دانشکده کشاورزی

گروه آب و خاک

بررسی تأثیر ورمی‌کمپوست، کود اوره و سولفات‌آهن در زراعت آفتابگردان و برخی پارامترهای خاک

دانشجو

مهدیه زمردی

استاد راهنما

دکتر شاهین شاهسونی

اساتید مشاور

دکتر مهدی برادران فیروزآبادی

مهندس علی اصغر نادری

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

تیر ۹۲

پیوست شماره ۲

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده : کشاورزی

گروه :آب و خاک

پایان نامه کارشناسی ارشد خانم مهدیه زمردی.

تحت عنوان:بررسی تأثیر ورمی‌کمپوست، کود اوره و سولفات‌آهن در زراعت آفتابگردان و برخی پارامترهای خاک

در تاریخ ۱۳۹۲/۴/۵ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشدکشاورزی – علوم خاک مورد ارزیابی و با درجه عالی مورد پذیرش قرار گرفت.

اساتید راهنما	امضاء	اساتید مشاور	امضاء
نام و نام خانوادگی : دکتر شاهین شاهسونی		نام و نام خانوادگی : دکتر مهدی برادران فیروزآبادی	
نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی : مهندس علی اصغر نادری	

اساتید داور	امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء
نام و نام خانوادگی : دکتر علی عباسپور		نام و نام خانوادگی : دکتر کامبیز جهان‌بین	
نام و نام خانوادگی : دکتر حمیدرضا اصغری			
نام و نام خانوادگی :			
نام و نام خانوادگی :			

تقدیم به پدر بزرگوار و مادر مهربان

خدای را بسی سپاسگذارم که از روی کرم پدر و مادری فداکار نصیبم ساخته تا در سایه درخت پربار وجودشان بیاسایم و از ریشه آنها شاخ و برگ گیرم و در سایه وجودشان در راه کسب علم و دانش تلاش کنم. والدینی که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم و نامشان دلیلی است بر بودنم، چرا که این دو وجود، پس از پروردگار مایه، هستی‌ام بوده‌اند، دستم را گرفتند و راه رفتن را در این وادی زندگی پر فراز و نشیب به من آموختند. عزیزانی که برایم زندگی کردن و انسان بودن را معنا کردند.

حال این برگ سبزی است تحفه درویش، تقدیم آنان...

تقدیر و سپاس

من الم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق

سپاس بیکران ایزد منان را که در پرتو الطاف لایزالش توفیق تحصیل در مقطع کارشناسی ارشد و نیز بهره‌گیری و کسب علم از محضر اساتید محترم دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود را برایم فراهم آورد. طی کردن مسیر زندگی و مراتب تحصیل بدون بهره‌گیری از محضر انسان‌های وارسته، مجرب و دلسوز امری محال به نظر می‌رسد، انجام موفقیت آمیز مراحل مختلف این تحقیق و نگارش آن نیز ثمرهٔ، همراهی و یاوری اساتید بزرگوار و دوستانی گرانقدر است که یقیناً پیمودن این مسیر را برایم تسهیل کردند، از این رو بر خود واجب می‌دانم که با کلماتی هرچند قاصر مراتب تشکر و سپاس خود را از این عزیزان به عمل آورم. از ستاد راهنمای خوبم آقای دکتر شاهین شاهسونی و اساتید مشاور بزرگوارم جناب آقایان دکتر مهدی برادران فیروزآبادی و مهندس علی اصغر نادری که با سعه صدر و بزرگ منشی در طول مدت تحصیل و نیز انجام مراحل مختلف تحقیق و نگارش پایان نامه یاریگر و روشنی بخش مسیرم بودند کمال تشکر و امتنان را دارم.

تعهد نامه

اینجانب **مهدیه زمردی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **کشاورزی- علوم خاک** دانشکده مهندسی کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **بررسی تأثیر ورمی‌کمپوست، کود اوره و سولفات‌آهن در زراعت آفتابگردان و برخی پارامترهای خاک** تحت راهنمائی **دکتر شاهین شاهسونی** متعهد می شوم .

تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .

- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ ۱۳۹۲/٤/۱۷

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

* **متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .**

چکیده

مدت زمان طولانی است که از کودهای شیمیایی برای افزایش عملکرد گیاهان در سراسر جهان استفاده می‌شود. هرچند کمیت گیاهان را به‌ظاهر افزایش داده امّا کیفیت محصولات تولیدی و باروری خاک کاهش یافته است. از جمله آن کمبود عناصر ریز مغذی است که سلامتی انسان و گیاه‌خواران را به خطر انداخته است. ورمی‌کمپوست به‌عنوان یک ماده آلی غنی از عناصر غذایی مورد نیاز هم سبب بهبود خصوصیات خاک شده هم کیفیت محصول را افزایش می‌دهد. آهن جزء عناصر ضروری برای انجام فتوسنتز در گیاه است. نیتروژن نیز به‌عنوان قسمت مهمی از ترکیبات پروتئینی آنزیم‌ها و انتقال انرژی در گیاه نقش مهمی را ایفا می‌کند. با توجه به اهمیت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه آزمایشی جهت ارزیابی تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست، نیتروژن و سولفات‌آهن بر برخی خصوصیات خاک و نیز خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در شهرستان دره‌گز اجرا شد. فاکتور اول شامل سه سطح نیتروژن (۵۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع کود اوره) و فاکتور دوّم کاربرد ورمی‌کمپوست شامل ۲ سطح (صفر و ۷ تن در هکتار) و فاکتور سوم آهن شامل ۲ سطح (صفر و ۸۰کیلوگرم در هکتار از منبع کود سولفات‌آهن) بودند. که در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. ورمی‌کمپوست در هنگام آماده‌سازی زمین اعمال گردید و سطوح نیتروژن در سه تقسیط اعمال گردید و سولفات‌آهن نیز در زمان آغاز گلدهی به صورت کناری اعمال شد. نتایج نشان داد که صفات خاکی از قبیل pH، EC، آهن، نیتروژن، ماده‌آلی، گوگرد تحت تأثیر کاربرد نیتروژن، ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن قرار گرفتند امّا آهک تحت تأثیر هیچ یک واقع نشد. کاربرد ورمی‌کمپوست میزان ماده‌آلی، EC، درصد آهن و درصد نیتروژن خاک را افزایش داد و موجب کاهش pH خاک گردید. نتایج مربوط به صفات مورفولوژیک از قبیل ماده خشک طبق، برگ، دمبرگ، ساقه، ارتفاع ساقه، قطر ساقه، قطر طبق تحت تأثیر کاربرد تیمارهای آزمایشی قرار گرفت. بیشترین عملکرد در ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست با میانگینی معادل ۷/۷۳ تن در هکتار و کمترین در ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم در هکتارنیتروژن× عدم ورمی‌کمپوست معادل با ۵/۴۱ تن در هکتار مشاهده گردید. یکی از دلایل افزایش مشاهده شده در عملکرد در این ترکیب تیماری افزایش وزن هزاردانه بوده است. و این در حالی است که بین اجزای عملکرد، تعداد دانه در طبق در ترکیب تیماری ورمی‌کمپوست× عدم سولفات‌آهن بیشترین مقدار را دارا بود. از بین تیمارهای آزمایشی، ترکیب تیمار ۲۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× عدم سولفات‌آهن بیشترین تأثیر را بر درصد روغن دانه داشت. در نتیجه کاربرد ورمی‌کمپوست موجب بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شد و همین امر هم سبب بهبود عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان در تیمارهای شد که ورمی‌کمپوست حضور داشت. در مجموع از لحاظ تأثیرگذاری بر اکثر صفات خاک و صفات زراعی و فیزیولوژیک ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست نسبت به سایر ترکیبات تیماری نقش مؤثرتری داشت.

کلمات کلیدی: آفتابگردان، نیتروژن، ورمی‌کمپوست، سولفات‌آهن

لیست مقالات استخراج شده از پایان نامه

زمردی، .؛ شاهسونی، ش.؛ برادران فیروزآبادی، م.؛ نادری، ع.ا. و قزلباش، ا. ۱۳۹۱.بررسی تأثیر کود ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن به همراه مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان. اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار. ۲۰ اسفند.

زمردی، .؛ شاهسونی، ش.؛ برادران فیروزآبادی، م. و قزلباش، ا. ۱۳۹۱. بررسی خصوصیات شیمیایی خاک تحت تأثیر کوددهای شیمیایی و آلی در زراعت آفتابگردان. اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار. ۲۰ اسفند.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: مقدمه	۱
فصل دوم : بررسی منابع	
۲-۱- اهمیّت گیاهان روغنی	۵
۲-۲- تاریخچه و منشأ	۵
۲-۳- رده بندی آفتابگردان	۶
۲-۴- گیاهشناسی آفتابگردان	۶
۲-۴-۱- ریشه	۷
۲-۴-۲- ساقه	۷
۲-۴-۳- برگ	۷
۲-۴-۴- طبق	۸
۲-۴-۵- میوه	۸
۲-۵- مراحل رشد و نمو	۹
۲-۶- سازگاری	۹
۲-۷- خاک مناسب برای کشت آفتابگردان	۱۱
۲-۸- عملیات زراعی	۱۱
۲-۸-۱- کاشت	۱۱
۲-۸-۲- داشت	۱۱
۲-۸-۳- برداشت	۱۲
۲-۹- نیتروژن	۱۲
۲-۹-۱- عوامل مؤثر بر مقدار نیتروژن خاک	۱۳
۲-۹-۲- اثر کشت و کار در مقدار نیتروژن خاک	۱۳
۲-۹-۳- اشکال نیتروژن در خاک	۱۳
۲-۹-۳-۱- نیتروژن معدنی	۱۴
۲-۹-۳-۲- نیتروژن آلی	۱۴
۲-۹-۳-۳- پایداری نیتروژن در خاک	۱۴
۲-۹-۴- نقش نیتروژن در گیاه	۱۵
۲-۹-۵- علائم کمبود نیتروژن در گیاه	۱۵

۲-۹-۶- کودهای نیتروژنه ۱۶
۲-۹-۷- اوره ۱۶
۲-۹-۸- کاربردهای مختلف اوره ۱۷
۲-۹-۹- کود اوره ۱۷
۲-۹-۹-۱- مزایای استفاده از کود اوره ۱۷
۲-۹-۹-۲- معایب کود اوره ۱۸
۲-۹-۹-۳- بهترین ترکیب اوره برای استفاده ۱۸
۲-۱۰- ورمی‌کمپوست ۱۹
۲-۱۰-۱- تغییرات خصوصیات خاک در پاسخ به کاربرد ورمی‌کمپوست ۲۱
۲-۱۰-۲- اثر ورمی‌کمپوست بر رشد محصولات زراعی و باغی ۲۳
۲-۱۱- آهن ۲۵
۲-۱۱-۱- آهن در خاک ۲۵
۲-۱۱-۲- آهن در گیاه ۲۶
۲-۱۱-۳- علائم کمبود آهن ۲۶
۲-۱۱-۴- تأثیر آهن بر رشد گیاهان زراعی و باغی ۲۶

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳-۱- زمان و مشخصات محل آزمایش ۲۹
۳-۲- خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش ۲۹
۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی ۲۹
۳-۴- عملیات اجرایی ۳۱
۳-۴-۱- کاشت ۳۱
۳-۴-۲- داشت ۳۲
۳-۴-۳- اعمال تیمارها ۳۲
۳-۴-۴- برداشت ۳۲
۳-۵- نمونه‌برداری ۳۲
۳-۶- صفات زراعی و فیزیولوژیک ۳۳
۳-۶-۱- سطح برگ، وزن خشک طبق، برگ، دمبرگ و ساقه ۳۳
۳-۶-۲- ارتفاع بوته ۳۴
۳-۶-۳- قطر طبق و ساقه ۳۴

۳-۶-۴- مقدار آب نسبی برگ ۳۴
۳-۶-۵- عملکرد و اجزای عملکرد ۳۴
۳-۷- صفات کیفی ۳۵
۳-۷-۱- نیتروژن و پروتئین دانه ۳۵
۳-۷-۲- روغن دانه ۳۵
۳-۸- پارامترهای خاکی ۳۶
۳-۸-۱- اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک ۳۶
۳-۸-۲- ماده آلی ۳۶
۳-۸-۳- نیتروژن خاک ۳۶
۳-۸-۴- آهن خاک ۳۶
۳-۸-۵- کربنات کلسیم خاک ۳۶
۳-۸-۶- سولفات محلول خاک ۳۷
۳-۹- تجزیه و تحلیل داده‌ها ۳۸

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴-۱-صفات مرتبط با خاک ۳۹
۴-۱-۱- اسیدیه خاک (pH) ۳۹
۴-۱-۲- هدایت اکتریکی (EC) ۴۱
۴-۱-۳- آهن خاک ۴۳
۴-۱-۴- نیتروژن خاک ۴۵
۴-۱-۵- آهک خاک (TNV) ۴۷
۴-۱-۶- ماده آلی خاک (%OM) ۴۷
۴-۱-۷- سولفات محلول خاک (SO_4^{2-}) ۴۹
۴-۲- ماده خشک برگ، دمبرگ، ساقه و طبق ۵۱
۴-۲-۱- وزن خشک برگ ۵۱
۴-۲-۲- وزن خشک دمبرگ ۵۴
۴-۲-۳- وزن خشک ساقه ۵۷
۴-۲-۴- وزن خشک طبق ۶۰
۴-۳- طول ساقه ۶۲
۴-۴- قطر طبق ۶۵

۴-۵- قطر ساقه ۶۸
۴-۶- شاخص سطح برگ ۷۱
۴-۷- نسبت دانه به پوست ۷۲
۴-۸- مقدار آب نسبی برگ ۷۵
۴-۹- عملکرد و اجزای عملکرد ۷۹
۴-۹-۱- تعداد دانه در طبق ۷۹
۴-۹-۲- وزن هزار دانه ۸۱
۴-۹-۳- عملکرد ۸۵
۴-۱۰- درصد روغن دانه ۹۰
۴-۱۱- درصد نیتروژن دانه ۹۴
۴-۱۲- عملکرد روغن ۹۶
۴-۱۳- پروتئین دانه ۱۰۰
۴-۱۴- عملکرد پروتئین ۱۰۲
نتیجه‌گیری ۱۰۴
پیشنهادها ۱۰۵
منابع ۱۰۶
پیوست ۱۱۳

فهرست شکل‌ها

شکل	صفحه
۳-۱- نقشه کاشت	۳۱
۴-۱- اثر ترکیبات تیماری ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن بر اسیدیته خاک	۳۹
۴-۲- اثر حاصل از تیمار سولفات‌آهن بر هدایت‌الکتریکی خاک	۴۱
۴-۳- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و ورمی‌کمپوست بر هدایت الکتریکی	۴۲
۴-۴- اثر حاصل از تیمار سولفات‌آهن بر مقدار آهن خاک	۴۳
۴-۵- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و ورمی‌کمپوست بر مقدار آهن خاک	۴۴
۴-۶- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و ورمی‌کمپوست بر نیتروژن خاک	۴۶
۴-۷- اثر حاصل از تیمار نیتروژن بر درصد ماده‌آلی خاک	۴۸
۴-۸- اثر حاصل از تیمار ورمی‌کمپوست بر ماده آلی خاک	۴۸
۴-۹- اثر حاصل از تیمار سولفات‌آهن بر ماده آلی خاک	۴۹
۴-۱۰- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و ورمی‌کمپوست بر سولفات محلول خاک	۵۰
۴-۱۱- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و سولفات‌آهن بر سولفات‌محلول خاک	۵۱
۴-۱۲- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و سولفات‌آهن بر وزن خشک برگ	۵۲
۴-۱۳- اثر ترکیبات تیماری حاصل از ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن بر وزن خشک برگ	۵۳
۴-۱۴- اثر حاصل از تیمار نیتروژن بر صفت وزن خشک برگ	۵۵
۴-۱۵- اثر ترکیبات تیماری حاصل از ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن وزن خشک دمبرگ	۵۵
۴-۱۶- اثر ترکیبات تیماری نیتروژن و ورمی‌کمپوست بر وزن خشک ساقه	۵۷
۴-۱۷- اثر ترکیبات تیماری حاصل از ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن بر وزن خشک ساقه	۵۸
۴-۱۸- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و ورمی‌کمپوست بر وزن خشک طبق	۶۰
۴-۱۹-اثر ترکیبات تیماری حاصل از سولفات‌آهن و ورمی‌کمپوست بر وزن خشک طبق	۶۱
۴-۲۰- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و ورمی‌کمپوست بر طول ساقه	۶۳
۴-۲۱- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن وسولفات‌آهن بر طول ساقه	۶۳
۴-۲۲- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و ورمی‌کمپوست بر قطر طبق	۶۶
۴-۲۳- اثر ترکیبات تیماری حاصل از سولفات‌آهن و ورمی‌کمپوست بر قطر طبق	۶۷
۴-۲۴- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و ورمی‌کمپوست بر قطر ساقه	۶۹
۴-۲۵- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و سولفات‌آهن بر قطر ساقه	۷۰
۴-۲۶- اثر ترکیبات تیماری حاصل از ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن بر قطر ساقه	۷۰

۴-۲۷- اثر تیمار اصلی نیتروژن بر شاخص سطح برگ ۷۱
۴-۲۸- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و ورمی‌کمپوست بر نسبت دانه به پوست ۷۳
۴-۲۹- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و سولفات‌آهن بر نسبت دانه به پوست ۷۴
۴-۳۰- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و ورمی‌کمپوست بر مقدار آب نسبی برگ ۷۶
۲-۳۱- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و سولفات‌آهن بر مقدار آب نسبی برگ ۷۷
۴-۳۲- اثر ترکیبات تیماری حاصل از ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن‌برمقدارآب نسبی‌برگ ۷۷
۴-۳۳- اثر حاصل از تیمار نیتروژن بر صفت تعداد دانه در طبق ۷۹
۴-۳۴- اثر ترکیبات تیماری حاصل از سولفات‌آهن‌و ورمی‌کمپوست بر تعداد دانه در طبق ۸۰
۴-۳۵- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و ورمی‌کمپوست بر وزن هزاردانه ۸۱
۴-۳۶- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و سولفات‌آهن بر وزن هزاردانه ۸۲
۴-۳۷- اثر ترکیبات تیماری حاصل از ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن بر وزن هزاردانه ۸۳
۴-۳۸- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و ورمی‌کمپوست بر عملکرد ۸۶
۴-۳۹- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و سولفات‌آهن بر عملکرد ۸۸
۴-۴۰- اثر ترکیبات تیماری حاصل از ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن بر عملکرد ۸۹
۴-۴۱- اثر حاصل از تیمار ورمی‌کمپوست بر درصد روغن دانه ۹۰
۴-۴۲- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و سولفات‌آهن بر درصد روغن دانه ۹۱
۴-۴۳- اثر حاصل از تیمار سولفات‌آهن بر درصد نیتروژن دانه ۹۴
۴-۴۴- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و سولفات‌آهن بر عملکرد روغن ۹۷
۴-۴۵- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و ورمی‌کمپوست بر عملکردروغن ۹۸
۴-۴۶- اثر ترکیبات تیماری حاصل از ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن بر عملکرد روغن ۹۹
۴-۴۷- اثر حاصل از تیمار سولفات‌آهن بر در پروتئین دانه ۱۰۰
۴-۴۸- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و ورمی‌کمپوست بر عملکرد پروتئین ۱۰۲
۴-۴۹- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و سولفات‌آهن بر عملکرد پروتئین ۱۰۳

فهرست جداول

جدول	صفحه
۲-۱- رده‌بندی آفتابگردان	۶
۲-۲- مراحل رشد و نمو	۱۰
۳-۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش	۳۰
۳-۲- نتایج تجزیه شیمیایی کود ورمی‌کمپوست	۳۰
۴-۱- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر میانگین وزن خشک برگ	۵۴
۴-۲- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر میانگین وزن خشک دمبرگ	۵۶
۴-۳- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر میانگین وزن خشک ساقه	۵۸
۴-۴- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر میانگین طول ساقه	۶۴
۴-۵- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر میانگین قطر طبق	۶۸
۴-۶- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر میانگین نسبت دانه به پوست	۷۵
۴-۷- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر میانگین مقدار آب نسبی برگ	۷۸
۴-۸- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر میانگین وزن هزار دانه	۸۴
۴-۹- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر میانگین درصد روغن دانه	۹۳
۴-۱۰- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر میانگین درصد نیتروژن دانه	۹۶
۴-۱۱- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر میانگین پروتئین دانه	۱۰۱
پیوست ۱- میانگین مربعات اسیدیته خاک، هدایت الکتریکی، آهن، نیتروژن، کربنات کلسیم، ماده آلی و گوگرد خاک تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی	۱۱۴
پیوست ۲- میانگین مربعات وزن خشک برگ، دمبرگ، ساقه، طبق، طول ساقه، قطر ساقه و قطر طبق تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی	۱۱۴
پیوست ۳- میانگین مربعات نسبت دانه به پوست، سطح برگ و مقدار آب نسبی برگ تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی	۱۱۵
پیوست ۴- میانگین مربعات عملکرد و اجزای عملکرد تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی	۱۱۵
پیوست ۵- میانگین مربعات روغن دانه، نیتروژن دانه، پروتئین دانه، عملکرد روغن و عملکرد پروتئین تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی	۱۱۵

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

آیا می‌توان چیزی را تصوّر نمود که برای بشریّت مفهومی با ارزش‌تر از خاک داشته باشد؟ ارتباط بسیار نزدیک تمدن‌های گذشته با خاک به حدی زیاده بوده است که یکی از عناصر وجودی آفرینش را خاک می‌دانستند.

با گذشت زمان و تراکم جمعیت نیاز به حفاظت از منابع طبیعی آشکارتر شده و گاهی اوقات کاملاً ضروری می‌گردد. حفاظت از خاک در بسیاری از نقاط دنیا یکی از آخرین مواردی است که مورد توجه مسئولین امر قرار گرفته است، و متأسفانه هنوز بسیاری از مردم، ضرورت حفاظت از خاک را درک نکرده‌اند.

خاک فصل مشترک بین محیط زنده و مرده می‌باشد. جایی است که در آن گیاهان با استفاده از انرژی خورشیدی دی‌اکسید کربن موجود در هوا و آب و مواد غذایی درون خاک انساج زنده را می‌سازد. اگر چه مقدار قابل توجهی از عمل فتوسنتز در دریا صورت می‌گیرد، مع‌الوصف ۹۹٪ غذای بشر در خشکی‌ها تأمین می‌گردد. علاوه بر آن خاک محیطی است که ریشه‌های گیاهان را در خود نگه می‌دارد. اکسیژن لازم برای گیاه توسط خلل و فرج به گیاه رسیده و گاز دی‌اکسید کربن زائد از طریق این حفرات از خاک خارج می‌گردد. در گذشته برای افزایش تولیدات کشاورزی به‌طور عمده با زیر کشت بردن زمین‌های جدید برآورده می‌شد. امّا در حال حاضر هر بهبود اساسی در افزایش تولیدات کشاورزی باید درنتیجه بالا بردن میزان محصول در واحد سطح زمین‌های زراعی باشد که هم‌اکنون زیر کشت‌اند. افزایش فوق‌العاده مصرف عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان نشان می‌دهد که مصرف کودهای شیمیایی برای افزایش تولید پذیرفته شده است (محمودی و حکیمیان، ۱۳۸۵).

اوره منبع نیتروژن است که به‌طور گسترده‌ای در سراسر جهان در بخش کشاورزی استفاده می‌شود. نیتروژن یک ماده معدنی مغذی و بسیار مهم برای گیاهان می‌باشد و به عنوان یک منبع مناسب برای

رسیدن به عملکرد بالا به ویژه برای ارقام اصلاح شده ضروری است. در حال حاضر مشکلات اقتصادی ناشی از روند روبه رشد هزینه کودهای شیمیایی از یک‌سو و اثرات سوء زیست محیطی ناشی از استفاده بی‌رویه و غیر اصولی این کودها از سوی دیگر، از مشکلات کشاورزی پایدار می‌باشد (مولوانی و همکاران، ۲۰۰۹).

گرچه استفاده از کودهای آلی در کشاورزی قدمت زیادی دارد، ولی بهره‌برداری علمی از این گونه از منابع سابقهٔ چندانی ندارد. هرچند کاربرد این کودها در چند دهه اخیر کاهش یافته ولی امروزه با توجه به مشکلات ناشی از مصرف کودهای شیمیایی استفاده از کودهای آلی در کشاورزی مجدداً مطرح شده است (علی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۷).

ورمی‌کمپوست ماده‌ای است که به خوبی تغییر فرم یافته و ساختار، تخلخل، تهویه، زهکشی و ظرفیت نگهداری رطوبت در آن به حد عالی بوده و از لحاظ کیفی سرشار از مواد هومیک و عناصر قابل جذب ماکرو و میکرو می‌باشد. سهم ورمی‌کمپوست در تأمین عناصر کم‌مصرف گیاهان بیش از عناصر پر مصرف می‌باشد. ورمی‌کمپوست به دلیل اسیدهای آلی موجود در آن، قادر است که عناصر غذایی موجود به‌خصوص عناصر میکرو نظیر آهن را از طریق کمپلکس نمودن به‌صورت محلول در اختیار گیاه قرار دهد (آرانکون و ادواردز، ۲۰۰۵).

تغذیه نقش اساسی در سلامت افراد جامعه دارد. بخش کشاورزی به عنوان اولین منبع تولید عناصر غذایی برای انسان‌ها به ویژه در کشورهای در حال توسعه مورد توجه می‌باشد. متأسفانه در حال حاضر به دلیل فشار جمعیت، بخش کشاورزی قادر به تأمین مقدار کافی عناصر غذایی به ویژه عناصر کم‌مصرف مورد نیاز انسان‌ها نمی‌باشد. این مشکل سبب گسترش چشمگیر کمبود عناصر غذایی کم‌مصرف (شامل آهن، روی، ویتامین A و ید) شده است، به طوری که بیش از سه میلیارد نفر از مردم دنیا به ویژه زنان، نوجوانان و کودکان فقیر و کم درآمد در کشورهای در حال توسعه از این نارسایی رنج می‌برند. خاک‌های زراعی کشور به دلایلی از قبیل آهکی بودن، بی‌کربناته بودن آب آبیاری، پایین بودن مواد آلی و مصرف

بی‌رویه کودهای فسفاته دچار کمبود شدید ریزمغذی‌ها، به ویژه آهن و روی می‌باشد. بسیاری از محققین گزارش کردند که مصرف گوگرد در نتیجه اکسایش، تولید اسید سولفوریک کرده و موجب کاهش pH خاک و تأمین سولفات مورد نیاز گیاه و افزایش قابلیت جذب عناصر آهن و روی و فسفر در خاک‌های آهکی می‌شود (خوشگفتار منش، ۱۳۸۹).

آفتابگردان یکی از پنج نبات روغنی مهم ایران بوده که به دلیل مقاوم بودن در برابر خشکی و سازگار بودن با شرایط آب و هوایی مختلف کشور، رشد و نمو در طیف وسیعی از خاک‌ها، بالا بودن کیفیت روغن (بدون کلسترول)، امکان کوتاه بودن دوره رشد (۱۵۰-۸۵ روز) و کشت آن به عنوان محصول دوم بعد از برداشت گندم و جو مورد توجه کشاورزان می‌باشد (رحیمی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۸).

عملکرد گیاهان در شرایط ایران نیز به دلایل متعددی بسیار پائین می‌باشد. به علت هزینه‌های رو به افزایش کودهای شیمیایی، لازم است که جذب و مصرف نیتروژن از راندمان بالایی برخوردار باشد تا بدین وسیله از هزینه نهاده‌ها کاسته و سود بالاتری عاید زارعین گردد. برای رسیدن به هدف فوق لازم است راندمان جذب عناصر غذایی و عوامل مؤثر بر آن را شناخته و راه‌های افزایش آن را در روش‌های نوین تولید گیاهان زراعی تشخیص داد.

اهداف تحقیق

پژوهش حاضر به چند دلیل طراحی گردیده تا بتوان پاسخی برای سؤالات به وجود آمده که در قالب فرضیه مطرح شده است، پیدا کرد:

۱- با توجه به اینکه در کشور ما به دلیل آهکی بودن خاک و کمبود مواد آلی آن، آهن از دسترس گیاه خارج می‌شود و باعث ظهور علائم کمبود آهن می‌گردد. بررسی بیشتر غنی‌سازی کودهای آلی با کودهای شیمیایی حاوی آهن که موجب فراهمی آهن مورد نیاز برای گیاه می‌شود، ضروری به نظر می‌رسد.

۲- آفتابگردان به عنوان پنجمین گیاه مهم تولید کننده‌ی روغن خوراکی (بعد از سویا، کلزا، پنبه، بادام‌زمینی) در جهان مطرح بوده و سطح زیر کشت آن در جهان و ایران به ترتیب ۶۵ میلیون، و۶۷ هزار هکتار می‌باشد که در صورت توسعه آن در کشور اشتغال فعال و مولد در صنایع روغن کشی ایجاد خواهد شد. لذا فراهم کردن شرایط تغذیه‌ای برای این گیاه و بالا بردن کیفیت و کمیت محصول آن ضروری است.

۲- با توجه به مزایایی که برای ورمی‌کمپوست ذکر شد، بررسی چگونگی تأثیر این کود به همراه سولفات آهن و اوره بر خصوصیات خاک و خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک گیاه آفتابگردان دارای اهمیت است.

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱- اهمیت گیاهان روغنی

کاشت دانه‌های روغنی از دیرباز بخش مهمی از کشاورزی کشورها، از جمله بسیاری از کشورهای شرقی را تشکیل می‌داده است و برخی از آنها جزو اقلام عمده‌ی صادراتی این کشورها محسوب می‌شده‌اند. کاربرد دانه‌های روغنی در مصارف غذایی انسان و استفاده از کنجاله‌ی آنها برای دام و نیز مصرف آنها در داروسازی، صابون‌سازی و برای سوخت سبب جلب علاقه‌ی کشاوزران به این گیاهان شده است. اگر چه ذخایر جهانی غذا معمولا بر حسب "حبوبات"، با گندم، برنج، و ذرت به عنوان غذاهای اصلی، مورد بحث قرار می‌گیرند اما دانه‌های روغنی در مقام دوم محصولات، چه در کلبه‌های روستایی و چه در هتل‌های بین‌المللی، نقش مهم در برنامه‌ی غذایی ایفا می‌کند (ناصری، ۱۳۷۰).

۲-۲- تاریخچه و منشأ

آفتابگردان (Sunflower) از گیاهان بومی قاره آمریکا می‌باشد که حدود ۱۰۰۰ سال قبل از میلاد اهلی شده است. ظاهراً منشأ آفتابگردان پرو و مکزیک می‌باشد. والد احتمالی آفتابگردان زراعی *Helianthus agrophilus* است که بومی نواحی جنوب غربی ایالات متحده آمریکا می‌باشد. آفتابگردان در قرن شانزدهم میلادی توسط اسپانیائی‌ها به اروپا برده شد؛ و از آنجا به سایر نقاط دنیا راه یافت و حتی به آمریکای لاتین برگشت (خواجه‌پور، ۱۳۸۶). ورود آفتابگران به روسیه در قرن هجدهم را می‌توان نقطه عطفی در زراعت این محصول در نظر گرفت، زیرا بعد از ورود به روسیه به عنوان یک گیاه روغنی کشت گردیده است. پس از جنگ جهانی دوم و معرفی ارقام روسی از قبیل پرودویک که برای برداشت مکانیزه مناسب بودند، سبب گردید که توسعه آفتابگردان به عنوان نبات تجاری در آمریکا و اروپا مورد توجه قرار گیرد (فرخی و همکاران، ۱۳۸۸).

ورود آفتابگردان به ایران مقارن با جنگ جهانی اول بوده که به روایتی توسط سربازان روسی و یا به روایتی توسط تجار ایرانی و قفقازی و ارمنی وارد ایران گردیده است. محل توسعه زراعت این گیاه

در مناطق نزدیک به مرز روسیه عمدتاً خوی، مرند و مشکین شهر بوده که مصرف آجیلی داشته است (فرخی و همکاران، ۱۳۸۸).

۲-۳- رده‌بندی آفتابگردان

آفتابگردان *Helianthus annuus* L.، نام جنس Helianthus از واژه‌ی یونانی Helios به معنای آفتاب و anthus به معنای گل گرفته شده است (ناصری، ۱۳۷۰).

جدول ۲-۱ رده‌بندی آفتابگردان

سلسله	Plantae-Plants
زیر سلسله	Tracheobionta
فوق شاخه	Seed plants
شاخه	Magnoliophyta
رده	Magnoliopsida
زیر رده	Asteridae
راسته	Asterales
خانواده	Asteraceae
جنس	Helianthus L.
گونه	Annuus

۲-۴ گیاه‌شناسی آفتابگردان

آفتابگردان با نام علمی هلیانتوس آنوس *Helianthus annuus* L. گیاهی است دیپلوئید (۲n=۳۴). آفتابگردان یک گیاه یک‌ساله بلند، راست، بی‌شاخه وبرگ، دارای اجزای بزرگ، با یک گل درشت طلایی است که بذرهای آن مصرف خوراکی دارد (ناصری، ۱۳۷۰). طول دوره رشد آفتابگردان بسته به رقم و کلیه عوامل محیطی، از حدود ۸۵ تا ۱۵۰ روز متغییر است. از تفاوت‌های اصلی بین انواع زراعی و اصلاح شده آفتابگردان با انواع وحشی آن وجود طبق‌های بزرگتر و عدم وجود یا تعداد کمتری شاخه جانبی در انواع زراعی و اصلاح شده است (خواجه‌پور، ۱۳۸۶).

۲-۴-۱- ریشه

سیستم ریشه آفتابگردان محکم اما اغلب سطحی است. قسمت اعظم ریشه آفتابگردان تا عمق ۶۰ سانتی‌متری خاک گسترده است (خواجه‌پور، ۱۳۸۶)؛ هرچند ارتفاع ریشه اصلی می‌تواند تا ۳ متر باشد، اما قطر آن به سرعت از سطح به پایین کاهش می‌یابد (ناصری، ۱۳۷۰). و این برای گیاهی همراه با ارتفاع زیاد و سنگین بوته بخصوص در ارقام تک طبق، سبب حساسیت گیاه به خوابیدگی بوته از ناحیه ریشه و افتادن بوته می‌شود (خواجه‌پور، ۱۳۸۶). در طول ۶-۵ هفته نخست، رشد ریشه اصلی به میزان ساقه و سپس کندتر می‌شود و در پایان دوره‌ی گرده افشانی، متوقف می‌گردد (خواجه‌پور، ۱۳۸۶).

۲-۴-۲- ساقه

ساقه آفتابگردان تنومند، مقطع آن گرد که به تدریج به سمت بالا زاویه‌دار می‌شود و قطر آن معمولا ۶-۳ سانتی‌متر است.که گاه به ۱۰ سانتی‌متر هم می‌رسد. دارای کرک‌های نرم و برجستگی‌های طولی باریک است، داخل پوسته خارجی چوبی ساقه را مغز خشک سفیدی پر کرده است و اغلب به مرور زمان پوک می‌شود (ناصری، ۱۳۷۰). ارتفاع بوته به رقم و شرایط محیطی بستگی داشته و از ۱ تا ۳ متر در ارقام پا بلند متغییر است. ارتفاع بوته در بسیاری از ارقام و شرایط معمول زراعی بیش از ۱/۵ متر و کمتر از ۳ متر است (خواجه‌پور، ۱۳۸۶).

۲-۴-۳- برگ

برگ‌های بزرگ، کرک‌دار قلبی شکل آفتابگردان دارای حاشیه مضرس و دمبرگ بلند بوده و غالباً ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر طول و ۵ تا ۲۰ سانتی‌متر عرض دارند. برگ‌های پائینی بوته به‌صورت متقابل و برگ‌های فوقانی به‌صورت متناوب بر روی ساقه توزیع شده‌اند. هر بوته بسته به رقم و شرایط محیطی، حدود ۲۰ تا ۴۰ برگ وجود دارد. پهنک‌ها و طبق‌های جوان هنگام صبح به سوی شرق و هنگام

غروب به طرف غرب و هنگام ظهر و نیمه‌شب رو به بالا می‌باشند (خواجه‌پور، ۱۳۸۶). تعداد نهایی برگ‌های هر بوته عمدتا متأثر از محیط، یعنی جمعیت گیاهی، رطوبت خاک و دما است. بوته‌های آفتابگردان آبی نسبت به هنگامی که به صورت دیم کاشت می‌شوند، می‌توانند ۲ تا ۳ برابر سطح برگ تولید کنند. برگ‌ها قبل از شکوفایی طبق، تحت تاثیر آفتاب بسیار رشد می‌کنند، اما با رشد کامل گیاه، این رشد کاهش می‌یابد (ناصری، ۱۳۷۰).

۲-۴-۴- طبق

طبق دایره‌ای شکل، یا گل‌آذین کپه‌ای آفتابگردان در انتهای ساقه اصلی و انشعابات آن، اگر وجود داشته باشند، می‌رویند. اندازه گل در ارقام، فصل‌ها و خاک‌های مختلف و غیره متفاوت است و معمولاً قطر آن ۳۰-۱۰ سانتی‌متر، گاه بسیار بیشتر و بزرگترین آن ۷۶ سانتی‌متر گزارش شده است (ناصری، ۱۳۷۰). گل‌آذین آفتابگردان شامل یک نهنج بزرگ است که ممکن است در مرحله رسیدگی به حالت محدب و مقعر و یا مسطح مشاهده شود. در هر طبق تا ۴۰۰۰ گل مشاهده می‌شود که به‌صورت مارپیچ آرایش یافته‌اند. مکان گل‌ها بر روی مارپیچ به نحوی است که بنظر می‌رسد گل‌های زایا بر روی کمان‌هایی که از مرکز طبق می‌گذرند توزیع شده‌اند. گل‌های حلقه خارجی طبق عقیم هستند، ولی هر یک دارای پنج گلبرگ طویل با رنگ زرد طلایی می‌باشد. این گل‌ها نقش جذب کننده حشرات را دارند. گل‌های حلقه‌های داخلی طبق زایا بوده و به آنها گل‌های لوله‌ای گویند (خواجه‌پور، ۱۳۸۶).

۲-۴-۵- میوه

میوه آفتابگردان از نوع فندقه است و شامل یک دانه حقیقی با پوسته نازک و فرابر ناشکوفا می‌باشد که در اینجا با دانه مترادف گرفته می‌شود. تعداد دانه در طبق نقش مهمی در تعیین عملکرد دانه دارند. اندازه دانه از محیط طبق به سمت مرکز بتدریج نقصان می‌یابد (خواجه‌پور، ۱۳۸۶)

۲-۵- مراحل رشد و نمو آفتابگردان

دوره رشد و نمو گیاه به دو مرحله رشد رویشی و رشد زایشی تقسیم شده است. توصیف مراحل رشد و نمو آفتابگردان بر اساس روش اشنایتر و میلر[1] (۱۹۸۱) مورد اشاره قرار می‌گیرند. مراحل مختلف رشد رویشی با علامت (V) و مراحل مختلف نمو زایشی با علامت (R) مشخص می‌گردد (جدول۲-۲). (n نشان دهنده‌ی تعداد گره‌ها می‌باشد و تحت تاثیر ارقام و شرایط محیطی می‌باشد).

۲-۶- سازگاری:

آفتابگردان در اغلب مناطق معتدل به خوبی رشد می‌کند و بسته به رقم، در طیف وسیعی از شرایط آب و هوایی قابل کشت می‌باشد. ویژگی‌های مختلف مورفولوژیک و فیزیولوژیکی در تطبیق‌پذیری وسیع این گیاه ایفای نقش می‌نمایند که در این باره می‌توان موارد زیر را برشمرد:

۱- تحمل به سرما و حرارت‌های بالا، در سازش آفتابگردان به محیط‌های مختلف مؤثر است.

۲- آفتابگردان غالباً به‌عنوان یک گیاه بی‌تفاوت به طول روز طبقه‌بندی می‌شود، زیرا در طیف وسیعی از طول روزها گل می‌دهد.

۳- آفتابگردان یک گیاه بسیار مقاوم به خشکی نیست، ولی غالباً در شرایطی که زراعت‌های دیگر صدمه شدید می‌بینند، محصول رضایت بخشی می‌دهد. ویژگی‌هایی که به‌عنوان عامل این واکنش بر شمرده می‌شوند عبارتند از: سیستم ریشه اصلی متراکم و منشعب، و توانایی نفوذ به اعماق بیش از ۲ متر.

۴- آفتابگردان در خاک‌هایی که بافت آنها از شنی تا رسی تغییر می‌کند به خوبی رشد می‌کند و نظیر ذرت، گندم و یا سیب‌زمینی به خاک بسیار حاصلخیز نیاز ندارد تا محصول رضایت بخشی بدهد (فرخی و همکاران، ۱۳۸۸).

جدول ۲-۲ مراحل رشد و نمو آفتابگردان

توصیف مراحل نمو آفتابگردان طبق روش اشنایتر و میلر(۱۹۸۱)	
مرحله	**توصیف**
VE سبز کردن	گیاهچه در سطح خاک ظاهر شده و اولین برگ حقیقی کمتر از ۴ سانتیمتر طول دارد.
مراحل رویشی V1 V2 V3 ...	بر اساس تعداد برگهای حقیقی با طول حداقل ۴ سانتیمتر به نام V1،V2،V3 و ... نامیده می شود. برگهای ریزش کرده با توجه به محل دمبرگ شناسایی می شود.
مراحل زایشی	
R1	جوانهٔ انتهایی طبق مینیاتوری به صورت خوشه ای از برگها را تشکیل می دهد.در نمای از بالا براکته ها ساختمان منشعب ستاره ای را بوجود می آورد.
R2 غنچه دهی	غنچهٔ جوان ۲-۰/۵ سانتیمتر بالاتر از آخرین برگ متصل به ساقه قرار گرفته است.
R3	غنچهٔ جوان بیش از ۲ سانتیمتر از آخرین برگ متصل به ساقه فاصله گرفته است.
R4	گل آذین در حال ظهور است. در نمای از بالا گلهای زرد رنگ زبانه ای سطح طبق را پوشانده اند
R5 شروع گلدهی	گلدهی آغاز می شود.بر اساس درصد گلدهی در سطح طبق به مراحل فرعی R5.1، R5.2 ، R5.3 و ... تقسیم می شود.
R5.1	در ۱۰٪ از سطح طبق گلدهی رخ داده است
R5.5 .	در ۵۰٪ از سطح طبق گلدهی رخ داده است
R6	گلدهی کامل شده و گلهای زبانه ای در حال پلاسیدگی می باشند.
R7	زرد شدن پشت طبق به تدریج آغاز می شود.
R8	پشت طبق زرد ولی براکته ها هنوز سبز هستند.
R9 (رسیدگی فیزیولوژیکی)	براکته های اطراف طبق زرد و قهوای می شوند

Schniter, A. A. and Miller, J.F. 1981. Description of sunflower growth stage. Crop Sci. 21, 901-903.

۲-۷ - خاک مناسب برای کشت آفتابگردان

آفتابگردان در خاک‌هایی که بافت آنها از شنی تا رسی تغییر می‌کند به خوبی می‌روید و برای دستیابی به محصول رضایت‌بخش به خاک بسیار حاصلخیز نیاز ندارد. شوری قابل تحمل آفتابگردان بین ۲ تا ۴ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد و بنابراین در گروه گیاهان با تحمل کم نسبت به شوری طبقه‌بندی می‌شود. آفتابگردان به pH خاک چندان حساس نیست. این گیاه در خاک‌هایی با pH ۵/۷ تا بیش از ۸ در سطح وسیع می‌روید (فرخی و همکاران، ۱۳۸۸).

۲-۸- عملیات زراعی

۲-۸-۱- کاشت

تاریخ کاشت آن با توجه به شرایط آب و هوایی متفاوت است. مناسبترین تاریخ کاشت در اراضی دشت، نیمه اول اسفند ماه و در مناطق کوهستانی نیمه دوم فروردین می‌باشد. بهترین عمق کاشت برای آفتابگردان ۳ الی ۵ سانتی‌متر پیشنهاد می‌شود. فاصله خطوط کاشت ۵۰ تا ۶۰ سانتی‌متر و فاصله روی هر خط کاشت ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متر مناسب است (بی‌نام، ۱۳۷۴؛ فرخی و همکاران، ۱۳۸۸).

۲-۸-۲- داشت

عملیات وجین و دفع علفهای هرز، تنک کردن، آبیاری نیز از مسائل مهم است. در زمانیکه ارتفاع بوته‌های آفتابگردان به حدود ۲۰-۱۵ سانتی‌متر رسیده باشد، زمین بایستی از وجود علف‌های هرز پاک شود. تنک کردن آفتابگردان بایستی در زمانیکه خطر بعضی از آفات و امراض از بین رفته باشد، صورت گیرد. تنک کردن نبایستی دیرتر از زمانی باشد که آفتابگردان دارای چهار جفت برگ می‌شود. آبیاری از مهمترین عوامل در افزایش تولید محصول آفتابگردان می‌باشد. گیاه آفتابگردان در مقایسه با سایر گیاهان بهاره به آب نسبتاً کمتری نیاز دارد. حساسیت آفتابگردان به کم آبی در طول دوره رشد

تغییر می‌کند. مراحل جوانه‌زنی، گرده افشانی و پرشدن دانه حساس ترین مراحل زندگی گیاه به کم آبی محسوب می‌شوند. در اوایل دوره رشد که ریشه گیاه توسعه کافی پیدا نکرده است و سطح خاک توسط برگ‌ها پوشانده نشده است، لازم است فاصله‌ی آبیاری را کوتاه‌تر در نظر گرفت، امّا در مراحل بعدی رشد که سطح خاک توسط برگ‌های گیاه پوشانده می‌شود . ریشه‌ها به بخش‌های عمقی خاک نفوذ می‌کنند، می‌توان دور آبیاری را طولانی‌تر در نظر گرفت (فرخی و همکاران، ۱۳۸۸).

۲-۸-۳- برداشت

آفتابگردان از زمان کاشت تا زمان برداشت بسته به ارقام زود رس یا دیر رس به سه یا پنج ماه زمان احتیاج دارد. بوته آفتابگردان زمانی که رنگ پشت طبق از سبز به زرد تغییر کند از نظر فیزیولوژیکی رسیده است. برداشت محصول آفتابگردان با دست و یا کمباین انجام می‌گیرد (فرخی و همکاران، ۱۳۸۸).

۲-۹- نیتروژن

نیتروژنی را که گیاه از خاک جذب می‌کند معمولاً اصل آن از نیتروژن هوا است و بندرت نیتروژن سنگ‌های اولیه به صورتی در می‌آید که بتواند مورد استفاده گیاه قرار گیرد. در کشاورزی علاوه بر نیتروژن خاک، مقداری از نیتروژن که به وسیله گیاه مصرف می‌شود از کودهای شیمیایی تأمین می‌شود. کودهای شیمیایی از نیتروژن عنصری هوا در صنایع پتروشیمی تهیه می‌شود (سالاردینی، ۱۳۸۲). مهمترین عامل محدود کنندهٔ رشد گیاهان در کشاورزی کمبود نیتروژن است تا کمبود سایر عناصر، زیرا گیاهان به این عنصر بیش از تمام عناصر دیگر نیازمند می‌باشد. نیاز گیاه به نیتروژن به آن علت است که از بین اتم‌های موجود در گیاه که از خاک گرفته شده‌اند نیتروژن بعد از هیدروژن بزرگترین رقم را تشکیل می‌دهد (ملکوتی و همایی، ۱۳۷۳). نیتروژن در خاک، بخصوص در لایهٔ سطحی بیشتر به‌صورت ترکیبات آلی وجود دارد، بنابراین فرآیند تجمع نیتروژن در خاک با تجمع

مواد آلی رابطه نزدیک دارد. نسبت کربن به نیتروژن در خاک‌های کشاورزی مناطق معتدل دنیا در حدود ۱۰ تا ۱۲ می‌باشد.

۲-۹-۱- عوامل مؤثر بر مقدار نیتروژن در خاک

در شرایط طبیعی نیتروژن خاک در سطح ثابتی به تعادل می‌رسد. بزرگی این سطح بستگی به عوامل چون آب و هوا، نوع پوشش گیاهی، طبیعت اراضی، خواص فیزیکی خاک و فعالیت موجودات ذره‌بینی گیاهی و حیوانی دارد (سالاردینی، ۱۳۸۲).

۲-۹-۲- اثر کشت و کار در مقدار نیتروژن خاک

تقریباً تمام مطالعاتی که در زمینهٔ کشت و کار در مقدار نیتروژن خاک شده است نشان می‌دهد که مقدار این عنصر در خاک پس از کشت و کار کاهش می‌یابد. کم شدن نیتروژن در نتیجه کشت و کار فقط به علت کم شدن بقایای گیاهی برای تبدیل به هوموس نمی‌باشد. زیاد شدن تهویهٔ خاک در نتیجه شخم و بنابراین زیاد شدن فعالیت موجودات ذره‌بینی می‌تواند عامل دیگری باشد. به‌علاوه معلوم شده است که هر بار که خاک خشک مزرعه را خیس کنند شدت تنفس موجودات خاک افزایش می‌یابد و چون در طول کشت و کار بارها خاک خشک و مرطوب می‌شود، پوسیدگی مواد آلی و آزاد شدن نیتروژن سرعت بیشتری پیدا می‌کند (سالاردینی، ۱۳۸۲).

۲-۹-۳- اشکال نیتروژن در خاک

نیتروژن در خاک به سه صورت عنصری، معدنی و آلی وجود دارد. نیتروژن عنصر N_2 به صورت گاز و جزء ترکیبات هوا در خاک وجود دارد. نیتروژن عنصری اصولاً از نظر حاصلخیزی اهمیت زیادی ندارد زیرا اولاً نمی‌تواند مورد استفاده مستقیم گیاهان قرار گیرد و ثانیاً همیشه به مقدار زیاد در دسترس موجودات ذره‌بینی تثبیت کنندهٔ نیتروژن است (سالاردینی، ۱۳۸۲).

۲-۹-۳-۱- نیتروژن معدنی خاک

نیتروژن معدنی خاک به صورت اکسید نیترو N_2O، اکسید نیتریک NO، دی اکسید نیتروژن NO_2، آمونیاک NH_3، یون آمونیوم NH_4^+، نیتریت NO_2^- و در آخر نیترات NO_3^- وجود دارد. چهار ترکیب اول به صورت گازی می‌باشند و مقدار آنقدر ناچیز است که اندازه‌گیری آن مشکل است و قادر به تأثیر در زندگی گیاه نمی‌باشد. سه ترکیب بعدی از نظر تغذیه گیاه فوق‌العاده مهم می‌باشند (سالاردینی، ۱۳۸۲).

۲-۹-۳-۲- نیتروژن آلی خاک

اشکال مختلف نیتروژن آلی را می‌توان با هیدرولیز کردن خاک با اسید کلریدریک گرم و رقیق و مطالعه‌ی هیدرولیزات‌های حاصل از اشکال آلی نیتروژن اندازه‌گیری کرد. بدین وسیله معلوم شده است که ۲۰ تا ۴۰ درصد نیتروژن لایهٔ سطحی تقریباً تمام خاک‌های زراعی، به صورت ترکیبات و مشتقات اسیدهای آمینه است و ۵ تا ۱۰ درصد آن به‌صورت ترکیبات هگزوآمین[1] می‌باشد (سالاردینی، ۱۳۸۲).

۲-۹-۳-۳- پایداری نیتروژن در خاک

یکی از مهم‌ترین نقش‌های مواد آلی خاک در حاصلخیزی خاک این است که می‌تواند مقدار فراوانی نیتروژن برای رشد و نمو گیاه عرضه کند و به منزله انباری برای این عنصر حیاتی گیاه است. نیتروژن آلی خاک مستقیماً مورد استفاده گیاه قرار نمی‌گیرد، بلکه ابتدا قسمتی از آن به وسیله موجودات ذره‌بینی خاک معدنی شده و نیتروژن معدنی قابل جذب گیاه را فراهم می‌آورد. به هر حال نیتروژن آلی خاک مقاومت زیادی در مقابل معدنی شدن و تجزیه میکروبی نشان می‌دهد و مقداری از آن که در دوره رشد گیاه تجزیه می‌شود، معادل ۱ تا ۳ درصد کل نیتروژن خاک است. به‌علاوه اطلاعات امروز به ما می‌گوید که بیش از ۴۰٪ نیتروژن خاک به‌صورت ترکیبات اسید آمینه، قندهای آمینه و

کمپلکس‌های پورین[۲] و پریمیدن[۳] است. این مواد به‌سرعت در خاک تجزیه می‌شوند ولی مواد آلی خاک با مقایسه با این ترکیبات بسیار مقاوم اند (سالاردینی، ۱۳۸۲).

۲-۹-۴- نقش نیتروژن در گیاه

گیاهان مانند هر موجود زندهٔ دیگری برای نمو و تولید مثل خود نیاز به نیتروژن دارند. نیتروژن در قسمتی از تمام ترکیبات پروتئینی، تمام آنزیم‌ها، ترکیبات حد واسط متابولیسمی، ترکیباتی که در ساخت مواد و انتقال انرژی و حتی در ساختمان دی‌اکسی‌ریبونوکلئیک اسید که انتقال خواص ارثی را به عهده دارد، موجود است.

بیشتر نیتروژن در گیاه به‌صورت آلی و به شکل پروتئین است. پروتئین موجود در هر سلول ممکن است به صورت آنزیم، نوکلئوپروتئین و کروموزم باشد. بنابراین پروتئین نقش فعال کننده و واسطه فعالیت‌های گیاهی را دارد و همچنین خود گردانندهٔ متابولیسم گیاهی است. پروتئین به مقدار زیاد در بذر گیاهان یافت می‌شود که در موقع جوانه زدن هیدرولیز شده و برای ساخت پروتئین‌های جدید در گیاه جوان به کار می‌رود. نیتروژن غیر از آنکه به صورت پروتئین است قسمتی از ترکیب سبزینه گیاه هم می‌باشد و برای کربن گیری ضرورت کامل دارد. نیتروژن در هورمون‌های گیاهی، حامل‌های انرژی تنفس و آدنوزین‌تری فسفات موجود است (ملکوتی و همایی، ۱۳۷۳).

۲-۹-۵- علائم کمبود نیتروژن

چون نیتروژن جزء مهمی از مولکول کلروفیل را تشکیل می‌دهد و بدون نیتروژن حلقه‌های پرفینی، چهار طرف مولکول کلروفیل تشکیل نخواهد شد، بنابراین اولین تظاهرات کمبود نیتروژن رنگ‌پریدگی

۱- Hexosamines

۲- Purine

۳- Pyrimidine

برگ‌ها ست. برگ‌ها معمولاً رنگ روشن، سبز مایل به زرد و زرد روشن پیدا می‌کنند و این به علت عدم تشکیل کلروفیل است. در کمبود نیتروژن همچنین برگ‌ها کوچک، ساقه و شاخه‌ها لاغراند و معمولاً با زاویه کوچکی نسبت به ساقه اصلی می‌ایستند. شاخه‌های جانبی معمولاً کم تشکیل می‌شود و زردی برگ زیرین زودتر ظاهر می‌شود (سالاردینی، ۱۳۸۲).

۲-۹-۶- کودهای نیتروژنه

از آنجا که نیتروژن نقشی چشمگیر را در تولید فرآورده‌های کشاورزی ایفا می‌نماید، گزینش راستین نوع و مقدار کودهای حاوی این عنصر برای رسیدن به بالاترین سطح تولید الزامی است. کودهای نیتروژنه عمده به دو گروه آلی و شیمیایی تقسیم می‌شوند. مواد آلی طبیعی منشاء گیاهی و یا حیوانی داشته؛ و نقش آنها در اصلاح فیزیکی خاک‌ها به مراتب افزون بر اهمیت آنها در تغذیه گیاهی می‌باشد (ملکوتی و همایی، ۱۳۷۳).

۲-۹-۷- اوره

اوره یک ترکیب آلی است که اولین با در ادرار موجودات توسط شیمیدان فرانسوی به نام هیلاری رولی[۱] مشاهده گردید؛ و نیز اولین ترکیب آلی است که به صورت مصنوعی از مواد غیر آلی توسط شیمیدان آلمانی فریدریش ولر[۲] تولید شده است. و این یک رویداد مهم در تاریخ علم شیمی محسوب می‌شود. از این رویداد به عنوان یک تعدیل برای این تصور که "تفاوت های اساسی بین ماده آلی و معدنی وجود دارد" کمک گرفته‌اند. اوره، در بدن انسان بخش مهمی از سیستم متابولیک را تشکیل می‌دهد و وظیفه اصلی آن این است که به‌عنوان حامل مواد زائد نیتروژن عمل می‌کند (بی‌نام، ۲۰۰۴).

۱- Hialire Rouele ۲- Friedrich Wohler

۲-۹-۸- کاربردهای مختلف اوره

اوره به‌طور کلی اشاره به یک ترکیب شیمیایی آلی است که به طور معمول در ادرار پستانداران یافت می‌شود. استفاده و کاربردهای بسیار مختلفی برای آن وجود دارد، مانند خوراک دام، چسب، کود، محصولات تجاری و تولید رزین. به این خاطر به‌طور گسترده در بسیاری از نقاط در حال توسعه جهان استفاده می‌شود و در بازار بین‌المللی با توجه به تولید ارزان و هزینه‌های پایین حمل و نقل آن، باعث محبوبیت بسیار اوره شده است. رایج‌ترین کاربرد اوره، استفاده از آن به‌عنوان یک کود است. بیش از ۹۰ درصد از تولید کل اوره در جهان برای تولید محصولات مرتبط با کود صورت می‌گیرد - (بی‌نام، ۲۰۰۴).

۲-۹-۹- کود اوره

اوره $[CO(NH_2)_2]$، یک جامد کریستالی سفید حاوی ۴۶ درصد نیتروژن بوده، و بیشترین غلظت نیتروژن را در میان کودهای نیتروژنه به خود اختصاص داده است، و خاصیت اسیدزایی چندانی ندارد (اُوردال و همکاران، ۲۰۰۸). به طور گسترده در صنعت کشاورزی به عنوان یک افزودنی خوراک دام و کود در سراسر جهان استفاده می‌شود به عنوان مثال $۶۷/۷\times۱۰^{۹}$ (کیلوگرم در سال) اوره در سال ۲۰۰۹ مورد استفاده قرار گرفته است (IFA، ۲۰۱۰). به‌صورت تجاری، کود اوره را می‌توان به عنوان Prills و یا یک ماده دانه‌ای خریداری کرد. دانه‌های کود اوره، امروزه بزرگتر و سخت‌تر و نیز مقاومت بیشتر در برابر رطوبت نسبت به گذشته دارند. درنتیجه، اوره گرانول، ماده مناسبی برای تولید مخلوط کودی می‌باشد (اُوردال و همکاران، ، ۲۰۰۸).

۲-۹-۹-۱- مزایای استفاده از کود اوره

اوره دارای مزایای متعددی نسبت به سایر کودها می‌باشد از جمله ۱- اوره را می‌توان به‌عنوان یک ماده جامد و یا محلول در آب، به خاک اضافه کرد؛ ۲- قابل استفاده در محلول پاشی؛ ۳- غلظت بالای

نیتروژن در آن؛ ۴- احتمال کم انفجار و آتش‌سوزی آن؛ ۵- نگهداری و حمل و نقل آسان‌تر آن نسبت به نیترات آمونیوم؛ ۶- هزینه کمتر آن نسبت به سایر کودها از جمله سولفات آمونیوم سبب گردید که بیشتر از آن استفاده شود (اُوردال و همکاران، ، ۲۰۰۸.؛ سرنوسیلوا و همکاران، ۲۰۱۱).

۲-۹-۹-۲- معایب کود اوره

زیادی مصرف کودهای شیمیایی، از جمله اوره، پاره‌ای از خواص فیزیکی خاک‌ها را نامطلوب کرده، نسبت C/N خاک را برهم زده و عملیات کشاورزی را در آنها با دشواری مواجه می‌سازد (ملکوتی و همایی، ۱۳۷۳)، و نیز کود اوره به‌عنوان یک آلاینده زیست محیطی شناخته شده است. استفاده نادرست از آن منجر به گرم شدن کره زمین (بومن و همکاران، ۲۰۰۲) و آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی شده و این امر سبب کاهش تنوع زیستی بخصوص در زیستگاه‌های حساس می‌شود، و در نهایت سلامتی انسان را تحدید می‌کند (سوتن و همکاران، ۲۰۰۸.؛ EPA، ۲۰۱۱).

۲-۹-۹-۳- بهترین ترکیب اوره برای استفاده

اگر کود اوره بر روی سطح خاک برای مدت طولانی در آب و هوای گرم باقی بماند، تصعید شده و به اتمسفر انتقال می‌یابد (اُوردال و همکاران، ، ۲۰۰۸)، زیرا اوره به آسانی قابل هیدرولیز توسط آنزیم اوره‌آز است و منجر به افزایش pH خاک در اطراف گرانول کود می‌شود (چاین و همکاران، ۲۰۰۹). میزان کاهش آمونیاک (NH_3) به‌موارد مختلفی بستگی دارد از جمله pH، ظرفیت بافری، دما و میزان رطوبت خاک و می‌تواند در حضور باقیمانده‌های گیاهی که منجر به افزایش فعالیت آنزیم آوره‌آز خاک می‌شوند، افزایش یابد (رودریگزسوآر و همکاران، ۲۰۱۲). و نیز اگر در نزدیکی بذر به خاک داده شود، آمونیاک حاصله صدماتی را به بوته‌های جوان وارد خواهد کرد. بهترین روش استفاده از کود اوره مخلوط کردن آن با خاک ضمن انجام عملیات خاکورزی؛ همچنین مخلوط کردن آن با خاک از طریق

آب آبیاری می‌باشد. بارندگی کمتر از ۰/۲۵ اینچ کافی است تا ترکیب اوره به عمقی برسد که در آن تلفات آمونیاک رخ ندهد (اُوردال و همکاران، ، ۲۰۰۸).

۲-۱۰- ورمی‌کمپوست

مدت زمان طولانی است که از کودهای غیرآلی برای افزایش عملکرد گیاهان در سراسر جهان استفاده می‌شود. استفاده شدید از مواد شیمیایی در کشاورزی، به یک نگرانی زیست محیطی تبدیل شده است و با توجه به اثر آنها بر روی میکرو اورگانیسم‌های خاک، منجر به اختلال در حاصلخیزی خاک گردیده است (آراخو و همکاران، ۲۰۰۳؛ پال و همکاران، ۲۰۰۵). مطالعات نگو و همکاران (۲۰۱۲) نشان داده که کاربرد کودهای غیر آلی می‌تواند اثرات منفی بر خاک بگذارد، مانند اسیدی شدن، افزایش تلفات آبشویی،کاهش مواد آلی و نیز کاهش جوامع میکروبی خاک. جایگزین کردن کودهای غیر آلی و اصلاح خاک با مواد آلی به شکل کمپوست، منجر به کاهش این اثرات منفی می‌شود. کمپوست‌ها مواد آلی هستند که مزیت آنها در ثبات و همگن بودن آنها است. نتایج مطالعات درمورد افزایش کمپوست به خاک نشان می‌دهد که کمپوست باعث بهبود حاصلخیزی خاک (کاراواکا و همکاران، ۲۰۰۲)، تغذیه گیاه و پوشش گیاهی می‌شود (لارجویک و همکاران، ۲۰۰۵). علاوه بر این، می‌تواند توابع دیگر خاک را مانند هدایت هیدرولیکی (کلیک و همکاران، ۲۰۰۴)، ثبات خاکدانه و مقاومت در برابر فرسایش (برسن و همکاران، ۲۰۰۱) را بهبود ببخشد.

توانایی برخی از کرم‌های خاکی برای مصرف و تجزیه طیف گسترده‌ای از ضایعات آلی، مانند لجن فاضلاب، زباله‌های حیوانی، باقیمانده‌های محصولات و زباله‌های صنعتی به خوبی شناخته شده است (آرانکون و ادواردز، ۲۰۰۵). ورمی کمپوست حاوی بسیاری از مواد مغذی قابل استفاده برای گیاه مانند نیترات، فسفات، کلسیم و پتاسیم محلول است (آرانکون و ادواردز، ۲۰۰۵). ورمی‌کمپوست روند مربوط به کمپوست شدن می‌باشد که می‌تواند استفاده مفید از زباله‌های آلی را بهبود ببخشد. این فرآیند یک فرایند غیر گرمادوست می‌باشد که طی آن مواد آلی توسط کرم‌های خاکی و

میکرواورگانیسم‌ها تبدیل می‌شود به خاکی به اصطلاح غنی شده با فعالیت‌های میکروبی که در دسترس بودن مواد مغذی در آن تا حد زیادی افزایش یافته است.

در دیدگاه مهندسی محیط زیست، کرم‌های خاکی اپی‌جی می‌تواند برای تبدیل مواد آلی طی فرآیند کمپوست شدن مورد استفاده قرار گیرند. این تکنیک را ورمی‌کمپوست شدن می‌نامند. مزیت حضور کرم‌های خاکی اپی‌جی در طی فرایند کمپوست شدن، سبب شده خصوصیات فیزیکی، بیوشیمیایی و درصد مواد مغذی، کمپوست حاصله نسبت به کمپوست تولید شده به صورت سنتی بهبود یابد (پرامانیک و همکاران، ۲۰۰۷؛ نگو و همکاران، ۲۰۱۱). ورمی‌کمپوست از تسریع تخریب بیولوژیکی زباله‌های آلی توسط کرم‌های‌خاکی و میکرواورگانیسم‌ها مشتق می‌شود. کرم‌های خاکی با مصرف تکه‌های زباله‌های آلی و تبدیل آن به ذرات کوچکتر از طریق عبور از سنگدان و استخراج مواد مغذی آنها توسط میکرواورگانیسم‌هایی صورت می‌گیرد که در بدن آنها رشد می‌کند. این فرآیند تسریع تجزیه مواد آلی، تغییر خواص فیزیکی و شیمیایی مواد، منجر به اثر هوموسی شدن[۱]، می‌شود که در آن ماده آلی ناپایدار به طور کامل اکسید شده و تثبیت می‌شود (آلبانل و همکاران، ۱۹۸۸.؛ اورازکو و همکاران، ۱۹۹۶). محصول نهایی، معمولا به عنوان ورمی‌کمپوست شناخته شده، که تا حد زیادی از طریق خرد شدن مواد مادری آلی توسط کرم‌های خاکی و کلونیزاسیون با شن توسط میکرو اورگانیسم‌ها هومیک شده است (ادواردز، ۱۹۹۸).

ورمی‌کمپوست، موادی پیت مانند، بسیار ریز با تخلخل بالا، هوادهی، زهکشی، ظرفیت نگهداری آب بالایی می‌باشند (آرانکون و ادواردز، ۲۰۰۵). آنها تا حد زیادی سطح ویژه را افزایش می‌دهند ارائه میکروسایت‌های بیشتر برای موجودات میکروبی تجزیه کننده، افزایش قدرت جذب، و حفظ مواد مغذی (آرانکون و همکاران، ۲۰۰۳). تحریک رشد مستقیم باکتری های محرک رشد گیاه (PGPR)[۲] و باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن (هان و همکاران، ۲۰۰۵)، انحلال مواد مغذی (رودریگز و فراگا،

۱- Humification

۲- Plant Growth Promoting Rhizobacteria

۱۹۹۹)، تولید هورمون‌های رشد ۱-آمینو-سیکلوپروپان-۱-کربوکسیلات (ACC)، دآمیناز (کریا و همکاران، ۲۰۰۴)، و به‌طور غیر مستقیم مبارزه با قارچ‌های پاتوژن از طریق تولید سیدروفورها، آنزیم کتیناز، آنتی‌بیوتیک‌ها، رنگدانه‌های فلوروسنتو سیانید است (هان و همکاران، ۲۰۰۵).

۲-۱۰-۱- تغییرات خصوصیات خاک در پاسخ به کاربرد ورمی‌کمپوست

بهبود رشد و عملکرد محصولات به عمل آمده در گلخانه و مزرعه که خاک آنها با ورمی‌کمپوست اصلاح شده است، را می‌توان به عوامل متعددی نسبت داد.

اولاً ورمی‌کمپوست‌ها با کمک به بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی بسترهای کشت گلخانه‌ای و یا خاک مزرعه منجر به رشد بهتر گیاه می‌شوند. به‌عنوان مثال: ترکیب کود ورمی‌کمپوست با محیط کشت MM360[1]، تخلخل کل، تخلخل تهویه‌ای، pH و غلظت آمونیوم را به‌طور قابل توجهی کاهش داد و در مقابل افزایش قابل توجه وزن مخصوص ظاهری، ظرفیت تبادل کاتیونی، هدایت الکتریکی، و فعالیت بالای میکروبی به علاوهٔ غلظت بالای نتیرات را به همراه داشت (عطیه و همکاران، ۲۰۰۱). عطیه و همکاران (۲۰۰۱)، بیان داشتند که تغییرات pH گزارش شده با نتایج کار تایلر و همکاران (۱۹۹۳)، دارای تضاد است؛ این شخص گزارش کرد که pH محیط کشت در پاسخ به افزایش مقدار کمی کمپوست به آن افزایش یافت. هدایت الکتریکی، عصاره اشباع از جمله خصوصیات شیمیایی خاک است که حضور املاح مربوط می‌شود. مطالعات انجام شده یک افزایش خطی را بین هدایت‌الکتریکی و افزایش استفاده ورمی‌کمپوست نشان می‌دهد (عطیه و همکاران، ۲۰۰۱). نتایج تحقیق آذرمی و همکاران (۲۰۰۸)، نشان داد که استفاده ۱۵ تن بر هکتار از ورمی‌کمپوست منجر به افزایش قابل توجه کربن آلی، و عناصر پتاسیم، کلسیم، فسفر، نیتروژن، مس روی و منگنز شده است. خاک‌های تیمار شده با ورمی‌کمپوست میزان هدایت‌الکتریکی بیشتری‌نسبت

۱- Metro-Mix 360

به تیمارهای بدون ورمی‌کمپوست را دارا می‌باشد. علاوه بر این ورمی‌کمپوست در خاک منجر به کاهش pH شده است (آذرمی و همکاران، ۲۰۰۸).

دلیل این کاهش pH را می‌توان تولید CO_2 و NH_4^+ و اسیدهای آلی در طی متابولیسم میکروبی در ورمی‌کمپوست دانست که منجر به کاهش pH می‌شود (آلبانل و همکاران، ۱۹۸۸). خواص فیزیکی مانند جرم مخصوص ظاهری و تخلخل کل با استفاده از ورمی‌کمپوست بهبود یافته است. آزرمی و همکاران (۲۰۰۸)، گزارش کردند که افزایش تخلخل مربوط به افزایش منافذ در بازه ۳۰ تا ۵ میکرون و ۵۰ تا ۵۰۰ میکرون و کاهش منافذ بزرگتر از ۵۰۰ میکرون است.

ردی و ردی (۱۹۹۹)، گزارش کردند که افزایش قابل توجهی در میزان عناصر کم مصرف در خاک مزرعه پس از کاربرد ورمی‌کمپوست نسبت به خاک های تیمار شده با کود دامی به‌دست آمده است. در آزمایشات دیگر کاهش قابل توجه نیتروژن در خاک در مقایسه با خاک‌های اصلاح شده با ورمی‌کمپوست را نشان می‌دهد. دلیل آن ممکن است به دلیل وجود مقادیر زیاد کربن و نیتروژن در کود ورمی‌کمپوست باشد که می‌تواند یک منبع بزرگ نیتروژن برای معدنی شدن محسوب گردد (آرانکون و همکاران، ۲۰۰۳؛ سرینیواس و همکاران، ۲۰۰۰). و نیز میزان فسفر و پتاسیم قابل درسترس افزایش یافته است (آرانکون و ادواردز، ۲۰۰۵).

آزمایشات مزرعه‌ای در دانشگاه ایالتی اوهایو (آرانکون و همکاران ۲۰۰۳)، نشان دادند که خاک تیمار شده با ورمی‌کمپوست و کودهای شیمایی به میزان توصیه شده در کشت گوجه فرنگی منجر به افزایش در مقدار کل نیتروژن، یون ارتوفسفات، فعالیت آنزیم دهیدروژناز و زیست توده میکروبی نسبت به تیمارهای کودهای شیمیایی شده است. در آزمایشات مشابه بر روی گیاه فلفل، نشان دادند میزان زیست توده میکروبی، نیتروژن، یون ارتوفسفات در خاک تیمار شده با ورمی‌کمپوست به همراه کودهای شیمیایی در مقایسه با تیمار کودهای شیمیایی افزایش داشت. درخاکهای زیر کشت توت فرنگی؛ میزان کل نیتروژن قابل استخراج، بیومس میکروبی و میزان نیتروژن غیر محلول آلی از لحاظ آماری بین همه تیمارها در پایان دوره رشد توت فرنگی مشابه بودند اما یون ارتوفسفات در خاک

تیمار شده با ورمی‌کمپوست بیشتر از خاک تیمار شده با کود معدنی به‌دست آمد. ماهسیوراپپا و همکاران (۱۹۹۹)، گزارش کردند افزایش در میزان کربن آلی و بهبود در pH خاک کاهش جرم مخصوص ظاهری، بهبود تخلخل خاک، ظرفیت نگهداری آب در خاک و نیز افزایش جمعیت میکروبی و افزایش فعالیت دهیدروژناز پاسخی بود به کاربرد تیمار ورمی‌کمپوست در خاک. ورمی‌کمپوست یا کمپوست شدن توسط کرم خاکی میزان پاتوژن‌ها را در مدت زمان کوتاه‌تری از کمپوست تولید شده به صورت سنتی کاهش می‌دهد و سبب تسریع در تجزیه مواد آلی با حفظ مواد مغذی آن می‌شود و ورمی‌کمپوست برای اصلاح خاک ایده‌آل خواهد بود (فیلد و همکاران، ۲۰۰۴).

۲-۱۰-۲- اثر ورمی‌کمپوست بر رشد محصولات زراعی و باغی:

تعدادی از مطالعات مزرعه‌ای نشان داده که استفادهٔ بسیار کم از ورمی‌کمپوست در مزرعه اثرات مثبتی بر رشد گیاهان داشته است. در شرایط ثابت کاربرد ورمی‌کمپوست در مقایسه با عدم استفاده از آن سبب بهبود رشد گیاه می‌شود (آرانکون و ادواردز، ۲۰۰۵). در یک آزمایش مزرعه ای با کاربرد مخلوط پوست کاساوا[۱] و برگ گواوا[۲] به‌همراه ورمی‌کمپوست مرغی منجر به افزایش بیومس ساقه و عملکرد دانه درگیاه لوبیا چشم بلبلی شد (آرانکون و ادواردز، ۲۰۰۵). تجزیه و تحلیل خاک بعد از کاربرد ورمی‌کمپوست، نشان می‌دهد که خصوصیات فیزیکی و بیوشیمیایی خاک بهبود یافته است. نتایج به‌دست آمده از کاربرد ورمی‌کمپوست درباره‌ی انگور (گونه Chardonnay)، بیانگر افزایش عملکرد این گیاه بود. این افزایش عملکرد شامل افزایش اندازه‌ی خوشه، وزن و تعداد خوشه، بدون هیچگونه کاهش در عطر و طعم آن است (باکرفیل و وبستر، ۱۹۹۸).

در آزمایشات دیگر وبستر نشان داد که کاربرد یک بار ورمی‌کمپوست برای انگور بعد از ۵ سال، هنوز اثرات مثبت آن بر عملکرد قابل مشاهد است.

۱- Cassava Peel

۲- Guava Leaves

ولی ونکاتش و همکاران (۱۹۹۹) گزارش کردند که عملکرد انگور بی هسته با کاربرد ورمی‌کمپوست کاهش یافته است و کود غیر آلی را برای افزایش عملکرد توصیه می‌کند.

در برخی از آزمایشات مزرعه‌ای اصلاح خاک با ورمی‌کمپوست، به همراه کاربرد کودهای غیر آلی توصیه می‌شود. اعمال ۱۲ تن بر هکتار ورمی‌کمپوست با خاک مزرعه همراه با ۱۰۰ درصد یا ۷۵ درصد از میزان کود غیرآلی توصیه شده، منجر به افزایش عملکرد گیاه بامیه (*Abelmoschus esculentus* Moench)گردید (یاشاکاماتری و همکاران ۱۹۹۹). خاک اصلاح شده با ورمی‌کمپوست، به میزان ۲ کیلوگرم برای هر بوته، به همراه ۷۵ درصد از میزان کودهای شیمیایی برای تولید ساقه موز توصیه شده است. کاربرد مخلوط ورمی‌کمپوست با ۵۰ درصد از میزان توصیه شده کودهای شیمیایی در خاک مزرعه سبب افزایش عملکرد گوجه فرنگی می‌شود (کولت و همکاران، ۱۹۹۹).

به گزارش.آرانکون و ادواردز (۲۰۰۵)، افزایش عملکرد برنج، پس از اصلاح خاک با ورمی‌کمپوست همراه با کود شیمیایی، به‌دست آمد. بیشترین عملکرد آفتابگردان (*Hilianthus annuus* L.) پس از اصلاح خاک با ۵۰ درصد از میزان کودهای شیمیایی توصیه شده و ۵ الی ۱۰ تن بر هکتار ورمی‌کمپوست به‌دست آمده است (دوی و همکاران، ۱۹۹۸). عملکرد و تولید نخود (*Pisum sativum*) پس از اصلاح خاک با ۱۰۰ درصد از میزان توصیه شده کودهای شیمیایی در ترکیب با ورمی‌کمپوست تولید شده از کودهای کشاورزی به میزان ۱۰ تن بر هکتار، افزایش یافت (راماچاندرا و همکاران، ۱۹۹۸). آرانکون و ادواردز (۲۰۰۵)، نشان دادند که استفاده از ورمی‌کمپوست، در مزرعه‌های گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum*) و فلفل (*capsicum anuum grossum*) به میزان ۲۰ تن بر هکتار و ۱۰ تن بر هکتار در سال ۱۹۹۹ و کاربرد به میزان ۱۰ تن بر هکتار و ۵ تن بر هکتار در سال ۲۰۰۰ میزان رشد و عملکرد این گیاهان در مقایسه با تیمارهای که فقط کودهای شیمیایی دریافت کرده اند، افزایش قابل توجهی را موجب گردید.

۲-۱۱- آهن

تغذیه نقش اساسی در سلامت افراد جامعه دارد. اگر محصولات کشاورزی قادر به تأمین مقدار کافی غذا با تنوع مناسب جهت برطرف کردن نیاز انسان نباشد، افراد دچار نارسایی‌های تغذیه‌ای شده، و جامعه آسیب خواهد دید. متأسفانه در حال حاضر به دلیل فشار جمعیت، بخش کشاورزی قادر به تأمین مقدار کافی عناصر غذایی به ویژه عناصر کم‌مصرف مورد نیاز انسان‌ها نمی‌باشد. این مشکل سبب گسترش چشمگیر کمبود عناصر غذایی کم‌مصرف (شامل آهن، روی، و...) شده است. از جمله پیامد کمبود آهن، کم خونی، مشکلات بارداری، کاهش رشد، کاهش مقاومت در برابر بیماری‌های عفونی، تغییر انرژی غذا و اختلال در توسعه ساختار عصبی را می‌توان بر شمرد (خوشگفتارمنش، ۱۳۸۹).

۲-۱۱-۱- آهن در خاک

مقدار آهن در سنگ مادر بیش از سایر عناصر غذایی است. مقدار آهن در خاک بر حسب پی‌پی‌ام ۱۰۰۰۰۰-۱۰۰۰۰ و در پوسته زمین ۵۶۰۰۰ می‌باشد. از کانی‌های مهم آهن‌دار در خاک می‌توان به هماتیت (Fe_2O_3)، ژئوتیت ($FeOOH$)، پیریت (FeS_2) و اُلیوین ($(Mg,Fe)SiO_4$) اشاره کرد. علاوه بر کانی‌های ذکر شده، آهن در رس‌های آلومینوسیلیکاتی مانند ایلیت، ورمیکولیت، کلریت و کمپلکس‌های مواد آلی خاک نیز دیده می‌شود (سالاردینی، ۱۳۸۲).

قابلیت جذب آهن در خاک‌ها تحت تأثیر pH قلیایی، عدم تهویه کافی و پیدایش مقدار زیاد یون بیکربنات و نبودن مواد آلی کافی، به‌شدت کاهش می‌یابد و در این شرایط کمبود آهن ظاهر می‌شود. عامل اصلی برای کاهش حلالیت، اکسید آهن سه ظرفیتی و محدودیت جذب آهن توسط سلول‌های سیتوزول ریشه محتوای بالای یون بیکربنات در خاک‌های آهکی شناخته شده (ربهی و همکاران،

۲۰۰۷). شرایطی که موجب افزایش محلولیت آهن خاک می‌شود عبارتند از تهویه خاک، افزایش کودهای آلی و سبز، عدم مصرف آب‌های حاوی بیکربنات و مصرف کودهای آهن‌دار.

۲-۱۱-۲- آهن در گیاه

آهن در آنزیم سیتوکروم که ترکیب هماتینی و پروتئینی است و برای تنفس و عملیات اکسید و احیا در گیاه ضرورت کامل دارد، دیده می‌شود. در ساخت کلروفیل ابتدا ترکیبات هم (HAEM) ساخته می‌شود که مولکول آن، کاملاً شبیه ملکول کلروفیل است، با این تفاوت که بجای منیزیم در هسته مرکزی آن، آهن نشسته است. جابه‌جایی آنزیمی این دو فلز، کلروفیل را می‌سازد (سالاردینی، ۱۳۸۲).

۲-۱۱-۳- علائم کمبود آهن

علامت اصلی کمبود آهن زردی و یا کلروز است. از آنجا که آهن عنصری غیر پویا است، این زردی معمولاً در برگ‌های جوان دیده می‌شود. رنگ پریدگی معمولاً بین رگبرگ‌ها بوده و خود رگبرگ‌ها سبز باقی می‌ماند و رگبرگ‌ها به صورت شبکه سبز در زمینهٔ زرد ظاهر می‌شود (سالاردینی،۱۳۸۲).

۲-۱۱-۴- تأثیر آهن بر رشد گیاهان زراعی و باغی

یکی از عناصر غذایی‌ضروری کم‌مصرف که نقش مهمی در افزایش تولید و کیفیت محصول بازی می‌کند، عنصر آهن است (صالح، ۱۳۸۷). از آنجا که عنصر آهن، یکی از مهمترین عناصری است که در متابولیسم نیتروژن و درنتیجه افزایش سطح برگ گیاه نقش دارد، پس می‌توان انتظار داشت که با اعمال تیمار آهن در گیاهانی که علایم کمبود این عنصر را نشان می‌دهند، پروتئین‌سازی افزایش یابد. کلباسی (۱۹۸۶)، نشان دادند که با اضافه کردن اسید به حجم محدودی از خاک و خنثی شدن کربنات کلسیم موجود، علایم زردی آهن برطرف شد. والاس‌و مولر (۱۹۸۷)، نیز گزارش کردند که اگر خاک محل تجمع ریشه را با خاک دارای میزان کم کربنات کلسیم جایگذاری کنند،

کمبود آهن و نشانه‌های آن رفع خواهد شد. همچنین هورش و همکاران (۱۹۹۱)، دریافتند که کاربرد سولفات آهن در حجم کوچکی از خاک موجب رفع زردی آهن در درختان مرکبات می‌شود. نتایج بررسی رحیمی و مظاهری (۱۳۸۷)، بر روی ذرت نشان داد که فراهم آوری عنصر آهن موجب افزایش خصوصیات ارتفاع گیاه ذرت، شاخص سطح برگ، شاخص برداشت، طول بلال، قطربلال، تعداد دانه در ردیف بلال، وزن هزاردانه، عملکرد در واحد سطح و میزان پروتئین دانه گردید. کمرکی و گلوی (۱۳۹۱)، گزارش کردند که استفاده از آهن منجر به افزایش ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی در گیاه گلرنگ شده، و نیز وزن هزار دانه را افزایش داده است. پنج‌تن‌دوست و همکاران (۱۳۸۹) بیان داشتند که با مصرف خاکی آهن در بادام زمینی‌هایی که دچار کمبود آهن بودند، مقدار عناصر پتاسیم، کلسیم، منگنز، و روی در اندام هوایی افزایش و مقدار فسفر آن کاهش یافته است. مصرف آهن در خاک‌های آهکی، علاوه بر اثر گذاری روی غلظت دیگر عناصر در گیاه، شاخص‌هایی از جمله مقدار روغن و پروتئین دانه بادام‌زمینی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. پنج‌تن‌دوست و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که مصرف آهن در خاک‌هایی با اسیدیته بالا، مقدار نیتروژن، گوگرد و پتاسیم را در بادام‌زمینی به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد که درنتیجه آن مقدار پروتئین و روغن دانه نیز افزایش می‌یابد. کمرکی و گلوی (۱۳۹۱) نشان داد که بیشترین میزان عملکرد بیولوژیکی گیاه گلرنگ در تیمار محلول پاشی آهن به‌دست آمده است. عناصر ریزمغذی بر وزن هزار دانه و عملکرد دانه گیاه گلرنگ تأثیر بسزایی دارند (سینگ و همکاران، ۱۹۹۶). پنج‌تن‌دوست و همکاران (۱۳۸۹)، گزارش کردند که مصرف آهن منجر به افزایش در مقدار پروتئین و روغن گیاه بادام‌زمینی می‌شود؛ که علت این امر می‌تواند ناشی از بالاتر بودن شاخص سطح برگ در تیمار های استفاده شده آهن دانست. نتایج مرشدی و همکاران (۲۰۰۱) و بای‌بوردی و همکاران (۲۰۰۱) و نیز حاکی از وجود اثرات مثبت عناصر ریزمغذی مصرفی بر درصد روغن دانه در نباتات روغنی می‌باشد. ماسونی و همکاران (۱۹۹۶)، در ایتالیا اثر کمبود آهن و منگنز را روی آفتابگردان، ذرت و جو مورد بررسی قرار دادند و مشاهده کردند کمبود این عناصر غلظت کلروفیل را در برگ کاهش داده و درنتیجه عملکرد کاهش یافته است.

بهاری و همکاران (۱۳۸۴)، در آزمایشات خود نشان دادند که استفاده از کود سولفات‌آهن موجب می‌گردد، وزن صد دانه در گیاه نخود افزایش یابد و نیز افزایش میزان استعمال کود آهن بر عملکرد ماده خشک گیاه نخود افزوده است. ملکوتی و سمر (۱۳۷۷)، مشاهده کردند که با مصرف سولفات آهن به روش چالکود، نشانه‌های زردی آهن در درختان سیب مرتفع شد. ابراهیمیان و همکاران (۱۳۸۹)، نشان دادند که کودهای ریز مغذی آهن و روی بر روی صفت قطر طبق آفتابگردان تأثیر گذار بوده است. نتایج بدست آمده از آزمایشات میرزاپور و همکاران (۱۳۸۳) نیز حاکی از اثر مثبت مصرف ریز مغذی بر تعداد دانه در طبق آفتابگردان می‌باشد. طی آزمایشی دو ساله توسط کالیسکن و همکاران (۲۰۰۸)، کاربرد آهن تأثیر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ سویا در مرحله‌ی گلدهی نداشت. طی آزمایشات گلدانی در گیاهان ذرت و آفتابگردان مشخص گردید که کمبود آهن سبب کاهش وزن خشک برگ، سطح برگ، غلظت آهن و کلروفیل می‌گردد. همچنین ثابت شده است که ذرت در مقابل آفتابگردان نسبت به کمبود آهن حساس‌تر است (ماریوتی و همکاران، ۱۹۹۶). همچنین کاربرد آهن روی اندام هوایی ژنوتیپ‌های مختلف سویا نشان داد که کاربرد آهن سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی در سه رقم بلک‌هاک، الجین و آ-۳۲۳۷ شد (قاسمی‌فسایی و همکاران، ۱۳۸۵). بررسی کاربرد آهن در گیاه آفتابگردان در شرایط تنش شوری نشان داد که تعداد برگ غیر فعال، طول ساقه و میان‌گره و تعداد دانه در طبق افزایش یافت (شریعتمداری و همکاران، ۱۳۸۹).

فصل سوم

مواد و روش‌ها

۳-۱- زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش

آزمایش در سال ۱۳۹۱ در مزرعه‌ای واقع در شهرستان دره‌گز با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه ۰۴ دقیقه شرقی از نصف النهار گرینویچ، انجام شده است. میانگین ارتفاع منطقه از سطح دریا ۵۱۴ متر است. ناحیه مورد مطالعه به دلیل موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی (قرار گرفتن بین ارتفاعات کپه‌داغ، هزار مسجد در جنوب و کویر قره‌قوم در شمال) داری آب‌و هوای متغیر و متنوعی است. این ناحیه از سمت شمال تحت تأثیر هوای گرم و خشک کویری قره‌قوم و از طرف جنوب از هوای ملایم و مرطوب مدیترانه‌ای متأثر می‌شود متوسط درجه حرارت هوای ناحیه بر اساس آمار ایستگاه‌های موجود ۲۴/۴ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است. منطقه دره‌گز دارای اقلیم معتدل خشک سرد است. بر اساس اطلاعات ثبت شده در ایستگاه هواشناسی دره‌گز، درشش ماۀ اول سال زراعی ۹۱-۹۰ مجموع بارندگی در این منطقه ۲۲ میلی‌متر و میانگین حداقل و حداکثر دمای روزانه به ترتیب ۲۱و ۳۹ درجه سانتی‌گراد بوده است.

۳-۲ خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش

نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری در جدول ۳-۱ نشان داده شده است.

۳-۳ مشخصات طرح آزمایشی

آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل استفاده از ورمی‌کمپوست در دو سطح عدم مصرف (V_0)، مصرف ۷ تن بر هکتار (V_1) ورمی‌کمپوست بر اساس توصیه شرکت سازنده و سولفات آهن در دو سطح عدم مصرف (Fe_0) و مصرف ۸۰ کیلوگرم بر هکتار (Fe_1) از منبع سولفات آهن ($FeSO_4.H_2O$) و فاکتور سوم نیتروژن در سه سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار (N_1)، ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار (N_2)، ۲۵۰ کیلوگرم بر

هکتار (N_3) از منبع کود اوره بود. در مجموع در هر تکرار ۱۲ ترکیب تیماری وجود داشت و تعداد کل کرت‌های آزمایشی با مساحت ۱۸ مترمربع (۳×۶)، ۳۶ کرت شد. نقشه کشت در شکل ۳-۱ مشاهده می‌گردد.

جدول ۳-۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

پارامترهای اندازه‌گیری شده		مقدار	واحد
اسیدیته گل اشباع	pH	۷/۷	-
هدایت الکتریکی (عصاره اشباع)	EC	۱/۲	دسی‌زیمنس بر متر
آهن	Fe	۱/۷	میلی‌گرم بر کیلوگرم
نیتروژن (کل)	N	۰/۱۱	درصد
آهک	TNV	۲۹	درصد
ماده آلی	OM	۱/۶	درصد
سولفات محلول	SO_4	۷/۶	میلی‌اکی‌والان بر لیتر
شن	Sand	۱۷/۵	درصد
رس	Clay	۴۰	درصد
سیلت	Silt	۴۲/۵	درصد
بافت خاک	Texture	رس سیلتی (Silty Clay)	-
وزن‌مخصوص‌ظاهری	Bulk Density	۱/۲۶	گرم بر سانتی‌متر مکعب
هدایت هیدرولیکی	K	۰/۲۸	سانتی‌متر بر ساعت
رطوبت اشباع	Saturation	۰/۵۲	سانتی‌متر مکعب آب بر سانتی‌متر مکعب خاک
رطوبت‌ظرفیت‌زراعی	Field Capacity	۰/۳۸	سانتی‌متر مکعب آب بر سانتی‌متر مکعب خاک
نقطه پژمردگی	Wilting Point	۰/۲۲	سانتی‌متر مکعب آب بر سانتی‌متر مکعب خاک

جدول ۳-۲- نتایج تجزیه شیمیایی کود ورمی‌کمپوست

کربنات کلسیم (درصد)	نسبت C/N	pH (عصاره)	pH (Paste)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	پتاسیم (درصد)	نیتروژن (درصد)	فسفر (درصد)	کربن آلی (درصد)
۳۲	۱۲/۵/۱	۷/۸۰	۷/۷۴	۳/۷۹	۰/۵۵	۲/۳۰	۰/۲۲	۲۹

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
تکرار (۱)	V_1 Fe_0 N_1	V_1 Fe_1 N_3	V_0 Fe_1 N_1	V_1 Fe_0 N_2	V_0 Fe_0 N_3	V_1 Fe_1 N_1	V_0 Fe_0 N_2	V_0 Fe_1 N_2	V_1 Fe_1 N_2	V_0 Fe_0 N_1	V_0 Fe_1 N_3	V_1 Fe_0 N_3
تکرار (۲)	V_1 Fe_0 N_1	V_1 Fe_1 N_2	V_0 Fe_0 N_2	V_0 Fe_1 N_2	V_0 Fe_0 N_3	V_0 Fe_1 N_3	V_1 Fe_0 N_2	V_0 Fe_1 N_1	V_1 Fe_1 N_1	V_0 Fe_0 N_1	V_1 Fe_1 N_3	V_1 Fe_0 N_3
تکرار (۳)	V_1 Fe_1 N_2	V_0 Fe_1 N_1	V_1 Fe_0 N_1	V_1 Fe_1 N_1	V_0 Fe_1 N_2	V_0 Fe_1 N_3	V_1 Fe_0 N_2	V_0 Fe_0 N_3	V_1 Fe_0 N_3	V_0 Fe_0 N_1	V_1 Fe_1 N_3	V_0 Fe_0 N_2

شکل ۳-۱- نقشه کاشت طرح آزمایشی

۳-۴- عملیات اجرایی

۳-۴-۱- کاشت

زمین در سال قبل از کاشت به صورت آیش بود. عملیات کاشت آفتابگردان رقم هایسان ۳۳ در تاریخ ۲ اردیبهشت ۱۳۹۱ با دست در عمق ۵-۳ سانتی‌متری و روی پشته انجام شد. آبیاری بلا فاصله در همان روز بعد از کاشت صورت گرفت. در هر کرت آزمایشی ۴ خط کاشت به طول ۶ متر قرار داشت. فاصله بین خطوط ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر انتخاب شد. دو خط کناری به عنوان حاشیه و ۲ خط وسط جهت تعیین پارامترهای آزمایش در نظر گرفته شد.

۳-۴-۲- داشت

آبیاری به صورت جوی و پشته هر ۱۲ روز بر اساس عرف منطقه انجام گردید. مقادیر آب برای تمام تیمارها یکسان بود. پس از استقرار بوته‌ها اقدام به تنک کردن بوته‌های اضافی گردید. طی مرحلهٔ داشت ۶ بار وجین کامل علف‌های هرز به صورت دستی انجام شد.

۳-۴-۳- اعمال تیمارها

تیمار ورمی‌کمپوست در زمان آماده سازی زمین اعمال گردید. تیمار نیتروژن در سه مرحله انجام شد. در مرحله اول یک سوم از مقادیر تیمارها معلوم شده در زمان کاشت به زمین داده شد. یک سوم دیگر در مرحله دوم، زمان ۸ برگی گیاه بود و یک سوم پایانی در مرحله سوم، زمان آغاز گلدهی انجام شد. تیمار سولفات آهن نیز یک باره و در زمان آغاز گلدهی به روش کناری اعمال گردید.

۳-۴-۴- برداشت

برداشت جهت تعیین عملکرد و اجزای عملکرد در تاریخ ۹۱/۶/۱۴ یعنی پس از سپری شدن ۱۳۵ روز از زمان کاشت صورت گرفت. تغییر رنگ از زرد به قهوه‌ای در پشت طبق‌ها کاملاً قابل تشخیص بود.

۳-۵- نمونه برداری

۲۰ روز پس از اعمال آخرین تیمار یک نمونه برداری جهت تعیین سطح برگ و وزن خشک گیاه انجام شد. نمونه برداری دوم نیز جهت تعیین عملکرد و اجزای عملکرد در زمان برداشت انجام شد. برای این منظور دو ردیف کناری و ۶۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان حاشیه حذف شدند. سپس ۲ بوته به صورت تصادفی انتخاب شدند. در هر نمونه برداری قطع بوته‌ها از سطح خاک و از ناحیه طوقه انجام گرفت.

جهت اندازه‌گیری پارامترهای خاکی مدنظر، پس از حذف باقیمانده‌های گیاه از خاک کرت‌های آزمایش (۲ روز بعد از برداشت)، از دو خط کاشت میانی به‌صورت زیگزاگ ۶ نمونه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک برداشت شد و یک نمونه ترکیبی ۱/۵ کیلوگرمی انتخاب شد.

۳-۶- صفات زراعی و فیزیولوژیک

در مجموع طی نمونه‌برداری‌های انجام شده از گیاه اقدام به اندازه‌گیری صفاتی از قبیل وزن خشک طبق، برگ، دمبرگ و ساقه، طول ساقه، قطر ساقه و قطر طبق، سطح برگ، نسبت دانه به پوست، مقدار آب نسبی برگ، عملکرد و اجزای عملکرد گردید.

۳-۶-۱- سطح برگ، وزن خشک طبق، برگ، دمبرگ و ساقه

بوته‌های نمونه گیری شده در نمونه‌برداری به بخش‌های طبق، برگ، دمبرگ و ساقه تفکیک شدند و وزن خشک آنها تعیین گردید. برای این منظور بخش‌های تفکیک شده به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفتند. پس از اعمال زمان لازم، پاکت‌ها به مدت یک ساعت در هوای آزمایشگاه نگهداری شدند تا با محیط به تعادل دمایی برسند و در نهایت با ترازوی حساس به دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند. با استفاده از اندازه‌گیری سطح برگ، شاخص سطح برگ محاسبه گردید. برای این منظور برگ‌های بوته روی کاغذ شطرنجی قرار گرفتند وسطح برگ اندازه گیری شد. بر اساس تعریف واژه شاخص سطح برگ شامل نسبت سطح برگ محصول به سطح زمینی است که محصول روی آن سایه می‌اندازد از آنجا که تشعشع خورشیدی به طور یکنواخت روی سطح زمین پخش می‌شود لذا، LAI[۱] یک معیار تقریبی از مساحت برگ‌ها در واحد سطح است که تشعشع خورشیدی برای آنها قابل دسترس می‌باشد.

۱- Leaf Area Index

۳-۶-۲- ارتفاع بوته

میانگین ارتفاع ۲ بوته اندازه‌گیری از هر کرت به عنوان ارتفاع بوته‌های آن ترکیب تیماری در نظر گرفته شد.

۳-۶-۳- قطر طبق و ساقه

میانگین قطر طبق و ساقهٔ ۲ بوته نمونه‌گیری شده به وسیله کولیس با دقت ۰/۰۲ میلی‌متر، از هر کرت به عنوان قطر طبق و ساقه بوته‌ها آن ترکیب تیماری در نظر گرفته شد.

۳-۶-۴- مقدار آب نسبی برگ (RWC)

جهت تعیین این پارامتر از هر کرت مقدار مشخصی از یک برگ همسن جدا شد و توزین گردید به عنوان وزن تر یادداشت شد و بعد به مدت ۱۲ ساعت در آب مقطر در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و در تاریکی قرار گرفت، سپس وزن اشباع توزین گردید در مرحله سوم نمونه‌ها در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت و وزن خشک آن یادداشت شد و با استفاده از رابطه (۳-۱) محاسبه گردید:

$$RWC = \frac{\text{وزن‌خشک} - \text{وزن‌تر}}{\text{وزن‌خشک} - \text{وزن‌اشباع}} \times 100 \qquad (۳-۱)$$

۳-۶-۵- عملکرد و اجزای عملکرد

از هر کرت آزمایشی تعداد ۷ بوته با در نظر گرفتن حاشیه و به منظور تعیین عملکرد نهایی برداشت گردید. مساحت اشغال شده توسط این ۷ بوته محاسبه و عملکرد نهایی بر حسب مترمربع برآورد گردید. اجزای عملکرد در یک گیاه زراعی مؤلفه‌های میزان تولید نهایی گیاه می‌باشند و در هر گیاه زراعی دارای اجزای خاص خود است. اجزای عملکرد در گیاه آفتابگردان شامل تعداد دانه در طبق، وزن هزاردانه و تعداد طبق در متر مربع می‌باشد که در ۷ بوته برداشت شده اندازه‌گیری شدند.

۳-۷- صفات کیفی

۳-۷-۱- نیتروژن و پروتئین دانه

اندازه‌گیری درصد نیتروژن دانه به روش کجلدال انجام شد. ۱ گرم از دانه خوب آسیاب کرده و به بالن‌های مخصوص کجلدال منتقل گردید. برای عمل هضم ۲۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ و سپس ۷ گرم سولفات سدیم و ۱ گرم سولفات مس (به عنوان کاتالیزور) اضافه گردید. مخلوط حاصل تا بی‌رنگ شدن حرارت داده شد. عمل تقطیر توسط دستگاه کجلدال انجام شد. تیتراسیون با استفاده از اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال به صورت دستی انجام شد. بورات آمونیوم حاصل از مرحله تقطیر توسط این اسید تیتر گردید. حجم اسید مصرف شده برای رسیدن به رنگ ارغوانی در رابطه (۳-۲) قرار گرفت تا درصد نیتروژن دانه به‌دست آید. سپس از طریق ضریب تبدیل پروتئین در گیاه آفتابگردان که ۵/۳۶ (کاشاک، ۱۹۶۹) می‌باشد، با استفاده از رابطه (۳-۳) درصد پروتئین محاسبه شد.

$$\text{درصدنیتروژن} = \frac{0.14 \times A}{\text{وزن‌نمونه}} \qquad (۳-۲)$$

$$\text{درصدپروتئین} = \text{درصدنیتروژن} \times \text{فاکتورپروتئین} \qquad (۳-۳)$$

A = اسید کلریدریک ۰/۱ مولار مصرفی بر حسب میلی‌لیتر

۳-۷-۲- روغن دانه

برای اندازه‌گیری روغن دانه از روش سوکسله استفاده شد. ۵ گرم دانه خوب آسیاب شده داخل کاغذ صافی قرار گرفت سپس کاغذ صافی تا شد و در داخل قسمت استخراج کننده منتقل گردید. دستگاه سوکسله را متصل شد ورودی و خروجی آن کنترل شد. سپس آنقدر حلال غیر قطبی دی‌متیل اضافه گردید تا یک مرتبه از محتویات داخل لوله سوکسله به داخل بالن سیفون شد سپس جریان آب

برقرار گردید و به مدت ۳ ساعت حرارت داده شد، در پایان این زمان کاغذ صافی و نمونه داخل آون خشک گردید و وزن آن به دست آورده شد و درصد روغن از رابطه (۳-۴) محاسبه شد.

$$\text{درصد روغن} = [\text{وزن اولیه} \div (\text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه})] \times ۱۰۰ \qquad (۳-۴)$$

۳-۸- پارامترهای خاکی

۳-۸-۱- اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک

جهت سنجش و اندازه‌گیری این دو پارامتر روش عصاره گل اشباع مورد استفاده قرار گرفت.

۳-۸-۱- ماده آلی (OM%)

روش مورد استفاده در این مطالعه روش والکلی و بلاک[۱] می‌باشد (مگ‌داف و همکاران، ۱۹۹۶).

۳-۸-۳- نیتروژن

درصد نیتروژن به روش کجلدال (۱۹۸۲) اندازه‌گیری شد. که مشابه اندازه‌گیری نیتروژن دانه است.

۳-۸-۴- آهن خاک

ارزیابی آهن قابل جذب خاک، به روش دی‌تی‌پی‌ای (۱۹۶۹) انجام شد. در این روش نمونه خاک با محلول DTPA عصاره‌گیری و سپس عنصر آهن با دستگاه جذب اتمی قرائت شد(غازان شاهی، ۱۳۸۵).

۳-۸-۵- کربنات کلسیم معادل خاک (TNV)

اندازه‌گیری کربنات کلسیم خاک به روش تیتراسیون انجام شد. ۱گرم خاک خشک با ۲۵

۱- Walkly and Black

میلی‌لیتر اسید کلریدریک یک نرمال به آن اضافه شد و به ملایمت تا نقطه جوش حرارت داده شد. به مدت ۵ دقیقه در حمام بخار قرار گرفت. ۱۰۰میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گردید. دوباره به مدت ۱ دقیقه جوشانده شد. ۵ قطره فنول فتالئین به آن اضافه گردید. تیتراسیون با سود (NaOH) یک نرمال تا ایجاد رنگ صورتی به صورت دستی انجام شد. در نهایت توسط رابطه (۳-۵) درصد کربنات کلسیم خاک محاسبه شد (غازان شاهی، ۱۳۸۵).

$$T.N.V= (V-T)\times N/S \qquad (۵-۳)$$

V- مقدار سود مورد نیاز برای خنثی کردن ۲۵ میلی‌لیتر اسید شاهد (میلی‌لیتر).

T- مقدار سود مصرف شده برای باقی‌مانده اسید در آزمایش (میلی‌لیتر).

N- نرمالیته سود S- وزن نمونه خاک (گرم).

۳-۸-۶- سولفات محلول خاک

۲۵میلی‌لیتر از عصاره خاک با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد و آن را حرارت داده ضمن هم‌زدن محلول ۱۰ میلی‌لیتر از محلول باریم کلرید به آن اضافه شد. به مدت یک شب به محلول استراحت داده شد تا عمل نماید و آن وقت تمامی محلول صاف شده، بشر و کاغذ صافی با آب گرم آن قدر شستشو داده تا این که همه کلروز خارج گردد . محلول صافی به یک کلروزه منتقل گردید، وزن شد و به مدّت ۲ ساعت در ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد در کوره الکتریکی قرار داده شد. در دستگاه دسیکاتور خنک شد و تا تقریب ۱/۱۰ میلی‌گرم توزین شد. با استفاده ار رابطه (۳-۶) محاسبه شد (غازان شاهی، ۱۳۸۵).

$$meq/l\ SO_4^{2-} = ۸/۵۶ \times (P-T)/V_{PE} \qquad (۶-۳)$$

P = وزن ناخالص $BaSO_4$ بر حسب میلی‌گرم

T= وزن کروزه بر حسب میلی‌گرم

V_{PE}= حجم نمونه برداشت شده بر حسب میلی‌لیتر

۳-۹- تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای SAS و MSTAT-C و رسم شکل‌ها توسط نرم افزار Excel انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد صورت پذیرفت.

فصل چهارم

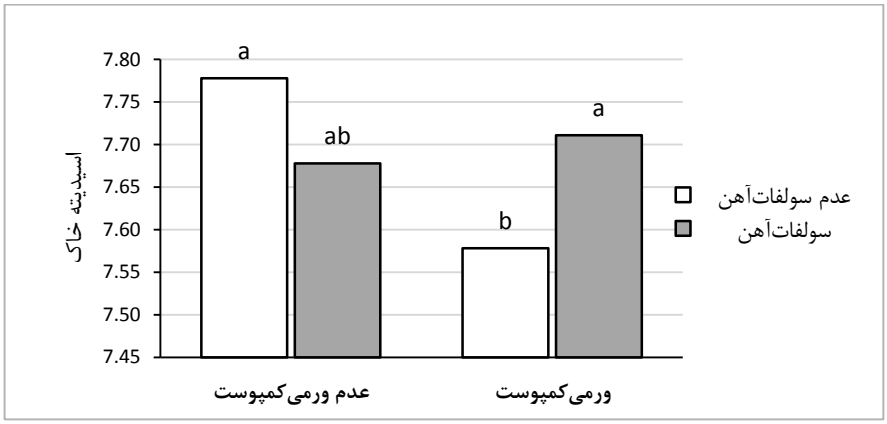
نتایج و بحث

۴-۱- صفات مرتبط با خاک

۴-۱-۱ اسیدیته خاک (pH)

نتایج تجزیه واریانس اسیدیته خاک (pH) در جدول پیوست ۱ نشان داده شده است. از میان تیمارهای اصلی فقط تیمار ورمی‌کمپوست در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل ترکیب‌های تیماری ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. دیگر ترکیبات تیماری از لحاظ آماری معنی‌دار نبودند.

اثر ترکیبات تیماری حاصل از ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن بر صفت اسیدیته خاک در شکل ۴-۱ نشان داده شده است. با توجه به شکل ترکیب تیماری شاهد بیشترین اسیدیته خاک را داشت (pH=۷/۷) و با ترکیب تیماری ورمی‌کمپوست× سولفات‌آهن در یک گروه آماری مشابه قرار داشتند. استفاده از ورمی‌کمپوست به تنهایی در ترکیب تیماری ورمی‌کمپوست× عدم سولفات‌آهن موجب کمترین pH خاک با میانگینی معادل ۷/۵ شد. استفاده از سولفات‌آهن به تنهایی در ترکیب تیماری عدم ورمی‌کمپوست× سولفات‌آهن نیز کاهش pH خاک را موجب گردید، امّا نه به اندازه‌ای که ورمی‌کمپوست در ترکیب تیماری ورمی‌کمپوست× عدم سولفات‌آهن موجب آن شد (شکل ۴-۱).



شکل ۴-۱- اثر ترکیبات تیماری حاصل از ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن بر اسیدیته خاک

نکته جالب توجه در مورد کاربرد توأم این دو تیمار است و آن اینکه در ترکیب تیماری ورمی‌کمپوست× سولفات‌آهن، pH خاک تغییر نکرد، در حالی که کاربرد تک تک آنها در ترکیب‌های

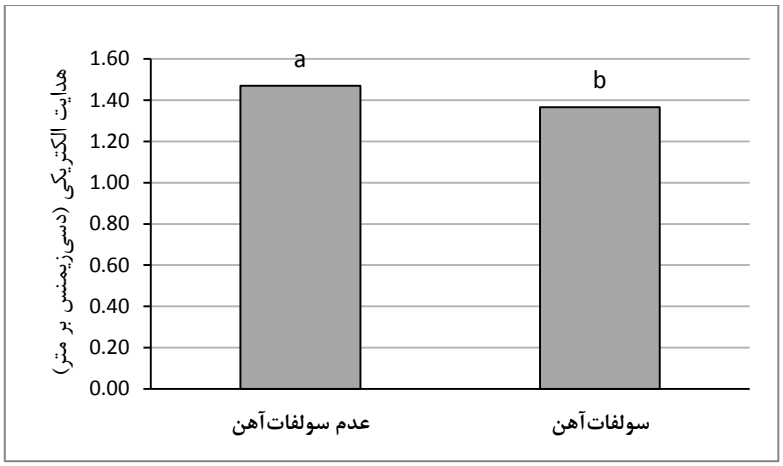
تیماری ورمی‌کمپوست× عدم سولفات‌آهن و عدم ورمی‌کمپوست× سولفات‌آهن کاهش pH خاک را به همراه داشت (شکل ۴-۱).

فاز جامد و نیز غلظت و نوع نمک‌های محلول خاک، فعالیت یون‌های غذایی را کنترل می‌کند. دو عامل pH (شاخص اسیدیته خاک) و pe (شاخص وضعیت اکسید و احیا) محلول خاک بر رفتار شیمیایی عناصر غذایی و درنتیجه، قابلیت جذب آنها تأثیر دارند (خوشگفتارمنش، ۱۳۸۹). pH (منفی لوگاریتم فعالیت یون هیدروژن محلول خاک) یکی از خصوصیات مهم خاک است، زیرا همبستگی‌های متعددی بین قابلیت استفادهٔ عناصر غذایی و pH خاک وجود دارد. ترکیبات متعددی در خاک وجود دارد که در غلظت یون H^+ تأثیر می‌گذارد. عمده‌ترین اثر pH خاک بر رشد گیاه است و تأثیر آن در قابلیت استفاده عناصر غذایی می‌باشد و سبب افزایش باروری خاک می‌گردد (محمودی و حکیمیان، ۱۳۸۵). قابلیت استفاده و یا حلالیت برخی عناصر غذایی نیز با افزایش pH کاهش می‌یابد. ماده آلی قادر است که تغییرات زیاد در pH خاک را تعدیل کند؛ مواد آلی با گرفتن و رها کردن یون H^+ در خاک pH را تعدیل می‌کند در نتیجه قادر خواهد بود که آن را در حالت خنثی و یا مناسب برای رشد گیاه نگه دارد (میرزایی تالارپشتی و همکاران، ۱۳۸۸). عطیه و همکاران (۲۰۰۱)، در تحقیقات خود به این نتیجه دست یافتند که کاربرد ورمی‌کمپوست موجب کاهش pH خاک مورد مطالعه شد. به گفته آنها نتایج به‌دست آمده با کار تایلر و همکاران (۱۹۹۳)، دارای تضاد بود چرا که آنها افزایش pH خاک را در اثر استفاده از ورمی‌کمپوست گزارش کرده بود. نتیجه مطالعه احمدآبادی و همکاران (۱۳۹۰)، حاکی از بی‌تأثیر بودن کاربرد ورمی‌کمپوست بر pH خاک است. آرانکون و ادواردز (۲۰۰۵)، نیز کاهش pH خاک را با افزودن ورمی‌کمپوست به خاک گزارش کردند. دلیل کاهش pH خاک بعد از اضافه کردن مواد آلی به خاک می‌تواند تجزیه موادآلی موجود در این مواد باشد که منجر به تولید اسید کربنیک و اسیدهای آلی می‌شود. آذرمی و همکاران (۲۰۰۸)، بیان داشتند کاربرد ورمی‌کمپوست سبب کاهش pH خاک می‌گردد. اشکال ورمی‌کمپوست و کمپوست نسبت به ماده آلی تازه تأثیر بیشتری بر کاهش pH خاک دارند (شور و مدنی، ۱۳۹۱).

۴-۱-۲- هدایت الکتریکی خاک (EC)

به‌طوری که در جدول تجزیه واریانس پیوست ۱ مشاهده می‌شود، مقدار هدایت الکتریکی در میان تیمارهای اصلی تحت تأثیر تیمار ورمی‌کمپوست ($P\leq ۰/۰۱$) و تیمار سولفات‌آهن ($P\leq ۰/۰۵$) معنی‌دار شد. تنها اثر متقابل تأثیرگذار بر این صفت، اثر متقابل نیتروژن و ورمی‌کمپوست بود که در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار گردید.

همانطور که در شکل ۴-۲ مشاهده می‌شود با کاربرد ۸۰کیلوگرم در هکتار سولفات‌آهن، هدایت الکتریکی خاک، ۱/۳ دسی‌زیمنس بر متر شد که حدود ۷ درصد کاهش هدایت الکتریکی خاک را نسبت به حالت عدم حضور سولفات‌آهن موجب گردید.

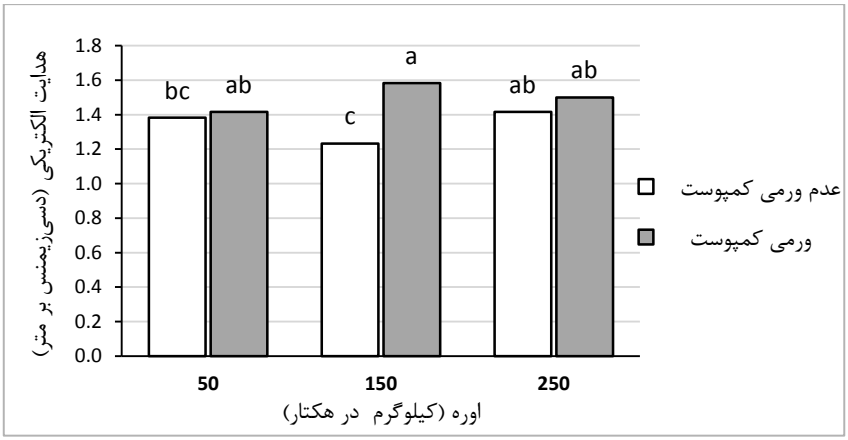


شکل ۳-۲- اثر حاصل از تیمار سولفات‌آهن بر هدایت‌الکتریکی خاک

شکل ۴-۳ اثر حاصل از ترکیبات تیماری نیتروژن و ورمی‌کمپوست را بر مقدار هدایت الکتریکی خاک نشان می‌دهد. استفاده از ورمی‌کمپوست در تمام سطوح نیتروژن سبب افزایش نسبی در هدایت الکتریکی خاک مورد مطالعه شد. تأثیر قابل ملاحظه ورمی‌کمپوست در افزایش هدایت الکتریکی در ترکیب تیماری ۱۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست بود که بیشترین میزان هدایت الکتریکی خاک با میانگینی معادل ۱/۵۸ دسی‌زیمنس بر متر را موجب گردید. در ترکیب تیماری ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست هدایت الکتریکی خاک۱/۴۱ دسی‌زیمنس بر متر بود که افزایش نیتروژن به ۲۵۰کیلوگرم در هکتار در ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم در هکتار× ورمی‌کمپوست

هدایت الکتریکی ۱/۵۰ دسی‌زیمنس بر متر شد که تفاوتی از لحاظ آماری بین این دو ترکیب تیماری وجود نداشت. کمترین میزان هدایت الکتریکی خاک در ترکیب تیماری ۱۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن × عدم ورمی‌کمپوست با میانگینی معادل ۱/۲۳ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد (شکل ۴-۳).

با توجه به کاهش pH با کاربرد ورمی‌کمپوست احتمالاً می‌توان چنین نتیجه گرفت که این کاهش منجر به انحلال بیشتر املاح در خاک و ورمی‌کمپوست شده و همین امر سبب افزایش هدایت‌الکتریکی خاک گردیده است و نیز تجزیه مواد آلی منجر به آزاد شدن ترکیبات آنها شده و هدایت‌الکتریکی را افزایش داده است از دیگر دلایل این افزایش می‌توان به بالا بودن هدایت‌الکتریکی خود ورمی‌کمپوست اشاره کرد.



شکل ۴-۳- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و ورمی‌کمپوست بر مقدار هدایت الکتریکی خاک

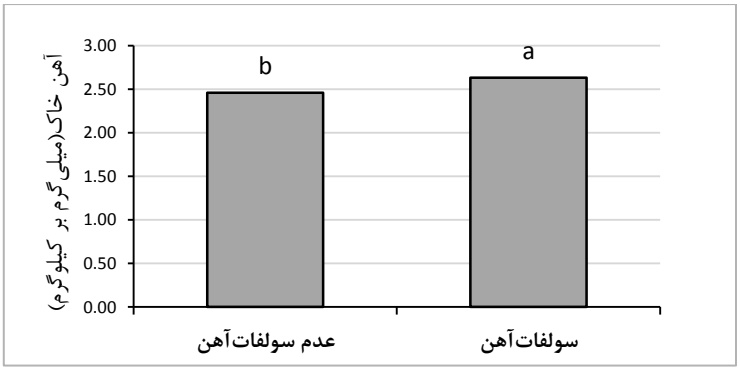
رسانایی (هدایت) الکتریکی عصارهٔ اشباع خاک را هدایت‌الکتریکی یا EC گویند. واحد آن دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد. غلظت بالای نمک در عصارهٔ خاک سبب افزایش قابلیت هدایت‌الکتریکی می‌شود. معمولاً قابلیت هدایت‌الکتریکی عصارهٔ اشباع خاک‌های تحت تأثیر نمک، بین ۲ تا ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر متغیر است (خوشگفتارمنش، ۱۳۸۹). هدایت‌الکتریکی، به نمایندگی محتوی نمک، افزایش خطی را در پاسخ به افزایش کاربرد ورمی‌کمپوست نشان داد (عطیه و همکاران، ۲۰۰۱). آذرمی و همکاران (۲۰۰۸)، بیان داشتند که خاک‌های تیمار شده با ورمی‌کمپوست میزان هدایت‌الکتریکی بیشتری نسبت به تیمارهای تیمارهای بدون ورمی‌کمپوست را دارا ست. میزان

هدایت‌الکتریکی ورمی‌کمپوست به غلظت املاح در مواد خام مورد استفاده در تهیه ورمی‌کمپوست بستگی دارد (عطیه و همکاران، ۲۰۰۲). به‌طوری که افزایش EC در کود دامی، نشان از مصرف بالای کنسانتره و نمک در تغذیه دام است (میرزایی تالارپشتی و همکاران، ۱۳۸۸). نتایج مطالعه احمدآبادی و همکاران (۱۳۹۰)، نشان داد که کاربرد ورمی‌کمپوست به‌تنهایی سبب افزایش معنی‌دار هدایت‌الکتریکی می‌شود و تیمارهای دیگر که ورمی‌کمپوست به عنوان یک ماده آلی همراه با کود شیمیایی مورد استفاده قرار گرفت، هدایت‌الکتریکی خاک افزایش یافت.

۴-۱-۳- آهن خاک

میزان آهن خاک به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر ورمی‌کمپوست ($P\leq ۰/۰۱$)، سولفات‌آهن ($P\leq ۰/۰۵$) و اثر متقابل ورمی‌کمپوست و نیتروژن ($P\leq ۰/۰۵$) قرار گرفت (جدول پیوست ۱).

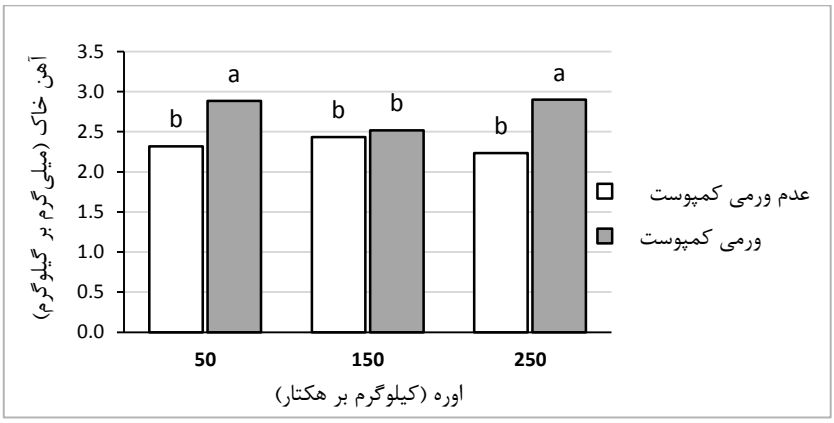
شکل ۴-۴ نحوه‌ی اثرگذاری تیمار سولفات‌آهن را بر آهن خاک نشان داده است. همان‌طور که مورد انتظار بود کاربرد سولفات‌آهن موجب افزایش آهن خاک (۲/۶۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) نسبت به حالت عدم حضور سولفات‌آهن در خاک شد.



شکل ۴-۴- اثر حاصل از تیمار سولفات‌آهن بر آهن خاک

در شکل ۴-۵ مشاهده می‌گردد که دو ترکیب تیماری ۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست و ۲۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست بیشترین مقادیر آهن موجود در خاک را به خود اختصاص دادند و البته هیچ کدام نسبت به دیگری از نظر آماری برتری نداشت. فقط در حدود ۰/۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست بیشتر است. همچنین ترکیبات تیماری حاصل از سطح اول و سوم نیتروژن در حالت عدم

ورمی‌کمپوست نیز در یک گروه آماری مشابه قرار داشت. نکته قابل بحث دیگر در مورد سطح اول و سوم نیتروژن آن که در سطح اول نیتروژن کاربرد ورمی‌کمپوست موجب افزایشی حدود ۲۵ درصدی محتوی آهن خاک نسبت به حالت عدم کاربرد ورمی‌کمپوست شد. همین امر در سطح سوم نیتروژن افزایش ۳۰ درصدی محتوی آهن خاک را موجب گردید (شکل ۴-۵).



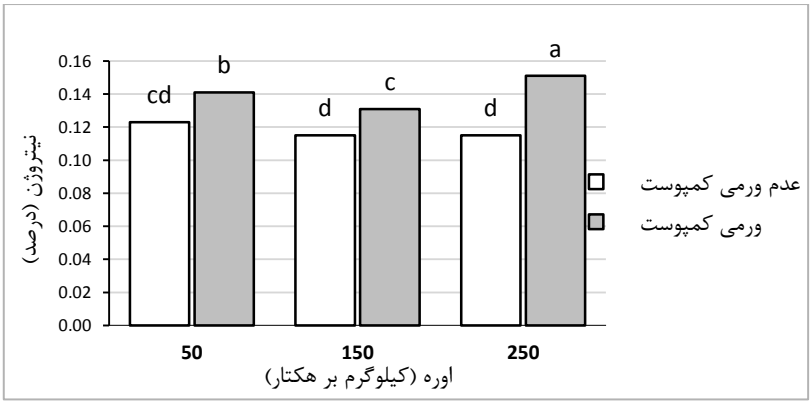
شکل۴-۵- اثر ترکیبات تیماری حاصل از ورمی‌کمپوست و نیتروژن بر محتوی آهن خاک

همان‌طور که قبلاً بیان شد استفاده از ورمی‌کمپوست موجب کاهش pH خاک گردید و علت افزایش غلظت آهن در تیمارهای حاوی ورمی‌کمپوست نسبت به تیمارهای عدم حضور آن احتمالاً کاهش pH خاک و نزدیک شدن به محدوده حلالیت آهن است. حرکت عناصر غذایی، دست‌کم در طی دوران زندگی ریشه، محدود به محلول خاک می‌باشد. بخشی از عناصر غذایی، به ذرات خاک متصل بوده و غیر پویا می‌باشند، امّا زمانی‌که تعادل بین فاز محلول و جامد بر هم‌می‌خورد این عناصر از ذرات خاک رها شده و وارد محلول خاک می‌شوند. ورمی‌کمپوست از لحاظ کیفی سرشار از عناصر قابل جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن و روی می‌باشد؛ مزیت کاربرد ورمی‌کمپوست در رابطه با سایر کمپوست‌های آلی به دلیل فراهمی بیشتر عناصر غذایی در ورمی‌کمپوست می‌باشد (آرانکون و ادواردز، ۲۰۰۵). میرزایی تالارپشتی و همکاران (۱۳۸۸)، بیان داشتند که کاربرد کود آلی موجب افزایش غلظت عنصر آهن در خاک شد و در مقایسه با تیمار کود شیمیایی۷۶ درصد افزایش داشت. وی به نقل از آربول گزارش کرد که یکی از دلایل اصلی بهبود عملکرد گیاهان در اثر مصرف کود آلی افزایش

قابلیت دسترسی عناصر غذایی مثل آهن و روی در خاک است. این محقق دلیل این امر را تشکیل کلات آهن و روی اعلام می‌کند که باعث افزایش حلالیت آنها می‌شود. ردی و ردی (۱۹۹۹)، افزایش قابل توجه در مقادیر عناصر کم مصرف در خاک مزرعه پس از کاربرد ورمی‌کمپوست نسبت به خاک‌های تیمار شده با کود دامی را گزارش کردند. آذرمی و همکاران (۲۰۰۸)، نشان دادند که کاربرد ۱۵ تن بر هکتار ورمی‌کمپوست موجب افزایش عناصر مس، روی، آهن و منگنز شده است. مواد آلی مخصوصاً ورمی‌کمپوست با کاهش pH خاک و تشکیل کمپلکس‌های محلول می‌توانند سبب فراهمی عناصر کم مصرف شود. دل‌آنگولا و ناردی (۱۹۸۷)، ملاحظه کردند که حلالیت روی، آهن، کادمیوم در یک خاک لومی تیمار شده با موادآلی حدود ۱۰۰ برابر افزایش یافت آنها دلیل این افزایش را کاهش pH خاک در اثر فرایند نیترات‌سازی، افزایش قدرت یونی و درصد مواد آلی محلول ذکر کردند. رحیمی و مظاهری (۱۳۸۷)، به نقل ازکوادری گزارش داد که کاهش اکسیژن در خاک با کاهش قابل جذب بودن آهن همراه است علت آن به‌واسطه افزایش کربن یا اکسیدکربن است که در مجاورت آب و کلسیم، بی‌کربنات کلسیم رسوب می‌کند و این خود عامل رسوب آهن است. ورمی‌کمپوست با کاهش وزن مخصوص ظاهری به‌دلیل افزایش میزان تخلخل کل خاک و بهبود شرایط فیزیکی خاک منجر به افزایش جذب آهن خواهد شد (آذرمی و همکاران، ۲۰۰۸).

۴-۱-۴- نیتروژن خاک

میزان نیتروژن خاک در سطح احتمال ۱ درصد تحت تأثیر تیمارهای اصلی نیتروژن، ورمی‌کمپوست و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفت. اثر سایر منابع تغییر بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول پیوست ۱).



شکل ۴-۶- اثر ترکیبات تیماری حاصل از ورمی‌کمپوست و نیتروژن بر نیتروژن خاک

بیشترین میزان نیتروژن خاک (۰/۱۵ درصد) مربوط به ترکیب تیماری ۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست بود. در حالی که در ترکیب تیماری ۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× عدم ورمی‌کمپوست تنها ۰/۱۱ درصد نیتروژن در خاک اندازه‌گیری شد و همین میزان نیتروژن در ترکیب تیماری ۱۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن × عدم ورمی‌کمپوست نیز به‌دست آمد. همان‌طور که مشاهده می‌شود میزان نیتروژن خاک در حالت استفاده از ورمی‌کمپوست در تمام سطوح نیتروژن مورد استفاده در آزمایش بیشتر از حالت عدم استفاده از ورمی‌کمپوست بود (شکل ۴-۶).

اساساً نیتروژن کل خاک با مصرف کودهای آلی افزایش می‌یابد؛ همچنین اثبات شده که کودهای آلی موجب افزایش تحریک تثبیت نیتروژن در خاک شده که ممکن است موجب افزایش نیتروژن خاک شوند (میرزایی تالار پشتی و همکاران، ۱۳۸۸). سرانوسیلوا و همکاران (۲۰۱۱)، بیان می‌کند که میزان نیتروژن خاک افزایش قابل توجه را پس از ادغام ورمی‌کمپوست با خاک نشان می‌دهد. طی آزمایشات مزرعه‌ای در دانشگاه ایالتی اوهایو، آرانکون و ادواردز (۲۰۰۵)، نشان دادند که خاک تیمار شده با ورمی‌کمپوست و کودهای شیمیایی به میزان توصیه شده در کشت گوجه‌فرنگی، منجر به افزایش در مقدار کل نیتروژن و یون ارتوفسفات و فعالیت آنزیم دهیدروژناز نسبت به تیمارهای کودهای شیمیایی شده است. و نیز در آزمایشی دیگر روی گیاه فلفل، نشان دادند که میزان نیتروژن و یون ارتوفسفات در خاک تیمار شده با ورمی‌کمپوست به همراه کودهای شیمیایی در مقایسه با تیمارهای کود شیمیایی افزایش داشت. کاهش قابل توجه نیتروژن در خاک بدون استفاده از

ورمی‌کمپوست در مقایسه با خاک‌های اصلاح شده با ورمی‌کمپوست، ممکن است به علت وجود مقادیر زیاد کربن و نیتروژن در کود ورمی‌کمپوست باشد که می‌تواند منبع بزرگ نیتروژن برای معدنی شدن باشد (آرانکون و ادواردز، ۲۰۰۵). کاربرد کمپوست موجب کاهش خطرات آبشویی نیترات می‌شود (بواکوا و ملانو، ۱۹۹۳).

۴-۱-۵- آهک خاک (TNV)

آهک معمولاً در خاک‌های آهکی به‌صورت نمک‌های کلسیمی و منیزیمی موجود می‌باشد. آهک خاک اکثراً در فرم کربنات کلسیم ($CaCO_3$) و همچنین مقداری به‌صورت دولومیت ($MgCO_3$) در خاک موجودند. مقدار آهک خاک از صفر تا ۵۰ درصد متغیر است که بستگی به آب و هوا و میزان شستشوی آهک خاک دارد. آهک بر pH خاک و درنتیجه آن قابل استفاده بودن عناصر غذایی حائز اهمّیت است و همچنین بر بافت و ساختمان خاک نیز مؤثر است.

همان‌طور که در جدول تجزیه واریانس پیوست ۱ نشان داده شده است اثر تمامی منابع تغییر بر آهک خاک بی‌تأثیر بود.

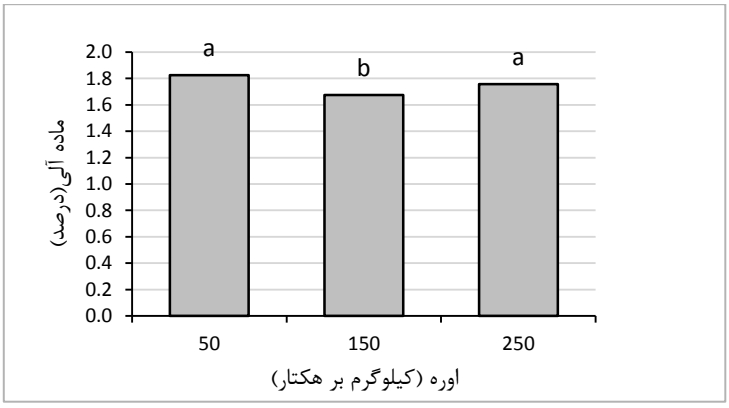
۴-۱-۶- ماده آلی خاک (OM%)

جدول تجزیه واریانس ماده آلی در جدول پیوست ۱ نمایش داده شده است. اثر تمامی تیمارهای اصلی بر مقدار ماده آلی خاک، معنی‌دار شد به‌نحوی که تیمارهای نیتروژن و ورمی‌کمپوست در سطح احتمال ۱ درصد و تیمار سولفات‌آهن در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. اثر سایر منابع تغییر بر این صفت معنی‌دار نبود.

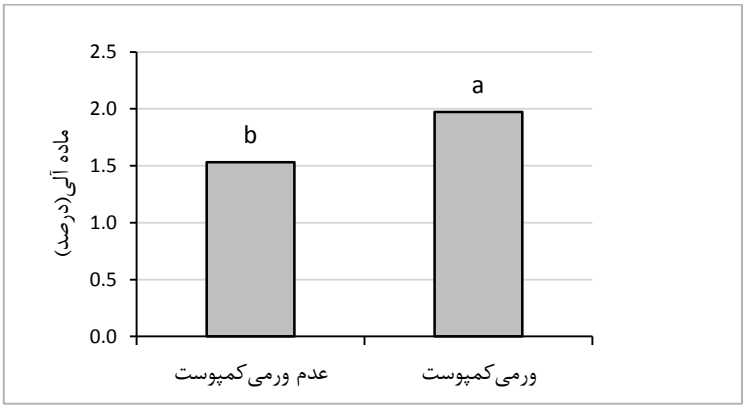
شکل ۴-۷ نحوه‌ی اثرگذاری تیمار نیتروژن را بر میزان ماده آلی خاک نشان داده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در تیمار ۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن بیشترین ماده آلی خاک با میانگینی معادل ۱/۸۲ درصد مشاهده شد. با افزایش ۱۵۰کیلوگرم نیتروژن به خاک ۰/۱۵ درصد ماده آلی خاک کاهش یافت و دوباره افزایش نیتروژن به خاک این بار به مقدار ۲۵۰کیلوگرم در هکتار ماده آلی خاک ۰/۰۸ درصد افزایش داد و البته از لحاظ آماری با تیمار ۵۰کیلوگرم در هکتار نیترون اختلاف

معنی‌داری نداشت. شکل ۴-۸ اثرگذاری تیمار ورمی‌کمپوست را بر صفت ماده آلی خاک نشان می‌دهد. همان‌طور که مورد انتظار بود استفاده از ورمی‌کمپوست موجب افزایش میزان ماده آلی خاک شد و در این حالت میزان ماده آلی خاک ۱/۹۷ درصد بود. مصرف کود سولفات‌آهن در خاک با تأثیرگذاری منفی بر میزان ماده آلی خاک، آن را به ۱/۷۲ درصد رساند (شکل ۴-۹).

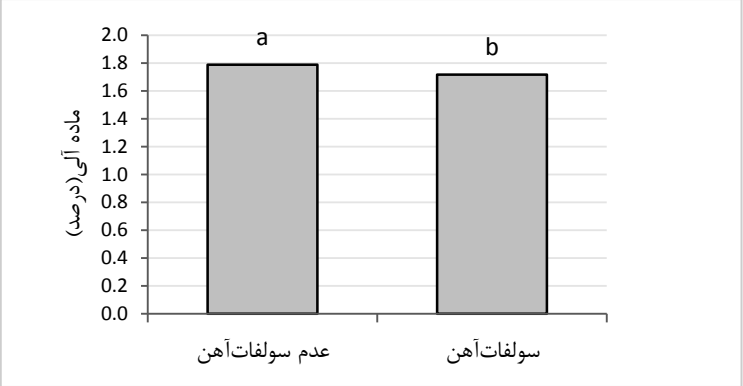
به نظر می‌رسد ماده آلی خاک دارای یک ساختار سه وجهی است که ذرات معدنی را در برگرفته و قادر است به‌طور الکتروشیمیایی با رس و اکسیدهای فلزی موجود در خاک پیوند برقرار کند (لکزیان، ۱۳۸۴).



شکل ۴-۷- اثر حاصل از تیمار نیتروژن بر درصد ماده آلی خاک



شکل ۴-۸- اثر حاصل از تیمار ورمی‌کمپوست بر درصد ماده آلی خاک



شکل ۴-۹- اثر حاصل از تیمار سولفات‌آهن بر درصد ماده آلی خاک

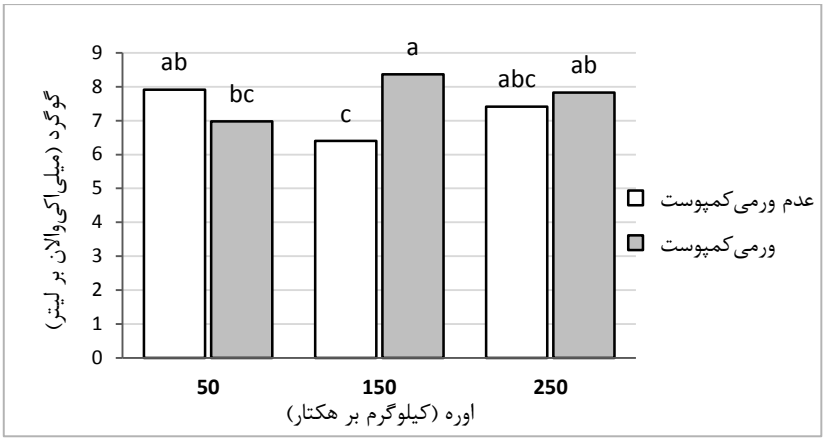
کاربرد زیاد و بلند مدت کود شیمیایی منجر به از بین رفتن هوموس خاک شده که نتیجه مهم آن کاهش باروری خاک است. مصرف زیاد کود اوره، موجب برهم زدن نسبت C/N شده و عملیات کشاورزی را با مشکل مواجه می‌سازد (ملکوتی و همایی، ۱۳۷۳). با توجه به بالا بودن ماده آلی اولیه خاک احتمالاً با افزایش کود نیتروژن، منجر به افزایش فعالیت میکرواورگانیسم‌های خاک شده و همین امر روند تجزیه مواد آلی را تسریع کرده است (شکل ۴-۷). آذرمی و همکاران (۲۰۰۸)، گزارش کردند که کاربرد ورمی‌کمپوست موجب افزایش کربن آلی خاک مورد مطالعه شد. و دلیل این افزایش را این گونه بیان می‌کند که، ورمی‌کمپوست به علت غنی بودن از مواد هومیک دارای مقادیر زیادی کربن می‌باشد.

۴-۷-۱- سولفات محلول خاک (SO_4^{2-})

نتایج تجزیه واریانس سولفات محلول خاک در جدول پیوست ۱ نمایش داده شده است. در میان تیمارهای اصلی فقط تیمار سولفات‌آهن و اثرات متقابل نیتروژن× ورمی‌کمپوست و نیتروژن× سولفات‌آهن در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد.

با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل نیتروژن و ورمی‌کمپوست، مقایسه میانگینی بین ترکیبات تیماری انجام گردید که در شکل ۴-۱۰ نشان داده شده است. سولفات محلول خاک در ترکیب تیماری ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست ۸/۳۶ میلی‌اکی‌والان بر لیتر شد که در بین

تیمارها بیشترین مقدار بود و این در حالی است که در همین سطح از نیتروژن در ترکیب تیماری ۱۵۰

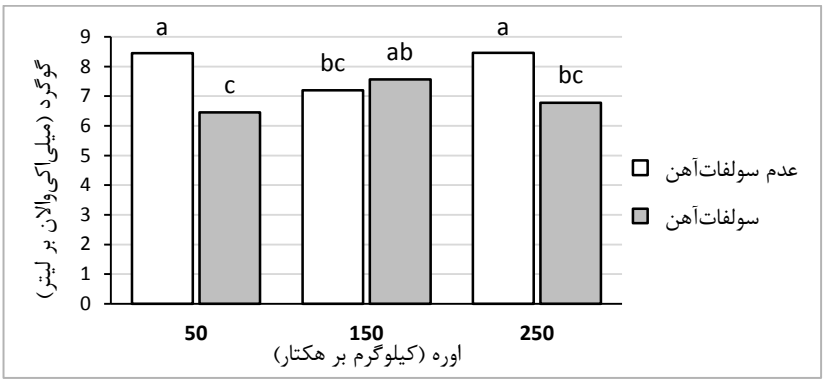


شکل ۴-۱۰- اثر ترکیبات تیماری حاصل از ورمی‌کمپوست و نیتروژن بر سولفات محلول خاک

کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× عدم ورمی‌کمپوست کمترین میزان سولفات خاک یعنی ۶/۴ میلی‌اکی‌والان بر لیتر به‌دست آمد. در این میان تنها ترکیب تیماری ۱۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن× عدم ورمی‌کمپوست و ترکیب تیمار ۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست از لحاظ آماری دارای تفاوت‌اند و سایر ترکیبات تیماری در یک گروه آماری مشابه قرار گرفتند. تأثیر مثبت ورمی‌کمپوست بر میزان یون سولفات در دو سطح ۱۵۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن مشاهده شد. البته تفاوت بین تیمارها در سطح سوم نیتروژن از نظر آماری معنی‌دار نیست.

شکل ۴-۱۱ اثر ترکیبات تیماری نیتروژن و سولفات‌آهن را بر میزان یون سولفات خاک نشان می‌دهد. استفاده از سولفات‌آهن به جزء در سطح دوم نیتروژن در دو سطح دیگر سبب کاهش یون سولفات خاک گردید. میزان کاهش در سطح اول نیتروژن در ترکیب تیماری ۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× سولفات‌آهن بسیار بارز بود و با استفاده از این ترکیب تیماری، یون سولفات خاک ۶/۴۵ میلی‌اکی‌والان بر لیتر شد. ۸/۴۵ میلی‌اکی‌والان بر لیتر سولفات در ترکیب تیماری ۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن× عدم سولفات‌آهن به‌دست آمد، و البته ۵ برابر شدن میزان نیتروژن موجب نشد که تغییر قابل توجهی در میزان یون سولفات خاک به وجود آید. استفاده از سولفات‌آهن در سطح سوم

نیتروژن، حدوداً سولفات خاک۲۰ درصد نسبت به حالت عدم استفاده از سولفات‌آهن در همین سطح نیتروژن کاهش داد.



شکل ۴-۱۱- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و سولفات‌آهن بر سولفات محلول خاک

۴-۲- ماده خشک برگ، دمبرگ، ساقه و طبق

۴-۲-۱- وزن خشک برگ

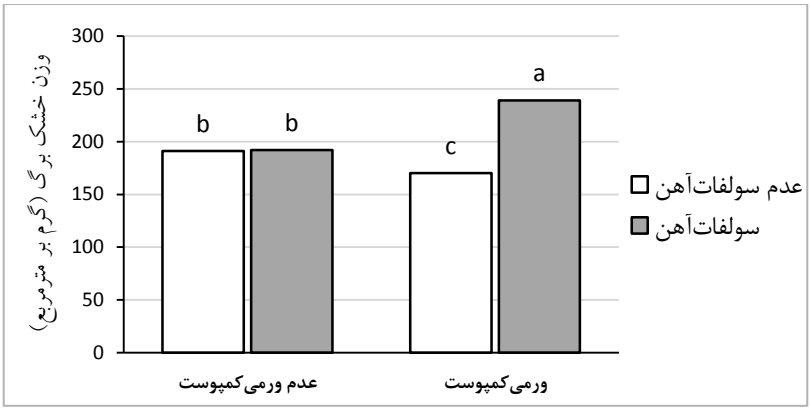
نتایج تجزیه واریانس صفت وزن خشک برگ در جدول پیوست ۲ نشان داده شده است. صفت وزن خشک برگ در سطح احتمال ۵ درصد تحت تأثیر تیمار اصلی ورمی‌کمپوست معنی‌دار شد و در سطح احتمال ۱ درصد تیمارهای اصلی نیتروژن و سولفات‌آهن و نیز اثرات متقابل ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن، نیتروژن و سولفات‌آهن و اثر سه جانبه تیمارهای آزمایشی بر صفت وزن خشک برگ مؤثر واقع شد.

اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و سولفات‌آهن بر صفت وزن خشک برگ در شکل ۴-۱۲ نمایش داده شده است. همان‌طور که در شکل ۴-۱۲ مشاهده می‌شود اثر سولفات‌آهن بر میزان وزن خشک برگ مثبت بود. البته در سطح سوم نیتروژن بین مصرف و عدم مصرف سولفات‌آهن اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در سطوح اول و دوم نیتروژن هم‌زمان با کاربرد سولفات‌آهن میزان این صفت به صورت معنی‌داری افزایش پیدا کرد، به طوری که بیشترین میزان وزن خشک برگ در

ترکیب تیماری ۱۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× سولفات‌آهن با میانگین ۲۳۸/۸۳ گرم بر مترمربع حاصل شد. با توجه به روند افزایش نیتروژن از ۵۰ کیلوگرم بر هکتار به ۲۵۰کیلوگرم بر هکتار در حالت عدم استفاده از سولفات‌آهن میزان صفت وزن خشک برگ نیز افزایش یافت و از ۱۲۷/۲۰ گرم بر متر مربع در ترکیب تیماری ۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× عدم سولفات‌آهن به ۲۲۴/۳۷ گرم بر متر مربع در ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× عدم سولفات‌آهن رسید (شکل ۴-۱۲).

شکل ۴-۱۲- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و سولفات‌آهن بر وزن خشک برگ

با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل سولفات‌آهن و ورمی‌کمپوست مقایسه‌ای بین این ترکیبات تیماری انجام گرفت که در شکل ۴-۱۳ نشان داده شده است. استفاده از ترکیب تیماری عدم ورمی‌کمپوست× سولفات‌آهن موجب ایجاد اختلاف معنی‌دار با تیمار شاهد (عدم ورمی‌کمپوست× عدم سولفات‌آهن) نشد. کاربرد ترکیب تیماری ورمی‌کمپوست × عدم سولفات‌آهن وزن خشک برگ را به ۱۷۰/۱۰ گرم بر متر مربع رساند که در حدود ۱۱ درصد کمتر از تیمار شاهد بود. امّا کاربرد هم زمان سولفات‌آهن و ورمی‌کمپوست سبب افزایش وزن خشک برگ با میانگینی معادل ۲۳۸/۸۹ گرم بر متر مربع شد که البته حداکثر میزان این صفت در بین این ترکیبات تیماری نیز بود (شکل ۴-۱۳).



شکل ۴-۱۳- اثر ترکیبات تیماری حاصل از ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن بر وزن خشک برگ

تأثیرگذاری هر سه ترکیب تیماری بر صفت وزن خشک برگ در جدول ۴-۱ نشان داده شده است. به‌نحوی که ترکیب تیماری ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست× سولفات‌آهن بیشترین وزن خشک برگ با میانگینی معادل ۲۶۷/۶۷ گرم بر مترمربع را به همراه داشت. البته اختلاف معنی‌دار این ترکیب تیماری با ترکیب تیماری ۱۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن× عدم ورمی‌کمپوست × سولفات‌آهن بسیار قابل توجه است و بیانگر اهمیت استفاده از ماده آلی در افزایش بازدهی کودهای شیمیایی می‌باشد. همان‌طور که در تحقیقات آذرمی و همکاران (۲۰۰۸)، بیان شده که افزایش استفاده از ورمی‌کمپوست در خاک تأثیر بسیار معنی‌داری در افزایش جذب عناصر مانند نیتروژن، فسفر، آهن و روی دارد. بررسی نتایج رحیمی و مظاهری (۱۳۸۷)، بر روی ذرت نشان داد که فراهم‌آوری عنصر آهن موجب افزایش خصوصیات گیاه از جمله وزن خشک برگ می‌گردد. آهن در فعال‌سازی فتوسنتز نقش دارد و کمبود آن سبب کاهش شدید فتوسنتز می‌شود، در نتیجه منجر به کاهش عملکرد بیولوژیک می‌گردد.

جدول ۴-۱- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر میانگین وزن خشک برگ

تیمارهای آزمایشی			وزن خشک برگ (گرم بر متر مربع)
ورمی‌کمپوست	سولفات‌آهن	نیتروژن	
		۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱۸۵/۰۰bc
	سولفات‌آهن	۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۲۶۷/۶۷a
ورمی‌کمپوست		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۲۶۴/۰۰a
		۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱۲۳/۰۷d
	عدم سولفات‌آهن	۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱۸۰/۲۳bc
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۲۰۷/۰۰bc
		۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱۸۸/۷۳bc
	سولفات‌آهن	۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۲۱۰/۰۰b
عدم ورمی‌کمپوست		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱۷۷/۲۳c
		۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱۳۱/۳۳d
	عدم سولفات‌آهن	۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۲۰۰/۱۷bc
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۲۴۱/۷۳a
$LSD_{0.05}$			۳۱/۱۳

حروف غیر مشترک در ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

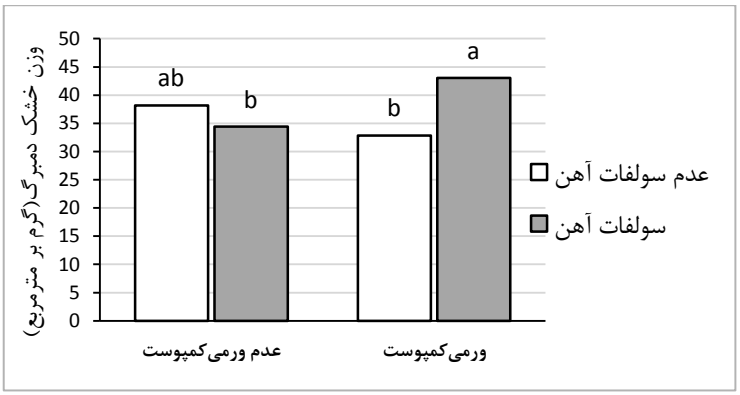
۴-۲-۲- وزن خشک دمبرگ

به‌طوری که در جدول تجزیه واریانس (جدول پیوست۲) دیده می‌شود، صفت وزن خشک دمبرگ در میان تیمارهای اصلی فقط تحت تأثیر سطوح مختلف نیتروژن قرار گرفت($P\leq ۰/۰۱$). در میان اثرات دو جانبه، ترکیب تیماری حاصل از ورمی‌کمپوست و سولفات آهن در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. دیگر ترکیب تیماری تأثیرگذار بر صفت وزن خشک دمبرگ، ترکیب هم‌زمان هر سه تیمار آزمایشی بود که در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد.

نحوه‌ی اثرگذاری تیمار نیتروژن بر صفت وزن خشک دمبرگ در شکل ۴-۱۳ آورده شده است. همان‌طور که مورد انتظار بود روند افزایش کود نیتروژن موجب افزایش وزن خشک دمبرگ شد. به‌طوری که افزایش کود نیتروژن از ۵۰کیلوگرم در هکتار به ۲۵۰کیلوگرم در هکتار سبب افزایش وزن خشک دمبرگ به ۴۵/۴۶ گرم بر متر مربع شد که البته بیشترین میزان وزن خشک دمبرگ بود.

شکل ۴-۱۳- اثر حاصل از تیمار نیتروژن بر صفت وزن خشک دمبرگ

شکل ۴-۱۴ اثر ترکیبات تیماری ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن را بر صفت وزن خشک دمبرگ نشان می‌دهد. میزان وزن خشک دمبرگ در ترکیب تیماری عدم ورمی‌کمپوست× عدم سولفات‌آهن (شاهد) ۳۸/۱۷ گرم بر متر مربع به‌دست آمد. کاربرد ۸۰کیلوگرم سولفات‌آهن در هکتار در ترکیب تیماری عدم ورمی‌کمپوست× سولفات‌آهن سبب کاهش ۳/۷ گرم بر متر مربعی این صفت شد. کاربرد ورمی‌کمپوست به‌تنهایی در ترکیب تیماری ورمی‌کمپوست× عدم سولفات‌آهن نیز وزن خشک دمبرگ را کاهش داد. البته تفاوت معنی‌داری با ترکیب تیمار عدم ورمی‌کمپوست× سولفات‌آهن نداشت. ولی همراه شدن سولفات‌آهن با ورمی‌کمپوست افزایشی در حدود ۳۱ درصد را برای وزن خشک دمبرگ نسبت به شاهد به همراه داشت (شکل ۴-۱۴).



شکل ۴-۱۴- اثر ترکیبات تیماری حاصل از ورمی‌کمپوست و سولفات آهن بر وزن خشک دمبرگ

معنی‌دار شدن تأثیر متقابل هر سه تیمار آزمایشی حاکی از آن است که با تغییر در سطوح هر یک از تیمارها، اثر تیمارهای دیگر نیز تغییر می‌کند. بر همین اساس، مقایسه میانگین اثرات سه جانبه در جدول ۴-۲ ارائه گردیده است. بالاترین وزن خشک دمبرگ در ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم درهکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست× سولفات آهن با میانگینی معادل با ۶۰/۶۶ گرم بر مترمربع به‌دست آمد. که دارای اختلاف معنی‌دار با سایر ترکیبات تیماری بود. به‌طوری که به ترتیب ۴۴ و ۱۳۰ درصد نسبت به ترکیبات تیماری ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست× سولفات‌آهن و ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست× سولفات‌آهن افزایش داشت. کمترین میزان وزن خشک دمبرگ نیز در ترکیب تیماری ۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن× عدم ورمی‌کمپوست× عدم سولفات‌آهن با میانگین ۲۴/۳۲ گرم بر متر مربع حاصل شد. افزایش وزن خشک رابطه مستقیم با بهبود وضعیت عناصر غذایی خاک و همچنین بهبود ساختمان خاک دارد (میرزایی تالارپشتی و همکاران، ۱۳۸۸)

جدول ۴-۲- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر میانگین وزن خشک دمبرگ

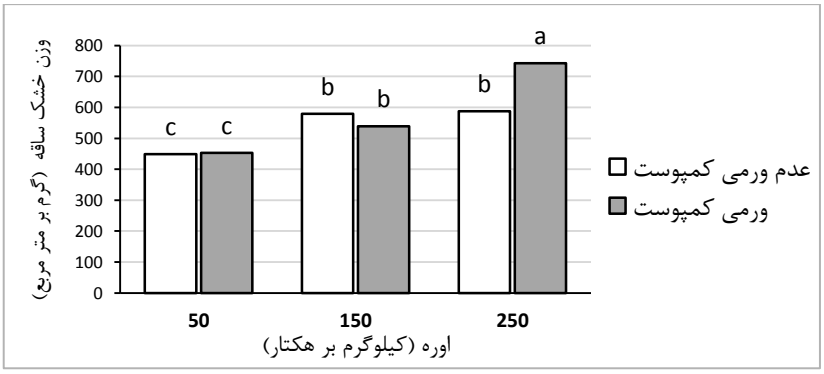
تیمارهای آزمایشی			وزن خشک دمبرگ
ورمی‌کمپوست	سولفات‌آهن	نیتروژن	(گرم بر متر مربع)
ورمی‌کمپوست	سولفات‌آهن	۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۲۶/۵۰d
		۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۴۲/۰۰bc
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۶۰/۶۷a
	عدم سولفات‌آهن	۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۲۶/۵۰d
		۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۳۲/۵۰cd
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۳۹/۵۰bc
عدم ورمی‌کمپوست	سولفات‌آهن	۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۳۲/۵۶cd
		۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۳۸/۵۳c
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۳۲/۱۷cd
	عدم سولفات‌آهن	۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۲۴/۳۳d
		۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۴۰/۶۷bc
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۴۹/۵۰b
$LSD_{0.05}$			۱۰/۸۵

حروف غیر مشترک در ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

۴-۲-۳- وزن خشک ساقه

نتایج تجزیه واریانس وزن خشک ساقه در جدول پیوست ۲ نشان داده شده است. در سطح احتمال ۱ درصد تیمار اصلی نیتروژن و اثرات متقابل حاصل از نیتروژن× ورمی‌کمپوست، و ورمی‌کمپوست× سولفات آهن معنی‌دار شد. در سطح احتمال ۵ درصد فقط اثر متقابل هر سه تیمار آزمایشی معنی‌دار شد.

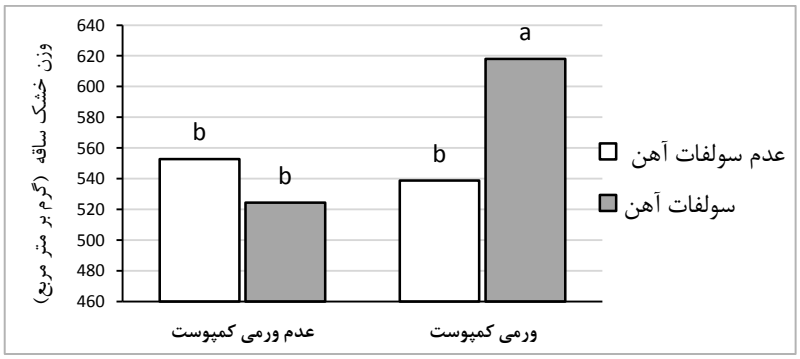
مقایسه میانگین ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و ورمی‌کمپوست در شکل۴-۱۵ آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در سطح اوّل و دوّم نیتروژن بین حالت استفاده و عدم استفاده از ورمی‌کمپوست از نظر آماری تفاوتی وجود ندارد. البته مقادیر وزن خشک به‌دست آمده در ترکیبات حاصل از سطح اول نیتروژن، کمترین مقادیر وزن خشک ساقه نسبت به سایر ترکیبات تیمار است. ۷۴۳/۰۸ گرم بر متر مربع بیشترین میزان وزن خشک ساقه بود که در ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست حاصل شد که افزایشی حدود ۲۶ درصد نسبت به ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× عدم ورمی‌کمپوست داشت. همان‌طور که مورد انتظار بود روند افزایش کود نیتروژن سبب افزایش وزن خشک ساقه شد.



شکل ۴-۱۵- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و ورمی‌کمپوست بر وزن خشک ساقه

اثر ترکیبات تیماری سولفات‌آهن و ورمی‌کمپوست در شکل ۴-۱۶ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در حالت عدم استفاده از ورمی‌کمپوست استفاده از سولفات‌آهن منجر

به کاهش وزن خشک ساقه نسبت به تیمار شاهد شد و از ۵۵۲/۷۸ گرم بر متر مربع به ۵۲۴/۲ گرم بر متر مربع رسید. در حالی که استفادهٔ هم‌زمان از ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن افزایش چشم‌گیری در وزن خشک ساقه را موجب گردید و به ۶۱۷/۹ گرم بر متر مربع رساند. استفاده از ورمی‌کمپوست در ترکیب تیماری ورمی‌کمپوست× عدم سولفات‌آهن، ۱۴/۱۱ گرم بر متر مربع از وزن خشک ساقه به‌دست آمده در ترکیب تیماری شاهد (عدم ورمی‌کمپوست× عدم سولفات‌آهن) کمتر بود هرچند از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند.



شکل ۴-۱۶- اثر ترکیبات تیماری حاصل از ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن بر وزن خشک ساقه

تأثیرگذاری هر سه تیمار آزمایشی بر تجمع ماده خشک در ساقه در جدول ۴-۳ نمایش داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد در بین ترکیبات تیماری حاصله بیشترین میزان تجمع ماده خشک در ساقه، مربوط به ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست× سولفات‌آهن به میزان ۸۱۲/۵ گرم بر متر مربع بود. البته اختلاف آن با سایر ترکیبات تیماری نیز از لحاظ آماری بسیار معنی‌دار بود. به‌طوری که افزایش ۲۰/۶ درصدی را نسبت به ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم درهکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست× عدم سولفات آهن به‌همراه داشت. همان‌طور که در جدول ۴-۳ مشاهده می‌گردد؛ سطوح مختلف نیتروژن در ترکیب با دو تیمار دیگر با یکدیگر متفاوت‌اند، به این صورت که ترکیبات تیماری حاصل از سطح اول نیتروژن (۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن) کمترین میزان ماده خشک ساقه را کسب کرد و سطح دوم نیتروژن (۱۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن) و سطح سوم (۲۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن) به ترتیب وزن خشک ساقه را افزایش دادند.

جدول ۴-۳- تأثیر تیمارهای آزمایش بر میانگین وزن خشک ساقه

تیمارهای آزمایشی			وزن خشک ساقه
ورمی‌کمپوست	سولفات‌آهن	نیتروژن	(گرم بر متر مربع)
ورمی‌کمپوست		۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۴۸۹/۲۳defg
	سولفات‌آهن	۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۵۵۲/۱۷cde
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۸۱۲/۵۰a
		۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۴۱۶/۳۳g
	عدم سولفات‌آهن	۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۵۲۶/۰۰def
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۶۷۳/۶۷b
عدم ورمی‌کمپوست		۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۴۶۲/۶۰efg
	سولفات‌آهن	۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۵۸۴/۵۳bcd
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۵۲۵/۷۳def
		۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۴۳۴/۳۳fg
	عدم سولفات‌آهن	۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۵۷۴/۰۰bcd
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۶۵۰/۰۰bc
$LSD_{0.05}$			۱۰۱/۴

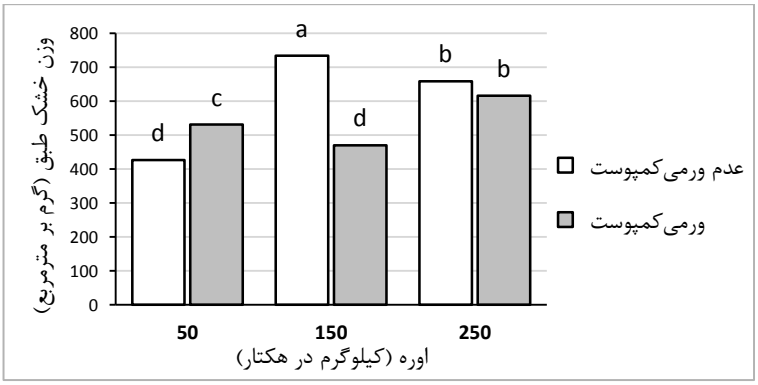
حروف غیر مشترک در ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

این بیان کننده اهمیّت نیتروژن به عنوان یک ماده معدنی و بسیار مهم برای تولید گیاهان غیر لگوم می‌باشد (مولوانی و همکاران، ۲۰۰۹). اکبری و همکاران (۱۳۸۸) در مطالعه خود روی آفتابگردان نشان دادند که عملکرد بیولوژیک در سیستم تغذیه تلفیقی افزایش چشم گیری داشته است و نیز آنها بیان داشتند که کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی باعث ثبات و پایداری بیشتر تولید محصول در مقایسه با کاربرد کودهای شیمیایی می‌شود. پژوهشگران دلیل این افزایش عملکرد در سیستم تلفیقی (شیمیایی و آلی) را ناشی از مطابقت بیشتر بین نیتروژن قابل دسترس خاک با نیازهای گیاه در این سیستم می‌دانند (مولکی و همکاران، ۲۰۰۴)، به این معنی که در اوایل رشد که نیاز غذایی گیاه کم است میزان نیتروژن معدنی مواد آلی کمتر از کودهای شیمیایی است، ولی در مراحل رشد زایشی به علت تداوم فرآیند معدنی شدن، جذب تا مدت زمان طولانی‌تری ادامه پیدا می‌کند.

۴-۲-۴- وزن خشک طبق

نتایج تجزیه واریانس وزن خشک طبق در جدول پیوست ۲ نشان داده شده است. اثر تمام منابع تغییر شامل اثرات اصلی و متقابل به جز اثر متقابل نیتروژن و سولفات آهن و نیز اثر سه جانبه تیمارهای آزمایشی بر وزن خشک طبق معنی‌دار بود ($P\leq ۰/۰۱$).

تأثیرگذاری تیمارهای حاصل از ورمی‌کمپوست× نیتروژن بر صفت وزن خشک طبق در شکل ۴-۱۷ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌گردد نتایج به‌دست آمده در مورد وزن خشک طبق در سطوح مختلف نیتروژن و استفاده از ورمی‌کمپوست دارای اختلاف بسیار معنی‌داری هستند. به جز سطح اول نیتروژن استفاده توأم سطح دوم و سوم نیتروژن به همراه ورمی‌کمپوست موجب کاهش وزن خشک طبق گردید و این کاهش در سطح دوم نیتروژن بسیار چشم‌گیر بود. به نحوی که تجمع ماده خشک در این ترکیب تیماری به میانگینی معادل با ۴۶۹/۶۳ گرم بر متر مربع رسید و از لحاظ آماری تفاوتی با ترکیب تیماری ۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن× عدم ورمی‌کمپوست نداشت امّا تفاوت آن با ترکیب تیماری ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن× عدم ورمی‌کمپوست حدود ۵۶/۳ درصد یا ۲۶۴/۷ گرم بر متر مربع بود. در سطح سوم نیترون هر چند استفاده و عدم استفاده از ورمی‌کمپوست تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند، ولی در حالت عدم استفاده ورمی‌کمپوست ۶/۸ درصد وزن خشک طبق نسبت به حالت استفاده ورمی‌کمپوست افزایش داشت.



شکل۴-۱۷- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن ورمی‌کمپوست بر وزن خشک طبق

شکل ۴-۱۸ مقایسه میانگین اثرات متقابل حاصل از ترکیب تیمارهای سولفات‌آهن و ورمی‌کمپوست را نشان می‌دهد. نکته جالب در این شکل در مورد دو ترکیب تیماری عدم ورمی‌کمپوست× عدم سولفات‌آهن (شاهد) و ورمی‌کمپوست× سولفات‌آهن می‌باشد که هر دو از لحاظ آماری در یک گروه مشابه قرار گرفتند. ترکیب تیماری ورمی‌کمپوست× سولفات‌آهن فقط ۵/۳ گرم بر متر مربع بیشتر از ترکیب تیماری شاهد به‌دست آمد. و این در حالی است که کاربرد ورمی‌کمپوست به تنهایی در ترکیب تیماری ورمی‌کمپوست× عدم سولفات‌آهن موجب کاهش ۳۳ درصدی وزن خشک طبق نسبت به ترکیب تیماری ورمی‌کمپوست× سولفات‌آهن شد؛ و در مقایسه با ترکیب تیماری عدم ورمی‌کمپوست× سولفات‌آهن، ۱۳۹/۷۸ گرم بر مترمربع کمتر بود. این نتایج بیانگر اثر منفی ورمی‌کمپوست بر میزان ماده خشک طبق و نیز حاکی از تأثیر مثبت سولفات‌آهن بر این صفت است. بهاری و همکاران، (۱۳۸۴)، گزارش کردند که یک رابطه خطی بین عملکرد ماده خشک گیاه نخود و استفاده از سولفات‌آهن وجود دارد به‌طوری که عملکرد ماده خشک با افزایش کاربرد سولفات‌آهن افزایش یافت و همین امر منجر به تولید دانه بیشتر در سطوح بالای کود سولفات‌آهن شد. اگر چه آهن در ساختار کلروفیل نقش مستقیمی ندارد، ولی وجود آهن کافی سبب بهبود کلروفیل‌سازی در گیاه می‌شود (ملکوتی و نفیسی، ۱۳۶۷)، و وضعیت کلروفیل گیاه نیز می‌تواند در میزان فتوسنتز آن تأثیر گذار باشد.

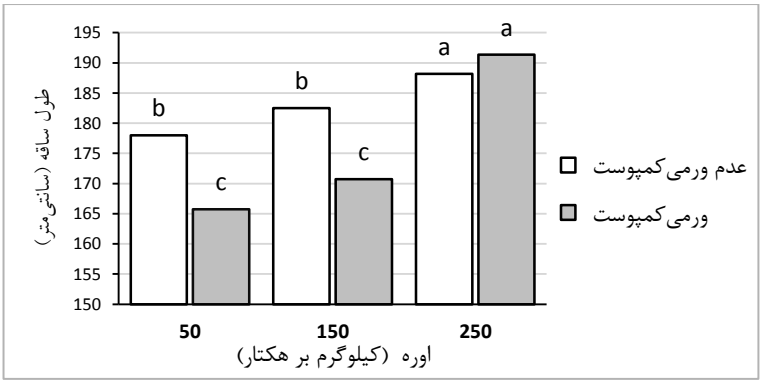
شکل ۴-۱۸- اثر ترکیبات تیماری حاصل از سولفات‌آهن و ورمی‌کمپوست بر وزن خشک طبق

فرآیند رشد گیاه وابستگی شدیدی به محتوی رطوبت خاک دارد، کود کمپوست با افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت موجود در خاک (سینگر و همکاران، ۲۰۰۷) باعث ایجاد شرایط مناسب‌تر برای رشد گیاه می‌شود و نیز سبب فراهمی جذب بیشتر عناصر غذایی و در نهایت افزایش میزان فتوسنتز و ماده خشک می‌گردد (آرانکون و ادواردز، ۲۰۰۵). رضوانی مقدم و همکاران (۱۳۸۹) نشان دادند که استفاده از کمپوست موجب افزایش گلدهی و تعداد کپسول بیشتر در گیاه کنجد شده است.

۴-۳- طول ساقه

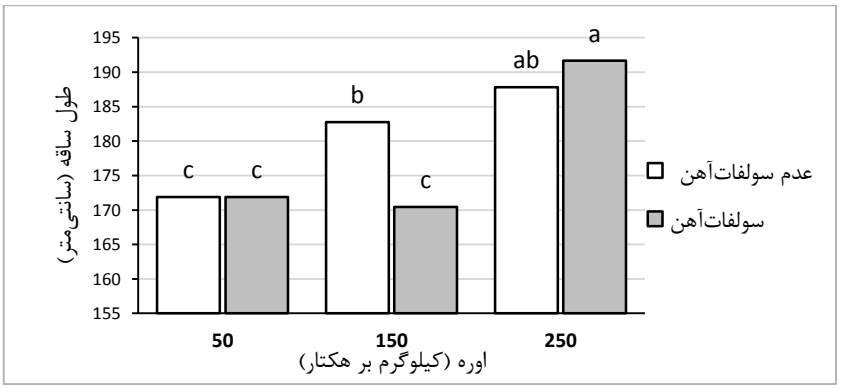
نتایج تجزیه واریانس ارتفاع ساقه در جدول پیوست۲ نشان داده شده است. اثر تیمارهای اصلی نیتروژن و ورمی‌کمپوست و اثر متقابل نیتروژن× ورمی‌کمپوست و نیتروژن× سولفات‌آهن در سطح احتمال ۱ درصد و اثر سه جانبه تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال ۵ درصد بر ارتفاع ساقه معنی‌دار شد.

همان‌طور که در شکل ۴-۱۹ مشاهده می‌شود، بیشترین ارتفاع ساقه با میانگینی معادل ۱۹۱/۳ سانتی‌متر از ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست به‌دست آمد. البته از لحاظ آماری تفاوتی با ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن× عدم ورمی‌کمپوست نداشت، و تنها در این سطح نیتروژن بود که استفاده از ورمی‌کمپوست موجب افزایش ارتفاع ساقه شد. همان‌طور که مورد انتظار بود افزایش در سطوح نیتروژن در حالت عدم استفاده از ورمی‌کمپوست افزایش ارتفاع ساقه را موجب شد. کمترین میزان ارتفاع ساقه با میانگینی معادل ۱۶۵/۷ سانتی‌متر مربوط به ترکیب تیماری ۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست بود و البته اختلاف معنی‌داری با ترکیب تیماری ۱۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست نداشت.



شکل ۴-۱۹- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و ورمی‌کمپوست بر طول ساقه

نحوه‌ی تأثیرگذاری توأم نیتروژن و سولفات‌آهن بر صفت طول ساقه در شکل ۴-۲۰ نشان داده شده است. به‌طوری که تأثیر هم‌زمان ۲۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن× ۸۰ کیلوگرم در هکتار سولفات‌آهن موجب افزایش ارتفاع گیاه آفتابگردان با میانگینی معادل ۱۹۱/۶ سانتی‌متر شد که البته دارای اختلاف معنی‌داری با سایر ترکیبات تیماری بود. در سطح دوم نیتروژن استفاده و عدم استفاده از سولفات‌آهن سبب ایجاد یک اختلاف ارتفاع ۱۲ سانتی‌متری شد، به طوری که در ترکیب تیماری ۱۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× سولفات‌آهن ارتفاع گیاه ۱۷۰/۴ سانتی‌متر شد که البته کمترین ارتفاع به‌دست آمده بود هرچند از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با ترکیبات تیماری حاصل از سطح اول نیتروژن نداشت.



شکل ۴-۲۰- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و سولفات‌آهن بر طول ساقه

تأثیرگذاری توأمان هر سه تیمار آزمایشی بر طول ساقه در جدول ۴-۴ نمایش داده شده است. در مجموع با افزایش سطوح نیتروژن در ترکیب با دو تیمار دیگر طول ساقه افزایش یافت. از لحاظ آماری تفاوت زیادی بین ترکیبات تیماری مشاهده شد.

جدول ۴-۴- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر میانگین طول ساقه

تیمارهای آزمایشی			طول ساقه
ورمی‌کمپوست	سولفات‌آهن	نیتروژن	(سانتی‌متر)
		۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱۶۴/۷۵f
	سولفات‌آهن	۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱۶۱/۹۲f
ورمی‌کمپوست		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱۹۶/۰۰a
		۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱۶۶/۷۵f
	عدم سولفات‌آهن	۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱۷۹/۵۰cde
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱۸۶/۶۷bc
		۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱۷۹/۰۰de
	سولفات‌آهن	۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱۷۹/۰۰de
عدم ورمی‌کمپوست		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱۸۷/۳۳b
		۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱۷۷/۰۰e
	عدم سولفات‌آهن	۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱۸۶/۰۰bcd
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱۸۹/۰۰ab
$LSD_{0.05}$			۷/۵۸

حروف غیر مشترک در ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

بیشترین ارتفاع ساقه در ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست× سولفات‌آهن بود با میانگینی معادل ۱۹۶ سانتی‌متر، و کمترین ارتفاع ساقه در ترکیب تیماری ۱۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست× سولفات‌آهن با میانگینی معادل ۱۶۱/۹ سانتی‌متر به‌دست آمد.

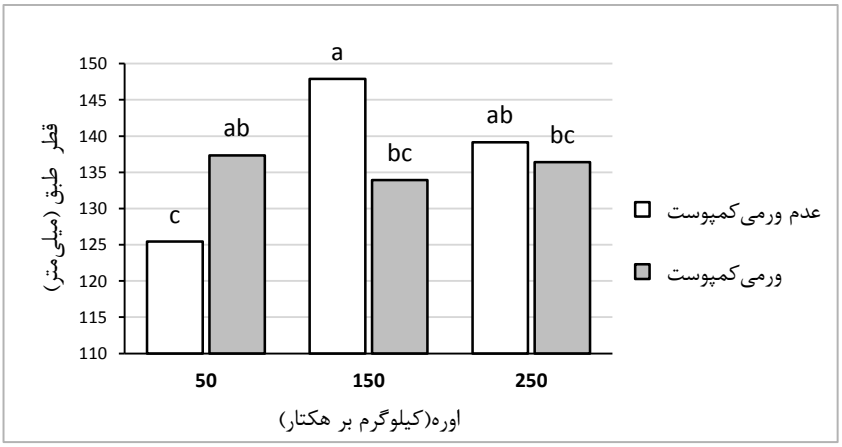
ارتفاع گیاه صفت مؤثری در توزیع سطح برگ تک بوته و به دنبال آن بهبود جذب نور می‌باشد (حمیسی و همکاران، ۱۳۹۱). از طرفی نیتروژن به‌واسطه نقشی که در تولید و صدور هورمون سیتوکنین از ریشه به اندام‌های هوایی دارد، موجب افزایش سرعت تقسیم سلولی در رشد و ارتفاع گیاه می‌شود (ثابتی و همکاران،۱۳۹۱). گزارش‌های متعدد حاکی از آن است که تأثیر عوامل

محیطی و گیاهی بر ارتفاع گیاهان زراعی مختلف بستگی به گونهٔ گیاه و شرایط محیطی حاکم بر آزمایش دارد (بهاری و همکاران،۱۳۸۴). در مراحل رشد سریع گیاه که شرایط محیطی اعم از طول روز و درجه حرارت بسیار مناسب باشد، گیاه نیتروژن بیشتری مصرف کرده و اندام هوایی را توسعه می‌دهد (ساجدی و اردکانی، ۱۳۸۷). عنصر آهن یکی از عناصر ضروری برای گیاه است و نقش اساسی در تعداد گرانای کلروپلاست دارد. در اثر کمبود آهن اندازه کلروپلاست کاهش می‌یابد و در نهایت در اثر کاهش فرآورده‌های فتوسنتزی منجر به کاهش ارتفاع گیاه می‌شود (سومر، ۱۹۹۵). هان و همکاران (۲۰۰۵)، اعلام کردند که کاربرد ورمی‌کمپوست موجب تحریک مستقیم رشد باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR)، انحلال مواد مغذی (رودریگز و فراگاف، ۱۹۹۹)، تولید هورمون‌های محرک رشد ۱-آمینو- سیکلوپروپان ۱-کربوکسیلات (ACC)، دآمیناز (کریا و همکاران، ۲۰۰۴) و در نهایت افزایش رشد گیاه را شامل می‌شود. کمرکی و گلوی (۱۳۹۱)، گزارش کردند که استفاده از آهن منجر به افزایش ارتفاع بوته و تعداد شاخه‌های فرعی در گیاه گرنگ شد. رحیمی‌زاده و همکاران (۱۳۸۹)، نشان دادند که مصرف کودهای ریز مغذی اثر معنی‌داری بر ارتفاع ساقه آفتابگردان ندارد. نتایج مطالعات سپهر و همکاران (۲۰۰۴)، نیز نشان داده است که مصرف کودهای ریزمغذی اثر معنی‌داری بر ارتفاع ساقه آفتابگردان ندارد. نتایج کار بابایی‌اقدم و همکاران (۱۳۸۸)، نشان می‌دهد که کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن موجب افزایش ارتفاع ساقه گیاه آفتابگردان شده و کمترین ارتفاع ساقه مربوط به تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن می‌باشد.

۴-۴- قطر طبق

نتایج تجزیه واریانس قطر طبق، در جدول پیوست ۲ نشان داده شده است. هیچ یک از تیمارهای اصلی آزمایش بر صفت قطر طبق تأثیر معنی‌داری نداشت. درحالی تمامی اثرات متقابل به جز اثر متقابل تیمارهای آزمایشی نیتروژن× سولفات‌آهن و نیز اثر سه جانبه تیمارهای آزمایشی، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند.

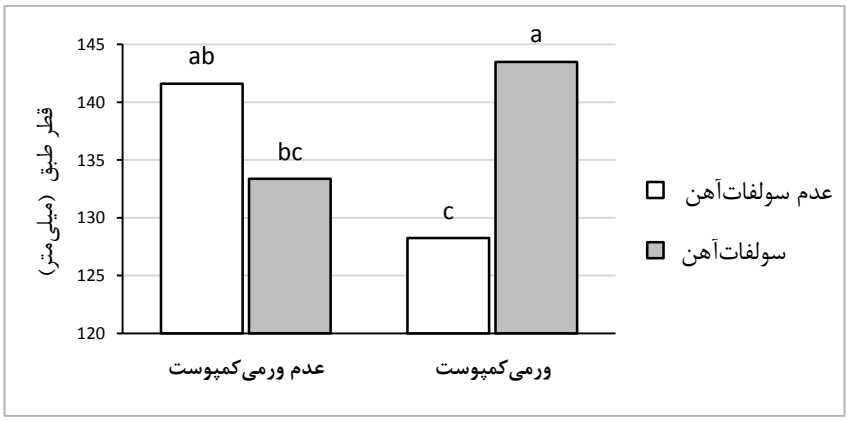
نحوه‌ی تأثیرگذاری ترکیبات تیماری نیتروژن و ورمی‌کمپوست در شکل ۴-۲۱ نشان داده شده است. با توجه به شکل ترکیب ورمی‌کمپوست با سطح دوّم و سوّم نیتروژن از لحاظ آماری تفاوتی نشان نداد و تنها در حدود ۲ میلی‌متر قطر طبق در ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن × ورمی‌کمپوست بیشتر از ترکیب تیماری ۱۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست شد. قطر طبق در ترکیب تیماری ۱۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن× عدم ورمی‌کمپوست با میانگینی معادل ۱۴۷/۹ میلی‌متر، بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد و اختلاف بارزی با سایر ترکیبات تیماری داشت. با در نظر نگرفتن ترکیب تیماری حاصل از سطح اول نیتروژن، در ۲ حالت بعدی میزان قطر طبق به‌دست آمده در حالت استفاده از نیتروژن به تنهایی بیشتر از حالت استفادهٔ هم‌زمان نیتروژن و ورمی‌کمپوست شد. نکته قابل بیان دیگر در مورد ترکیب تیماری ۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن ×ورمی‌کمپوست می‌باشد که از لحاظ آماری تفاوتی با ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن × عدم ورمی‌کمپوست ندارد و فقط ۱۰/۶ میلی‌متر با بیشترین قطر طبق فاصله داشت.



شکل ۴-۲۱- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و ورمی‌کمپوست بر قطر طبق

شکل ۴-۲۲ اثر ترکیبات تیماری حاصل از ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن را نشان می‌دهد. در این شکل مشاهده می‌گردد که توأم شدن ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن و نیز عدم استفاده از هر دو از نظر تأثیرگذاری بر قطر طبق سودمندی بیشتری داشت. بالاترین قطر طبق از ترکیب تیماری ورمی‌کمپوست× سولفات‌آهن با میانگینی معادل ۱۴۳/۵ میلی‌متر حاصل شد که اختلاف بسیار اندکی

در حدود ۲ میلی متر با ترکیب تیماری شاهد (عدم ورمی‌کمپوست× عدم سولفات‌آهن) داشت. قطر طبق در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست به تنهایی در ترکیب تیماری ورمی‌کمپوست×عدم سولفات‌آهن کاهش قابل توجهی داشت، به‌طوری که قطر طبق با کاربرد این ترکیب تیماری به میانگینی معادل با ۱۲۸/۲ میلی‌متر رسید که کمترین قطر طبق اندازه‌گیری شده بود.



شکل ۴-۲۲- اثر ترکیبات تیماری حاصل از سولفات‌آهن و ورمی‌کمپوست بر قطر طبق

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر سه‌گانه تیمارهای نیتروژن، ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن بر صفت قطر طبق در جدول ۴-۵ آورده شده است.

بیشترین قطر طبق در گیاهان رشد یافته در ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست× سولفات‌آهن حاصل شد. همچنین کمترین قطر طبق در گیاهان کشت شده در ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست× عدم سولفات‌آهن با میانگینی معادل ۱۱۸/۹ میلی‌متر به عمل آمد. رحیمی‌زاده و همکاران (۱۳۸۹)، در مطالعات خود نشان دادند که مصرف کودهای ریزمغذی تأثیری بر صفت قطر طبق نداشته است. و نیز وی گزارش نمود که کاربرد کودهای ریزمغذی در زراعت آفتابگردان قطر طبق را افزایش می‌دهد. قطر طبق تأثیر مستقیم بر تعداد دانه در طبق دارد. لذا عاملی که باعث افزایش و یا کاهش این صفت شود، منجر به تأثیر بر تعداد دانه در طبق می‌گردد. به نظر غفاری و پاشاپور (۲۰۰۶)، بین قطر طبق و عملکرد همبستگی وجود دارد. نتایج مطالعه بابایی‌اقدم و همکاران (۱۳۸۸)، نشان داد که افزایش کود نیتروژنه موجب

افزایش قطر طبق می‌شود. قلی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۸) نیز در یک آزمایش جداگانه چنین نتیجه‌ای را گزارش کرد. با افزایش کود نیتروژن، بهره‌گیری بوته از عوامل محیطی از آب و هوا و عناصر غذایی بیشتر شده قطر طبق افزایش می‌یابد. واکنش ارقام آفتابگردان نسبت به مصرف کود نیتروژن متفاوت می‌باشد. تجمع ماده خشک، تعداد دانه طبق، وزن صد دانه، وزن طبق و قطر طبق با کاربرد مقدار بیشتر کودهای شیمیایی بیشترین مقدار است (قلی‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۸).

جدول ۴-۵- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر میانگین قطر طبق

تیمارهای آزمایشی			قطر طبق
ورمی‌کمپوست	سولفات‌آهن	نیتروژن	(میلی‌متر)
ورمی‌کمپوست	سولفات‌آهن	۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱۳۴/۳۰abcd
		۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱۴۲/۳۴abc
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱۵۳/۸۴a
	عدم سولفات‌آهن	۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱۴۰/۳۵abcd
		۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱۲۵/۵۰de
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱۱۸/۹۳e
عدم ورمی‌کمپوست	سولفات‌آهن	۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱۲۴/۷۰de
		۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱۴۶/۹۹ab
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱۲۸/۴۰cde
	عدم سولفات‌آهن	۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱۲۶/۱۷de
		۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱۴۸/۸۲ab
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱۴۹/۸۶ab
$LSD_{0.05}$			۱۶/۰۰

حروف غیر مشترک در ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

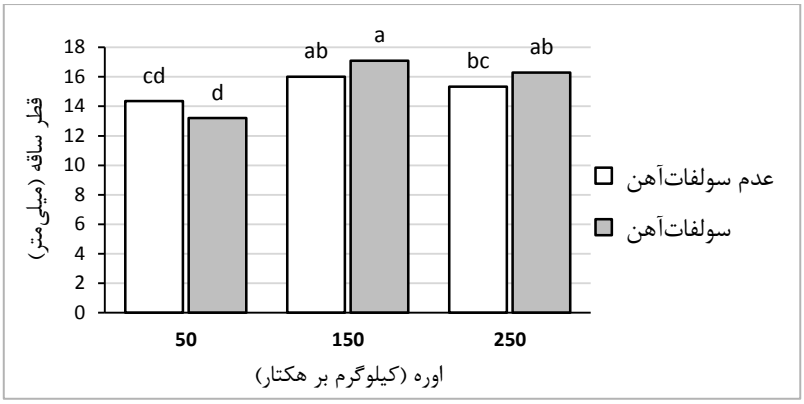
۴-۵- قطر ساقه

قطر ساقه به طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر نیتروژن ($P\leq ۰/۰۱$)، ورمی‌کمپوست ($P\leq ۰/۰۱$) و تمام اثرات متقابل تیمارهای آزمایشی ($P\leq ۰/۰۵$) به جز اثر سه جانبه تیمارها، قرار گرفت (جدول پیوست ۲).

در شکل ۴-۲۳ مشاهده می‌گردد که قطر ساقه تحت تأثیر مستقیم ورمی‌کمپوست است، به نحوی که استفاده از ورمی‌کمپوست در سطوح مختلف نیتروژن موجب بهبود قطر ساقه گردید. در بین تیمارهای حاصل از سطح دوم نیتروژن تفاوتی از لحاظ آماری وجود نداشت، و البته با ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست در یک گروه آماری مشابه قرار داشت. در مجموع کمترین قطر ساقه مربوط است به ترکیب تیماری ۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن ×عدم ورمی‌کمپوست با میانگینی معادل با ۱۳ میلی‌متر و بیشترین قطر ساقه مربوط به ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست با میانگین ۱۷ میلی‌متر بود.

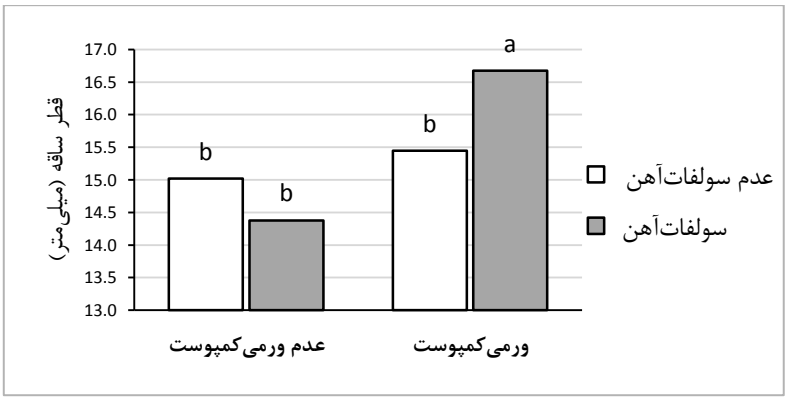
شکل ۴-۲۳- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و ورمی‌کمپوست بر قطر ساقه

نحوه‌ی تأثیرگذاری ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و سولفات‌آهن بر قطر ساقه در شکل ۴-۲۴ نمایش داده شده است. بدون در نظر گرفتن ترکیبات تیماری حاصل از سطح اول نیتروژن، استفاده از سولفات‌آهن همراه با نیتروژن موجب افزایش قطر ساقه نسبت به حالت عدم استفاده سولفات‌آهن شد. نکته جالب توجه این است که ترکیبات تیماری حاصل از هریک از سطوح نیتروژن با سطوح سولفات‌آهن با یکدیگر فقط به اندازه ۱ میلی‌متر با هم تفاوت داشتند. در مجموع بیشترین قطر ساقه در این حالت مربوط به ترکیب تیماری ۱۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن× سولفات‌آهن با میانگینی معادل ۱۷ میلی‌متر بود و کمترین قطر ساقه به میزان ۱۳/۲ میلی‌متر در ترکیب تیماری ۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن ×سولفات‌آهن حاصل شد.



شکل ۴-۲۴- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و سولفات‌آهن بر قطر ساقه

مقایسه میانگین ترکیبات تیماری حاصل از تیمارهای ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن در شکل ۴-۲۵ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تأثیر توأم ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن بر این صفت به مراتب سودمندتر از استفاده تنهای سولفات‌آهن بود، در مورد ورمی‌کمپوست نیز چنین شرایطی حاکم بود. بیشترین قطر ساقه در ترکیب تیماری ورمی‌کمپوست × سولفات‌آهن به‌دست آمد. البته از لحاظ آماری تفاوت قابل ملاحظه‌ای با سایر ترکیب‌های تیماری داشت.



شکل ۴-۲۵- اثر ترکیبات تیماری حاصل از ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن بر قطر ساقه

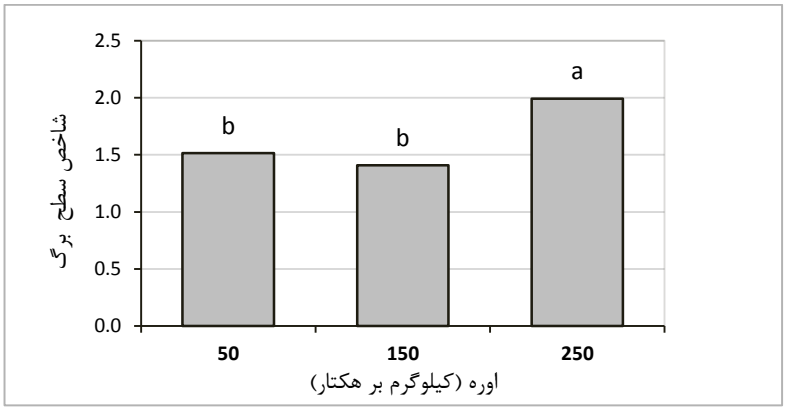
بابایی‌اقدم و همکاران (۱۳۸۸)، افزایش قطر ساقه آفتابگردان را با استفاده از تیمار ۲۰۰کیلوگرم نیتروژن گزارش دادند. با افزایش مواد غذایی، بهره‌گیری بوته از عناصر غذایی بیشتر می‌شود و رشد بوته افزایش پیدا می‌کند و موجب افزایش قطر ساقه می‌گردد. اردکانی و همکاران (۱۳۸۵)، نیز طی آزمایشی اعلام کردند که با مصرف کود نیتروژن، قطر ساقه افزایش می‌یابد.

۴-۶- شاخص سطح برگ

غلامحسینی و همکاران (۱۳۸۷)، بیان داشتند که، بررسی شاخص سطح برگ به عنوان معیاری برای قضاوت در مورد نحوی *تأثیر* نیتروژن در رشد گیاه، مورد استفاده قرار می‌گیرد. بر اساس گزارشات وی هنگامی که نیتروژن در حد مطلوب برای گیاه فراهم شود آسیمیلاسیون آمونیاک باعث افزایش رشد برگ و در نتیجه افزایش شاخص سطح برگ می‌گردد. با توجه به رابطه مستقیمی که بین شاخص سطح برگ و توان فتوسنتزی گیاه وجود دارد، می‌توان اظهار داشت که با افزایش شاخص سطح برگ، کل ماده خشک و در نتیجه عملکرد افزایش می‌یابد.

نتایج تجزیه واریانس شاخص سطح برگ در جدول پیوست ۳ نشان داده شده است. تنها فاکتور تأثیرگذار بر صفت شاخص سطح برگ تیمار اصلی نیتروژن بودکه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد.

مقایسه میانگین اثر تیمار نیتروژن بر شاخص سطح برگ در شکل ۴-۲۶ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، سطح سوم نیتروژن (۲۵۰کیلوگرم بر هکتار) بیشترین شاخص سطح برگ را به خود اختصاص داد و دارای اختلاف معنی‌داری با ۲ سطح دیگر نیتروژن بود.



شکل۴-۲۶- اثر تیماراصلی نیتروژن بر شاخص سطح برگ

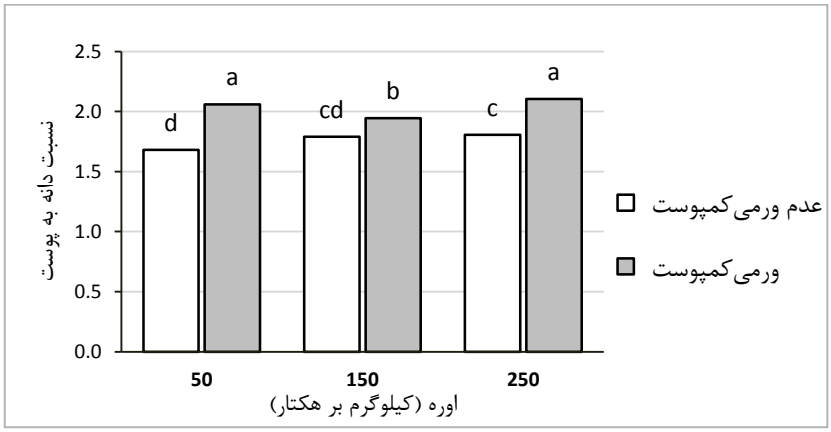
یکی از عوامل مؤثر توسعه سطح برگ هر بوته و به تبع آن، توسعه سایه‌اندازی، میزان نیتروژن است که با تأثیر بر اندازه و طول عمر برگ، موجب افزایش شاخص سطح برگ می‌شود. و نیز نیتروژن از عناصر اصلی تشکیل دهنده کلروفیل و آنزیم‌های فتوسنتزی نظیر روبیسکو می‌باشد و اگر گیاه با محدودیت نیتروژن مواجه نباشد موجب افزایش سطح برگ گیاه خواهد شد. چرا که بر اساس قوانین و تئوری‌های موجود در این زمینه، همچون قانون لیبک، درصورتی گیاه می‌تواند از شرایط محیطی فراهم شده در اطراف خود بهترین بهره‌برداری را داشته باشد که تمامی این عوامل (نور، آب و عناصر غذایی) در محدوده مطلوب فراهمی خود موجود باشند. از آنجایی که سطح برگ گیاه یک عامل مؤثر بر جذب نور و افزایش تولید ماده خشک می‌باشد. لذا سطح برگ زیاد از طریق جذب نور، فتوسنتز بیشتر را به همراه داشته و در نهایت موجب افزایش تولید می‌شود (شور و مدنی، ۱۳۹۱). مقدار نیتروژن مصرفی تأثیر زیادی بر تولید و گسترش سطح برگ دارد. گیاهان با دریافت نیتروژن بیشتر، سطح برگ بزرگتری نسبت به گیاهان با نیتروژن مصرفی کم داشتند (ساجدی و اردکانی، ۱۳۸۷). ساجدی و اردکانی (۱۳۸۷)، نشان دادند که بیشترین میزان شاخص سطح برگ در تیمار ۳۰۰کیلوگرم نیتروژن بر هکتار به‌دست آمده است. قلی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۸)، طی گزارشی اعلام کردند که کاربرد تیمار ۲۲۰ کیلوگرم نیتروژن، موجب افزایش شاخص سطح برگ می‌شود. و نیز مصرف نیتروژن علاوه بر افزایش سطح برگ موجب حفظ آن تا اواخر دوره رشد می‌شود.

۴-۷- نسبت دانه به پوست

نتایج تجزیه واریانس صفت نسبت دانه به پوست در جدول پیوست ۳ نشان می‌دهد که تنها تیمار اصلی تأثیرگذار بر این صفت ورمی‌کمپوست بوده است ($P\leq ۰/۰۱$). اثر متقابل تیمارهای نیتروژن × ورمی‌کمپوست در سطح احتمال ۵ درصد و در سطح احتمال یک درصد اثر متقابل تیمارهای نیتروژن × سولفات‌آهن و اثر سه جانبه تیمارهای آزمایشی معنی‌دار شد.

مقایسه میانگین اثر متقابل نیتروژن و ورمی‌کمپوست در شکل۴-۲۷ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد اثر ترکیبات تیماری حاصله از ورمی‌کمپوست و نیتروژن بر صفت نسبت دانه به پوست دارای اختلاف معنی‌داری با یکدیگر هستند. اثر مثبت استفاده ورمی‌کمپوست به همراه سطوح نیتروژن در افزایش این صفت مشاهده شد. این اثر در تیمار ۵۰کیلوگرم نیتروژن بر هکتار در از لحاظ آماری در بالا ترین سطح قرار گرفت. در مجموع بیشترین میزان این صفت در ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست با میانگینی معادل ۲/۱ به‌دست آمد. که اختلاف معنی‌داری با ترکیب تیماری ۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست با میانگینی معادل ۲/۰۶ نداشت.

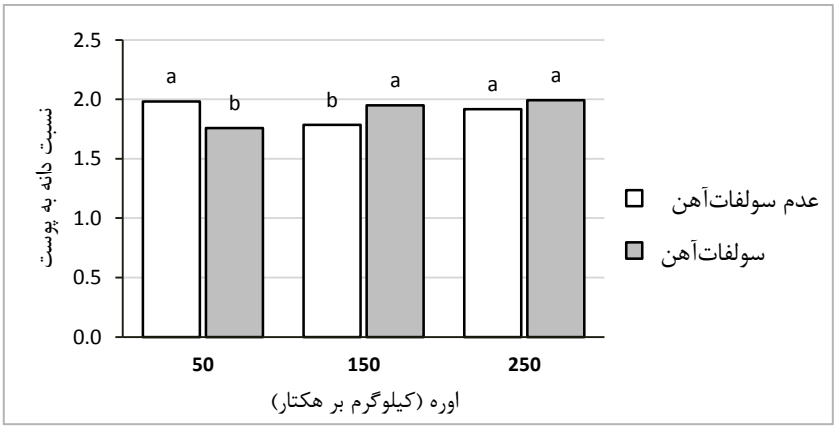
ورمی‌کمپوست حاوی بسیاری از مواد مغذی قابل دسترس برای گیاه مانند نیترات، فسفات، کلسیم و پتاسیم محلول است (ارزوکو و همکاران، ۱۹۹۶) و این طور به نظر می‌رسد که ورمی‌کمپوست می‌تواند رشد و بهره‌وری از گیاهان را به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر قرار دهد.



شکل ۴-۲۷- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و ورمی‌کمپوست بر نسبت دانه به پوست

شکل ۴-۲۸ اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و سولفات‌آهن را نمایش می‌دهد. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌گردد، اثر ترکیب این دو تیماری آزمایشی بر صفت نسبت دانه به پوست از لحاظ آماری تفاوت زیادی با یکدیگر دارد. در سطح ثابت ۵۰کیلوگرم نیتروژن بر هکتار استفاده و عدم استفاده از سولفات‌آهن موجب ایجاد یک اختلاف بسیار معنی‌دار در این صفت شد، و همین وضعیت

در سطح ۱۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن نیز مشاهده گردید. ولی این اختلاف در ۲ سطح اوّل و دوّم نیتروژن در تضاد با یکدیگر است. به‌طوری که در سطح اول نیتروژن بیشترین میزان این صفت مربوط به ترکیب تیماری ۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× عدم سولفات‌آهن بود، امّا در سطح دوم نیتروژن بیشترین میزان مربوط به ترکیب تیماری ۱۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن× سولفات‌آهن با میانگینی معادل ۱/۹۵ بود و البته این دو در یک گروه آماری مشابه قرار گرفتند. در مجموع بیشترین و کمترین میزان این صفت به‌ترتیب در ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× سولفات‌آهن با میانگینی معادل ۱/۹۹ و ترکیب تیماری ۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن× عدم سولفات‌آهن با میانگین ۱/۷۵ مشاهده شد. قلی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۸)، در مطالعات خود بیان داشتند که با افزایش کود نیتروژنه درصد مغز به کل دانه کاهش یافته است.



شکل ۴-۲۸- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و سولفات‌آهن بر نسبت دانه به پوست

نحوه‌ی اثرگذاری توأمان هر سه تیمار آزمایشی در جدول ۴-۶ نشان داده شده است.

ترکیب تیماری ۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست× عدم سولفات‌آهن، حداکثر میزان نسبت دانه به پوست را با میانگینی معادل ۲/۲۷ را به خود اختصاص داد و حداقل میزان نسبت دانه به پوست در ترکیب تیماری ۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× عدم ورمی‌کمپوست× سولفات‌آهن با میانگین ۱/۶۷ بود.

جدول ۴-۶- تأثیر تیمارهای آزمایش بر میانگین نسبت دانه به پوست

تیمارهای آزمایشی			نسبت دانه به پوست
ورمی‌کمپوست	سولفات‌آهن	نیتروژن	
ورمی‌کمپوست	سولفات‌آهن	۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱/۸۴de
		۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۲/۱۶۳ab
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۲/۰۷bc
	عدم سولفات‌آهن	۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۲/۲۷a
		۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱/۷۳ef
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۲/۱۴ab
عدم ورمی‌کمپوست	سولفات‌آهن	۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱/۶۷f
		۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱/۷۳ef
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱/۹۱cd
	عدم سولفات‌آهن	۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱/۶۹ef
		۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱/۸۴de
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱/۶۹ef
$LSD_{0.05}$			۰/۱۵۸

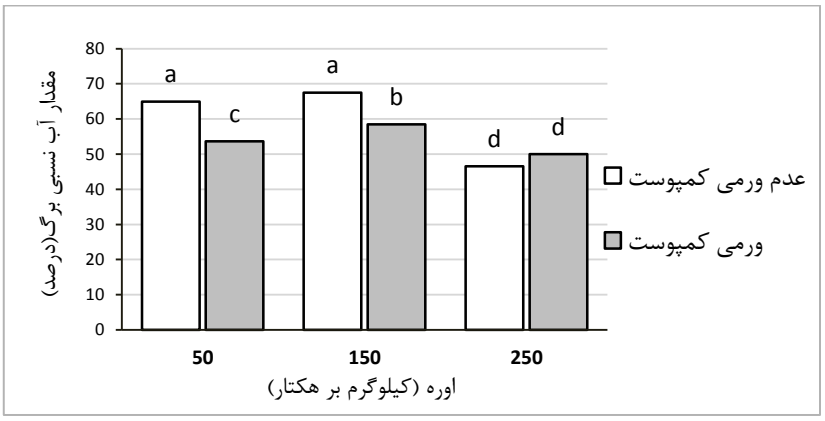
حروف غیر مشترک در ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

۴-۸- مقدار آب نسبی برگ

تأثیر تمامی منابع تغییر در سطح احتمال یک درصد بر مقدار آب نسبی برگ، بجز تیمار اصلی سولفات‌آهن معنی‌دار بود (جدول پیوست ۳).

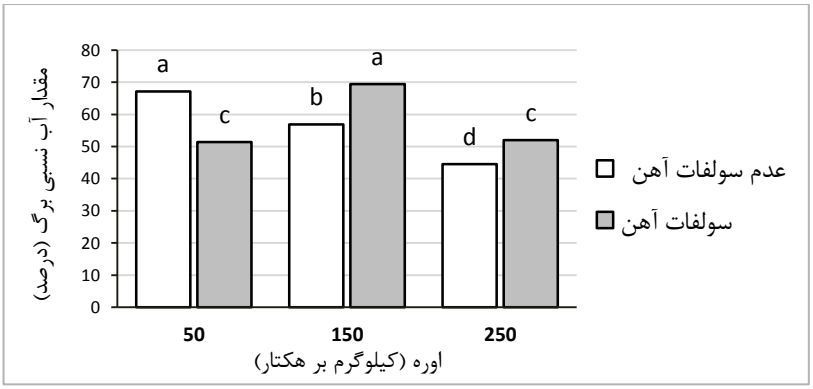
مقایسه میانگین اثر متقابل نیتروژن و ورمی‌کمپوست بر مقدار آب نسبی برگ در شکل ۴-۲۹ ارائه شده است. مشاهده می‌گردد ترکیب تیماری ۱۵۰کیلوگرم برهکتار نیتروژن× عدم ورمی‌کمپوست بیشترین مقدار آب نسبی برگ را با میانگینی معادل ۶۷/۵۲ درصد داشت، در صورتی که کاربرد ورمی‌کمپوست در این سطح از تیمار نیتروژن ، حدود ۹ درصد موجب کاهش این صفت شد. با افزایش نیتروژن به ۲۵۰کیلوگرم در هکتار مقدار آب نسبی برگ به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت و در ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن× عدم ورمی‌کمپوست به متوسط ۴۵/۵۵ درصد رسید. تنها در این سطح از نیتروژن است که کاربرد ورمی‌کمپوست سبب افزایش این صفت گردید امّا

در کل اختلاف معنی‌داری را ایجاد نکرد و در برابر دو سطح دیگر نیتروژن از لحاظ آماری در پایین‌ترین رتبه قرار گرفتند.



شکل ۴-۲۹- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و ورمی‌کمپوست بر مقدار آب نسبی برگ

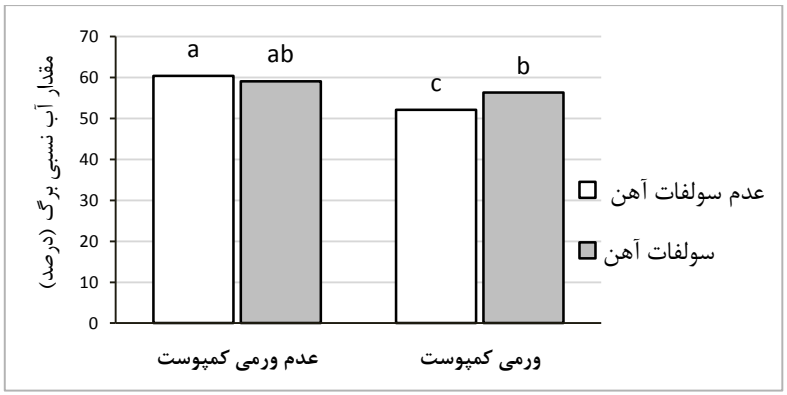
اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و سولفات‌آهن بر صفت مقدار آب نسبی برگ در شکل ۴-۳۰ نمایش داده شده است. مشاهده می‌گردد که ترکیب تیماری ۱۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× سولفات‌آهن با میانگین ۶۹/۴ درصد، از بین تمام ترکیبات تیماری سبب بیشترین مقدار آب نسبی برگ شد. البته با ترکیب تیماری ۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× عدم سولفات‌آهن اختلاف معنی‌داری نداشت و فقط در این ترکیب تیماری است که استفاده از سولفات‌آهن موجب کاهش مقدار آب نسبی برگ گردید و آن را به ۵۱/۴۳ درصد رساند، که کمترین مقدار بود. استفاده از ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن× عدم سولفات‌آهن حداقل مقدار آب نسبی برگ را با میانگین ۴۴/۵۵ درصد رقم زد. در مجموع افزایش نیتروژن خاک به ۲۵۰کیلوگرم بر هکتار تأثیر مثبتی بر این صفت نداشت



شکل ۴-۳۰- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و سولفات‌آهن بر مقدار آب نسبی برگ

شکل ۴-۳۱ بیانگر اثر ترکیبات تیماری حاصل از ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن بر مقدار آب نسبی برگ است. مشاهده می‌گردد که در تیمار شاهد (عدم ورمی‌کمپوست× عدم سولفات‌آهن) بیشترین مقدار آب نسبی برگ به‌دست آمد. البته اختلاف بسیار معنی‌داری با ترکیبات تیماری حاصل از ورمی‌کمپوست داشت. به‌نحوی که استفاده از ورمی‌کمپوست موجب کاهش ۸/۲۴ درصدی این صفت شد. امّا استفادهٔ هم‌زمان سولفات‌آهن و ورمی‌کمپوست این کاهش را کمی جبران کرد و این اختلاف را به ۴/۰۷ درصد رساند. اگرچه هنوز از لحاظ آماری اختلاف بسیاری با ترکیب تیماری عدم ورمی‌کمپوست× عدم سولفات‌آهن داشت.

قلی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۸)، بیان داشتند که تفاوت میان محتوی نسبی آب برگ در سطوح نیتروژن معنی‌دار است، ولی بین سطوح ۱۶۰و ۲۲۰ کیلوگرم نیتروژن تفاوتیوجود ندارد.



شکل ۴-۳۱- اثر ترکیبات تیماری حاصل از ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن بر مقدار آب نسبی برگ

اثر ترکیب سه تیمار آزمایشی بر مقدار آب نسبی برگ در جدول ۴-۷ آورده شده است. ترکیب تیماری ۱۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× عدم ورمی‌کمپوست× سولفات‌آهن با میانگین ۷۷/۸۸ درصد حداکثر این صفت را موجب گردید و تیمار ۲۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست× عدم سولفات‌آهن با میانگینی برابر با ۴۳/۰۰ درصد حداقل میزان این صفت را به خود اختصاص داد. با توجه به نتایج به‌دست آمده استفاده از ورمی‌کمپوست سبب تأثیر منفی بر صفت مقدار آب نسبی برگ شد.

جدول ۴-۷ *تأثیر تیمارهای آزمایش بر*مقدار آب نسبی برگ

تیمارهای آزمایشی			مقدار آب نسبی برگ
ورمی‌کمپوست	سولفات‌آهن	نیتروژن	(درصد)
ورمی‌کمپوست	سولفات‌آهن	۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۵۰/۷۱de
		۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۶۱/۰۸b
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۵۷/۰۴bc
	عدم سولفات‌آهن	۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۵۶/۵۹bc
		۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۵۶/۷۲bc
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۴۳/۰۰f
عدم ورمی‌کمپوست	سولفات‌آهن	۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۵۲/۱۶cd
		۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۷۷/۸۸a
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۴۷/۰۱ef
	عدم سولفات‌آهن	۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۷۷/۷۹a
		۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۵۷/۱۵bc
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۴۶/۰۶ef
$LSD_{0.05}$			۵/۱۲

حروف غیر مشترک در ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

کاهش محتوی نسبی آب برگ نشان دهندهٔ کاهش فشار آماس در سلول‌های گیاهی است و موجب کاهش رشد می‌گردد. با خارج شدن آب از خاک و عدم جایگزینی آن، پتانسیل آب در منطقه ریشه کاهش یافته و اگر مقاومت‌ها در گیاه ثابت بمانند، به منظور حفظ سرعت تعرق، پتانسیل آب در گیاه به طور مشابهی کاهش می‌یابد. گزارش‌های متعددی مبنی بر اینکه افزایش کاربرد نیتروژن از طریق افزایش ساخت پروتئین‌ها و افزایش ضخامت دیواره سلولی باعث جذب بیشتر آب توسط

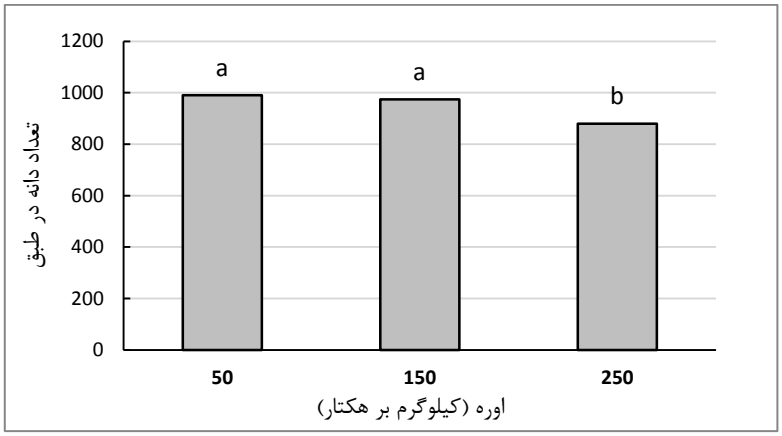
پروتوپلاسم و بهبود محتوی نسبی آب برگ می‌شود، وجود دارد (ملکوتی و همایی، ۲۰۰۳). محمدزاده و همکاران (۱۳۹۱)، گزارش کردند که کاربرد کود نیتروژن موجب افزایش محتوی نسبی آب برگ گردید به‌طوری که بیشترین مقدار آن در تیمار ۱۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن مشاهده شد.

۴-۹- عملکرد و اجزای عملکرد

۴-۹-۱- تعداد دانه در طبق

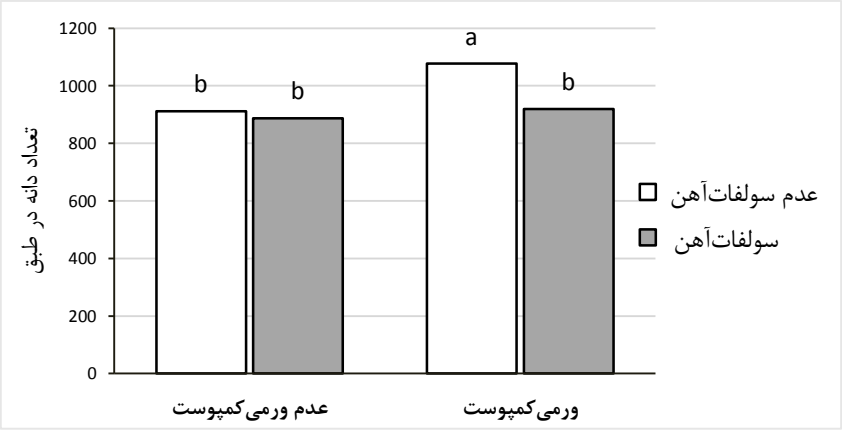
نتایج تجزیه واریانس تعداد دانه در طبق در جدول پیوست ۴ نشان داده شده است. اثر تمامی تیمارهای اصلی نیتروژن، ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن و اثر متقابل ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن بر تعداد دانه در طبق معنی‌دار شد ($P\leq ۰/۰۱$).

نحوه‌ی اثرگذاری تیمار نیتروژن بر صفت تعداد دانه در طبق در شکل ۴-۳۲ نمایش داده شده است . با توجه به شکل افزایش کود نیتروژن کاهش تعداد دانه در طبق را به همراه داشت. افزایش نیتروژن از ۱۵۰ به ۲۵۰کیلوگرم در هکتار موجب کاهش حدوداً ۱۰ درصدی (۹۶عدد دانه) تعداد دانه در طبق شد. امّا کاربرد سطح اوّل و دوم نیتروژن براین صفت تفاوتی از لحاظ آماری ایجاد نکرد. در مجموع بیشترین تعداد دانه در طبق در سطح اوّل نیتروژن با میانگینی معادل ۹۹۱ عدد حاصل شد.



شکل ۴-۳۲- اثر حاصل از تیمار نیتروژن بر تعداد دانه در طبق

اثر ترکیبات تیماری حاصل از ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن در شکل ۴-۳۳ نمایش داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، سولفات‌آهن اثر مثبتی بر این صفت نداشت. در ترکیب تیماری عدم ورمی‌کمپوست× سولفات‌آهن ۸۸۷ عدد دانه به‌دست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد (عدم ورمی‌کمپوست ×عدم سولفات‌آهن) ۲۵ عدد کمتر بود، هرچند از نظر آماری اختلاف نداشتند. بیشترین تعداد دانه در طبق مربوط به ترکیب تیماری ورمی‌کمپوست× عدم سولفات‌آهن است که میانگینی معادل ۱۰۷۷ عدد شد. امّا کاربرد سولفات‌آهن به همراه ورمی‌کمپوست موجب کاهش حدود ۱۵ درصدی تعداد دانه در طبق گردید و به ۹۱۹ دانه در طبق رسید. با توجه به وجود ارتباط معنی‌دار میان سرعت رشد و فراهمی مواد پرورده در هنگام گلدهی، تأثیر مثبت کاربرد ورمی‌کمپوست بر این فرآیندها قابل انتظار بود.



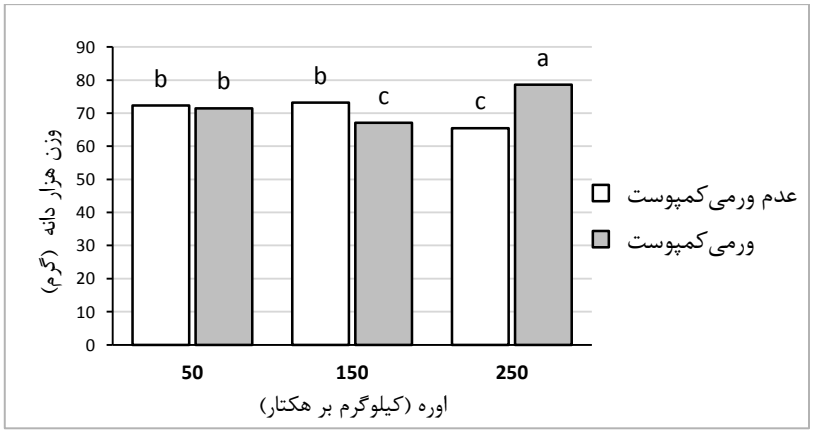
شکل ۴-۳۳- اثر ترکیبات تیماری حاصل از سولفات‌آهن و ورمی‌کمپوست بر تعداد دانه در طبق

رحیمی‌زاده و همکاران (۱۳۸۹) نشان دادند که اثر مصرف کودهای ریزمغذی (آهن و روی) بر تعداد دانه در طبق معنی‌دار بود. تعداد دانه در طبق تأثیر قابل توجهی بر عملکرد دانه آفتابگردان داشته و بیش از وزن دانه‌ها، تحت تأثیر شرایط محیط رشد قرار می‌گیرد. قلی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۸)، بیان کردند که افزایش مصرف نیتروژن با افزایش معنی‌دار تعداد دانه در طبق همراه است.

۴-۹-۲- وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس صفت وزن هزار دانه در جدول پیوست ۴ آمده است. تنها تیمار اصلی نیتروژن بر صفت وزن هزار دانه معنی‌دار نشد، سایر منابع تغییر بر این صفت تأثیر معنی‌داری داشتند. در سطح احتمال ۵ درصد تیمار اصلی ورمی‌کمپوست و در سطح احتمال ۱ درصد تیمار اصلی سولفات‌آهن و تمامی اثرات دو جانبه و سه جانبه حاصل از تیمارهای اصلی معنی‌دار شد.

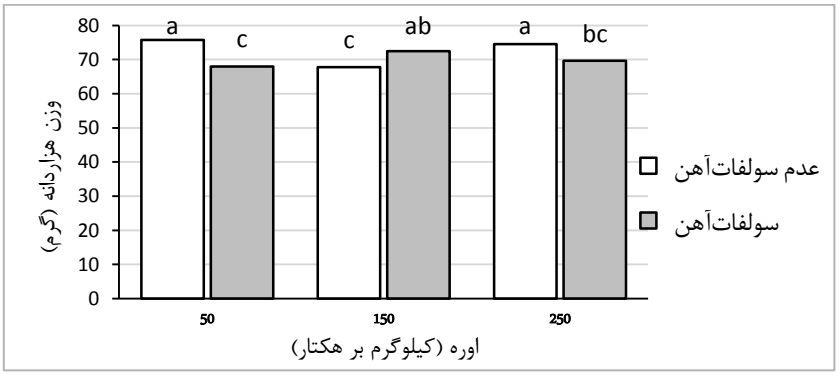
شکل ۴-۳۴ تأثیر ترکیبات تیماری ناشی از نیتروژن و ورمی‌کمپوست بر صفت وزن هزاردانه را نشان می‌دهد. تلفیق ورمی‌کمپوست با ۲۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن با میانگینی معادل ۷۸/۶ گرم بیشترین وزن هزار دانه را نشان داد که نسبت به سایر ترکیبات تیماری معنی‌دار نیز بود. و این در حالی است که کمترین وزن هزار دانه در ترکیب همین سطح از نیتروژن در حالت عدم حضور ورمی‌کمپوست (۶۵/۵ گرم) رقم خورد. در سطح ۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن در هکتار بین حضور و عدم حضور ورمی‌کمپوست اختلاف آماری وجود نداشت افزایش نیتروژن به ۱۵۰کیلوگرم بر هکتار به تنهایی تأثیر زیادی بر مقدار وزن هزاردانه نداشت، امّا اضافه شدن ورمی‌کمپوست به ۱۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن کاهشی حدود ۶ گرم را به همراه داشت.



شکل ۴-۳۴- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و ورمی‌کمپوست بر وزن هزاردانه

روشن‌ضمیر و همکاران (۲۰۰۶)، دریافتند که کاربرد کود آلی سبب افزایش وزن هزاردانه در گلرنگ شد. حسن‌زاده‌قورت تپه (۲۰۰۶)، گزارش کرده است که تأثیر کود آلی و شیمیایی در سیستم تلفیقی بر خصوصیات کمی و کیفی آفتابگردان نظیر وزن هزاردانه معنی‌دار بود. طهماسبی و مصطفوی‌راد (۱۳۹۰)، نشان دادند که کاربرد هم‌زمان کود شیمیایی و کود آلی (کمپوست و اوره) موجب کاهش اندکی در شاخص برداشت و وزن هزاردانه در کلزا شد. بیشترین وزن هزاردانه گیاه آفتابگردان با کاربرد ۲۰۰کیلوگرم نیتروژن حاصل شد (بابایی‌اقدم و همکاران، ۱۳۸۸).

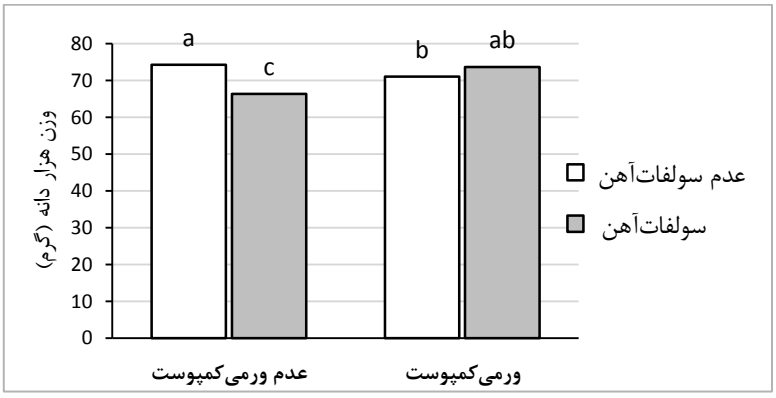
شکل ۴-۳۵ نحوه‌ی تأثیرگذاری توأم تیمارهای نیتروژن و سولفات‌آهن را بر صفت وزن هزاردانه نمایش می‌دهد. نکته جالب توجه در شکل مربوط می‌شود به سطح اوّل و سوّم نیتروژن در حالت عدم استفاده از سولفات‌آهن که از لحاظ آماری با یکدیگر اختلاف ندارند و نیز بیشترین وزن هزاردانه در ترکیب تیماری ۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× عدم سولفات‌آهن با میانگینی معادل ۷۵/۷۵ گرم به‌دست آمد. با توجه به ۵ برابر شدن نیتروژن در ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× عدم سولفات‌آهن وزن هزاردانه تغییر زیادی نکرد (حدود ۱ گرم کمتر از ترکیب تیماری ۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× عدم سولفات‌آهن شد). همراه شدن سولفات‌آهن با ۵۰کیلوگرم نیتروژن بر هکتار منجر به کاهش ۱۰ درصدی وزن هزاردانه شد. نتایج نشان داد که تأثیر مثبت کود سولفات‌آهن بر صفت وزن هزاردانه در ترکیب با ۱۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن بود. چرا که تنها در این ترکیب تیماری است که استفاده از سولفات‌آهن منجر به افزایش وزن هزاردانه (۷۲/۴۸ گرم) شد.



شکل ۴-۳۵- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و سولفات‌آهن بر وزن هزاردانه

نتایج بررسی رحیمی و مظاهری (۱۳۸۷)، نشان داد که استفاده از کود آهن‌دار موجب افزایش وزن هزاردانه در گیاه ذرت می‌گردد. در آزمایش رحیمی‌زاده و همکاران (۱۳۸۹)، مصرف کودهای ریزمغذی (آهن و روی) اثر معنی‌داری بر وزن هزاردانه آفتابگردان نداشتند. نتایج تحقیقات رحمتی و همکاران (۱۳۸۵)، نشان می‌دهد که با افزایش کود نیتروژن وزن هزاردانه در گیاه آفتابگردان افزایش می‌یابد.

نحوه‌ی اثرگذاری هم‌زمان سولفات‌آهن و ورمی‌کمپوست بر صفت وزن هزاردانه در شکل ۴-۳۶ نشان داده شده است. نکته قابل توجه در مورد تیمار شاهد است که (عدم ورمی‌کمپوست× عدم سولفات‌آهن) که بیشترین میزان وزن هزاردانه را با میانگینی معادل ۷۴/۲۵ گرم به خود اختصاص داد. استفاده از سولفات‌آهن در ترکیب تیماری عدم ورمی‌کمپوست× سولفات‌آهن وزن هزاردانه را به شدت کاهش داد (حدود ۱۰ درصد). ترکیب تیماری ورمی‌کمپوست× عدم سولفات‌آهن وزن هزاردانه را نسبت به ترکیب تیماری عدم ورمی‌کمپوست× سولفات‌آهن افزایش داد (۷۱/۰۹ گرم). کاربرد هر دو تیمار در ترکیب تیماری ورمی‌کمپوست× سولفات‌آهن وزن هزار دانه را افزایش داد و به۷۳/۶۹ گرم رساند که با اختلافی حدود ۰/۵ گرم با ترکیب تیماری شاهد داشت و تفاوتی از لحاظ آماری با یکدیگر نداشتند.



شکل ۴-۳۶- اثر ترکیبات تیماری حاصل از ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن بر وزن هزار دانه

تأثیرگذاری توأمان تیمارهای آزمایشی بر صفت وزن هزاردانه در جدول ۴-۸ آورده شده است. بیشترین وزن هزاردانه با کاربرد ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست× سولفات‌آهن با میانگینی معادل ۸۱/۱۳ گرم حاصل شد و ۵۸/۱۳ گرم کمترین وزن هزاردانه است که در ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× عدم ورمی‌کمپوست× سولفات‌آهن به‌دست آمد.

به نظر می‌رسد که دارا بودن طبق‌های درشت‌تر و شاخص سطح برگ بالاتر و درنتیجه افزایش میزان مواد فتوسنتزی و انتقال سریع مواد طی فرآیند پدیده انتقال مجدد، باعث افزایش وزن هزاردانه آن شده است که متعاقب آن در افزایش عملکرد دانه نقش مهمی داشته است، زیرا یکی از مهمترین اجزای عملکرد وزن هزاردانه در آفتابگردان می‌باشد.

جدول ۴-۸- تأثیر تیمارهای آزمایش بر میانگین وزن هزاردانه

تیمارهای آزمایشی			وزن هزار دانه (گرم)
ورمی‌کمپوست	سولفات‌آهن	نیتروژن	
ورمی‌کمپوست	سولفات‌آهن	۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۶۵/۲۹e
		۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۷۴/۶۷bcd
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۸۱/۱۳a
	عدم سولفات‌آهن	۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۷۷/۵۸ab
		۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۵۹/۵۳f
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۷۶/۱۷bc
عدم ورمی‌کمپوست	سولفات‌آهن	۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۷۰/۶۷d
		۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۷۰/۳۰d
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۵۸/۱۳f
	عدم سولفات‌آهن	۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۷۳/۹۳bcd
		۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۶۷/۰۰bc
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۷۲/۸۳cd
$LSD_{0.05}$			۴/۷۳

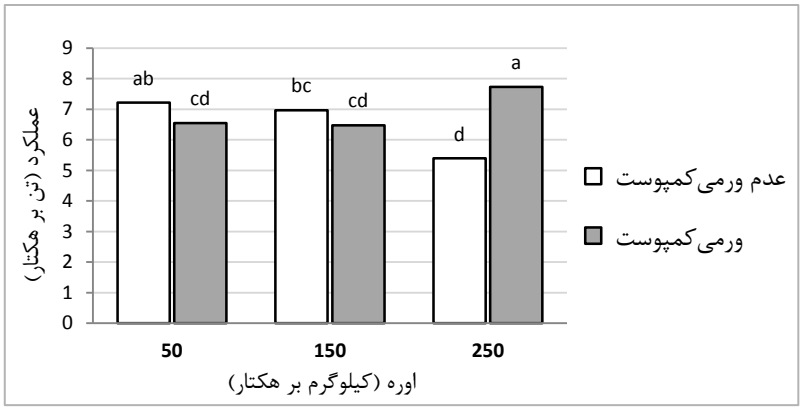
حروف غیر مشترک در ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

۴-۹-۳- عملکرد

نتایج تجزیه واریانس عملکرد در جدول پیوست ۴ نشان داده شده است. عملکرد به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر ورمی‌کمپوست (P≤۰/۰۵)، سولفات‌آهن (P≤۰/۰۱) و اثرات متقابل ورمی‌کمپوست و نیتروژن، سولفات‌آهن و نیتروژن (P≤۰/۰۱) و سولفات‌آهن و ورمی‌کمپوست (P≤۰/۰۵) قرار گرفت.

با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل نیتروژن و ورمی‌کمپوست مقایسه‌ای بین این ترکیبات تیماری انجام گرفت که در شکل ۴-۳۷ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که چنانچه ورمی‌کمپوست با مقادیر بالای نیتروژن همراه باشد، عملکرد بیشتری به‌دست خواهد آمد. البته به‌طوری که بالاترین عملکرد با میانگین معادل ۷/۷۳ تن بر هکتار از ترکیب تیمار ۲۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست به‌دست آمد. بالا بودن وزن هزاردانه در این ترکیب تیماری دلیل رقم خوردن چنین نتیجه‌ای بود. این در حالی است که میزان عملکرد در ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن× عدم ورمی‌کمپوست، حدود ۲تن در هکتار کمتر از این مقدار بود. پایین بودن قابل توجه عملکرد (۵/۳۹ تن بر هکتار) در شرایطی که نیتروژن به تنهایی (۲۵۰کیلوگرم بر هکتار) استفاده گردید، حاکی از اهمیت وجود ورمی‌کمپوست برای تأثیرگذاری بیشتر نیتروژن در گیاه است. در این شرایط (۲۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن×عدم ورمی‌کمپوست) پایین بودن وزن هزاردانه سبب کاهش قابل توجه عملکرد گردید. در این بین نباید از تأثیر منفی ورمی‌کمپوست در دیگر سطوح نیتروژن غافل شد. کاربرد ۱۵۰کیلوگرم نیتروژن بر هکتار به تنهایی عملکرد را نسبت به سطح اوّل نیتروژن کاهش داد. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، افزایش میزان کود نیتروژن در حالت عدم استفاده از ورمی‌کمپوست، عملکرد کاهش می‌یابد، به نحوی که، در ترکیب تیماری ۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن × عدم ورمی‌کمپوست عملکرد میانگینی معادل ۷/۲۱ تن بر هکتار داشت، در ترکیب تیماری ۱۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× عدم ورمی‌کمپوست عملکرد ۶/۹۶ تن بر هکتار شد و در نهایت در ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× عدم ورمی‌کمپوست عملکرد به پایین‌ترین میزان خود

یعنی ۵/۳۹ تن بر هکتار رسید (شکل ۴-۳۷). و از این سیر نزولی عملکرد در ازای افزایش کود نیتروژن چنین می‌توان نتیجه گرفت که افزایش نیتروژن موجب افزایش رشد رویشی گیاه شده و مانع رشد زایشی گیاه می‌گردد. استفاده از ورمی‌کمپوست در ۲ سطح نیتروژن (۵۰ و ۱۵۰کیلوگرم) تأثیری بر عملکرد نداشت و اختلافی از لحاظ آماری بین این دو سطح نیتروژن ایجاد نکرد. غلامحسینی و همکاران (۱۳۸۷)، گزارش کردند که کمترین میزان عملکرد آفتابگردان در تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی (۱۳۰کیلوگرم در هکتار اوره) به‌دست آمده است. و بیشترین میزان عملکرد در ترکیب کود اوره با کمپوست به‌دست آمد. به نظر می‌رسد ورمی‌کمپوست باعث بهبود شرایط فیزیکوشیمیایی خاک مانند افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و ظرفیت نگهداری رطوبت توانسته عملکرد بیشتری حاصل کند. صباحی (۲۰۰۶)، در مطالعات خود بر روی کلزا نشان داد که شاخص برداشت و عملکرد دانه در تیمار تلفیقی در مقایسه با تیمار شیمیایی بیشتر بود. طهماسبی و مصطفوی‌راد (۱۳۹۰) برتری تغذیه تلفیقی (کمپوست و اوره) در افزایش عملکرد کمی کلزا را در نتایج تحقیق خود نشان دادند.

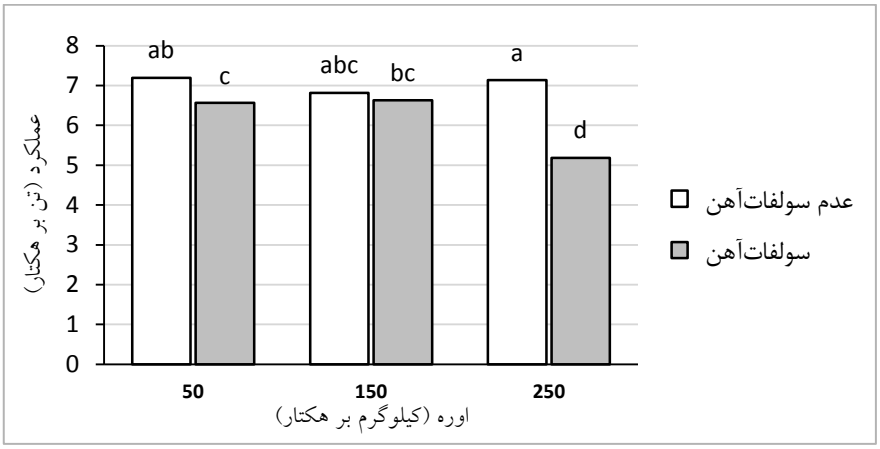


شکل ۴-۳۷- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و ورمی‌کمپوست بر عملکرد

نیتروژن در کود شیمیایی به‌صورت معدنی است، و در شرایط محیطی مناسب در معرض فرایند نیترات‌سازی قرار می‌گیرد، و احتمالاً به‌صورت نیترات به اعماق پایین‌تر خاک انتقال می‌یابد. درصورتی که این واکنش در تیمارهای کودآلی آهسته‌تر صورت می‌گیرد (رضایی‌نژاد و افیونی، ۱۳۷۹). اعمال ورمی‌کمپوست همراه با ۱۰۰ و ۷۵ درصد از میزان کودهای شیمایی توصیه شده با خاک مزرعه

موجب افزایش عملکرد گیاه بامیه گردید (یاشاکاماتری و همکاران، ۱۹۹۹). کاربرد ورمی‌کمپوست در خاک مزرعه ترکیب شده با ۵۰ درصد از میزان توصیه شده کودهای شیمیایی سبب افزایش عملکرد گوجه‌فرنگی شد (کولت و همکاران، ۱۹۹۹). بیشترین میزان عملکرد آفتابگران پس از اصلاح خاک با ۵۰ درصد از میزان کودهای شیمیایی توصیه شده ۵ تا ۱۰ تن بر هکتار ورمی‌کمپوست به‌دست آمد (دوی و همکاران، ۱۹۹۸) عملکرد نخود پس از اصلاح خاک با ۱۰۰درصد کود شیمیایی توصیه شده در ترکیب با ورمی‌کمپوست به میزان ۱۰ تن بر هکتار افزایش یافت (راماچاندرا و همکاران، ۱۹۹۸).

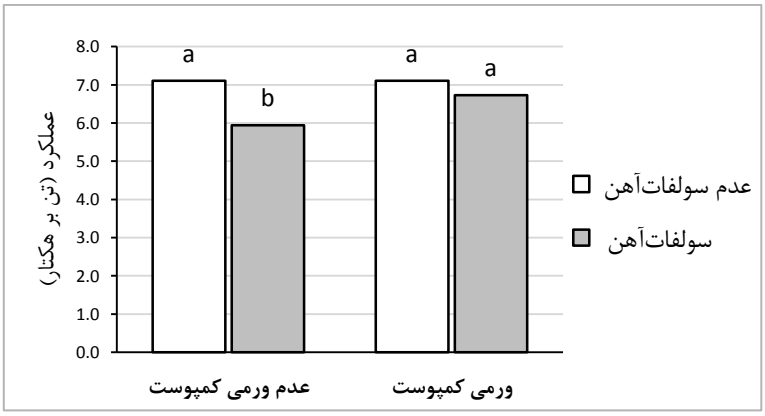
دیگر اثر متقابل معنی‌دار شده، اثر متقابل نیتروژن و سولفات‌آهن است. به همین منظور مقایسه میانگینی بین این ترکیبات تیماری به عمل آمد که در شکل ۴-۳۸ مشاهده می‌شود. هم‌زمانی سولفات‌آهن و نیتروژن تأثیر مثبتی بر عملکرد نداشت. امّا کاربرد تیمار نیتروژن به‌تنهایی سبب افزایش عملکرد شد. به‌طوری که بیشترین عملکرد در ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن × عدم سولفات‌آهن با میانگین ۷/۳۲ تن بر هکتار حاصل شد و دلیل این امر را می‌توان افزایش وزن هزاردانه در همین ترکیب تیماری دانست. عملکرد به‌دست آمده در ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× سولفات‌آهن معادل با ۵/۸۲ تن بر هکتار بود که با اختلافی حدود ۱/۵ تن بر هکتار از ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× عدم سولفات‌آهن، کمترین عملکرد را به خود اختصاص داد. ترکیب تیماری ۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× عدم سولفات‌آهن با عملکردی معادل با ۷/۱۹ تن بر هکتار و تفاوتی معادل با ۰/۱۲ تن بر هکتار نسبت به بیشترین مقدار عملکرد در یک گروه آماری مشابه قرار گرفت. استفاده از سولفات‌آهن در این سطح از نیتروژن سبب کاهش حدوداً ۹ درصدی عملکرد شد. کاربرد ۱۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن در ترکیب تیماری ۱۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن × عدم سولفات‌آهن عملکرد ۶/۸۱ تن بر هکتار به‌دست آمد. در ترکیب تیماری ۱۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× سولفات‌آهن عملکرد به ۶/۶۲ تن بر هکتار رسید. تنها در سطح دوم نیتروژن است که کاربرد سولفات‌آهن منجر به کاهش شدید عملکرد نسبت به حالت عدم استفاده از آن نشد.



شکل ۴-۳۸- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و سولفات‌آهن بر عملکرد دانه

نیتروژن یک ماده معدنی مغذی و بسیار مهم برای تولید گیاهان غیر لگوم می‌باشد و به‌عنوان یک منبع مناسب برای رسیدن به عملکرد بالا بویژه برای ارقام مدرن ضروری است. (مولوانی و همکاران، ۲۰۰۹). رحیمی و مظاهری (۱۳۸۷)، به نقل از نتایج سومر که اثر نیترات را در جذب آهن و مس بررسی نموده بود بیان داشتند که با افزایش pH غلظت آهن در ریشه افزایش یافته ولی برگ‌ها زردی کمبود آهن را نشان می‌دهند و به این نتیجه رسیدند که نیترات‌ها در خاک‌های آهکی باعث عدم جذب آهن و مس می‌گردند. تأثیر کاربرد گوگرد توأم با آهن و روی بر رشد، عملکرد و درصد روغن و پروتئین گلرنگ معنی‌دار گزارش شده است (کمرکی و گلوی، ۱۳۹۱). در آزمایش قربانی و همکاران (۱۳۸۹)، بیشترین عملکرد دانه در گندم مربوط به تیمار نیتروژن و ترکیب تیماری نیتروژن و آهن بود. بابایی‌اقدم و همکاران (۱۳۸۸)، افزایش عملکرد آفتابگردان را با افزایش کود نیتروژن گزارش دادند. افزایش نیتروژن به دلیلی محدودیت ظرفیت هر گیاه در استفاده از نیتروژن تا حد معینی است و نیتروژن مازاد بدون استفاده باقی‌مانده و از دسترس گیاه خارج می‌گردد (قلی‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۸).

دیگر ترکیب تیماری تأثیرگذار بر عملکرد دانه، ترکیب تیماری سولفات‌آهن و ورمی‌کمپوست بود. در همین راستا مقایسه‌ای بین این ترکیب‌های تیماری انجام گردید که در شکل ۴-۳۹ نمایش داده شده است. عملکرد دانه در ترکیب تیماری ورمی‌کمپوست × عدم سولفات‌آهن، ۷/۱۱ تن بر هکتار شد که هیچ تفاوتی با تیمار شاهد (عدم ورمی‌کمپوست×عدم سولفات‌آهن) نداشت و بیشترین میزان عملکرد حاصل شد. استفاده از سولفات‌آهن در ترکیب تیماری عدم ورمی‌کمپوست× سولفات‌آهن کاهش شدید حدوداً ۱۶ درصدی عملکرد نسبت به تیمار شاهد را به همراه داشت و این در حالی است که کاربرد توأم ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن اثر منفی سولفات آهن را مقداری کاهش داد و در حدود ۰/۸ تن بر هکتار بر میزان عملکرد افزود. هرچند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری دیده نشد.



شکل ۴-۳۹- اثر ترکیبات تیماری حاصل از ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن بر عملکرد

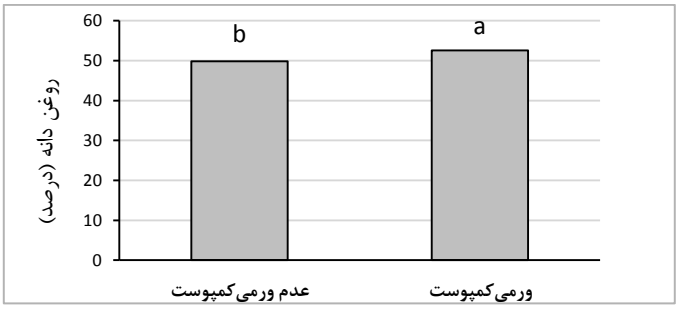
نتیجه کاربرد تلفیقی برخی کودهای آلی و شیمیایی در بسیاری از زراعت‌ها نظیر سویا و سورگوم (گوش و همکاران، ۲۰۰۴)، پنبه و کلزا (صباحی ، ۲۰۰۶) مثبت ارزیابی شده است. روشن‌ضمیر و همکاران (۲۰۰۶)، دریافتند که کاربرد کودآلی سبب افزایش عملکرد دانه گلرنگ شده است. حسن‌زاده‌قورت‌تپه (۲۰۰۵)، گزارش کرده است که تأثیر کودهای آلی و شیمیایی سیستم تلفیقی برعملکرد دانه آفتابگردان معنی‌دار بود. نتایج بررسی رحیمی و مظاهری (۱۳۸۷)، بر روی ذرت نشان داد که فراهم‌آوری عنصر آهن موجب افزایش خصوصیات ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ،

طول بلال، وزن هزاردانه و عملکرد در واحد سطح گردید. عملکرد دانه تابع اجزای عملکرد (شامل تعداد طبق بارور، تعداد دانه در طبق، وزن هزاردانه) می‌باشد و تغییر در هر یک از اجزاء سبب تغییر عملکرد خواهد شد. نتایج رحیمی و مظاهری (۱۳۸۷)، حاکی از تأثیرگذاری کودهای ریزمغذی بر عملکرد دانه می‌باشد. اکبری و همکاران (۱۳۸۸)، نشان دادند که کمترین عملکرد دانه آفتابگردان در تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی به‌دست آمده است. پژوهشگران گزارش کرده‌اند که به علت ساکن‌سازی نیتروژن معدنی توسط کودهای آلی، قابلیت دسترسی این عنصر به خصوص در مراحل اولیه رشد گیاه کمتر از کود شیمیایی است و نیز اظهار داشتند که بعد از کاربرد کود دامی، فعالیت‌های میکروبی خاک جهت تجزیه بقایای آلی افزایش پیدا کرده و مقدار قابل توجهی از نیتروژن معدنی را به مصرف می‌رسانند. بهاری و همکاران (۱۳۸۴)، نشان دادند که با افزایش استعمال کود سولفات‌آهن بر عملکرد نخود افزوده شده بود.

۴-۱۰- درصد روغن دانه

نتایج تجزیه واریانس درصد روغن در جدول ۵ نشان داده شده است. اثر تمامی تیمارهای اصلی و اثر متقابل سولفات‌آهن و نیتروژن و نیز اثر سه جانبه تیمارهای آزمایشی بر صفت درصد روغن دانه معنی‌دار شد ($P\leq ۰/۰۱$).

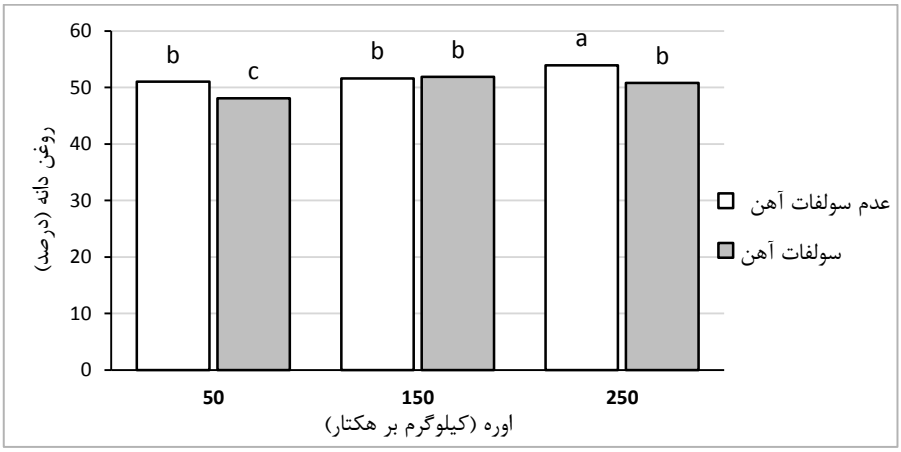
نحوه‌ی تأثیرگذاری تیمار ورمی‌کمپوست بر درصد روغن دانه در شکل ۴-۴۰ نشان داده شده است.



شکل ۴-۴۰- اثر حاصل از تیمار ورمی‌کمپوست بر درصد روغن دانه

کاربرد ورمی‌کمپوست موجب افزایش درصد روغن دانه به میزان ۵۲/۵۶ درصد شد که در حدود ۲/۷ درصد بیشتر از حالت عدم حضور ورمی‌کمپوست بود.

اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و سولفات‌آهن در شکل ۴-۴۱ نشان داده شده است. با استفاده از ترکیب تیماری ۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× عدم سولفات‌آهن، درصد روغن دانه ۵۱/۰۲ درصد شد. همراهی ۸۰کیلوگرم بر هکتار سولفات‌آهن با این سطح از نیتروژن، موجب کاهش روغن دانه در حدود ۲ درصد شد. روند افزایش کود نیتروژن در حالت عدم استفاده از کود سولفات‌آهن موجب افزایش درصد روغن دانه شد که البته در ۲ سطح اوّل و دوّم نیتروژن از نظر آماری تفاوتی وجود نداشت، امّا در حدود ۰/۶ درصد ترکیب تیماری ۱۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن×عدم سولفات‌آهن نسبت به ترکیب تیماری مشابه در سطح اوّل نیتروژن روغن دانه را افزایش داد و نهایتاً در سطح سوّم نیتروژن و در ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× عدم سولفات‌آهن بیشترین مقدار روغن دانه با میانگینی معادل ۵۳/۹۳ درصد حاصل شد. کاربرد سولفات‌آهن در ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× سولفات‌آهن همانند سطح اوّل نیتروژن سبب کاهش حدوداً ۳ درصدی روغن دانه گردید. فقط کاربرد سولفات‌آهن همراه با ۱۵۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود که موجب افزایش این صفت نسبت به ترکیب تیماری ۱۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن× عدم سولفات‌آهن شد که البته از لحاظ آماری با یکدیگر متفاوت نیستند.



شکل ۴-۴۱- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و سولفات‌آهن بر درصد روغن دانه

با معنی‌دار شدن اثر سه جانبه تیمارهای آزمایشی، مقایسه میانگینی بین ترکیبات تیماری انجام شد که در جدول ۴-۹ آورده شده است. بیشترین درصد روغن دانه در ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست× عدم سولفات‌آهن با میانگینی معادل ۵۴/۶۰ درصد حاصل شد با ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست× سولفات‌آهن با میانگین ۵۴/۱۳ درصد در یک گروه آماری مشابه قرار گرفت. کمترین میزان روغن دانه با کاربرد ترکیب تیماری ۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن × عدم ورمی‌کمپوست × سولفات‌آهن با میانگینی معادل ۴۴/۰۳ درصد به‌دست آمد. همان‌طور که در جدول قابل مشاهده است با ثابت در نظر گرفتن سولفات‌آهن، تیمارهای نیتروژن به همراه ورمی‌کمپوست، درصد روغن دانه را بیشتر از حالت عدم حضور ورمی‌کمپوست افزایش داد و نیز همراه شدن سطوح نیتروژن و ورمی‌کمپوست با سولفات‌آهن اثر مثبتی بر درصد روغن داشتند.

تحقیقات زیادی نشان می‌دهد که درصد روغن بذر آفتابگردان وابستگی زیادی به میزان درصد پوست دانه دارد، یعنی دانه‌های کوچک معمولاً درصد پوست کمتر و درصد روغن بیشتری دارند. بر اساس مطالعات انجام شده توسط خواجه‌پور (۱۳۸۶)، مقدار روغن ذخیره شده بر حسب درصدی از کل وزن دانه مشخص می‌شود و طی ذخیره‌سازی بسته به اندازه دانه، درصد پوست و مقدار روغن ذخیره شده بذر متغیر می‌باشد. مصرف بیش از حد نیتروژن موجب افزایش درصد پوست دانه شده و درنتیجه درصد روغن کاهش می‌یابد. از آنجا که درصد روغن دانه متأثر از عوامل محیطی مختلف (بخصوص درجه حرارت) و همچنین خصوصیات ژنتیکی هر رقم می‌باشد، بنابراین بروز اختلافات بوجود آمده در نتایج آزمایشات غالباً ناشی از اثرات محیط و رقم مورد کشت در آزمایش می‌باشد. نتایج بررسی رحیمی‌زاده و همکاران (۱۳۸۹)، حاکی از وجود اثر مثبت معنی‌دار مصرف کودهای ریزمغذی (آهن و روی) بر درصد روغن دانه می‌باشد. نتایج مرشدی و همکاران (۲۰۰۱)، بای‌بوردی و همکاران (۲۰۰۱) نیز حاکی از وجود اثرات مثبت عناصر ریزمغذی مصرفی چه به‌صورت خاکی و یا محلول پاشی بر درصد روغن دانه در نباتات روغنی می‌باشد. نتایج بررسی اکبری و همکاران (۱۳۸۸)،

نشان داد که بیشترین درصد روغن در تیمار ۱۰۰درصد کود آلی و کمترین درصد روغن در تیمار تلفیقی (۵۰ درصد کودآلی + ۵۰درصد کود شیمیایی) مشاهده می‌شود.

جدول ۴-۹- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر میانگین درصد روغن دانه

تیمارهای آزمایشی			روغن دانه
ورمی‌کمپوست	سولفات‌آهن	نیتروژن	(درصد)
		۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۵۲/۱۱abcd
	سولفات‌آهن	۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۵۱/۷۶bcd
ورمی‌کمپوست		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۵۴/۱۳ab
		۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۵۰/۰۳de
	عدم سولفات‌آهن	۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۵۲/۷۷abc
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۵۴/۶۰a
		۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۴۴/۰۳f
	سولفات‌آهن	۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۵۲/۰۳bcd
عدم ورمی‌کمپوست		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۴۷/۴۶e
		۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۵۲/۰۰bcd
	عدم سولفات‌آهن	۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۵۰/۴۰cd
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۵۳/۲۶ab
$LSD_{0.05}$			۲/۵۸

حروف غیر مشترک در ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

بارکر و سویر (۲۰۰۵)، بیان داشتند که مصرف زیاد نیتروژن میزان پروتئین بذر را افزایش و درصد روغن دانه را کاهش می‌دهد. و نیز بیان داشتند که کودهای آلی درصد روغن، و کودهای شیمیایی نیتروژنه، میزان پروتئین دانه را افزایش می‌دهد. وجود رابطه منفی بین میزان روغن و پروتئین دانه توسط هائو و همکاران (۲۰۰۴) نیز گزارش شده است. چون کودهای آلی به آهستگی آزاد شده و به‌تدریج در اختیار گیاه قرار می‌گیرند و نیتروژن کمتری جذب گیاه شده و در نتیجه سنتز پروتئین کاهش و درصد روغن دانه افزایش می‌یابد (طهماسبی و مصطفوی‌راد، ۱۳۹۰). عناصر ریزمغذی تأثیر بسزایی در افزایش درصد روغن دانه آفتابگردان دارند (کمرکی و گلوی، ۱۳۹۱). ابراهمیان و همکاران (۱۳۸۹)، نشان داد که افزایش درصد روغن با استفاده از مصرف ریزمغذی افزایش یافته است. پنج‌تن‌دوست و همکاران (۱۳۸۹)، بیان داشت که مصرف آهن در خاک‌های

آهکی، علاوه بر اثرگذاری روی غلظت دیگر عناصر در گیاه، شاخص‌هایی از جمله مقدار روغن و پروتئین دانه بادام زمینی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. و نیز گزارش کردند که مصرف آهن در خاک‌های با اسیدیته بالا، مقدار نیتروژن، گوگرد، پتاسیم را در بادام زمینی به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد که در نتیجهٔ آن مقدار پروتئین و روغن دانه نیز افزایش می‌یابد. و همچنین نشان داد که استفاده از آهن میزان روغن دانه را کاهش داده است، زیرا اثبات شده که پروتئین‌سازی با تولید روغن رابطه معکوس دارد و احتمالاً بتوان نتیجه گرفت که بیشتر آهن اضافه شده، در مسیر پروتئین‌سازی به کارگرفته شده است. سعیدی (۱۳۸۶)، در بررسی نتایج آزمایشات کودی گیاه کلزا نشان دادند که استفاده از کودهای شیمیایی دارای گوگرد و یا نیتروژن موجب کاهش میزان روغن دانه می‌شود. در گیاه گلرنگ استفاده از مقادیر مختلف نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر وزن هزاردانه نداشت، ولی موجب کاهش درصد روغن دانه شد.

۴-۱۱- درصد نیتروژن دانه

درصد نیتروژن دانه فقط تحت تأثیر تیمار اصلی سولفات‌آهن ($P\leq ۰/۰۵$) و اثر سه جانبه تیمارهای اصلی نیتروژن، سولفات‌آهن و ورمی‌کمپوست ($P\leq ۰/۰۱$) قرار گرفت (جدول پیوست ۵).

شکل ۴-۴۲ اثر تیمار سولفات‌آهن را بر درصد نیتروژن دانه نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در تیمار ۸۰کیلوگرم بر هکتار سولفات‌آهن بیشترین نیتروژن دانه با میانگینی معادل ۴/۷۲ درصد مشاهده که حدوداً ۰/۳ درصد بیشتر از حالت عدم حضور سولفات‌آهن بود.

شکل ۴-۴۲- اثر حاصل از تیمار سولفات‌آهن بر درصد نیتروژن دانه

به‌دلیل معنی‌دار شدن اثر سه جانبه تیمارهای‌آزمایشی، مقایسه‌ای بین این ترکیبات تیماری انجام گرفت که در جدول ۴-۱۰ آورده شده است. نکته جالب توجه در این نتایج بیشترین مقدار نیتروژن دانه است که از ترکیب تیماری ۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× عدم ورمی‌کمپوست× سولفات‌آهن با میانگین ۵/۳۳ درصد حاصل شد. کمترین درصد نیتروژن با میانگین معادل ۴/۰۳ درصد مربوط به ترکیب تیماری ۱۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× عدم ورمی‌کمپوست× عدم سولفات‌آهن است. با توجه به جدول و ثابت در نظر گرفتن ۲ تیمار سولفات‌آهن و ورمی‌کمپوست، افزایش میزان نیتروژن سبب کاهش درصد نیتروژن دانه شد. در ترکیب تیماری ۱۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست× سولفات‌آهن، میزان نیتروژن دانه به ۵/۱۳ درصد رسید که فقط ۰/۲ درصد با بیشترین مقدار تفاوت داشت.

غلامحسینی و همکاران (۱۳۸۷)، نشان دادند که بیشترین میزان نیتروژن دانه آفتابگردان در استفاده تلفیقی از کود آلی و شیمیایی حاصل شده است. استنباط می‌شود آزادسازی کند، ولی مداوم نیتروژن از منبع آلی در مقابل فراهمی سریع نیتروژن، در تیمارهای تلفیقی در طول پر شدن دانه، فراهمی و جذب نیتروژن بیشتر بوده است که نهایتاً باعث افزایش معنی‌دار نیتروژن دانه آفتابگردان شده است. پنج‌تن‌دوست و همکاران (۱۳۸۹)، به نقل از کرامر بیان داشتند که علی‌رغم اینکه کل نیتروژن جذب شده در سیستم ارگانیک کمتر از سیستم شیمیایی بود، ولی رهاسازی مداوم نیتروژن از منبع آلی باعث شد، جذب نیتروژن از آن تداوم بیشتری نسبت به کود شیمیایی داشته باشد و در نتیجه یک هم‌زمانی بهتری بین سرعت جذب و میزان نیتروژن قابل دسترس وجود داشته باشد. پنج‌تن‌دوست و همکاران (۱۳۸۹)، گزارش کردند که مصرف آهن محتوی نیتروژن دانه افزایش قابل ملاحظه‌ای را نسبت به شاهد داشته است. و نیز محققان دیگری نیز اعلام کرده‌اند که با مصرف آهن، میزان نیتروژن و پتاسیم دانه گیاه بادام زمینی افزایش داشته است.

جدول ۴-۱۰ تأثیر تیمارهای آزمایش بر میانگین درصد نیتروژن دانه

تیمارهای آزمایشی			نیتروژن دانه
ورمی‌کمپوست	سولفات‌آهن	نیتروژن	(درصد)
ورمی‌کمپوست	سولفات‌آهن	۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۴/۳۳de
		۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۵/۱۳ab
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۴/۶۷bcd
	عدم سولفات‌آهن	۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۵/۰۰abc
		۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۴/۳۳de
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۴/۴۳de
عدم ورمی‌کمپوست	سولفات‌آهن	۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۵/۳۳a
		۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۴/۵۰cde
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۴/۴۰de
	عدم سولفات‌آهن	۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۴/۳۶de
		۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۴/۰۳e
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۴/۶۰bcd
$LSD_{0.05}$			۰/۵۳۱

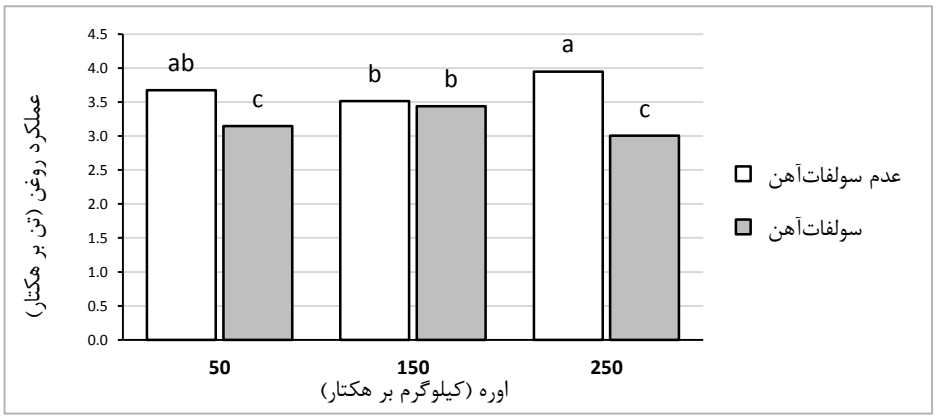
حروف غیر مشترک در ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

۴-۱۲- عملکرد روغن

نتایج تجزیه واریانس عملکرد روغن در جدول پیوست ۵ نشان داده شده است. عملکرد به‌طور بسیار معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای اصلی ورمی‌کمپوست، سولفات‌آهن و اثرات متقابل نیتروژن و ورمی‌کمپوست، نیتروژن و سولفات‌آهن، ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت.

با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل نیتروژن و سولفات‌آهن مقایسه‌ای بین این ترکیبات تیماری انجام گردید که در شکل ۴-۴۳ نمایش داده شده است. نتایج نشان داده که چنانچه سولفات‌آهن با مقادیر بالا و پایین نیتروژن همراه باشد، عملکرد روغن کاهش خواهد داشت. امّا در این بین اثر سولفات‌آهن به همراه ۱۵۰کیلوگرم نیتروژن بر هکتار، از لحاظ آماری تفاوتی با کاربرد ترکیب تیماری ۱۵۰کیلوگرم برهکتار نیتروژن × عدم سولفات‌آهن نداشت و عملکرد روغن با میانگینی معادل ۳/۵۲

تن بر هکتار به‌دست آمد. بیشترین میزان عملکرد روغن مربوط به ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن× عدم سولفات‌آهن به میزان ۳/۹۵ تن بر هکتار است که بالا بودن میزان عملکرد دانه و همچنین درصد روغن دانه در این ترکیب تیماری دلیل رقم خوردن چنین نتیجه‌ای بود. حدوداً ۲۴ درصد میزان عملکرد نسبت به این ترکیب تیماری با کاربرد ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× سولفات‌آهن عملکرد روغن کاهش یافت و به ۳/۰۰ تن بر هکتار رسید. مشابه چنین نتیجه‌ای نیز در سطح اول نیتروژن نیز رقم خورد، به‌طوری که ترکیب تیماری ۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× سولفات‌آهن در حدود ۱۴ درصد عملکرد را نسبت به ترکیب تیماری ۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن × عدم سولفات‌آهن کاهش داد.



شکل ۴-۴۳- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و سولفات‌آهن بر عملکرد روغن

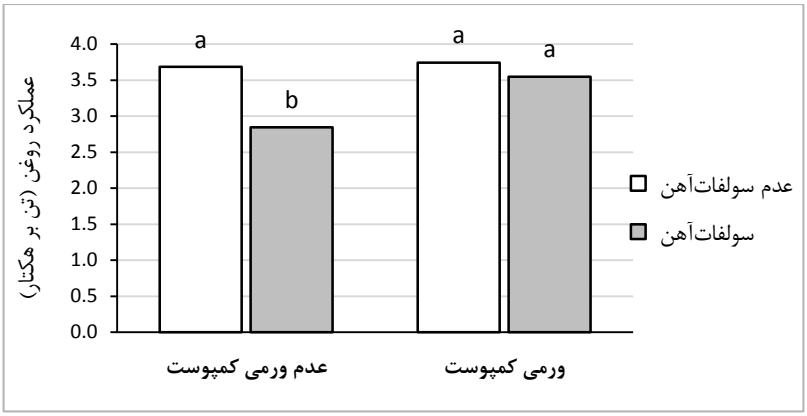
طهماسبی و مصطفوی‌راد (۱۳۹۰)، چنین استنباط می‌کند که عملکرد روغن بیشتر تابع عملکرد دانه می‌باشد، و بالا بودن درصد روغن دانه برای دستیابی به عملکرد بالای روغن در واحد سطح لازم می‌باشد امّا کافی نیست. و نیز عملکرد دانه تحت تأثیر عوامل محیطی و به‌زراعی قرار می‌گیرد، بدین ترتیب می‌توان گفت که تأثیرپذیری عملکرد روغن از عوامل محیطی بیشتر از عوامل ژنتیکی می‌باشد (طهماسبی و مصطفوی‌راد، ۱۳۹۰). رحیمی‌زاده و همکاران (۱۳۸۹)، بیان داشتند با توجه به اینکه مصرف عناصر ریزمغذی (آهن و روی) علاوه بر اثر مثبت بر درصد روغن، بر عملکرد

دانه نیز اثر معنی‌دار داشته و موجب افزایش عملکرد می‌گردد. لذا عملکرد روغن به‌میزان قابل توجهی تحت تأثیر مثبت مصرف عناصر ریزمغذی قرار می‌گیرد.

دیگر ترکیب تیماری اثرگذار بر صفت عملکرد روغن ترکیب تیماری نیتروژن و ورمی‌کمپوست می‌باشد که در شکل ۴-۴۴ نشان داده شده است. ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن × ورمی‌کمپوست با میانگینی معادل ۴/۲۱ تن بر هکتار بیشترین میزان عملکرد روغن را به خود اختصاص داد که عملکرد دانه در همین ترکیب تیماری حداکثر بود. در همین سطح از نیتروژن و در حالت عدم حضور ورمی‌کمپوست متوسط عملکرد روغن ۲/۷۵ تن بر هکتار شد و حدوداً ۱/۵ تن بر هکتار با بیشترین میزان عملکرد اختلاف داشت. دیگر ترکیبات تیماری از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نیستند.

شکل ۴-۴۴- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و ورمی‌کمپوست بر عملکرد روغن

سومین ترکیب تیماری مؤثر بر عملکرد روغن که در شکل ۴-۴۵ نشان داده شده، ترکیب تیماری ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن است. کاربرد سولفات‌آهن سبب کاهش عملکرد روغن شد و آن را به ۲/۸۴ تن بر هکتار رساند. بیشترین میزان عملکرد روغن با میانگین ۳/۷۴ تن بر هکتار مربوط به ترکیب تیماری ورمی‌کمپوست× عدم سولفات‌آهن بود که البته این ترکیب تیماری با سایر ترکیبات از نظر آماری اختلاف نداشت.



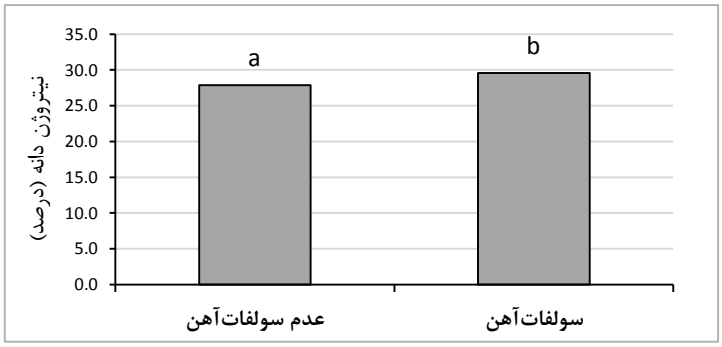
شکل ۴-۴۵- اثر ترکیبات تیماری حاصل از ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن بر عملکرد روغن

اثر مثبت کود ورمی‌کمپوست بر افزایش عملکرد روغن مشاهده شد. دلیل آن نیز هم‌زمانی خوب بین سرعت جذب و میزان نیتروژن قابل دسترس می‌باشد. افزایش روغن از اهداف اصلی تولید دانه‌های روغنی است. نتایج تحقیق اکبری و همکاران (۱۳۸۸)، حاکی از آن است که حداکثر عملکرد در تیمار ۵۰ درصد آلی+ ۵۰ درصد شیمیایی به‌دست آمده و کمترین میزان عملکرد در تیمار ۱۰۰ درصد آلی به‌دست آمده است. وی بیان می‌دارد که در واقع دو صفت عملکرد دانه و روغن تغییرات مشابهی را تحت تأثیر تیمارهای از خود نشان می‌دهند. با توجه به این نکته که عملکرد روغن از حاصلضرب عملکرد دانه در درصد روغن حاصل می‌شود و در این تحقیق درصد روغن تحت تأثیر سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای قرار می‌گیرد. در گیاه آفتابگردان نیز استفاده از کودهای دارای نیتروژن به میزان ۱۵۰کیلوگرم در هکتار به‌نحوی که نیتروژن موجود در خاک به ۳۰۰کیلوگرم بر هکتار رسیده، موجب افزایش عملکرد دانه و درصد روغن دانه و در نهایت عملکرد روغن در بعضی از مناطق با شرایط محیطی شده است (سعیدی، ۱۳۸۶). استفاده از مقادیر مختلف نیتروژن در زراعت گلرنگ موجب افزایش عملکرد روغن شد (سعیدی، ۱۳۸۶).

۴-۱۳- پروتئین دانه

نتایج تجزیه واریانس صفت پروتئین دانه در جدول پیوست ۵ آورده شده است. تیمار اصلی سولفات‌آهن در سطح احتمال ۵ درصد و اثر سه جانبه تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شدند و سایر منابع تغییر تأثیر معنی‌داری بر صفت پروتئین دانه نداشتند.

شکل ۴-۴۶ نحوه‌ی اثرگذاری تیمار سولفات‌آهن را بر پروتئین دانه نشان می‌دهد. همان‌طور که قابل مشاهده است. کاربرد سولفات‌آهن موجب افزایش درصد پروتئین دانه شد و دلیل آن می‌تواند افزایش نیتروژن دانه در همین ترکیب تیماری باشد.



شکل ۴-۴۶- اثر حاصل از تیمار سولفات‌آهن بر پروتئین دانه

با توجه به معنی‌دار شدن اثر سه جانبه تیمارهای آزمایشی مقایسه میانگین ساده‌ای بین این ترکیبات تیماری انجام گردید که در جدول ۴-۱۱ ارائه شده است. با کاربرد ۵۰کیلوگرم نیتروژن، پروتئین دانه در ترکیب تیماری ۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن× عدم ورمی‌کمپوست× سولفات‌آهن، ۲۸/۵۸ درصد رسید که البته بیشترین میزان پروتئین دانه به‌دست آمده بود و می‌توان دلیل آن را زیاد بودن نیتروژن دانه در این ترکیب تیماری دانست. در حالی که با افزایش نیتروژن به ۲۵۰کیلوگرم در ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن× عدم ورمی‌کمپوست× سولفات‌آهن متوسط

پروتئین دانه از ۲۳/۵۸ درصد فراتر نرفت. ۲۳/۶۱ کمترین میزان پروتئین دانه بود که با کاربرد ترکیب تیماری ۱۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن× عدم ورمی‌کمپوست× عدم سولفات‌آهن حاصل شد.

پروتئین‌ها ترکیباتی پیچیده با وزن مولکولی بالا هستند که جزء ضروری تمام موجودات زنده می‌باشند. پروتئین‌ها عمدتاً از کربن، هیدروژن، اکسیژن و نیتروژن تشکیل شده‌اند. بعضی از آن‌ها شامل گوگرد و بعضی شامل آهن و فسفر نیز هستند. بخش اعظم پروتوپلاسم را تشکیل می‌دهند. درصد پروتئین دانه به عنوان یک صفت مهم به منظور استفاده از کنجاله دانه آفتابگردان در تغذیه دام بشمار می‌رود. به‌طور کلی مصرف زیاد نیتروژن می‌تواند میزان پروتئین بذر را افزایش و درصد روغن را کاهش دهد (بارکر و سویر، ۲۰۰۵). میزان کربوهیدرات مورد نیاز برای سنتز پروتئین کمتر از روغن می‌باشد در نتیجه افزایش کود نیتروژن، سنتز پروتئین را به بهای کاهش سنتز روغن تشدید می‌کند (طهماسبی و مصطفوی‌راد، ۱۳۹۰).

جدول ۴-۱۱- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر میانگین پروتئین دانه

تیمارهای آزمایشی			پروتئین دانه
ورمی‌کمپوست	سولفات‌آهن	نیتروژن	(درصد)
		۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۱۳/۳۲i
	سولفات‌آهن	۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۲۷/۵۲b
ورمی‌کمپوست		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۲۵/۰۱d
		۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۲۶/۸۰c
	عدم سولفات‌آهن	۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۲۳/۲۶i
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۲۳/۷۶g
		۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۲۸/۵۸a
	سولفات‌آهن	۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۲۴/۱۲f
عدم ورمی‌کمپوست		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۲۳/۵۸gh
		۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۲۳/۴۱hi
	عدم سولفات‌آهن	۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۲۱/۶۱j
		۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن	۲۴/۶۶e
$LSD_{0.05}$			

حروف غیر مشترک در ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد

اکبری و همکاران (۱۳۸۸)، نشان دادند که بالاترین درصد پروتئین در تیمار (۵۰درصد آلی+ ۵۰ درصد شیمیایی) به‌دست آمد. احتمالاً با کاربرد تلفیقی کودها از طریق جلوگیری از هدر روی نیتروژن به علت وجود کود دامی توانسته است نیتروژن بیشتری در اختیار گیاه قرار دهد و لذا میزان پروتئین در تیمارهای به‌کارگیری کود تلفیقی حاصل از کود دامی و شیمیایی نسبت به سایر تیمارها بیشتر است. در حقیقت با افزایش مصرف نیتروژن درصد پروتئین دانه آفتابگردان افزایش می‌یابد.

۴-۱۴- عملکرد پروتئین

نتایج تجزیه واریانس عملکرد پروتئین در جدول پیوست ۸ نشان داده شده است. هیچ یک از تیمارهای اصلی معنی‌دار نشد. در سطح احتمال ۱ درصد اثر متقابل نیتروژن× ورمی‌کمپوست و در سطح احتمل ۵ درصد اثر دوجانبه نیتروژن× سولفات‌آهن معنی‌دار شدند.

اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و ورمی‌کمپوست بر عملکرد پروتئین در شکل ۴-۴۷ نمایش داده شده است. حداکثر عملکرد پروتئین در ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× ورمی‌کمپوست با متوسط ۲/۱۹ تن بر هکتار حاصل شد. در حالی که فقط در حدود ۰/۹ درصد عملکرد پروتئین آن بیشتر از ترکیب تیماری ۵۰کیلوگرم بر هکتار× عدم ورمی‌کمپوست بود. به جز سطوح تیماری حاصل از سطح اول نیتروژن در سایر ترکیبات تیماری تأثیر مثبت ورمی‌کمپوست

شکل ۴-۴۷- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و ورمی‌کمپوست بر عملکرد پروتئین

قابل مشاهده است.

شکل ۴-۴۸ نمایش دهندهٔ تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و سولفات‌آهن بر صفت عملکرد پروتئین می‌باشد. استفاده از سولفات‌آهن در سطح اول نیتروژن موجب کاهش عملکرد پروتئین نسبت به حالت عدم استفاده آن شد. و همین امر هم در سطح سوم نیتروژن رخ داد، امّا اختلاف بین کاربرد و عدم کاربرد سولفات‌آهن در این سطح نیتروژن آشکارتر بود. به‌طوری که در ترکیب تیماری ۲۵۰کیلوگرم بر هکتار نیتروژن× عدم سولفات‌آهن عملکرد پروتئین ۲/۰۶ تن بر هکتار شد و با کاربرد سولفات‌آهن ۰/۴ تن بر هکتار عملکرد پروتئین کاهش یافت و از ۱/۶۶ تن بر هکتار فراتر نرفت. امّا در سطح دوّم نیتروژن شرایط دقیقاً عکس دو حالت قبلی بود. کاربرد سولفات‌آهن سبب بهبود عملکرد پروتئین نسبت به حالت عدم استفاده از آن شد.

شکل ۴-۴۸- اثر ترکیبات تیماری حاصل از نیتروژن و سولفات‌آهن بر عملکرد پروتئین

به گزارش نوابی و ملکوتی (۱۳۸۱)، کاربرد عناصر کم مصرف آهن، روی و منگنز سبب افزایش پروتئین در ذرت می‌شود. همچنین کاربرد توام نیتروژن (۳۰۰ کیلوگرم در هکتار)، سولفات روی (۴۵ کیلوگرم در هکتار) و آهن (۴ کیلوگرم در هکتار) سبب بیشترین میزان پروتئین به میزان ۱۲/۵۳ درصد در ذرت علوفه‌ای می‌گردد (ساجدی و اردکانی، ۱۳۸۵). آهن برای تشکیل کلروفیل و ساخته شدن پروتئین‌های موجود در کلروپلاست لازم می‌باشد (خواجه‌پور، ۱۳۸۶). میکروالمنت‌هایی مانند

آهن، مس، منگنز و روی برای رشد و گسترش گیاهان ضروری می‌باشند. آن‌ها در عکس‌العمل‌های پتانسیل رداکس در فرآیندهای سلولی، پروتئین و در ساختمان و فعالیت آنزیم کاتالاز اهمیت دارند (هال و ویلیامز، ۲۰۰۳).

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج به‌دست آمده در این پژوهش نشان داد که:

۱- کاربرد ورمی‌کمپوست به تنهایی میزان ماده آلی خاک، هدایت‌الکتریکی، محتوی آهن و درصد نیتروژن خاک را افزایش داد.

۲- کاربرد ورمی‌کمپوست موجب کاهش pH خاک گردید.

۳- تلفیق ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن به همراه ۲۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن سبب افزایش ماده خشک برگ، دمبرگ، ساقه، ارتفاع ساقه، قطر طبق نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی شد. در مجموع کاربرد این ترکیب تیماری در بیشتر صفات زراعی نقش مؤثرتری داشتند.

۴- کاربرد ورمی‌کمپوست و نیتروژن موجب افزایش عملکرد دانه و وزن هزار دانه گردید و تنها در مورد تعداد دانه در طبق، که فقط کاربرد ورمی‌کمپوست موجب افزایش آن شد.

۵- استفادهٔ هم‌زمان از ۲۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن به همراه ورمی‌کمپوست سبب افزایش درصد روغن دانه شده و در این ترکیب تیماری درصد نیتروژن دانه و متعاقب آن درصد پروتئین دانه کاهش یافت.

۶- بیشترین تیمار تأثیرگذار بر عملکرد روغن و پروتئین دانه را ترکیب تیماری ورمی‌کمپوست ×۲۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن به همراه داشت.

پیشنهادها

۱- تأثیرگذاری ورمی‌کمپوست به عنوان یک کود آلی بر خصوصیات خاک به یک بازه زمانی نسبتاً طولانی نیاز دارد لذا پیشنهاد می‌شود که تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست مورد مطالعه در این پژوهش در بازه زمانی ۲ ساله بر روی خصوصیات خاک مورد بررسی قرار گیرد.

۲- در این آزمایش ۲ سطح ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن و ۳ سطح نیتروژن مورد مطالعه قرار گرفت، پیشنهاد می‌شود طیف وسیعی از غلظت‌های این کودها مورد بررسی قرار گیرد. به ویژه در مورد ورمی‌کمپوست و سولفات‌آهن که به‌صورت مصرف و عدم مصرف مطالعه شد. تحقیق در مورد مقادیر کمتر و بیشتر آنها ضروری است.

۳- اثر کاربرد سولفات‌آهن به شکل محلول‌پاشی بر صفات موفولوژیکی و فیزیولوژیکی دانه‌های روغنی به ویژه آفتابگردان مورد مطالعه قرار گیرد.

۴- با توجه به حضور فراوان زنبور ها می‌توان کشت آفتابگردان را به صورت توأم با زنبورداری انجام داد.

منابع

ابراهیمیان، ا.؛ پاسبان‌اسلام، ب.، بای‌بوردی، ا.؛ رشدی، م. و خلیلی‌محله، ج. ۱۳۸۹. ارزیابی کارآیی روش‌های کاربرد ریزمغذی‌های آهن و روی بر تجمع عناصر در اندام‌های آفتابگردان روغنی. مجموعه خلاصه مقالات یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، دوم تا چهارم مرداد. صفحه ۶۳۱ تا ۶۳۴.

احمدآبادی، ز.؛ قاجار سپانلو، م. و رحیمی آلاشتی، س. ۱۳۹۰. اثر کاربرد ورمی‌کمپوست بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک. مجله علوم وفنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم خاک و آب. سال ۱۵، شماره ۵۸. صفحه ۱۳۷-۱۲۵.

اردکانی، م.ر.؛ رحمتی، ع.؛ یارنیا، م.؛ دانشیار، ج. و ولی‌زاده، م. ۱۳۸۵. بررسی تأثیر تراک بر عملکرد و اجزای عملکرد و اجزای عملکرد دو هیبرید آفتابگردان. چکیده مقالات نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نبایات ایران، دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان. ص ۹.

اکبری، پ.، قلاوند، ا. و مدرس ثانوی، ع. ۱۳۸۸. تإثیر کاربرد سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای (آلی، شیمیایی و تلفیقی) و کود زیستی بر عملکرد دانه و سایر صفات زراعی آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.). مجله دانش کشاورزی پایدار. جلد ۱، شماره ۱۹. صفحه ۸۴ -۹۳.

بابایی‌اقدم، ج.؛ عبدی، م.؛ سیف‌زاده، س. و خیاوی، م. ۱۳۸۸. اثرات سطوح مختلف کود نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد آفتابگردان رقم آذرگل در منطقه تاکستان. بانک جامع الکترونیک مقالات ایران. www.SID.ir.

بهاری، م.، پهلوانی، ر.؛ اکبری، ن. و احسان‌زاده، پ. ۱۳۸۴. تأثیر مقادیر مختلف کودهای کم مصرف آهن و مس بر رشد و عملکرد ژنوتیپ‌های نخود تحت شرایط دیم منطقه الیگودرز-ازنا در استان لرستان. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. سال ۱۲، ویژه‌نامه زراعت و اصلاح نباتات. صفحه ۴۵-۵۲.

بی‌نام. ۱۳۷۴. مجموعه اطلاعات کشاورزی. دفتر تولید برنامه‌ها و انتشارات فنی، جلد اول. انتشارات معاونت ترویج سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

پنج‌تن‌دوست، م.؛ سروش‌زاده، ع. و قناتی، ف. ۱۳۸۹. تأثیر مصرف خاکی و محلول پاشی آهن بر روی برخی از خصوصیات کیفی دانه گیاه بادام (*Arachis hypogeae* L.) در خاک قلیایی. مجله زیست‌شناسی گیاهی، سال ۲، شماره ۵، پاییز ۱۳۸۹. صفحه ۳۷-۵۰.

ثابتی امیزهنده، م.ع.؛ فلاح نصرت‌آبادی، ع.؛ نوروزی، م.؛ امیری، ا. و آذرپور، ا. ۱۳۹۱. تأثیر کود نیتروژن و ازتوباکتر بر برخی خصوصیات کمی و کیفی توتون گرمخانه‌ای (*Nicotiana tabacum* L.). نشریه دانش آب و خاک. جلد ۲۲، شماره ۲. صفحه ۱۴۹-۱۳۵.

حمیسی، م.؛ سفیدکن، ف.؛ نصری، م. و لباسچی، م.ح. ۱۳۹۱. تأثیر مقادیر نیتروژن، کود دامی بر عملکرد پیکر رویشی، بازده، عملکرد و کیفیت اسانس بابونه کبیر (*Tanacetum parthenium* L.). فصلنامهٔ علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. جلد ۲۸، شماره۳. صفحه ۴۱۰-۳۹۹.

خواجه‌پور، م.ر. ۱۳۸۶. گیاهان صنعتی. انشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. ۲۸۱ صفحه.

خوش‌گفتار منش، ا.ح. ۱۳۸۹. مباحث پیشرفته در تغذیه گیاه. انشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.۳۶۹ صفحه.

رحیمی، م. و مظاهری، د. ۱۳۸۷. واکنش مورفولوژیکی و عملکرد ذرت نسبت به ترکیبات شیمیایی آهن و مس. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. شماره ۷۸، بهار ۱۳۸۷. صفحه ۹۶-۱۰۰.

رحیمی‌زاده، م.؛ کاشانی، ع.؛ زارع فیض‌آبادی، ا.؛ مدنی، ح. و سلطانی، ا. ۱۳۸۹. تأثیر کودهای ریزمغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان تحت شرایط تنش خشکی. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. جلد ۳، شماره ۱، بهار ۱۳۸۹. صفحه ۷۲-۵۷.

رحمتی، ع.، یارنیا، م.ر.، اردکانی، ج.، دانشیان، و. و ولی‌زاده، م. ۱۳۸۵. بررسی محدودیت منبع مخزن و تراکم بر آن در دو هیبرید آفتابگردان. چکیده مقالات نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، دانشگاه تهران. پردیس ابوریحان، ۳۷۵ صفحه.

رضایی‌نژاد، ی. و افیونی، م. ۱۳۷۹. اثر مواد آلی بر خواص شیمیایی خاک، جذب عناصر به وسیله ذرت و عملکرد آن. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. جلد۴، شماره ۴، زمستان ۱۳۷۹. صفحه ۱۹-۲۸.

رضوانی‌مقدم، پ.؛ محمد آبادی، ع.ا. و مرادی، ر. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر گودهای شیمیایی و آلی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کنجد (*Sesamum indicum* L.) در تراکم‌های مختلف کاشت. نشریه بوم شناسی کشاورزی. جلد ۲، شماره ۲. صفحه ۲۵۶-۲۶۵.

ساجدی، ن. و اردکانی، م. ۱۳۸۷. اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن، روی و آهن بر شاخص‌های فیزیولوژیک ذرت علوفه‌ای در استان مرکزی. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ۶، شماره ۱. صفحه ۹۹-۱۱۰.

سالاردینی، ع.ا. ۱۳۸۲. حاصلخیزی خاک. انتشارات دانشگاه تهران. ۴۲۷ صفحه.

سعیدی، ق. ۱۳۸۶. تأثیر عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف بر اجزای عملکرد و دیگر صفات زراعی آفتابگردان در یک خاک آهکی اصفهان. فصلنامه علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال ۱۱، شماره ۱. صفحه ۳۵۵-۳۶۵.

شریعتمداری، م.ح.؛ زمانی، م.ح. و سیاری، م.ح. ۱۳۸۹. بررسی اثر آهن بر عملکرد، اجزاء عملکرد و صفات مورفولوژیک هیبرید اروفلور آفتابگردان تحت تاثیر شرایط تنش شوری. مجموعه خلاصه مقالات یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، دوم تا چهارم مرداد. صفحه ۸۴۳ تا ۸۴۹.

شور، م. و مدنی، ف. ۱۳۹۱. اثرات افزایش غلظت دی‌اکسید کربن در شرایط کودی مختلف بر شاخص‌های فیزیولوژیکی گیاه بادرنجبویه (*Melissa officinalis*) در گلخانه. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ۱، شماره۱. صفحه ۱۴۲-۱۳۳.

صالح، ج. ۱۳۸۷. اثر روش‌های مختلف کاربرد آهن بر عملکرد و ترکیبات شیمیایی برگ و میوه لیمو رقم لیسبون. مجله علوم و فنون باغبانی ایران. جلد ۹، شماره ۱. صفحه ۲۳-۳۴.

طهماسبی سروستانی، ز. و مصطفوی‌راد، م. ۱۳۹۰. اثر منابع آلی و شیمیایی نیتروژن بر صفات کمی و کیفی سه رقم کلزا زمستانه در اراک. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. جلد ۴، شماره ۴، زمستان ۹۰. صفحه ۱۷۷-۱۹۴.

علی‌زاده، ا.؛ مجیدی، ا. و نورمحمدی، ق. ۱۳۸۷. تأثیر تنش خشکی و میزان نیتروژن خاک بر جذب عناصر غذایی در ذرت رقم ۷۰۴. مجله پژوهش در علوم کشاورزی. جلد ۴، شماره ۱. صفحه ۵۹-۵۱.

غازان‌شاهی، ج. ۱۳۸۵. آنالیز خاک وگیاه. (ترجمه). انتشارات آییژ. ۲۷۹ صفحه.

غلامحسینی، م.، قلاوند، ا. و جمشیدی، ا. ۱۳۸۷. تأثیر رژیم‌های آبیاری و تیمارهای کودی بر عملکرد دانه و غلظت عناصر در برگ و دانه آفتابگردان. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. شماره ۷۹، تابستان ۱۳۸۷. صفحه ۹۱-۱۰۰.

فرخی، ا.؛ نبی‌پور، ع.؛ دانشیان، ج.؛ خدابنده، ا.؛ رحمانپور، س. و سلطانی، م. ۱۳۸۸. دستورالعمل تولید آفتابگردان در مناطق مختلف کشور. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، بخش تحقیقات دانه‌های روغنی. ۲۴ صفحه.

قاسمی فسایی، ر.؛ رونقی، ع.م.؛ مفتون، م. و کریمیان، ن. ۱۳۸۵. تاثیر آهن بر عملکرد و ترکیب شیمیایی دانه ژنوتیپ‌های سویا. مجله علمی کشاورزی. جلد ۲۹، شماره ۲. صفحه ۱۲-۱.

قلی‌نژاد، ا.؛ آیینه‌بند، ا.، حسن‌زاده‌قورت‌تپه، ع.؛ برنوسی، ا. و رضایی، ح. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر تنش خشکی با سطوح نیتروژن و تراکم بر عملکرد، اجزای عملکرد دانه و شاخص برداشت رقم ایروفلور آفتابگردان در ارومیه. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی. جلد ۱۶، شماره ۳. صفحه ۲۹-۲.

قربانی، س.؛ ناصریان‌خیابانی، ب.؛ اردکانی، ک.ر. و رسائی‌موخر، س. ۱۳۸۹. بررسی تاثیر عناصر ریزمغذی آهن و روی بر عملکرد و برخی صفات مورفولوژیکی لاین‌های موتانت گندم طبسی. مجموعه خلاصه مقالات یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، دوم تا چهارم مرداد. صفحه ۳۲۲ تا ۳۲۵.

کمرکی، ح. و گلوی، م. ۱۳۹۱. ارزیابی محلول پاشی عناصر ریزمغذی آهن، بر و روی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گلرنگ (*Carthamnus tinctorius* L.). نشریه بوم شناسی کشاورزی. جلد ۴، شماره ۳. صفحه ۲۰۶-۲۰۱.

لکزیان، ا. ۱۳۸۴. اصول وکاربردهای میکروبیولوژی خاک. (ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۶۹۵ صفحه.

محمدزاده، آ.؛ مجنون‌حسینی، ن.؛ مقدم، ح. و اکبری، م. ۱۳۹۱. اثر تنش خشکی و سطوح کود نیتروژن بر صفات فیزیولوژیک دو ژنوتیپ لوبیا قرمز. مجله علومزراعی ایران. جلد ۴، شماره ۳. صفحه ۳۰۷-۲۹۴.

محمودی، ش. و حکیمیان، م. ۱۳۸۵. مبانی‌خاکشناسی. (ترجمه). انتشارات دانشگاه تهران. ۶۹۹ صفحه.

ملکوتی، م.ج. و سمر، س.م. ۱۳۷۷. روش‌های کاربردی برای مقابله با کمبود آهن در درختان میوه. انتشارات نشر آموزش کشاورزی.

ملکوتی، م.ج. و نفیسی، م. ۱۳۶۷. مصرف کود در اراضی زراعی فاریاب و دیم. مرکز انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران. ۲۶۷ صفحه.

ملکوتی، م.ج. و همایی، م. ۱۳۷۳. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک (مشکلات و راه حلها). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۴۹۴صفحه.

میرزاپور، م.ه.؛ کوچه‌باغی، ا.ح.؛ وکیل، ر. و نایینی، م.ر. ۱۳۸۳. تأثیر مصرف کلات آهن بر رشد و عملکرد آفتابگردان رقم رکورد در یک خاک آهکی شور قم. مجموعه مقالات اولین همایش و جشنواره ملی دانه دانه‌های روغنی، گرگان. ۳۹۳ صفحه.

میرزایی تالار پشتی، ر.؛ کامبوزیا، ج.؛ صباحی، ح. و مهدوی دامغانی، ع. ۱۳۸۸. اثر کاربرد کودهای آلی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و تولید محصول و ماده خشک گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum* L.). مجله پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ۷، شماره ۱. صفحه ۲۶۹-۲۵۷.

ناصری، ف. ۱۳۷۰. دانه‌های روغنی. (ترجمه). آستان قدس رضوی. ۸۱۶ صفحه.

نوابی، ف. و ملکوتی، م.ج. ۱۳۸۱. بررسی تأثیر تغذیه متعادل عناصر غذایی بر کمیّت و کیفیت ذرت دانه‌ای. مجله علوم خاک و آب.جلد ۱۶، شماره ۲. صفحه ۱۶۱تا ۱۶۸.

Albanell, E., J. Plaixats and T. Cabrero. 1988. Chemical changes during vermicomposting (*Eisenia fetida*) of sheep manure mixed with cotton industrial wastes. *Biology and Fertility of Soils*, 6:266-269.

Anonymous. 2004.Www.wisegeek.org/What-are-the-different-uses-of-urea.htm

Arancon, N., Edwards, C. 2005. Effects of vermicomposts on the plant growth. Paper presented during the International Symposium Workshop on Vermi Technologies for Developing Countries. Los Banos, Philippines November 16-18.

Arancon, N.Q., Galvis, P.A., Edwards C.A., Yardim, E. 2003 The trophic diversity of nematode communities in soils treated with vermicomposts. *Pedobiologia*, in press.

Araújo, A.S.F., Monteiro, R.T.R. and Abarkeli, R.B. 2003. Effect of glyphosate on the microbial activity of two Brazilian soils. Chemosphere.52:799–804.

Atiyeh, R.M., Arancon, N.Q., Edwards, C.A., and Metzger, J.D. 2001a. The influence of earthworm-processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. *Bioresource Technology*. 81: 103-108.

Atiyeh, R.M., Edwards, C.A., Subler, S., and Metzger, J.D. 2001b. Pig manure vermicomposts as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresource Technology*, 78: 11-20.

Azarmi, R., Torabi Giglou, M. and Didar Taleshmikail, R. 2008. Influence of vermicompost on soil chemical and physical properties in tomato (Lycopersicum esculentum) field. African Journal of Biotechnology.14: 2397-2401.

Barker, W.B. and Sowyer, J.E. 2005. Nitrogen application to soybean at early reproductive development. Agron. J. 97: 615-619.

Baybordi, A., Malakouti, M.J. and Rezai, H. 2001. Effect of Zn, B and Mn with soil application and foliar application methods on seed yield of canola in Miane. J. Water and Soil Sci. 12: 158-169. (*In Persian*).

Bevacqua R.F., and V. Mellano. 1993. Sewage sludge compost's cumulative effects on crop growth and soil properties. *Compost Science and Utilization. Spring 1993:34-37.*

Bouwman, A.F., Boumans, L.J.M., Batjes, N.H., 2002. Estimation of global NH3 volatilization loss from synthetic fertilizers and animal manure applied to arable lands and grasslands. GBC 16 (2), 1024. doi:10.1029/ 2000GB001389.

Bresson, L.M., Koch, C., L-Bissonnais, Y., Barriuso, E., Lecomte, V., 2001. Soil surface structure stabilization by municipal waste compost application. Soil Science Society of America Journal 65, 1804-1811.

Buckerfield, J. C. and K. A. Webster. 1998. Worm-worked waste boosts grape yields: prospects for vermicompost use in vineyards. *The Australian and New Zealand Wine Industry Journal*, 13: 73-76.

Caliskan, S., Ozkaya, I., Caliskan, M.E. and Arslan, M. 2008. The effects of nitrogen and iron fertilization on growth, yield and fertilizer use efficiency of soybean in a Mediterranean-type soil. Field Crops Res. 108: 126-132.

Caravaca, F., Hernandez, T., Garcia, C., Roldan, A. 2002. Improvement of rhizosphere aggregate stability of afforested semiarid plant species subjected to mycorrhizal inoculation and compost addition. Geoderma 108, 133-144.

Celik, I., Ortas, I., Kilic, S. 2004. Effects of compost, mychoriza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. Soil and Tillage Research 78, 59-67.

Chan, P.L.S. and Griffiths, D.A. 1988. The vermicomposting of pretreated pig manure. *Biol. Wastes* 24: 57-69.

Chien, S.H., Prochnow, L.I., Cantarella, H. 2009. Recent developments of fertilizer production and use to improve nutrient efficiency and minimize environmental impacts. *Advances in Agronomy* 102, 267-322.

Correa, J.D. Barrios, M.L. and Galdona, R.P. 2004. Screening for plant growthpromoting rhizobacteria in Chamaecytisus proliferus (tagasate), a forage tree-shrub legume endemic to the Canary Islands. Plant Soil. 266: 75-84.

Dell'Agnola, G. and Nardi, S. 1987. Hormone-like effect and enhanced nitrate uptake induced by depolycondensed humic fractions obtained from *Allolobophora rosea* and *A. caliginosa* feces. BFS., 4: 115-118.

Devi, D., Agarwal, S.K., and Dayal, D. 1998. Response of sunflower (*Helianthus annuus*) to organic manures and fertilizers. *Indian Journal of Agronomy*. 43(3): 469-473.

EPA: United States Environmental Protection, 2011. In: Doering III, O.C., Galloway, J.N., Theis, T.L., Swackhamer, D. (Eds.), Reactive Nitrogen in the United States: an Analysis of Inputs, Flows, Consequences, and Management Options -A Report of the EPA Science Advisory Board. Available at: www.epa.gov/sab (accessed on 12.11.11).

Edwards, C.A. 1998. Earthworm Ecology. CRC Press Boca Raton. 389 pp.

Field, S.G., Kurtz, J., Cooper, E.L. and Michiels, N.K. 2004. Evaluation of an innate immune reaction to parasites in earthworms. J Invertebr Pathol.86:45–9.

Ghafari, M. and Pashapur, H. 2006. Evaluation of variety and inbreed lines of sunflower for drought tolerance. Scientific and Applications of oil plant industrial Congress, Tehran, Iran. (*In Persian*).

Ghosh, P.K., Ramesh, P., Bandyopadhyay, K.K., Tripathi, K., Hati, K.M. and Masra, A.K. 2004. Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer N, P, K on three cropping system in vertisols of semi-arid tropics. Crop yield and system performance. Bioresource Technol. 95: 77-83.

Grant, C.A. and Baily, L.D. 1990. Fertility management in Canola production. Can. J. Plant Sci. 73: 651-670.

Hall, J.K. and Williams, L.E. 2003. Transition metal transporter in plant. J. Expt. Bot., 54: 2601 2613.

Han, J., Sun, L., Dong, X., Cai, Z., Yang, H., Wang, Y. and Song, W. 2005. Characterization of a novel plant growth-promoting bacteria strain *Delftia tsuruhatensis* HR4 both as a diazotroph and a potential biocontrol agent against various pathogens. Syst. Appl. Microbiol., 28: 66-76.

Hao, X., Chang, C. and Travis, G.J. 2004. Effect of long term cattle manure application on relation between nitrogen and oil content in canola seed. J. Plant Nutrit. Soil Sci. 167: 214 – 215.

Hasanzadeh Ghortapeh, A.A. 2005. Assessment of the effects of different fertilization system on grain yield and nitrogen efficiency in some sunflower cultivars in western Azarbyjan. Iranian J. Agric. Nat. Resour,12: 20-27. (In Persian).

Horesh, I., Y. Levy and E. E. Goldschmidt. 1991. Correction of lime-induced chlorosis in container-grown citrus trees by peat and iron sulphate applied to small soil volumes. Kluwel Academic Publishers.

International Fertilizer Industry Association [Internet]. Production and trade statistics [cited 2010 Dec 30] [about 1 screen]. Available from: http://www.fertilizer.org/ifa/Home-Page/STATISTICS/Production-and-trade.

Kalbasi, M. 1986. Local acidification of soil as a mean to alleviation iron chlorosis in quince orchards .J. Plant Nutr. 9:1001-1010.

Kolte, U.M., Patil, A.S., and Tumbarbe, A.D. 1999. Response of tomato crop to different modes of nutrient input and irrigation. Journal of Maharashtra Agricultural Universities, 14: 1, 4-8.

Larchevêque, M., Montès, N., Baldy, V., Dupouyet, S. 2005. Vegetation dynamics after compost amendment in a Mediterranean post-fire ecosystem. Agriculture Ecosystems and Environment 110, 241-248.

Magdoff, F.R., M.A. Tabatabai, and E.D. Hanlon. 1996. Soil Organic Matter: Analysis and Interpretation. Soil Sci. Spec. Pub. No. 46:21-31.

Mahewarappa, H.P., Nanjappa, H.V. and Hegde, M.R. 1999. Influence of organic manures on yield of arrowroot, soil physico-chemical and biological properties when grown as intercrop in coconut garden. *Annals of Agricultural Research*. 20: 318-323.

Mariotti, M., Ercoli, L. and Masoni, A. 1996. Spectral properties of iron deficient corn and sunflower leves. Remote Sensing of Environment. 58(3): 282-288.

Masoni, A., Evacoli, A. and Mavoti, M. 1996. Spectral of leaves deficient in iron, sulphur, magnesium and manganese. Agron. J., 88(6): 937-943.

Mooleki, S.P., Schoenau, J.J., Charles, J.L. and Wen, G. 2004. Effect of rate, frequency and incorporation of feedlot cattle manure on soil nitrogen availability, crop performance and nitrogen use efficiency in east-central Saskachwan. Canadian Journal of Soil science 84: 199-210

Morshedi, A., Malakouti, M.J., Naghibi, H. and Rezai, H. 2001. Effect of iron foliar application on yield, quality and quantity characteristic and enrichment of canola grains in Bardisar, Kerman. J. Water and Soil Sci. 12: 56-68. (*inPersian*).

Mulvaney, R.L., Khan, S.A., Ellsworth, T.R. 2009. Synthetic nitrogen fertilizers deplete soil nitrogen: a global dilemma for sustainable cereal production. J Environ;38 (6):2295–314.

Ngo, P.T., Rumpel, C., Doan, T.T., Jouquet, P. 2012. The effect of earthworms on carbon storage and soil organic matter composition in tropical soil amended with compost and vermicompost. Soil Biology and Biochemistry. 50:214-220.

Orozco, F.H., Cegarra, J., Trujillo, L.M. and Roig, A. 1996. Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm Eisenia fetida: effects on C and N contents and the availability of nutrients. Biol. Fert. Soils 22: 162-166.

Overdahl, C., Rehm, G. and Meredith,H.2008. Fertilizer Urea. Extension Soils Specialist Department of Soil Science. Available from: http://www.extension.umn.edu/distribution/cropsystems/dc0636.html

Pal, R., Chakrabarti, K., Chakraborty, A. and Chowdhury, A. 2005. Pencycuron application to soils: degradation and effect on microbial parameters. Chemosphere.60:1513–22.

Pramanik, P., Ghosh, G.K., Ghosal, P.k., Banik, P. 2007. Changes in organic - C, N, P and K and enzyme activities in vermicompost of biodegradable organic wastes under liming and microbial inoculants. Bioresource Technology 98, 2485-2494.

Rabhi, M., Barhoumi, Z., Ksouri, R., Abdelly, C., Gharsalli, M. 2007. Interactive effects of salinity and iron deficiency in Medicago ciliaris. Plant biology and / Biologie et pathologie vegetales. 330:779-788.

Ramachandra, R., Reddy, M.A.N., Reddy, Y.T.N., Reddy, N.S., Anjanappa, M., and Reddy, R. 1998. Effect of organic and inorganic sources of NPK on growth and yield of pea (Pisum sativum). Legume Research 21: 1, 57-60.

Reddy, B.G. and Reddy, M.S. 1999. Effect of integrated nutrient management on soil available micro nutrients in maize-soybean cropping system. *Journal of Research ANGRAU*. 27: 24-28.

Rodriguez, H., Fraga. R. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion, Biotechnol. Adv., 17: 319-339. **Rodrigues Soares, J.; Cantarella, H. and Leite, M. 2012**.Ammonia volatilization losses form surface-applied urea with urease and nitrification inhibtors. Soil Biology and Biochemistry. 52. 82-89

Roshanzamir, F., Glovi, M. and Kamaraki, H. 2006. Effect of organic matter on yield and yield components of Safflower. Proceedings of the 9th Iranian Crop Sciences Congress, 27-29 August 2006, Tehran, Iran. P.277. (In Persian).

Sabahi, H. 2006. Evaluation of the integrated organic and inorganic fertilizers on biological activities, physico-chemical properties of soil and canola grain yield in Sari. Ph.D Thesis, Tarbiat Modares University, P.99. (In Persian).

Schniter, A.A. and Miller,J.F. 1981. Description of Sunflower growth stage. Crop Sci.21,901-903.

Sepehr, A., Rasuli Sedghiani, M.H. and Malakouti, M.J. 2004. Effect of different resource of potassium and micronutrients fertilizers on quality and quantity increasing in sunflower. Optimized nourishment of oil grains. Khaniran Press, Tehran. (*in Persian*).

Serrano-Silva, N., Luna-Guido, M., Fernández-Luqueñ, F., Marsch, R. and Dendooven, L. 2011. Emission of greenhouse gases from an agricultural soil amended with urea: a laboratory study. Appl Soil Ecol 2011;47(2):92–7.

Sharma, P.K., Gill, O.P. and. Sharma, B.L. 1992. Effect of source and mode of sulfur application on yield of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). Indian Journal of Agronomy 373: 489-492.

Singer, W.J., Sally, S.D. and Meek, D.W. 2007. Tillage and compost effects on corn growth, nutrient accumulation, and grain yield. Agronomy Journal 99:80–87.

Sing, R., Sharma, R.K. and Singh, M. 1996. Effect of P, Zn, Fe, $CaCO_3$, and farmyard manure application on yield and quality of sunflower. Annal of Biology Ludhiana. 12: 203-208.

Sreenivas, C., Muralidhar, S., and Rao, M.S. 2000. Vermicomposts: a viable component of IPNSS in nitrogen nutrition of ridge gourd. *Annals of Agricultural Research*. 21: 108-113.

Sommer, A.L.L. 1995. Further evidence of the essential nature of zinc for the growth higher green plant. Plant Physoil., 3: 217-221.

Sutton, M.A., Erisman, J.W., Dentener, F., Möller, D., 2008. Ammonia in the environment: from ancient times to the present. Environmental Pollution 156, 583-604.

Tkachuk, R. 1969. Nitrogen-to-Protein Conversion Factor for Cereals and Oilseed Meals. Grain Researchr Laboratory, Winnipeg 2, Manitoba.

Tyler, H.H., Warren, S.L., bilderback, T.E., and Fonteno, W.C. (1993) Composted turkey litter: I Effect on physical and chemical properties of pine bark substrate. Journal of Environmental Horticulture. 11: 131-136.

Ushakumari, K., Prabhakumari, P. and Padmaja, P. 1999. Efficiency of vermicomposts on growth and yield of summer crop okra (Abelmoschus esculentus Moench). *Journal of Tropical Agriculture*. 37: 87-88.

Venkatesh., Patil, P.B., Patil, C.V. and Giraddi, R.S. 1998. Effect of in situ vermiculture and vermicomposts on availability and plant concentration of major nutrients in grapes. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*. 11: 117-121.

Walace, A. and R. T .Mueller. 1987. Complete neutralization of a portion of calcareous soils as a mean of preventing iron chlorosis. Agron. J. 70:888-897.

پیوست

پیوست ۱- میانگین مربعات اسیدیته خاک، هدایت الکتریکی، آهن، نیتروژن، کربنات کلسیم، ماده آلی و گوگرد خاک تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی

منابع تغییر	درجه آزادی	pH	هدایت الکتریکی	آهن	نیتروژن	کربنات کلسیم	ماده آلی	گوگرد
تکرار	۲	۰/۰۵۳۶۱۱^{ns}	۰/۰۰۱۹۴۴^{ns}	۰/۱۶۴۴^{ns}	۰/۰۰۰۰۷۷۸^{ns}	۰/۰۰۵۲۷۷۸^{ns}	۰/۰۰۷۷۸۹^{ns}	۰/۴۱۱۹۴^{ns}
نیتروژن	۲	۰/۰۲۰۲۷۷^{ns}	۰/۰۱۱۹۴۴^{ns}	۰/۰۵۰۲۷۷۸^{ns}	۰/۰۰۰۳۶۹۴**	۰/۵۳۸۶۱^{ns}	۰/۰۶۷۷۸**	۰/۱۸۶۹۴^{ns}
ورمی‌کمپوست	۱	۰/۰۶۲۵۰۰*	۰/۲۱۷۷۸**	۰/۷۳۳۶۱۱**	۰/۰۰۵۱۳۶**	۰/۱۳۴۴^{ns}	۱/۷۳۳۶۱**	۲/۱۰۲۵^{ns}
سولفات‌آهن	۱	۰/۰۰۲۵۰^{ns}	۰/۱۱۱۱*	۰/۲۶۶۹۴*	۰/۰۰۰۲۲۵^{ns}	۰/۰۴۰^{ns}	۰/۰۴۶۹۴*	۱۱/۰۰۰۲۷۸**
نیتروژن×ورمی‌کمپوست	۲	۰/۰۱۰۸۳۳^{ns}	۰/۰۸۶۹۴*	۰/۲۹۱۹۴*	۰/۰۰۰۳۶۹۴**	۰/۷۴۱۹۴^{ns}	۰/۰۰۷۷۸^{ns}	۶/۳۱۷۵**
ورمی‌کمپوست×سولفات‌آهن	۱	۰/۱۲۲۵۰**	۰/۰۰۰۰^{ns}	۰/۰۶۲۵۰^{ns}	۰/۰۰۰۱۳۶۱۱^{ns}	۰/۱۱۱۱^{ns}	۰/۰۰۶۹۴^{ns}	۰/۰۳۳۶۱^{ns}
نیتروژن×سولفات‌آهن	۲	۰/۰۱۷۵۰^{ns}	۰/۰۱۳۶۱۱^{ns}	۰/۰۱۳۶۱^{ns}	۰/۰۰۰۱۷۵^{ns}	۰/۲۵۷۵^{ns}	۰/۰۰۴۴^{ns}	۴/۹۵۱۹۴**
نیتروژن×سولفات‌آهن×ورمی‌کمپوست	۲	۰/۰۰۵۸۳۳^{ns}	۰/۰۰۷۵۰^{ns}	۰/۰۳۰۸۳۳^{ns}	۰/۰۰۰۱۱۹۴^{ns}	۰/۱۱۱۹۴^{ns}	۰/۰۰۱۱^{ns}	۱/۹۲۶۹۴^{ns}
خطا	۲۲	۰/۰۱۰۸۸	۰/۰۲۲۲	۰/۰۵۸۴	۰/۰۰۰۰۵	۰/۲۱۸۹	۰/۰۰۷۴	۰/۷۲۴۶
ضریب تغییرات (درصد)		۱/۳۵۷۳۲۷	۱۰/۴۸۷۵۲	۹/۴۸۵۹۲	۵/۶۴۰۳۴۹	۱/۶۲۰۵۲	۴/۹۳۲۵	۱۱/۳۶۹۰۳

ns،*و** به ترتیب بیانگر غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

پیوست ۲- میانگین مربعات وزن خشک برگ، دمبرگ، ساقه، طبق، طول ساقه، قطر ساقه و قطر طبق تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک برگ	وزن خشک دمبرگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک طبق	طول ساقه	قطر ساقه	قطر طبق
تکرار	۲	۱/۸۹۱۹^{ns}	۶۵/۵۰۳۶۱^{ns}	۱۵۱۹/۳۶۳۳^{ns}	۷۸۰/۸۴۶۹^{ns}	۳۴۴/۲۵۱۷۳**	۱/۹۸۲۶۷^{ns}	۸۴/۴۶۲۷^{ns}
نیتروژن	۲	۱۵۳۰۵/۴۵۵۲**	۹۸۵/۵۴۱۱**	۱۳۸۴۸۶/۶۳۰**	۸۳۳۷۸/۹۹۱۹**	۱۰۲۹/۳۸۷۱۵**	۲۴/۷۰۴۳۶**	۲۸۳/۱۵۰۰۵^{ns}
ورمی‌کمپوست	۱	۱۵۱۱/۹۱۳۶۱*	۲۴/۵۰۲۵^{ns}	۱۴۲۴۴/۴۲۲۵^{ns}	۴۱۰۴۶/۷۶۰**	۴۳۵/۷۶۵۶**	۱۶/۶۸۷۲**	۲۳/۳۱۲۸^{ns}
سولفات‌آهن	۱	۱۰۹۳۰/۷۰۲۵۰**	۹۴/۴۱۳۶^{ns}	۵۸۰۸/۹۸۰۳^{ns}	۴۶۹۸۷/۷۸۷۸**	۷۱/۵۴۳۴^{ns}	۰/۷۶۵۶^{ns}	۱۱۰/۰۰۵۱^{ns}
نیتروژن×ورمی‌کمپوست	۲	۸۴۷/۲۷۰۲۸^{ns}	۱۳۰/۰۵۰^{ns}	۳۱۴۶۶/۱۱۰**	۱۰۳۶۷۴/۸۱۲۵**	۲۳۰/۸۱۷۷**	۶/۱۶۴۵*	۵۰۴/۹۷۸۷**
ورمی‌کمپوست×سولفات‌آهن	۱	۱۰۳۶۶/۶۳۳۶۱**	۴۳۸/۹۰۲۵**	۲۶۱۴۱/۵۰۰۳**	۱۹۶۱۸۹/۹۳۷۸**	۳/۲۱۰۰۶^{ns}	۷/۸۴۹۳*	۱۲۴۱/۲۷۰۳۳**
نیتروژن×سولفات‌آهن	۲	۳۴۴۳/۷۱۰۸۳**	۴/۰۷۴۴^{ns}	۱۵۱۸/۱۷۴۴^{ns}	۹۲۸/۶۰۳۶^{ns}	۲۱۲/۸۹۷۵**	۴/۷۳۷۷*	۱۱۸/۸۰۲۸۶^{ns}
نیتروژن×سولفات‌آهن×ورمی‌کمپوست	۲	۲۶۱۸/۳۹۳۶۱**	۴۱۲/۵۶۳**	۱۳۷۲۶/۰۵۴۴*	۲۶۹۵/۸۷۸۶^{ns}	۹۱/۷۷۲۵*	۰/۰۲۴۱۱۹^{ns}	۷۰۹/۷۴۸۹**
خطا	۲۲	۳۳۷/۹۱۶	۴۱/۰۷۶	۳۵۸۳/۰۸۵	۱۳۳۱/۹۱۳	۲۰/۰۸۵	۱/۳۵۸	۸۹/۲۸۸
ضریب تغییرات (درصد)		۹/۲۸۳۴	۱۷/۲۶۶۲	۱۰/۷۱۹۲۳	۶/۳۷۰۳۵	۲/۴۹۷۹	۷/۵۷۷۴	۶/۹۱۳۱

ns،*و** به ترتیب بیانگر غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد

پیوست ۳- میانگین مربعات نسبت دانه به پوست، سطح برگ، مقدار آب نسبی برگ تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی

منابع تغییر	درجه آزادی	نسبت دانه به پوست	سطح برگ	مقدار آب نسبی برگ
تکرار	۲	۰/۰۰۹۸۳^{ns}	۰/۰۵۲۴۴۵^{ns}	۱۵/۸۳۴۶^{ns}
نیتروژن	۲	۰/۰۲۹۴^{ns}	۱/۱۶۵۳۱۸**	۷۱۸/۸۴۴۲۷**
ورمی‌کمپوست	۱	۰/۷۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۰۸۷^{ns}	۲۷۱/۲۶۰۹**
سولفات‌آهن	۱	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۶۶۳۲۳^{ns}	۱۸/۱۷۶۰^{ns}
نیتروژن×ورمی‌کمپوست	۲	۰/۰۳۸۴۱*	۰/۱۰۴۲۷^{ns}	۱۸۶/۰۵۴۱۷**
ورمی‌کمپوست×سولفات‌آهن	۱	۰/۰۰۶۴^{ns}	۰/۰۸۹۰۲^{ns}	۶۸/۱۱۷۵۱**
نیتروژن×سولفات‌آهن	۲	۰/۱۲۵۱**	۰/۰۵۴۳۹^{ns}	۶۸۳/۰۵۸۲۸**
نیتروژن×سولفات‌آهن×ورمی‌کمپوست	۲	۰/۲۰۱۰۳**	۰/۱۰۴۹۳^{ns}	۲۷۷/۴۲۸۹**
خطا	۲۲	۰/۰۰۸۷	۰/۰۵۷	۹/۱۵۶
ضریب تغییرات (درصد)		۴/۹۲۵۰۸	۱۴/۶۰۹۷	۵/۳۱۴۷

*،**و ns به ترتیب بیانگر غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد

پیوست ۴- میانگین مربعات عملکرد و اجزای عملکرد تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد دانه در طبق	وزن هزاردانه	عملکرد
تکرار	۲	۱۳۵۱/۱۹۴۴^{ns}	۲/۰۱۷۴۷^{ns}	۰/۱۳۹۶۶۴^{ns}
نیتروژن	۲	۴۳۲۲۵/۴۴**	۱۳/۶۹۲۰۸^{ns}	۰/۲۶۵۶^{ns}
ورمی‌کمپوست	۱	۸۷۶۱۶/۰۰**	۳۹/۱۰۴۱۷*	۱/۴۰۱۴۶*
سولفات‌آهن	۱	۷۵۰۷۶/۰۰**	۶۲/۸۸۴۹**	۵/۴۱۵۷**
نیتروژن×ورمی‌کمپوست	۲	۵۶۰۲/۳۳^{ns}	۲۹۶/۶۰۷۴۳**	۸/۴۹۹۶۳**
ورمی‌کمپوست×سولفات‌آهن	۱	۳۹۷۳۳/۷۷۸**	۲۴۷/۵۳۷۷۸**	۱/۴۱۴۹۱*
نیتروژن×سولفات‌آهن	۲	۴۷۲۳/۰۰^{ns}	۱۲۸/۲۹۵۱**	۱/۳۳۱۵۸**
نیتروژن×سولفات‌آهن×ورمی‌کمپوست	۲	۳۲۹۵/۴۴^{ns}	۲۱۴/۴۸۷۲**	۰/۰۷۲۸۳^{ns}
خطا	۲۲	۴۱۷۸/۶۷	۷/۸۱۲۵	۰/۲۴۶۶
ضریب تغییرات (درصد)		۶/۸۱۲۴	۳/۹۱۷۲	۷/۳۸۵۲۷

ns،*و** به ترتیب بیانگر غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد

پیوست ۵- میانگین مربعات روغن دانه، نیتروژن دانه، پروتئین دانه، عملکرد روغن و عملکرد پروتئین تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی

منابع تغییر	درجه آزادی	روغن دانه	نیتروژن دانه	پروتئین دانه	عملکرد روغن	عملکرد پروتئین
تکرار	۲	۱۲/۲۵۵۰۸۳^{ns}	۰/۰۰۱۹۴^{ns}	۰۵۷۳^{ns}۰/	۰/۱۶۲^{ns}	۰/۰۰۸^{ns}
نیتروژن	۲	۲۶/۴۲۲۵**	۰/۲۴۳۶۱^{ns}	۶/۹۷۶^{ns}	۰/۰۱۷^{ns}	۰/۰۸۷^{ns}
ورمی‌کمپوست	۱	۶۵/۶۱۰**	۰/۱۱۱۱^{ns}	۳/۱۸۶^{ns}	۱/۳۰۷**	۰/۱۵۸^{ns}
سولفات‌آهن	۱	۳۳/۲۵۴**	۰/۶۴۰**	۱۵/۳۶۱*	۲/۴۰۶**	۰/۰۶۶^{ns}
نیتروژن×ورمی‌کمپوست	۲	۶/۸۰۲۵^{ns}	۰/۳۲۵۲*	۹/۳۶۲^{ns}	۲/۶۲۲**	۰/۴۹۷**
ورمی‌کمپوست×سولفات‌آهن	۱	۴۰/۵۳۴^{ns}	۰/۱۸۷۷۸^{ns}	۵/۳۹۰^{ns}	۰/۹۴۳**	۰/۰۱۵^{ns}
نیتروژن×سولفات‌آهن	۲	۱۱/۳۰۳۶۱**	۰/۳۱۵۸۳^{ns}	۹/۰۹۷۱^{ns}	۰/۵۶۲**	۰/۲۱۲*
نیتروژن×سولفات‌آهن×ورمی‌کمپوست	۲	۳۰/۷۵۰۲۷۷**	۰/۰۱۸۶۱**	۲۹/۲۵۹**	۰/۱۶۳^{ns}	۰/۱۴۹^{ns}
خطا	۲۲	۲/۳۲۱	۰/۰۹۸۶	۲/۸۳۱	۰/۰۵۸۹	۰/۰۳۸۳
ضریب تغییرات (درصد)		۲/۹۷۵	۶/۸۳۸	۶/۸۳۲	۷/۰۲۹۸	۱۱/۸۱۸

ns،*و** به ترتیب بیانگر غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد

Abstract

It has been a long time that inorganic fertilizers have been used to enhance the function of plants all over the world. However it's increased the quantity of plants but the fertility of soils have dropped. For instance the lack of micronutrientelements has endangered the health of people and vegetarians. Vermicompost as an organic matter is full of nutrients that improves the feature of soil and quality of products. Iron is one of the most essential elements for photosynthesis, Nitrogen also plays a partly important role in proteins of enzyme and transition of energy in plants. Given the importance of soil fertility and plant nutrition experiments to evaluate the effect of Vermicompost application of nitrogen on some soil properties and morphological and physiological characteristics sunflower (Helianthus annuus L.) was conducted in Darrhgaz. The first factor consisted of three levels (50, 150 and 250 kg/ ha urea) and the second factor is the use of Vermicompost contains 2 levels (zero and 7 tons per hectare) and the third factor of iron containing two levels (zero and 80 kg/ ha iron sulfate), respectively. The factorial experiment in a randomized complete block design with three replications.Vermicompost was applied during land preparation and nitrogen levels were applied in three split iron sulfate the onset of flowering was applied to the side.The results showed that soil characteristics such as pH, EC, iron, nitrogen, sulfur and organic matter affected by nitrogen, Vermicompost and iron sulfate application were used. But lime does not affect any. According to the results of morphological characteristics such as tray dry matter,leaves, leafstalk, shoot ,shoot height, shoot diameter, tray diameter were affected by the experimental treatments. The highest yield of 250 kg N/ha × Vermicompost treatment combination of with an average of 7.73 tons per hectare and lowest in treatment combination of 250 kg N/ha × Vermicompost equivalent to 5.41 ton ha respectively. One reason for yield increase in seed weight was increased in this treatment combination. And while the yield components, grain number per head in Vermicompost × treatment combination of iron sulfate had the highest value. Among the treatments, the treatment of 250 kg N/ha of ferrous sulfate had the greatest impact on seed oil content. In terms of impact on soil and agronomic and physiological characteristics treatment combination of 250 kg N/ha × Vermicompost was more effectively than any other treatment combination.

Keywords: Sunflower, Nitrogen, Vermicompost, Iron sulfate.

Shahroud University Of Technology

Faculty Of Agronomy Science

Thesis M.Sc

Investigation on the effect of vermicompost ,urea and iron sulfate fertilizers on the sunflower agricultural and some soil properties

.

Mahdiyeh Zomorrodi

Supervisor

Dr.Shahin Shahsavani

Advisors

Dr. Mehdi Baradaran Firouzabadi

Eng. Ali Asghar Naderi

June 2013