بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی کشاورزی
رشته زراعت گرایش اگرواکولوژی

تأثیر خاک‌ورزی بر ترسیب کربن در شرایط استفاده از کودهای آلی و شیمیایی در زراعت ذرت

نگارنده: فرشته مختاری

استاد راهنما

دکتر حمید رضا اصغری

اساتید مشاور

دکتر حمید عباسدخت

دکتر مهدی برادران فیروزآبادی

شهریور ۱۳۹۵

پیوست شماره ۲

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی کشاورزی

رشته زراعت گرایش اگرواکولوژی

پایان نامه کارشناسی ارشد خانم فرشته مختاری

تحت عنوان: تأثیر خاکورزی بر ترسیب کربن در شرایط استفاده از کودهای آلی و شیمیایی در زراعت ذرت

در تاریخ ۱۳۹۵/۰۶/۱۶ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه عالی مورد پذیرش قرار گرفت.

اساتید راهنما	امضاء	اساتید مشاور	امضاء
نام و نام خانوادگی : دکتر حمیدرضا اصغری		نام و نام خانوادگی : دکتر حمید عباسدخت	
		نام و نام خانوادگی : دکتر مهدی برادران فیروزآبادی	

اساتید داور	امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء
نام و نام خانوادگی : دکتر حسن مکاریان		نام و نام خانوادگی : دکتر مهدیه پارسائیان	
نام و نام خانوادگی : دکتر احمد غلامی			

تعهد نامه

اینجانب **فرشته مختاری** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی کشاورزی- کشاورزی اکولوژیک دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **تأثیر خاک‌ورزی بر ترسیب کربن در شرایط استفاده از کودهای آلی و شیمیایی در زراعت ذرت** تحت راهنمائی **جناب آقای دکتر حمیدرضا اصغری** 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 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

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 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 .

تقدیم به مهربان فرشتگان زندگیم، **پدر و مادر عزیزم** که:

لحظات ناب باور بودن، لذت و غرور دانستن، جسارت خواستن، عظمت رسیدن و تمام تجربه های یکتا و زیبای زندگیم، مدیون حضور سبز آنهاست. نمی توانم معنایی بالاتر از تقدیر و تشکر بر زبانم جاری سازم و سپاس خود را در وصف عزیزان خویش آشکار نمایم، که هر چه گویم و سرایم، کم گفته ام. و همچنین تقدیم به برادران و خواهران عزیزم که همواره در طول تحصیل متحمل زحماتم بوده اند و وجودشان مایه دلگرمی و آرامش من می باشد.

تقدیر و تشکر

اینک که اجراء و ارائه پایان‌نامه اینجانب به یاری خداوند مهربان به پایان رسیده، بر خود لازم می‌دانم از استاد باکمالات و شایسته؛ **جناب آقای دکتر حمیدرضا اصغری** که با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند؛ از اساتید محترم مشاور، **جناب آقایان دکتر حمید عباسدخت و دکترمهدی برادران فیروز آبادی**، و از اساتید گرامی داور جناب آقایان دکتر حسن مکاریان و دکتر احمد غلامی و همچنین نماینده محترم تحصیلات تکمیلی سرکار خانم دکتر مهدیه پارسائیان که زحمات این رساله را متقبل شدند، بی‌نهایت سپاسگذارم و همچنین از کلیه اساتید محترم گروه زراعت نیز که مشمول راهنمایی‌های ارزنده‌شان بوده‌ام کمال تشکر و قدردانی را دارم. در نهایت از تمامی دوستان عزیزی که در به ثمر رسیدن این رساله مرا یاری کردند، سپاسگذارم.

باتشکر فرشته مختاری

شهریور ۱۳۹۵

لیست مقالات مستخرج شده از پایان نامه

۱- تأثیر خاک‌ورزی بر برخی صفات مورفولوژیکی گیاه ذرت در شرایط استفاده از کودهای آلی و شیمیایی. دومین کنگره بین المللی و چهاردهمین کنگره ملی علوم زراعت و اصلاح نباتات ۹-۱۱ شهریور ۱۳۹۵- دانشگاه گیلان.

۲- بررسی اثرات خاک‌ورزی رایج و حفاظتی بر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه ذرت در شرایط استفاده از کودهای آلی و شیمیایی. دومین کنگره بین المللی و چهاردهمین کنگره ملی علوم زراعت و اصلاح نباتات ۹-۱۱ شهریور ۱۳۹۵- دانشگاه گیلان.

۳- بررسی مدیریت خاکورزی بر میزان کربن آلی، تنفس خاک و ترسیب کربن در خاک تحت شرایط کاربرد کود شیمیایی و آلی. سومین همایش یافته‌های نوین در محیط زیست و اکوسیستم‌های کشاورزی. تابستان ۱۳۹۵- دانشگاه تهران.

چکیده

از جمله عوامل منتشر کننده انواع گازهای گلخانه‌ای بویژه دی اکسید کربن به اتمسفر، بوم نظام‌های زراعی می‌باشند. از طرفی کربن آلی خاک به عنوان مهم‌ترین ذخایر کربن خشکی‌ها به حساب می‌آید. به همین دلیل اعمال هرگونه مدیریت دی اکسید کربن در خاک، می‌تواند در افزایش و کاهش آن مؤثر باشد. به‌منظور ارزیابی تأثیر مدیریت خاک‌ورزی در شرایط کاربرد کودهای آلی و شیمیایی بر میزان کربن آلی خاک در زراعت گیاه ذرت، آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک-های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی شاهرود واقع در بسطام در سال ۱۳۹۴ انجام گرفت. فاکتورهای آزمایشی شامل خاک‌ورزی (به عنوان فاکتور اصلی) در ۲ سطح عمیق (گاوآهن برگردان‌دار) و نیمه عمیق (چیزل) و فاکتورهای فرعی شامل کود شیمیایی در ۳ سطح (شاهد معادل ۲۵٪ عرف منطقه، ۵۰٪ عرف منطقه و عرف منطقه) و ورمی کمپوست نیز در ۳ سطح (شاهد، ۵ تن در هکتار و ۱۰ تن در هکتار) بود. نتایج نشان داد اثر اصلی کود شیمیایی و ورمی کمپوست بیان‌گر افزایش معنی‌دار پروتئین دانه، فسفر قابل جذب خاک و نیتروژن کل خاک نسبت به شاهد بود. میزان تنفس خاک نیز با اثر اصلی ورمی‌کمپوست به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت و همچنین در خاک‌ورزی نیمه عمیق میزان تنفس خاک بیشتری مشاهده شد. اثر متقابل دوگانه تیمار کود شیمیایی × ورمی‌کمپوست توانست به میزان قابل توجهی محتوای کربن آلی و ماده آلی خاک و همچنین مقدار ذخیره کربن در خاک (ترسیب کربن) را افزایش دهد و همچنین اثر متقابل سه‌گانه خاک‌ورزی × کود شیمیایی × ورمی‌کمپوست نیز تأثیر معنی‌داری بر میزان کربن آلی و ماده آلی و ترسیب کربن خاک داشت، به‌طوری‌که خاک‌ورزی نیمه عمیق × کود شیمیایی به میزان عرف منطقه × ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست سبب ۷۴/۳۲٪ افزایش ترسیب کربن در خاک نسبت به تیمار شاهد شد. بیشترین عملکرد دانه مربوط به اثر متقابل کود شیمیایی به میزان عرف منطقه × ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست ۱۰/۶۴۳ تن در هکتار بود. به‌طور کلی بر اساس این آزمایش اثر متقابل دوگانه کود شیمیایی به میزان عرف منطقه × ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست را می‌توان به

عنوان بهترین تیمار برای صفات کربن آلی، ماده آلی و ترسیب کربن در خاک و همچنین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک معرفی نمود. افزایش تنفس در خاک نیز در خاک‌ورزی نیمه عمیق مشاهده شد. بدین ترتیب به‌نظر می‌رسد مصرف توأم کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست و همچنین اعمال خاک‌ورزی نیمه عمیق (کم خاک‌ورزی) راهکاری مناسب برای کاهش انتشار دی اکسید کربن به اتمسفر و افزایش ذخیره کربن در خاک می‌باشد. در نتیجه چنین به‌نظر می‌رسد که بتوان با کاهش خاک‌ورزی و کاربرد نهاده‌های آلی همچون ورمی‌کمپوست به تنهایی و به‌صورت توأم با کود شیمیایی اثرات مخرب زیست محیطی ناشی از گازهای گلخانه‌ای را کاهش داد.

کلمات کلیدی: ذرت، شخم عمیق، شخم نیمه عمیق، کربن آلی خاک، ورمی‌کمپوست

فهرست مطالب

عنوان صفحه

۱- فصل اول ۱
۱-۱- مقدمه ۱
۱-۲- گازهای گلخانه ای ۲
۱-۲- تغییر اقلیم ۳
۱-۳- نقش کشاورزی در افزایش گازهای گلخانهای ۳
۱-۴- اهمیت مواد آلی و کربن در خاک ۵
۱-۵- نقش کودهای شیمیایی ۶
۱-۶- نقش کودهای آلی ۷
۲- فصل دوم ۱۱
بررسی منابع ۱۱
۲-۱-گازهای گلخانه ای و گرمایش جهانی ۱۲
۲-۲- تغییر اقلیم و اثرات آن بر گیاهان ۱۲
۲-۳- ترسیب کربن و اهمیت آن ۱۴
۲-۴- نقش کشاورزی در افزایش انتشار دی اکسید کربن ۱۶
۲-۵- اهمیت ماده آلی ۱۸
۲-۵-۱- اهمیت کربن آلی خاک ۲۰
۲-۶- عوامل مؤثر بر کاهش کربن و راهکارهایی جهت افزایش آن ۲۱
۲-۷- خاکورزی و اثر آن بر مواد آلی ۲۳
۲-۸- ورمی کمپوست ۲۷
۲-۹- کود شیمیایی NPK ۲۹
۲-۱۰- گیاه زراعی ذرت ۳۰
۲-۱۰-۱- تاریخچه و اهمیت گیاه زراعی ذرت ۳۰

۲-۱۰-۲- ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ ..... ۳۱
۲-۱۰-۳- اکولوژی ذرت ۳۲
۳- فصل سوم ۳۳
مواد و روش ۳۳
۳-۱- زمان، موقعیت جغرافیایی و مشخصات آب و هوایی محل اجرای پروژه ۳۴
۳-۲- خصوصیات خاک مزرعه ۳۴
۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی و تیمارهای آزمایش ۳۴
۳-۴- عملیات کشاورزی ۳۵
۳-۴-۱- آماده سازی زمین ۳۵
۳-۴-۲- کاشت ۳۵
۳-۴-۳-داشت ۳۵
۳-۴-۴- برداشت ۳۶
۳-۵- عملکرد و اجزای عملکرد ۳۶
۳-۶- اندازه گیری کلروفیل ۳۶
۳-۷- اندازه گیری پروتئین دانه ذرت به روش کجلدال ۳۷
۳-۸- اندازه گیری کربن آلی خاک ۳۹
۳-۹- اندازه گیری فسفر قابل جذب خاک ۴۰
۳-۱۰- محاسبه میزان ماده آلی خاک ۴۳
۳-۱۱- اندازه گیری ترسیب کربن خاک ۴۳
۳-۱۲- تنفس خاک ۴۳
۳-۱۳- اندازه گیری نیتروژن کل خاک به روش کجلدال ۴۴
۳-۱۴- شاخص برداشت ۴۵
۳-۱۵- اندازه گیری pH و EC خاک اولیه ۴۵
۳-۱۶- محاسبه و بررسی آماری داده ها ۴۶

۴- فصل چهارم ۴۷
نتایج و بحث ۴۷
۴-۱- صفات کمی گیاه ذرت ۴۸
۴-۱-۱- ارتفاع ۴۸
۴-۱-۲- عملکرد دانه ۵۰
۴-۱-۳- وزن صد دانه ۵۳
۴-۱-۴- تعداد دانه در بلال ۵۴
۴-۱-۵- عملکرد بیولوژیک ۵۶
۴-۱-۶- شاخص برداشت (HI) ۵۷
۴-۲- صفات فیزیولوژی و کیفی گیاه ذرت ۵۸
۴-۲-۱- رنگیزه های فتوسنتزی ۵۸
۴-۲-۲- پروتئین دانه ذرت ۶۴
۴-۳- صفات اندازه گیری شده خاک ۶۶
۴-۳-۱- تنفس خاک ۶۶
۴-۳-۲- کربن آلی خاک ۶۸
۴-۳-۳- مواد آلی خاک ۷۱
۴-۳-۴- ترسیب کربن در خاک ۷۳
۴-۳-۵- فسفر قابل دسترس خاک ۷۶
۴-۳-۶- نیتروژن کل خاک ۷۷
۵- نتیجه گیری و پیشنهادها ۸۱
۵-۱- نتیجه گیری ۸۲
۵-۲- پیشنهادها ۸۳
۶- پیوست ۸۵
۷- منابع ۹۵

فهرست اشکال

شکل ۴-۱: مقایسه میانگین ارتفاع بوته تحت تأثیر اثر متقابل کود شیمیایی و ورمی کمپوست ۴۹

شکل ۴-۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر اثر متقابل کود شیمیایی و ورمی کمپوست ۵۱

شکل ۴-۳- مقایسه میانگین وزن صد دانه تحت تأثیر اثر متقابل کود شیمیایی و ورمی کمپوست ۵۴

شکل ۴-۴- مقایسه میانگین تعداد دانه در بلال تحت تأثیر کود شیمیایی و ورمی کمپوست ۵۵

شکل ۴-۵- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر اثر متقابل کود شیمیایی و ورمی کمپوست ۵۶

شکل ۴-۶- مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تأثیر اثر اصلی کود شیمیایی ۵۹

شکل ۴-۷- مقایسه میانگین رنگیزه های فتوسنتزی تحت تأثیر اثر اصلی کود شیمیایی ۵۹

شکل ۴-۸- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تأثیر اثر اصلی کود شیمیایی ۶۰

شکل ۴-۹- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت اثر اصلی ورمی کمپوست ۶۰

شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین کاروتنوئید تحت اثر اصلی ورمی کمپوست ۶۱

شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین کلروفیل کل تحت تأثیر اثر اصلی کود شیمیایی ۶۲

شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین کلروفیل کل تحت تأثیر اثر اصلی ورمی کمپوست ۶۲

شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین پروتئین دانه تحت تأثیر اثر اصلی کود شیمیایی ۶۵

شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین پروتئین دانه تحت تأثیراثر اصلی ورمی کمپوست ۶۵

شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین تنفس خاک تحت تأثیر اثر اصلی خاک ورزی ۶۶

شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین تنفس خاک تحت تأثیر اثر اصلی ورمی کمپوست ۶۷

شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین کربن آلی خاک تحت تأثیر برهمکنش کود شیمیایی و ورمی کمپوست ۶۹

شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین کربن آلی خاک تحت تآثیر برهمکنش کود شیمیایی و ورمی کمپوست ۷۰

شکل ۴-۱۹- مقایسه میانگین ماده آلی خاک تحت تأثیر برهمکنش خاک ورزی و کود شیمیایی ۷۲

شکل ۴-۲۰- مقایسه میانگین ماده آلی خاک تحت تأثیر برهمکنش کود شیمیایی و ورمی کمپوست ۷۲

شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین ترسیب کربن در خاک تحت تأثیربرهمکنش خاک ورزی و کود شیمیایی ۷۴

شکل ۴-۲۲- مقایسه میانگین ترسیب کربن در خاک تحت تأثیر برهمکنش خاک ورزی و ورمی کمپوست ۷۴

شکل ۴-۲۳- مقایسه میانگین ترسیب کربن در خاک تحت تأثیر برهمکنش کود شیمیایی و ورمی کمپوست ۷۵

شکل ۴-۲۴- مقایسه میانگین فسفر قابل جذب تحت تأثیر اثر اصلی ورمی کمپوست ۷۶

شکل ۴-۲۵- مقایسه میانگین فسفر قابل جذب تحت تأثیر اثر اصلی کود شیمیایی..... ۷۷
شکل ۴-۲۶- مقایسه میانگین نیتروژن کل خاک تحت تأثیر اثر اصلی کود شیمیایی..... ۷۸
شکل ۴-۲۷- مقایسه میانگین نیتروژن کل خاک تحت تأثیر اثر اصلی ورمی کمپوست..... ۷۸

فهرست جداول

جدول ۲-۱- وضعیت کربن آلی خاک در برخی نقاط کشور..... ۱۹
جدول ۲-۲- تأثیر بی‌خاک‌ورزی در افزایش محتوی کربن آلی بعد از گذشت ۲۰ سال از کشت ذرت..... ۲۶

فهرست جداول پیوست

جدول پیوست ۱ برخی از خصوصیات خاک مورد نظر (عمق ۰ تا ۳۰)..... ۸۷
جدول پیوست ۲ برخی از خصوصیات ورمی کمپوست مورد استفاده در آزمایش..... ۸۷
جدول پیوست ۳ تجزیه واریانس (میانگین مربعات) خصوصیات کمی گیاه ذرت..... ۸۸
جدول پیوست ۴ تجزیه واریانس (میانگین مربعات) خصوصیات فیزیولوژی و کیفی گیاه ذرت..... ۸۹
جدول پیوست ۵ تجزیه واریانس (میانگین مربعات) خصوصیات خاک..... ۹۰
جدول پیوست ۶ مقایسه میانگین کلروفیل a و b تحت تأثیر اثر متقابل A×B×C..... ۹۱
جدول پیوست ۷ مقایسه میانگین کاروتنوئید و کلروفیل کل تحت تأثیر اثر متقابل A×B×C..... ۹۲
جدول پیوست ۸ مقایسه میانگین SOC و SOM و ترسیب کربن در خاک تحت تأثیر اثر متقابل A×B×C..... ۹۳

فهرست اشکال پیوست

شکل پیوست ۱ نقشه کشت ۸۶

فصل اول

مقدمه

۱-۱- گازهای گلخانه‌ای

قرن‌های اخیر به دلیل افزایش فعالیت‌های صنعتی، تغییراتی در اقلیم به وجود آمده که این تغییر ناشی از ورود گازهای گلخانه‌ای به اتمسفر می‌باشد (هینمن و همکاران، ۲۰۰۵). از جمله گازهای گلخانه‌ای دی‌اکسید کربن (CO_2)، متان (CH_4)، اکسید نیتروژن (N_2O)، کلروفلوئوروکربن‌ها (CFC_s)، ازن (O_3) و بخار آب (H_2O) هستند که از بین این گازها، دی اکسید کربن را مؤثرترین گاز گلخانه‌ای نامیده‌اند (هینمن و همکاران، ۲۰۰۵). پس از شروع انقلاب صنعتی در اثر عواملی چون ازدیاد جمعیت، افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی و تغییر کاربری اراضی، غلظت گازهای گلخانه‌ای هوا، خصوصاً گازکربنیک افزایش یافته، به طوری که میزان آن از ppm۲۸۸ در سال ۱۸۵۰ به ppm۳۸۷ در سال ۱۹۹۸ رسیده است (کنل، ۲۰۰۳) و نگرانی‌های ناشی از افزایش آن روز به روز در حال افزایش است. امروزه گرم شدن کره‌ی زمین بر اثر انتشار وسیع گازهای گلخانه‌ای و تغییرات آب و هوایی متأثر از آن، یکی از مهم‌ترین موضوعات علمی و مخاطرات زیست‌محیطی جامعه جهانی گردیده است. متأسفانه نتایج نشست‌های سران قدرت‌های صنعتی دنیا برای کاهش و مهار این گازها به دلیل تضاد با منافع اقتصادی آنان تاکنون آنچنان اثرات سودبخشی نداشته و روند افزایش این گازها به طور غیر قابل کنترل رو به افزایش است. در میان گازهای گلخانه‌ای CO_2 انتشار وسیع‌تری را داراست. هر چند تخمین مقدار این گاز در طبیعت کار دشواری است، اما میزان افزایش تراکم آن، مسئله‌ای است که تمامی دانشمندان عرصه‌ی محیط‌زیست آن را تأیید می‌کنند. سالانه ۳/۳ میلیارد تن دی‌اکسید کربن وارد اتمسفر می‌شود که این میزان ۳۰٪ بیشتر از زمان قبل از انقلاب صنعتی است. مطالعات زیادی خاطرنشان می‌سازد که در صورت عدم کنترل تولید، تراکم CO_2 در سال ۲۱۰۰ به ۱۵۰٪ بیش از حد کنونی خواهد رسید. هر چند بخش قابل‌توجهی از این گاز توسط سطوح آبی زمین جذب می‌شود، اما روند افزایش رو به رشد آن در اتمسفر موجب گرمای ۰/۳ تا ۰/۶ سانتی‌گراد کره زمین، طی ۳۰ سال اخیر شده است و تأثیرات زیست محیطی آن از جمله تغییرات آب و هوایی شامل سیل و خشک‌سالی، ذوب شدن یخچال‌ها، افزایش آلودگی هوا و ... بوده است.

۱-۲- تغییر اقلیم

تغییر اقلیم و افزایش گرمای جهانی یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در توسعه پایدار محسوب می‌شود که دارای تأثیر منفی بر اکوسیستم‌های خشکی و آبی می‌باشد و ناشی از افزایش تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای به اتمسفر است (لال، ۲۰۰۴). در دهه‌های اخیر زمین گرم‌ترین دوران خود را تجربه کرده است (ساندر ، ۱۹۹۸)، که موجب تغییرات اقلیمی و پیامدهای مختلف آن شده است (آنتل، ۱۹۹۵). اگر روند کنونی انتشار دی اکسید کربن ادامه یابد، در سال ۲۱۰۰ میلادی دمای هوا ۱/۴ تا ۵/۸ درجه سانتی‌گراد نسبت به سال ۱۹۹۰ افزایش خواهد یافت (پنل بین دولتی تغییرات اقلیمی، ۲۰۰۰). تغییرات در دمای کره زمین موجب تغییر بسیاری از سامانه‌های کشاورزی و تمامی اکوسیستم‌ها و همچنین افزایش وسعت کویرها و کاهش جنگل‌ها خواهد شد (پور خباز، ۱۳۸۱). بدون شک مقابله با گرم شدن کره زمین نیاز به همکاری و عزم جهانی در جهت کنترل پیامدهای آن را دارد. کشور ایران به دلیل تولید نفت و فرآورده‌های نفتی، سهم عمده‌ای را در گرم شدن کره زمین دارد. بنابراین به‌نظر می‌رسد که می‌بایست با استفاده از روشی بهینه نسبت به کاهش انتشار آلاینده‌ها از جمله CO_2 به اتمسفر و کاهش دمای کره زمین اقدام کرد که یکی از این روش‌ها پالایش کربن با استفاده از فیلتر است و نیازمند هزینه‌ی بسیار بالایی است، به‌طوری‌که کشور آمریکا این هزینه را حدود ۱۰۰ تا ۳۰۰ دلار برای هر تن کربن تخمین زده‌است (کنل، ۲۰۰۳).

۱-۳- نقش کشاورزی در افزایش گازهای گلخانه‌ای

غلظت دی‌اکسید کربن موجود در جو تحت تأثیرات متقابل جو، اقیانوس‌ها و بیوسفر است که به آن سیکل بیوژئوشیمی کربن گفته می‌شود. فعالیت‌های بشری این سیکل را از حالت تعادل خارج کرده و باعث انتشار گاز CO_2 اضافی به اتمسفر گردیده است. توازن معادله CO_2، اساس توسعه پایدار اکولوژیکی است. اگر توازن این گاز را به موقع اصلاح نکنیم، احتمال بروز عواقب غیرقابل جبران برای آیندگان حتمی است (موید، ۲۰۰۲). خاک می‌تواند منبع مهم از کربن آلی و همچنین ذخیره کننده‌ی

آن باشد، به همین دلیل هر گونه مدیریت خاک می‌تواند بر انتشار و ذخیره کربن آلی خاک مؤثر باشد (لال، ۱۹۹۹).

کشاورزی در مقایسه با دیگر فعالیت‌های انسانی، بخش بزرگی از فعالیت‌ها را به خود اختصاص داده است (مک کانلی، ۲۰۰۳؛ بت و همکاران، ۲۰۰۷). به همین دلیل یکی از بزرگ‌ترین تولیدکننده‌ی گازهای گلخانه‌ای به اتمسفر، نظام کشاورزی می‌باشد (سالینگر، ۲۰۰۷)، طبق تحقیقات انجام شده سهم کشاورزی در انتشار گازهای گلخانه‌ای به ویژه CO_2 بیش از ۲۰٪ برآورد شده است (دومانسکی و لال، ۲۰۰۴). سهم آن در پدیده تغییر اقلیم حدود ۱۳/۵٪ می‌باشد که از طریق فعالیت‌هایی از قبیل حذف جنگل‌ها، تغییر کاربری زمین، سوزاندن بقایای گیاهی، شخم فشرده و غیره در رها سازی گازهای گلخانه‌ای به جو دخالت دارد (آی پی سی سی، ۲۰۰۱). عملیات خاک‌ورزی از جمله عملیاتی است که تأثیر بسزایی بر انتشار گازهای گلخانه‌ای به ویژه دی اکسید کربن به اتمسفر دارد (یوگالد و همکاران، ۲۰۰۷). همچنین روش‌های مختلف شخم می‌توانند از طریق تأثیر بر خصوصیات خاک بر استقرار گیاه و رشد ریشه تأثیرگذار باشد (کاسل و همکاران، ۱۹۵۰). نوع خاک‌ورزی و میزان و شدت آن بر انتشار انواع گازهای گلخانه‌ای همچون دی اکسید کربن به اتمسفر مؤثر است، به طوری که خاک‌ورزی رایج باعث افزایش دی اکسید کربن به میزان ۶۰ درصد بیشتر از خاک‌ورزی حداقل می-شود (دویکر و لال، ۲۰۰۰). طبق تحقیقات به عمل آمده در آمریکا به این نکته دست یافتند که کربن خیلی سریع و حتی دقایقی بعد از شخم سنگین به صورت CO_2 به اتمسفر انتقال می‌یابد. مقدار CO_2 برگشتی به اتمسفر بستگی به شدت شخم دارد، به طوری که بعد از ۱۹ روز کل کربن هدررفته از مزارع شخم خورده ۵ برابر بیشتر از مزارع شخم نخورده بوده است (سنانایاک، ۲۰۰۹). در ایالات‌متحده آمریکا شخم حفاظتی با هدف افزایش مواد آلی خاک انجام می‌شود. تجزیه و تحلیل‌های جهانی به عمل آمده در مورد شخم رایج در نواحی جنگلی و علف زار نشان می‌دهد که تا عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک حدود ۲۰٪ از کربن خاک کاسته شده است (مان، ۱۹۸۶).

۱-۴- اهمیت مواد آلی و کربن در خاک

مواد آلی به علت اثرات مفیدی که بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک دارند، به عنوان یکی از ارکان باروری خاک شناخته شده‌اند (کلباسی، ۱۳۷۵). مقدار مواد آلی موجود در لایه سطحی یک خاک معدنی معمولاً حدود ۰/۵ تا ۵ درصد وزنی است، اما در بعضی از خاک‌های پیت این میزان به حدود ۱۰۰ درصد نیز می‌رسد و حتی در خاک‌های غیر آلی، مواد آلی خاک می‌تواند اثرات قابل‌توجهی بر خواص فیزیکوشیمیایی خاک گذارد (کونونوا، ۱۹۶۱).

از مشکلات اصلی خاک ایران که در اقلیم خشک و نیمه‌خشک قرار دارد تنها کمبود مواد آلی (کمتر از ۰/۳٪) نیست، بلکه به دلیل بالا بودن دما، ثابت نگه داشتن و حفظ ماده آلی کاری بسیار دشوار می-باشد. به همین دلیل آسیب‌پذیری آن در مقابل عوامل طبیعی و عملیات خاک‌ورزی شدید بوده و فرسایش زیادی را به همراه دارد. بنابراین ادامه روند کاهش مواد آلی در آینده نزدیک تبدیل به بحران کمبود مواد آلی خاک‌ها در کشور می‌گردد. لذا برای دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار باید به افزایش مواد آلی خاک توجه ویژه داشت (ترک‌نژاد، ۱۳۸۴).

دانشمندان طی تحقیقات خود به این نتیجه دست یافتند که خاک می‌تواند منبع و ذخیره کننده کربن آلی باشد پس هر گونه مدیریت مربوط به خاک می‌تواند باعث کاهش یا افزایش کربن آلی خاک شود (لال و همکاران، ۱۹۹۹). نتایج برخی تحقیقات نشان داده است که کربن جزء مهمی از مواد آلی موجود در خاک است و بالا بودن میزان آن در خاک منجر به حفظ مواد غذایی در خاک می‌شود (فولت و همکاران، ۱۹۹۵). ذخیره‌های کربن دو نوع فعال و غیرفعال هستند و منظور از ذخایر غیرفعال، کربن انباشته شده در پوسته جامد زمین و سوخت‌های فسیلی و منظور از ذخایر فعال کربن ذخیره‌شده در اتمسفر، آب دریاها و کالبد جانداران در آب‌ها و بخش جامد زمین است (نیشابوری، ۱۳۸۸). کربن بین هر یک از ذخایر فعال و غیرفعال به آسانی مبادله شده و سرعت این تبادل تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی قرار می‌گیرد (فاراج و همکاران، ۲۰۰۷). مقدار گازکربنیک موجود در طبیعت

معادل ۲۰۰ میلیارد تن در سال است که توسط گیاهان و اقیانوس‌ها از اتمسفر گرفته می‌شود و حاصل آن تعادل چرخه این گاز در طبیعت می‌باشد. میزان کربن ذخیره‌شده در خاک حدود ۳ برابر بیشتر از میزان آن در اندام‌های گیاهی و جانوری است (محمودی طالقانی و همکاران، ۱۳۸۶). کربن خاک بسته به شرایط به عنوان منبع یا مخزن برای گازهای گلخانه‌ای عمل می‌کند و در بسیاری از کارکردهای محیطی نقش دارد (بارانسیکووا و همکاران، ۲۰۱۰). مقدار کربن آلی موجود در خاک‌ها، تقریباً دو برابر کربن اتمسفر می‌باشد، به همین علت تغییر در کربن خاک اثرات قابل‌توجهی بر تغییر اقلیم بر جا می‌گذارد (موندینی و همکاران، ۲۰۱۲).

۱-۵- نقش کودهای شیمیایی

کودهای معدنی به عنوان مکمل غذایی و حاصلخیز کننده خاک بکار می‌روند. باید اشاره کرد که با وجود ضرورت تأمین عناصر غذایی خاک و گیاه زراعی، فراهمی عناصر غذایی باید به شکلی باشد که ضمن تأمین نیازهای زراعی، از اتلاف منابع و آلودگی آن‌ها جلوگیری شود. گزارش‌هایی نشان داده‌اند که بیش از نیمی از نیتروژن معدنی مصرف‌شده در سیستم‌های کشاورزی از طریق آبشویی، تصعید، رواناب و فرسایش تلف و موجب آلودگی می‌شود (بیسواس و همکاران، ۲۰۰۸)، که این امر تشدید گازهای گلخانه‌ای را در پی خواهد داشت (رجسوس و هورن بکر، ۱۹۹۹) و کارایی اقتصادی سیستم-های کشاورزی را کاهش می‌دهد. بر اساس گزارش فائو (سازمان خوار و بار جهانی) طی سه دهه گذشته بین ۴۰تا ۶۰ درصد افزایش تولیدات کشاورزی در جهان رخ داد که این افزایش تولید به دلیل استفاده از کودهای شیمیایی بوده است. با اینکه کودهای شیمیایی در ۵۰ سال اخیرنقش بسزایی در افزایش تولید و عملکرد محصولات داشته‌اند اما امروزه به طور تدریجی اثرات زیان بار ناشی از مصرف بی‌رویه این کودها مشاهده شده است و به اثرات منفی آن پی برده‌اند. وارد شدن نیترات به آب‌های زیرزمینی و محیط‌زیست و بروز انواع بیماری‌ها و یا انباشت عناصر مضر در خاک و ورود آن‌ها به چرخه غذایی، که سبب ایجاد مسمومیت‌ها می‌شوند (خاوازی و همکاران، ۱۳۸۴).

حاصلخیز کننده‌های خاک، رشد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند، بنابراین بررسی تأثیر نوع ماده‌ی مورد استفاده جهت حاصلخیزی خاک و به تبع آن جریان کربن خاک مورد اهمیت است. با بررسی تأثیر انواع کود آلی و شیمیایی بر میزان تولید دی‌اکسید کربن، متوجه شدند که با توجه به بهبود رشد گیاه در شرایط استفاده از حاصلخیز کننده‌های خاک، میزان دی‌اکسید کربن تولیدشده افزایش یافت، به طوری که در شرایط استفاده از کود شیمیایی میزان تولیدی این گاز به مراتب بیشتر از کود آلی بوده است (شیمیزو و همکاران، ۲۰۰۹). همچنین در زمان استفاده از کودهای شیمیایی با افزایش تجزیه ماده آلی خاک، افزایش تولید دی اکسید کربن را هم به همراه دارند.

۱-۶- نقش کودهای آلی

مدیریت عناصر غذایی به روش متداول امروزی با استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی منجر به تخریب اکوسیستم‌های کشاورزی و به خطر افتادن سلامت انسان می‌گردد. مشکلات زیست‌محیطی ناشی از استفاده بیش از حد کودهای معدنی و هزینه‌های تولید این کودها، تجدیدنظر در روش‌های افزایش تولید محصولات را ضروری ساخته است (نقوی مرمتی و همکاران، ۲۰۰۷).

در برخی مطالعات نشان داده شده است که حفظ کیفیت و بهبود حاصلخیزی خاک، نیازمند مدیریت صحیح عناصر غذایی و بهره‌گیری مطلوب از نهاده‌های آلی در خاک است (پدل و همکاران، ۲۰۰۱؛ فرچنا و همکاران، ۲۰۰۳). استفاده از کودهای آلی و بیولوژیکی به عنوان جایگزین کودهای معدنی، می‌تواند عامل مؤثری در کاهش گازهای گلخانه‌ای باشد (کلایتون و همکاران، ۱۹۹۴). نقش کود دامی و کمپوست در افزایش ذخیره کربن آلی خاک با اهمیت گزارش شده است، چنان‌چه اگر معادل عناصر غذایی موجود در کودهای آلی از کودهای شیمیایی استفاده شود، قطعاً تأثیر آن در افزایش ماده آلی خاک، از کود دامی و کمپوست کمتر خواهد بود. طبق گزارشات ویلسون و همکاران (۲۰۰۱) در ناحیه جنوب غرب ایالت میشیگان در تیمارهایی که از کمپوست استفاده گردیده، میزان کربن تثبیت‌شده به مراتب بیشتر از تیمارهای کود شیمیایی بود. تعدادی از دیگر دانشمندان نیز افزایش محتوای کربن

خاک را در صورت استفاده از انواع کودهای آلی را تأیید کرده‌اند (کمبل و همکاران، ۱۹۸۷؛ نیبرگ و همکاران، ۱۹۹۵؛ سلبرگ و همکاران، ۱۹۹۷).

در سال‌های اخیر استفاده از کرم‌های خاکی در تهیه کمپوست مورد توجه قرار گرفته است، که به این عمل تولید ورمی‌کمپوست گویند. Vermis ریشه لاتین کلمه worm به معنی کرم می‌باشد. ورمی‌کمپوست ماده‌ای است که چارلز داروین از آن به عنوان کود گیاهی نام برد و اولین کتاب او در زمینه بیولوژی خاک عنوان کود گیاهی ورمی‌کمپوست را به خود گرفت (داروین و گیلارو، ۱۹۸۳). کود آلی ورمی‌کمپوست ، سبک، عاری از علف‌های هرز و فاقد بو است. این کود میکروارگانیسم‌های هوازی مفیدی دارد مانند ازتوباکتری‌ها و عاری از باکتری‌های غیر هوازی، قارچ‌ها و میکروارگانیسم‌های پاتوژن می‌باشد. در مقایسه با مواد مادری اولیه، ورمی‌کمپوست‌ها دارای نمک محلول کمتر، ظرفیت تبادل کاتیونی بیشتر و میزان اسید هیومیک بیشتری می‌باشند. طبق گزارشات، ورمی‌کمپوست‌ها حاوی موادی هستند که به طور گسترده به عنوان مواد مغذی از آن استفاده می‌شود (اومار و همکاران، ۲۰۱۲). از ویژگی‌های ورمی‌کمپوست تهویه و زهکشی و ظرفیت نگهداری آب بالا و چگالی ظاهری کم است (ادواردز، ۱۹۹۸؛ ادواردز و باروز، ۱۹۸۸؛ آتیه و همکاران، ۲۰۰۱) و چون سطح ویژه ورمی-کمپوست بسیار زیاد است، قابلیت جذب و نگهداری مواد غذایی آن بالاست (اسمیت، ۱۹۹۸). علی رقم روش‌های صنعتی که نیازمند مواد شیمیایی و ماشین آلات گران قیمت می‌باشد، ورمی‌کمپوست‌ها تحت یک فرایند ساده، مقرون به صرفه و سازگار با محیط زیست تولید می‌شود (باکر و همکاران، ۲۰۱۲) و از طریق اثر متقابل بین میکروارگانیسم‌ها و کرم‌های خاکی، منبع تنظیم کننده‌ای برای رشد گیاهان محسوب می‌شوند (راجسکار و همکاران، ۲۰۱۲). با توجه به اینکه میزان ماده آلی خاک در نواحی خشک و نیمه خشک جهان پایین می‌باشد، بنابراین لازم است که در جهت افزایش ماده آلی خاک اقدام کرد. نتایج برخی از بررسی‌ها نشان داد که در صورت استفاده از نهاده‌های آلی از جمله

کمپوست و ورمی‌کمپوست و کود دامی و گیاهی، متوسط زمان ماندگاری نیتروژن و کربن افزایش یافت (بویل و پائول، ۱۹۸۹).

اهداف این پژوهش:

- ✓ بررسی تأثیر کودهای آلی بر میزان ترسیب کربن در خاک
- ✓ بررسی تأثیر کودهای شیمیایی بر میزان ترسیب کربن در خاک
- ✓ بررسی تأثیر کم خاک‌ورزی بر کربن آلی خاک
- ✓ بررسی اثرات متقابل خاک‌ورزی، کودهای شیمیایی و آلی بر ترسیب کربن خاک

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱- گازهای گلخانه‌ای و گرمایش جهانی

طی قرون گذشته، فعالیت صنعتی بشر گسترش و در پی آن ترکیب شیمیایی اتمسفر دچار تغییر شده که این امر سبب بروز تغییر بی‌سابقه‌ای در اقلیم جهانی شده است (شی و همکاران، ۲۰۰۹). افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر موجب افزایش دمای کره‌ی زمین می‌شود که این پدیده را گرمایش جهانی نام نهاده‌اند (ساندرز، ۱۹۹۸). افزایش این گازها به دلیل مصرف سوخت‌های فسیلی، تغییر کاربری اراضی و مدیریت زمین‌های کشاورزی است. بررسی‌ها نشان داده که ۹۰-۷۰ درصد از دی‌اکسید کربن موجود در جو اتمسفر، مربوط به کاربرد سوخت‌های فسیلی و نابودی جنگل‌ها می‌باشد (آی پی سی سی، ۱۹۹۹). با این که غلظت دی‌اکسید کربن طی ۴۰۰ سال اخیر از ۲۹۰ قسمت در میلیون تجاوز نکرده و قبل از انقلاب صنعتی در سال ۱۷۵۰ میلادی نیز حدود ۲۸۰ قسمت در میلیون بود، در اوایل قرن ۲۱ غلظت آن به ۳۷۰ قسمت در میلیون رسید و افزایش آن به دلیل مصرف بیش از حد سوخت‌های فسیلی و تغییر کاربری اراضی است که سبب افزایش گرمایش جهانی شده است (اسچیمل و همکاران، ۲۰۰۰؛ هویجگن، ۲۰۰۷). این افزایش دما در نیمه دوم قرن بیستم بارزتر از هر زمان دیگری بوده است که پیامدهای اقلیمی را به همراه داشته و عامل اصلی بروز پدیده‌ی تغییر اقلیم محسوب می‌شود (آنتل، ۱۹۹۵؛ ساندرز، ۱۹۹۸).

۲-۲- تغییر اقلیم و اثرات آن بر گیاهان

تغییر اقلیم یکی از پدیده‌های بسیار حیاتی در رابطه با حیات بشر است که در بسیاری از نقاط جهان آثار آن دیده شده است. در مطالعه‌ای مربوط به هواشناسی کشور ایران گزارش شده که مقدار بارش‌ها در آینده کاهش خواهد یافت و شدت این کاهش در مناطق خشک و نیمه‌خشک بارزتر از مناطق مرطوب خواهد بود و علاوه بر این، طول دوره خشکی نیز افزایش پیدا خواهد کرد. تغییر انرژی ورودی از خورشید به زمین و گرمایش جهانی ناشی از تشدید اثرات گلخانه‌ای از عوامل مؤثر در تغییر اقلیم می‌باشند که در این بین نقش گازهای گلخانه‌ای به خصوص دی‌اکسید کربن بسیار برجسته‌تر

می‌باشد (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۶). تغییر اقلیم در برخی از مناطق در عرض‌های جغرافیایی بالاتر ممکن است اثرات مثبتی داشته باشد اما در برخی مناطق دیگر به خصوص مناطق گرم و خشک و در نواحی کشورهای در حال توسعه اثرات آن منفی بوده، به طوری که در این مناطق بارندگی کاهش و درجه حرارت افزایش خواهد یافت و علاوه بر این باعث گرما و سرمای شدید خواهد شد (کوچکی و نصیری، ۱۳۸۷؛ توبیلو و همکاران، ۲۰۰۰؛ کوچکی و همکاران، ۲۰۰۶). تغییرات قابل ملاحظه‌ای در وضعیت آب و هوایی زمین به دلیل استفاده بیش از حد سوخت‌های فسیلی، تغییر کاربری اراضی و افزایش جمعیت به وجود آمده است (بابائیان و همکاران، ۱۳۸۸). عوامل مختلفی باعث وقوع پدیده تغییر اقلیم شده که سبب تغییرات وسیعی در سطح جهانی شده است که بارزترین آن افزایش متوسط دمای کره زمین و تغییر در روند طبیعی بارش‌های بسیاری از مناطق جهان می‌باشد (بابائیان و همکاران، ۱۳۸۸).

در شرایط تغییر اقلیم، دما و بارندگی که از عوامل مؤثر بر فرآیندهای اکوسیستم مانند فتوسنتز، انتقال کربن و تجزیه مواد آلی بوده، دچار دگرگونی می‌شوند و از این رو بیان می‌شود که تغییر اقلیم باعث اثرگذاری بر نقش و عمل اکوسیستم می‌گردد (گوریسن و همکاران، ۲۰۱۰). بطوریکه افزایش دما و کاهش بارندگی ممکن است باعث کاهش تولید خالص اولیه در نواحی حاره‌ای شود اما در نواحی شمالی ممکن است سبب افزایش آن شود (وایت و همکاران، ۱۹۹۹). با توجه به مطالعات بسیاری از نقاط جهان از جمله ایران تحت تأثیر پدیده تغییر اقلیم بوده و از این رو توجه به مسایلی از جمله ترسیب کربن در خاک می‌تواند حائز اهمیت باشد و به ذخیره کربن خاک کمک کند (فلاحی و همکاران، ۲۰۱۲). افزایش دمای محیط در شرایط تغییر اقلیم سرعت تجزیه مواد آلی را افزایش داده و باعث افزایش تلفات کربن آلی خاک گردیده (اسمیت و همکاران، ۲۰۰۵؛ بارانسیکووا و همکاران، ۲۰۱۰) و ترسیب کربن در خاک هم موجب کاهش غلظت گاز دی‌اکسید کربن اتمسفری شده و اثرات تغییر اقلیم را کاهش می‌دهد.

با وجود اینکه جهان به پیشرفت‌های علمی زیادی در زمینه افزایش عملکرد و تولید محصولات زراعی مختلف دست یافته است، اما هنوز هم فعالیت‌های کشاورزی به میزان زیادی به اقلیم وابسته می‌باشد، لذا تغییر و تنوعی که در اقلیم ایجاد می‌شود، تأثیر بسیار مهمی بر گیاهان زراعی و تولید آن‌ها دارد. از مهم‌ترین متغیرهای محیطی که بر رشد و نمو گیاهان تأثیر بسزایی دارد، دی اکسید کربن و درجه حرارت می‌باشد (لامبرز و همکاران، ۲۰۰۸). به گفته اهلینگر و همکاران (۲۰۰۲)، تغییر اقلیم در جوامع گیاهی ممکن است باعث جایگزینی گیاهان بوته‌ای و خشبی به جای گیاهان علفی و یا گیاهان چهار کربنه به جای سه کربنه شود و کیفیت علوفه‌ای آن‌ها را کاهش دهد. همچنین تغییرات اقلیمی قادر است تا دوره رشد گیاهان، زمان شیوع و تعداد آفات و بیماری‌ها را تحت تأثیر قرار دهد (گیو و ژو، ۲۰۰۶). تغییر اقلیم سبب افزایش تکثیر و پراکنش آفات می‌شود که در نتیجه میزان خسارت به گیاهان افزایش می‌یابد که این مسئله هم باعث افزایش مصرف سموم و آفت‌کش‌های شیمیایی خواهد شد، بدین ترتیب می‌توان چنین گفت که اثرات منفی تغییر اقلیم بر کشاورزی ممکن است به دلیل افزایش تنفس و کاهش فتوسنتز به دلیل بالا رفتن درجه حرارت، افزایش شیوع بیماری و آفات (گیو و ژو، ۲۰۰۶) کوتاه شدن دوره رشد در عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر باشد.

۲-۳- ترسیب کربن و اهمیت آن

استفاده و مدیریت بهینه و صحیح مواد آلی جنبه‌ای مهم از تولید پایدار در نظام کشاورزی محسوب می‌شود. کربن آلی عنصری کلیدی در کیفیت خاک محسوب می‌شود که باید برای حفظ و ذخیره آن مدیریت صحیح انجام گیرد. افزایش نگرانی‌های روزافزون به دلیل ایجاد پدیده گرمایش جهانی ناشی از ورود گازهای گلخانه‌ای به اتمسفر به خصوص دی‌اکسید کربن، منجر به توجه بیشتر به ترسیب کربن در اکوسیستم‌های خشکی شده است (دیکمین و همکاران، ۲۰۰۴؛ اسپارگو و همکاران، ۲۰۰۸). طبق بند ۳-۴ معاهده‌ی کیوتو، از جمله فعالیت‌هایی که جهت انجام ترسیب کربن باید مورد توجه قرار گیرد، مدیریت جنگل، مدیریت اراضی زراعی، مدیریت چرا و احیای مجدد پوشش گیاهی می‌باشند

(اسمیت، ۲۰۰۴). به گزارش گریمسون و همکاران (۲۰۰۱) سه روش عمده جهت کاهش نشت کربن دی اکسید به اتمسفر وجود دارد: کاهش تقاضا برای انرژی از طریق افزایش قیمت منابع انرژی یا بهبود کارایی مصرف انرژی، تغییر جهت از سمت مصرف سوخت‌های فسیلی به سمت منابع بدون کربن مانند انرژی هسته‌ای و منابع تجدید پذیر و نهایتاً ترسیب کربن انتشاریافته به اتمسفر می‌باشد. حدود ۷۵٪ از ذخایر کربن خشکی‌ها متعلق به خاک می‌باشد، در نتیجه امروزه ترسیب کربن و استفاده از فنّاوری‌های نوین انرژی به عنوان راهکاری جهت کاهش کربنیک در کانون توجهات قرار دارد (اسمیت، ۲۰۰۴).

همچنین ترسیب کربن به تمام عملیاتی که باعث انتقال دی اکسید کربن اتمسفری به مخازن طولانی مدت شده و کربن را به شکلی حفظ می‌نماید که بلافاصله به اتمسفر برنگردد، نیز گویند (لال و همکاران، ۲۰۰۳). ویپس (۱۹۹۰) گزارش کرد که حدود ۳۰ الی ۴۰ درصد تولیدات فتوسنتزی در مراحل اولیه رشد از طریق تراوش‌های ریشه وارد خاک می‌شود. بررسی‌های نیومن و رمهلد (۲۰۰۱) هم نشان داد که حدود ۳۰ الی ۶۰ درصد کربن تثبیت‌شده در فتوسنتز وارد ریشه می‌شود و بیش از ۷۰ درصد آن از طریق تراوش ریشه وارد ریزوسفر می‌شود که این عامل طبق گزارشات کیازیوکوف و لاریانوا (۲۰۰۵) بر فعالیت جوامع میکروبی خاک به میزان زیادی تأثیر دارد و به تبع بر میزان مواد آلی خاک هم تأثیرگذار خواهد بود. میزان بارندگی، رطوبت خاک و نوع گیاه زراعی کشت شده در میزان ذخیره‌سازی کربن مؤثر هستند و همچنین ترسیب کربن تحت تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و شیوه‌ی مدیریت قرار می‌گیرد (درنرو و همکاران، ۲۰۰۹). در همین راستا، مطالعات نشان داده است که با عملیات مدیریتی مناسب مقدار قابل توجهی کربن در مخازن گیاهی و خاک می‌توان ذخیره کرد و باعث کاهش اثرات منفی ناشی از افزایش غلظت دی اکسید کربن اتمسفری شد (اسپیروف و همکاران، ۲۰۰۳؛ نیو و دوایکر، ۲۰۰۶). امروزه تمایل به ترسیب کربن در خاک در بوم نظام‌های زراعی به منظور کاهش دی اکسید کربن اتمسفری، افزایش یافته است (آی پی سی سی، ۲۰۰۱؛ ماندال و

همکاران، ۲۰۰۷)، اما با این حال ترسیب کربن هنوز به خوبی درک نشده است (روستاد، ۲۰۰۶). افزایش ورود دی اکسید کربن به خاک نسبت به خروج آن از خاک باعث افزایش ترسیب کربن می‌شود و اگر خروج دی اکسید کربن بیشتر باشد باعث افزایش تلفات کربن و کاهش ترسیب آن می‌شود (سینگ و همکاران، ۲۰۰۹). مخازن کربن خاک بعد از اعمال تغییرات مدیریتی به سرعت افزایش یافته و در صورت اعمال عملیاتی ناصحیح همچون خاک‌ورزی فشرده و جنگل زدایی به سرعت کاهش خواهد یافت (اسمیت، ۲۰۰۴). قابل ذکر است که مخازن کربن حاصل از ترسیب کربن در خاک موقتی نیستند و تا زمانی که عملیات مدیریتی مناسب اجرا شود، حفظ کربن وجود دارد و ادامه می‌یابد اما اگر عملیات مدیریتی تغییر کند ممکن است کربن تجمع یافته حتی با سرعتی بالاتر از سرعت ذخیره شدنش، از دست رود (اسمیت و همکاران، ۱۹۹۶). عناصر ضروری در ارتباط با مواد آلی خاک هستند و ترسیب خاک موجب افزایش آن می‌شود. فرآیند ترسیب کربن، به بهبود کیفیت آب و خاک، افزایش حاصلخیزی، بهبود سیستم هیدرولوژی خاک و نیز جلوگیری از فرسایش و کاهش هدر رفت عناصر غذایی می‌انجامد، پس مدیریت بهینه باید در جهت افزایش پتانسیل ترسیب کربن باشد (ورامش، ۱۳۸۹).

۲-۴- نقش کشاورزی در افزایش انتشار دی اکسید کربن

۱۰ تا ۲۰ درصد از کل انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط به فعالیت کشاورزی است و با توجه به افزایش مساحت سطح زیر کشت و عملیات فشرده مدیریت زراعی این میزان در حال افزایش است (اوسبرن و همکاران، ۲۰۱۰). از جمله عملیات کشاورزی که بر انتشار گازهای گلخانه‌ای بیش‌ترین تأثیر را دارد، عملیات خاک‌ورزی می‌باشد (یوگالد و همکاران، ۲۰۰۷). با توجه به بحران انرژی در عصر حاضر و نیاز به توجه بیشتر به افزایش راندمان مصرف انرژی، استفاده از روش‌های کم خاک‌ورزی جزو اولویت‌های تحقیقات دنیا می‌باشد. کرن و جانسون (۱۹۹۳) و هامبلین (۱۹۸۰) گزارش کردند کاربرد سیستم خاک‌ورزی حفاظتی نسبت به خاک‌ورزی رایج منجر به افزایش مواد آلی، پایداری خاکدانه و

افزایش تخلخل می‌شود. توماس و همکاران (۲۰۰۷) طی پژوهش‌های خود به این نتیجه رسیدند که میانگین عملکرد ذرت تحت سیستم بی خاک‌ورزی ۱۲٪ بیشتر از روش مرسوم بوده است.

اکثر محققین بر این باورند که مهم‌ترین عامل تولید دی اکسید کربن در بوم نظام‌های زراعی، خاک-ورزی و تغییر کاربری اراضی می‌باشند که در نهایت موجب کاهش مواد آلی خاک می‌شوند (لال، ۲۰۰۲؛ لال، ۲۰۰۴؛ لال و همکاران، ۲۰۰۵؛ درویت و همکاران، ۲۰۰۹). نظام‌های خاک‌ورزی شدید برای رسیدن به حداکثر عملکرد، موجب کاهش شدید مواد آلی خاک و در نهایت کاهش کیفیت خاک می‌شوند (بایر و همکاران، ۲۰۰۱؛ مرابت، ۲۰۰۲). مناطق ایران اکثراً نیمه‌خشک هستند که از مواد آلی بسیار پایینی برخوردارند. اعمال سیستم خاک‌ورزی شدید به خصوص در دهه‌های اخیر سبب کاهش میزان ماده آلی، کاهش حاصلخیزی خاک، کاهش عملکرد و فرسایش آبی و بادی گردیده است (زارع، ۲۰۱۰). آلماراز و همکاران (۲۰۰۹) میزان انتشار کربن دی اکسید را در دو سیستم خاک‌ورزی رایج و بدون خاک‌ورزی مقایسه کردند و مشاهده کردند که میزان انتشار دی اکسید کربن در سیستم خاک-ورزی رایج به مراتب بالاتر از شرایط بدون خاک‌ورزی بود.

یکی دیگر از فعالیت‌های کشاورزی که سبب انتشار بیشتر دی اکسید کربن به اتمسفر می‌شود مصرف انواع کودهای شیمیایی است. بال و همکاران (۱۹۹۹) ملاحظه نمودند که با افزایش میزان کود مصرفی، انتشار گازهای گلخانه‌ای به اتمسفر بیشتر می‌شود.

انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از چرای دام هم از جمله عوامل مؤثر بر انتشار گازهای گلخانه‌ای به حساب می‌آید که بایستی تحت کنترل و مدیریت دقیق انجام گیرد تا از انتشار این گازها بکاهد. تغییر کاربری اراضی هم از مهم‌ترین عامل منابع کاهش محتوی کربن خاک محسوب می‌شود؛ بنابراین توصیه می‌شود که بعد از تغییر کاربری اراضی با افزودن نهاده‌های آلی، به جبران کربن هدررفته پرداخت (آی پی سی سی، ۲۰۰۰؛ ابوت و مورفی، ۲۰۰۷؛ شالپ و همکاران، ۲۰۰۸)؛ در نتیجه با اعمال مدیریت می‌توان خاک را به عنوان مخزنی برای ذخیره و یا منبعی برای تولید دی اکسید کربن

عمل آورد. اوسبورن و همکاران (۲۰۱۰) بیان داشتند که در بوم نظام‌های زراعی باید توجه ویژه به خاک داشت تا به جای منبعی برای دی اکسید کربن، به مخزنی برای ذخیره آن تبدیل شود و از این طریق غلظت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر کاهش داده شود؛ که این مهم تنها با کمک عملیات مدیریتی که میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را از خاک کاهش دهد و ورودی کربن به خاک را افزایش دهد، به عمل خواهد رسید.

۲-۵- اهمیت ماده آلی

قلب کشاورزی پایدار ماده آلی است. در کشاورزی پایدار تمرکز بر سیستمی انجام می‌گیرد که در آن تولید پایدار و اقتصادی باشد، به همین دلیل خاک بایستی از قابلیت لازم برای بروز کارکردهای خوب برخوردار باشد. خاک به عنوان بستر تولید، زمینه رسیدن به پایداری را فراهم می‌کند. در این بین ماده آلی به این کارکردها کمک معنی‌داری می‌کند. به عبارتی ماده آلی یکی از مهم‌ترین شاخص-های کیفیت خاک به شمار می‌آید (استونسون، ۱۹۹۴؛ آنون، ۱۹۸۲). در نتیجه مدیریت ماده آلی به خصوص در خاک مناطق خشک و نیمه‌خشک همچون کشور ایران از اهمیت خاصی برخوردار است.

از دلایلی که موجب شده ماده آلی جزء ضروری شود می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- منبع تأمین کربن آلی خاک است.
۲- ایجاد نگهدارنده و ثبات دهنده‌ی ذرات خاک به یکدیگر و در نتیجه کاهش فرسایش خاک
۳- کمک به رشد محصول به واسطه بهبود توانایی خاک در ذخیره و انتقال آب و هوا
۴- مانع از فشردگی خاک می‌شود (کاهش تراکم خاک)
۵- موجب ترسیب کربن می‌شود
۶- افزاینده مقاومت گیاه به بیماری‌های ریشه و برگ
۷- کاهنده سله و رواناب، افزایش نفوذپذیری خاک و ایجاد شرایط مناسب برای نفوذ ریشه
۸- افزاینده تنوع زیستی و بیوماس میکروبی خاک

۹- افزایش کارایی کودهای شیمیایی (یو اس دی آ، ۱۹۹۶ و ۲۰۰۳؛ کوپربند، ۲۰۰۳؛ داویس و ویلسون، ۲۰۰۵)

طبق گزارشات فائو، ۹۹/۷ درصد غذای انسان از محیط خاکی و ۰/۳ درصد آن از اکوسیستم‌های آبی به دست می‌آید. یکی از راه‌های افزایش عملکرد، بهبود خواص تغذیه‌ای و فیزیکی خاک مزارع با افزودن مواد آلی به خاک می‌باشد. مقدار ماده آلی در خاک‌های کشور به جز شمال کشور بسیار پایین است (کمتر از ۱٪) و با مقدار بهینه (۳٪) فاصله زیادی دارد (جدول ۱) که با این وضعیت ضرورت افزودن ماده آلی بیش از پیش احساس می‌شود.

جدول۲-۱: وضعیت کربن آلی خاک در برخی نقاط کشور

استان	کربن آلی (٪)
خوزستان	۰/۶۷
بوشهر	۰/۴۱
فارس	۰/۹۹
هرمزگان	۰/۳۹
زنجان	۰/۷۴
آذربایجان شرقی	۰/۸۶
مازندران	۱/۴۷

اقتباس از: (الفتی و همکاران، ۱۳۷۹؛ زوله، ۱۳۹۰؛ جمشیدی، ۱۳۹۱)

۲-۵-۱- اهمیت کربن آلی خاک

افزایش نگرانی‌ها در زمینه گرمایش جهانی و تغییر اقلیم موجب شده است که به خاک و توانایی آن در ترسیب کربن توجه ویژه شود (ورامش و همکاران، ۱۳۸۹). تغییر در کربن خاک می‌تواند اثرات قابل توجهی بر تغییر اقلیم گذارد (موندینی و همکاران، ۲۰۱۲). بیش‌ترین میزان کربن در ۳ متر بالایی خاک قرار دارد که از این مقدار ۵۴٪ آن در اولین متر از پروفیل خاک است و مابقی در لایه‌های پایین‌تر موجود می‌باشد (جوباگی و جکسون، ۲۰۰۰). خاک نقش مهمی در چرخه جهانی کربن ایفا می‌کند. ماده آلی خاک به وسیله فعالیت انواع میکروارگانیسم‌های موجود در آن تغییر می‌کند. به گفته وانگ و دیک (۲۰۰۴) میکروارگانیسم‌های خاکزی نقش کلیدی در چرخه زیست- زمین- شیمیایی، حفظ بوم نظام خاک و تولیدات کشاورزی دارند، به طوری که حفظ این میکروارگانیسم‌ها باعث حرکت در جهت رسیدن به اهداف کشاورزی پایدار و حفظ محیط‌زیست می‌شود. جزء مهمی از ماده آلی خاک کربن است. بالا بودن محتوای کربن خاک باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب، حفظ زیست توده کربنی و افزایش آن برای حفظ و فراهمی مواد غذایی به ویژه نیتروژن و کاهش آبشویی نیترات و ... می‌شود (فولت و همکاران، ۱۹۹۵).

کربن آلی خاک از ترکیبات پویایی است که تحولات درونی و تبادلات خارجی با اتمسفر دارد (زانگ وام سی گریس، ۲۰۰۴). پست و کوان (۲۰۰۰) بیان داشتند از آنجا که در بوم نظام‌های زراعی بیشتر بقایای گیاهی و یا هر نوع ماده آلی اضافه شده به خاک بیشتر با لایه‌ی سطحی خاک مخلوط می‌شوند، بنابراین در لایه‌ی سطحی میزان تجمع مواد آلی نسبت به اعماق پایین‌تر بیشتر است. افزودن بقایای گیاهی به خاک سبب افزایش میزان کربن خاک و فراهم آوردن مواد اولیه جهت رشد میکروارگانیسم-های خاکزی می‌شود (اگلی، ۱۹۹۱) و این بقایا اثرات مهمی بر جوامع میکروبی و فعالیت آن‌ها دارد (آلویر و همکاران، ۲۰۰۵). بدین ترتیب افزودن بقایای گیاهی به خاک می‌تواند به عنوان راهکاری مناسب جهت رفع محدودیت منابع کربنی خاک باشد و از طریق افزایش ماده آلی سبب افزایش رشد و فعالیت جمعیت میکروبی خاک شود (اگلی، ۱۹۹۱، برمر و همکاران، ۱۹۹۸) و خاک‌ورزی نیز نقش

مهمی بر فعالیت‌های جوامع میکروبی ایفا می‌کند (مارتنز، ۲۰۰۱)، همانطور که مارتنز (۲۰۰۱) بیان داشت که خاک‌ورزی حداقل تماس بقایای گیاهی با جوامع میکروبی خاک را کاهش می‌دهد و به تبع تجزیه بقایا را کاهش می‌دهد.

حدود ۱ تا ۵ درصد از بخش کربن آلی خاک را زیست توده میکروبی تشکیل داده است (هو و کائو، ۲۰۰۷). به طور کلی نتایج بررسی‌های زیادی نشان داده است که عملیاتی از جمله خاک‌ورزی، کوددهی، تناوب زراعی، افزودن بقایای گیاهی بر وضعیت انواع میکروارگانیسم‌های خاکزی مؤثر می-باشند (دنگ و طباطبائی، ۱۹۹۷؛ آجوا و همکاران، ۱۹۹۹).

۲-۶- عوامل مؤثر بر کاهش کربن و راهکارهایی جهت افزایش آن

کربن خاک تحت تأثیر درجه حرارت و بارندگی می‌باشد (جنی، ۱۹۸۰). نتایج برخی تحقیقات نشان داده است که افزایش درجه حرارت در صورت فراهمی رطوبت کافی در خاک، به دلیل افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های خاکزی باعث کاهش محتوی نیتروژن و ماده آلی خاک می‌شود (رسل و گالانتینی، ۱۹۹۸؛ لال، ۲۰۰۲). علاوه بر این احتمال دارد که فرسایش در برخی زمان‌ها سبب جابجایی کربن‌ها و تجمع آن‌ها در محل‌هایی شود که به دلیل شرایط اکسیداسیون اتلاف شوند (لال، ۱۹۹۵)، در نتیجه فرسایش خاک نقش مهمی را در کاهش ماده آلی خاک دارد و از عوامل کاهش ماده آلی به حساب می‌آید. مصرف نیتروژن به مقدار زیاد نیز از عوامل کاهش دهنده‌ی ماده آلی محسوب می‌شود زیرا نیتروژن زیادی باعث تشدید فعالیت میکروب‌ها، به خصوص وقتی که نسبت کربن به نیتروژن بالا باشد، می‌شود و در نتیجه سرعت تجزیه مواد آلی بیشتر می‌شود (یو اس آ دی،۱۹۹۶ و ۲۰۰۳). با کاهش مواد آلی جمعیت میکروبی خاک کاهش یافته و فعالیت زیستی آن‌ها کم می‌شود. تخریب و کاهش مواد آلی ناشی از شیوه‌های متفاوت مدیریت کشاورزی به عنوان مشکلی مهم شناخته شده است (گالبا، ۲۰۱۲). خصوصیات خاک دارای تغییراتی می‌باشند که تحت تأثیر خصوصیات ذاتی و غیر ذاتی می‌باشند که از جمله خصوصیات ذاتی مواد مادری تشکیل دهنده‌ی خاک و خصوصیات

غیرذاتی آن عملیات مدیریتی خاک، کوددهی و ... می‌توان نام برد (کوئین و زانگ، ۲۰۰۲؛ گادوین و میلر، ۲۰۰۳). کربن آلی خاک نقش مرکزی در بسیاری از خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک دارد. خاک‌هایی که میزان کربن آلی بالاتری دارند از انعطاف بیشتری در مقابل تنش‌ها (مثلاً تنش خشکی) نسبت به خاکی با کربن کمتر برخوردارند و آسان‌تر قابل بازیابی هستند (پترسون، ۲۰۱۱). مواد آلی با تجزیه تدریجی در خاک، موجب تولید انواع متابولیت‌ها و اسیدهای آلی در خاک شده که با افزایش فشار جزئی گاز دی اکسید کربن، باعث افزایش حلالیت بیشتر ترکیبات معدنی کلسیم دار در خاک می‌شوند و نتیجه آن افزایش هم‌آوری ذرات رس، پایداری خاکدانه و افزایش خاکدانه‌های بزرگتر است (بارال، ۲۰۰۷).

بافت خاک هم از جمله عواملی است که در میزان ماده آلی خاک تأثیر بسزایی دارد، همانطور که لیوگاتو و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد که حفظ ماده آلی در خاک رسی بالاتر از خاک شنی است. عامل دیگری که بر میزان ماده آلی مؤثر است خاک‌ورزی است، همانطور که هاسینک (۱۹۹۶) بیان کرده است فعالیت‌های بیولوژیکی خاک تعیین کننده میزان کربن خاک می‌باشد، کاهش عملیات خاک‌ورزی باعث بهبود دانه بندی خاکدانه‌ها و کاهش تلفات ماده آلی می‌شود، در نتیجه محتوی کربن آلی خاک را افزایش می‌دهد (کارتر، ۱۹۹۲). استفاده از راهکارهای مدیریتی مناسب قادر است علاوه بر اینکه از افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای به اتمسفر جلوگیری می‌کند، سبب کاهش غلظت آنها نیز می‌شود که در نهایت باعث بهبود کیفیت هوا خواهد شد (جنزن و همکاران، ۱۹۹۹) و بکارگیری این مدیریت‌ها به دلیل اهمیت بالای کربن در خاک می‌باشد، لذا چنین به نظر می‌رسد که از طرفی برای حاصلخیزی خاک و عملکرد بالا و از طرفی به عنوان راهکاری مناسب در جهت کاهش غلظت دی اکسید کربن در اتمسفر توجه ویژه به خاک و تلاش برای حفظ و بهبود محتوای کربن آن امری ضروری به حساب می‌آید.

از جمله عواملی که سبب افزایش محتوای کربنی خاک می‌شوند عبارتند از کم خاک‌ورزی، جنگل زراعی، مدیریت اراضی زراعی، کشاورزی کم نهاده، گیاهان پوششی و کود سبز، افزایش تنوع زیستی، مدیریت مصرف کودهای آلی، مدیریت رطوبت خاک. دلایل زیادی وجود دارد که نشان می‌دهد خاک-ورزی موجب کاهش ماده آلی خاک می‌شود، اقداماتی مانند کم خاک‌ورزی و بی خاک‌ورزی موجب افزایش ماده آلی خاک می‌شود، این عملیات از اکسیداسیون بیشتر مواد آلی جلوگیری می‌کند (سنانایاک، ۲۰۰۹). استاینبروک و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند به وسیله جنگل زراعی نه تنها از قطع درختان جنگل که نقش بسزایی در تثبیت کربن دارند، جلوگیری می‌شود بلکه در مناطق معتدل به میزان ۱۰ درصد و در مناطق گرمسیری ۱۶ درصد به مقدار ترسیب کربن افزوده می‌شود. مدیریت مناسب خاک و گیاه نیز می‌تواند موجب بهبود ذخیره کربن خاک شود. برخی عملیات زراعی سبب افزایش محتوی کربن خاک و بعضی سبب کاهش آن می‌شود. پوشاندن سطح خاک با مالچ و بقایای گیاهی جهت کنترل فرسایش خاک که موجب بهبود کربن گیری می‌شود، از جمله روش‌هایی است که افزایش کربن خاک را سبب می‌شود. انواع کود آلی همچون کود دامی و کمپوست هم در افزایش ذخیره کربن آلی خاک نقش بسزایی دارند.

۲-۷- خاک‌ورزی و اثر آن بر مواد آلی

همان طور که قبلاً بیان شد اکثر محققین بر این امر اتفاق نظر دارند که مهم‌ترین عامل تولید دی اکسید کربن در بوم نظام‌های زراعی و کاهش کربن آلی خاک، عملیات خاک‌ورزی فشرده و تغییر کاربری اراضی است. واتس و همکاران (۲۰۰۰) بر اساس نتایج تحقیقات و بررسی‌های خود بیان کردند که هر چه شدت انرژی‌ای که از طریق خاک‌ورزی به خاک وارد می‌شود بیشتر باشد، سرعت تجزیه ماده آلی و بقایای گیاهی موجود روی خاک افزایش می‌یابد. با افزایش سرعت تجزیه بقایای گیاهی و مواد آلی خاک، زمان ذخیره کربن در خاک نیز کاهش می‌یابد (سالیناس گارسیا، ۱۹۹۷). آلماراز و همکاران (۲۰۰۹) طی بررسی‌های خود مشاهده کردند که در خاک‌ورزی حفاظتی نسبت بالای کربن

به نیتروژن خاک تا حدودی سبب غیر متحرک شدن نیتروژن و کاهش تلفات آن می‌گردد که از این طریق می‌تواند بر کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز مؤثر باشد. شخم از طریق قرار دادن ماده آلی در معرض هوا باعث تجزیه زودتر این مواد و در نتیجه آزادسازی دی اکسید کربن به اتمسفر شده و در نهایت کربن آلی خاک را کاهش می‌دهد. بر همین اساس نتایج نشان داده است که بوم نظام‌های کشاورزی قادر به جذب ۹۰ درصد کربن اتمسفر هستند (لین و همکاران، ۱۹۹۷). در سیستم‌های شخم حفاظتی به‌دلیل تردد کمتر ماشین آلات مقدار کربن خروجی به اتمسفر در اثر مصرف سوخت-های فسیلی کاهش یافته و علاوه بر این، افزایش میزان رطوبت در این سیستم‌ها به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌تواند باعث افزایش زیست‌توده تولیدی گیاه شود. کم‌خاک‌ورزی از طریق جلوگیری از فرسایش نیز می‌تواند به حفظ ذخیره‌ی کربنی خاک کمک نماید (لیندستروم و همکاران، ۱۹۹۸؛ هاچینسون و همکاران، ۲۰۰۷؛ برومند رضازاده، ۱۳۹۲). تحقیقات نشان داده است که اگر مدیریت خاک از خاک‌ورزی متداول به سمت خاک‌ورزی حفاظتی حرکت کند، ذخیره تجمعی کربن کره زمین به ۴۹۰۰-۱۵۰۰ میلیون تن متریک کربن تا سال ۲۰۲۰ میلادی افزایش می‌یابد (لال، ۱۹۹۷). اعمال مدیریت بدون شخم باعث افزایش محتوی رطوبتی خاک به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک می‌شود و به دلیل محتوی رطوبتی بالاتر، سرعت تجزیه کربن خاک افزایش می‌یابد (کمبل و همکاران، ۱۹۸۶). درویت و همکاران (۲۰۰۹) میزان دی اکسید کربن انتشار یافته در نظام-های خاک‌ورزی فشرده و بدون عملیات خاک‌ورزی را در دو فصل بهار و پاییز بررسی کردند و ملاحظه نمودند که میزان دی اکسید کربن انتشار یافته در نظام خاک‌ورزی فشرده و بدون خاک‌ورزی به ترتیب ۲۲ و صفر درصد در بهار و ۵۷ و ۲۵ درصد در پاییز بود. از این رو می‌توان نتیجه گرفت که تأثیر عملیات خاک‌ورزی به محتوی کربن خاک به میزان زیادی به شرایط آب و هوایی و سایر عملیات زراعی وابسته می‌باشد. وست و پست (۲۰۰۲) ملاحظه نمودند که عملیات بدون خاک‌ورزی روند افزایش کربن آلی خاک را تا ۵۷۰ کیلوگرم در هکتار در سال افزایش داد. در مطالعه‌ای دیگر افزایش محتوی کربن آلی خاک در صورت اعمال مدیریت بدون خاک‌ورزی از طریق کاهش فرسایش و عدم

حذف لایه‌های سطحی خاک، در مناطق خشک و نیمه خشک توجیه شد (انجرز و همکاران، ۱۹۹۷). نظام بدون خاک‌ورزی لایه‌ی سطحی خاک را حفظ می‌کند که این لایه حاوی خاکدانه های غنی از ماده آلی بوده و باعث حفاظت اجزای بیولوژیکی خاک می‌شوند (پترز و همکاران، ۱۹۹۷). خاک‌ورزی حفاظتی به عنوان عملی کلیدی برای افزایش پایداری خاک است و می‌توان بهره‌گیری از آن برای حفظ و بهبود سلامت خاک را ضروری دانست. پتانسیل ترسیب کربن در خاک‌هایی که تحت نظام بدون عملیات خاک‌ورزی هستند بیشتر است که این ناشی از کاهش ورود اکسیژن به درون خاک و به تبع آن کاهش تجزیه محتوی کربن می‌باشد (دران، ۱۹۸۰). خاک‌ورزی فشرده خاک را در معرض نور مستقیم خورشید قرار می‌دهد و لذا سرعت تجزیه مواد آلی را افزایش می‌دهد و در نهایت با افزایش فعالیت میکروبی خاک انتشار دی اکسید کربن از خاک به اتمسفر افزایش می‌یابد (اسمیت و همکاران، ۲۰۰۰).

تخمین برآورد شده توسط کرن و جانسون (۱۹۹۱) نشان می‌دهد که تغییر مدیریت از سامانه خاک‌ورزی به سامانه بی‌خاک‌ورزی موجب افزایش کربن گیری در ۸ سانتی تر اول خاک شده است. در بررسی دیگری نتایج ۱۷ آزمایش مربوط به خاک‌ورزی در اروپا توسط اسمیت و همکاران (۱۹۹۸) منتشر شد و نتایج نشان داد زمانی که سامانه خاک‌ورزی مرسوم به سوی سامانه بی خاک‌ورزی گرایش می‌یابد، میزان کربن آلی خاک در محدوده ۰/۲۹±۰/۷۲درصد در سال افزایش یا کاهش می‌یابد. کشت ذرت در برزیل تحت مدیریت بی خاک‌ورزی و خاک‌ورزی رایج مورد بررسی قرار گرفت. جدول (۱) تأثیر مثبت بی خاک‌ورزی در افزایش محتوی کربن آلی خاک را در مقایسه با خاک‌ورزی رایج بعد از گذشت ۲۰ سال از کشت ذرت نشان می‌دهد.

جدول ۲-۱: تأثیر بی‌خاک‌ورزی در افزایش محتوی کربن آلی بعد از گذشت ۲۰ سال از کشت ذرت

درصد مواد آلی در بی‌خاک‌ورزی	درصد مواد آلی در خاک‌ورزی رایج
۴/۱	۲/۴
۴/۹۳	۲/۵۳
۴/۲۸	۲/۴۵
۵/۴	۲/۷۳

اکثر تحقیقات انجام گرفته در مناطق نیمه خشک جهان نشان داده است که افزایش عملکرد غلات بخصوص گندم با اعمال خاک‌ورزی کاهش یافته در بلند مدت اتفاق می‌افتد و در سالهای اولیه تفاوت معنی داری با خاک‌ورزی متداول نمی‌باشد و همچنین تحقیقات که عملکرد غلات بخصوص گندم در سالهای اولیه استفاده از بی‌خاک‌ورزی و خاکورزی کاهش یافته کمتر از زمان استفاده از خاک‌ورزی رایج بوده هرچند بازده اقتصادی ناشی از کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی کاهش عملکرد را جبران کرده‌است (زارع، ۲۰۱۰).

روش‌های مختلف خاک‌ورزی از طریق تأثیر بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بر استقرار گیاه، رشد ریشه و اندام‌های هوایی و در نهایت عملکرد محصول تأثیر می‌گذارد (کاسل و همکاران، ۱۹۸۲). خاک‌ورزی حفاظتی (کم خاک‌ورزی یا بی خاک‌ورزی) تنها یک مفهوم نیست بلکه مجموعه ای از عملیات زراعی است که برای حفظ منابع آب و خاک، تأمین درآمد اقتصادی کشاورز، کاهش تخریب خاک و محیط زیست و حفظ منابع می‌باشد. خاک‌ورزی حفاظتی به خصوص روش بی خاک-ورزی از مهم‌ترین فعالیت‌های کشاورزی برای کاهش هدر رفت کربن و افزایش ترسیب کربن به حساب می‌آید (سیکس و همکاران، ۲۰۰۰؛ گال و کمباردلا، ۲۰۰۰). کاهش هم زدن خاک و فرسایش توسط کاهش شدت خاک‌ورزی موجب کاهش اتلاف کربن می‌شود (مک کارل و همکاران، ۲۰۰۷). در بررسی اثرات خاک‌ورزی و بقایای گیاهی بر ترسیب کربن خاک در اوهیو نشان داد که میزان ترسیب در

سیستم بی خاک‌ورزی (۱۵/۵۳ تن در هکتار در سال) بیشتر از سیستم خاک‌ورزی رایج (۱۲/۲۲ تن در هکتار در سال) می‌باشد (دویکر و لال، ۱۹۹۹). در سیستم خاک‌ورزی رایج با حداکثر استفاده از ادوات خاک‌ورزی مثل گاوآهن برگردان‌دار و دیسک، طی چند مرحله باعث بهم خوردن ساختمان طبیعی خاک می‌شود. سیستم خاک‌ورزی حفاظتی فرسایش خاک و رواناب را کاهش و نفوذ آب را افزایش می‌دهد (کاویگلی و همکاران، ۱۹۹۸). همچنین کربن آلی خاک افزایش می‌یابد و افزایش کربن سبب بهبود ظرفیت نگهداری آب و مواد غذایی و حفظ ساختمان خاک می‌شود (تیسدال و ادس، ۱۹۸۲). همچنین سیستم خاک‌ورزی حفاظتی نسبت به خاک‌ورزی رایج باعث افزایش کربن آلی خاک و نیتروژن می‌شود (میخا و رایس، ۲۰۰۴). شخم مکرر مواد آلی و بازدهی خاک را کاهش می-دهد، آسیب به ساختمان خاک و دمای خاک را افزایش می‌دهد. افزایش دما اثرات منفی روی ریشه گیاه و رطوبت خاک دارد که در نهایت موجب کاهش عملکرد می‌شود (درپسچت و همکاران، ۲۰۰۰).

۲-۸- ورمی‌کمپوست

در بسیاری از نظام‌های کشاورزی پایدار جهت حفظ و بهبودی حاصلخیزی خاک و کیفیت آن از کودهای آلی و کمپوست استفاده می‌شود. اخیرا فرآیند تولید کمپوست با استفاده از کرم‌های خاکی کمپوست کننده برای تهیه کمپوست، به عنوان راهکاری ساده و حامی طبیعت برای به دست آوردن کودهای آلی از مواد زاید، بسیار مورد توجه قرار گرفته است (کلودیو و همکاران، ۲۰۰۹). ورمی کمپوست به کود حاصل از هضم ضایعات آلی، از قبیل لجن فاضلاب و کود دامی توسط برخی از کرم-های خاکی گویند (گونادی و همکاران، ۲۰۰۲). از خصوصیات ورمی کمپوست قدرت بالای جذب و نگهداری آب و عناصر غذایی است و همچنین بهبود دهنده تخلخل، تهویه و زهکش خاک می‌باشد و استفاده از آن در سیستم کشاورزی پایدار علاوه بر اینکه جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک را افزایش می‌دهد، در جهت فراهم آوردن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول عمل می‌کند و باعث بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌شود (پادماواتیاما و

همکاران، ۲۰۰۸؛ آرانسون، ۲۰۰۴). کمپوست به بهتر شدن پایداری خاکدانه‌ها و کاهش فرسایش خاک کمک می‌کند و تخلخل خاک و ظرفیت نگهداری آب خاک را افزایش می‌دهد و از تغییر اسیدیته خاک جلوگیری می‌کند (مامو و همکاران، ۱۹۹۸؛ ماتوس و آروندا؛ ۲۰۰۳). آرانسون و همکاران (۲۰۰۳) طبق بررسی‌های خود بیان کردند که ورمی کمپوست از طریق افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه به ویژه نیتروژن می‌تواند منجر به افزایش عملکرد و رشد گیاهان زراعی شود. تحقیقاتی نشان داده که استفاده تلفیقی از کودهای شیمیایی و آلی همچون کود دامی، ورمی کمپوست و کودهای زیستی نه تنها باعث حفظ حاصلخیزی خاک و فعالیت زیستی آنها می‌شود بلکه منجر به بهبود خواص فیزیکی خاک هم می‌شود (فارکوهارسون و همکاران، ۲۰۰۳). در برخی خاک‌ها به دلیل مصرف مداوم و بیش از حد کودهای شیمیایی خاک از نظر ماده آلی فقیر شده و کاربرد مواد آلی مانند کمپوست می‌تواند موجب افزایش حاصلخیزی خاک شود. کاربرد کودهای آلی موجب افزایش عملکرد دانه گندم و بهبود پایداری خاکدانه و کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک شد (ردریگوس و همکاران، ۱۹۹۶). کاربرد منابع و نهاده‌ها از اصول کشاورزی پایدار است که بهره‌وری زراعی را افزایش می‌دهدو خطرات زیست محیطی را به حداقل ممکن می‌رساند (کیزیاکایا، ۲۰۰۸). بنابراین استفاده از منابع قابل تجدید به همراه کاربرد بهینه از مواد معدنی، نقش مهمی در حفظ حاصلخیزی و ساختمان خاک ایفا می‌کند. مواد آلی به علت اثرات سازنده‌ای که بر خصوصیات فیزیکی‌ـشیمیایی و حاصلخیزی و کیفیت خاک دارند به عنوان یکی از ارکان مهم باروری خاک شناخته شده‌اند (ریگی و رونقی، ۱۳۸۲). در مناطق گرم و خشکی همچون کشور ایران نه تنها برگشت مواد آلی به خاک کم است بلکه بخاطر فعالیت شدید میکروارگانیسم‌ها، تجزیه نیز به سرعت انجام می‌گیرد. مقدار ماده آلی در بیش از ۶۰٪ خاک‌های زیر کشت در کشور ایران از ۱٪ هم کمتر است و متأسفانه در بخش قابل توجهی از آن حتی از ۰/۵٪ هم کمتر است (خوگر و همکاران، ۱۳۷۹). بسیاری از دانشمندان و محققین مصرف توأم کودهای آلی و شیمیایی را توصیه کرده‌اند و بیان کردند که مصرف توأم آنها نتیجه بهتری در مقایسه

با کاربرد هر کدام از آنها به تنهایی دارد. آنها دلیل این امر را قابل استفاده نبودن برخی عناصر غذایی در برخی از ترکیبات آلی در کمپوست، ورمی کمپوست و دامی می‌دانند (آلیسون، ۱۹۷۳).

فرچنا و همکاران (۲۰۰۳) تأثیر کمپوست و کود شیمیایی را بر مخازن کربن بررسی کردند و مشاهده کردند که استفاده از کمپوست طی ۶ سال متوالی باعث بهبود مخازن کربن آلی خاک به میزان بیشتری در مقایسه با کود شیمیایی شد. همچنین نسبت $\frac{C}{N}$ در شرایط استفاده از کمپوست به مراتب بالاتر از شرایط مصرف کود شیمیایی بود. افزوده شدن کربن آلی و انواع نهاده‌های کربنی به خاک از طرفی باعث بهتر شدن برخی ویژگی‌ها از جمله جذب مواد غذایی و حفظ رطوبت شده و از طرفی به دلیل فرآیند ترسیب می‌تواند اثرات زیانبار ناشی از تغییر اقلیم را کاهش دهد و سبب افزایش بهره‌وری زمین و عملکرد می‌شود و در نهایت از تخریب خاک جلوگیری می‌شود (وومر و همکاران، ۱۹۹۴).

۲-۹- کود شیمیایی NPK

کودها به طور کلی به عنوان مکمل غذایی و حاصلخیز کننده خاک به کار می‌روند. از آنجا که منابع تأمین کننده ماده آلی در ایران محدود است و عناصر غذایی موجود در آنها از توازن خاصی برخوردار نیست مثلا معمولا نیتروژن و فسفر قابل استفاده مواد آلی کم و پتاسیم آن زیاد است بنابراین لازم است مقداری کود شیمیایی نیتروژن دار و یا فسفر دار به آن اضافه گرد (سالار دینی، ۱۳۷۴). اما مصرف بیش از حد کودهای معدنی نیتروژن دار، باعث اتلاف ازت از طریق آب شویی و انتقال آن به منابع آبهای زیرزمینی و به طبع آن موجب آلودگی آب می شود و هم چنین تصعید شدن آن موجب آلودگی هوا می شود و سرعت تجزیه ماده آلی خاک را هم افزایش می دهد که این باعث آزاد شدن دی اکسید کربن و گرم شدن اقلیم می شود (اسپارلنگ و همکاران، ۲۰۰۶). بنابراین کاربرد توام کودهای شیمیایی با مواد آلی میتواند به عنوان سیستم مدیریتی صحیح به حساب آید که علاوه بر جلوگیری از مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی و اثرات زیان بار آن، توازن تغذیه ای در گیاه و

عملکرد را بهبود می بخشد. با وجود ضرورت تامین عناصر غذایی خاک و گیاه زراعی، فراهم کردن عناصر غذایی باید به شکلی باشد که ضمن تامین عناصر غذایی، از اتلاف منابع و آلودگی آنها جلوگیری شود. برخی بررسی ها نشان داده که تا دو سوم نیتروژن معدنی مصرف شده در سیستم های کشاورزی از طریق آبشویی، تصعید، رواناب و فرسایش تلف می شود (بیسواس و همکاران، ۲۰۰۸). این آلودگی ها و اتلاف منابع در نهایت سبب انتشار و افزایش دی اکسید کربن و اتمسفر میشود و هم چنین آبهای زیرزمینی به نیترات آلوده می شود (رجسوس و هورن بکر، ۱۹۹۹) و کارایی اقتصادی سیستم های کشاورزی کاهش پیدا می کند. همانطور که تحقیقات انجام شده توسط کیانی صدر و برنا (۲۰۰۸) نشان داده است کاربرد مستمر کودهای معدنی فسفات سبب افزایش کادمیوم در خاکهای کشاورزی شده است.

۲-۱۰- گیاه زراعی ذرت

۲-۱۰-۱- تاریخچه و اهمیت گیاه زراعی ذرت

ذرت با نام علمی *Zea mays* یکی از با ارزش‌ترین گیاهان زراعی است که تنوع، سازگاری بالا و ارزش غذایی فراوان آن را در زمره‌ی مهم‌ترین گیاهان زراعی جهان قرار داده است (نور محمدی و همکاران، ۱۳۷۶). این گیاه به عنوان نیرومندترین گیاه زراعی و بزرگترین وسیله جذب و ذخیره انرژی آزاد موجود در زمین به حساب می‌آید و این گیاه قادر است بالاترین عملکرد در واحد سطح را نسبت به آب مصرفی خود داشته باشد (سیده‌وند و همکاران، ۱۳۷۹). سهم ذرت در تأمین غذای انسان ۲۵-۲۰ درصد، خوراک دام و طیور ۷۵-۶۰ درصد و به عنوان ماده اولیه جهت فرآورده‌های صنعتی ۵ درصد می‌باشد (وزارت کشاورزی، برنامه پنج‌ساله، ۱۳۷۲-۱۳۶۸). این گیاه به دلیل داشتن مواد قندی و نشاسته فراوان و عملکرد دانه‌ای و علوفه‌ای بالا، یکی از مهم‌ترین نباتات علوفه‌ای جهت تولید دانه به شمار می‌آید. قسمت اعظم ذرت تولید شده صرف تغذیه دام می‌شود که به دلیل پایین بودن درصد فیبر آن و بالا بودن کربوهیدرات و روغن، از خوش خوراک‌ترین گیاهان علوفه‌ای به شمار می‌آید

(کوچکی، ۱۳۶۶). ذرت از پرمحصول‌ترین غلات به شمار می‌آید و از لحاظ مقدار کل تولید بعد از گندم و برنج، سومین گیاه زراعی مهم دنیاست (کاظمی، ۱۳۷۴؛ دلووِیت و همکاران، ۱۹۸۴). از گیاهان بومی آمریکای مرکزی و جنوبی است (خدابنده، ۱۳۷۲). کشت ذرت از قرن‌ها پیش در آمریکا رایج و تا کشف آمریکا (۱۴۹۲ میلادی) در سایر مناطق وجود نداشت و پس از آن به سایر کشورها برده شد. تا قبل از سال ۱۴۹۲ میلادی ذرت در اروپا، آفریقا و اسپانیا ناشناخته بود تا اینکه شخصی بنام کلمب در اولین مسافرت خود به آمریکا در نوامبر سال ۱۴۹۲ میلادی ذرت را در حوالی کوبا مشاهده کرد و دریافت که ذرت، رایج‌ترین گیاه آن قاره است و نام آن از قبیله سرخ‌پوستان منشاء گرفته است (تاج‌بخش، ۱۳۷۵). ذرت یکی از با ارزش‌ترین گیاهان زراعی و به عنوان سلطان غلات معروف است و تولید آن در جهان بعد از گندم و برنج می‌باشد و سالانه بیش از ۱۲۰ میلیون هکتار از اراضی زراعتی جهان به کشت ذرت اختصاص دارد که حدود نیمی از آن در آمریکا کشت می‌شود. دانه آن به مصرف خوراک دام و انسان و علوفه سبز آن نیز به صورت تازه و سیلو شده یکی از بهترین غذاهای دامی است (زند و لعلی نیا، ۱۳۸۹).

۲-۱۰-۲- ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴

زمان لازم برای کشت تا برداشت این هیبرید ۱۳۵ تا ۱۴۰ روز است. یکی از جدیدترین و بهترین هیبریدهایی است که یوگسلاوی به دست آمده و بیشتر به صورت دانه‌ای مورد مصرف قرار می‌گیرد. میانگین عملکرد آن ۹-۶ تن دانه به دست می‌آید و در صورتی که برای علوفه کشت شود، میانگین عملکرد آن حدود ۸۰-۷۰ تن در هکتار است. میانگین ارتفاع آن ۱۸۵ سانتی‌متر است و طول بلال آن ۲۵-۱۵ سانتی‌متر، ردیف دانه‌ها ۱۴ تا ۱۶ ردیف و رنگ چوب آن قرمز روشن است. دانه‌ها فرم دندان اسبی داشته و رنگ دانه آن زرد روشن و وزن هزار دانه آن حدود ۳۷۰ گرم است. به خشکی نسبتا مقاوم است. این هیبرید برای اکثر نقاط کشور ایران به جز مناطق سرد و کوهستانی قابل تصیه است و میزان بذر لازم برای کشت ۱۸ تا ۲۰ کیلوگرم در هکتار است (رستگار، ۱۳۸۴).

۲-۱۰-۳- اکولوژی ذرت

ذرت گیاهی یکساله و گرمادوست است. بهترین سازگاری را در مناطقی دارد که برای ۳ تا ۴ ماه متوالی میانگین دمای هوا ۲۱ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد باشد. تا زمانی که دمای خاک به ۱۳ درجه سانتی‌گرادبرسد به تأخیر می‌افتد (چاپمن، ۱۹۸۹).برای جوانه‌زنی و رشد به دمای ۳۰-۲۶ درجه سانتی‌گراد نیاز دارند. دامنه سازگاری ذرت وسیع می‌باشد اما از آنجا که گیاهی ۴ کربنه است، به نور کافی در دوران رشد نیاز دارد. به همین جهت نواحی با بارندگی تابستانه زیاد و آسمان ابری برای آن مناسب نیست (خواجه پور، ۱۳۸۰).

فصل سوم

مواد

و

روش

۳-۱- زمان، موقعیت جغرافیایی و مشخصات آب و هوایی محل اجرای پروژه

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی شاهرود در شهر بسطام واقع در ۸ کیلومتری شمال شرقی شاهرود به اجرا درآمد. از لحاظ موقعیت جغرافیایی شهرستان شاهرود در طول شمالی ۵۴ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی و عرض ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی دارای اقلیم سرد و خشک می‌باشد. ارتفاع شهرستان شاهرود از سطح دریا ۱۳۶۷ متر و ارتفاع محل اجرای آزمایش ۱۳۴۹ متر است. میانگین سالانه دما در این منطقه ۱۴/۴ درجه سانتی‌گراد، میانگین بارندگی ۱۶۰ میلی‌متر در سال و رطوبت نسبی ۶۳ درصد می‌باشد.

۳-۲- خصوصیات خاک مزرعه

پیش از اجرای آزمایش وعملیات آماده سازی زمین جهت تعیین بافت و عناصر مصرفی خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری از خاک محل کشت نمونه برداری شد. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در جدول پیوست (۱) نشان داده شده است.

۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی و تیمارهای آزمایش

آزمایش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ فاکتور و ۳ تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی شامل خاک‌ورزی به عنوان فاکتور اصلی در دو سطح عمیق (برگردان-دار) و نیمه عمیق (چیزل)، کود شیمیایی (اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم، میزان عرف منطقه هر کدام به‌ترتیب: ۲۵۰ و ۱۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) در سه سطح شاهد (۲۵٪ عرف منطقه به کل زمین اعمال شد و به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد)، عرف منطقه و ۵۰ درصد عرف منطقه به عنوان فاکتور فرعی و کود آلی ورمی‌کمپوست نیز در سه سطح شاهد، ۵ تن در هکتار و ۱۰ تن در هکتار به عنوان دومین فاکتور فرعی بود.

۳-۴- عملیات کشاورزی

۳-۴-۱- آماده سازی زمین

آماده سازی زمین در بهار سال ۱۳۹۴ انجام شد و شخم عمیق توسط گاوآهن برگردان‌دار و نیمه عمیق توسط چیزل طبق نقشه کشت اعمال گردید. جوی و پشته ها توسط فاروئر مشخص شد. در کرت‌های با تیمار ورمی کمپوست و کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل (عرف منطقه: ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و سولفات پتاسیم (عرف منطقه: ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) به طور کامل با خاک مخلوط شدند. کود اوره نیز در ۳ مرحله رویشی گیاه (۴ برگی، تاسل‌دهی و پس از تاسل‌دهی) به خاک اضافه گردید. مساحت کل مزرعه ۱۱۳۴ متر مربع بود. هر تکرار شامل ۱۸ کرت و هر کرت شامل ۵ خطوط کاشت با فاصله ۷۰ سانتی متر و به طول ۷ متر و مساحت هر کرت ۲۱ متر مربع در نظر گرفته شده بود. فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی متر بود و فاصله بین کرت‌ها با یک خط نکاشت مشخص گردید.

۳-۴-۲- کاشت

عملیات کاشت ذرت (رقم سینگل کراس ۷۰۴) به شیوه‌ی دستی در نیمه اول خرداد ۱۳۹۴، روی ۵ ردیف ۷ متری با فاصله بین ردیف ۷۰ سانتی متر و فاصله روی ردیف ۲۰سانتی‌متر انجام شد.

۳-۴-۳- داشت

اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت انجام گرفت و آبیاری‌های بعدی به فاصله هر ۷ روز یکبار به شیوه نشتی و به طور یکسان در تمامی تیمارها انجام گرفت. به منظور رسیدن به تراکم مناسب بوته در متر مربع، در مرحله ۸-۶ برگی اقدام به تنک و وجین علف‌های هرز گردید. مبارزه با علف‌های هرز به صورت وجین دستی انجام گرفت. همزمان با رشد گیاه کود نیتروژن در ۳ مرحله رویشی گیاه اعمال شد، اولین بار در مرحله ۴ برگی گیاه انجام گرفت و به هر کرت تیمار مخصوص خود طبق نقشه کشت اعمال گردید و بار دوم در مرحله تاسل‌دهی و بار سوم در مرحله پس از تاسل‌دهی انجام گرفت.

۳-۴-۴- برداشت

در ۱۱ آبان ۹۴، با زرد شدن بوته‌ها در مرحله رسیدگی کامل، اقدام به برداشت تمام زیست توده‌ی اندام هوایی ذرت شد و ۵ بوته جهت محاسبه عملکرد برداشت شد.

۳-۵- عملکرد و اجزای عملکرد

به منظور مطالعه و بررسی برخی خصوصیات رشدی گیاه ذرت همچون سطح برگ و میزان تجمع ماده خشک، طی فصل رشد ۵ مرحله نمونه برداری صورت گرفت. نمونه برداری اول در ۱۱ مرداد ۹۴ انجام شد و پس از آن نمونه برداری به فاصله ۱۴ روز یکبار تا پایان فصل رشد و از سطحی معادل دو بوته ادامه داشت. در هر نمونه برداری از هر کرت آزمایشی، تعداد ۲ بوته از ۳ خط کاشت وسط با احتساب نیم متر حاشیه از ابتدا و انتها و دو خط کاشت اول و پنجم، به طور تصادفی انتخاب شدند و به منظور تعیین عملکرد نهایی بر حسب تن در هکتار، ۵ بوته برداشت شد. سپس برگ و ساقه ها به طور مجزا در آون با دمای ۷۵ درجه سلسیوس خشک و به ترتیب توسط ترازوی حساس با دقت ۰/۰۰۱ و ۰/۰۱ وزن شدند. نمونه برداری از خاک خشک و مرطوب نیز در مرحله خمیری شدن بلال انجام شد.

۳-۶- اندازه‌گیری کلروفیل

جهت اندازه گیری کلروفیل a، b، کاروتنوئید و کل در ۲۵ مرداد سال ۹۴ نمونه گیری از برگ سبز انجام شد و اندازه‌گیری با استفاده از روش هیسوکس و ایسریلستام (۱۹۷۹) و بدون لهیدگی صورت گرفت. به این طریق که نمونه‌های برگی (۰/۱گرم) در ۵ میلی‌لیتر از دی متیل سولفوکسید، در دمای ۶۵ درجه و به مدت ۴ ساعت قرار داده شدند. سپس با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Jenway 6305 ساخت کشور آلمان، کلروفیل اندازه‌گیری گردید. میزان جذب در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵، ۴۷۰ نانومتر ثبت گردید. سپس با استفاده از روابط موجود میزان کلروفیل a، b، کاروتنوئید و کل محاسبه گردید.

$$Cl_{a\ (\mu g/ml)} = (12.25\ A_{663}) - (2.55\ A_{645}) \quad (۱-۳)$$

$$Cl_{b\ (\mu g/ml)} = (20.31\ A_{645}) - (4.91\ A_{663}) \quad (۲-۳)$$

$$Carotenoids_{\ (\mu g/ml)} = (1000\ A470 - 1.90\ cl_a - 63.14\ cl_b) / 214 \quad (۳-۳)$$

پس از جایگزین کردن داده‌ها در روابط بالا، اعداد بدست آمده در v/w × 1000 ضرب گردید تا اعداد بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر به دست آیند. V حجم محلول کلروفیلی بر حسب میلی لیتر و W وزن تر برگ بر حسب گرم می‌باشد.

کلروفیل کل نیز از رابطه ذیل به دست می‌آید.

$$Cl_t=ch_a+cl_b \quad (۴-۳)$$

۳-۷- اندازه‌گیری پروتئین دانه ذرت به روش کجلدال

برای اندازه‌گیری میزان پروتئین دانه ابتدا میزان نیتروژن موجود در دانه اندازه‌گیری شد و با استفاده از فرمول پروتئین دانه اندازه‌گیری شد. مقدار نیتروژن موجود در نمونه‌های مورد آزمایش با استفاده از دستگاه کجلدال نیمه اتوماتیک مدل Vapodest 45S ساخت شرکت Gerhand کشور آلمان انجام شد. این دستگاه از دو بخش هضم و تقطیر تشکیل شده است. بخش هضم در این مدل شامل ۱۲ لوله است. برای انجام هضم نمونه‌ها، ۰/۵ گرم از نمونه خشک و پودر شده را با ۷ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ (۹۶٪) و ۱/۱ گرم کاتالیزور (مخلوطی از ۱۰۰ گرم سولفات پتاسیم و ۱۰ گرم سولفات مس و ۱ گرم سلنیوم (برای ۱۰۰ نمونه) در لوله‌ها ریخته و در جایگاهشان در دستگاه هضم قرار داده شد. درجه دستگاه ابتدا روی ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم گردید و سپس دما به ۳۰۰ درجه

سانتی‌گراد و در نهایت به ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد رسانده شد تا نمونه‌ها به رنگ سبز شفاف در آیند و عمل هضم نمونه‌ها کامل شود. این عمل حدود ۳ ساعت به طول انجامید. لازم به ذکر است که در سری اول که نمونه‌ها در دستگاه هضم قرار داده شد احتیاج به نمونه شاهد نیز بود که نمونه شاهد حاوی مخلوط بالا به جز نمونه خاک یا گیاه می‌باشد.

در مرحله بعد نمونه‌ها برای انجام عمل تقطیر، کاملاً سرد گردیدند. بخش تقطیر، دارای دستگاهی با دو جایگاه می‌باشد که در یکی، لوله مربوط به بخش هضم و در دیگری ارلنی حاوی ترکیبی از ۵۰ میلی‌لیتر اسید بوریک ۲ درصد که برای هر نمونه ۲۴ سی سی مورد استفاده قرار می‌گیرد، با شروع کار دستگاه تقطیر، در درون لوله حاوی نمونه هضم شده با اضافه شدن اسید، رنگ سبز لجنی ظاهر شده که این صحت انجام آزمایش را می‌رساند و بعد از اتمام کار دستگاه (حدود ۴ دقیقه)، رنگ محلول داخل ارلن سبز می‌شود که هر چه این رنگ تیره‌تر باشد نشان دهنده غلظت نیتروژن بیشتر در نمونه خاک یا گیاه است. و برای عمل تیتراسیون، چند قطره معرف متیل رد (حاوی ۶۶ میلی گرم متیل رد و ۹۹ میلی گرم بروموکروزول گرین در ۱۰۰ سی سی اتانول، بارنگ قرمز) و اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال به صورت دستی انجام گرفت، که اضافه کردن اسید سولفوریک تا زمانی که رنگ نمونه آلبالویی یا صورتی شود، ادامه داشت ، حجم اسید مصرفی را یادداشت نموده و از فرمول زیر مقدار کل نیتروژن موجود در نمونه محاسبه گردید. سپس از طریق ضریب تبدیل پروتئینی در گیاه ذرت که ۶/۲۵ می‌باشد، درصد پروتئین به دست آمد (والینگ و همکاران، ۱۹۸۹).

$$\%N = 0.56 \times t \times (a-b) \times V/W \times 100/DM \qquad (۵-۳)$$

T = غلظت اسید، a= میزان اسید مصرفی جهت نمونه بر حسب ml، b= میزان اسید مصرفی جهت شاهد بر حسب ml، V= حجم عصاره حاصل از عمل هضم بر حسب ml، W= وزن نمونه گیاه جهت هضم بر حسب گرم، DM=درصد ماده خشک گیاه

۳-۸- اندازه‌گیری کربن آلی خاک

روش مورد استفاده در اندازه گیری کربن آلی خاک، روش والکی بلاک بود (نوستو و همکاران، ۲۰۰۶) که خاک را با اسید سولفوریک غلیظ و بی‌کرومات مخلوط کرده و بعد از اتمام واکنش اکسیداسیون و احیاء، زیادی بی‌کرومات باقی مانده با آمونیوم سولفات تیتر شد.

محلول‌های مورد نیاز:

۱- بی‌کرومات پتاسیم یک نرمال: مقدار ۴۹/۰۴ گرم بی‌کرومات پتاسیم (اگر بی‌کرومات حاوی کلوخه باشد باید قبل از توزین خرد و در حرارت ۲۰۰-۱۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت خشک گردد) را با ترازوی حساس توزین کرده و پس از حل نمودن در بالن ژوژه به حجم ۱ لیتر رسانده شد.

۲- اسید سولفوریک غلیظ ۹۶ درصد

۳- فروآمونیوم سولفات ۰/۵ نرمال: مقدار ۱۹۶/۰۸ گرم فروآمونیوم سولفات توزین و در بالن یک لیتری حل شد. مقدار ۱۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ به آن اضافه و پس از سرد شدن به حجم ۱ لیتر رسانده شد.

۴- معرف ارتوفنانترولین ۰/۰۲۵ مولکول‌گرم در لیتر: مقدار ۱۴/۸۵ گرم ارتوفنانترولین منوهیدرات را وزن و ۶/۹۵ گرم سولفات فرو به آن اضافه و بعد از سرد شدن به حجم یک لیتر رسانده شد.

روش کار: مقدار ۱۰-۵ گرم خاک کاملا کوبیده و از الک نیم میلی‌متری عبور داده شد. (در این مرحله برای کوبیدن از هاون فولادی یا آهنی استفاده نشود، برای این منظور از هاون چینی یا عقیق استفاده گردد). یک گرم از خاک در ارلن مایر ۵۰۰ میلی‌لیتری ریخته شد و به آن ۱۰ میلی‌لیتر بی‌کرومات پتاسیم یک نرمال اضافه و به آرامی تکان داده شد تا ذرات در محلول پراکنده شود. ۲۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ خیلی سریع بطور مستقیم به محلول اضافه وبه مدت یک دقیقه به آرامی تکان داده

شد تا خاک با مواد مخلوط شود و سپس به مدت ۰/۵ ساعت به حال خود رها شد و سپس ۲۵۰ میلی لیتر آب مقطر به آن اضافه شد و بعد از سرد شدن ۱۰ قطره معرف ارتوفنانترولین اضافه و با فرو آمونیوم سولفات تیتر گردید (در نزدیک به انتهای تیتراسیون رنگ نمونه سبز کدر می‌شود که با چند قطره اضافی فرو آمونیوم سولفات به رنگ قرمز درمی‌آید). هنگامی که محلول قرمز رنگ شد، عدد یادداشت گردید.

محاسبه:

$$\%OC = M \times 0/39 \times [(V_1 - V_2) / S \qquad (۶-۳)$$

M= نرمالیته فروآمونیوم سولفات/ V_1= میلی لیتر فروآمونیوم سولفات مصرفی برای بلانک/ V_2= میلی‌لیتر فروآمونیوم سولفات مصرفی برای نمونه/ S= وزن خاک خشک شده در هوای آزاد

۳-۹- اندازه‌گیری فسفر قابل جذب خاک

روش مورد استفاده در اندازه‌گیری فسفر قابل جذب، روش اولسن (۱۹۵۴) بود. اصول: نمونه خاک با محلول بیکربنات سدیم pH= 8/5 عصاره‌گیری می‌شود. این روش در خاک‌های آهکی و قلیایی و خنثی قابل استفاده می‌باشد. غلظت کلسیم در عصاره با راسب شدن کلسیم کاهش و در نتیجه غلظت فسفر در محلول افزایش می‌یابد. در خاک‌های اسیدی کربنات به عنوان بافر، حلالیت آلومینیوم و آهن را متوقف نموده و بنابراین غلظت فسفر در محلول را افزایش می‌دهد.

فسفر در عصاره خاک به روش اولسن و به کارگیری اسید آسکوربیک به عنوان ماده احیاء کننده به طریق کالریمتری اندازه‌گیری می‌شود.

مواد شیمیایی مورد لزوم:

الف: محلول عصاره‌گیری بیکربنات‌سدیم نیم نرمال pH=8/5

۴۲ گرم بیکربنات سدیم در یک لیتر آب مقطر حل و pH آن را با سود یک مول روی ۸/۵ تنظیم گردید، در صورت تجاوز pH بیش از ۸/۵ می‌توان از محلول بیکربنات سدیم نیم نرمال برای پایین آوردن آن استفاده نمود. اگر محلول بیکربنات در حجم زیادی تهیه و نگهداری شود، باید قبل از استفاده، pH محلول مجددا روی ۸/۵ تنظیم گردد.

ب: اسید سولفوریک ۲/۵ مول

۱۴۸ میلی‌لیتر اسید سولفوریک به آرامی به آب مقطر در ضمن بهم زدن اضافه گردید و بعد از سرد شدن حجم آن را به ۱۰۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد.

ج: آمونیوم مولیبدات

۱۲ گرم آمونیوم مولیبدات [(NH4)MO7O24,4H2O] در ۲۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل شد.

د: پتاسیم آنتیمونی تارتارات

۰/۲۹۱ گرم پتاسیم آنتیمونی تارتارات در ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل گردید.

ر: محلول مخلوط (Reagent A)

مواد زیر به ترتیب با مزور درون ظرف ۱۰۰۰ میلی‌لیتری اضافه شد و به آرامی هم زده شد تا کاملا یکنواخت شود.

الف: ۵۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۲/۵ مول

ب: ۱۲۵ میلی‌لیتر محلول آمونیوم مولیبدات

ج: ۵۰ میلی‌لیتر پتاسیم آنتیمونی تارتارات

د: ۳۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر

ز: اسید آسکوربیک (Reagent B)

۱/۰۵۵۶ گرم اسید آسکوربیک در ۲۰۰ میلی‌لیتر Reagent A حل گردید. (توجه: این محلول باید روزانه تهیه شود).

س: محلول استاندارد ppm۵۰۰ فسفر

مقدار ۱/۰۹۸۴ گرم پتاسیم دی هیدروژن فسفات را در ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل شد.

سری استانداردها

از محلول ppm۵۰۰ فسفر به ترتیب ۲۰۰۰۰، ۱۰۰۰۰، ۵۰۰۰، ۲۰۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰، ۱۵۰، ۱۰۰، ۲۰، ۱۰میکرولیتر برداشته با بیکربنات سدیم به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد (با توجه به غلظت در هر منطقه می‌توان غلظت استانداردها را تغییر داد). برای استاندارد صفر از بیکربنات سدیم استفاده شود. این محلول‌ها دارای ۱۰۰، ۵۰، ۲۵، ۱۰، ۵، ۱، ۰/۷۵، ۰/۵، ۰/۱ و ppm۰/۰۵ فسفر می‌باشد.

روش کار: ۱ گرم از نمونه خاک را توزین و در لوله ۵۰میلی‌لیتری ریخته شد. به ازای هر نمونه ۰/۰۲ گرم زغال اکتیو به خاک اضافه گردید و سپس ۲۰ میلی‌لیتر از محلول عصاره‌گیری بیکربنات سدیم به آنها اضافه شد بعد از نیم ساعت شیکر با دور ۲۰۰، با کاغذ صافی شماره ۴۲ صاف شد. بعد از صاف شدن نمونه‌ها به ترتیب ۲۰۰۰، ۶۰۰ و ۶۰۰میکرولیتر از آب مقطر و استانداردها و Reagent B با استفاده از sampler به کووت اضافه شد و بعد از کامل شدن رنگ آبی با دستگاه اسپکتروفتومتر روی طول موج ۸۸۲ نانومتر قرائت گردید. برای نمونه‌ها به جای استانداردها از عصاره تهیه شده استفاده می‌شود.

۳-۱۰- محاسبه میزان ماده آلی خاک

به منظور محاسبه‌ی مقدار ماده آلی خاک از معادله زیر استفاده گردید (پلیدری و همکاران، ۲۰۰۸):

$$\%SOM = \%OC \times 1.724 \quad (۷-۳)$$

که در این رابطه، OC و OM به ترتیب مقدار کربن آلی (درصد) (تعیین شده با استفاده از روش والکی و بلاک، ۱۹۳۴) و مقدار ماده آلی (درصد) در ذرات کمتر از ۰.۵ میلی‌متر خاک می‌باشند.

۳-۱۱- اندازه گیری ترسیب کربن خاک

برای تعیین میزان ترسیب کربن، ابتدا وزن مخصوص ظاهری خاک محاسبه شد و سپس درصد کربن آلی را از روش والکی بلاک تحصیل گردید (نوستو و همکاران، ۲۰۰۶). در آخر برای محاسبه ترسیب کربن بر حسب تن در هکتار از رابطه زیر استفاده شد.

$$C = (BD \times E \times H \times 10000) / 1000 \quad (۸-۳)$$

C= کربن ترسیب شده/ BD= وزن مخصوص ظاهری خاک/ E= درصد کربن اندازه گیری شده/ H=عمق خاک نمونه برداری شده بر حسب متر

۳-۱۲- تنفس خاک

برای اندازه گیری تنفس پایه خاک از روش ایزر مایر (۱۹۵۲) تغییر یافته توسط جاجی (۱۹۷۶) استفاده شد. در این روش ۲۵ گرم از خاک مرطوب تازه مزرعه در کیسه نایلونی در بسته ریخته شد و در ظرف‌های درداری که هر کدام حاوی ۲۰ میلی‌لیتر محلول هیدروکسید سدیم ۰/۵ نرمال (محلول سود به طور جداگانه در ظرف‌های کوچکتر در باز ریخته شده بود و این ظرف درون ظرف حاوی خاک قرار داده شد) هستند، قرار داده شد و سپس در ظرف‌ها بسته شد. پس از گذشت ۲۴ ساعت، دی-اکسیدکربن پدید آمده از تنفس میکروبی که در سود جمع شده با محلول HCL تیتر شد. یک نمونه

هم بدون خاک به عنوان بلانک تهیه و تیتر گردید و در پایان مقدار CO_2 با استفاده از معادله زیر بر حسب میلی‌گرم دی اکسید کربن در روز به دست آمد.

$$\frac{(c-s)\times 2/2\times 100}{sw\times \%dm} \qquad (۱۱-۳)$$

۳-۱۳- اندازه‌گیری نیتروژن کل خاک به روش کجلدال

روش توصیه شده برای اندازه‌گیری نیتروژن کل خاک روش کجلدال (برمنر و مولوانی، ۱۹۸۲) با هضم تر می‌باشد. در روش کجلدال نیتروژن آلی در اثر حرارت و اسید سولفوریک و کاتالیزور تبدیل به NH_4-N می‌شود. اضافه نمودن سولفات پتاسیم و سولفات سدیم برای بالا بردن درجه حرارت، در حین هضم نمونه و اضافه نمودن سلنیوم و مس برای تسریع در اکسیداسیون مواد آلی می‌باشد.

مواد شیمیایی مورد نیاز:

۱- مخلوط کاتالیست سولفات پتاسیم: ۲۰۰ گرم سولفات پتاسیم، ۲۰ گرم سولفات مس و ۲ گرم سلنیوم، جداگانه توزین و مخلوط شد.

۲- اسید سولفوریک غلیظ

۳- سود (NAOH) ۱۰ نرمال: مقدار ۴۰۰ گرم سود در بشر ۱ لیتری ریخته شد. سپس بشر در زیر هود قرار گرفت و به آن ۸۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گردید و بعد از سرد شدن به بشر ۱ لیتری منتقل و به حجم رسانده شد.

۴- مخلوط معرف: ۰/۱۲ گرم متیل رد و ۰/۲ گرم بروموکروزول سبز در ۲۰۰ میلی‌لیتر اتانول ۹۶ درصد

۵- محلول اسید بوریک ۱ درصد و معرف: ۱۰ گرم اسید بوریک در ۹۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر داغ حل شد و پس از سرد شدن ۲۰ میلی‌لیتر معرف به آن اضافه و به حجم ۱ لیتر رسانده شد.

۶- استاندارد اسید سولفوریک ۰/۰۱ نرمال

روش کار: ۱ گرم خاک کوبیده و از الک نیم میلی‌متری عبور داده شد و در لوله‌های هضم ریخته شد و سپس ۱/۱ مخلوط کاتالیست سولفات پتاسیم به آن اضافه گردید. سپس ۲ میلی‌لیتر آب مقطر و ۳ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ به آن اضافه شد. نمونه‌ها روی اجاق برقی (دستگاه هضم تر) قرار داده شد و دما تا ۳۷۰ درجه به طور تدریجی افزایش یافت تا نمونه‌ها شفاف شود. بعد از خنک شدن عصاره‌ها هر نمونه داخل دستگاه کجلدال (Gerhardt آلمان) ریخته شد و دستگاه محلول را به صورت خودکار و تنظیم شده اضافه کرد. اسید بوریک به مقدار ۱۶ میلی‌لیتر، سود و آب مقطر به مقدار ۲۸ میلی‌لیتر به عصاره اضافه گردید. بعد از اتمام کار دستگاه محلول به‌دست آمده با استاندارد اسید سولفوریک ۰/۰۱ نرمال تیتر شد و در نهایت محلول از سبز به قرمز تغییر رنگ داد.

$$\%N = [(a-b)/s] \times M \times 1.4 \times mcf \qquad (۱۲-۳)$$

۳-۱۴- شاخص برداشت[1]

در مرحله‌ی رسیدگی فیزیولوژیک، به منظور تعیین شاخص برداشت، ۵ بوته از هر کرت کف‌بر شدند و با استفاده از فرمول زیر شاخص برداشت محاسبه گردید:

$$HI= (EY/BY) \times 100 \qquad (۱۳-۳)$$

که در آن: HI= شاخص برداشت، EY= عملکرد اقتصادی، BY= عملکرد بیولوژیکی است.

۳-۱۵- اندازه‌گیری pH و EC خاک اولیه

ابتدا سوسپانسیونی با نسبت ۱ به ۲/۵ (خاک به آب) تهیه گردید. سپس به مدت ۹۰ دقیقه بر روی دستگاه لرزشگر قرار داده شد. از محلول حاصل شده عصاره‌گیری کرده و از عصاره بدست آمده EC و pH را با استفاده از دستگاه EC متر و pH سنج اندازه‌گیری گردید.

1- Harvest Index (HI)

۳-۱۶- محاسبه و بررسی آماری داده‌ها

محاسبه داده‌های آزمایشی با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-c انجام شد. برای رسم شکل‌ها از نرم-افزار Excel استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) و در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد انجام گرفت.

فصل چهارم

نتایج

و

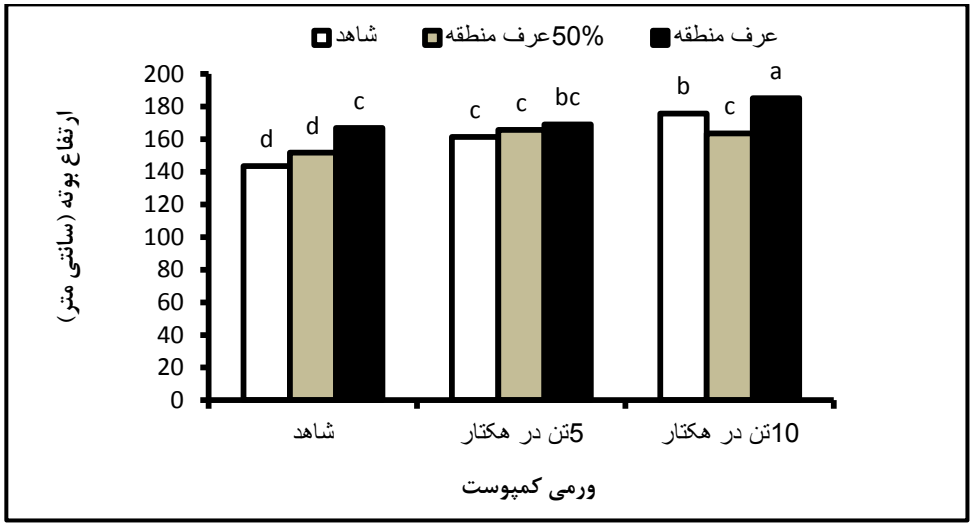
بحث

۴-۱- صفات کمی گیاه ذرت

۴-۱-۱- ارتفاع

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد علاوه بر معنی دار بودن اثرات اصلی تیمارهای کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست در سطح احتمال ۱ درصد، اثر متقابل کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست (BC) نیز در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد و تیمار اصلی خاک‌ورزی (A) و ترکیب تیماری دوگانه خاک‌ورزی × کود شیمیایی و خاک‌ورزی × ورمی‌کمپوست (AB و AC) و سه گانه خاک‌ورزی × کود شیمیایی × ورمی‌کمپوست (ABC) تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته نداشت (جدول پیوست ۳). مصرف کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست هر کدام به تنهایی و توأم شدن آن دو ارتفاع بوته را به طور قابل ملاحظه‌ای بهبود بخشیدند. شکل (۴-۱) نشان می‌دهد بالاترین ارتفاع بوته از ترکیب تیماری مصرف کود شیمیایی به میزان عرف منطقه و ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست حاصل شد. این ترکیب تیماری نسبت به شاهد ۲۶/۹۶ درصد افزایش داشت. احتمالا در این تیمار با توجه به وجود ماده آلی کافی و تقسیم سلولی و رشد سلول‌ها به دلیل نیتروژن بیشتر ارتفاع افزایش یافت. در گیاهانی که مصرف ورمی‌کمپوست به میزان ۵ و ۱۰ تن در هکتار و مصرف کود شیمیایی به میزان ۵۰ درصد عرف منطقه بود، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ولی در گیاهانی که مصرف ورمی‌کمپوست به میزان ۱۰ تن در هکتار بود، مصرف کود شیمیایی به میزان عرف منطقه بهتر بود. کمترین ارتفاع مربوط به تیمار شاهد بود که با ترکیب تیماری ۵۰ درصد عرف منطقه کود شیمیایی و عدم مصرف ورمی‌کمپوست از نظر آماری در یک سطح معنی‌داری قرار گرفت و پس از تیمار شاهد، کمترین ارتفاع مربوط به تیمار عدم مصرف کود شیمیایی × ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست بود که با تیمارهای ۵۰ درصد عرف کود شیمیایی × ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و ۵۰ درصد عرف کود شیمیایی × ۱۰ تن در هکتار ورمی-کمپوست در یک سطح معنی‌داری قرار گرفت. در آزمایشی روی گیاه ریحان، مصرف توأم کود شیمیایی و آلی نیز باعث افزایش ارتفاع بوته نسبت به مصرف کودهای شیمیایی به تنهایی شد (کاندل و همکاران، ۲۰۰۲). یکی از عوامل اصلی تعیین کننده ارتفاع گیاه، تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه

است، تیمار کود آلی ورمی‌کمپوست، با تأمین تدریجی عناصر غذایی به‌خوبی سبب افزایش ارتفاع شده است و مصرف توأم کودهای آلی به همراه کودهای شیمیایی نیز به طور معنی‌داری ارتفاع بوته را افزایش می‌دهد. بنابراین کاربرد توأم کود شیمیایی همراه کود آلی ورمی‌کمپوست در مقایسه با کاربرد هر کدام به تنهایی باعث شد تا مقادیر مناسب‌تری از عناصر غذایی مورد نیاز در اختیار گیاه قرار گیرد و موجب افزایش ارتفاع شد.



شکل۴-۱: مقایسه میانگین ارتفاع بوته تحت تأثیر اثر متقابل کود شیمیایی NPK و ورمی‌کمپوست

در رابطه با مصرف ورمی‌کمپوست و اثر آن بر روی ارتفاع بوته مشخص شد تأثیر مثبتی بر ارتفاع دارد زیرا برهمکنش گیاه و میکروارگانیسم‌های موجود در این کودها افزایش یافته و این امر موجب شده میزان مواد غذایی بیشتری در اختیار گیاه قرار گیرد و به دنبال آن ارتفاع بوته افزایش پیدا کرده‌است (مانیوانان و همکاران، ۲۰۰۹. زالر، ۲۰۰۷). مصرف ورمی‌کمپوست از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی در خاک و تولید تنظیم کننده‌های رشد گیاه توسط میکروارگانیسم‌ها و جذب بیشتر عناصر غذایی، سبب افزایش میزان فتوسنتز و ماده خشک گیاهی می‌شود که در نهایت به افزایش ارتفاع منجر می-شود. تیمارهای شاهد به علت کمبود موادغذایی مورد نیاز، از رشد کمتری برخوردار بوده در حالی که

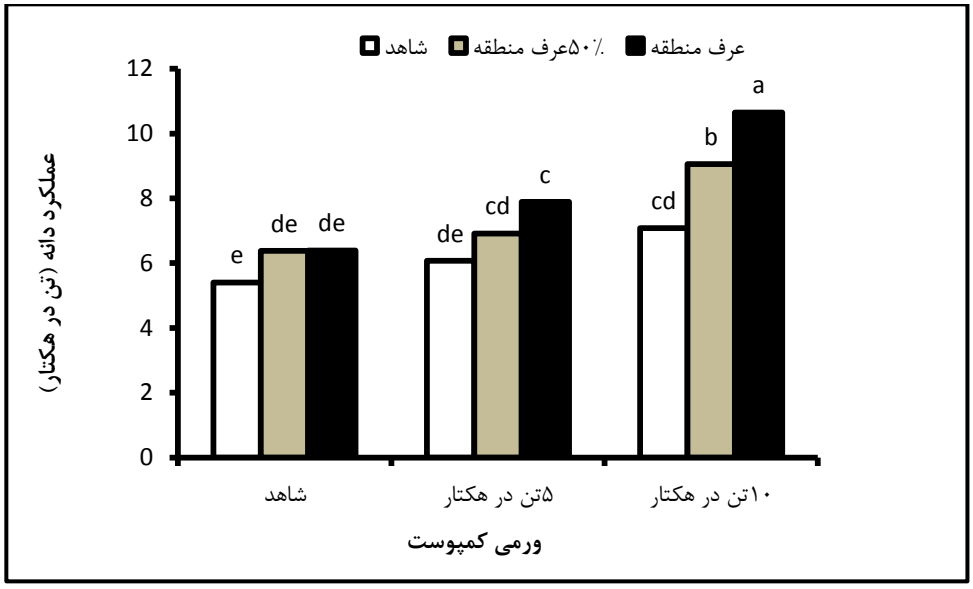
میزان مواد غذایی در سایر تیمارهای کودی مورد استفاده برای رشد رویشی گیاه مناسب بوده که این نتیجه با آزمایش‌های تماتی و همکاران (۱۹۸۷) مطابقت دارد.

همان‌طور که بیان شد تیمار خاک‌ورزی اثر معنی‌داری بر ارتفاع بوته نداشت. در آزمایشی کاهش ارتفاع در تیمار خاک‌ورزی حفاظتی را به استقرار ضعیف بذر در خاک نسبت داده‌اند (کوشواها وسینگ، ۲۰۰۵). در شرایط خاک‌ورزی نیمه عمیق به علت نامناسب بودن شرایط بستر بذر جوانه‌زنی مطلوبی رخ نداد و ارتفاع بوته‌ها نسبت به خاک‌ورزی عمیق کاهش یافت. به‌نظر می‌رسد در سیستم خاک‌ورزی عمیق به دلیل ترکیب بهتر خاک و ایجاد بستر مناسب، زمینه رشد و استفاده بهتر از پارامترهای اقلیمی در این سیستم، استقرار و جوانه زنی بذر سریع‌تر صورت گرفته و لذا سبب افزایش ارتفاع بوته شده است. کاهش ارتفاع در سیستم کم خاک‌ورزی را می‌توان این‌گونه توجیح نمود که کمتر بودن خلل و فرج و تراکم بیشتر خاک موجب کاهش انتشار اکسیژن در منافذ خاک شده و باعث توسعه کمتر ریشه‌ها و در نتیجه دسترسی کمتر ریشه به عناصر غذایی می‌شود که در نهایت ارتفاع کم می‌شود. هر چند که در این آزمایش کم خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری بر کاهش ارتفاع نداشته است.

۴-۱-۲- عملکرد دانه

عملکرد دانه تحت تأثیر اثرات اصلی ورمی‌کمپوست (C) و کود شیمیایی (B) در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل آن‌ها (BC) در سطح احتمال ۵ درصد قرار گرفت و تیمار خاک‌ورزی (A) اثر معنی‌داری را بر این صفت نشان نداد (جدول پیوست ۳). مصرف کود شیمیایی و آلی به تنهایی و توأم میزان عملکرد دانه را به طور معنی‌داری بهبود بخشیدند. با توجه به شکل (۴-۲) بیشترین میزان عملکرد دانه از ترکیب تیماری کود شیمیایی به میزان عرف منطقه ×۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت و میزان عملکرد دانه را نسبت به عدم کاربرد کودها ۹۷/۲۰ درصد افزایش داد و پس از آن بهترین تیمار از نظر آماری ترکیب تیمار کود شیمیایی

به میزان ۵۰ درصد عرف منطقه ×۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست بود و مقدار ۵/۳۹۷ تن در هکتار عملکرد دانه از تیمار شاهد حاصل گردید.



شکل ۴-۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر اثر متقابل کود شیمیایی NPK و ورمی‌کمپوست

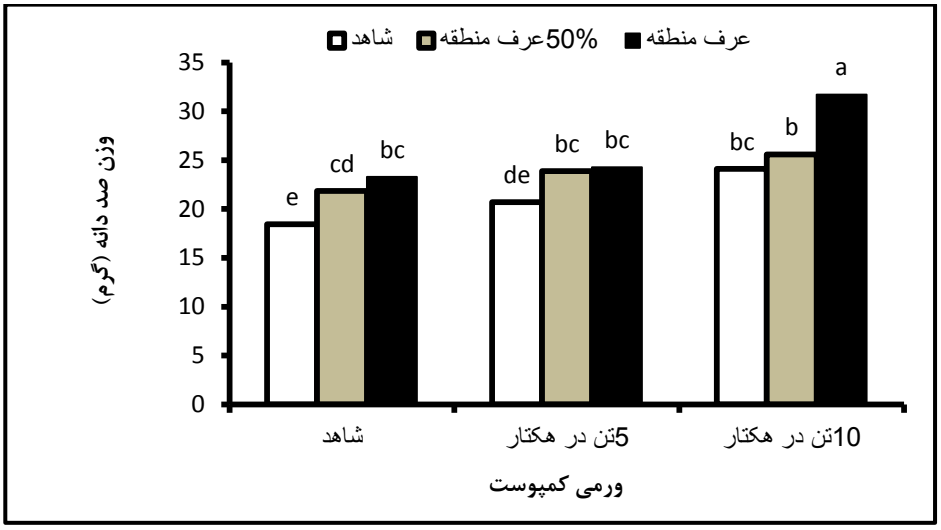
کاربرد کود آلی ورمی‌کمپوست و شیمیایی NPK نقش مثبتی در افزایش عملکرد دانه ذرت داشت، زیرا با افزایش میزان کود ها میزان عملکرد به مقدار قابل توجهی افزایش یافت. به‌نظر می‌رسد افزایش عملکرد دانه ذرت همسو با افزایش مقادیر کودهای آلی و شیمیایی، به واسطه دسترسی بیشتر گیاه به عناصر غذایی در زمان حداکثر جذب باشد، زیرا در این زمان معدنی شدن مواد آلی خاک به تنهایی قادر به رفع نیازهای غذایی گیاه نمی‌باشد. کوگبه و آددیران (۲۰۰۳) و اکبری و همکاران (۲۰۰۵) نیز افزایش عملکرد دانه ذرت همسو با افزایش مصرف کودهای شیمیایی را مورد تأیید قرار دادند. با اینکه مصرف ورمی‌کمپوست به تنهایی باعث افزایش محصولات کشاورزی می‌شود، ولی این میزان رضایت‌بخش نیست، بنابراین می‌توان با مصرف توأم کودهای آلی و شیمیایی به عملکردهای بالاتری دست یافت (یزدان‌پناه و مطلبی‌فرد، ۲۰۰۷). سایلاجاکومارا و یوشاکوماری (۲۰۰۲) نیز بیشترین عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی را در مصرف توأم کود ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی فسفر

به‌دست آوردند و دلیل آن را جذب نیتروژن و فسفر توسط گیاه بیان کردند. از آنجا که عملکرد دانه برآیندی از صفاتی همچون وزن صد دانه و تعداد دانه است، بنابراین اگر تیمارهای اعمال شده موجب افزایش این صفات شوند در نهایت افزایش عملکرد دانه مشاهده خواهد شد. از سویی این احتمال وجود دارد که علت افزایش عملکرد دانه می‌تواند به علت بهینه شدن شرایط رشد گیاه در اثر کاربرد تیمارها باشد طوری‌که گیاه توانسته انرژی لازم را برای حداکثر عملکرد دانه فراهم کند و بهترین عملکرد را نشان دهد. در این آزمایش تیمار خاک‌ورزی اثر معنی‌داری نداشت. گزارش‌های پژوهشی اغلب استفاده از خاک‌ورزی حفاظتی را موجب افزایش عملکرد گزارش کرده‌اند (هالوین و همکاران، ۱۹۹۰. کریستنسن و همکاران، ۱۹۹۴. هوساین و همکاران، ۱۹۹۹ و تارکالسون و همکاران، ۲۰۰۶). اما همه‌ی این گزارش‌ها اثرهای دراز مدت کم خاک‌ورزی را مشخص کرده‌اند. نتایجی که مربوط به زمان کوتاه استفاده از سیستم کم خاک‌ورزی می‌باشد، چنین اختلافاتی را گزارش نمی‌کند (بنجامین و همکاران، ۲۰۰۸). کاهش عملکرد در سیستم خاک‌ورزی نیمه عمیق (کم خاک‌ورزی) می‌تواند به دلیل فشردگی خاک و فراهم نبودن شرایط مناسب برای رشد گیاه باشد. این فشردگی به کاهش تراکم و طول ریشه منجر شده و موجب کاهش جذب آب و مواد غذایی می‌شود که در نهایت کاهش عملکرد را در پی خواهد داشت (محمدی و همکاران، ۱۳۸۸). نیسار و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند که در تیمار خاک‌ورزی رایج میزان عملکرد دانه گیاه سورگوم بیشتر بود و این امر می‌تواند به دلیل نگهداری آب بیشتر در اثر شخم تا عمق ۶۰ سانتی‌متر خاک باشد. البته در مواردی هم خلاف این گزارش شده‌است مانند پاتیل و شیلاوانتار (۲۰۰۴) که گزارش کردند در تیمار کم خاک‌ورزی عملکرد دانه بیشتری در گیاه سورگوم مشاهده شد. روش‌های مختلف خاک‌ورزی از طریق تأثیر بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و نیز تأثیر بر دما و رطوبت خاک بر رشد و نمو گیاه اثرات مثبت یا منفی دارند به همین دلیل نتایج به‌دست آمده در رابطه با تأثیر خاک‌ورزی بر عملکرد گیاهان برخی اوقات متفاوت می‌باشد (لال و همکاران، ۱۹۹۴). تأثیر خاک‌ورزی حفاظتی بر مقدار عملکرد دانه نیازمند دوران گذر است، در مرحله گذار از خاک‌ورزی متداول به خاک‌ورزی حفاظتی ساختمان و ساختار خاک بهبود

یافته و در نتیجه در دراز مدت مزایای این نوع خاک‌ورزی بیشتر خواهد شد. رولدان و همکاران (۲۰۰۷) نیز در ارتباط با خاک‌ورزی بیان نمودند که سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی با نگهداری بقایای گیاهی در خاک سبب بهبود کیفیت فیزیکوشیمیایی خاک در مقایسه با گاوآهن برگردان‌دار می‌شود. زیرا شخم برگردان‌دار سبب تسریع تجزیه مواد آلی در خاک می‌شود که این تسریع تجزیه مواد آلی باعث می‌شود میزان زیادی از آن در بازه‌ی زمانی کوتاهی در اختیار گیاه قرار گیرد و این حجم از مواد آلی بیش از نیاز گیاه بوده و در نتیجه در اثر آبشویی از دسترس گیاه خارج می‌شود. به‌نظر می‌رسد علت افزایش عملکرد در سیستم خاک‌ورزی رایج در این پژوهش ناشی از یکساله بودن اجرای طرح باشد. این مطالعه نشان داد که کم خاک‌ورزی نتوانست کاهش معنی‌داری در عملکرد ذرت ایجاد نماید. این نتیجه از نظر حفاظت پایدار خاک بسیار قابل توجه می‌باشد.

۴-۱-۳- وزن صد دانه

وزن صد دانه تحت تأثیر کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل کود شیمیایی × ورمی‌کمپوست در سطح احتمال ۵ درصد قرار گرفت (جدول پیوست ۳). مصرف کود شیمیایی همراه با ورمی‌کمپوست افزایش وزن صد دانه در ذرت را نشان داد، به‌طوری‌که مصرف کود شیمیایی به میزان عرف منطقه ×۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست مقدار این صفت را ۷۲ درصد نسبت به عدم مصرف این دو تیمار بهبود بخشید و کمترین وزن صد دانه نیز مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۴-۳).



شکل۴-۳- مقایسه میانگین وزن صد دانه تحت تأثیر اثر متقابل کود شیمیایی NPK و ورمی‌کمپوست

وزن صد دانه از شاخص‌های مهم زراعی در بذور گیاهان محسوب می‌شود. این شاخص بیان کننده ی میزان تخصیص مواد غذایی به ازای هر واحد بذر است. این صفت در هر گیاه تحت تأثیر عوامل متفاوتی است. مهم‌ترین این عوامل توانایی گیاه برای انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها و شرایط محیطی در زمان پر شدن دانه می‌باشد. احتمال می‌رود مصرف کودها سبب رشد بیشتر گیاه شده تا بتواند مواد فتوسنتزی بیشتری را تولید کند. از طرفی خاک‌ورزی رایج این امکان را به ریشه می‌دهد که در خاک حرکت راحتی داشته باشد و سریع‌تر به منابع بیشتر و مورد نیاز غذایی دست پیدا کند. در نتیجه این گیاهان تولید آسیمیلات بیشتری را خواهند داشت و آسیمیلات تولید شده به دانه منتقل شده و موجب افزایش وزن صد دانه می‌گردد. هر چند در این آزمایش تفاوت معنی‌داری در اثر فاکتور خاک‌ورزی حاصل نشد. افزایش وزن صد دانه با استفاده از کودهای آلی، توسط برخی پژوهشگران گزارش شده است (گرود و همکاران، ۲۰۰۸).

۴-۱-۴- تعداد دانه در بلال

تعداد دانه در بلال تحت تأثیر کود شیمیایی (B) و ورمی‌کمپوست (C) و اثر متقابل کود شیمیایی × ورمی‌کمپوست (BC) در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت (جدول پیوست ۳). در تمام سطوح

ورمی‌کمپوست کاربرد کود شیمیایی در سطح عرف منطقه، نتیجه بهتری از لحاظ تعداد دانه داشت. اما بیشترین تعداد دانه در بلال مربوط به ترکیب تیماری کود شیمیایی به میزان عرف منطقه ×۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست بود، که این تیمار تعداد دانه در بلال را ۷۶/۱۵ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد و دارای اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها بود (شکل ۴-۴).

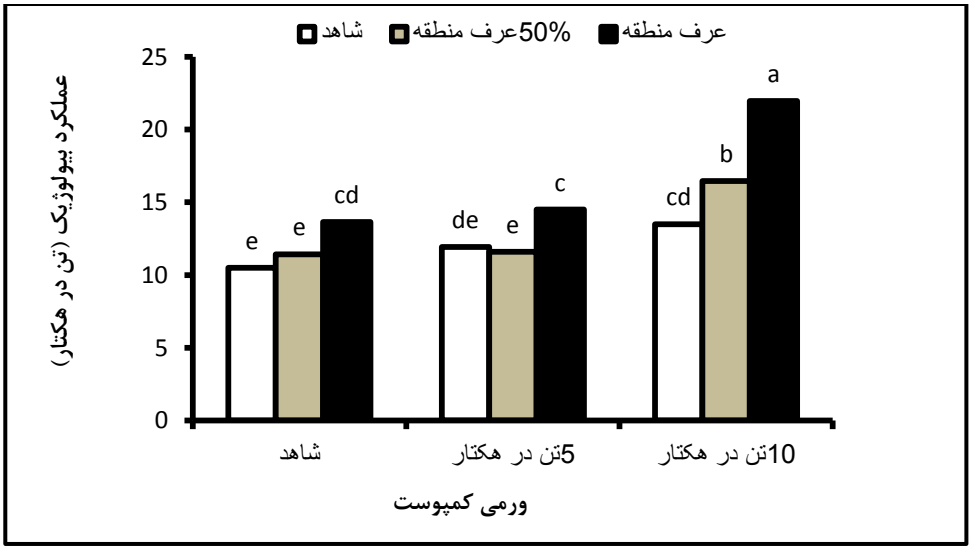
شکل ۰-۴- مقایسه میانگین تعداد دانه در بلال تحت تأثیر کود شیمیایی NPK و ورمی‌کمپوست

اثر اصلی خاک‌ورزی و اثر متقابل دوگانه و سه‌گانه آن با کودهای شیمیایی و آلی معنی‌دار نشد. تعداد دانه در بلال از اجزای عملکرد محسوب می‌شود و رابطه مستقیمی با عملکرد دانه دارد که با افزایش آن عملکرد دانه نیز افزایش خواهد یافت. استفاده از ورمی‌کمپوست از طریق تحریک میکروارگانیسم‌های خاک و عرضه مدوام عناصر معدنی به گیاه موجب افزایش عملکرد می‌شود (روی و سینگ، ۲۰۰۶. ساینز و همکاران، ۱۹۹۶) و افزودن ورمی‌کمپوست به خاک نه تنها فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را افزایش می‌دهد بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی خاک با ایجاد یک محیط مناسب برای رشد ریشه و همچنین از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه توسط این موجودات و نیز فراهمی جذب عناصر غذایی، سبب

افزایش میزان فتوسنتز و ماده خشک این گیاه می‌گردد که این مسأله در نهایت باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود. می‌توان گفت فضولات کرم‌های خاکی حاوی عناصر معدنی پر مصرف بوده و از طریق همزیستی و تحریک رشد ریشه موجب تغذیه مستقیم و در نتیجه افزایش فتوسنتز و افزایش تعداد کل دانه و در نهایت عملکرد دانه می‌شود.

۴-۱-۵- عملکرد بیولوژیک

تیمارهای اصلی کود شیمیایی (B) و ورمی‌کمپوست (C) و برهمکنش آن‌ها بر عملکرد بیولوژیک اثر معنی‌داری ($p < 0.01$) را نشان دادند. اثر اصلی خاک‌ورزی و اثرات متقابل آن با کودها معنی‌دار نشد (جدول پیوست ۳). با توجه به مقایسه میانگین برهمکنش کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست، در تمام سطوح ورمی‌کمپوست کاربرد کود شیمیایی به میزان عرف منطقه اثر بهبود بخشی بر عملکرد بیولوژیک را نشان داد. این صفت در تیمار ترکیبی کود شیمیایی به میزان عرف منطقه ×۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست دارای بیشترین مقدار (۲۱/۹۷ تن در هکتار) بود که دارای اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها بود. مصرف کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست هر کدام به تنهایی و مصرف توأم آن‌ها میزان عملکرد بیولوژیک را به طور قابل ملاحظه‌ای بهبود بخشیدند (شکل ۴-۵).



شکل ۴-۵- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر اثر متقابل کود شیمیایی NPK و ورمی‌کمپوست

مصرف کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست هر کدام به‌تنهایی میزان عملکرد بیولوژیک را افزایش دادند اما بالاترین میزان عملکرد بیولوژیک از ترکیب تیماری این دو حاصل شد. پوکتینگ و همکاران (۱۹۹۰) در پژوهش‌های خود نشان دادند که استفاده از ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست عملکرد بیولوژیکی را نسبت به تیمار شاهد ۳۹ درصد افزایش داد. این افزایش عملکرد ممکن است به دلیل افزایش حجم ریشه و نیز افزایش مواد مغذی خاک و عناصر قابل دسترس باشد. مصرف کودهای آلی با آزاد سازی تدریجی عناصر غذایی (پرنیا و همکاران، ۱۹۸۰. سنسی، ۱۹۸۹. رادوسویچ و همکاران، ۱۹۹۷. لامبرز و همکاران، ۲۰۰۸)، باعث بهبود تدریجی رشد گیاه و در نهایت افزایش عملکرد بیولوژیک می‌شود. مقادیر بالای عناصر غذایی در ورمی‌کمپوست و همچنین وجود هورمون‌های محرک رشد در این کود، باعث می‌شود که کاربرد توأم کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست نسبت به سایر تیمارها، بر رشد و افزایش زیست‌توده‌ی گیاهی تأثیر مطلوب‌تری داشته باشد. با توجه به نقش کودهای شیمیایی در تأمین سریع و کافی عناصر پرمصرف NPK، به نظر می‌رسد که روند افزایشی در عملکرد بیولوژیک، همسو با افزایش مصرف کودهای شیمیایی NPK را می‌توان به شرایط فیزیولوژیکی بهتر گیاه در اثر جذب عناصر غذایی و نیز شرایط مطلوب‌تر محیطی از نظر دسترسی کافی به عناصر غذایی نسبت داد.

۴-۱-۶- شاخص برداشت (HI)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر اصلی و ترکیبی تیمارهای به‌کار برده شده در این پژوهش اثر معنی‌داری بر میزان شاخص برداشت نداشته است (جدول پیوست ۳).

۴-۲- صفات فیزیولوژی و کیفی گیاه ذرت

۴-۲-۱ – رنگیزه‌های فتوسنتزی

اثر کود شیمیایی (B) در سطح احتمال ۱ درصد بر کلروفیل a و b و کل و اثر ورمی‌کمپوست (C) در سطح احتمال ۵ درصد بر کلروفیل a و سطح احتمال ۱ درصد بر کلروفیل b و کاروتنوئید و کل و

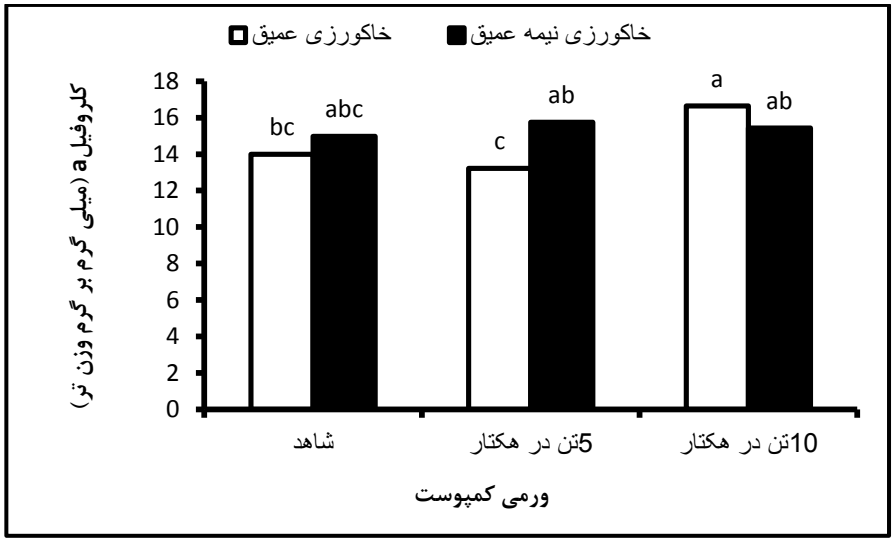
اثر متقابل خاک‌ورزی × ورمی‌کمپوست (AC) بر میزان کلروفیل a در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل سه‌گانه خاک‌ورزی × کود شیمیایی × ورمی‌کمپوست (ABC) نیز اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان کلروفیل a و کاروتنوئید و در سطح احتمال ۵ درصد بر کلروفیل b و کل داشت (جدول پیوست ۴).

در بین فرآیندهای گیاهی، فتوسنتز فرآیندی مهم و کلیدی در زندگی گیاهان به شمار می‌آید و محتوای کلروفیل برگ‌ها یکی از عوامل کلیدی در تعیین شدت فتوسنتز می‌باشد (گوش و همکاران، ۲۰۰۴).

۴-۲-۱-۱ - کلروفیل a

محتوای کلروفیل a تحت تأثیر کود شیمیایی قرار گرفت به‌طوری‌که تیمارهای کود شیمیایی به میزان ۵۰٪ عرف منطقه و عرف منطقه از نظر آماری در یک سطح معنی‌داری قرار گرفتند و مقادیر بالایی از محتوای کلروفیل a را نشان دادند (شکل ۴-۶). در ترکیب تیماری خاک‌ورزی × ورمی-کمپوست (AC) مشاهده شد که کلروفیل a مربوط به تیمار ترکیبی خاک‌ورزی عمیق ×۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به میزان ۱۸/۸۵ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داشته است (شکل ۴-۷). ترکیب تیماری سه‌گانه خاک‌ورزی × کود شیمیایی × ورمی‌کمپوست (ABC) نیز بر محتوای کلروفیل a مؤثر بود به‌طوری‌که تیمار خاک‌ورزی عمیق × کود شیمیایی به میزان عرف منطقه × ۱۰ تن ورمی-کمپوست موجب ۴۵/۴۷ درصد افزایش محتوای کلروفیل a نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول پیوست۶).

شکل ۴-۶- مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تأثیر اثر اصلی کود شیمیایی NPK

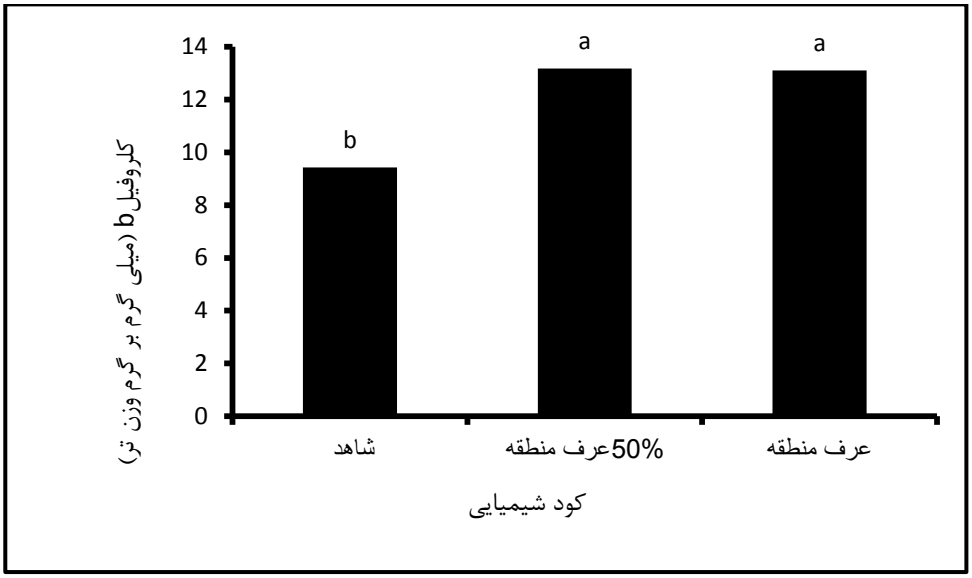


شکل ۴-۷- مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تأثیر اثر اصلی کود شیمیایی NPK

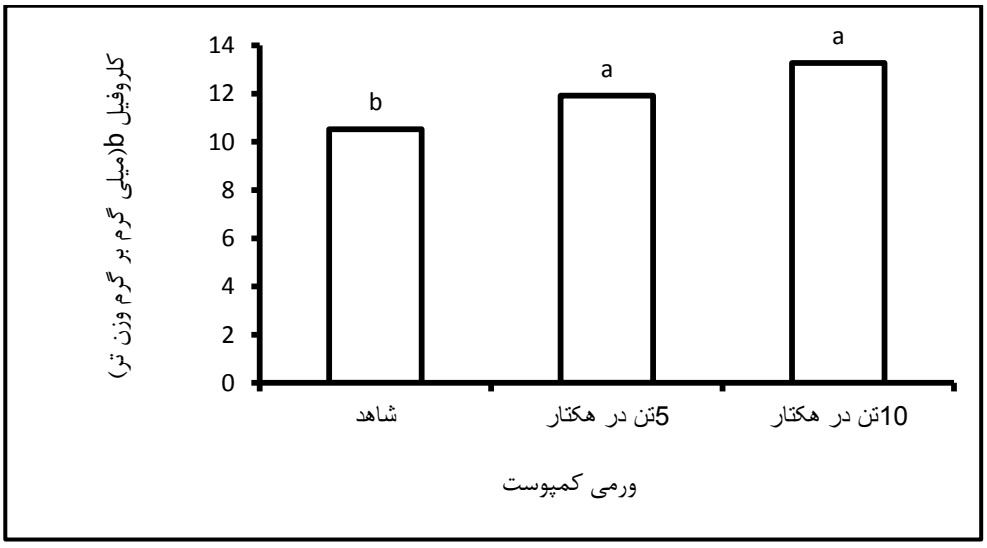
۴-۲-۱-۲ - کلروفیل b

بررسی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که کاربرد جداگانه کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست میزان کلروفیل b را به ترتیب به مقدار ۳۹/۳۶ و ۲۶/۱۴ درصد نسبت به عدم مصرف این دو نوع کود افزایش داد، به طوری‌که در تیمار کود شیمیایی هر دو سطوح عرف و ۵۰٪ عرف منطقه و همچنین در تیمار ورمی‌کمپوست دو سطوح ۵ و ۱۰ تن در هکتار مقادیر بالایی از محتوای کلروفیل b را نشان

دادند (شکل ۴-۸ و ۴-۹). در اثر متقابل سه‌گانه خاک‌ورزی × کود شیمیایی × ورمی‌کمپوست (ABC) افزایش ۸۵/۲۶ درصدی میزان کلروفیل b در تیمار خاک‌ورزی عمیق × کود شیمیایی به میزان ۵۰٪ عرف منطقه × ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست، نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد (جدول پیوست ۶).



شکل ۴-۸- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تأثیر اثر اصلی کود شیمیایی NPK



شکل ۴-۹- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تأثیر اثر اصلی ورمی کمپوست

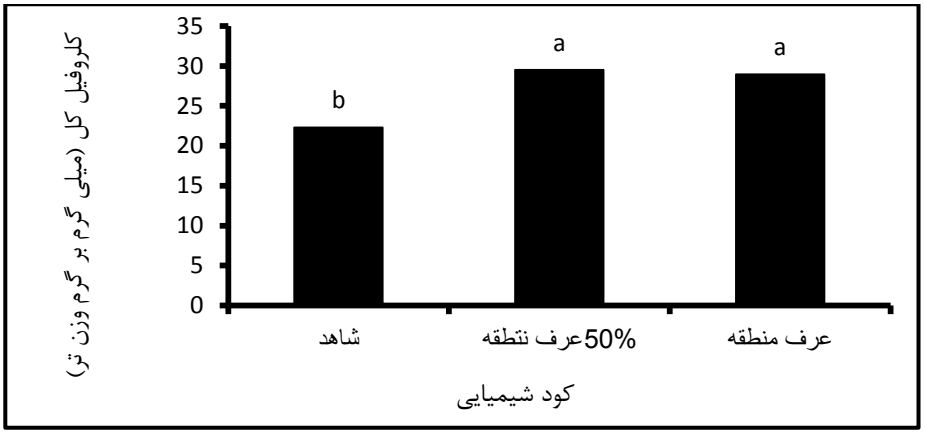
۴-۲-۱-۳- کاروتنوئید

همان‌طور که در این پژوهش مشاهده شد تیمار ورمی‌کمپوست اثر مثبتی بر رنگیزه‌های فتوسنتزی داشت اما طبق مقایسه میانگین کاروتنوئید، اثر معکوس این تیمار بر محتوای کاروتنوئید دیده شد(شکل ۴-۱۰). گزارش‌های متعددی در مورد تأثیر مثبت میزان بهینه نیتروژن بر میزان کاروتنوئید گیاهان وجود دارد. در این پژوهش بهبود میزان کاروتنوئید مشاهده نشد، بدیهی می‌باشد که میزان بهینه افزایش کود نیتروژن مقدار کاروتنوئید را افزایش می‌دهد اما مقادیر خیلی بالاتر به دلیل ایجاد شیب اسمزی اثر معکوس در مقدار کاروتنوئید دارد (برون و همکاران، ۱۹۴۷؛ میلر و همکاران، ۱۹۵۶؛ رزکت و همکاران، ۲۰۰۰). می‌توان چنین بیان کرد که با افزایش میزان کلروفیل b و کل نیاز به کاروتنوئید در گیاه احساس نشده و کلروفیل b و کل جایگزین کاروتنوئید شده است. در تیمار سه‌گانه خاک‌ورزی × کود شیمیایی × ورمی‌کمپوست (ABC) بیشترین مقدار کاروتنوئید مشاهده شده (۴/۴۱۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به تیمار ترکیبی خاک‌ورزی نیمه عمیق × کود شیمیایی شاهد (عدم کاربرد) × ورمی‌کمپوست شاهد(عدم کاربرد) بود (جدول پیوست ۷).

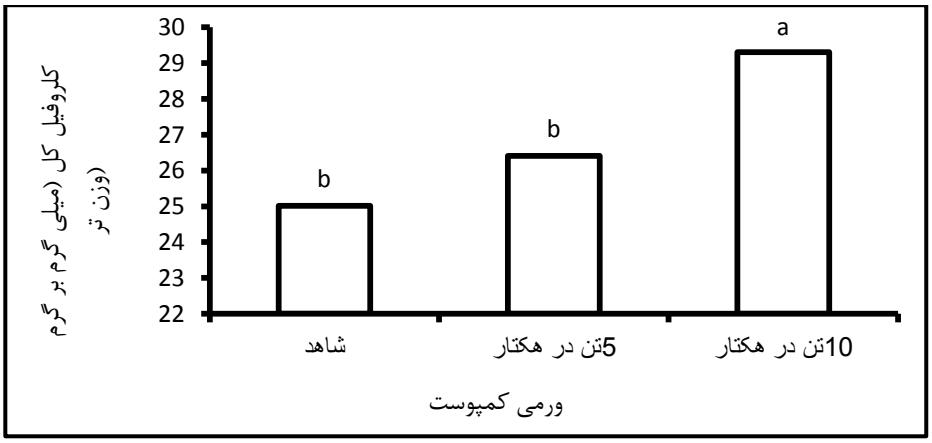
شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین کاروتنوئید تحت تأثیر اثر اصلی ورمی کمپوست

۴-۲-۱-۴ - کلروفیل کل

مطابق شکل ۴-۱۱ کود شیمیایی تأثیر مثبتی بر محتوای کلروفیل کل گیاه داشت، به‌طوری‌که تیمار های عرف و ۵۰٪ عرف کود شیمیایی محتوای بالاتری از کلروفیل کل را نسبت به تیمار شاهد موجب شدند و این دو تیمار در یک گروه آماری قرار داشتند (شکل ۴-۱۱) و همچنین کاربرد ورمی‌کمپوست نیز موجب بهبود این صفت شد به‌طوری‌که مصرف ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست سبب افزایش ۱۷/۱۴ درصدی کلروفیل کل نسبت به تیمار شاهد شد (شکل ۴-۱۲). در اثر متقابل خاک‌ورزی × کود شیمیایی × ورمی‌کمپوست (ABC) ۵۱/۷۱ درصد افزایش مقدار کلروفیل کل در تیمار ترکیبی خاک-ورزی عمیق × کود شیمیایی ۵۰٪ عرف منطقه × ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد گزارش شد (جدول پیوست ۷).



شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین کلروفیل کل تحت تأثیر کود شیمیایی NPK



شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین کلروفیل کل تحت تأثیر ورمی‌کمپوست

فتوسنتز یکی از فرآیندهای مهم فیزیولوژیکی گیاه است. نیتروژن از مهم‌ترین عوامل محدود کننده تولید محصولات زراعی است. مصرف کود شیمیایی NPK و افزایش میزان نیتروژن موجب بهبود رنگدانه‌های فتوسنتزی گردید به‌طوری‌که میزان کلروفیل a را به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش داد و همچنین به نظر می‌رسد که فراهمی فسفر تأثیر معنی‌داری بر افزایش کلروفیل برگ داشته است، کمبود فسفر باعث کاهش کلروفیل برگ و فلورسانس آن می‌گردد (لیما و همکاران، ۱۹۹۹). فراهمی عناصری نظیر آهن، منیزیم و منگنز با کاربرد ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی NPK و با توجه به نقش کلیدی عناصری مانند نیتروژن، آهن و منیزیم در ساختمان کلروفیل، به نظر می‌رسد که تأمین این عناصر دلیل اصلی افزایش کلروفیل باشد. همبستگی مثبت بین افزایش فراهمی نیتروژن و میزان کلروفیل برگ در مطالعات مختلفی گزارش شده‌است (دینگ و همکاران، ۲۰۰۵. داماتا و همکاران، ۲۰۰۲). صدقی و میرزایی (۱۳۸۷) در تحقیقات خود دریافتند که اضافه کردن ورمی‌کمپوست به خاک، جذب نیتروژن توسط گیاه را افزایش داد که به تبع آن میزان رشد رویشی و تولید برگ افزایش یافته و در نتیجه سطح فتوسنتزی گیاه بیشتر شده و میزان مواد هیدروکربنی و کلروفیل در گیاه افزایش می‌یابد. به‌طور کلی هر چه شرایط تغذیه‌ای و محیطی، از جمله عناصر غذایی، نور، رطوبت، آفات و بیماری‌ها برای رشد گیاه مناسب‌تر باشد، توان گیاه در تولید کلروفیل در برگ‌ها و تولید انرژی بیشتر می‌شود. از این‌رو عواملی که سبب بهبود این شرایط می‌شوند، احتمالا بر میزان کلروفیل نیز مؤثر هستند (دمیر، ۲۰۰۴). می‌توان گفت تأثیری که ورمی‌کمپوست بر جوانه‌زنی و رشد گیاه و محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌گذارد می‌تواند ناشی از اثر آن بر تقویت خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، افزایش دسترسی به آب و مواد غذایی باشد و همچنین به دلیل وجود مواد فعال بیولوژیکی ناشی از کنش متقابل میکروارگانیسم‌ها و کرم‌های خاکی مانند برخی هورمون‌های گیاهی در ورمی-کمپوست باشد. احتمالا افزایش دسترسی به عناصر غذایی موجب افزایش میزان رنگیزه‌ها و فتوسنتز شده‌است. چیلوورو و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که کاربرد ورمی‌کمپوست محتوای کلروفیل کل در ماش (*Vigna radiata*) را افزایش داد. می‌توان چنین بیان نمود که اگر گیاهی بتواند سریع‌تر رشد

کند، میزان برگ تولیدی آن نیز افزایش می‌یابد و در نتیجه میزان کلروفیل کل آن نیز افزایش خواهد یافت و فتوسنتز افزایش می‌یابد.

۴-۲-۲ – پروتئین دانه ذرت

نیتروژن در تشکیل ماده خشک و شکل‌گیری اجزاء اساسی از جمله نوکلئیک اسیدها، آمینواسیدها، آنزیم‌ها و رنگدانه‌های فتوسنتزی نقشی تعیین کننده دارد (بولگارد و همکاران، ۱۹۹۹). سنتز پروتئین در غلات به جذب نیتروژن خاک قبل از گلدهی و ادامه آن در زمان پر شدن دانه بستگی دارد (سوبدی و همکاران، ۲۰۰۷).

در این پژوهش پروتئین دانه تحت تأثیر تیمار کود شیمیایی (B) و ورمی‌کمپوست (C) قرار گرفت به‌طوری‌که هر دو این تیمارها در سطح احتمال ۱ درصد موجب افزایش معنی‌داری در میزان پروتئین دانه شدند و هیچکدام از اثرات برهمکنش این تیمارها معنی‌دار نشد (جدول پیوست ۴). درصدهای بالاتری از این صفت در تیمار کود شیمیایی به میزان عرف و ۵۰٪ عرف منطقه مشاهده شد به‌طوری‌که کود شیمیایی به میزان عرف منطقه میزان پروتئین دانه را ۲۷/۵۶۷ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد که این نتایج با گزارش سوبدی و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت داشت (شکل ۴-۱۳) و همچنین مصرف ورمی‌کمپوست میزان پروتئین را افزایش داد و بیشترین میزان پروتئین در کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست مشاهده شد و باعث افزایش ۲۴/۹۲ درصدی پروتئین دانه شد (شکل ۴-۱۴).

شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین پروتئین دانه تحت تأثیر کود شیمیایی NPK

شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین پروتئین دانه تحت تأثیر ورمی‌کمپوست

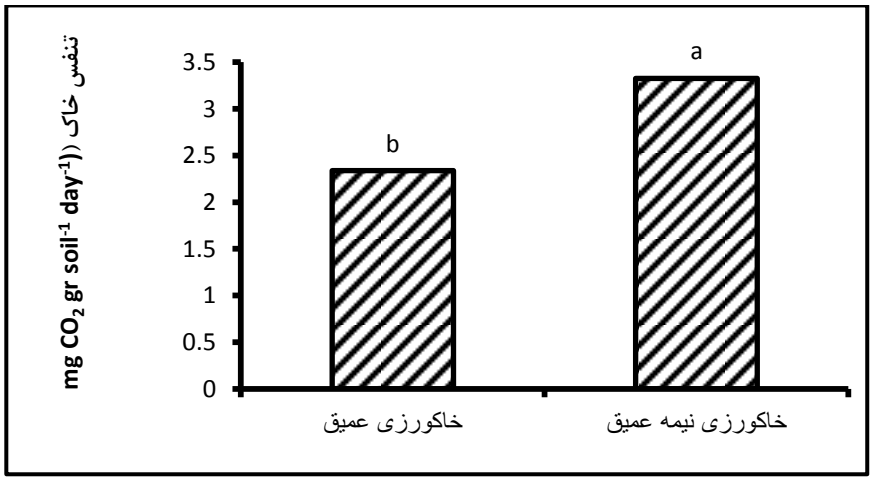
کاربرد کودهای آلی سبب افزایش فعالیت آنزیمی و میکروبی خاک و فراهمی نیتروژن برای گیاه می‌گردد (هاتچ و همکاران، ۲۰۰۷). مامان و همکاران (۱۹۹۹) در آزمایشی با افزایش نیتروژن مصرفی از ۱۰۰ کیلوگرم به ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار شاهد افزایش میزان پروتئین شد. در مطالعه کوکس و همکاران (۱۹۹۳) نیز در اثر افزایش مصرف کودهای شیمیایی نیتروژن، پروتئین دانه ذرت افزایش یافت. نیتروژن از اجزای اساسی تشکیل دهنده‌ی پروتئین‌ها محسوب می‌شود در نتیجه می‌توان گفت میزان پروتئین با غلظت نیتروژن در بافت‌های گیاهی رابطه مستقیم دارد و با افزایش میزان نیتروژن،

پروتئین در بافت‌های گیاهی نیز افزایش می‌یابد. در این آزمایش نیز با مصرف کودهای شیمیایی NPK و ورمی‌کمپوست به دلیل داشتن میزان زیادی نیتروژن، افزایش میزان پروتئین دانه ذرت مشاهده شد.

۴-۳- صفات اندازه‌گیری شده خاک

۴-۳-۱ - تنفس خاک

اندازه‌گیری تنفس خاک یکی از حساس‌ترین شاخص‌های مؤثر بر کیفیت و کارایی خاک است. در این پژوهش تنفس خاک تحت تأثیر تیمار خاک‌ورزی (A) و ورمی‌کمپوست (C) در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار گردید (جدول پیوست۵). افزودن کودهای شیمیایی در مقابل کودهای آلی تفاوت معنی‌داری در میزان تنفس خاک ایجاد نکرد. بیشترین میزان تنفس خاک در خاک‌ورزی نیمه عمیق مشاهده شد که ۳/۳۲۵ میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در گرم خاک در روز بود که ۴۲/۳۳ درصد نسبت به خاک‌ورزی عمیق افزایش داشت (شکل ۴-۱۵). با توجه به شکل ۴-۱۶ مقادیر بالایی از تنفس خاک در تیمارهای ۱۰ و ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست مشاهده شد که تیمار ۱۰ تن در هکتار ورمی-کمپوست موجب بهبود ۱۹/۵۶ درصدی این صفت نسبت به تیمار شاهد شد(شکل ۴-۱۶).



شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین تنفس خاک تحت اثر اصلی خاک‌ورزی

شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین تنفس خاک تحت اثر اصلی ورمی‌کمپوست

به‌طور کلی افزودن کود سبب افزایش مواد غذایی به خاک و در نتیجه افزایش فعالیت ریز جانداران می‌شود. کود ورمی‌کمپوست نیز با داشتن عناصر غذایی زیاد سبب افزایش جمعیت میکروبی و بالا بردن میزان تجزیه مواد آلی موجود در خاک می‌شود و سرعت خروج CO_2 از خاک را افزایش می-دهد.کاربرد کودهای آلی همچون ورمی‌کمپوست، علاوه بر کاهش استفاده از کودهای شیمیایی با حفظ و ارتقاء حاصل‌خیزی خاک سبب افزایش تنفس خاک می‌شود. کانچی کریمس و سینگ (۲۰۰۱) درمورد کودهای دامی چنین بیان نمودند که کاربرد این کودها به میزان ۱۵ تن در هکتار، جمعیت میکروبی را از ۱۲۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک در تیمار عدم مصرف کود آلی، به ۳۳۱ میلی‌گرم در تیمار کود آلی افزایش داد و همچنین بیان نمودند که کربن آماده و نیتروژن کود دامی به علاوه‌ی رشد ریشه و در نتیجه تراوشات ریشه، می‌تواند عامل اصلی مؤثر در بهبود جمعیت میکروبی باشد. در مطالعه‌ای دیگر در رابطه با ورمی‌کمپوست نشان داده شد که فعالیت‌های بیولوژیکی خاک شامل تنفس، زیست توده‌ی میکروبی و فعالیت‌های دی‌هیدروژناز در خاک‌های تحت تیمار ورمی‌کمپوست، بسیار بیشتر از خاک‌های حاوی کود شیمیایی بود (مانا و همکاران، ۲۰۰۳). در نتیجه‌ی کاربرد ورمی-کمپوست به علت افزایش مواد آلی خاک، فعالیت‌های آنزیمی در خاک و نیز تولید دی‌اکسیدکربن بیشتر می‌شود. ژانگ و کای (۲۰۰۷) در مقایسه کودهای آلی و شیمیایی دریافتند که کودهای آلی در

مقایسه با کودهای شیمیایی به طور مستقیم و به مقدار زیاد بر شاخص‌های میکروبی تأثیر دارند و ورمی‌کمپوست ها به دلیل داشتن آنزیم‌ها، هورمون‌های رشد و جمعیت میکروبی بالاتر، نسبت به کمپوست‌ها برتری دارند (چو و همکاران، ۲۰۰۷). افزایش شدت خاک‌ورزی سرعت تجزیه ماده آلی را افزایش می‌دهد و باعث کاهش ماده اولیه مورد نیاز برای رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌های خاکزی می‌شود. ابوت و مورفی (۲۰۰۷) در این باره گزارش کردند که عملیات خاک‌ورزی تأثیر بسزایی بر جوامع میکروبی خاک دارد و استفاده از خاک‌ورزی فشرده منجر به کاهش جمعیت میکروبی خاک خواهد شد. چیرینداو همکاران (۲۰۱۰) نیز در همین راستا بیان کردند که کمترین میزان تنفس میکروبی خاک در نظام فشرده مشاهده شده‌است. طبق بررسی‌ها در رابطه با سیستم بدون شخم مشاهده شد که در این نظام جمعیت میکروبی و به تبع آن تولید CO_2 ناشی از فعالیت جمعیت میکروبی خاک به مراتب بالاتر از سیستم شخم فشرده بود (لیوانن و همکاران، ۱۹۹۳). برمر و همکاران (۱۹۹۸) بیان داشتند که عامل اصلی افزایش تنفس خاک مربوط به فراهمی کربن آلی در خاک می-باشد. افزایش محتوی کربن آلی خاک به عنوان ماده اولیه لازم برای رشد جوامع میکروبی خاک (اگلی ۱۹۹۱؛ برمر و همکاران ۱۹۹۸) سبب بهبود فعالیت‌های جوامع میکروبی خاک در دراز مدت می‌شود (کومار و شوتا، ۲۰۱۰). با بهره‌گیری از نظام خاک‌ورزی کاهش یافته و مصرف حاصلخیزکننده‌های آلی می‌توان از طریق حفظ جمعیت و فعالیت میکروبی خاک باعث بهبود ویژگی‌های بیولوژیکی خاک در کشور شد و از این طریق جمعیت میکروارگانیسم‌های خاک را بهبود بخشید که این امر علاوه بر کاهش هزینه‌های مختلف زیست محیطی، باعث افزایش کارایی و بهره‌وری تولید در بوم‌نظام‌های زراعی کشور می‌شود (واتسون و همکاران، ۲۰۰۲؛ چیرینداو همکاران، ۲۰۱۰).

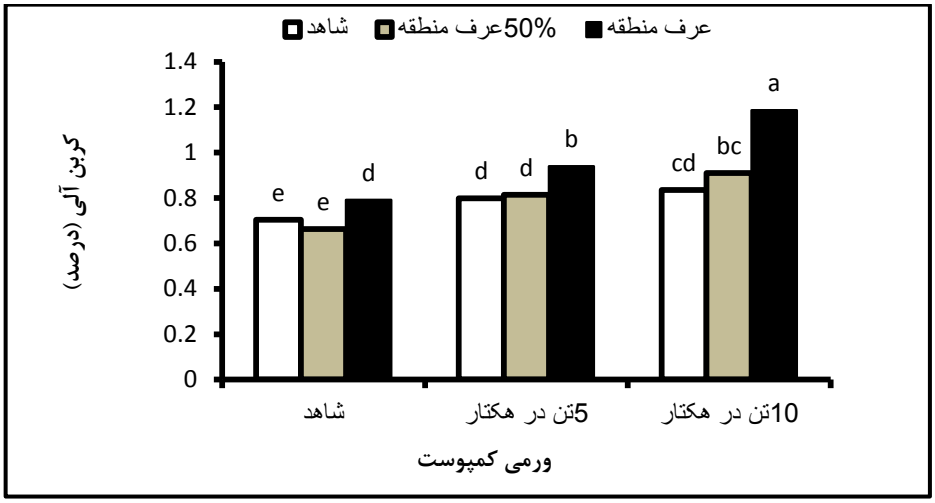
۴-۳-۲- کربن آلی خاک [۲]

کربن خاک تحت تأثیر تیمار کود شیمیایی، ورمی‌کمپوست و اثر متقابل دوگانه خاک‌ورزی × کود شیمیایی (AB) و کود شیمیایی × ورمی‌کمپوست (BC) و همچنین اثر متقابل سه گانه خاک‌ورزی ×

[2] - Soil Organic Carbon

کود شیمیایی × ورمی‌کمپوست (ABC) قرار گرفت به‌طوری‌که این تیمارها در سطح احتمال ۱درصد موجب افزایش معنی‌داری در میزان کربن آلی خاک شدند (جدول پیوست ۵). در اثر متقابل خاک ورزی × کود شیمیایی بیشترین میزان کربن آلی مربوط به تیمار خاک‌ورزی نیمه‌عمیق × کود شیمیایی به میزان عرف منطقه بود که موجب افزایش ۳۶/۹۹ درصدی کربن خاک نسبت به تیمار شاهد گردید (شکل۴-۱۷). مقایسه میانگین موجود در شکل ۴-۱۸ نیز نشان دهنده‌ی بهبود میزان کربن آلی در اثر کاربرد توآم کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست بود که کاربرد ورمی‌کمپوست به عنوان کود آلی به همراه کود شیمیایی نسبت به کاربرد هر کدام از آن دو به تنهایی، تأثیر بیشتری در افزایش کربن آلی خاک داشت. مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه خاک‌ورزی × کود شیمیایی × ورمی‌کمپوست (ABC) نشان داد که میزان کربن آلی در تیمار خاک‌ورزی نیمه عمیق × کود شیمیایی به میزان ۵۰٪ عرف منطقه × ۱۰ تن ورمی‌کمپوست ۹۳ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (جدول پیوست ۸).

شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین کربن آلی خاک تحت تأثیر برهمکنش کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست



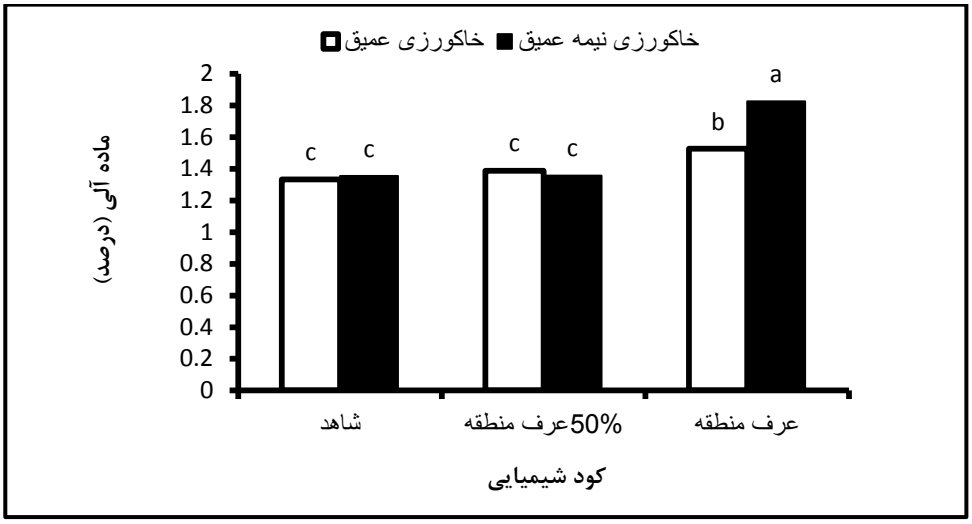
شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین کربن آلی خاک تحت تأثیر برهمکنش کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست

گزارشات زبراس و همکاران (۱۹۹۹) و دیگر محقیقن (دامودار ردی و همکاران، ۲۰۰۰؛ کانچی کریمس و ساینگ، ۲۰۰۱) نیز بیان‌گر افزایش میزان کربن آلی در اثر کاربرد متوالی ورمی‌کمپوست بود. مقدار بیشتر کربن آلی در تیمار خاک‌ورزی نیمه‌عمیق به دلیل کمتر به هم خوردن خاک مشاهده شد. در اثر شخم و دیسک مزرعه، مواد آلی خاک به سطح آمده و در معرض اکسیژن قرار می‌گیرند که این امر موجب اکسید شدن مواد آلی و از دست رفتن آن می‌شود. هوساین و همکاران (۱۹۹۹) نیز در این‌باره بیان نمودند که فعالیت‌های خاک‌ورزی موجب کاهش میزان کربن آلی خاک نسبت به عدم خاک‌ورزی می‌شود و با افزایش شدت خاک‌ورزی کاهش کربن آلی بیشتر می‌شود. طبق مطالعات یو و همکاران (۲۰۰۶) هوادهی و شکستن خاکدانه‌ها در سیستم خاک‌ورزی مرسوم باعث کاهش کربن آلی خاک می‌شود. آن‌ها گزارش کردند که میزان خروجی CO_2 از خاک‌هایی که مورد کم‌خاک‌ورزی و یا بی‌خاک‌ورزی قرار گرفتند، کمتر از خاک‌هایی است که خاک‌ورزی رایج داشتند. بونو و همکاران (۲۰۰۸) براین باورند که در شرایط بدون شخم مقدار ورودی کربن آلی به خاک بیشتر از خاک‌ورزی مرسوم است. از این‌رو مقدار کربن آلی و همچنین عملکرد گیاهان در این مزارع بیشتر می‌گردد.

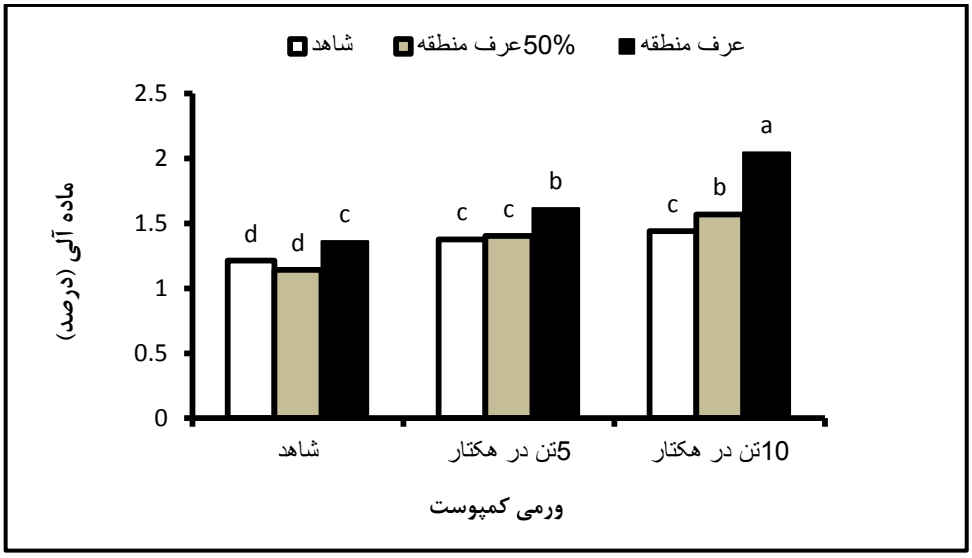
۴-۳-۳ – مواد آلی خاک [3]

وجود ماده آلی خاک علاوه بر اینکه نشان دهنده‌ی سلامت و کیفیت خاک است، شاخص مناسبی برای باروری خاک می‌باشد. همچنین به عنوان شاخص اصلی در حاصلخیزی و کیفیت خاک مطرح بوده و نشان دهنده‌ی پایداری خاک می‌باشد (ریوس، ۱۹۹۷؛ ابوت و مورفی، ۲۰۰۷). طبق جدول تجزیه واریانس داده‌ها اثر اصلی کود شیمیایی (B)، ورمی‌کمپوست (C) و اثر متقابل دوگانه خاک‌ورزی × کود شیمیایی (AB)، کود شیمیایی × ورمی کمپوست (BC) و اثر متقابل سه‌گانه خاک‌ورزی × کود شیمیایی × ورمی‌کمپوست (ABC) بر میزان ماده آلی خاک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول پیوست ۵). مقایسه برهمکنش خاک‌ورزی و سطوح کود شیمیایی نشان داد در اثر اعمال خاک‌ورزی نیمه عمیق به همراه کاربرد کود شیمیایی به میزان عرف منطقه میزان ماده آلی موجود در خاک ۱/۸۲ درصد بود که نسبت به شاهد ۳۶/۸۴ درصد افزایش را نشان داد (شکل ۴-۱۹) و در تیمار ترکیبی کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست بیشترین میزان ماده آلی مربوط به تیمار ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست × کود شیمیایی به میزان عرف منطقه بود که افزایش ۶۸/۵۹ درصدی ماده آلی را نسبت به تیمار شاهد نشان داد (شکل ۴-۲۰). نتایج مقایسه میانگین خاک‌ورزی × کود شیمیایی × ورمی‌کمپوست (ABC) نشان داد که تیمار خاک‌ورزی نیمه عمیق × کود شیمیایی به میزان عرف منطقه × ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست مواد آلی خاک را ۹۴/۴۶ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (جدول پیوست ۸).

[3] - Soil Organic Matter



شکل ۴-۱۹- مقایسه میانگین ماده آلی خاک تحت تأثیر برهمکنش خاک‌ورزی و کود شیمیایی



شکل ۴-۲۰- مقایسه میانگین ماده آلی خاک تحت تأثیر برهمکنش کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست

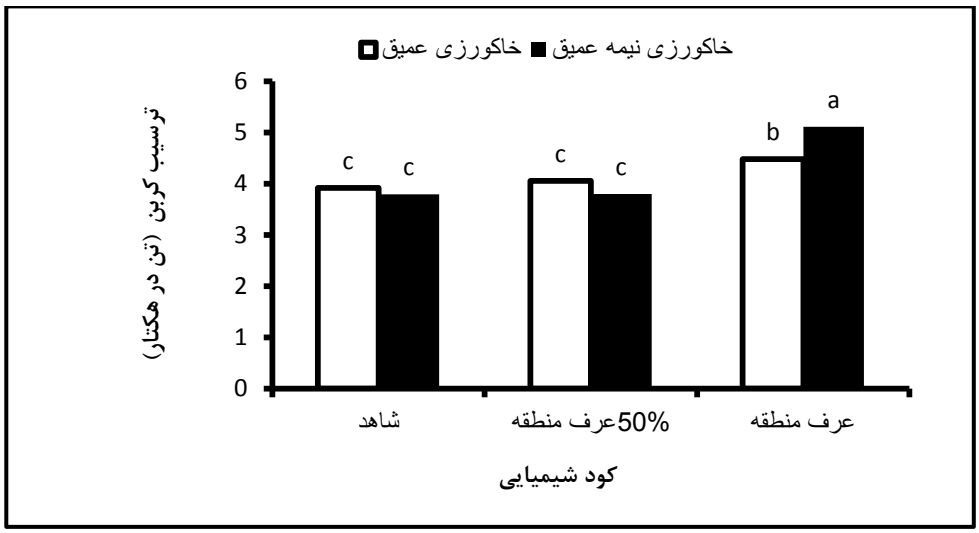
بهره‌گیری از نهاده‌های آلی و کاهش اعمال خاک‌ورزی باعث افزایش میزان ماده آلی خاک شد. از آن‌جا که ماده آلی خاک به عنوان نسبتی از کربن آلی خاک محسوب می‌شود (پلیدری و همکاران، ۲۰۰۸)، بنابراین خاک‌ورزی با اکسیداسیون و تجزیه بیشتر محتوی کربن آلی باعث کاهش کربن آلی و به تبع آن کاهش محتوی ماده آلی خاک شد (پست و کوان، ۲۰۰۰؛ ابوت و مورفی، ۲۰۰۷). پست و

کوان (۲۰۰۰) نیز کاهش بیش از ۵۰ درصد محتوی ماده آلی خاک را در شرایط اعمال خاک‌ورزی فشرده در مقایسه با عدم خاک‌ورزی گزارش کردند. گلیک و همکاران (۲۰۰۴) طی مطالعات خود افزایش غلظت مواد آلی خاک را در اثر کاربرد کودهای آلی کمپوست و ورمی‌کمپوست گزارش کردند. پارتا ساراتی و همکاران (۲۰۰۸) نیز این مطلب را در رابطه با ورمی‌کمپوست تأیید کردند.

۴-۳-۴- ترسیب کربن در خاک

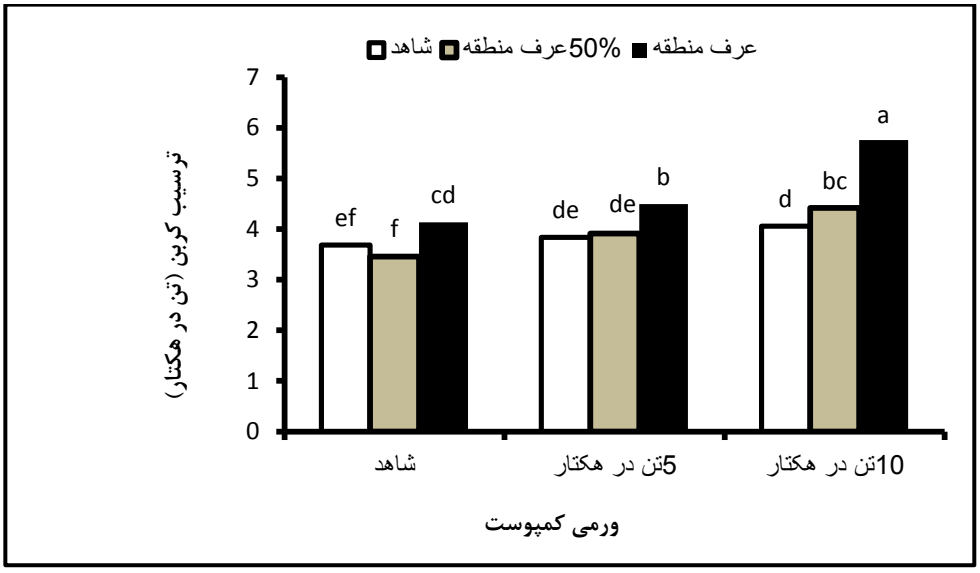
ترسیب کربن در زیست‌توده گیاهی و خاک‌های تحت آن، ساده‌ترین و از نظر اقتصادی عملی‌ترین راهکار ممکن به منظور کاهش CO_2 اتمسفری محسوب می‌شود (ایمریچ، ۲۰۰۲). نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تمام تیمارها به جز تیمار اصلی خاک‌ورزی (A) اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر ترسیب کربن دارد (جدول پیوست ۵). افزایش مصرف کودهای آلی و شیمیایی همراه با خاک‌ورزی نیمه عمیق باعث افزایش میزان ترسیب کربن در خاک شد. به‌طوری‌که در تیمار ترکیبی خاک‌ورزی × کود شیمیایی (AB) تیمارهای خاک‌ورزی عمیق و نیمه عمیق به همراه مصرف کود شیمیایی به میزان ۵۰٪ عرف منطقه و همچنین کود شیمیایی شاهد (۲۵٪ عرف منطقه) مقادیر پایینی از این صفت را نشان دادند در حالی‌که بیشترین مقدار مربوط به تیمار خاک‌ورزی نیمه عمیق × کود شیمیایی به میزان عرف منطقه بود که موجب افزایش ۳۰/۷ درصدی در میزان کربن ترسیب شده نسبت به تیمار شاهد گردید (شکل ۴-۲۱) و در تیمار ترکیبی خاک‌ورزی × ورمی‌کمپوست (AC) نیز بیشترین میزان مربوط به تیمار خاک‌ورزی نیمه عمیق × ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست بود که میزان کربن ترسیب شده در خاک را ۲۸/۹ درصد نسبت به تیمار شاهد بهبود بخشید(شکل ۴-۲۲). کاربرد توآم کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست نیز افزایش چشم‌گیری از این صفت را نشان دادند که بالاترین میزان کربن ترسیب شده در تیمار کود شیمیایی به میزان عرف منطقه × ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست دیده شد که ۵۸/۳۳ درصد موجب بهبود این صفت در خاک شد. با توجه به اینکه بالاترین محتوای کربن آلی و ماده آلی در تیمار کود شیمیایی به میزان عرف منطقه × ۱۰ تن در

هکتار ورمی کمپوست به‌دست آمد، لذا در نهایت بیشترین میزان کربن ترسیب شده در خاک نیز در این تیمار مشاهده شد (شکل ۴-۲۳). نتایج مقایسه میانگین تیمار ترکیبی خاک‌ورزی × کود شیمیایی × ورمی‌کمپوست (ABC) نیز حاکی از آن بود که ۷۴/۳۲ درصد افزایش ترسیب کربن در تیمار خاک ورزی نیمه عمیق × کود شیمیایی ۵۰٪ عرف منطقه × ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست نسبت به تیمار شاهد وجود داشت (جدول پیوست ۸).



شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین ترسیب کربن در خاک تحت تأثیر برهمکنش خاک‌ورزی وکود شیمیایی NPK

شکل ۴-۲۲- مقایسه میانگین ترسیب کربن در خاک تحت تأثیر برهمکنش خاک‌ورزی × ورمی‌کمپوست



شکل ۴-۲۳- مقایسه میانگین ترسیب کربن در خاک تحت تأثیر برهمکنش کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست

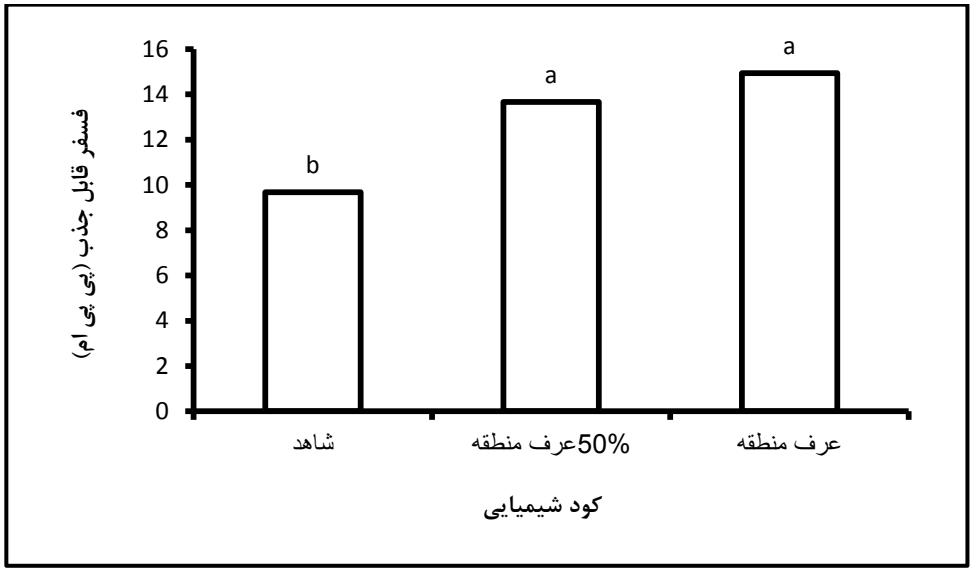
جنز و همکاران (۲۰۱۰) بیان داشتند که کاشت ذرت در هلند موجب ترسیب ۵/۹۷ تن در هکتار کربن شد. بهره‌گیری از نظام کشاورزی کم نهاده بر پایه‌ی مصرف کودهای آلی و خاک‌ورزی نیمه عمیق علاوه بر کاهش مستقیم اثرات منفی بر محیط زیست تحت تأثیر کاهش مصرف انواع آلاینده-های شیمیایی، موجب تأثیر مثبت بر محتوی کربن آلی خاک و حفظ و ترسیب آن در خاک شده و می‌توان با استفاده از بهبود محتوی کربن آلی در خاک، مانع از انتشار دی‌اکسیدکربن به اتمسفر شود. گریگوریچ و همکاران (۲۰۰۱) بیان نمودند که استفاده از کودهای آلی سبب افزایش محتوای کربنی خاک نسبت به کاربرد کودهای غیرآلی و شیمیایی می‌شود. استفاده از کودهای آلی در مدت زمان طولانی، خاکدانه بندی را افزایش داده و مقدار محتوای کربنی خاک را بالا می‌برد (جیلی و ریس، ۲۰۰۰). اگرچه در این پژوهش اثر اصلی خاک‌ورزی معنی‌دار نشد اما با این وجود میزان کربن خاک در خاک‌ورزی رایج کمتر از خاک‌ورزی با چیزل ترسیب یافت که با نتایج علیخانی و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت دارد. بدین ترتیب اگر چه محققان راهکارهای بهبود دهنده‌ی پتانسیل ترسیب کربن خاک در بوم‌نظام‌های زراعی را بسیار متنوع می‌دانند، اما با توجه به این‌که بخش عمده‌ی کشور ما شامل مناطق خشک و نیمه خشک است و محتوی ماده آلی آن بسیار پایین است (حاج عباسی و همت، ۲۰۰۰؛

مصدقی و همکاران، ۲۰۰۰؛ شیرانی و همکاران، ۲۰۰۲)، به‌نظر می‌رسد که کاربرد ماده آلی به منظور بهبود پتانسیل ترسیب کربن خاک و بهبود کیفیت خاک می‌تواند به عنوان راهکاری پایدار در نظر گرفته شود. همچنین به توصیه ابوت و مورفی (۲۰۰۷) با توجه به پایین بودن حاصلخیزی خاک، برای بهبود کیفیت آن بهتر است عملیات خاک‌ورزی کاهش یافته و نهاده‌های آلی به عنوان راهکاری پایدار برای بوم نظام‌های زراعی کشور به کار گرفته شود.

۴-۳-۵- فسفر قابل دسترس خاک

طبق نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس، اثرات اصلی کود شیمیایی (B) و ورمی‌کمپوست (C) در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان فسفر قابل دسترس خاک معنی‌دار شد (جدول پیوست ۵)، به طوری‌که تیمار اصلی ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست میزان فسفر قابل جذب را بهبود بخشید و مقدار صفت مورد بررسی را ۳۶/۲۹ ٪ نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (شکل ۴-۲۴) و همچنین مقادیر بالایی از این صفت در تیمارهای کود شیمیایی به میزان عرف منطقه و ۵۰٪ عرف منطقه مشاهده شد که افزایش فسفر قابل جذب در تیمار کود شیمیایی به میزان عرف منطقه نسبت به شاهد ۵۴/۳۹ ٪ مشاهده شد. (شکل ۴-۲۵).

شکل ۴-۲۴- مقایسه میانگین فسفر قابل جذب تحت تأثیر تیمار اصلی ورمی‌کمپوست



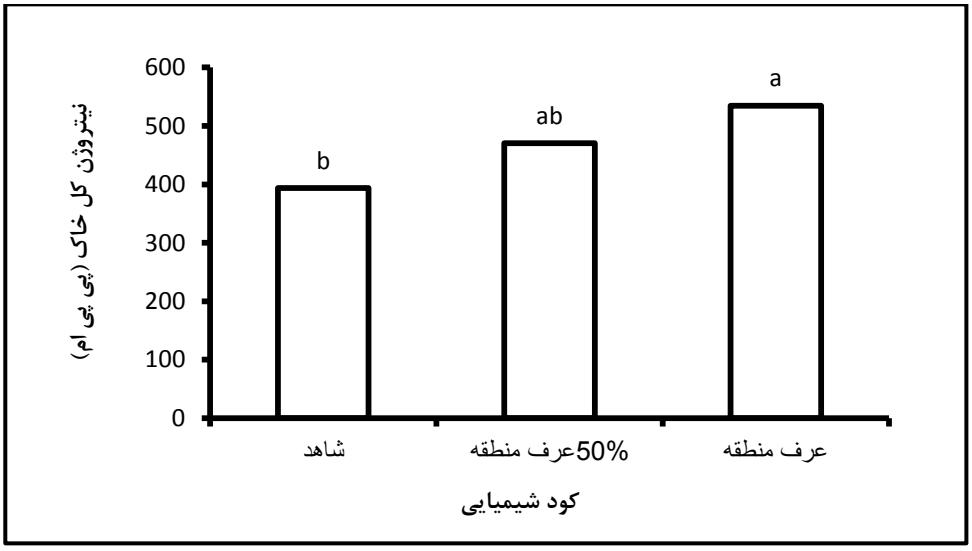
شکل ۴-۲۵- مقایسه میانگین فسفر قابل جذب تحت تأثیر تیمار اصلی کود شیمیایی NPK

محققین نیز افزایش میزان فسفر قابل جذب در اثر مصرف کودهای آلی را گزارش کردند (اگاروال و همکاران، ۱۹۹۷؛ دامودارِدی و همکاران، ۲۰۰۰). یکی از دلایل این تأثیر را می‌توان کم بودن ماده آلی خاک قبل از اعمال تیمارها دانست، زیرا کمبود مواد آلی باعث می‌شود فسفر موجود در خاک با کلوئیدهای خاک ترکیب شود و از دسترس گیاه خارج شود (کوچکی و خلقانی، ۱۳۷۷). کودهای آلی موجب افزایش ظرفیت جذب فسفر می‌شوند، بنابراین کاربرد کودهای آلی موجب افزایش فراهمی فسفر خاک می‌شود (سیکس و همکاران، ۱۹۹۸).

۴-۳-۶- نیتروژن کل خاک

تیمار کود شیمیایی (B) و ورمی‌کمپوست (C) اثر معنی‌دار ($p < 0.01$) بر صفت نیتروژن کل خاک داشت (جدول پیوست ۵). در شکل (۴-۲۶) در تیمار شاهد مقادیر پایینی از این صفت مشاهده شد و این در حالی بود که مقادیر بالایی از این صفت در تیمار کود شیمیایی به میزان عرف منطقه و ۵۰٪ عرف منطقه مشاهده شد و این دو تیمار از نظر آماری در یک سطح معنی‌داری قرار گرفتند. همچنین در شکل (۴-۲۷) نشان داده شده که در تیمار ۱۰ تن در هکتار و ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست

مقادیر بالایی از نیتروژن کل خاک نسبت به خاک شاهد حاصل گردید که این دو تیمار نیز از نظر آماری در یک سطح معنی‌داری قرار گرفتند. محتوی نیتروژن خاک به دلیل افزوده شدن حاصلخیز کننده‌های مختلف به خاک افزایش یافت.



شکل ۴-۲۶- مقایسه میانگین نیتروژن کل خاک تحت تأثیر تیمار اصلی کود شیمیایی NPK

شکل ۴-۲۷- مقایسه میانگین نیتروژن کل خاک تحت تأثیر تیمار اصلی ورمی‌کمپوست

به‌نظر می‌رسد که در تیمارهای حاوی کود ورمی‌کمپوست افزایش نیتروژن به دلیل حفظ نیتروژن بیشتر در خاک و کاهش آبشویی ناشی از افزایش ماده آلی و افزایش کلوئیدهای هوموسی باشد (دورادو و همکاران، ۲۰۰۳). این کودها علاوه بر افزایش مواد آلی خاک، منجر به افزایش عناصر غذایی خاک به ویژه نیتروژن می‌شود (درینکواتر و همکاران، ۱۹۹۵) و همچنین مشخص شده است که کودهای آلی موجب تحریک تثبیت نیتروژن در خاک شده که ممکن است موجب افزایش نیتروژن خاک شود (لادها و همکاران، ۱۹۸۹). چویی و همکاران (۲۰۰۳) اظهار داشتند که کاربرد ورمی-کمپوست نسبت به سایر کودهای مورد استفاده، فراهمی بیشتر عناصر نیتروژن، کربن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم را به دلیل آزادسازی تدریجی و کاهش آبشویی آنها سبب می‌شود.

نتیجه‌گیری

و

پیشنهادات

۵-۱- نتیجه‌گیری

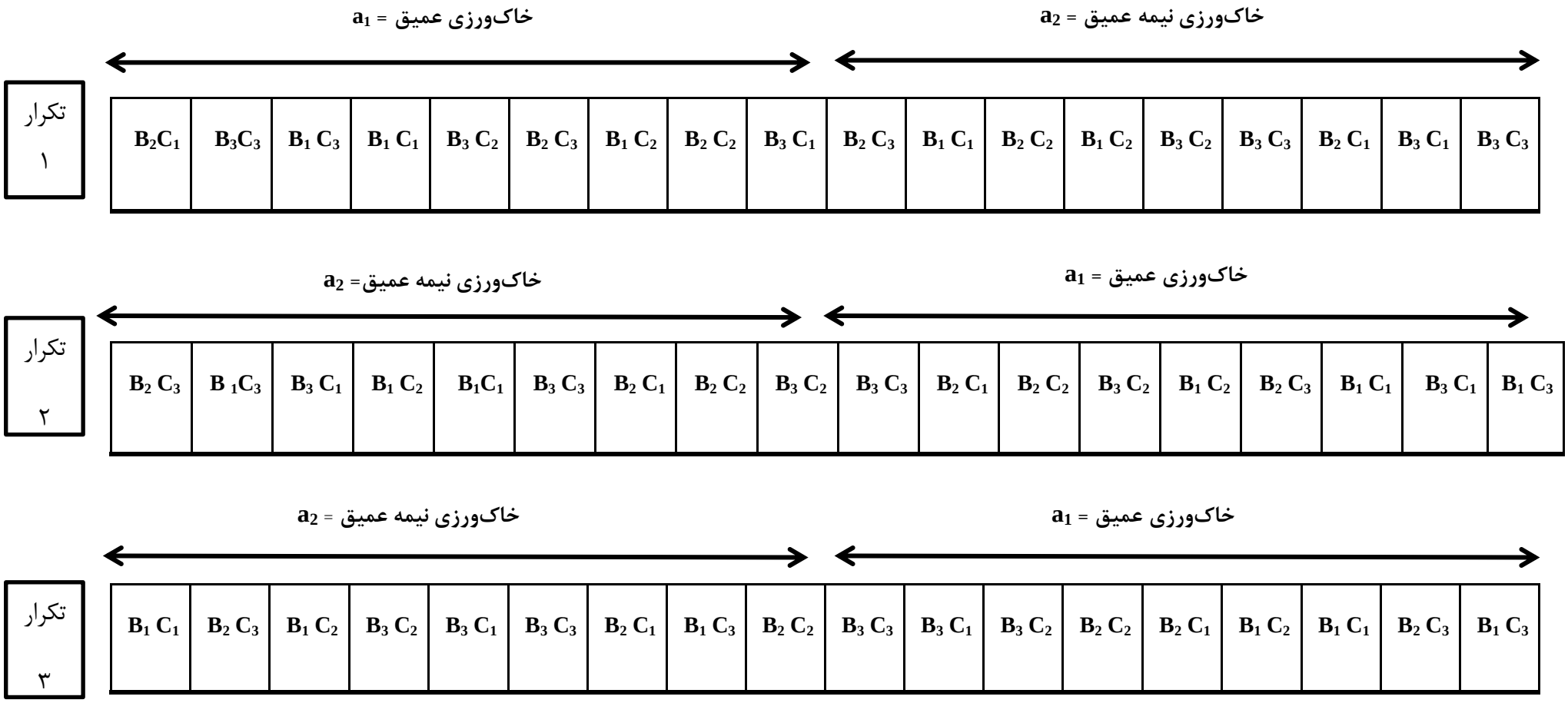
در این آزمایش همان‌گونه که انتظار می‌رفت با بهره‌گیری از مدیریت نظام زراعی بر مبنای کاهش خاک‌ورزی و مصرف کودهای آلی، علاوه بر کاهش مستقیم اثرات منفی بر محیط زیست تحت تأثیر کاهش مصرف آلاینده‌های شیمیایی، میزان مواد آلی خاک افزایش یافت و این شیوه‌ی مدیریت با تأثیر مثبت بر محتوی کربن آلی خاک نقش مؤثری در حفظ و ذخیره‌ی آن در خاک داشته و از این طریق با بهبود محتوای کربن آلی در خاک، می‌تواند مانع از انتشار دی اکسید کربن به اتمسفر شود. همچنین مشخص شد که کاربرد ورمی‌کمپوست به همراه کودهای شیمیایی در خاک‌های زراعی، تأثیر مثبتی بر وضعیت خاک داشته و ورمی‌کمپوست می‌تواند به عنوان یک کود مناسب و مقرون به صرفه نسبت به کودهای شیمیایی و هم‌چنین برای جبران کمبود مواد آلی در خاک، شرایط نامناسب خاک استفاده شود. با توجه به این‌که بخش عمده‌ی کشور ما شامل مناطق خشک و نیمه خشک است و دارای محتوی ماده آلی بسیار پایین می‌باشد، در نتیجه کاهش عملیات خاک‌ورزی و کاربرد کودهای آلی به منظور بهبود پتانسیل ترسیب کربن خاک و بهبود کیفیت و باروری خاک می‌تواند به عنوان راهکاری پایدار در این شرایط آب و هوایی مدنظر قرار گیرد. کاهش عملیات خاک‌ورزی موجب افزایش کربن آلی و ماده آلی خاک و کاهش فرسایش و کاهش آلودگی محیط می‌گردد و در بلند مدت نیز افزایش عملکرد را در پی خواهد داشت. از آن‌جا که محتوی کربن خاک بر کلیه ویژگی‌های خاک از جمله خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی تأثیر دارد، می‌توان با افزایش محتوی آن با استفاده از انواع نهاده‌های آلی و کاهش عملیات خاک‌ورزی موجب بهبود میزان آن در خاک شد. استفاده از عملیات خاک‌ورزی فشرده به دلیل کاهش محتوی ماده آلی خاک تحت تأثیر افزایش سرعت تجزیه کربن، باعث کاهش میزان فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک‌زی و سرعت تنفس میکروبی خاک شد. افزوده شدن کود آلی ورمی‌کمپوست به خاک، سبب بهبود بیشتر فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک‌زی تحت تأثیر افزایش محتوی کربن آلی خاک و افزایش تنفس میکروبی خاک شد. بدین ترتیب چنین به

نظر می‌رسد که بتوان با مدیریت نظام‌های زراعی بر مبنای بهره‌گیری از کاهش عملیات خاک‌ورزی و مصرف توأم کودهای آلی و شیمیایی برای کاهش گازهای گلخانه‌ای و تغییر اقلیم بهره جست.

۵-۲- پیشنهادها

- ✓ اجرای این پروژه به صورت چند ساله برای رسیدن به عملکرد بیشتر ناشی از خاک‌ورزی حداقل
- ✓ مقایسه اثرات مدیریت‌های مختلف بر اساس خاک‌ورزی و سایر نهاده‌های آلی بر میزان ترسیب کربن در خاک‌های زراعی
- ✓ جایگزینی سیستم بی خاک‌ورزی در این پژوهش به جای خاک‌ورزی نیمه عمیق و مقایسه میزان ماده آلی خاک، کربن آلی خاک و عملکرد گیاه ناشی از بی خاک‌ورزی
- ✓ انجام پژوهش در شرایط آب و هوایی مختلف

پیوست



شکل پیوست ۱- نقشه کشت

C_1= شاهد B_1= کود شیمیایی شاهد (۲۵٪ عرف منطقه)

C_2= ورمی کمپوست ۵ تن در هکتار B_2= کود شیمیایی ۵۰٪ عرف منطقه

C_3= ورمی کمپوست۱۰ تن در هکتار B_3= کود شیمیایی عرف منطقه

جدول پیوست ۱- برخی از خصوصیات خاک مورد نظر (عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر)

اسیدیته (pH)	بافت خاک	هدایت الکتریکی(EC) (ds/m)	کربن آلی (درصد)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	فسفر قابل جذب (ppm)	نیتروژن کل (درصد)
۷/۸	لوم سیلتی	۱/۲	۰/۷۶	۲۵۰	۵/۵۴	۰/۰۶

جدول پیوست ۲- برخی از خصوصیات ورمی‌کمپوست مورد استفاده در آزمایش

اسیدیته (pH)	هدایت الکتریکی(EC) (ds/m)	کربن آلی (درصد)	پتاسیم قابل جذب (درصد)	فسفر کل (درصد)	نیتروژن کل (درصد)
۷/۶	۳/۱	۳۱	۱/۱۳	۱/۰۶	۲/۳۶

جدول پیوست ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) خصوصیات کمی گیاه ذرت

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	عملکرد دانه	وزن صد دانه	تعداد دانه در بلال	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
تکرار (R)	۲	۹۳/۹۸۲	۱/۳۱۶	۵/۵۱۰	۳۴۸۶/۶۸۵	۰/۹۳۹	۷۹/۵۸۹
خاک‌ورزی (A)	۱	۱۳۹۲/۵۳۰	۶/۹۹۸	۴/۸۴۱	۲۵۹۱۶/۴۶۳	۲۷/۰۶۸	۰/۴۶۵
خطای اول (E_a)	۲	۳۹۴/۹۷۴	۵/۵۸۲	۳/۵۱۶	۷۷۹۵/۷۹۶	۲/۳۹۰	۶۱۸/۱۰۰
کود شیمیایی (B)	۲	۱۰۷۲/۱۶ **	۲۰/۵۲۴ **	۱۳۱/۶۲۳ **	۷۱۵۲۰/۲۹۶**	۱۰۹/۲۱۸ **	۱۸۴/۰۲۴
اثر متقابل (A × B)	۲	۵۸/۸۰۶	۰/۶۶۸	۱/۴۰۶	۷۰۰/۹۶۳	۴/۳۶۰	۳۲۰/۳۳۷
ورمی‌کمپوست (C)	۲	۱۹۶۱/۳۱۱**	۳۸/۸۴۷ **	۱۶۴/۷۲۴ **	۶۲۱۷۱/۶۸۵ **	۱۵۵/۲۹۵ **	۱۵۰/۷۶۳
اثر متقابل (A × C)	۲	۱۴۴/۴۷۹	۱/۴۱۹	۴/۳۳۲	۴۱۸۸/۶۸۵	۵/۳۲۴	۶۹/۹۲۵
اثر متقابل (B × C)	۴	۲۷۲/۰۳۷ **	۲/۷۲۲ *	۱۴/۴۹۱ *	۹۹۰۹/۶۵۷ *	۱۶/۴۰۴ **	۱۲۴/۳۹۸
اثر متقابل (A × B× C)	۴	۱۳۹/۴۴۲	۰/۳۶۵	۳/۶۰۸	۲۰۶۹/۷۶۹	۱/۶۳۹	۵۷/۳۵۱
خطای دوم (E_b)	۳۲	۵۲/۶۶۶	۰/۷۸۹	۴/۷۲۲	۳۴۴۷/۱۹۹	۲/۳۳۶	۱۲۶/۳۹۴
ضریب تغییرات (%)		۴/۴۰	۹/۱۴	۱۲/۳۰	۱۲/۳۰	۱۰/۹۶	۲۱/۲۲

*و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشد.

جدول پیوست ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) خصوصیات فیزیولوژی و کیفی گیاه ذرت

منابع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید	کلروفیل کل	پروتئین دانه
تکرار (R)	۲	۴/۱۷۲	۱/۲۶۹	۰/۳۸۵	۸/۰۸۸	۱/۸۰۵
خاک‌ورزی (A)	۱	۷/۹۱۰	۵/۶۶۱	۰/۴۹۹	۲۶/۹۵۵	۶/۳۷۲
خطای اول (E_a)	۲	۱۲/۷۱۲	۲/۴۱۵	۰/۱۱۷	۲۰/۷۳۱	۱/۳۲۹
کود شیمیایی (B)	۲	۶۴/۵۳۴ *	۸۲/۶۳۳ **	۰/۳۹۹	۲۹۰/۷۲۲ **	۱۲/۶۵۷ **
اثر متقابل (A × B)	۲	۳/۴۰۹	۰/۰۵۷	۰/۴۸۴	۳/۶۱۸	۱/۳۶۷
ورمی‌کمپوست (C)	۲	۱۴/۴۲۳ *	۳۳/۸۳۷ **	۷/۱۳۵**	۸۶/۱۵۱ **	۹/۸۷۰ **
اثر متقابل (A × C)	۲	۱۵/۸۴۱ *	۴/۳۷۱	۰/۴۸۱	۳۵/۸۶۰	۳/۵۷۱
اثر متقابل (B × C)	۴	۶/۶۳۸	۳/۴۴۸	۰/۱۶۴	۱۸/۲۲۹	۱/۸۱۱
اثر متقابل (A × B× C)	۴	۱۷/۳۳۸ **	۱۱/۵۲۹ *	۲/۳۵۸**	۵۳/۵۸۲*	۲/۳۹۹
خطای دوم (E_b)	۳۲	۴/۱۱۸	۳/۹۷۴	۰/۳۱۴	۱۳/۶۸۱	۱/۱۱۵
ضریب تغییرات (%)		۱۳/۵۲	۱۶/۷۴	۱۸/۸۳	۱۳/۷۵	۱۵/۹۲

*و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشد.

جدول پیوست ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) خصوصیات خاک

منابع تغییر	تنفس خاک	کربن آلی خاک	ماده آلی خاک	ترسیب کربن	فسفر قابل جذب	نیتروژن کل
تکرار (R)	۰/۱۳۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۹	۰/۰۶۲	۳/۱۲۶	۲۲۲۸۶/۵۷۴
خاک‌ورزی (A)	۱۲/۴۱۷*	۰/۰۴۳	۰/۱۲۶	۰/۰۹۴	۱۰/۴۳۵	۹۲۵۰۴/۱۶۷
خطای اول (E_a)	۰/۵۲۸	۰/۰۱۰	۰/۳۱	۰/۲۴۹	۱/۵۲۲	۱۷۳۶۲/۵۰۰
کود شیمیایی (B)	۰/۴۳۲	۰/۲۰۵**	۰/۶۱۰**	۴/۹۱۰**	۱۳۵/۶۷۳**	۸۹۸۲۹/۶۳۰**
اثر متقابل (A × B)	۰/۳۱۵	۰/۴۸**	۰/۱۴۳**	۱/۰۳۴**	۰/۲۰۰	۵/۵۵۶
ورمی‌کمپوست (C)	۱/۲۵۵*	۰/۳۰۰**	۰/۸۹۲**	۴/۵۵۹**	۷۳/۶۵۵**	۱۷۶۳۰۸/۷۹۶ **
اثر متقابل (A × C)	۰/۴۳۸	۰/۰۰۵	۰/۱۵	۰/۴۵۸**	۰/۷۹۰	۱۲۲۵۹/۷۲۲
اثر متقابل (B × C)	۰/۱۰۴	۰/۰۳۰**	۰/۹۱**	۰/۷۰۷**	۴/۱۴۷	۲۶۳۱۴/۳۵۲
اثر متقابل (A × B× C)	۰/۶۳	۰/۰۲۸**	۰/۰۸۴**	۰/۷۰۵**	۰/۷۳۶	۳۲۰۹۴/۴۴۴
خطای دوم (E_b)	۰/۳۰۱	۰/۰۰۴	۰/۰۱۱	۰/۰۸۹	۴/۱۲۶	۱۶۶۹۸/۴۵۵
ضریب تغییرات (%)	۱۹/۲۷	۷/۲۴	۷/۲۴	۷/۱۱	۱۵/۹۲	۲۷/۷۲

*و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشد.

جدول پیوست ۶- مقایسه میانگین کلروفیل a و b تحت تأثیر اثر متقابل A× B× C

تیمارهای آزمایشی			کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)		کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	
خاک‌ورزی	کود شیمیایی NPK (B)	ورمی‌کمپوست (C)				
عمیق	شاهد	شاهد	۱۳/۲۶	cde	efg	۸/۸۷۹
		۵ تن در هکتار	۱۳/۴۵	bcde	defg	۱۰/۱۳
		۱۰ تن در هکتار	۱۱/۴۷	e	g	۸/۱۹۹
	۵۰٪ عرف منطقه	شاهد	۱۲/۲۳	e	cdefg	۱۰/۳۲
		۵ تن در هکتار	۱۳/۵۷	bcde	bcdef	۱۱/۷۳
		۱۰ تن در هکتار	۱۸/۹۱	a	a	۱۶/۴۵
	عرف منطقه	شاهد	۱۶/۵۱	abc	cdefg	۱۰/۶۶
		۵ تن در هکتار	۱۲/۶۶	de	bcde	۱۱/۹۹
		۱۰ تن در هکتار	۱۹/۲۹	a	a	۱۵/۸۸
نیمه‌عمیق	شاهد	شاهد	۱۲/۳۹	e	fg	۸/۴۴۶
		۵ تن در هکتار	۱۲/۶۲	e	defg	۹/۴۶۰
		۱۰ تن در هکتار	۱۳/۶۴	bcde	bcdefg	۱۱/۴۷
	۵۰٪ عرف منطقه	شاهد	۱۶/۵۵	abc	bcd	۱۲/۵۲
		۵ تن در هکتار	۱۶/۷۳	ab	ab	۱۴/۰۰
		۱۰ تن در هکتار	۱۶/۶۵	ab	ab	۱۴/۰۸
	عرف منطقه	شاهد	۱۶/۰۱	abcd	bcd	۱۲/۳۱
		۵ تن در هکتار	۱۷/۹۰	a	ab	۱۴/۲۵
		۱۰ تن در هکتار	۱۶/۰۲	abcd	abc	۱/۵۱

*حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

جدول پیوست ۷- مقایسه میانگین کاروتنوئید و کلروفیل کل تحت تأثیر اثر متقابل A× B× C

تیمارهای آزمایشی			کاروتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)		کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	
خاک‌ورزی	کود شیمیایی NPK (B)	ورمی‌کمپوست (C)				
		شاهد	۳/۲۷۵	bc	۲۲/۱۴	gh
	شاهد	۵ تن در هکتار	۳/۵۰۸	abc	۲۳/۵۷	efgh
		۱۰ تن در هکتار	۲/۸۶۰	cd	۱۹/۹۴	h
		شاهد	۴/۱۹۸	ab	۲۲/۵۵	fgh
عمیق	۵۰٪ عرف منطقه	۵ تن در هکتار	۲/۷۳۶	cde	۲۵/۲۹	defgh
		۱۰ تن در هکتار	۲/۶۹۴	cde	۳۵/۳۶	a
		شاهد	۳/۵۵۵	abc	۲۷/۱۷	cdefg
	عرف منطقه	۵ تن در هکتار	۲/۱۹۶	def	۲۴/۶۴	defgh
		۱۰ تن در هکتار	۲/۶۳۴	cde	۳۵/۱۷	ab
		شاهد	۴/۴۱۷	a	۲۰/۸۴	h
	شاهد	۵ تن در هکتار	۱/۹۲۶	ef	۲۲/۰۸	gh
		۱۰ تن در هکتار	۱/۶۷۰	f	۲۵/۱۱	defgh
		شاهد	۳/۱۶۹	c	۲۹/۰۷	bcde
نیمه‌عمیق	۵۰٪ عرف منطقه	۵ تن در هکتار	۳/۳۴۰	bc	۳۰/۷۲	abcd
		۱۰ تن در هکتار	۲/۷۰۱	cde	۳۰/۷۳	abcd
		شاهد	۳/۴۱۶	bc	۲۸/۳۳	cdef
	عرف منطقه	۵ تن در هکتار	۳/۱۷۹	c	۳۲/۱۴	abc
		۱۰ تن در هکتار	۲/۱۰۷	def	۲۹/۵۳	abcd

*حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

جدول پیوست ۸- مقایسه میانگین SOC و SOM و ترسیب کربن در خاک تحت تأثیر اثر متقابل A× B× C

تیمارهای آزمایشی			کربن آلی خاک (٪)		ماده آلی خاک (٪)		ترسیب کربن در خاک (تن در هکتار)	
خاک‌ورزی	کود شیمیایی NPK (B)	ورمی‌کمپوست (C)						
عمیق	شاهد	شاهد	۰/۷۰۶	ef	۱/۲۱۰	de	۳/۸۰۱	defg
		۵ تن در هکتار	۰/۷۹۵	de	۱/۲۷۰	cd	۳/۹۶۰	def
		۱۰ تن در هکتار	۰/۸۲۳	d	۱/۴۱۸	c	۳/۹۹۳	def
	۵۰٪ عرف منطقه	شاهد	۰/۷۹۳	de	۱/۳۶۷	cd	۴/۲۹۲	cd
		۵ تن در هکتار	۰/۸۵۴	d	۱/۴۷۲	c	۴/۲۵۵	cd
		۱۰ تن در هکتار	۱/۰۰۸	b	۱/۷۳۸	b	۴/۸۹۴	b
	عرف منطقه	شاهد	۰/۶۲۴	f	۱/۰۷۶	e	۳/۳۸۱	g
		۵ تن در هکتار	۰/۸۲۸	d	۱/۴۲۸	c	۴/۱۲۶	de
		۱۰ تن در هکتار	۰/۹۶۳	bc	۱/۶۶۰	b	۴/ ۶۷۳	bc
نیمه‌عمیق	شاهد	شاهد	۰/۷۰۶	ef	۱/۲۱۸	de	۳/۵۶۰	fg
		۵ تن در هکتار	۰/۸۰۲	de	۱/۳۸۳	cd	۳/۷۱۲	efg
		۱۰ تن در هکتار	۰/۸۴۸	d	۱/۴۶۲	c	۴/۱۱۸	de
	۵۰٪ عرف منطقه	شاهد	۰/۷۸۹	de	۱/۳۵۹	cd	۳/۹۷۴	def
		۵ تن در هکتار	۱/۰۲۴	b	۱/۷۶۵	b	۴/۷۳۶	bc
		۱۰ تن در هکتار	۱/۳۶۵	a	۲/۳۵۳	a	۶/۶۲۶	a
	عرف منطقه	شاهد	۰/۷۰۲	ef	۱/۲۱۰	de	۳/۵۳۸	fg
		۵ تن در هکتار	۰/۸۰۰	de	۱/۳۷۹	cd	۳/۶۹۹	efg
		۱۰ تن در هکتار	۰/۸۵۸	cd	۱/۴۷۹	c	۴/۱۶۵	de

*حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

منابع

اکرم قادری، ف. لطیفی، ن. رضایی، ج. و سلطانی، ا. (۱۳۸۲) . بررسی اثرات تاریخ کاشت بر فنولوژی و مورفولوژی سه رقم پنبه در گرگان. مجله علوم کشاورزی ایران.۳۴ (۱):۲۳۰-۲۲۱.

الفتی، م.، م .ج .ملکوتی و بلالی، م .ر. (۱۳۷۹). تعیین حد بحرانی پتاسیم برای محصول گندم در ایران (مجموعه مقالات).چاپ اول .نشر آموزش کشاورزی .کرج، ایران .ص. ۹۷-۸۵.

امیدی، ح. طهماسبی سروستانی، ز. قلاوند، ا و مدرس ثانوی، ع. م. (۱۳۸۴). اثر سیستم‌های خاک‌ورزی و فواصل ردیف بر عملکرد روغن دو رقم کلزا. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۷. شماره ۲. صفحه های ۹۷-۱۱۰.

بابائیان، ا.نجفی نیک، ز. زابل عباسی، ف. حبیبی نوخندان، م. ادب، ح. و ملبوسی، ش. (۱۳۸۸). ارزیابی تغییر اقلیم کشور در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ میلادی با استفاده از ریز مقیاس نمایی داده‌های گردش عمومی جو ECHO-G. جغرافیا و توسعه،۱۶: ۱۵۲-۱۳۵.

برومند رضازاده، ز. (۱۳۹۲). ارزیابی میزان ترسیب کربن در بوم‌نظام‌های زراعی ایران با استفاده از مدل‌های تجربی، پایان‌نامه دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مشهد.

پورخباز، ع.، پورخباز، ح.ر. (۱۳۸۱)، عمده ترین آشفتگی های زیست محیطی قرن حاضر) باران اسیدی، لایه اوزون، گرمایش جهانی(، انتشارات آستان قدس رضوی، ۳۷۶ صفحه.

تاج‌بخش، م. (۱۳۷۵). ذرت: زراعت، اصلاح، آفات و بیماریهای آن. انتشارات احرار تبریز.

ترک‌نژاد، ا. (۱۳۸۴). مدیریت بقایای گیاهی تداوم کشاورزی پایدار، ماهنامه سرزمین سبز، سال سوم، شماره ۳۱، صفحه ۴۴.

سالاردینی، ع .ا. (۱۳۷۴) . حاصلخیزی خاک .انتشارات دانشگاه تهران.

سیده وند ، م.، ولیزاده، ج.، قنادها، م .و بانکه ساز، ا .(۱۳۷۹) . بررسی تغییر الگوی کاشت و تراکم روی عملکرد ذرت سینگل کراس .۷۰۴.چکیده مقالات ششمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران .بابلسر، صفحه. ۲۹۹.

جمشیدی، م .(۱۳۹۱). پهنه بندی کربن آلی خاک به منظور بررسی توان خاک ها در انتقال و نگهداری عناصر آلاینده در استان های خوزستان و فارس .گزارش نهایی موسسه تحقیقات خاک و آب.شماره ثبت . ۴۲۵۶۱.

خاوازی، ک. اسدس رحمانی، ه. و ملکوتی، م. ج. (۱۳۸۴). ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور (مجموعه مقالات- چاپ دوم با بازنگری). انتشارات سنا تهران. ۴۶۰ صفحه.

خدابنده، ن. (۱۳۷۲). غلات. انتشارات دانشگاه تهران.

خواجه‌پور، م. ر. (۱۳۸۰). جزوه درسی تولید غلات. دانشگاه صنعتی اصفهان

خوگر، ز. ارشد، ک. ملکوتی، م.ف. (۱۳۷۹). اثرات مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد گوجه فرنگی، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، وزارت کشاورزی، نشریه فنی ۶۵.

رستگار، م. ع. (۱۳۸۴). زراعت نباتات علوفه‌ای. انتشارات نوپردازان.

ریگی، م. (۱۳۸۲). ارزیابی گلخانه‌ای تأثیر سه نوع ورمی‌کمپوست و نیتروژن بر رشد و ترکیب شیمیایی ذرت و برنج. پایان نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

ریگی، م .ع. رونقی. (۱۳۸۲). ارزیابی گلخانه ای برهمنکش ۲ نوع ورمی کمپوست و نیتروژن بر برخی ویژگی های خاک زیر کشت برنج .مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران۱۴ صفحه.

زوله، م. (۱۳۹۰). ارزیابی میزان کربن آلی خاک در استان های جنوبی ایران .اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی .دانشگاه آزاد ساوه -آبان.

صالحی، ف. بحرانی، م. کاظمینی، س ع. پاک نیت، ح و کریمیان، ن. (۱۳۹۰) .تأثیر مقادیر بقایای گندم و کود نیتروژن بر برخی ویژگیهای خاک مزرعه در زراعت لوبیا .مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک،۵۵: ۲۱۸-۲۰۹.

صدقی مقدم، م. میرزایی، م. (۱۳۸۷). اثر کمپوست زباله شهری بر عملکرد کمی و کیفی کدو (*Cucurbita Moschata* Duch. Ex Poir). اولین کنگره ملی بازیافت و استفاده از منابع آب تجدیدپذیر در بخش کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان، اصفهان. صفحه ۱ تا ۷.

کاظمی اربط، ح. (۱۳۷۴). زراعت خصوصی. جلد اول. مرکز دانشگاهی.

کلباسی، م. (۱۳۷۵). وضعیت ماده آلی در خاکهای ایران و نقش کمپوست. مجموعه مقالات پنجمین کنگره علوم خاک ایران، صفحه ۷.

کوچکی، ع. و نصیری، م. ۱۳۸۷. تأثیر تغییر اقلیم همراه با افزایش غلظت CO2 بر عملکرد گندم در ایران و ارزیابی راهکارهای سازگاری. پژوهش‌های زراعی ایران. ۶(۱): ۱۵۳-۱۳۹.

کوچکی، ع. نصیری، م. و کمالی، غ. ع. ۱۳۸۶. مطالعه شاخص‌های هواشناسی ایران در شرایط تغییر اقلیم. پژوهش‌های زراعی ایران. ۵ (۱): ۱۴۳-۱۳۳.

محمدی، خ. نبی اللهی، ک. آقا علیخانی، م و خرمالی، ف. (۱۳۸۸). بررسی تأثیر روهای مختلف خاکورزی بر خصوصیات فیزیکی خاک و عملکرد و اجزای عملکرد گندم دیم. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی، جلد ۱۶، شماره ۴. صفحه‌های ۷۷ تا ۹۱.

نورمحمدی، ق، سیادت، ع .و کاشانی، ع .(۱۳۷۶). زراعت غلات .دانشگاه شهید چمران اهواز. ص۳۹۴.

نیشابوری، ع. ا. (۱۳۸۸). اکولوژی عمومی. چاپ دوم انتشارات دانشگاه پیام‌نور، تهران

ورامش، س. حسینی، م. و عبدی، ن. (۱۳۸۹). اثرهای جنگلکاری در افزایش ترسیب کربن و بهبودبرخی ویژگی‌های خاک مجله‌ی جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران، سال ۲. شماره ۱. صفحه ۳۵-۲۵.

ورامش، س. حسینی، م. عبدی، ن. و اکبری نیا، م. (۱۳۸۹). اثرهای جنگل‌کاری در افزایش ترسیب کربن و بهبود برخی ویژگی‌های خاک. مجله جنگل ایران. ۲(۱): ۳۵-۲۵.

وزارت کشاورزی، شورای برنامه‌ریزی کشاورزی و آب. برنامه اول توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگ جمهوری اسلامی. برنامه پنج ساله بخش کشاورزی (۱۳۷۲-۱۳۶۸). کتاب چهارم (زراعت). جلد دوازدهم (ذرت)

Abbotte, L. K. and Murphy, D.V. (2007). Soil Biological Fertility: a Key to Sustainable Land Use in Agriculture. Springer, Technology and Engineering, 268 pp.

Aggarwal, R.K., K. Praveen and J.F. Power. (1997). Use of crop residue and manure to conserve water and enhance nutrient availability and pearl millet yields in an arid tropical region. Soil and Tillage Research, 41:43-57.

Ajwa, A.H. Dell, C J. and Rice, C.W. (1999). Changes in enzyme activities and microbial biomass of tallgrass prairie soil as related to burning and nitrogen fertilization. Soil Biology and Biochemistry, 31: 769-777.

Akbari, Gh. Mazaheri, D. and Mokhtassi Bidgoli, A. (2005). Effect of plant densities, different levels of nitrogen and potash on grain yield and yield components of maize (*Zea mays L.*). J. Agri. Sci. Natur. Resour.12(5): 46-54. (In Persian with English abstract).

Alijani, K.h, Bahrani, M.J and Kazemeini, S.A. (2012). Short-term responses of soil and wheat yield to tillage, corn residue management and nitrogen fertilization. Soil and Tillage Research, 124: 78–82.

Alison, F.E. (1973). Soil organic matter and its role in crop production, Vol. 1, Elsevier Publishing Co., London.

Almaraz, J.J. Zhou, X. Mabood, F. Madramootoo, C. Rochette, P. Ma, B.L. and Smith, D.L. (2009). Greenhouse gas fluxes associated with soybean production under two tillage systems in southwestern Quebec. Soil and Tillage Research, 104: 134-139.

Alvear, M. Rosas, A. Rouanet, J.L. and Borie, F. (2005). Effects of three soil tillage systems on some biological activities in an Ultisol from southern chile. Soil and Tillage Research, 82: 195-202.

Angers, D.A. Bolinder, M.A. Carter, M.R. Gerergorich, E.G. Voroney, R.P. Drury, C. F. Liang, B.C. Simard, R.R. Donald, R.G. Beayert, R. and Martel, J. (1997). Impact of tillage practices on organic carbon and nitrogen storage in cool, humid soils of eastern Canada. Soil and Tillage Research, 41: 191-201.

Anon. (1982). Organic matterial and soil productivity in the near east. FAO. Soil Bulletin, No. 45.

Antle, J.M. (1995). Climate change and agriculture in developing countries. American Journal of Agriculture Economics, 77: 741-746.

Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., and Metzeger, J.D. (2004). Influences of vermicomposts on field strawberries: effects on growth and yields. Bioresource Technology 93: 145-153.

Arancon, N.Q., C.A. Edwards, P. Bierman, J. D. Metzger, S. Lee, and C. Welch. (2003). Effect of vermin composts on growth and marketable fruits of field-grown tomatoes,peppers and strawberries: Cardiff. Wales. Pedobiologia. 731-735.

Atiyeh, R M. Edwards, C.A. Subler, S. and Metzger, J.D. (2001). "Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effect on physicochemical properties and plant growth". Bioresource Technology. 78, pp 11-20.

Baker, A.A. Zalina Mahmood, N. Abdollah, N. and Mat taha, R. (2012). Bioconversion of biomass residue from the cultivation of pea sprouts on spent *Pleurotus sajor-caju* compost employing *Lumbricus rubellus*. Maejo International Journal of Science and Technology. 6(03): 461-469.

Ball, B.C. Scott, A. and Parker, J.P. (1999). Field N_2O, CO_2 and CH_4 fluxes in relation to tillage, compaction and soil quality in Scotland. Soil and Tillage Research, 53(1): 29-39.

Barancikova, G. Halas, J. Guttekova, M. Makovnikova, J. Navakova, M. Skalsky, R. and Tarasovicova, Z. (2010). Application of RothC model to predict soil organic carbon stock on agriculture soils of Slovakia. Soil and Water Research, 5(1): 1-9.

Barral M, Bujan E, Devesa R, Iglesias M, and Velasco-Molina M, (2007). Comparison of the structural stability of pasture and cultivated soils. Science of the Total Environment Volume, 378: 174–178.

Bayer C, Martin-Neto L, Mielniczuk J, Pillon CN and Sangoi L, (2001). Changes in soil organic matter fractions under subtropical no-till cropping system. Soil Science Society of America Journal, 65: 1473-1478.

Benjamin, J.G. Mikha, M. M. and Merle, F. R. (2008). Organic carbon effects on soil physical and hydraulic properties in a semi arid climate. Soil Science Society of America Journal 72: 1357-1362.

Betts, R.A. Falloon, P. Goldewijk, K.K. and Ramankutty, N. (2007). Biogeological effects of land use on climate: model simulation of radiative forcing and large scale temperature change. Agriculture and Forest Meteorology, 142: 216-233.

Biswas, B., Singh, R., and Mukhopadhyay, A.S.N. (2008). Use of nitrogen-fixing bacteria as biofertilizer for non-legumes: prospects and challenges. Appl.Microb. Biotechnol. 80: 199-209.

Bono, A. Alvarez, R. Buschiazzo, D.E. and Cantet, R.J.C. (2008). Tillage effects on soil carbon balance in a semiarid agroecosystem. Soil Science Society of America Journal 72: 1140-1149.

Boyle, M. and Paul, E.A. (1989). Nitrogen transformations in soils previously amended with sewage sludge. Soil Science Society of America Journal, 53: 740-744.

Bremner, J.M. and Mulvaney, C.S. (1982). Nitrogen total. Pp: 595-624. In: Page AL. (ed.) Methods of Soil Analysis. Part 2, Chemical Analysis. ASA and SSSA., Madison, WI.

Bremer, D.J. Ham, J.M. Owensboy, C.E. and Knapp, A.K. (1998). Responses of Soil respiration to clippling and grazing in a tallgrass prairie. Journal of Environmental Quality, 27: 1539-1548.

Brown, H. PATTON, M. B. Blythe, A. and Shetlar, M. (1947). Influence of mineral levels upon carotene and ascorbic acid contents of Swiss chard grown in the greenhouse. Journal of Food Science 12, 4-9.

Bungard, R. A., A. Wingler., J. D. Morton, and M. Andrews. (1999). Ammonium can stimulate nitrate and nitrite reductase in the absence of nitrate in *Clematis vitalba*. Plant Cell Environ. 22: 859- 866.

Campbell, C.A. Nicolaichuk, W, Zentner, R.P. and Beaton, J.D. (1986). Snoe and fertilizer management for continuous zero-till spring wheat. Canadian Journal of Plant Science, 66:535-551.

Campbell, C.A. Zentner, R.P. and Steppuhn, H. (1987). Effect of crop rotations and fertilizers on moisture conserved and moisture use by spring wheat yield and moisture use in south-western Saskatchewan. Canadian Journal of Soil Sience, 68: 1-16.

Cannell,G.R. (2003). Carbon sequestration and biomass energy offset theoretical, potential and achievable capacities globally in Europe and UK, Biomass and Bioenergy, vol. 24:97-11.

Cassel, D.K. (1982). Tillage effect on soil bulk density and mechanical impedance. In Predicting Tillage Effects on Soil Physical Properties and Processes, eds. P.W. Unger and D.M. Van Doran Jr. Madison. W.I: American Society of Agronomy, Pp: 55-67.

Carter, M.R. (1992). Influence of reduced tillage systems on organic matter, microbial biomass, macro-aggregate distribution and structure stability of the surface soil in a humid climate. Soil and Tillage Reseach, 23: 361-372.

Cassel, D.K. (1982). Tillage effect on soil bulk density and mechanical impedance. In Predicting Tillage Effects on Soil Physical Properties and Processes, eds. P.W. Unger and D.M. Van Doran Jr. Madison. W.I: American Society of Agronomy, Pp: 55-67.

Cavigelli,M.A., S.R.Deming, L.K.Probyn, and R.R.Harwood(ed). (1998). Michigan field crop ecology : managing biological processes for productivity and eniviromental quality. Ext.Bull. E. E- 2646. Michigan state univ., lansing.

Chaoui, H. I., Zibilske, L. M., and Ohno, T. (2003) . Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability. Soil Biology and Biochemistry 35: 295-302.

Chiluvuru N. Tartte V. and Chandra M. (2009). Plant bioassay for assessing the effects of vermicompost on growth and yield of and two important medicinal plants. J. D. S. A. 4: 160-164.

Chirinda, N. Olesen, J.E. Porter, J.R. and Schjonning P. (2010). Soil properties, crop production and greenhouse gas emission from organic and inorganic fertilizer-based arable cropping systems. Agriculture, Ecosystems and Environment, 139: 584-594.

Christensen NB, Lindemann WC, Sosa ES, Gill LR (1994). Nitrogen and carbon dynamics in no-till and stubble mulch tillage systems. Agronomy Journal 86: 298-303.

Claudio, P.J., B. Raphael, F. Alves, L.R. Kamiila, S.N. Brunade, and M. Priscila. (2009). Zn adsorption from synthetic solution and kaolin waste water on vermicompost. The Science of Total Environment, 5: 548-549.

Clayton, H. Arah, J.R.M. and Smith, K.A. (1994). Measurement of nitrous oxide emission from fertilized grassland using closed chambers. Journal of Geophyzical Research, 99: 599-607.

Cooperband, L. (2002). Building soil organic matter with organic amendments. Center for Integrated Agriculture System. University of Wisconsin-Madison.

Cox, W. J., Kalonge, S., Cherney, D. J. R., and Reid, W.S. (1993). Growth, yield, and quality of forage maize under different nitrogen management practices. Agron. J. 85:341-347.

DaMatta, F.M., Loos, R.A., and Loureiro, M.E. (2002). Limitations to photosynthesis in *Coffea canephoraas* a result of nitrogen and water availability. Journal of Plant Physiology 159: 975-981.

Damodar Reddy,D., A. Subba and T.R. Rupa . (2000). Effects of continuous use of cattle manure and fertilizer phosphorus on crop yield and soil organic phosphorus in a vertisal. Bioresource Technology, 75:113-118.

Davis, J. G. and C. R. Wilson. (2005). Choosing a soil amendment.Clorado State University Extension.

Deckmyn, G. Eckmyn, B. Muys, B. Garcia-quijanow, J. and Ceulemans, R. (2004). Carbon sequestration following afforestation of agricultural soils: comparing oak/beech forest to short-rotation poplar coppice combining a process and a carbon accounting model. Global Change Biology, 10: 1482–1491.

Delovit, R. 7. L. 7. Greub and H. L. Ahlgren. (1984). crop production, 5 thed, Engle Wood cliffs, NJ: prentice _ Hell, INC. New Jersey.

Demir, S. (2004). Influence of arbuscular mycorrhiza on some physiological, growth parameters of pepper. Turkish Journal of Biology 28: 85-90.

Deng, S.P. and Tabatabai, M.A. (1997). Effect of tillage and residue management on enzyme activities in soils. III. Phosphatases and arysulfatase Biology and Fertility of Soils, 24: 141-146.

Derner, J. D. and Schuman, G. E. (2007). Carbon sequestration and rangelands: A synthesis of land management and precipitation effects. Journal of Soil and Water Conservation. 62 (2): 77-85.

Derpsch,R., and M.Florentln. (2000). The Laws of Diminishing in the Tropic: MAG-GTZ, DEAG. San Lorenzo Paraguay. 40pp. on line. (http://www.soils.wisc.edu/istro).

Ding, L. Wang, K.J. Jiang, G.M. Li, L.F. and Li, Y.H. (2005). Effects of nitrogen deficiency on photosynthetic traits of maize hybrids released in different years. Annals of Botany 96: 925-930.

Dorado, J. Zancada, M.C. Almendros, G. and Lopez-Fando, C. (2003). Changes in soil properties and humic substances after longterm amendments with manure and crop

residues in dry land farming systems. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 166: 31-38.

Doran, J.W. (1980). Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. Soil Science Society of America Journal, 44: 765-771.

Drewitt, G. Wagner-Riddle, C. and Warland, J. (2009). Isotopic CO_2 measurements of soil respiration over conventional and no-tillage plots in fall and spring. Agriculture and Forest Meteorology. 149: 614-622.

Drinkwater, L.E., D.K. Letourneau, F. Worknesh, A.H.C. Van Bruggen, and C. Shennan. (1995). Fundamental differences between conventional and organic tomato agroecosystems in California. Ecological Applications 5(4):1098-1112.

Duiker, S.W. and Lal, R. (1999). Corn Crop residue and tillage effects on carbon sequestration in a Luvisol in central Ohio. Soil & Tillage Research, 52: 73-81.

Duiker, S.W. and Lal, R. (2000). Carbon budget study using CO_2 flux measurement from a no till system in cereal Ohio. Soil and Tillage Researcher, 54: 21-30.

Dumanski, J. and Lal, R. (2004). THEME PAPER: Soil Conservation and the Kyoto Protocol Facts and Figures. Agriculture and the Environment, Environment Bureau, Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa, ONTARIO. Available at: http://www.agr.gc.ca/ policy/environmental/soil_cons_e.phtml (validated: November 5, 2004).

Edwards, C. A. and Burrows, I. (1988). The potential of earthworm composts as plant growth media. In: C. A. Edwards, & Neuhauser (Eds), Earthworms in Enviromental and Waste Management. The Netherlands: SPB Academic Publishers. pp: 211-220.

Edwards, D. A. (1998). The use of earthworm in the breakdown and management of organic waste. In: Earthworm Ecology. ACA Press LLC, Boca Raton, FL. pp: 327-354.

Egli, T. (1991). On multiple-nutrient-limited growth of microorganisms, with special reference to dual limitation by carbon and nitrogen substrates. Antonie van Leeuwenhoek, 60: 225-234.

Ehleringer, J.R. Cerling, T.E. and Dearing, M.D. (2002). Atmospheric CO_2 as a global change driver influencing plant-animal interactions. Integrative and Comparative Biology, 42: 424-430.

Emmerich, W.E. (2002). Carbon dioxide fluxes in a semiarid environment with high carbonate soils. Agricultural and Forest Meteorology, 116: 91-102.

Esmit. (1999). Forest management guidelines and practices in Finland, Sweden and Norway. EFI internal report 11.

Fallahi, J. Rezvani Moghaddam, P. Nassiri Mahallati, M. and Behdani, M. A. (2012). The use of diversity indices to assess the effect of restoration and conservation on plant diversity of a rangeland in South Khorasan Province, Iran. Journal of Biodiversity and Ecological Sciences, 2(2): 87-98.

Farage, P. k. Ardo, J. Olsson, L. Rienzi. E. A. Ball. A. S. and Pretty, J. N. (2007). The potential for soil carbon sequestration in three tropical dryland farming systems of Africa and Latin America: A modeling approach. Soil and Tillage Research. 94: 457-472.

Farquharson, R.J., G.D. Schwenke, and J.D. Mullen. (2003). Should we manage soil organic carbon in vertisols in the northern region of Australia. Australian Journal of Experimental Agronomy. 43: 261-270.

Follet, R.F. Porter, L.K. and Halvorson, A.D. (1995). 15 N-labeled fertilizer dynamics in soil in a 40year, no-till cropping sequence. In: Nuclear Techniques in Soil-Plant Studies. For Sustainable Agriculture and Environmental Persevation. Vienna, Austria, October 17-21, 1994, pp 165-174.

Fortuna, A. Harwood, R. Kizilkaya, K. and Paul, E.A. 2003. Optimizing nutrient availability and potential carbon sequestration in an agroecosystem. Soil Biology and Biochemistry, 35: 1005-1013.

Galba, B. Tairone, P.L. Baldotto, T. Pasqualoto, M. and Canellas, L. (2012). Organic matter quality and dynamics in tropical soils amended with sugar industry residue. R. Bras. Ci. Solo, 36:1179-1188.

Gelik, I. Ortas, I. and S. Kilik, S. (2004). Effect of compost, Mycorhiza, Mnure and fertilizer on some physical properties of Chromoxerert soil. Soil and till. Res.78:5967.

Ghosh, P.K., Ajay, K.K., Bandyopadhyay, M.C., Manna, K.G., Mandal, A.K.and Hati, K.M. (2004). Comprative effectivence of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping system in vertisols of semi-arid tropics.Π. Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity. Bioresource Technology. 95: 85-93.

Gilly, J. E. Risse, L. M. (2000). Runoff and soil loss as affected by the application of manure. Transactions of the ASAE 43, 1583-1588.

Godwin ,R.J. and Miller, PCH. (2003). A review of the technologies for mapping within- field variability, Biosyst. Eng, 84: 393-407.

Gorissen A., Tietema A., Joosten N.N., Estiarte M., Penuelas J., Sowerby A., Emmett B.A., and Beier C. (2010). Climate change affects carbon allocation to the soil in shrublands. Ecosystems, 7: 650–661.

Gowda, C., N. K. Biradar Patil, B. N. Patil, J. S. Awaknavar, B. T. Ninganur and R. Hunje. (2008). Effect of organic manures on growth, seed yield and quality of wheat. Karnataka J. Agri. Sci. 21: 366-368.

Gregorich, E. G. Drury, C. F. Baldock, J. A. (2001). Changes in soil carbon under long-term maize in monoculture and legume-basedrotation. Canadian Journal of Soil Science, 81: 21-31.

Grimston M.C., Karakoussis V., Fouquet R., Van der Vorst R., Pearson P., and Leach M. (2001). The European and global potential of carbon dioxide sequestration in tackling climate change. Climate Policy, 1: 155–171.

Gunadi, B., Edwards, C.A., and Blount, C. (2002). The influence of different moisture levels on the growth, fecundity and survival of *Eisenia foetida* (savigny) in cattle and pig manure solids. Soil Biology and Biochemistry 39: 19-24.

Guo, J. and Zhou, Ch. (2006). Greenhouse gases emission and mitigation measure in Chinese agroecosystems. Agricultural and Forest Metorology, 142: 270-277.

Hajabbasi, M.A. and Hemmat, A. (2000). Tillage impacts on aggregate stability and crop productivity in a clay-loam soil in central Iran. Soil and Tillage Research, 59: 205-212.

Havlin, P.J, Kissel, D.E. Maddux, L.D. Claassen, M.M. Long, J.H. (1990). Crop rotation effect on soil organic carbon and nitrogen. Soil Science Society of America Journal 54: 448-452.

Hamblin, A.P. (1980). Changes in aggregate stability and associated organic matter properties after direct drilling and ploughing on some Australian soils. Australian Journal of Soil Research, 55: 18:27-36.

Hassink, J. (1996). Preservation of plant residues in soils differing in unsaturated protective capacity. Soil Science Society of America Journal, 60: 487-491.

Hatch, D.J., Goodlass, G., Joynes, A., and Shepherd, M.A. (2007). The effect of cutting, mulching and applications of farmyard manure on nitrogen fixation in a red clover grass sward. Bioresource Technology 98: 3243-3248.

Hatchinson, J.J. Campbell, C.A. and Desjardins, R.L. (2007). Some perspectives on carbon sequestration in agriculture. Agricultural and Forest Meteorology. 142: 288-302.

Heinemann, R. Maia, H.N. Dourado-Neto, A.D. Ingram, K.T. and Hoogenboom, G. (2005). Soybean (*Glycine max* L. merr.) growth and development response to CO2 enrichment under different temperature regimes. European Journal of Agronomy, 24: 52-61.

Hiscox, J.D., and Israelstam, G.F. (1979). A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. Can. J. Bot. 57:1332-1334. Pollution. 131:453-459.

Hu, C. and Cao, Z. (2007). Size and activity of the soil microbial biomass and soil enzyme activity in long-term field experiments. World Journal of Agricultural Sciences. 3: 63-70.

Huijgen W. J. J. (2007). Carbon dioxide sequestration by mineral carbonation. Thesis, Energy Research Centre of the Netherlands, The Netherlands. 236 P.

Hussain, I. Olson, K.R. and Ebelhar, S.A. (1999). Long- term tillage effect on soil chemical properties and organic matter fractious. Soil Science Society of America Journal 63: 1335- 1341.

IPCC, Intergovernment Panel on Climate Change, Data Distribution Center. (1999). Providing climate change and related scenarios for impacts assessments. Climate Research Unit, University of East Anglia, Norwich, UK, CD-ROM Version 1.0, April 1999.

IPCC, Inter-governmental Panel on Climate Change. (2000). Land Use, Land Use Change and Forestry. IPCC, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

IPCC, (2000). Land use, land use change and forestry special report, Cambridge University Press, 377Pp.

IPCC, Inter-governmental Panel on Climate Change. (2001). Climate Change 2001: The Scientific Basis. (Houghton, J.T. Ding, Y. Griggs, D.J. Noguer, M. van der Linden, P. Dai, X. Maskell, K. and Johnson, C.A. (Eds). Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press.

Isermeyer, H. 1952. Eine einfache method zur bestimmang der bodenatmung under carbonate im Boden. Z P Flanzenernaehr Bodenkd, 56:26-38.

Jaji, W. (1976). Die bestimmung der Co_2-Bildung als Mab der bodenbiologischen Aktivitat. Schw Landw Forsch. 15: 371-380p.

Jans, W.W.P. Jacobs, C.M.J. Kruijt, B. Elbers,J.A. Barendse, S. and Moors, E. J. (2010). Carbon exchange of a maize (*Zea mays* L.) crop: Influence of phenology. Agriculture, Ecosystems and Environment, 139: 316-324.

Janzen, H.H. Desjardins, R.L. Asselin, J.M.R. and Grace, B. (1999). The Health of Our Air: Towards sustainable agriculture in Canada. Publication 1981/E. Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa, ON.

Jenny, H. (1980). The Soil Research: Origin and Behavior. Springer, NewYork, USA. 377pp.

Jobbagy, E. G. and Jackson, R. B. (2000). The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation, Ecological Applications, 10: 423-436.

Kanchikerimath, M. and Singh, D. (2001). Soil organic matter and biological properties after 26 years of maizewheat-cowpea cropping as affected by manure and fertilization in a combisol India. Agriculture Ecosystem and Environment 86: 155-162.

Kandeel, A.M., Naglaa, S.A.T., and Sadek, A.A. (2002). Effect of biofertilizers on the growth, volatile oil yield and chemical composition of *Ocimum basilicum* L. plant. Ann. Agr. Sci. Cairo, 1: 351–371. (In Arabic with English Summary)

Keren, E. and janson, m. (1991). Modelling forest ecosystem net primary production: the hybrid simulation approach used in FORECAST. Ecol. Model. 122, 195–224.

Kern, J.S. and Johnson, M.G. (1993). Conservation tillage impacts on national soil and atmospheric carbon levels. Soil Science Society of American Journal, 57: 200-210.

Kianisadr, M., and Borna, A. (2008). Environmental effects of chemical fertilizers. 2nd Iranian National Congress of Ecological Agriculture, Gorgan. 4216-4199.

Kizilkaya, R. (2008). Yield response and nitrogen concentration of spring wheat inoculated with Azotobacter chroococcum strains. Eco. Eng. 33: 150-156.

Kogbe, J.O.S. and J.A. Adediran. (2003). Influenced of nitrogen, phosphorus and potassium application on the yield of maize in savanna zone of Nigeria. African J. Biol. 2: 345-349.

Kononva, M.M. (1961). Soil Organic Matter Pergamon Press, New York.

Koocheki, A. Nassiri, M. Soltani, A. Sharifi, H. and Ghorbani, R. 2006. Effects of climate change on growth criteria and yield of sunflower and chickpea crops in Iran. Climate Research. 30: 247-253.

Kumar, R. and Shweta. (2010). Enhancement of wood waste decomposition by microbialinoculation prior to vermicomposting. Bioresource Technology, 102: 1475-80.

Kushwaha, C. and Singh, K. (2005). Crop productivity and soil fertility in a tropical dryland agro-ecosystem: impact of residue and tillage management. Experimental Agric., 41:39-50.

Kuzyakov, Y. and Larionova, A.A. (2005). Root and ehizomicrobial respiration: a review of approaches to estimate respiration by autotrophic and heterotrophic organisms in soil. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 168: 503-520.

Ladha, J.K. Padre,A.T. Punzalan,G.C. Garcia, M. and Watanabe, I. (1989). Effect of inorganicNand organic fertilizers on nitrogen-fixing (acetylene-reducing) activity associated with wetland rice plants. In: Skinner, F.A., et al. (Eds.), N2 Fixation with Non-legumes. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 263–272.

Lal, R. (1995). Global soil erosion by water and carbon dynamics. In: Lal, R. Kimble, J.M. Levine, E. Strwart, B.A. (Eds), Soils and Global Change. CRC/Lewis Publishers, Boca Raton, FL. pp: 131-142.

Lal, R. (1997). Residue management conservation tillage and soil restoration for mitigation greenhouse effect by CO_2 enrichment. Soil and Tillage Research, 43: 81-107.

Lal, R. (1999). Soil management and restoration for C sequestration to mitigate the accelerated greenhouse effect. Progress in environmental Sicence, 1: 307-326.

Lal, R. (2002). Soil carbon dynamics in cropland and rangeland. Environmental Pollution, 116: 353-362

Lal, R., Follett, R.F., and Kimble, J.M. (2003). Achieving soil carbon sequestration in the United States: a challenge to the policy makers. Soil Sciences, 168: 827- 845.

Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. Science, 304: 1623-1627.

Lal, R. Uphoff, N. Stewart, B.A. and Hansen, D.O. (2005). Climate change and global food security. In: "R. Lal, (Ed.)". Climate change, soil carbon dynamics, and global food sequrity, CRC Press. pp: 113-143.

Lal, R. Mohboubi, A. and Fausey, N.R. (1994). Long- term tillage and rotation effects on properties of central Ohio soils. Soil Science Society of America Journal 58: 517-522.

Lambers H., Chapin F.S., and Pones T.L. (2008). Olant Physiological Ecology. 2nd Edition Springer. 604 pp

Levanon, D. Meisinger, J.J. Codling, E.E. and Starr, J.L. (1993). Impact of tillage on microbial activity and the fate of pesticides in the upper soil. Water, Air and Soil Pollution, 72: 179-189.

Lima, J.D. Mosquim, P.R. and DaMatta, F.M. (1999). Leaf gas exchange and chlorophyll fluorescence parameters in Phaseolus vulgaris as affected by nitrogen and phosphorus deficiency. Photosynthetica 37: 113-121.

Lin, E.D. Liu, Y.F. and Li, Y.E. (1997). Agricultural C cycle and greenhouse gas emission in China. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 49: 295-299.

Lindstrom, M.J. Schumacher, T.E. Cogo, N.P. and Blecha, M.L. (1998). Tillage effects on water runoff and soil erosion after sod. Journal of Water Conservation, 53: 59-63.

Lugato, E. Paustian, K. and Giardini, L. (2007). Modelling soil organic carbon dynamics in two long-term experiments of north-eastern Italy. Agriculture, Ecosystems and Environment, Tehran University Press. 3rd edition. 800 pp. (In Persian).

Maman, M. Mason, S.C. Galusha, T. and Clegg, M.D. (1999). Hybrid and nitrogen influence on pearl millet production in Nebraska: yield, growth, and nitrogen uptake, and nitrogen use efficiency. Agron. J. 91:737-743.

Mandal, B. Majomder, B. Bandyopadhyay, P.K. Hazra, G.C. Gangopadhyay, A. Samantaray R.N. Mishra, A.K. Chaudhury J. Saha, M.N. and Kunsu S. (2007). The potential of cropping systems and soil amendments for carbon sequestration in soil under long-term expriments in subtropical India. Global Change Biology, 13: 357-369.

Mamo, M., C.J. Rosen, T.R. Halbach, and J.F. Moncrief. (1998). Corn yield and nitrogen uptake in sandy soils amended with wermicompost and municipal solid waste compost.Production Agriculture. 11: 460-475.

Manivannan, S. Balamurugan, M. Parthasarathi, K. Gunasekaran, G. and Ranganathan, L.S.(2009). Effect of vermicomposting on soil fertility and crop productivity of potato. Journal of Environmental Biology. 30 (2): 275-281.

Mann. (1989), Should we store carbon in trees? Water Air Soil Pollut. 64, 181–195.

Manna, M.C., Jha, S., Ghosh, P.K., and Acharya, C.L. (2003). Comparative efficacy of three epigic earthworms under different deciduous forest litters decomposition. Bioresource Technology 88: 197-206.

Martens, D.A. (2001). Nitrogen cycling under different soil management systems. Advances in Agronomy, 70: 143-192.

Matos, G.D., and M. Arrunda. (2003). Vermicomposting as natural adsorbent for removing metal ions from laboratory effluents. *Process Bio chemistry.* 39: 81-88.

Mc Conkey, B.G. Liang, B.C. Campbell C. A. Curtin D. Moulin A. Brandt S.A. and Lafond G.P. (2003). Crop rotation and tillage impact on carbon sequestration in Canadian prairie soils. Soil and Tillage Research, 74: 81-90.

Mikha,M.M. and Rice, C.W. (2004). Tillage and manure effects on soil and aggregate-associated carbon and nitrogen. Soil Sci. Soc. Am. J. 68:809-816.

Miller, E. Army, T. and Krackenberger, H. (1956). Ascorbic acid, carotene, riboflavin, and thiamine contents of turnip greens in relation to nitrogen fertilization. Soil Science Society of America Journal 20, 379-382.

Mondinia, C. Coleman, K. and Whitmore, A.P. (2012). Spatially explicit modeling of changes in soil organic C in agriculture soils in Italy. 2001-2100. Potential for compost amendment. Agriculture, Ecosystems and Enviroment, 153: 24-32.

Mosaddeghi, M.R. Hajabbasi, M.A. Hemmat, A. and Afyuni, M. (2000). Soil compatibility as affected by soil moisture content and farmyard manure in central Iran. Soil and Tillage Research, 55: 87-97.

Mrabet, R. (2002). Stratification of soil aggregation and organic matter under conservation tillage systems in Africa. Soil and Tillage Research, 66:119-128.

Muir,w.h. (2002). Working in the Sahel: Environment and Society in Northern Nigeria. Routledge, London.

Naghavi Maremati, A. Bahmanyar, M.A. Pirdashti, H. and Salak Gilani, S. (2007). Effect of different rate and type of organic and chemical fertilizers on yield and yield components of different rice cultivars. 10th Iranian Conference of Soil Science, Tehran, Iran, Pp: 766-767.

Neuman, G. and Romheld, V. (2001). Yhe release of root exudates as affected by plant's physiological status. In: Pinton, R, (eds). The rhizosphere biochemistry and organic substances as the soil-plant interface. Marcel Decker, Inc, New York. pp: 41-93.

Niu, X. and W.Duiker, S. (2006). Carbon sequestration potential by afforestation of marginal agricultural land in the Midwestern U.S. Forest Ecology and Management,223: 415–427.

Nisar, N. Li, L. Lu, S. Khin, N.C. and Pogson, B.J. (2015). Carotenoid Metabolism in Plants. Mol. Plant. 8, 68-82.

Nosetto, M.D. Jobbagy, E.G. and Paruelo, J.M.(2006). Carbon Sequestration in Semi-Arid Rangelands Arid Environments. 67: 142-156.

Nyborg, M. Solberg, E.D. Malhi, S.S. and Izzauralde, R.C. (1995). Fertilizer, N, crop residue and tillage alter soil C and N content in a decade. In: Lal, R, et al. (Eds.), Soil Management and Greenhouse Effect. Lewis Publishers, Boca Raton, FL, USA, pp: 93-99.

Olsen S. R. Cole C. V. Watanabe F. S. and Dean L. A. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circular, U. S. Government Printing Office, Washington D. C. 939.

Omar, N.F. Aishah Hassan, S. Kalsom Yusoff, U. Ashikin Psyquay Abdullah, N. Edaroyati Megat Wahab, P. and Rani Sinniah, U. (2012). Phenolics, Flavonoids, antioxidant activity and cyanogenic glycosides of organic and mineral-base fertilized cassava tubers. Molecules, 17: 2378-2387.

Osborne, B. Saunders, M. Walmsley, D. Jones, M. and smith, P. (2010). Key question and uncertainties associated with the assessment of the cropland greenhouse gas balance. Agriculture, Ecosystems and Environment, 139: 293-301.

Padmavathiamma, P.K., Li, L.Y., and Kumari, U.R. (2008). An experimental study of vermi-biowaste composting for agricultural soil improvement. Bio resource Technology 99: 1672-1681.

Parthasarathi, K. Balamurugan,1M. and Ranganathan, L.S. (2008). Influence of vermicompost on the Physico-Chemical and Biological properties in different types of soil along with yield and quality of the pulse Crop–Blackgram. Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng. 5(1): 51-58.

Paterson, J. and Hoyle, F. (2011). Soil organic carbon A Western Australian perspective, Department of Agriculture and Food.

Patil, S.L. Sheelavantar, M N. (2004). Effect of cultural practices on soil properties, moisture conservation and grain yield of winter sorghum (*Sorghum bicolar* L. Moench) in semi-arid tropics of India. Agriculture Water Management. 64: 49-67.

Pernia, S.D. Hill, A. and Ortiza, C.L. (1980). Urea turnover during prolonged fasting in the northern elephant seal. Comparative Biochemistry and Physiology (Part B: Comparative Biochemistry), 65: 731-734.

Peters, M.M. Wender, L.S. Saporito, L.S. Harris, G.H. and Friedman, D.B. (1997). Management impacts on SOM and related soil properties in a long-term farming systems trial in Pennsylvania: 1981-1991. In: "Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems." Paul F.A. Elliot E.T. Paustian K. and Cole C.V. (Eds.). pp: 183-196. CRC Press Inc. USA.

Pocting, R.S. (1990). Phase change and the regulation of shoot mmorphogenesis in plants. Science 250: 923-930.

Polidori, A. Turpin, B.J. Davidson, C.I. Rodenburg, L.A. and Maimone, F. (2008). Organic $PM_{2.5}$: fractionation by polarity, FTIR spectroscopy, and OM/OC ratio for the Pittsburgh aerosol. Aerosol Science and Technology, 42: 233-246.

Post W.M., and Kown K.C. (2000). Soil Carbon Sequestration and Land-Use Change: Processes and potential. Global Change Biology. 6: 317-326.

Poudel, D.D. Horwath, W.R. Mitchell, J.P. and Temple, S.R. (2001). Impacts of cropping systems on soil nitrogen storage and loss. Agricultural Systems, 68: 253-268.

Quine, T.A. and Zhang, Y. (2002). An investigation of spatial variation in soil erosion, soil properties and crop production within an agricultural field in Devon, U.K. J. Soil and Water Conserv, 57: 50-60.

Radosevich, S.R. Holt, J.S. and Ghersa, C. (1997). Weed Ecology: Implications for Management. John Wiley and Sons, Science, 589 pp.

Rajasekar, K. Daniel, T. and Karmegam, N. (2012). Microbial Enrichment of Vermicompost. International Scholarly Research Network. ISRN Soil Science: 1-13.

Reeves, D.W. (1997). The role of organic matter in maintating soil quality in continuous cropping systems. Soil and Tillage Research, 43: 131-167.

Rejesus, R.M., and Hornbaker, R.H. (1999). Economic and environmental cvaluation of alternative pollution-reducing nitrogen management practices in central IIIinois. Agric Ecosyst Environ. 75: 41-53.

Rodrigues, M., Lopez-Real, J., and Lee, H. (1996). Use of composted societal organic wastes for sustainable crop production. In: De Bertoldi, M., Sequi, P., Lemmes, B., Papi, T. (Eds.), The Science of Composting. Blackie Academic & Professional, London, pp. 447–456.

Roldan, A. Salinas, J. R. Garcia, M. Alguacil, M. Caravaca, F. (2007). Soil sustainability indicators following, conservation tillage practices under subtropical maize and bean crops. Soil and Tillage Res, 93: 273-282.

Rosell, R.A, and Galantini, J.A. (1998). Soil organic carbon dynamics in native and cultivated ecosystems of South America. In: Lal, R. Kimble, J. Follett, R. and Stewart, B.A. (Eds.), Management of Carbon Sequestration in Soil. CRC, Boca Raton, FL, pp: 11-33.

Rustad, L.E. (2006). From transient to steady-state response of ecosystems to atmospheric CO_2- enrichment and global climate change: conceptual challenges and need for an integrated approach. Plant Ecology, 182: 43-62.

Roy, D.K. and Singh, B.P. (2006). Effect of level and time of nitrogen application with and without vermicompost on yield, yield attributes and quality of malt barley (Hordeum vulgare). Indian J. Agron. 51:40-42

Rozek, S. Leja, M. and Wojciechowska, R. (2000). Effect of differentiated nitrogen fertilization on changes of certain compounds in stored carrot roots. Folia Horticulturae 12, 21-34.

Sailaja Kumara, M.S. and Ushakumari, K. (2002). Effect of vermicompost enriched with rock phosphate on the yield and uptake of nutrients in cowpea. J. Tropic. Agri. 40: 27-30.

Sainz, M.J. Taboada-Castro, M.T. and Vilarino, A. (1998). Growth, mineral nutrition and mycorrhizal colonization of red clover and cucumber plants grown in a soil amended with composted urban wastes. Plant and Soil. 205: 85-92.

Salinas-Garcia, J.R. Hons, F.M. and Matocha, J.E. (1997). Long-term effects of tillage and fertilization on soil organic matter dynamics. Soil Science Society of America Journal, 61: 152-159.

Salinger, J. (2007). Agriculture ' s influence on climate during the holocene. Agriculture and Forest Meteorology, 142: 96-102.

Saunders, M.A. (1998). Global warming: the view in 1998. Beneld Grein Hazard Research Centre report, University College London.

Schimel, D. Melillo, J. Tian, H. McGuire, A. D. Kicklighter, D. Kittel, T. Rosenbloom, N. Running, S. Thornton, P. Ojima, D. Parton, W. Kelly, R. Sykes, M. Neilson, R. and Rizzo, B. (2000). Contribution of increasing CO_2 and climate to carbon storage by ecosystems in the United States. Science, 287: 2004-2006.

Schulp C.J.E., Nabuurs, G.J. and Veburg P.H. (2008). Future carbon sequestration in Europe: effect of land use change. Agriculture, Ecosystems and Environment, 127: 251-264.

Senanayake, R. (2009). Sustainable Agriculture: definitions and parameters for measurement. Journal of Sustainable Agriculture. 1: 7-28.

Senesi, N. (1989). Composted materials as organic fertilizers. Science of the Total Environment, 81-82: 521-542.

Shi X.Z., Wang H.J., Yu D.S., Weindorf C.D., Cheng X.F., Pan X.Z., Sun W.X., and Chen J.M. (2009). Potential for soil carbon sequestration of eroded area in subtropical China. Soil and Tillage research, 105: 322-327.

Shimizu, M.M. Marutani, S. Desyatkin, A.R. Jin, T.J. Hata, H. and Hatano, R. (2009). The effect of manure application on carbon dynamics and budgets in a managed grassland of Southern Hokkaido, Japan. Agriculture, Ecosystems and Environment, 130: 31-40.

Shirani , H. Hajiabasi, M.A. Afyuni, M. and Hemmat, A. (2002) . Effect of Farmyard manure and tillage systems on soil physical properties and cron yield in centeral Iran . soil and Tillage Research . 68 : 101 – 108.

Singh, K.P. Ghoshal. N. and Singh S. (2009). Soil carbon dioxide flux, carbon sequestration and crop productivity in tropical dryland agroecosystem: influence of organic inputs of varying resource quality. Applied Soil Ecology, 42: 243-253.

Six, J. Elliott, E.T. Paustain, K. and Doran, J.W. (1998). Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 62, 1367–1377.

Smith, K. (1998). "Practical guide to raising earthworm (basic vermiculture information) k and w rabbit and worm".

Smith, K.A. Mc Taggart, I.P. and Tsuruta, H. (2000).

Emission of N_2O and NO associated with nitrogen fertilization in intensive agriculture, and the potential for mitigation. Soil Use Manage, 13: 296-304.

Smith, P. (2004). Carbon sequestration in croplands: the potential in Europe and the global context. Europ Journal of Agronomy. 20: 229-236.

Smith, P., Powlson, D.S. and Glendining M.J. (1996). Estabilishing a European soil organic matter network(SOMNET). In: Powlson D.S., Smith P., Smith J.U.,(Eds), Evalution of Soil Organic Matter Models using Existing, Long-Term Datasets, NATO ASI Series I, Vol. 38. Springer-Verlag,Berlin, pp 81-98.

Smith, J. Smith, P. Wattenbach, M. Zaehle, S. Hiederer, R. Jones, R. J. A. Montanarella, L. Rounsevell, M. Reginster, I. and Ewert, F. (2005). Projected changes in mineral soil carbon of European croplands and grasslands. 1990-2080. Global Change Biology, 11: 2141-2152.

Solberg, E.D. Nyborg, M. Malhi, S.S. Janzen, H.H. and Molina-Ayala, M. (1997). Carbon storage in soils under continuous cereal grain cropping: N fertilizer and straw. In: Lal, R., Kimble, J.M., Follet, R.F., and Stewart, B.A. (Eds.), Management of Carbon Sequestration in Soil. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, pp: 235-254.

Spargo, J.T. M.Alley, M.F.Follett, R. and V.Wallace, J. (2008). Soil carbon sequestration with continuous no-till management of grain cropping systems in the Virginia coastal plain. Soil and Tillage Research. 100: 133-140.

Sparling G.P., Wheeler D., Vesely E.T., and Schipper L.A. (2006). What is soil organic matter worth? J. Environ. Qual. 35:548–557 .

Sperow, M. Eve, M. and Paustian, K. (2003). Potential soil C sequestration on U.S. agricultural soils. Climate Change, 57: 319–339.

Stainbrook, K. M. Limburg, K. E. Daniels, R. A. and Schmidt, R. E. (2006). Long-term changes in ecosystem health of two Hudson Vally watersheds, New York, USA, 1936-2001. Hydrobiologia. 571:313-327.

Stevenson, F.G. (1994). Humus Chemistry. John Wily and Sons Pub. New York.

Subedi, K.D. Ma, B.L. and Xue, A.G. (2007). Planting date and nitrogen effects on grain yield and protein content of spring wheat. Crop Science. 47: 36- 44.

Tarkalson DD, Hergert G, Cassman KG (2006). Long- term effect of tillage on soil chemical properties and grain yields of a dray land winter wheat- sorghum/corn- fallow rotation in the great plains. Agronomy Journal 98: 26-33.

Thomas, G.A Dalal, R.C. & Standley, J. (2007). No-till effects on organic matter, pH, cation exchange capacity and nutrient distribution in a Luvisol in the semi-arid subtropics. Soil and Tillage Research, 94: 295–304.

Tisdall,J.M. and Oades, J.M. (1982). Organic matter and water stable aggregates in soils. J. soil Sci:33:41-63.

Tomati, U. Grappelli, A. and Galli, E. (1987). The hormone-like effect of earthworm on castson plant growth. Biology, Fertilizer, Soil. 5: 288-294.

Tubiello, F.N. Donatelli, M. Rosenzweig, C. and Stockle, C.O. (2000). Effects of climate change and elevated CO_2 on cropping systems: model prediction at two Italian Location. European Journal of Agronomy, 13: 179-189.

Ugalde, D. Brungs, A. Kaebernick, M. Mc Gregor, A. and Stattery, B. (2007). Implication of climate change for tillage practice in Australia. Soil and Tillage Research, 97: 318-330.

USDA Natural Resources Conservation Services.(1996). Soil quality indicators: Organic matter. Soil Quality Information Sheet.

USDA Natural Resources Conservation Services. (2003). Managing soil organic matter. Technical Note No.5. WWW.soils.usda.gov. 29- www. worldbank.org

Waling, I. Vark W.V.Houba, VJG and Van der lee JJ. (1989). Soil and plant and Analysis, a series of syllabi. Plant 7. Plant Analysis Procedures, Wageningen Agriculture University, the Netherland.

Wang, P. and Dick, W.A. (2004). Microbial and genetic diversity in soil environments. Journal of Crop Improvement, 12: 249-287.

Watson, C.A. Atkinson, D. Gosling, P. Jackson, L.R. and Rayns, F.W. (2002). Managing soil fertility in organic farming systems. Soil Use Manage, 18: 239-247.

Watts, C.W. Eich, S. and Dexter, A.R. (2000). Effects of mechanical energy inputs on soil respiration at the aggregates and field scales. Soil and Tillage Research. 53: 231-243.

West, T.O. and Marland, G. (2002). A synthesis of carbon sequestration, carbon emissions, and net carbon flux in agriculture: comparing tillage practices in the United States. Agriculture, Ecosystems and Environment, 91: 217–232.

Whpps, J.M. (1990). Carbon Economy. In: "J.M. Lynch (ed.). The Rhizosphere". John Wiley and Sons, West Sussx. Pp: 59-98.

White, A. Cannell, M.G.R. and Friend, A.D. (1999). Climate change impacts on ecosystems and the terrestrial carbon sink: a new assessment. Global Environmental Change, 9: 21-30.

Wilson, T.O. Marland,G. King,A.W. Post,W.M. Jain,A.K. and Andrasko,K. (2001). Carbon management response curves: estimates of temporal soil carbon dynamics. Environmental Management 33, 507–518.

Yazdanpanah, A. R. and Matlabifard, R. (2007). Study of application organic manure from different sources on decreasing of chemical fertilizer usage, some physical characteristics of soil and crop yield. Proceeding of 10th Iranian Soil Science Congress, 26-28 Aug. 2007, Tehran, Iran. (In Persian).

Yoo, G, Nissen, T.M. and Wander, M.M. (2006). Use of physical properties to predict the effects of tillage practices on organic matter dynamics three Illinois soils. Journal of Environmental Quality: 35: 1567-1583.

Zaller, B.Z. (2007). Vermicomposting as a substitute for peat in potting media: Effect on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. Science Horticulture. 112: 191-199.

Zarea, M.J. (2010). Conservation Tillage and Sustainable Agriculture in Semi-Arid Dryland Farming. In: Lichtfouse, E., (Eds.), Springer Press.

Zebarth, B.J. Neilsen, G.H. Hogue, E. and Neilsen, D.(1999). Influence des amendements faits de dechets organiques. Cana. J. Soil Sci. 79:501-504.

Zhang, C.S and McGrath, D. (2004). Geostatistical and GIS analyses on soil organic carbon concentration in grassland of southeastern Ireland from two different periods. Geoderma. 119: 261-275.

Zhong, W.H. and Cai, Z.C. (2007). Long-term effects of inorganic fertilizers on microbial biomass and community functional diversity in a paddy soil derived from quaternary red clay. Appl. Soil Ecol. 36: 84–91.

Abstract

Agro-ecosystem are able to increase greenhouse gases, particularly carbon dioxide.The soil organic carbon is considered as the most important land carbon resorce. That's why any management practices on soil carbon dioxide, can be effective in increasing and decreasing it. In order to determine the effects of tillage on soil organic carbon under organic and chemical fertilizer application, an experiment was conducted in Shahrood university research farm. The experiment was a split plot factorical in a randomized complete block design with there replication. Factor were tillage with 2 level (conventional and conservation tillage), chemical fertilizer with 3 levels: common use, 50% of common use and 25% of common use (as control) and organic fertilizer as vermicompost with 3 levels (0, 5 and 10 ton/ha). The results showed that the main effect of vermicompost and fertilizer significantly increased grain protein, phosphorus and total nitrogen compared to control. Application of vermicompost increased soil respiration significantly compared to control. Also in semi-deep tillage an increase of soil respiration rate was observed. Also the effects of tillage × fertilizer × vermicompost was significantly effect on the amount of organic carbon and organic matter and soil carbon sequestration. So that semi-deep tillage × chemical fertilizer commonly × 10 tn/ha vermicompost coused 32.74% increase carbon sequestration in soils compared to the control. According to the experiment, the effect of chemical fertilizer (commonly) × 10 tn/ha vermicompost was the best treatment for increase of soil organic carbon, organic matter and carbon sequestration in soil and also grain yield and biologic yield. An increase in soil respiration was observed in semi-deep tillage. So it seems that combined use of chemical fertilizer and vermicompost as well as semi-deep tillage is a good strategy for reducing CO_2 emissions into the atmosphere and increased carbon storage in soils. As a result, it seems that by reducing tillage and use of organic inputs such as vermicompost alone and combined with the chemical fertilizer, the invironmental impact caused by greenhouse gases via agro-ecosystems reduced.

Key words: Corn, Deep tillage, Semi-deep tillage, Soil organic carbon, Vermicompost

Shahrood University of Technology

Faculty of agriculture

MSc thesis in of Agronomy

The effect of tillage on carbon sequestration under application of organic and chemical fertilizers conditions in corn

By: Fereshte Mokhtari

Supervisor:

Dr. H. R. Asghari

Advisors:

Dr. H. Abbas dokht

Dr. M. Baradaran Firouzabadi

september 2016