ۲۳ درصد افزایش معنی‌دار داشت. هرچند با تیمار ۲۰ گرم ورمی‌کمپوست در همان سطح از تنش آبی تفاوت معناداری نشان نداد (جدول ۵). در تنش آبی ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه نیز کاربرد ۳۰ گرم ورمی‌کمپوست در کیلوگرم خاک، میانگین غلظت فسفر در اندام هوایی ذرت را به طور معناداری ۲۴ درصد نسبت به تیمار شاهد (در همان سطح از تنش آبی) افزایش داد و با تیمار ۲۰ گرم ورمی‌کمپوست تفاوت معناداری نداشت (جدول ۵). این نتایج حاکی از آن است که ورمی‌کمپوست در کاهش اثر سوء تنش آبی بر غلظت نیتروژن و فسفر اندام هوایی ذرت نقش موثری دارد. نیتروژن و فسفر پسماند و مواد دفعی کرم‌های کمپوستی، اغلب به میزان پنج تا ۱۱ برابر بیش از خاک بوده، از طرفی ترشحات درون سیستم گوارشی کرم ها، قادر است عناصر غذایی با قابلیت دسترسی پایین را به صورت عناصر قابل دسترس برای جذب گیاه تبدیل کند (۳۶). شیخی و رونقی (۴۱) با کاربرد سه سطح ورمی‌کمپوست (۰، ۲ و ۱۰ درصد وزنی) و ۴ سطح شوری (۰، ۱، ۲ و

۳ گرم کلرید سدیم بر کیلوگرم خاک) بر روی گیاه اسفناج (رقم viroflay) نشان دادند که کاربرد ۱۰ درصد وزنی ورمی‌کمپوست تحت تنش شوری سبب افزایش ۲۴ درصدی غلظت نیتروژن و ۱۴۹ درصدی فسفر در اندام هوایی اسفناج نسبت به تیمار شاهد شد.

همانطور که در جدول (۵) مشاهده می‌شود، کاربرد ۱۰ گرم ورمی‌کمپوست در تنش آبی ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه میانگین غلظت فسفر اندام هوایی ذرت را به گونه‌ایی افزایش داد که با تیمار شاهد (عدم مصرف کود و بدون تنش آبی) تفاوت معناداری ندارد.

**غلظت روی، مس، آهن و منگنز اندام هوایی ذرت**

نتایج داده‌های مربوط به اثر کاربرد ورمی‌کمپوست تحت تنش آبی بر غلظت عناصر کم‌مصرف روی، مس، آهن و منگنز اندام هوایی ذرت در جدول ۶ نشان می‌دهد که به طور کلی افزایش سطوح ورمی‌کمپوست، سبب افزایش معنی‌دار میانگین غلظت روی، مس و آهن در اندام هوایی ذرت شد. اما میانگین غلظت منگنز به طور معناداری کاهش یافت. با توجه به اینکه با کاربرد ورمی‌کمپوست غلظت آهن و روی اندام هوایی به طور معناداری افزایش یافته، به نظر می‌رسد که کاهش معنادار غلظت منگنز به دلیل رابطه آنتاگونیستی با آهن یا روی باشد. به دلیل آن‌که عناصر روی و منگنز توسط ناقل‌های مشابهی جذب و انتقال می‌یابند، تحت شرایط زیادی روی، تجمع منگنز در بخش هوایی کاهش می‌یابد (۶). ورمی‌کمپوست علاوه بر تامین عناصر پرمصرف گیاه عناصر کم‌مصرف را نیز تامین می‌نماید و چون آزادسازی عناصر غذایی از این منابع کودی به صورت تدریجی انجام می‌شود، هدر رفتن عناصر غذایی کاهش و قابلیت گیاه برای جذب این عناصر و در نتیجه رشد افزایش می‌یابد (۴). میرزایی تالار پشتی و همکاران (۳۰) نیز اظهار کردند یکی از دلایل اصلی بهبود عملکرد گیاهان در اثر مصرف کودهای آلی افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی مثل روی و آهن در خاک است که علت این امر تشکیل کلات آهن و روی در خاک است. با توجه به نتایج بدست آمده، بیشترین میانگین غلظت روی، مس و آهن در تیمار ۳۰ گرم ورمی‌کمپوست در کیلوگرم خاک مشاهده شد که به ترتیب ۴۱، ۹۰ و ۷۵ درصد نسبت به تیمار شاهد بیشتر بود. این در حالی است که با کاربرد ۳۰ گرم ورمی‌کمپوست در کیلوگرم خاک، غلظت منگنز به کمترین مقدار خود که ۱۱/۸درصد نسبت به تیمار شاهد کمتر بود، کاهش یافت (جدول ۶). غلظت طبیعی منگنز در گیاه بین ۱۵ تا ۱۰۰ میلی‌گرم درکیلوگرم ماده خشک می‌باشد و با توجه به نتایج میانگین غلظت منگنز در اندام هوایی ذرت (جدول ۶) به نظر می‌رسد که رابطه ضدیتی (آنتاگونیستی) منگنز با آهن یا روی، سبب کاهش غلظت منگنز به کمتر از حد بحرانی نشده است. نتایج با نتایج ملکوتی (۲۸) همخوانی دارد. محمدی و همکاران (۳۱) و عسگری لجایر و همکاران (۶) به ترتیب به نتایج مشابهی بر پسته فندقی و گیاه دارویی مرزه دست یافتند. کریمیان و هاشمی (۲۳) نیز به منظور بررسی اثر کاربرد فسفر و منگنز بر غلظت عناصر کم‌مصرف در گندم، مشاهده کردند که مصرف منگنز و فسفر سبب افزایش غلظت فسفر و کاهش غلظت روی و آهن در دانه گندم شد.

پیوست و همکاران (۳۵) در پژوهش خود بر روی گیاه اسفناج (رقم viroflay) در شرایط گلخانه‌ایی و با کاربرد ورمی‌کمپوست دامی، افزایش غلظت برخی از عناصر کم‌مصرف چون آهن، مس، روی و منگنز را در سطح ۱۰ درصد ورمی‌کمپوست مشاهده کردند. مانوچی و همکاران (۲۸) بر روی ذرت به نتایج مشابهی دست یافتند. شیخی و رونقی (۴۱ ) نیز با کاربرد ورمی‌کمپوست، افزایش غلظت آهن و کاهش غلظت منگنز را در اسفناج مشاهده کردند. هرناندز و همکاران (۱۸) در آزمایشی بر روی کاهو مشاهده کردند که کاربرد ورمی‌کمپوست کود گاوی سبب افزایش معنادار غلظت مس و آهن در مقایسه با تیمار شاهد شد. بررسی نتایج نشان داد که با افزایش سطح تنش آبی، میانگین غلظت روی، مس، آهن و منگنز در اندام هوایی به دلیل کاهش وزن ماده خشک ذرت، به طور معناداری افزایش یافت (جدول ۵). در تنش آبی ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه غلظت عناصر روی، مس، آهن و منگنز به ترتیب ۱۱، ۶۴، ۲۳ و ۱۴ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. در تنش آبی ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه نیز غلظت عناصر ذکر شده به ترتیب ۲۵، ۸۳، ۴۳ و ۲۹ درصد نسبت به شاهد بیشتر بود (جدول ۶). که با نتایج ساجدی و رجالی (۳۹) مطابقت دارد. آنان تحت شرایط تنش خشکی (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد معادل نیاز آبیاری گیاه) افزایش پروتئین دانه و غلظت عناصر آهن، مس، منگنز و روی را در اندام هوایی ذرت گزارش کردند. ناهار و گرتزماچر (۳۲) گزارش کردند که با افزایش تنش خشکی غلظت منگنز در گیاه گوجه فرنگی افزایش یافت. علیزاده و همکاران (۳) نیز مشاهده کردند که در ذرت رقم ۷۰۴ با افزایش تنش خشکی میزان روی در اندام هوایی ذرت افزایش یافته، اما غلظت منگنز به طور معناداری کاهش یافته است. آنان بیان کردند که تنش آبی فعالیت ریشه‌های پیرتر را متوقف می‌کند و فقط نوک ریشه‌ها جذب عناصر غذایی را انجام می‌دهند بنابراین کاتیون‌های یک ظرفیتی نسبت به دو ظرفیتی بیشتر جذب می‌شوند و جذب آنیون‌ها نیز محدود می‌گردد. نتایج همچنین نشان داد که برهمکنش بین سطوح ورمی‌کمپوست و تنش آبی سبب افزایش غلظت روی، آهن و منگنز اندام هوایی ذرت شد اما این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود و تنها در مورد عنصر مس معنی‌دار بود (جدول ۳).

**جدول ٦- اثر کاربرد ورمی‌کمپوست و سطوح رطوبتی خاک بر غلظت روی، مس، آهن و منگنز (میکروگرم در گرم وزن خشک) اندام هوایی ذرت**

**Table 6- Effect of application vermicompost and soil moisture levels on concentration of zinc, copper, iron and manganese ($\mu g\ g^{-1}$ DW) of corn shoots**

| سطوح رطوبتی (درصد ظرفیت مزرعه) Soil moisture levels (%FC) | ورمی‌کمپوست (گرم در کیلوگرم) Vermicompost (g $kg^{-1}$) | | | | میانگین Mean |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 10 | 20 | 30 | |
| | | Zinc روی | | | |
| 100 | 27.80* f | 33.55 d | 34.15 d | 38.06 c | **33.93 C** |
| 80 | 30.70 e | 37.50 c | 37.95 c | 44.46 b | **37.65 B** |
| 60 | 34.08 d | 41.83 b | 43.33 b | 48.30 a | **41.88 A** |
| **Mean میانگین** | **30.86 C** | **37.62 B** | **38.47 B** | **43.61 A** | |
| | | Copper مس | | | |
| 100 | 1.23 e | 1.66 e | 2.43 d | 2.93 cd | **2.06 C** |
| 80 | 2.75 d | 3.40 bc | 3.30 bc | 3.93 b | **3.38 B** |
| 60 | 3.35 bc | 6.58 a | 6.76 a | 7.03 a | **5.91 A** |
| **Mean میانگین** | **2.44 C** | **3.88 B** | **4.16 B** | **4.63 A** | |
| | | Iron آهن | | | |
| 100 | 27.52 g | 46.58 f | 46.18 de | 57.23 dc | **44.36 C** |
| 80 | 40.95 ef | 56.05 de | 56.50 c | 65.13 b | **54.66 B** |
| 60 | 47.63 d | 62.40 b | 63.45 b | 81.50 a | **63.75 A** |
| **Mean میانگین** | **37.70 C** | **55.01 B** | **55.36 B** | **67.97 A** | |
| | | Manganese منگنز | | | |
| 100 | 39.55 cd | 37.80 d | 31.71 e | 31.22 e | **36.58 C** |
| 80 | 42.95 b | 43.01 b | 41.55 bcd | 40.55 bcd | **41.76 B** |
| 60 | 50.45 a | 49.85 a | 46.71 a | 42.10 bc | **47.52 A** |
| **Mean میانگین** | **44.11 A** | **43.75 A** | **40.99 B** | **38.96 C** | |

*در هر ردیف یا ستون اعداد دارای حروف مشابه از نظر آماری با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. ( اثرات اصلی با حروف بزرگ نشان داده شده است)

* In each row or column numbers followed by the same letters are not statistically significant at probability level of 5% by Duncan's test. (The main effects are shown in capital letters)

به گونه‌ای که بیشترین میانگین غلظت مس، روی و آهن اندام هوایی ذرت در تیمار ۳۰ گرم ورمی‌کمپوست و تنش آبی ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه مشاهده شد که در مقایسه با تیمار شاهد (در سطح تنش آبی مربوطه)، به ترتیب ۱۱۰، ۴۱ و ۷۱ درصد بیشتر بود (جدول ۶). کاربرد ۲۰ گرم ورمی‌کمپوست در همین سطح از تنش آبی نیز سبب افزایش معنی‌دار ۲۷ درصدی و ۳۳ درصدی میانگین غلظت روی و آهن اندام هوایی ذرت نسبت به تیمار شاهد گردید. بیشترین میانگین غلظت منگنز نیز در اندام هوایی ذرت در تیمار شاهد و تنش آبی ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه مشاهده شد و کاربرد ۳۰ گرم ورمی‌کمپوست در تنش آبی مربوطه میانگین غلظت منگنز در اندام هوایی ذرت را نسبت به تیمار شاهد ۱۶/۵ درصد کاهش معنادار داد. در تنش آبی ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه کاربرد ۳۰ گرم ورمی‌کمپوست نسبت به تیمار شاهد در همان سطح از تنش آبی سبب افزایش معنادار ۴۳ درصدی در غلظت مس، ۲۴ درصدی در غلظت روی و ۵۹ درصدی در غلظت آهن شد. هرچند با سایر تیمارها در تنش مربوطه تفاوت معناداری نداشت. در تنش آبی ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه کاربرد ورمی‌کمپوست تفاوت معناداری را بر میانگین غلظت منگنز در اندام هوایی ذرت ایجاد نکرد (جدول ۶). با کاهش میزان آب خاک تحت

شرایط خشکی، دسترسی گیاه به عناصر غذایی کم‌مصرف چون آهن، روی، مس و منگنز در خاک کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد که اضافه کردن کود آلی ورمی‌کمپوست به خاک، به دلیل افزایش ماده آلی، فعالیت میکروبی خاک و تشکیل کمپلکس‌های آلی قابل جذب در خاک، قابلیت جذب این عناصر توسط گیاه را افزایش داده است (۲).

همانطور که در جدول (۶) مشاهده می‌شود کاربرد ۳۰ گرم ورمی‌کمپوست تحت تنش آبی ۶۰ و ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه و کاربرد ۲۰ گرم ورمی‌کمپوست تحت تنش آبی ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه، میانگین غلظت منگنز را به گونه ایی افزایش داد که با تیمار شاهد (عدم مصرف کود و بدون تنش آبی) تفاوت معناداری ندارد.

## نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی، می‌توان گفت کاربرد ورمی‌کمپوست تحت شرایط تنش آبی، به دلیل بهبود وضعیت تغذیه‌ایی خاک، بهبود قدرت نگهداشت آب، عناصر غذایی مورد نیاز و باکتری‌های سودمند، سبب افزایش وزن خشک و غلظت عناصر غذایی در اندام هوایی گیاه ذرت و در نتیجه افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش آبی شده است. کاربرد ۳۰ گرم ورمی‌کمپوست در کیلوگرم خاک تحت شرایط تنش آبی ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه، وزن خشک اندام هوایی ذرت را ۲۹ درصد و غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، روی، مس و آهن را به ترتیب ۵/۵، ۲۳، ۱۱۰، ۴۱ و ۷۱ درصد نسبت به تیمار عدم مصرف کود (تیمار شاهد) در تنش آبی مربوطه، به طور معناداری افزایش داد. هرچند غلظت منگنز به دلیل رابطه ضدیتی با آهن یا روی کاهش یافت اما در گستره‌ی کفایت قرار داشت. در تنش آبی ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه نیز کاربرد ۳۰ گرم ورمی کمپوست سبب افزایش معنادار غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، روی، آهن و مس به ترتیب به میزان ۹ ، ۲۳، ۲۴، ۵۹ و ۴۳ درصد نسبت به عدم مصرف کود در تنش آبی مربوطه شد. بطورکلی کاربرد کود ورمی‌کمپوست اثر سوء تنش آبی را بر رشد و غلظت عناصر غذایی ذرت داد. بنابراین می‌تواند کود مناسبی در زمین های کشاورزی که با مشکل کمبود آب مواجه هستند، باشد.

## سپاسگزاری

از بخش علوم خاک و دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز جهت فراهم نمودن امکانات و تسهیلات لازم برای انجام این پژوهش، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

## منابع

1- Aguilar-Benítez G., Peña-Valdivia C.B., García-Nava J.R., Ramírez-Vallejo P., Benedicto-Valdés S.G. and Molina-Galán J.D. 2012. Yield of common bean (*phaseolus vulgaris* l.) in relation to substrate vermicompost concentration and water deficit. Agrociencia, 46 (1):37-50.
2- Ahmad Abadi Z., Ghajar Sepanlou M. and. Bahmanyar M. A., 2011. Effect of vermicompost application on amount of micro elements in soil and the content in the medicinal plant of Borage (Borago officinalis). Journal of Crops Improvement, 13(2) : 1-12.
3- Alizadeh O., Majidi E. and Noormohammadi GH. 2008. Effect of drought and soil nitrogen levels on nutrients uptake of corn C.V. 704. Journal of Research in Agricultural Sciences, 4(1): 51-59. (in persian).
4- Ansari-Jovaini M., Chaich M.R. and Keshavarzafshar R. 2011. Effect of different soil fertilization methods (organic, chemical and integrated fertilizers) on yield and yield components of turnip (*Brassica rapa*). Iranian Society of Agronomy and Plant Breeding Science, 4(3): 121-138. (in Persian with English abstract).
5- Arancon N.Q., Edwards C.A., Bierman P., Metzger J.D. and Lucht C. 2005. Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. Pedobiologia, 49: 297-306.
6- Asgari Lejayer H., Motshare Zade B., Savaghebi Gh. and Hadian J. 2014. Effect of Cu and Zn application on the concentration and uptake of micronutrients (Cu, Zn, Fe and Mn) and macro nutrient (P) in Savory herbs *(Satureja hortensis* L.*)* Under greenhouse conditions. Journal of Greenhouse Culture Science and Technology, 19:95-111.
7- Aslam M., Zamir M.S.I., Afzal I., Yaseen M., Mubeen M. and Shoaib A. 2013. Drought stress, its effect on maize production and development of drought tolerance through potassium application. Cercetări Agronomice în Moldova, 2(154):99-114.
8- Azizi, M., Rezwanee, F., Hassanzadeh Khayat, M., Lakzian, A. and Neamati, H. 2008. The effect of different levels of vermicompost and irrigation on morphological properties and essential oil content of German chamomile (*Matricaria recutita* variety Goral). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 24(1): 82-93. (In Persian with English abstract).
9- Benton Jones J.R. and Case V.W. 1990. Sampling, handling and analyzing plant tissue samples, In: Westerman, R.L. (eds.). Soil testing and plant analysis. The third edition. Soil Science Society America Book Series, No. 3. Madison, Wisconsin, PP: 389-429.
10- Brar G., Kar S., and Singh N.T. 1990. Photosynthetic response of wheat to soil water deficits in tropic. Journal of Agronomy and Crop Science, 164: 343-348.

11- Bremner J.M. 1996. Nitrogen total. In: Sparks, D.L. (Ed.). Methods of Soil Analysis, Part 3. Chemical Methods. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, pp.1085-1121.
12- Cheng F.J., Yang D.Q., and Wu Q.S. 1998. Physiological effects of humic acid on drought resistance of wheat. Chinese Journal of Applied Ecology, 6(4): 363-367.
13- Chinsamy M., Kulkarni M.G. and Van Staden J. 2014. Vermicompost leachate reduces temperature and water stress effects in tomato seedlings. HortScience, 49(9): 1183-1187.
14- Darzi M.T., Ghalavand A., Rejali F. and Sefid Kon F. 2006. Effects of biofertilizers application on yield and yield components in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 22(4): 276-292. (in Persian with English abstract).
15- Edwards C.A. and Burrows I. 1988. The potential of earthworm composts as plant growth media. In: Edwards, C. A. and E. Neuhauser, (Ed.). Earthworms in Waste and Environmental Management. SPB Academic Press, Hague, The Netherlands, pp. 21-32.
16- Emam Y. and Ranjbar G.H. 2000. The effect of plant density and water stress during vegetative phase on grain yield, yield components and water use effeciency of maize. Iranian Journal of Crop Science, 2(3): 50-62
17- Fathi T., Golchin A. and Safikhan F. 2012. Effect of drought stress and vermicompost on clary sage. Annals of Biological Research, 3 (7):3346-3349
18- Gee G.W. and Buder J.W. 1986. Particle-size analysis. In: Klute, A. (Ed.). Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, pp. 383-410.
19- Hamidpour M., Fathi S. and Roosta H.R. 2013. Effect of zeolite and vermicompost on growth characteristics and concentration of some elements in Petunia. Journal of Greenhouse Culture Science and Technology, 13:95-102. (in persian).
20- Hernández H., Castillo H., Ojeda D., Arras A., López J. and Sánchez E. 2010. Effect of vermicompost and compost on lettuce production. Chilean Journal of Agricultural Research, 70(4):583-589.
21- Hu Y. and Barker A. 2004. Effects of composts and their combinations with other materials onnutrient accumulation in tomato leaves. Communications in Soil science and Plant Analysis, 35:2809-2823.
22- Karami Chame S., Siyadat S.A., Bahamin S., Fathi A. and Rezapour ghahfarokhi F. 2012. Growth promoting bacteria an strategy to cope with drought. Third National Conference of Agriculture and Food Sciences, University of Fasa. December 6, 2012.
23- Karimian, N. and Hashemi S.M. 2001. Manganese nutrition of wheat as affected by phosphorus and manganese application to a calcareous soil. Development in Plant and Soil Science, 92: 834-835.
24- Kuo, S. 1996. Phosphorus. In: Sparks et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part III, 3rd Ed. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, PP. 869-920.
25- Knudsen D., Peterson G.A. and Pratt P.F. 1982. Lithium, sodium and potassium. Part 3. In: Page, A. L. (Ed.). Methods of Soil Analysis, Chemical and Microbiological Properties. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, pp. 225-246
26- Lindsay W.I. and Norvell W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society of America Journal, 42: 421- 448.
27- Majidian M., Ghalavand A., Kamgar Haghighi A.A. and Karimian N. 2008. Effect of drought stress, nitrogen fertilizer and manure on chlorophyll meter reading, grain yield and yield components in grain maize *cv.* SC 704. Iranian Journal of Crop Sciences, 10(3): 303-330. (in Persian with English abstract).
28- Malakooti M.J. 2004. Balanced nutrition of wheat a path to self-sufficiency in nation society health (Proceedings), second edition. Agricultural Education, requested by Ministry of Agriculture section of wheat program. Tehran, Iran.
29- Manyuchi M.M., Kadzungura L., Phiri A. and Muredzi P. 2013. Effect of vermicompost, vermiwash and application time on zea mays Growth. International Journal of Scientific Engineering and Technology, 2(7): 638-641.
30- Mirzaei Talarposhti R., Kamboziya J., Sabahi H. and Mahdavi Damghani A.M. 2009. Effect of different organic fertilizers on soil physicochemical properties, production and biomass yield of tomato. Journal of Agricultural Research, 7(1): 257-268. (in Persian with English abstract).
31- Mohammadi Z., Roosta H.R., Tajabadi A. and Hokmabadi H. 2013. Effect of nitrogen, organic fertilizer, potassium and iron on yeild, fruit quality and nutrients concentrations in *Hazelnut* leaf grafted on rootstock of small almond (C.V. Zarand). Journal of Horticultural Science, 27(2): 117-129.(in Persian).
32- Nahar K. and Gretzmacher R. 2002. Effect of water stress on nutrient uptake, yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under subtropical conditions. Die Bodenkultur, 53 (1): 45-51.
33- Nelson D.W. and Sommers L.E. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: Sparks, D. L., et al., (Ed). Methods of Soil Analysis. Prt 3, 3rd Ed. Chemical and Microbiological Properties. Soil Science of America and American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, pp: 961-1010.
34- Olsen S.R., Cole C.V., Watanabe F.S. and Dean L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soil by

extraction with sodium bicarbonate. United States Department of Agriculture. Circular, Washington, D. C. 939: 1-18.
35- Peyvast G.H., Olfati J.A., Madeni S. and Forghani A. 2007. Effect of vermicompost on the growth and yield of spinach (*Spinacia oleracea* L.). Journal of Food, Agriculture and Environment, 6(1): 43-50.
36- Rashtbari M. and Alikhani H.A. 2012. Effect and efficiency of municipal solid waste compost and vermicompost on morpho-physiological characteristics and yield of rape under drought stress. Publication of Agricultural science and Sustainable Production, 22(2): 113-127. (in Persian).
37- Rhoades J.D. 1982. Cation Exchange Capacity. 3rd Ed, In: Page, A. L., et al., (Ed.). Methods of Soil Analysis. Part 2, Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, pp: 149-158.
38- Rhoades J. D. 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. In: Sparks, D. L. (Ed.). Methods of Soil Analysis. Part 3, Chemical Methods. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, pp. 417-435.
39- Sajedi N. and Rejali F. 2011. Effect of drought stress, application of zinc and inoculation of mycorrhizae on the absorption of micronutrients in corn. Iranian Journal of Soil Science (Soil and Water), 25 (2): 83-92. (in Persian).
40- Salehi M., Koocheki A.R. and Nassir M. 2003. Leaf chlorophyll and nitrogen an indicator of drought stress in wheat. Iranian Journal of Agricultural Reseach, 1(3): 199-204. (in persian).
41- Sheikhi J. and Ronaghi A. 2013. Effect of salinity and vermicompost application on nutrients concentration and yield of spinach cv. Virofly in a calcareous soil. Journal of Greenhouse Culture Science and Tecnology, 13: 81-92. (in persian).
42- Sinha R.K., Valani D., Chauhan K. and Agarwal S. 2010. Embarking on a second green revolution for sustainable agriculture by vermiculture biotechnology using earthworms: Reviving the dreams of Sir Charles Darwin. Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development, 2(7): 113-128.
43- Theunissen J., NdakidemP.A.i. and Laubscher C.P. 2010. Potential of vermicompost produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production. International Journal of Physical Science, 5: 964-973.

Journal of Water and Soil
Vol. 30, No. 5, Nov.-Dec. 2016, p. 1607-1619

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۰، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۵، ص. ۱۶۱۹-۱۶۰۷

# The Effect of Vermicompost on Reducing the Adverse Effects of Water Stress on Growth and Chemical Composition of Corn in a Calcareous Soil

**L. Zare[1]*- A. Ronaghi[2]- R. Ghasemi[3]- S. A. Akbar Moosavi[4]**

Received: 23-05-2015
Accepted: 14-03-2016

**Introduction:** Vermicompost is one of the important bio-fertilizer which is the product of the process of composting different organic wastes such as manures and crop residues using different earthworms. Vermicomposts, especially those are derived from animal wastes,contain the large amounts of nutrients compaired with the composts prepared from crop residues. Vermicomposts contain plant available form of nutrients such as nitrate nitrogen, exchangeable phosphorus and potassium, calcium and magnesium. Nowadays, the use of vermicompost in sustainable agriculture to improve the growth and quality of fruits and crops is very common. Drought occurs when the amount of moisture in soil and water resources and rainfall is less than what plants need for normal growth and function. Two thirds of farm lands in Iran have been located in arid and semi-arid regions with annual rainfall less than150 mm that has been distributed irregularly and unpredictable during growth season imposing water stress in most crops. It indicates the importance of water management and proposing different strategies for mitigating detrimental effect of water stress in croplands. Due to the fact that crops nutrient management under drought and water stress using organic fertilizers is an effective method in reaching to high yields in sustainable agriculture, the objective of the present study was to investigate the influence of vermicompost application on reducing the adverse effects of water stress on the growth and chemical composition of corn in a calcareous soil.

**Materials and Methods:** In order to study the influence of water stress and application of vermicompost on corn dry matter yield and nutrients concentration of corn shoot, a greenhouse factorial experiment (4×3) in completely randomized design with three replications was conducted in college of agriculture, Shiraz university, Shiraz, Iran. The factors consisted of four vermicompost levels (0, 10, 20 and30g $kg^{-1}$soil equal to 0, 20, 40 and 60 Mg $ha^{-1}$) and three moisture levels(100, 80and 60%of field capacity(FC)). The soil samples were collected (0-30 cm depth) from a calcareous soil (Fine, mixed, mesic, Typic, Calcixrepts), located at Bajgah, Shiraz, Iran. Soil samples were mixed thoroughly with different levels of vermicompost and transfred to plastic pots. Six corn seeds were planted in each pot and were thinned to three uniform plants, one week after germination. Eight weeks after germination, corn shoots were harvested, dried and recorded. Plant samples were grind using a portable grinder and transferred to the laboratory for chemical analysis. The collected data were statistically analysed using SAS software (9.1.3) package.

**Results and Discussion:** The results indicated that with increasing the levels of vermicompost, dry matter yield and concentrations of total nitrogen (TN), phosphorus (P), iron (Fe), copper(Cu) and zinc (Zn) in corn shoots were significantly increased. But, due to the antagonistic relationship between manganese (Mn) and Zn or Fe,concentrations of Mn were significantly decreased. However, the concentration of Mn was in the sufficiency range. The highest dry matter yield and concentrations of nitrogen and phosphorus in corn shoot was observed at 30 g $kg^{-1}$ vermicompost treatment, with 19, 10 and 20 % increase (compared to the control), respectively. The application of 30 g $kg^{-1}$ vermicompost increased the concentrations of Zn, Cu and Fe by 41%, 90% and 75%, respectively and concentration of Mn decreased by 11.88%, compared to the control. Increasing the levels of water stress increased significantly the concentration of nutrients in corn shoot due to the reduction of corn biomass. The highest increase in nutrient concentrations was observed at 60% FC moisture level. Nitrogen and phosphorus concentrations in corn shoots by 12.5and 22.5% and Zn, Cu, Fe and Mn by 25, 83, 43and29% were higher compared to those of control (100% FC), respectively. The interaction effects of water stress and vermicompost on the concentrations of shoot N and Cu were significant and both were incresead by simultanoeus application of vermicompost and levels of water stress. The applicaion of 30 g $kg^{-1}$ vermicompost (about 60 ton $ha^{-1}$) under 60% FC moisture level increased significantly dry matter yield and the concentrations of nitrogen, phosphorus, zinc, copper and iron in corn shoot by 29%,5.5%, 23, 110, 41 and 71 percent compared to the control, respectively. However, because of the antagonistic relationships,the iron or manganese concentrations were reduced, but were yet in the sufficiency range. The use of 30 g $kg^{-1}$ vermicompost under 80% FC moisture level Also increased significantly the concentrations of nitrogen, phosphorus, zinc, iron and copper by 9, 23, 24, 59 and 43 percent compared to the control, respectively.

1, 2, 3 and 4- Master Degree, Professor, Associate Professor and Assistant Professor, College of Agriculture, Shiraz University
(*-Corresponding Author Email: Leila.zare88@gmail.com)

**Conclusion:** The applicaion of 30 g $kg^{-1}$ vermicompost increased significantly dry matter yield and the concentration of nitrogen, phosphorus, zinc, copper and iron in corn shoot under water stress treatments. In conclusion, the application of vermicompost mitigated the detrimental effects of water stress on corn dry matter yield and concentration of nutrients due to the positive effects of compost on physical, chemical and biological properties of the calcareous soil.

**Keywords:** Corn, Vermicompost, Water stress