



دانشگاه صنعتی شاهرود
دانشکده کشاورزی
گروه زراعت

اثر متقابل ورمی کمپوست و اسید هیومیک بر عملکرد ذرت

ابراهیم نعمتی ثانی

اساتید راهنما

دکتر منوچهر قلی پور

دکتر علی درخشان شادمهری

اساتید مشاور

دکتر احمد غلامی

دکتر حمید عباس دخت

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ۱۳۹۰



مدیریت تحصیلات تکمیلی
فرم شماره (۶)

بسمه تعالی

شماره: ۱۴۵۱
تاریخ: ۱۳۹۰/۱۱/۱۱
ویرایش:

فرم صورت جلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای ابراهیم نعمتی ثانی رشته آگرواکولوژی تحت عنوان: " اثر متقابل ورمی کمپوست و اسید هیومیک بر عملکرد ذرت " که در تاریخ ۱۳۹۰/۱۱/۱۱ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

۱۹،۱۲

<input type="checkbox"/> مردود	<input type="checkbox"/> دفاع مجدد	<input checked="" type="checkbox"/> قبول (با درجه: عالی - امتیاز ۱۹،۱۲)
--------------------------------	------------------------------------	---

نور (۱۳۹۰/۱۱/۱۱)
مستند
تاریخ: ۱۳۹۰/۱۱/۱۱
مستند

۲- بسیار خوب (۱۸ - ۱۸/۹۹)

۱- عالی (۲۰ - ۱۹)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

۴- قابل قبول (۱۴ - ۱۵/۹۹)

۳- خوب (۱۶ - ۱۷/۹۹)

اعضاء	مرتبه علمی	نام و نام خانوادگی	عضو هیأت داوران
	دانشیار استادیار	منوچهر قلی پور علی درخشان شادمهری	۱- اساتید راهنما
	دانشیار استادیار	احمد غلامی حمید عباس دخت	۲- اساتید مشاور
	استادیار	محمود رحیمی	۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی
	استادیار	مهدی برادران	۴- استاد ممتحن
	استادیار	حسن مکاریان	۵- استاد ممتحن

رئیس دانشکده:

تقدیر

پدر فداکار، مادر عزیز و همسر مهربانم

شکر و قدردانی

سپاس و ستایش خدای را سزا است که نامش آرایش عنوان کلام است و یادش آرام بخش قلب هاست.

از اساتید راهنمای خود، جناب آقای دکتر منوچهر قلی پور و دکتر علی درخشان شاد مری به خاطر راهنمایی ها و مساعدت بی دریغشان در طی

انجام این تحقیق، نهایت شکر را دارم. همچنین از اساتید محترم دکتر احمد غلامی و دکتر حمید عباس دخت به خاطر مشاوره ها و کمک هایشان،

بسیار شکر می کنم. از جناب آقای دکتر برادران و دکتر مکاریان که داور این پایان نامه را عمده دار بودند نهایت سپاس گذاری را دارم.

و نیز از تمامی دوستانم در دانشگاه صنعتی شاهرود و برادرم محمد شکر می نمایم، کسانی که بدون حمایت و حضور آنها، انجام این تحقیق، میسر

نبود. از همسر و خانواده ام به خاطر حمایت های معنوی و مادی که در طی انجام این تحقیق و کل زندگی ام از من داشته اند، شکر ویژه می نمایم.

ابراهیم نعمتی ثانی

بهمن ماه ۱۳۹۰

تعهد نامه

اینجانب **ابراهیم نغمی بانی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد / دکتری رشته **ادبیات و ادبیات** دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه / رساله **دکتر محمد علی حسن پور** تحت راهنمایی **دکتر علی حسن پور** متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه / رساله 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 / رساله تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه / رساله تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه / رساله رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه / رساله ، 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 / رساله ، 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: ۱۱/۱۱/۹۰

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

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

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

چکیده:

در چند دهه اخیر مصرف نهاده های شیمیایی در اراضی کشاورزی، معضلات زیست محیطی زیادی را به دنبال داشته است. از طرفی دیگر کشت و کارهای طولانی مدت باعث تخلیه مواد آلی خاک گردیده است و این امر به نوبه خود سبب افزایش دی اکسید کربن جو شده و تغییر اقلیم جهانی را به دنبال داشته است. با استفاده از کودهای آلی نظیر ورمی کمپوست می توان ذخیره کربن آلی خاک را ترقی داد و تغذیه ای مناسب برای گیاه میسر نمود. همچنین با محلول پاشی اسیدهای آلی مانند اسید هیومیک می توان مواد غذایی را از طریق جذب برگگی در اختیار گیاه قرار داد به همین منظور در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد و تیمارها شامل چهار سطح اسید هیومیک {صفر (شاهد)، ۸۰۰، ۱۶۰۰ و ۲۴۰۰ میلی لیتر در هکتار} و سه سطح ورمی کمپوست {صفر (شاهد)، ۵ و ۱۰ تن در هکتار} بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که این دو ماده آلی دارای اثرات ساده و متقابل بر عملکرد و برخی اجزاء عملکرد ذرت هستند. به طوری که اثرات این دو ماده بر تعداد بلال، تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک از نظر آماری معنی دار شد. به طور کلی کاربرد ۵ و ۱۰ تن ورمی کمپوست توانست عملکرد را ۳۹ و ۴۶ درصد نسبت به حالت عدم استفاده از این کود ترقی دهد. همچنین محلول پاشی با ۸۰۰، ۱۶۰۰ و ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک، عملکرد را به ترتیب ۲۵، ۳۷ و ۵۹ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. اثر متقابل این دو کود بر تعداد دانه در ردیف معنی دار شد به نحوی که بیشترین تعداد دانه (۵۶ دانه در ردیف) از تیمار ۱۰ تن ورمی کمپوست و ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک به دست آمد. به طور کلی کاربرد ۵ تن ورمی کمپوست به همراه ۲۴۰۰ میلی لیتر در هکتار اسید هیومیک می تواند تأثیر مثبتی بر عملکرد اقتصادی ذرت داشته و استفاده از این دو کود آلی گامی در جهت کشاورزی پایدار باشد.

کلمات کلیدی: ورمی کمپوست، اسید هیومیک، عملکرد، اجزای عملکرد، ذرت

مقاله استخراج شده از پایان نامه

بررسی تأثیر ورمی کمپوست و اسید هیومیک بر عملکرد ذرت دانه ای. دوازدهمین کنگره علوم خاک

ایران. ۱۴-۱۲ شهریور سال ۱۳۹۰. دانشگاه تبریز.

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: مقدمه
۶	فصل دوم: بررسی منابع
۷	۱-۲- مبدأ و تاریخچه ذرت
۸	۲-۲- ارزش غذایی ذرت
۸	۳-۲- موارد استعمال ذرت
۹	۱-۳-۲- تهیه نان
۹	۲-۳-۲- تغذیه حیوانات
۹	۳-۳-۲- تغذیه پرندگان
۹	۴-۳-۲- کارخانجات
۱۰	۴-۲- گیاه شناسی ذرت
۱۲	۵-۲- تأثیر عوامل محیطی بر رشد ذرت
۱۲	۱-۵-۲- درجه حرارت
۱۳	۲-۵-۲- نور
۱۳	۳-۵-۲- رطوبت
۱۳	۴-۵-۲- باد
۱۴	۵-۵-۲- خاک

۱۴.....	خصوصیات زراعی و فیزیولوژیکی ذرت.....	۶-۲-
۱۸.....	اهمیت کشاورزی پایدار.....	۷-۲-
۲۰.....	جایگاه مواد آلی در کشاورزی پایدار.....	۸-۲-
۲۱.....	رابطه تغییرات اقلیمی کره زمین با مواد هیومیک.....	۹-۲-
۲۳.....	هوموس، بخش پایدار مواد آلی.....	۱۰-۲-
۲۴.....	اسید هیومیک.....	۱۱-۲-
۲۵.....	خصوصیات شیمیایی مواد هیومیک و سنجش آنها.....	۱۲-۲-
۲۷.....	تفاوت اسید هیومیک و اسید فولویک.....	۱۳-۲-
۲۸.....	نقش مواد هیومیک در جذب یون های مغذی.....	۱۴-۲-
۳۰.....	برهمکنش اسید هیومیک و گیاه.....	۱۵-۲-
۳۱.....	تأثیر ترکیبات هیومیک بر رشد گیاه.....	۱۶-۲-
۳۲.....	تأثیر ترکیبات هیومیک بر خصوصیات خاک.....	۱۷-۲-
۳۴.....	ضرورت تولید کودهای بیولوژیک.....	۱۸-۲-
۳۴.....	ورمی کمپوست.....	۱۹-۲-
۳۵.....	برتری ورمی کمپوست نسبت به کمپوست.....	۲۰-۲-
۳۷.....	اهمیت ورمی کمپوست.....	۲۱-۲-
۳۷.....	بهبود سطح تغذیه، رشد و عملکرد گیاهان.....	۱-۲۱-۲-
۳۹.....	بهبود خصوصیات خاک.....	۲-۲۱-۲-

فصل سوم: مواد و روش ها ۴۱

۳-۱- مشخصات محل آزمایش ۴۲

۳-۲- شرایط آب و هوایی محل اجرای آزمایش ۴۲

۳-۳- مشخصات خاک مزرعه ۴۴

۳-۴- مشخصات طرح آزمایش ۴۴

۳-۵- مشخصات پلات ها ۴۵

۳-۶- آماده سازی زمین و اعمال تیمارها ۴۵

۳-۷- کاشت بذر ذرت ۴۶

۳-۸- عملیات داشت ۴۶

۳-۸-۱- مبارزه با علف های هرز و دفع آفات ۴۷

۳-۸-۲- آبیاری ۴۷

۳-۹- نمونه بردای ۴۷

فصل چهارم: نتایج و بحث ۴۹

۴-۱- ارتفاع بوته ۵۰

۴-۲- عملکرد دانه ۵۳

۴-۳- تعداد بلال در بوته ۵۷

۴-۴- تعداد دانه در ردیف ۶۰

۴-۵- تعداد ردیف های دانه در بلال ۶۳

۶۶	وزن هزار دانه.....	۴-۶-
۶۹	عملکرد بیولوژیک.....	۴-۷-
۷۲	شاخص برداشت.....	۴-۸-
۷۴	تسهیم بیوماس به ساقه و برگ.....	۴-۹-
۹۱	نتیجه گیری.....	۴-۱۰-
۹۲	پیشنهادات.....	۴-۱۱-
۹۳	منابع و مأخذ.....	

شکل ۱-۳ نقشه کاشت	۴۵
شکل ۱-۴ مقایسه میانگین عملکرد دانه در سطوح مختلف اسید هیومیک	۵۶
شکل ۲-۴ مقایسه میانگین عملکرد دانه در سطوح مختلف ورمی کمپوست	۵۶
شکل ۳-۴ اثرات متقابل اسید هیومیک و ورمی کمپوست بر تعداد دانه در ردیف بلال	۶۳
شکل ۴-۴ مقایسه میانگین تعداد ردیف های دانه در بلال در سطوح مختلف اسید هیومیک	۶۵
شکل ۵-۴ مقایسه میانگین تعداد ردیف های دانه در بلال در سطوح مختلف ورمی کمپوست	۶۵
شکل ۶-۴ رابطه تعداد ردیف دانه در بلال با عملکرد دانه در هر بوته	۶۶
شکل ۷-۴ مقایسه میانگین وزن هزار دانه در سطوح مختلف اسید هیومیک	۶۸
شکل ۸-۴ مقایسه میانگین وزن هزار دانه در سطوح مختلف ورمی کمپوست	۶۸
شکل ۹-۴ مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک در سطوح مختلف اسید هیومیک	۷۱
شکل ۱۰-۴ مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک در سطوح مختلف ورمی کمپوست	۷۱
شکل ۱۱-۴ رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط عدم استفاده از اسید هیومیک و ورمی کمپوست	۷۷
شکل ۱۲-۴ رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط عدم استفاده از اسید هیومیک و ورمی کمپوست	۷۷
شکل ۱۳-۴ رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط عدم استفاده از اسید هیومیک و کاربرد ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست	۷۸
شکل ۱۴-۴ رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط عدم استفاده از اسید هیومیک و کاربرد ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست	۷۸
شکل ۱۵-۴ رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط عدم استفاده از اسید هیومیک و کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست	۷۹
شکل ۱۶-۴ رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط عدم استفاده از اسید هیومیک و ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست	۷۹
شکل ۱۷-۴ رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۸۰۰ میلی لیتر در هکتار اسید هیومیک و عدم کاربرد ورمی کمپوست	۸۰

شکل ۱۸-۴ رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۸۰۰ میلی لیتر در هکتار اسید هیومیک و عدم کاربرد ورمی کمپوست	۸۰
شکل ۱۹-۴ رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۸۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک و کاربرد ۵ تن ورمی کمپوست در هکتار	۸۱
شکل ۲۰-۴ رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۸۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک و کاربرد ۵ تن ورمی کمپوست در هکتار	۸۱
شکل ۲۱-۴ رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۸۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک و کاربرد ۱۰ تن ورمی کمپوست در هکتار	۸۲
شکل ۲۲-۴ رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۸۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک و کاربرد ۱۰ تن ورمی کمپوست در هکتار	۸۲
شکل ۲۳-۴ رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۱۶۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار و عدم کاربرد ورمی کمپوست	۸۳
شکل ۲۴-۴ رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۱۶۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار و عدم کاربرد ورمی کمپوست	۸۳
شکل ۲۵-۴ رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۱۶۰۰ میلی لیتر اسید و کاربرد ۵ تن ورمی کمپوست در هکتار	۸۴
شکل ۲۶-۴ رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۱۶۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک و کاربرد ۵ تن ورمی کمپوست در هکتار	۸۴
شکل ۲۷-۴ رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۱۶۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک و کاربرد ۱۰ تن ورمی کمپوست در هکتار	۸۵
شکل ۲۸-۴ رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۱۶۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک و کاربرد ۱۰ تن ورمی کمپوست در هکتار	۸۵
شکل ۲۹-۴ رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار و عدم کاربرد ورمی کمپوست	۸۶
شکل ۳۰-۴ رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار و عدم کاربرد ورمی کمپوست	۸۶

- شکل ۳۱-۴ رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک و کاربرد ۵ تن ورمی کمپوست در هکتار..... ۸۷
- شکل ۳۲-۴ رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک و کاربرد ۵ تن ورمی کمپوست در هکتار..... ۸۷
- شکل ۳۳-۴ رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک و کاربرد ۱۰ تن ورمی کمپوست در هکتار..... ۸۸
- شکل ۳۴-۴ رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک و کاربرد ۱۰ تن ورمی کمپوست در هکتار..... ۸۸
- شکل ۳۵-۴ ضریب اختصاص بیوماس به برگ (پر برگی) در ترکیبات تیماری مورد آزمایش..... ۹۰
- شکل ۳۶-۴ رابطه ضریب اختصاص یافته به برگ با تولید ماده خشک در گیاه (بیوماس کل)..... ۹۰

جدول ۱-۳	مشخصات اقلیمی و جغرافیایی شهرستان شاهرود.....	۴۲
جدول ۲-۳	آمار هواشناس شهرستان شاهرود.....	۴۳
جدول ۳-۳	خصوصیات خاک مزرعه.....	۴۴
جدول ۱-۴	تجزیه واریانس اثرات اسید هیومیک و ورمی کمپوست بر ارتفاع بوته.....	۵۱
جدول ۲-۴	مقایسه میانگین ارتفاع بوته در سطوح مختلف اسید هیومیک.....	۵۲
جدول ۳-۴	مقایسه میانگین ارتفاع بوته در سطوح مختلف ورمی کمپوست.....	۵۲
جدول ۴-۴	تجزیه واریانس اثرات اسید هیومیک و ورمی کمپوست بر عملکرد دانه.....	۵۵
جدول ۵-۴	تجزیه واریانس اثرات اسید هیومیک و ورمی کمپوست بر تعداد بلال در بوته.....	۵۸
جدول ۶-۴	مقایسه میانگین تعداد بلال در بوته در سطوح مختلف اسید هیومیک.....	۵۸
جدول ۷-۴	مقایسه میانگین تعداد بلال در بوته در سطوح مختلف ورمی کمپوست.....	۵۹
جدول ۸-۴	تجزیه واریانس اثرات اسید هیومیک و ورمی کمپوست بر تعداد دانه در ردیف.....	۶۱
جدول ۹-۴	مقایسه میانگین تعداد دانه در ردیف در سطوح مختلف اسید هیومیک.....	۶۱
جدول ۱۰-۴	مقایسه میانگین تعداد دانه در ردیف در سطوح مختلف ورمی کمپوست.....	۶۲
جدول ۱۱-۴	تجزیه واریانس اثرات اسید هیومیک و ورمی کمپوست بر تعداد ردیف های دانه در بلال.....	۶۴
جدول ۱۲-۴	تجزیه واریانس اثرات اسید هیومیک و ورمی کمپوست بر وزن هزار دانه.....	۶۷
جدول ۱۳-۴	تجزیه واریانس اثرات اسید هیومیک و ورمی کمپوست بر عملکرد بیولوژیک.....	۷۰
جدول ۱۴-۴	تجزیه واریانس اثرات اسید هیومیک و ورمی کمپوست بر شاخص برداشت.....	۷۳
جدول ۱۵-۴	مقایسه میانگین شاخص برداشت در سطوح مختلف اسید هیومیک.....	۷۳
جدول ۱۶-۴	مقایسه میانگین شاخص برداشت در سطوح مختلف ورمی کمپوست.....	۷۴
جدول ۱۷-۴	ضریب تخصیص بیوماس تولیدی به ساقه و برگ و انحراف استاندارد آن برای سطوح تیمارهای مورد آزمایش.....	۸۹

فصل اول

مقدمه

مقدمه

ذرت به عنوان یک غله پر محصول و یک گیاه غذایی بسیار مهم علاوه بر آنکه یکی از زراعت های اصلی کشورهای آمریکایی را تشکیل می دهد، در سایر قاره های جهان نیز به طور وسیعی کشت می شود. اگر چه ذرت از نظر سطح زیر کشت بعد از گندم و برنج سومین محصول در میان غلات است، اما مقدار تولید آن برابر حجم تولید هر یک از دو غله جهان می باشد (تاج بخش و پورمیرزا، ۱۳۸۶).

یکی از مهمترین دلایل توسعه کشت ذرت در دنیا، قدرت سازگاری این گیاه با شرایط اقلیمی گوناگون است. در بین غلات ذرت بیشترین تنوع مصرف کننده را داراست. زیرا ذرت افزون بر مصرف به عنوان غذای انسان (کنسرو یا مصرف خوراکی) و علوفه برای دام ها، در صنایع تخمیر و تهیه فراورده های متنوع صنعتی از جمله اتانول نیز مورد استفاده قرار می گیرد. ذرت ماده اولیه تعداد زیادی از صنایع به شمار می رود. به طوری که در حال حاضر بیش از ۵۰۰ فرآورده صنعتی از آن تولید می شود. به نظر می رسد اهمیت ذرت در آینده بیشتر شود چرا که در کشورهای فقیر غذای اصلی بوده و در اکثر کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه برای تولید پروتئین حیوانی کاربرد فراوانی دارد. بنابراین تولید آن از اهمیت ویژه ای برخوردار است، به طوری که از لحاظ سطح زیر کشت و مقدار تولید به ترتیب ۱۴۷۰۲۲/۳ هزار هکتار و ۷۲۱۳۷۹/۴ هزار تن را در سال ۲۰۰۴ به خود اختصاص داده است (آنونیموس، ۲۰۰۵).

بیشترین سطح زیر کشت ذرت در دنیا متعلق به ایالات متحده آمریکا می باشد و حدود یک چهارم اراضی این کشور زیر کشت ذرت قرار دارد. سایر کشورهای تولید کننده ذرت چین، روسیه،

یوگسلاوی، برزیل، مکزیک، رومانی، آرژانتین، افریقای جنوبی و هند هستند (تاج بخش و پورمیرزا، ۱۳۸۶).

در کشور ما نیز ذرت دارای جایگاه ویژه ای بوده و از اهمیت بسزایی برخوردار است و در بسیاری از مناطق در تناوب با سایر محصولات زراعی و یا به صورت خالص (تک کشتی) کشت می شود. در سال های اخیر با وجود افزایش روز افزون نیاز کشور به ذرت جهت تأمین علوفه دام ها و تغذیه طیور، همچنین فرآورده های صنعتی، توسعه زراعت و تولید آن مورد توجه و استقبال دست اندرکاران و تولید کنندگان محصولات زراعی قرار گرفته و در حال حاضر دست یابی به خودکفایی تولید ذرت هدف طرح محوری ذرت است.

با توجه به شرایط آب و هوایی مناسب کشور ما، برای تولید ذرت در اکثر مناطق کشور می توان نسبت به کاشت این محصول اقدام نمود. در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ در ایران از سطح زیر کشت ۳۵۴ هزار هکتار، ۲/۶۶ میلیون تن دانه ذرت با میانگین عملکرد ۷/۵ تن در هکتار تولید گردیده است (خاوری خراسانی و همکاران، ۱۳۸۹).

گیاه ذرت بسیار پر توقع بوده و نیاز مبرمی به عناصر غذایی ماکرو (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) و میکرو (منیزیم، کلسیم، آهن، روی و ...) دارد، از این رو باید تغذیه آن به خوبی انجام شود. عملکرد ذرت وابستگی زیادی به حاصلخیزی خاک دارد و در خاک های ضعیف تولید آن بسیار کم می شود (تاج بخش و پورمیرزا، ۱۳۸۶؛ راشد محصل و همکاران، ۱۳۷۶). از طرفی دیگر کشت و کار مداوم این محصول در برخی از مناطق باعث تخلیه مواد غذایی خاک شده و خاک را بیش از پیش به کودهای شیمیایی نیازمند می سازد. استفاده از مکمل های آلی نظیر ورمی کمپوست و اسید هیومیک علاوه بر تغذیه گیاه زراعی می تواند مقداری از مواد غذایی را به خاک برگرداند و فرسایش عناصر غذایی را

تقلیل دهد. کودهای زیستی نظیر ورمی کمپوست علاوه بر فراهمی عناصر مغذی قادرند خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک را نیز تحت تأثیر قرار دهند (عبدلی و روشنی، ۱۳۸۶). همچنین به کار گیری اسیدهای آلی مانند اسید هیومیک می توانند هم به عنوان محلول پاشی و هم در داخل خاک کاربرد داشته باشند (سماوات و همکاران، ۱۳۸۷). چنانچه اسید هیومیک به صورت اسپری برگی مورد استفاده قرار بگیرد، از طریق جذب برگی عناصر ریزمغذی را به گیاه عرضه می کند و یا از طریق فعالیت های شبه هورمونی راندمان جذب عناصر را افزایش می دهد (یلدریم و همکاران، ۲۰۰۷).

از سوی دیگر با افزایش جمعیت جهان و مضاعف شدن تولیدات صنعتی و کشاورزی، سالیانه میلیون ها تن زباله های آلی تولید می گردد. حجم عظیمی از این ضایعات بدست آمده دفن و یا سوزانده می شود و علاوه بر این که مشکلات زیست محیطی و آلودگی های فراوانی را به وجود می آورند، هزینه های کلانی نیز صرف حمل، دفن و یا سوزاندن آنها می شود. در روش دفن زباله، مضاف بر مشکلات و خطرات ورود نیترات و سایر مواد آلاینده به آب های زیرزمینی، اشغال فضای بیشتر توسط مواد زاید از دیگر معایب این روش به شمار می روند. یکی از مهمترین روش های فرآوری زباله های شهری و پسماندهای کشاورزی و صنعت، بازیافت آن به صورت ورمی کمپوست است.

ورمی کمپوست یا کمپوست کرمی عبارت است از کودهای آلی بیولوژیکی که در اثر عبور مداوم و آرام مواد آلی در حال پوسیدگی از دستگاه گوارش گونه هایی از کرم های خاکی و دفع این مواد از بدن کرم حاصل می گردد. این مواد هنگام گذر از دستگاه گوارش کرم به مخاط دستگاه گوارش ویتامین ها و آنزیم ها آغشته می شوند که در نهایت به عنوان یک کود آلی غنی شده و بسیار مفید برای ساختمان خاک و بهبود عناصر غذایی و حاصلخیزی خاک تولید و مورد مصرف قرار می گیرد.

اسید هیومیک به عنوان یک اسید آلی حاصل از هوموس و سایر منابع طبیعی از طریق اثرات هورمونی و بهبود جذب عناصر غذایی، سبب افزایش بیوماس ریشه و اندام های هوایی می شود. اسید هیومیک فعالیتی شبیه هورمون دارد. به طوری که نه تنها باعث افزایش رشد گیاه و جذب مواد مغذی شده بلکه باعث افزایش مقاومت به تنش نیز می گردد. اهمیت اسید هیومیک این است که تنها به صورت مخزنی محدود از مواد مغذی عمل نمی کند (آتیه و همکاران، ۲۰۰۲)، بلکه این ماده می تواند به عنوان تنظیم کننده رشد برای تنظیم سطح هورمون ها و بهبود رشد گیاهان مورد استفاده قرار گیرد (ناردی و همکاران، ۲۰۰۲).

فرضیه های زیادی برای اثرات اسید هیومیک پیشنهاد شده است. این تأثیرات مثبت عبارتند از شکل گیری پیوندهای کمپلکس بین اسید هیومیک و یون های معدنی، و همچنین تجزیه اسید هیومیک به آنزیم ها در گیاهان. اثر اسید هیومیک بر فرآیندهای تنفس و فتوسنتز و همچنین بر تحریک متابولیسم اسیدهای نوکلئیک نیز برجسته می باشد (چن و همکاران، ۲۰۰۴).

هدف از این پژوهش بررسی برهمکنش اسید هیومیک و ورمی کمپوست بر رشد و عملکرد ذرت دانه ای رقم سینگل کراس ۷۰۴ بود. با توجه به نکات ذکر شده در مورد این دو ماده آلی و فقر عمومی مواد آلی در خاک های کشور، به خصوص زمین های زراعی و همچنین اهمیت تغذیه در زراعت ذرت از یک سو، و از جهت دیگر در راستای اهداف زیست محیطی و حرکت به سمت کشاورزی پایدار و کم نهاده، انجام این آزمایش ضروری به نظر می رسد تا اینکه بتوان سطوح مؤثر این دو ماده آلی را در زراعت ذرت مشخص نمود.

فصل دوم

بررسی منابع

۱-۲- مبدأ و تاریخچه ذرت

منشأ اولیه ذرت آمریکای مرکزی است. ذرت اصلی ترین زراعت جهت تأمین مواد غذایی در آمریکای شمالی، مرکزی و جنوبی قبل از کشف قاره جدید بوده است. پژوهش های باستان شناسی در کشور مکزیک مشخص نموده است که ذرت حدوداً ۴۵۰۰ سال قبل از میلاد در آنجا کشت گردیده است. وجود مجسمه بوتله ذرت در دست تالو آزتیک^۱ خدای باران متعلق به تمدن های قدیم مکزیک، دلیل برگشت آن به زمان های بسیار دور است (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۰).

ذرت نه تنها به عنوان غذای اصلی مردم محسوب می گردیده، بلکه نقش و اهمیت بسیار مهمی در زندگی مردم، آداب و رسوم مذهبی تاریخی مردم در آمریکای جنوبی، مرکزی و شمالی داشته است. والدن^۲ سه مبدأ اولیه برای ذرت ذکر می نماید که این سه مبدأ منطبق با سه تمدن بزرگ در آمریکای جنوبی و مرکزی بوده است (Inca در پرو، Aztec در مکزیک و Maya در گواتمالا). واویلوف^۳ مبدأ اولیه ذرت را جنوب مکزیک، آمریکای جنوبی و مرکز آمریکای جنوبی ذکر کرده است (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۰).

کریستف کلمب یک سال پس از ورود به آمریکا، در سال ۱۴۹۳ بذر ذرت را با خود به اسپانیا آورد. این گیاه به دلیل بالا بودن عملکردش از آنجا به پرتغال و سایر کشورهای اروپایی و سپس به قاره آفریقا و تعدادی از کشورهای آسیایی از جمله هندوستان، چین، ژاپن و بلاخره به سایر نقاط جهان راه یافت (کاظمی اربط، ۱۳۷۴).

۱. Taloc Aztec

۲. T. Walden

۳. N. Vavilov

۲-۲- ارزش غذایی ذرت

میزان پروتئین و چربی ارقام مختلف ذرت کاملاً متغیر می باشد. حداکثر پروتئین ممکن است به ۱۵ درصد و حداقل آن به ۶ درصد برسد. جنین که یک دهم دانه است حاوی حدود یک پنجم کل پروتئین می باشد. پروتئین ذرت حاوی پرولامین بخصوص زئین و گلوبولین است. در بین غلات به استثنای یولاف، ذرت بیش از همه حاوی چربی است که در برخی موارد مقدار آن قابل توجه است. بیش از ۷۰ درصد محتوای دانه ذرت، نشاسته، قند و سلولز است. ویتامین های ذرت بیشتر در جنین و لایه های بیرونی اندوسپرم ذخیره می شوند، در حالی که بخش اندوسپرم از این لحاظ فقیر می باشد. ذرت حاوی ویتامین A و تیامین می باشد که بیشتر در جنین ذخیره می گردند. ریبوفلاوین نیز در جنین و اندوسپرم ذخیره می شود.

ذرت از لحاظ کلسیم فقیر و از لحاظ فسفر و پتاسیم غنی است. مقدار منگنز و سدیم ذرت خیلی کم و آهن آن قابل توجه می باشد. ذرت نسبت به جو و یولاف دارای پروتئین کمتری بوده ولی در عوض دارای مواد نشاسته ای بیشتری است. ارزش غذایی ذرت علوفه ای در صورتی زیاد است که مخلوط با نباتات علوفه ای دیگر مورد استفاده قرار می گیرد. دانه ذرت به صورت بلغور در دامپروری مورد استفاده زیادی دارد. از دانه ذرت، نشاسته و قند و از جنین آن روغن می گیرند. ذرت علوفه ای می تواند در مواقع مختلف سال به برنامه دامداری زارعین از نظر تامین علوفه و نگهداری دام ها کمک شایانی نماید (کازمی اربط، ۱۳۷۴).

۲-۳- موارد استعمال ذرت

ذرت دارای استفاده ها و کاربردهای گوناگونی است که در این بخش به تعدادی از آنها اشاره شده است.

۱-۳-۲- تهیه نان

در بعضی از کشورها مثل هندوستان، پرتغال و مکزیک از دانه ذرت آرد تهیه می کنند. چون پروتئین های ذرت مانند گندم ماده گلوتن حقیقی تشکیل نمی دهند، به همین دلیل از آرد ذرت نمی توان نانی تهیه نمود که خمیر آن ورآمده باشد. گذشته از آن نان ذرت خیلی سریع خشک، سخت و غیر قابل حضم شده و به علت چربی زیاد (۶-۴ در صد) نان آن زود خراب می شود، لذا بهتر است آرد ذرت به نسبت ۵۰-۲۵ درصد با آرد گندم مخلوط شود.

۲-۳-۲- تغذیه حیوانات

دانه ذرت یک غذای دامی مهم بوده و بیش از ۸۰ درصد ذرت تولیدی در هر کشور به مصرف دام ها می رسد؛ به علت داشتن مواد پر انرژی به طور وسیع برای چاق کردن گله های گاو و گوسفند (به ویژه بره ها) مورد استفاده قرار می گیرد.

۳-۳-۲- تغذیه پرندگان

دانه ذرت از لحاظ تأمین انرژی برای طیور بسیار مهم و با اهمیت بوده و در تولید گوشت سفید و تخم مرغ نقش مهمی دارد. ذرت های دانه سفید برای پرندگان مانند مرغ، غاز و اردک که برای استفاده از گوشت آن ها پرورش می یابند، کاربرد بیشتری دارد.

۴-۳-۲- کارخانجات

در صنعت از هیدرولیز نشاسته ذرت می توان انواع محصولات غذایی نظیر نشاسته ذرت، شربت و دکستروز ذرت را تولید نمود. نشاسته خشک ذرت برای مصارف غذایی، استفاده در کارگاه های لباس شویی و هدف های صنعتی کاربرد دارد (تاج بخش و پورمیزرا، ۱۳۸۶).

مصارف دیگر ذرت عبارت است از تهیه گلوتن خوراکی، الکل گیری، تهیه مالت، روغن، اسید لاکتیک، پلاستیک سازی، صابون سازی، تهیه غذای کودک، کاغذ های روغنی، رنگرزی و غیره.

۲-۴- گیاه شناسی ذرت

ذرت یکی از گیاهان مهم تیره غلات (Poaceae) با نام انگلیسی (Corn) و آمریکایی (Maize) و نام علمی *Zea Mays L.* می باشد. این گیاه یک ساله، روز کوتاه، تک لپه، تک پایه، دگرگشن و از نظر طول دوره رشد به سه گروه زودرس، متوسط رس و دیررس تقسیم می گردد. ذرت دارای تنوع فنوتیپی بسیار زیادی است. ارقامی از ذرت با طول ساقه ۶۰ سانتی متر و ۷ برگ تا ارقامی با ارتفاع ۷ متر و ۴۸ برگ وجود دارد. طول برگ ها از ۳۰ تا ۱۵۰ سانتی متر و عرض آنها از ۴ تا ۱۵ سانتی متر متغیر است (راشد محصل و همکاران، ۱۳۷۶). این تنوع فنوتیپی زیاد، امکان گزینش فنوتیپ های مورد نظر با ویژگی های مطلوب را فراهم می سازد. در ارقام تجاری به طور معمول ارتفاع ساقه ۲ تا ۳ متر با ۱۶ تا ۲۳ برگ است (تولنار و ادویر، ۱۹۹۹).

ذرت گیاهی است تک پایه و گل های نر تاجی به صورت خوشه ای منشعب در انتهای ساقه قرار گرفته است که به آن گل آذین نر یا تاسل می گویند. در روی خوشه نر خوشه های فرعی به صورت جفت جفت قرار دارند. در هر سنبلک دو گل یافت می شود که گل بالایی از نقطه نظر رشد کامل تر است. هر گل نر شامل سه پرچم، دو لودیکول و یک مادگی تکامل نیافته است. گل های ماده بر روی سنبل ها قرار دارند. سنبل ها در نزدیک وسط ساقه ایجاد می شوند. گل آذین ماده دارای خوشه ای با محوری نسبتاً قطور است و بر روی سنبلچه های فرعی و دوتایی در کنار هم قرار دارند. محور ضخیم سنبل حاوی ۸ تا ۳۰ ردیف طولی از سنبلچه های زوج می باشند؛ هر

سنبل فرعی معمولاً دو گل دارد که یکی از آنها بارور شده و دیگری عقیم می ماند؛ چنانچه گل دوم نیز بارور شود ازدیاد دانه باعث برهم خوردن ترتیب ردیف ها شده و در نتیجه توزیع دانه بر روی سنبل ها نا منظم می شود. هر گل دارای تخمدانی است که از آن کاکل یا ابریشم به طول ۱۰ تا ۲۰ سانتی متر خارج می شود که مجموعاً کلاله و خامه آن است. کاکل از موهای ریز و چسبناکی پوشیده شده است که دانه های گرده را به خود می گیرند؛ طول عمر کاکل ها ۵ تا ۱۰ روز می باشد (تاج بخش و پورمیرزا، ۱۳۸۶).

دو گلوم ضخیم و کوتاه، سایر قسمت های سنبله را فرا گرفته که با هم پوست دانه (کزل) را تشکیل می دهند و کوتاه تر از گلومل ها هستند. سنبل ذرت توسط پوشش هایی (پوست های بلال) که در حقیقت غلاف های تغییر شکل یافته برگ است، پوشیده و محافظت می شود. به این پوشش ها چمچه یا اسپات^۴ نیز می گویند. بعضی ارقام به طور طبیعی بیش از یک بلال تولید می کنند که به آنها پرولیفیک می گویند. تشکیل بلال دوم علاوه بر ارثی بودن به تراکم بوته نیز بستگی دارد، یعنی چنانچه تراکم بوته کم باشد تشکیل بلال های دوم و سوم بیشتر می شود (تاج بخش و پورمیرزا، ۱۳۸۶).

میوه ذرت هم مانند گندم و جو، گندمه است. دانه شامل پریکارپ، یک لایه آلرون، آندوسپرم و جنین است. پریکارپ و مابقی پوشش های دانه ۵ درصد کل دانه را تشکیل می دهد. جنین و اسکوتلوم حدود ۱۰ درصد و آندوسپرم حدود ۸۰ تا ۸۵ درصد وزن دانه را شامل می شود. در ذرت نیز مانند سایر غلات برگ ها به طور متناوب بر روی ساقه قرار گرفته اند. شمار برگ ها در هر ساقه و شاخص سطح برگ در ارقام دیر رس زیادتر است (تولنار و ادویر، ۱۹۹۹).

۴. Spath

۲-۵- تأثیر عوامل محیطی بر رشد ذرت

۲-۵-۱- درجه حرارت

ذرت عموماً مخصوص مناطق گرم، و یک گیاه چهار کربنه (C_4) بوده و دما عامل محدود کننده این گیاه محسوب می شود. در مناطقی که میانگین درجه حرارت تابستان کمتر از ۱۹ درجه سانتی گراد و نیز متوسط درجه حرارت شب در طول ماه های تابستان کمتر از ۱۳ درجه سانتی گراد می باشد کشت نمی شود. حداقل دمای لازم جهت جوانه زنی بذر ذرت ۱۰ درجه سانتی گراد است؛ البته ارقامی از ذرت وجود دارد که در درجات پایین نیز می توانند جوانه بزنند؛ در حالت کلی اگر درجه حرارت خاک بین ۶ تا ۸ درجه باشد، جذب آب به وسیله دانه به کندی انجام می گیرد، اگر درجه حرارت از ۶ درجه کمتر باشد جذب آب متوقف می شود؛ گذشته از آن ها در درجه حرارت های پایین تر از ۱۰ درجه دانه مورد حمله میکروارگانیزم های خاک قرار می گیرد و در نتیجه بذر قابلیت جوانه زنی خود را از دست می دهد.

مناسب ترین دما در دوره رشد و نمو ذرت ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی گراد است و در درجات بالاتر از ۳۰ درجه سانتی گراد کاهش معنی داری در فعالیت آنزیم های گیاهیچه های ذرت (به ویژه آنزیم نیترات ردوکتاز) مشاهده می شود، که بدین ترتیب در متابولیسم ازت اختلال حاصل می شود. در چنین شرایطی مقدار پروتئین گیاهی کم شده و تغییراتی در ترکیب آن حاصل می گردد. دمای خیلی زیاد و رطوبت نسبی کم آثار نامطلوبی در عمل گرده افشانی و لقاح خواهد داشت (تاج بخش و پورمیرزا، ۱۳۸۶).

۲-۵-۲- نور

یکی دیگر از عوامل محیطی بسیار مهم و مؤثر برای رشد و نمو و عملکرد مناسب در این گیاه، وجود نور کافی می باشد. بنابر این در مناطقی که در دوره رشد ذرت نور کافی وجود نداشته باشد، این گیاه نمی تواند رشد طبیعی خود را به طور کامل انجام داده و علاوه بر دیررسی در ارقامی که جهت تولید دانه یا بذر کاشته شده باشند، به علت کاهش فتوسنتز، بذر کافی تولید نمی شود و از کیفیت دانه ها نیز کاسته خواهد شد (خدابنده، ۱۳۷۷).

۲-۵-۳- رطوبت

آب قابل مصرف در زراعت ذرت مسئله مهمی تلقی می شود. ذرت برای تولید یک واحد ماده خشک بسته به شرایط آب و هوایی و پتانسیل ارقام مختلف به طور متوسط نیاز به ۳۴۲ واحد آب دارد. این میزان در نواحی مختلف جهان متغیر است.

نیاز ذرت برای ساختن یک واحد ماده خشک کمتر از سایر گیاهان زراعی (گندم، جو، یونجه و غیره) است. در نتیجه کشت بدون آبیاری ذرت در مناطقی که میزان بارندگی در فصل رشد و نمو بیش از ۳۷۵ میلی متر باشد و در موقع کاشت، رطوبت خاک در حداکثر عمق ریشه در حد ظرفیت زراعی بوده، و نیز متوسط درجه حرارت در فصل رشد و نمو ۲۰-۲۲ درجه سانتی گراد باشد به شرط آنکه تراکم زیاد نباشد، تا حدود نسبتاً زیادی امکان پذیر است (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۰).

۲-۵-۴- باد

حساسیت گیاه ذرت در مقابل باد در مراحل مختلف رشد متفاوت است، به طوری که در مراحل اولیه رشد نسبت به باد حساس است. بادهای شدید صدمات زیادی را به بوته های ذرت وارد نموده و میزان محصول را کاهش می دهد (ایران نژاد و شهبازیان، ۱۳۸۴).

۲-۵-۵- خاک

ذرت به دلیل داشتن ریشه های عمیق و نیز قدرت خوبی که در جذب مواد غذایی دارد، نسبت به حاصلخیزی خاک چندان توقعی ندارد. ذرت را می توان در اراضی متفاوت از نظر حاصلخیزی، بافت خاک و اسیدیته کشت نمود. ذرت نسبت به شوری خاک حساس بوده و باید از کاشت آن در این نوع اراضی اجتناب کرد. شوری ۵، ۶ و ۷ دسی زیمنس بر متر به ترتیب موجب کاهش ۱۰، ۲۵ و ۵۰ درصد عملکرد ذرت می گردد.

بهترین اراضی برای ذرت، خاک های عمیق با بافت متوسط، زهکشی خوب و قدرت نگهداری زیاد آب می باشد. ذرت در شرایط مساوی از نظر حاصلخیزی و تأمین رطوبت، اراضی متوسط یا سبک را ترجیح می دهد. زیرا این گونه اراضی در بهار خیلی زود گرم شده و شرایط رشد ریشه ها را فراهم می سازند. در اراضی سبک به دلیل اینکه خاک خیلی سریع رطوبت خود را از دست می دهد عملکرد ذرت بدون آبیاری چندان رضایت بخش نیست. در این نوع اراضی (سبک) ذرت در مرحله رشد سریع نیز با کمبود مواد غذایی روبه رو خواهد شد. سطح آب های زیر زمینی برای حداکثر عملکرد در ذرت بسیار با اهمیت می باشد. بهترین حد سطح آب های زیر زمینی برای گیاه ذرت بین ۳-۱/۵ متر می باشد. با وجود اینکه ذرت در اراضی با اسیدیته ۸-۵ کشت می گردد، ولی حداکثر عملکرد در اراضی با اسیدیته ۷-۶/۵ بدست می آید (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۰).

۲-۶- خصوصیات زراعی و فیزیولوژیکی ذرت

بهترین نتیجه در کشت فاریاب ذرت زمانی بدست می آید که گیاه را هر چه زودتر، یعنی به مجرد اینکه درجه حرارت خاک در عمق ۱۰-۷ سانتی متری به ۱۶-۱۵ درجه سانتی گراد رسید،

کشت شود (کوچکی، ۱۳۸۳). در زراعت ذرت فاصله ردیف ها از یکدیگر بین ۴۰ تا ۱۰۰ سانتی متر و فاصله دو بوته بر روی هر یک از ردیف ها بین ۱۰ تا ۸۰ سانتی متر در نظر گرفته می شود، در شرایط محیطی مشابه در فواصل کمتر معمولاً عملکرد بیشتر است (کازمی اربط، ۱۳۷۴). عمق کاشت ذرت از سایر غلات بیشتر است و بین ۳ تا ۷ سانتی متر تغییر می کند. چنانچه عمق کاشت بذر زیاد باشد، محور میان لپه که از رشد طولی میانگره اول حاصل می شود، عمق زیاد کاشت بذر را جبران می کند. مواد ذخیره آندوسپرم بذر، رشد گیاهچه را تا مرحله ۴ برگگی حمایت می کند. از این مرحله به بعد ذرت از حالت هتروتروف به شکل اتوتروف در می آید (تولنار و ادویر، ۱۹۹۹).

ذرت را می توان به صورت ردیفی یکنواخت یا کپه ای کشت کرد. میزان عملکرد در روش بذرکاری ردیفی یکنواخت به مراتب بیشتر است (کوچکی، ۱۳۸۳). تراکم بوته ذرت در هکتار بسته به ارتفاع بوته ها و زودرسی محصول در ذرت دانه ای بین ۶۰ تا ۸۰ هزار بوته و در ذرت علوفه ای بین ۹۰ تا ۱۴۰ هزار بوته و گاهی تا ۲۰۰ هزار بوته متغیر است. تراکم پذیری هیبریدهای جدید ذرت بیشتر از هیبریدهای قدیمی آن است. در هیبریدهای زودرس ذرت که تعداد برگ در هر بوته کمتر است، تراکم کاشت بذر را بیشتر در نظر می گیرند (فائو، ۲۰۰۰).

میزان آب مورد نیاز ذرت در طول فصل رشد، به آب و هوای منطقه، نوع رقم و طول فصل رشد بستگی دارد و از ۶۰۰۰ تا ۱۲۰۰۰ متر مکعب در ارقام زودرس تا دیررس می تواند متفاوت باشد. نیاز رطوبتی ذرت در مراحل اولیه رشد رویشی کم، ولی با افزایش تعداد برگ ها زیاد می شود. حساس ترین مرحله رشد ذرت نسبت به کمبود آب مرحله گلدهی، گرده افشانی و تلقیح می باشد (خاوری خراسانی و همکاران، ۱۳۸۹). در بین گیاهان زراعی C₄، ذرت بیشترین حساسیت را به تنش های محیطی دارد. ذرت به آب فراوان نیاز دارد و نسبت به شوری حساس بوده و شوری های بیشتر از ۱/۷ دسی زیمنس بر متر باعث کاهش رشد می شوند. نخستین علائم تنش شوری پژمردگی بوته هاست،

زیرا بوته ها از خشکی فیزیولوژیک رنج می برند. ذرت نسبت به شرایط غرقاب نیز بسیار حساس است و خاک مزرعه ذرت باید از زهکشی مناسبی برخوردار باشد (فائو، ۲۰۰۰). به طور معمول گلدهی گیاه ذرت با هوای گرم مواجه است و خطر وقوع تنش خشکی وجود دارد. تعدادی از بررسی ها نشان می دهند که اگر میانگین دما در طول فصل رشد بین ۲۰ تا ۲۲ درجه سانتی گراد باشد، عملکرد دانه ذرت بهینه خواهد بود (فائو، ۲۰۰۰).

گرچه زراعت مداوم ذرت در مقایسه با سایر غلات به شرط تأمین مقدار کافی کودهای شیمیایی (مخصوصاً ازته) چندان اشکالی ندارد، ولی با اجرای تناوب مناسب مثل سایر گیاهان از اهداف و مزایای تناوب (مبارزه با علف های هرز، مبارزه با آفات و بیماری ها و تعدیل در مواد غذایی خاک) برخوردار می باشد. در مناطقی که کشت مداوم ذرت رایج است، باید ضمن استعمال کودهای شیمیایی کافی، جهت افزایش هوموس خاک بقایای گیاهی در خاک دفن شده و به طور کامل با آفات و بیماری های ذرت مبارزه شیمیایی بشود. اجرای تناوب و انتخاب نوع گیاه به آب و هوا، امکانات، فرهنگ و رسوم یک منطقه بستگی دارد. با وجود این، ذرت را می توان در تناوب با بقولات، چغندر قند، سیب زمینی، یولاف، جو و سایر غلات قرار داد. بایستی متذکر شد که ذرت پس از پنبه سازگاری خوبی نداشته و بهتر است در تناوب با آن قرار نگیرد و همچنین نسبت به رطوبت دوره آیش عکس العمل خوبی نشان نمی دهد (تاج بخش و پورمیرزا، ۱۳۸۶).

به طور کلی ارقام ذرت دارای سه تیپ رشد زودرس، متوسط رس و دیررس می باشند که بسته به طول فصل رشد ذرت در منطقه مورد نظر می توان از انواع مختلف هیبریدهای ذرت که دارای دوره رسیدگی متفاوت بین ۹۰ تا ۱۴۰ روز می باشند، استفاده کرد (خاوری خراسانی و همکاران، ۱۳۸۹). واریته های زودرس اصولاً پاکوتاه هستند، تعداد برگ هایشان محدود است، و مرحله زایشی را نیز زودتر از واریته های دیررس آغاز می کنند (کاظمی اربط، ۱۳۷۴). هیبریدهای متوسط رس و

دیورس به دلیل داشتن تعداد زیاد گره های زیرزمینی نسبت به ارقام زودرس دارای سیستم ریشه ای قوی و توسعه یافته تری هستند. بنابراین قدرت بیشتری در جذب آب و عناصر غذایی از خاک را دارند. سیستم ریشه ای ذرت مانند سایر غلات افشان است ولی توسعه بیشتری یافته است (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۰). استعداد ارقام گوناگون ذرت در تولید پنجه یکسان نیست و امروزه تمایل به کاشت ذرت هایی است که پنجه تولید نمی کنند (راشد محصل و همکاران، ۱۳۷۶).

بذر مورد استفاده ذرت بر خلاف سایر غلات از ارقام هیبریدی تأمین می شود که هر ساله نیاز به تولید بذر دارند. بنابراین نمی توان از دانه های برداشت شده کشت قبلی به عنوان بذر جهت کاشت استفاده نمود. میزان بذر مورد نیاز به منظور کاشت ذرت دانه ای ۱۵-۱۸ کیلوگرم، ذرت سیلویی

۲۵-۳۰ کیلوگرم و برای ذرت علوفه ای ۷۰-۵۰ کیلوگرم در هکتار می باشد (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۰). بخش عمده وزن دانه های ذرت در جریان پرشدن دانه ها از فتوسنتز برگ های بالای بلال تأمین می شود و برگ های زیر بلال عمدتاً وظیفه تأمین هیدرات کربن مورد نیاز قسمت های پایینی ساقه و ریشه ها را بر عهده دارند. بخش اندکی از هیدرات کربن دانه های بلال از طریق انتقال مجدد از ساقه تأمین می گردد. این مواد بیشتر در شرایطی مورد استفاده قرار می گیرند که سرعت رشد دانه ها بیشتر از سرعت فتوسنتز باشد. در این حالت بیش از ۵۰ درصد نیتروژن دانه های بلال از راه انتقال مجدد تأمین می شود (تولنار و ادویر، ۱۹۹۹).

تجمع مواد ذخیره ای دانه، ۵ تا ۶ هفته پس از ابریشم دهی آغاز می گردد و نزدیک ۸ تا ۹ هفته پس از ابریشم دهی خاتمه می یابد و دانه ها وارد مرحله رسیدن فیزیولوژیک می شوند. مقدار رطوبت دانه های ذرت در این موقع چشمگیر است؛ برای برداشت محصول دانه ها باید مقداری آب از دست بدهند. در این مرحله شرایط محیطی نامساعد موجب تشکیل دانه های ضعیف و لاغر می شود

(کاظمی اربط، ۱۳۷۴). همزمان با رسیدن فیزیولوژیک دانه، لایه سیاه رنگی در ناحیه رأس آن یعنی محلی که دانه به چوب بلال چسبیده است، به وجود می آید؛ این لایه از جریان مواد جذب و تحلیل شده به طرف دانه جلوگیری می کند. دانه ذرت در موقع رسیدن فیزیولوژیک، تقریباً ۳۰ درصد رطوبت دارد. سرعت خشک شدن نیز تابع شرایط آب و هوایی، خصوصیات غلاف های بلال و وارپته تحت کشت است. در صورتی که دانه رطوبت زیاد داشته باشد باید آن را به صورت مصنوعی خشک کرد تا جدا کردن دانه از چوب بلال و انبار کردن آن به شکل مطلوبی انجام گیرد. دانه های رسیده در این زمان دارای مواد ذخیره ای کافی هستند که نیازهای اولیه جوانه ها را تأمین نمایند (کاظمی اربط، ۱۳۷۴).

۲-۷- اهمیت کشاورزی پایدار

در قرن اخیر با سرازیر شدن جمعیت روستا ها به سوی شهرها و ارتقاء فرهنگ شهرنشینی و از سوی دیگر با افزایش انفجاری جمعیت جهان و نرخ رشد بالای جمعیت، کشاورزی به عنوان تنها راه تأمین نیازهای غذایی جامعه انسانی اهمیت فراوانی پیدا کرده است. در سال های بعد از جنگ جهانی دوم کشاورزی به شکل سنتی و جهت رفع نیاز خانواده ها انجام می شد و از طرف دیگر جمعیت شهرها رو به افزایش بود و شهرنشینان روز به روز احتیاج به مواد غذایی بیشتری داشتند، بنابراین نیاز به ایجاد تحول و تغییراتی در روش های کشاورزی احساس می شد (کوچکی و خیابانی، ۱۳۸۶).

در همین راستا افزایش تولید و عملکرد در دستور کار پژوهشگران علم کشاورزی قرار گرفت تا بتوانند این نیاز روزافزون را پاسخگو باشند. به منظور افزایش تولید محصولات کشاورزی، از یک طرف سطح زیر کشت محصولات، به ویژه محصولات مهمی نظیر گندم، ذرت، برنج، سیب زمینی و غیره که بالاترین میزان مصرف را در جوامع مختلف داشتند افزایش یافت و بسیاری از اراضی غیر زراعی مثل

جنگل ها، مراتع و غیره به زمین های زراعی مبدل شدند (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۶). از سوی دیگر روش های متفاوت در جهت افزایش تولید محصول در واحد سطح مورد توجه قرار گرفت که از میان این روش ها، به روش های به زراعی و به نژادی می توان اشاره نمود (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۷).

در سال های اخیر دانشمندان متوجه پیامدهای نامطلوب کشاورزی رایج شدند و دریافتند که افزایش عملکرد و تولید بدون توجه به تأثیرات نامطلوب آن، ضررهای جبران ناپذیر و آسیب های جدی را متوجه جوامع بشری نموده است. اثرات منفی کشاورزی رایج بر آب، خاک، محیط زیست و تنوع زیستی کاملاً مشهود است (کامکار و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۷). تخریب جنگل های مناطق حاره جهان موجب کاهش تنوع بیولوژیکی شده و زمین را در معرض فرسایش قرار می دهد و نهایتاً باعث افزایش غلظت دی اکسید کربن در اتمسفر و تغییرات اقلیمی می شود (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۷).

از سوی دیگر استفاده از روش های خاکورزی وابسته به ماشین آلات سنگین موجب تخریب خاک شده و باعث خروج کربن از خاک می شود. استفاده بی رویه و نادرست از ذخایر آب اغلب مناطق جهان را با خطر کم آبی مواجه ساخته است. استفاده بی رویه از آفت کش ها و سایر سموم صنعتی، بسیاری از موجودات مفید را از بین برده و سبب آسیب رساندن به خود انسان گردیده است و همچنین ایجاد سویه های مقاوم آفات، بیماری ها و علف های هرز را به دنبال داشته است. نبود مدیریت های درست و برنامه های دقیق از یک سو و کاربرد ناصحیح کودهای شیمیایی از سوی دیگر سبب آلوده شدن آبهای سطحی و زیر زمینی شده است. از آثار سوء این کودها بر خاک می توان به کاهش حاصلخیزی خاک، کاهش تنوع زیستی خاک، افزایش شوری خاک، افزایش آلودگی خاک، تخریب خاک، تغییر در املاح خاک و غیره اشاره نمود. مضاف بر این تداوم استعمال بی رویه کودهای شیمیایی موجب تجمع بعضی از ترکیبات و عناصر نظیر نیترات، کادمیوم و غیره در محصولات شده و کاهش شدید کیفیت محصول را به دنبال داشته است (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۷).

محیط زیست و حیات وحش، هم از طریق کاهش زیستگاه ها و هم از طریق تأثیرات جانبی کشاورزی رایج و سایر تأثیرات زندگی مدرن، در معرض خطر جدی قرار گرفته است و در مقیاس وسیع تر تغییرات اقلیمی به دلیل صنعتی شدن کل جامعه و تغییر در کشاورزی ایجاد گردیده است (کامکار و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۷).

۲-۸- جایگاه مواد آلی در کشاورزی پایدار

معضلات زیست محیط فراوانی در چند دهه اخیر بر اثر استفاده بی رویه از نهاده های شیمیایی در زمین های زراعی به وجود آمده است، از جمله این مشکلات می توان به افت کیفیت محصولات کشاورزی، آلودگی آب های سطحی و زیر زمینی و کاهش باروری خاک های زراعی اشاره کرد (شارما، ۲۰۰۲). کشاورزی پایدار و بوم شناختی بر پایه مصرف کودهای آلی (زیستی و بیولوژیک) با هدف حذف یا به حداقل رساندن مصرف نهاده های شیمیایی راه حل مناسبی برای غلبه بر این مشکلات به حساب می آید.

مواد آلی منبع مناسبی جهت عرضه عناصر غذایی می باشند. عناصر غذایی نظیر ازت، فسفر، گوگرد و غیره که در پیکره این مواد به صورت آلی در آمده اند پس از تجزیه در اختیار گیاهان قرار می گیرند (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۶). همچنین مواد آلی علاوه بر عرضه کربن و حفظ چرخه پایدار این عنصر حیاتی در طبیعت، منبع اصلی تغذیه میکروارگانیسم ها و ماکروفون خاک نیز به شمار می آیند. در فقدان این مواد تنوع زیستی و پویایی خاک به شدت کاهش می یابد (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۰). از سوی دیگر حضور مواد آلی در زمین های زراعی موجب بهبودی ساختمان خاک، افزایش نفوذپذیری خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و نهایتاً ثبات خاک می گردد (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۶).

با توجه به اهمیت و جایگاه ویژه مواد آلی در کشاورزی پایدار، بایستی به کمک روش های مدیریتی مناسب و صحیح مقدار این مواد را در اکوسیستم های زراعی افزایش داد. از جمله این روش ها می توان به مواردی مانند خاکورزی حفاظتی، تناوب زراعی، مالچ گیاهی، کود سبز، گیاهان پوششی و غیره اشاره کرد. افزون بر این با استفاده از کودهای حیوانی و افزودنی های آلی نظیر کمپوست، ورمی کمپوست، کودهای بیولوژیک و مشتقات هوموسی می توان کمبود مواد آلی را در اراضی کشاورزی جبران نمود (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۰).

در یک خاک پایدار و حاصلخیز میلیون ها موجود زنده از قبیل قارچ ها، باکتری ها، اکتینومیست ها و غیره زندگی می کنند. این موجودات نقش مهمی را در تخریب و تجزیه مواد آلی خاک و فرآیند معدنی شدن آنها ایفا می کنند. با ادامه فرآیند معدنی شدن ترکیبات پایدارتر مواد آلی در خاک به وجود می آیند (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۶؛ سماوات و همکاران، ۱۳۸۷)، که این مواد با نام عمومی هوموس شناخته می شوند.

۲-۹- رابطه تغییرات اقلیمی کره زمین با مواد هیومیک

در قرن اخیر ما شاهد افزایش غلظت دی اکسید کربن در جو کره زمین و افزایش گرمای (گلخانه ای) حاصل از این پدیده هستیم که این امر توجهات علمی را به سمت دستیابی به ارتباط میان میزان کربن موجود در جهان و تغییرات اقلیمی، سوق داده است (کوکس و همکاران، ۲۰۰۰). به ویژه تجزیه و بازچرخش مواد آلی خاک و همچنین فعالیت های تولیدی در کشاورزی مدرن به عنوان عوامل مهمی در افزایش کربن جو و تغییر اقلیم شناخته شده اند (برونس و همکاران، ۲۰۰۷). از سوی دیگر مواد هیومیک قسمت عمده ای از مواد آلی خاک را شامل می شوند و اثرات مفید این مواد بر سطح تغذیه گیاهان و افزایش اسیمیلاسیون کربن مد نظر می باشد.

زمانی که میکروارگانسیم های خاک مواد آلی را تجزیه می کنند قسمت اعظمی از کربن موجود در این مواد (بیش از ۸۰ درصد) به صورت دی اکسید کربن (CO_2) وارد جو می شود (لکزین و میلانی، ۱۳۸۴). واکنش های تجزیه درون خاک از نوع میکروبی بوده و وابسته به گرما هستند. بنابراین با افزایش دمای محیط خاک سرعت تجزیه این مواد بیشتر می شود و در مقابل دی اکسید کربن زیادتری متصاعد می گردد. در واقع این دو پدیده یعنی افزایش دمای خاک (که متأثر از دمای هواست) و تولید دی اکسید کربن اثر یکدیگر را تشدید می کنند (وراوی پور، ۱۳۸۵). در ابتدای فرآیند تجزیه مواد ساده تر مانند هیدروکربن ها و قندها به سرعت تجزیه شده و کربن ذخیره شده در ساختمان آنها آزاد می شود. با ادامه فرآیند تجزیه مواد مقاومتر نمایان می شوند که سرعت تجزیه در آنها کند پیش می رود، در نتیجه از مقدار کربن خروجی خاک کاسته می شود (لکزین و میلانی، ۱۳۸۴).

مواد هیومیک به دلیل پیچیدگی های ساختاری مقاومترین بخش مواد آلی خاک محسوب می شوند و در خاک تحت حفاظت شیمیایی قرار دارند (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۶). با تکیه بر روش های مدیریتی صحیح مانند خاکورزی حفاظتی، زهکشی مناسب و افزودن کودهای آلی به خاک می توان از افزایش دمای خاک جلوگیری نمود و در پی آن مواد آلی را به سمت هوموسی شدن سوق داد و کربن بیشتری را در خاک ذخیره کرد (وراوی پور، ۱۳۸۵). برونٹی و همکاران (۲۰۰۹) اظهار داشتند که عملیات های سنگین خاکورزی، کشت و کارهای مداوم و طولانی مدت، فرسایش و بسیاری از عملیات های کشاورزی مدرن به شدت مواد آلی خاک را تخلیه کرده و از تشکیل مواد هیومیک جلوگیری می کند، اما در مقابل گاز های گلخانه ای به شدت افزایش می یابند که افزایش دمای جهانی را در پی دارند.

۲-۱۰- هوموس، بخش پایدار مواد آلی

زمانی تصور بر این بود که موجودات زنده بعد از مرگ به طور کامل به عناصر تشکیل دهنده خود تجزیه می شوند. اما طی چند دهه اخیر بشر متوجه این موضوع شده که مواد آلی قبل از اینکه کاملاً تجزیه شوند، به مواد پایداری به نام هوموس تبدیل می شوند. هوموس ماده ای است با رنگ قهوه ای تا سیاه که وزن مولکولی نسبتاً زیادی دارد و از طریق سنتز ثانویه تشکیل می شود (لکزیان و میلانی، ۱۳۸۴).

در مورد چگونگی تشکیل هوموس تئوری های مختلفی وجود دارد که از گذشته تا به امروز بیان شده اند که در اینجا به چهار نمونه از آنها اشاره می کنیم.

الف. تئوری لیگنین-پروتئین واکسمن (نظریه تغییر گیاهان):

این نظریه بیان می کند که لیگنینی به وسیله میکروارگانیسم های خاک مصرف می شود و آنچه که باقی می ماند هوموس است. هوموس موجود اکسایش یافته و با مواد آمینی واکنش می دهد تا اسید هیومیک تولید نماید، در نهایت اسید هیومیک بدست آمده به اسید فولویک اکسید می شود.

ب. تئوری کوئینون مشتق شده از لیگنین:

در اثر تجزیه لیگنینی ترکیبات فنلی آزاد می شوند که دچار تغییرات آنزیمی شده و به ترکیبات کوئینونی مبدل می شوند. این کوئینون ها با ترکیبات آمینی تراکم یافته و هوموس را می سازند.

ج. تئوری قند احیایی:

اسیدهای آمینه و قندهای احیایی به عنوان محصولات جانبی و ثانویه میکروبی ساخته می شوند، این ترکیبات دستخوش تراکم (پلی مریزاسیون) غیرآنزیمی شده و هوموس را تشکیل می دهند.

د. تئوری سنتز میکروبی:

پلی فنل ها توسط قارچ ها از مواد آلی غیر لیگنینی سنتز شده و سپس از طریق فعالیت های آنزیمی به کوئینون تبدیل می گردند. پس از آن این ماده با ترکیبات آمینی تجمع یافته و هوموس را به وجود می آورند (استیونسون، ۱۹۹۴).

هوموس در خاک بر اساس نوع، شکل و اجزاء تشکیل دهنده اش رده بندی میگردد، به طوری که در محیط های خشکی سه نوع هوموس به نام های مور، مودر و مول وجود دارد. ترکیبات هوموسی مواد آلی مختلف دارای دو نوع اسید آلی با وزن مولکولی متفاوت به نام های اسید هیومیک و اسید فولویک هستند. این دو اسید آلی با تشکیل کمپلکس های پایدار با عناصر ریزمغذی آنها را در ترکیب خود حفظ نموده و در طولانی مدت موجب فراهمی این عناصر برای گیاه می شوند (دورسان و همکاران، ۲۰۰۲).

۲-۱۱- اسید هیومیک

اسید هیومیک (Humic Acid) ماده آلی است که حاصل تجزیه شیمیایی و میکروبی اجساد موجودات زنده مدفون شده در درون خاک، موجودات مرده داخل آبها و رسوبات می باشد. به طور معمول این ماده را می توان در اکثر خاک های فعال یافت نمود. ترکیب، ساختمان و خصوصیات اصلی اسید هیومیک خاک به ماهیت، مبدأ و سرعت استفاده از مکمل های آلی بستگی دارد، به عنوان مثال وقتی که مواد هیومیک جدا شده از کمپوست زباله شهری به خاک اضافه می شود، سریعتر وارد

واکنش های هومیفیکاسیون شده و تبدیل به اسید هیومیک می گردد (برونتی و همکاران، ۲۰۰۷). اسید هیومیک می تواند نمایانگر بخش اعظمی از مواد آلی خاک باشد در حالیکه درون آب مقدار این ترکیب بسیار کم بوده و به شکل ناهمگن با وزن مولکولی ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ کیلو دالتون یافت می شود (اسلی و پیتر، ۲۰۱۰). این اسید بخشی از مواد هوموسی خاک است که وزن مولکولی آن از بقیه اجزای هوموسی بزرگتر می باشد. اسید هیومیک در pH های بالاتر از ۲ محلول بوده و در pH های کمتر از این رسوب می کند (سماوات و همکاران، ۱۳۸۷). در کشاورزی پایدار از این اسید به عنوان کود مکمل استفاده می نمایند. این ماده آلی علاوه بر تأمین عناصر ماکرو مانند فسفر (سیمرین و ایلماز، ۲۰۰۵) برای گیاه توانایی تحویل عناصر میکرو را نیز دارد و فلزاتی نظیر آهن، روی، نیکل، مولیبدن و غیره را در اختیار گیاهان قرار می دهد (دورسان و همکاران، ۲۰۰۲). اسید هیومیک را به صورت محلول پاشی، پرایمینگ بذر، مخلوط با آب آبیاری و خاک مصرف مورد استفاده قرار می دهند (یلدیریم، ۲۰۰۷). محلول پاشی اسید هیومیک در محصولات مختلف عملکرد را ۸۰-۲۰ درصد افزایش می دهد. همچنین استفاده از این ترکیبات مصرف کودهای ازته را تا ۵۰ درصد کاهش می دهد و راندمان جذب پتاسیم و نیتروژن را به دلیل افزایش نفوذپذیری غشاء سلولی، تا ۱۰۰ درصد بالا می برد (سماوات و همکاران، ۱۳۸۷).

۲-۱۲- خصوصیات شیمیایی مواد هیومیک و سنجش آنها

بسیاری از خواص مهم مواد هیومیک تا به امروز مبهم مانده و هنوز ماهیت واقعی این مواد به خوبی آشکار نشده است. اما این موضوع روشن شده است که ترکیب شیمیایی مواد هیومیک شامل حلقه های آروماتیک است که با سایر حلقه های آروماتیک و یا با زنجیره های آلیفاتیک (چربی دار) به هم متصل شده و در نهایت به مولکول های بزرگ با اوزان مولکولی مختلف تبدیل می شوند. گروه های عامل نظیر اتر، استر، کتون، آی میدو و آی مین در محل اتصال قرار می گیرند و باعث هیدروفیل

(آبدوست) شدن این بخش از مولکول می شوند، در حالی که قسمت های دیگر که دارای کربن و هیدروژن هستند آگریز می باشند. در ادامه ساتون و اسپوسیتو (۲۰۰۵) اظهار داشتند که ترکیبات هیومیک متشکل از مجموعه هایی ناهمگن از اجزایی با وزن مولکولی کم و دارای پیوندهای پویا هستند که توسط واکنش های آگریز و باندهای هیدروژنی تثبیت شده اند. این پیوندها قادرند ساختارهای متراکم مولکولی که ظاهراً دارای اندازه های بزرگی هستند را در داخل مایعات طبیعی به خوبی سازماندهی کنند (پیکولو، ۲۰۰۱). ساختمان مواد هیومیک بر اساس pH محیطی که در آن تشکیل می شوند و نیز نوع عناصر فلزی که در اطراف آنها وجود دارد تغییر می کند (پیکولو و همکاران، ۲۰۰۲).

این گونه به نظر می رسد که تشکیل مواد هیومیک در گرو ترکیبی از چندین مسیر واکنشی و شبکه ای از پیوندهای شیمیایی با شدت های متفاوت می باشد، به همین علت تعریف مفهوم صحیحی از ساختمان و نیز خواص شیمیایی آنها بسیار مشکل است (هیس، ۱۹۹۷). برای تشخیص ماهیت مواد هیومیک روش های ابتکاری و کلاسیک زیادی وجود دارند که مبنای همه آنها بر اساس ترکیب عنصری است، اما نتایج به دست آمده تنها میانگینی از توده های مولکولی را نشان می دهند و استخراج فرمول های تجربی دقیق از این نتایج تا حدود زیادی غیر ممکن است (هیس و همکاران، ۱۹۸۹).

اطلاعات با ارزشی از تکنیک های تجزیه شیمیایی به دست آمده است که شناسایی ساختارهای شیمیایی و اجزای سازنده مواد هیومیک را میسر نموده است، از جمله این تکنیک ها می توان به هیدرولیز کاتالیزوری اسید و باز، فرآیندهای اکسایش-احیا و روش های حرارتی اشاره کرد (هیس، ۱۹۹۷). به دلیل اینکه در هسته این مواد پیوندهایی وجود دارد که قابل هیدرولیز نیستند، انرژی مورد نیاز برای شکستن این پیوندها بسیار بالا بوده و با انرژی که صرف کردن مولکول های زنجیره

اصلی می شود، تفاوت زیادی دارد. البته به کمک روش های مختلف اسپکتروسکوپی (طیف سنجی) موفقیت های قابل ملاحظه ای در کسب اطلاعات مناسب از برخی ویژگی های کلی مواد هیومیک به دست آمده است (پرستون، ۱۹۹۶). برای مطالعه مواد هیومیک اغلب از روش طیف سنجی مادون قرمز استفاده می شود. از سایر روش های متداول می توان به روش های چرخش رزونانسی الکترون، طیف سنجی اشعه ایکس و رزونانس مغناطیسی- هسته ای کربن نشاندار ($^{13}\text{C-NMR}$) نیز اشاره کرد (ناردی و همکاران، ۲۰۰۲). گاهی برای کسب اطلاعات صحیح از ماهیت شیمیایی مواد هیومیک و ساختار شیمیایی آنها بایستی دو یا چند روش از این روش ها را به صورت تلفیقی مورد استفاده قرار داد.

۲-۱۳- تفاوت اسید هیومیک و اسید فولویک

اسید هیومیک و اسید فولویک عمده ترین فراورده هوموسی هستند که در نتیجه تجزیه مواد آلی به وجود می آیند. این دو اسید آلی از نظر ماهیت کلی دارای شباهت های زیادی هستند، اما تفاوت هایی نیز در ساختار مولکولی، وزن مولکولی، ویژگی های شیمیایی و حلالیت پذیری آنها وجود دارد که این دو ماده آلی را از هم متمایز می سازد.

تفاوت های اصلی که در ساختمان این دو فراورده وجود دارد اختلاف در تعداد شاخه های هیدروکربنی و گروه های CO_2H آنهاست به طوری که تعداد حلقه های آروماتیک در اسید هیومیک کمی بیشتر از اسید فولویک است اما گروه های CO_2H در اسید فولویک به مراتب بیشتر از اسید هیومیک می باشد. اسید هیومیک از لحاظ کربن پارافینی غنی بوده ولی تعداد شاخه های هیدرو کربنی آن از اسید فولویک کمتر است. گروه های آلیفاتیک در هر دو این اسیدها تقریباً یکسان است (ناردی و همکاران، ۲۰۰۲).

به طور کلی وزن مولکولی مواد هیومیک به شرایط محیطی، سرعت تجزیه، جنس مواد آلی اولیه، نوع میکروارگانیزم و ماکروارگانیزم های تجزیه کننده و بسیاری از عوامل دیگر بستگی دارد. اسید هیومیک در ساختمان خود کربن بیشتری دارد اما تعداد اکسیژن اسید فولویک بیشتر است. وزن مولکولی (حدود ۳۰۰۰-۳۰۰۰۰ دالتون) آن خیلی بیشتر از اسید فولویک (کمتر از ۳۰۰۰ دالتون) است (سماوات و همکاران، ۱۳۸۷).

خصوصیات شیمیایی مواد هیومیک تا حدود زیادی به گروه های عامل (اتر، استر، کتون، آمین، اسید کربوکسیلیک و الکل ها) متصل به این مواد بستگی دارد. اسید هیومیک بر خلاف اسمش دارای pH حدود ۹ است (سماوات و همکاران، ۱۳۸۷)، این ماده دارای رنگ قهوه ای سوخته تا سیاه بوده و در محلول های قلیایی به راحتی حل می شود اما در محیط های اسیدی رسوب می کند. برای شناسایی این مواد در هوموس خاک از معرف NaOH ۰/۵ مولار استفاده می شود. اما بر خلاف آن اسید فولویک به رنگ زرد دیده می شود و ترکیبی است اسیدی که در pH های ۲ تا ۳ محلول است (لکزیان و میلانی، ۱۳۸۴).

۲-۱۴- نقش مواد هیومیک در جذب یون های مغذی

به طور کلی مواد هیومیک می توانند به صورت مستقیم و غیرمستقیم بر متابولیسم و رشد و نمو گیاهان تأثیر بگذارند. به همین منظور آزمایشات زیادی توسط محققان در زمینه تأثیر مواد هیومیک بر جذب عناصر غذایی صورت گرفته است. تأثیر مواد هیومیک بر جذب یون ها، کم و بیش متغیر بوده و به غلظت، وزن مولکولی و pH این مواد وابسته است. وان و مک دونالد (۱۹۷۶) گزارش دادند که اسید هیومیک کارایی ریشه های چغندر قند را در جذب کاتیون های Na^+ و Ba^{2+} افزایش داد، در حالیکه تأثیری بر جذب Ca^{2+} و Zn^{2+} نداشت. همچنین این دو محقق در سال ۱۹۷۱ بیان کردند که

اسید هیومیک میزان جذب فسفات را افزایش داد، در حالی که همین اسید جذب کلرید را کند کرد. بعلاوه اسید هیومیک و اسید فولویک در جذب یون های NO_3^- ، SO_4^{2-} و K^+ توسط گیاهچه های یولاف و جو مؤثر واقع شدند (ماگیونی و همکاران، ۱۹۸۷). هر چند که آثار محرک ناشی از جذب NO_3^- در ریشه های یولاف تنها پس از چند ساعت آشکار شد (ناردی و همکاران، ۱۹۹۱). همچنین ناردی و همکاران (۱۹۸۸) افزایش جذب این یون را به فعالیت شبه هورمونی مواد هیومیک نسبت دادند. در همین راستا این محقق با همکاران دیگر (۲۰۰۰) گزارش دادند که مواد هیومیک با وزن مولکولی کم فعالیت شبه جیبرلین داشته و جذب NO_3^- را افزایش می دهند ولی درمقابل فعالیت ATP آز و ترشح H^+ را در ریشه ها محدود می سازند. کاربرد اسید هیومیک تصفیه شده غلظت NO_3^- را در اندام های هوایی خیار افزایش داده و به واسطه فعالیت هورمونی این اسید درصد بیشتری از نیترات جذب شده در ریشه به شاخساره منتقل گردید (مورا و همکاران، ۲۰۱۰).

اسید هیومیک رونویسی پروتئین های ناقل را در ریشه های جو تحریک می نماید (دلاگنولا و همکاران، ۱۹۸۱). ناردی و همکاران (۲۰۰۰) نتیجه گرفتند که مواد هیومیک بر مقدار mRNA در گیاهچه های ذرت اثر می گذارد. نتایج حاصل از تجزیه پلی پپتیدها نشان داد که سنتز پروتئین ها و به طور کلی تغذیه عمومی گیاه تحت تأثیر مواد هیومیک قرار می گیرد (ناردی و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین مواد هیومیک موجب کاهش تغییرات ژنی در گیاهان می شود (آتینا و همکاران، ۱۹۹۲).

البته ارتباط میان ساختمان مواد هیومیک و تأثیرات بیوشیمیایی آنها به درستی مشخص نیست (بایگوری، ۲۰۰۷) و به دلیل پیچیدگی های شیمیایی و ناشناخته بودن ماهیت مشتقات هیومیکی، تشریح اثرات آنها بر جذب عناصر غذایی توسط ریشه گیاهان کاری دشوار است. بنابراین مقایسه اثراتی که در اینجا بیان شده کار آسانی نیست. از طرف دیگر این مواد از خاک های مختلفی استخراج شده اند و یا در شرایط متفاوتی مورد آزمایش قرار گرفته اند. همچنین ممکن است ترکیبات هیومیکی

چندین اثر توأمان بر اعمال گیاه داشته باشند و شاید بعضی از این نتایج احتمالی تأثیرات مستقیم و غیر مستقیمی بر جذب یون های غذایی داشته باشند (ناردی و همکاران، ۲۰۰۲).

۲-۱۵- برهمکنش اسید هیومیک و گیاه

مواد هیومیک شکل ناهمگنی از مواد آلی داخل خاک هستند که حاصل متابولیسم میکروبی درون خاک می باشند، که تا کنون دامنه وسیعی از اثرات گوناگون این مواد بر متابولیسم گیاه اثبات شده است که این اثرات بر اندازه مولکول ها، مبدأ اولیه، ویژگی های شیمیایی و غلظت آنها بستگی دارد (تان، ۲۰۰۳؛ ناردی و همکاران، ۲۰۰۲). اگرچه هدف اصلی در گزارش ناردی (۲۰۰۲) تمایز اثرات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی مواد هیومیک بر رشد گیاهان بود، اسید هیومیک تجمع یافته در اطراف ریشه گیاهان ممکن است موجب تحریک شیمیایی رشد و نمو گیاه شود، و یا به صورت یک تنظیم کننده رشد عمل نماید (اسلی و پیتتر، ۲۰۱۰). از جهت دیگر این تفسیر روشنگر این موضوع است که اسیدهای آلی مترشحه از ریشه که درون محلول خاک حضور دارند ممکن است بر تشکیل اسید هیومیک و همچنین نفوذپذیری غشاء های ریشه اثر بگذارند (ناردی و همکاران، ۱۹۹۶).

وقتی که مولکول های هیومیک درون محلول خاک حضور دارند امکان برهمکنش سیستم ریشه ای با این مواد وجود دارد و آنها می توانند از آپوپلاست عبور کرده و به غشاء پلاسمایی برسند. وقوع این اتفاقات در نزدیکی سطح ریشه باعث آزاد سازی همزمان اسیدهای آلی و پروتون ها از ریشه و میکروارگانیسم های اطراف آن می شود، در پی آن ساختارهای بزرگ اسید هیومیک شکسته شده و بخش هایی که غیرقابل جذب بودند از آن جدا شده و در محیط ریشه آزاد می شوند (پیکولو و همکاران، ۱۹۹۲). مواد هیومیکی که وارد گیاه شدند می توانند از ریشه ها به اندام های هوایی منتقل

شوند (ناردی و همکاران، ۱۹۹۶) و با مکانیسم های مختلفی نظیر افزایش تنفس (وان و همکاران، ۱۹۸۵)، افزایش مواد غذایی (کلاپ و همکاران؛ وارانین و پینتو، ۲۰۰۱) و یا تحریک فعالیت های هورمونی (وان و همکاران، ۱۹۸۵؛ ناردی و همکاران، ۲۰۰۰) بر رشد گیاهان اثر بگذارند.

۲-۱۶- تأثیر ترکیبات هیومیک بر رشد گیاه

اثرات سودمند مواد هیومیک بر رشد گیاهان ممکن است به اثرات غیرمستقیم (افزایش حاصلخیزی و کاهش فشردگی خاک) و یا به صورت اثرات مستقیم (بهبود بیوماس کلی گیاه) این ترکیبات مرتبط باشد، از سوی دیگر قابلیت این مواد در افزایش رشد گیاهان به شرایط زیستی و تنوع گونه ای آنها بستگی دارد (چن و همکاران، ۲۰۰۴). مواد هیومیک رشد گیاهان را از طریق بهبود شرایط بیولوژیکی خاک در عرضه مواد مغذی به ویژه آهن و روی، تحت تأثیر قرار می دهد (چن و همکاران، ۲۰۰۴). به خصوص افزایش رشد ریشه معمولاً بیش از رشد اندام های هوایی خود را نشان می دهد (وان و مالسون، ۱۹۸۵). اثرات محرک مواد هیومیک با حفظ آهن و روی در غلظت مؤثر داخل محلول دارای همبستگی است (کلاپ و همکاران، ۲۰۰۱).

در بسیاری از موارد نقش مفید مواد هیومیک در گیاهان به تملک آهن توسط گیاه نسبت داده می شود (پینتون و همکاران، ۱۹۹۹). این تأثیر بر خصوصیات پیچیده مواد هیومیک مربوط می شود که دسترسی به عناصر میکرو را از هیدرواکسیدهای با حلالیت کم، افزایش می دهد (استیونسون، ۱۹۹۱). همچنین این مواد در صورتی که دارای وزن مولکولی کم باشند می توانند جذب گیاه شده و به طور همزمان تغییراتی در متابولیسم گیاه ایجاد نماید (موسکولو و همکاران، ۱۹۹۹) و از این طریق بر جذب مواد غذایی توسط ریشه ها، اسیمیلاسیون و نمو گیاهان تأثیر بگذارد (روبیو و همکاران،

۲۰۰۹). این تاثیرات بر کارایی و نقش غشاء سلولی در افزایش جذب مواد غذایی نیز اطلاق می شود (وارانین و پینتون، ۲۰۰۱)، همچنین در گزارش دیگری افزایش رشد و نمو گیاه به فعالسازی مواد شبه هورمونی توسط اسید هیومیک، نسبت داده شد (ناردی و همکاران، ۱۹۹۶). مورا و همکاران (۲۰۱۰) اظهار داشتند که استفاده از اسید هیومیک رشد اندام های هوایی را به طور معنی داری افزایش می دهد که این امر با افزایش فعالیت آنزیم $ATP-H^+$ از همراه است.

یلدریم و همکاران (۲۰۰۷) طی آزمایشی که دو سال پیاپی انجام شد، نشان دادند که محلول پاشی بوته های گوجه فرنگی با اسید هیومیک عملکرد را به طور معنی داری افزایش داد. همچنین کیفیت میوه ها با کاربرد این اسید به مراتب بیشتر از تیمار شاهد بود. ناردی و همکاران (۲۰۰۰) اثبات کردند که کاربرد اسید هیومیک با اندازه مولکولی کمتر قادر است تجمع کربوهیدرات ها را در گیاه ذرت افزایش دهد. همچنین آنها نتیجه گرفتند که استفاده از اسید هیومیک در هر اندازه ای سنتر آنزیم های مرتبط با گلیکولیز و چرخه تری کربوکسیلیک اسید و مسیر متابولیت های اولیه را تحت تأثیر قرار می دهد، که هر یک از این مکانیسم ها به نوبه خود تولید نهایی گیاه را دچار تغییر می کند.

۲-۱۷- تأثیر ترکیبات هیومیک بر خصوصیات خاک

مواد آلی حداکثر ۵ درصد حجم کل خاک را در بر می گیرند، در حالیکه بیشترین تأثیر را بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیوشیمیایی خاک دارند. در واقع این اثرات بیشتر به مواد هیومیک بر می گردد چراکه قسمت عمده ای از حجم بقایای آلی پس از تجزیه توسط میکروارگانیسم های خاک به صورت دی اکسید کربن از خاک خارج شده و یا به صورت بیوماس میکروبی در می آید. اما مواد هوموسی به خصوص اسید هیومیک به دلیل پایداری بیشتر در ساختار مولکولی خود می تواند تأثیرات

طولانی مدت و پویا تری بر ویژگی های خاک داشته باشند (لکزین و میلانی، ۱۳۸۴). مواد هیومیک بخشی از هوموس خاک هستند که دارای خاصیت پلی الکترولیتی بوده و موجب تثبیت مواد آلی خاک می شوند (چن و همکاران، ۲۰۰۴).

اسید هیومیک به طرق مختلف درون عصاره خاک جابه جا می شود، که از این جمله می توان به روش انتشار ناهمگن، انتقال به صورت مولکولی و توده کلونیدی اشاره نمود (اسلی و پیتز، ۲۰۱۰). علاوه بر این، مواد آلی خاک به عنوان یک عامل کلیدی در حاصلخیزی خاک به شمار می رود از این رو خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیوشیمیایی ریشه سپهر (رایزوسفر) خاک را کنترل می نماید (گاستال و لیمیئر، ۲۰۰۲؛ ناردی و همکاران، ۲۰۰۲).

در بیشتر خاک های معدنی تأثیر ویژه مواد آلی (هیومیک) این است که ۲۰ تا ۸۰ درصد CEC (ظرفیت تبادل کاتیونی) خاک را در اختیار دارند. بارهای الکتریکی از نوع بارهای وابسته به pH هستند، بنابراین زمانی که pH افزایش می یابد CEC نیز بیشتر می شود. این مواد بر خصوصیات فیزیکی خاک نیز از طریق تحریک خاکدانه سازی اثر می گذارند. پلی ساکاریدهایی که توسط باکتری های خاک ساخته می شود و هوموسی که به وسیله قارچ ها به دست می آید خاکدانه سازی را افزایش می دهند. از اینرو خاکی که در آن ذرات ریز به هم پیوند می خورند و خاکدانه هایی را می سازند که در آب پایدار هستند. این گونه خاکدانه ها بسیار مناسبند زیرا باعث افزایش نفوذپذیری، تهویه، نفوذ ریشه، ظرفیت نگهداری آب و بسیاری از موارد دیگر می شود (لکزین و میلانی، ۱۳۸۴). همچنین مواد آلی سوبسترای اصلی میکروارگانسیم های خاک می باشند و از این طریق وجود تنوع زیستی و پایداری خاک را تضمین می نمایند (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۶؛ ۱۳۸۰).

۲-۱۸ - ضرورت تولید کودهای بیولوژیک

توجه به کشاورزی پایدار، مشکلات مصرف کودهای مصنوعی و شیمیایی، ضرورت حفظ حاصلخیزی خاک و نیز حفظ میزان تولید در گیاهان از یک سو، و همچنین افزایش هزینه های تولید کودهای شیمیایی ناشی از افزایش قیمت جهانی نفت از سوی دیگر، استفاده از کودهای بیولوژیک به منزله جایگزینی مناسب برای بخشی از کودهای شیمیایی بیش از گذشته اهمیت یافته است. البته کودهای شیمیایی را نیز نمی توان به یکباره کنار گذاشت، در واقع جایگزینی آنها توسط کودهای بیولوژیک، می بایست حساب شده و با درایت کامل در دراز مدت انجام پذیرد تا ضمن کاهش مصرف نهاده های شیمیایی و حفظ محیط زیست، عملکرد محصولات کشاورزی کاسته نشود (لکزیان و میلانی، ۱۳۸۴). کودهای بیولوژیک به صورت مجموعه ای از مواد پشتیبان همراه با جمعیت فشرده یک یا چند نوع ارگانیسم مفید خاکزی هستند، و یا به صورت فرآورده متابولیک این ارگانیسم های سودمند می باشد که به منظور بهبود حاصلخیزی خاک و عرضه مناسب مواد مغذی مورد نیاز گیاهان در سیستم های کشاورزی پایدار مورد استفاده قرار می گیرند (آرامسون و همکاران، ۲۰۰۴). در حال حاضر یکی از بهترین و جدید ترین شیوه های تولید کود بیولوژیک، استفاده از تکنولوژی ورمی کمپوست می باشد که این کود را به صورت تجاری تولید و عرضه می کنند.

۲-۱۹ - ورمی کمپوست

ورمی کمپوست (Vermicompost) عبارتست از مواد دفع شده از کرم هایی که پسماندها، کود دامی، ضایعات کشاورزی و یا هر ماده آلی دیگر را مورد تغذیه قرار داده و این مواد را به ذرات کوچک تری تبدیل می کنند. یعنی ورمی کمپوست حاصل هضم طبیعی مواد آلی در سیستم گوارشی

کرم های خاکی است. به عبارت دیگر ورمی کمپوست فرآیند بیوتکنولوژی طبیعی تشکیل کمپوست است، که در آن از گونه های مشخصی از کرم های خاکی با نام علمی *Eisenia foetida* با هدف تبدیل مواد زاید به منابع مفید استفاده می شود (گانندی و همکاران، ۱۹۹۷). به طور کلی این کود بیولوژیک در اثر عبور مکرر و آرام مواد آلی در حال پوسیدن، از دستگاه گوارش گونه هایی از کرم های خاکی و سپس دفع آنها به دست می آید. این مواد با گذر از بدن کرم به مخاط دستگاه گوارش (موکوس)، ویتامین ها، آنزیم ها و سایر ترکیبات آغشته می شوند و در نهایت به عنوان یک کود آلی غنی و بسیار سودمند برای بهبود عناصر غذایی و ساختمان خاک، تولید و مورد استفاده قرار می گیرند. ورمی کمپوست یک کود زیستی است که بسیار نرم، سبک و بی بو بوده و از نظر ظاهری شباهت زیادی به پودر گرانوله قهوه دارد. کیفیت ورمی کمپوست کاملاً به محیط کشت و مواد زاید آلی که از آن برای تغذیه کرم ها استفاده می گردد، وابسته است. مثلاً اگر پیش ماده اولیه برای تغذیه کرم ها دارای نیتروژن زیادی باشد ورمی کمپوست با کیفیتی به دست می آید در حالیکه اگر ماده اولیه سلولز (مانند خاک اره) بیشتری داشته باشد محصولی با کیفیت کم از کرم ها به جا می ماند (عبدلی و روشنی، ۱۳۸۶).

۲-۲۰- برتری ورمی کمپوست نسبت به کمپوست

کمپوست شدن فرآیندی گرما دوست است و غالباً به ماده ای اطلاق می شود که از تجزیه شیمیایی و میکروبی پسماندهای آلی حاصل شده باشد، به طوری که خواص آن نه مشابه مواد اولیه و نه کاملاً مانند هوموس می باشد بلکه حدواسطی از این دو ماده است (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۶؛ بومیک و همکاران، ۱۹۹۸). کیفیت کمپوست وابستگی زیادی به نوع مواد زاید اولیه، خلوص و درجه رسیدگی آن دارد (سماوات و همکاران، ۱۳۸۷). درجه رسیدگی کمپوست از اهمیت بالایی برخوردار است به طوری که استفاده از کمپوست نارس دارای اثرات منفی در رشد و نمو گیاه است، که این امر

به علت بالا رفتن فعالیت میکروارگانیسم‌ها و نامحلول بودن مواد در توده کمپوست نارس می‌باشد. در بسیاری از موارد استفاده از کمپوست نارس باعث تولید مواد سمی و بروز علائم کمبود در گیاه می‌شود. اما استفاده از ورمی‌کمپوست تأثیر خوبی بر کیفیت و رشد محصولات دارد (وارمن و همکاران، ۲۰۱۰). اما کمپوست رسیده زباله های شهری به عنوان یک کود آلی مقرون به صرفه و با ارزش می‌تواند به عنوان جایگزینی مناسب برای کودهای شیمیایی، در سیستم کشاورزی پایدار و کشاورزی ارگانیک از اهمیت ویژه ای برخوردار باشد (سامنر، ۲۰۰۰). از طرفی به کار گیری کمپوست زباله های شهری به دلیل خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مواد درون آن، نگرانی‌هایی مانند وجود آلاینده های زیست محیطی در این کودها و انتقال آنها از خاک به آب های زیرزمینی و گیاهان، تجمع عناصر سنگین در خاک و عدم اطمینان از ارزش غذایی این مواد برای گیاهان را به دنبال داشته است (والکاسکی، ۲۰۰۳). کمپوست بایستی کاملاً رسیده بوده و مطابق با استانداردهای معتبر تولید شده باشد تا از انتقال مواد آلاینده، آسیب ترکیبات سمی و کاهش احتمالی رشد و عملکرد گیاهان به دلیل بالا بودن نسبت C/N (کربن به ازت)، ممانعت به عمل آید (سماوات و همکاران، ۱۳۸۷).

تکنیک های ورمی کمپوست به جهت تبدیل ضایعات آلی و پسماندها به یک کود زیستی با کیفیت و غنی شده، به دلیل افزایش معدنی شدن و هوموسی شدن در مقایسه با تکنیک های تهیه کمپوست به روش سنتی، مواد مغذی و عناصر بیشتری را تثبیت می کنند و از ارزش بالاتری برخوردارند (عبدلی و روشنی، ۱۳۸۶). در تحقیقی کمپوست و ورمی کمپوست از نظر غلظت عناصر غذایی مورد بررسی قرار گرفتند که مشخص شد غلظت عناصر غذایی در ورمی کمپوست به مراتب بیشتر از کمپوست می باشد، در این صورت میزان مصرف ورمی کمپوست در شرایط مساوی بایستی نصف کود کمپوست باشد (دیکرسن، ۱۹۹۹). طبق بررسی راثو (۱۹۹۴) تأثیر این دو کود آلی بر ویژگی های خاک و بیوماس ذرت این گونه بود که ورمی کمپوست نسبت C/N را بیشتر از کمپوست تقلیل

می‌دهد و رها سازی عناصر ماکرو نظیر S, Mg, Ca, K, P, N و عناصر میکرو در ورمی کمپوست نسبت به کمپوست بیشتر است.

۲-۲۱- اهمیت ورمی کمپوست

با توجه به ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و بیوشیمیایی ورمی کمپوست، این کود زیستی می تواند اثرات مفیدی بر خصوصیات خاک و رشد و نمو گیاهان داشته باشد که ذیلاً به چند مورد از آنها اشاره می شود.

۲-۲۱-۱- بهبود سطح تغذیه، رشد و عملکرد گیاهان

ورمی کمپوست قادر است مواد غذایی را به صورت قابل جذب، برای گیاه فراهم نموده و موجب افزایش جذب مواد مغذی در ریشه گیاهان گردد (سرین واس، ۲۰۰۰). تا کنون تحقیقات زیادی در بیرون و داخل کشور برای تعیین مقدار مصرف این کود در زمین های زراعی انجام گرفته است، در اکثر این آزمایشات محققان بر این عقیده اند که کاربرد حدود ده تن در هکتار ورمی کمپوست به همراه مقدار توصیه شده از کودهای شیمیایی در گیاهان مختلف، می تواند باعث افزایش جذب عناصر ماکرو و میکرو شده و ترقی ۲۰ تا ۳۰ درصدی عملکرد و بیوماس کل را به دنبال داشته باشد (ساحنی و همکاران، ۲۰۰۸؛ گوتیرز-میشل و همکاران، ۲۰۰۸؛ آلام و همکاران، ۲۰۰۷؛ درزی و همکاران، ۱۳۸۷؛ کرمزاده، ۱۳۸۹). دسی و همکاران (۱۹۹۹) نشان دادند که استفاده از ورمی کمپوست همراه با کود نیتروژن در گندم، عملکرد دانه را ۳/۶ تن در هکتار افزایش می دهد. در اثر کاربرد ورمی کمپوست در مزرعه سیب زمینی عملکرد این محصول به صورت معنی داری افزایش یافت (نرندر و همکاران، ۲۰۰۱). وارمن و آنگلوپز (۲۰۱۰) با بررسی مواد زاید مختلف در فرآوری ورمی کمپوست و اثر استفاده از آنها بر رشد سبزیجات تربچه، جعفری و شاهی در کشت گلخانه ای، نشان دادند که کاربرد ورمی

کمپوست به عنوان بستر کشت باعث افزایش جوانه زنی، سطح برگ، بیوماس کل در مقایسه با شاهد می شود. افزودن ورمی کمپوست به بستر کاشت فلفل گلخانه ای نیز باعث افزایش جذب مواد غذایی، رشد و عملکرد این محصول شد، به نحوی که جایگزینی ۴۰ درصد خاک گلدان ها باعث افزایش معنی داری در غلظت نیتروژن درون میوه شد و عملکرد میوه را ۸۰ درصد نسبت به تیمار کنترل (خاک) افزایش داد (آرامسون، ۲۰۰۴). آتیه و همکاران (۲۰۰۰) بر این عقیده اند که جایگزینی بخش اندکی از خاک گلخانه با ورمی کمپوست های تهیه شده از کود گاوی، کود خوکی و پسماندهای غذایی، سرعت جوانه زنی، گلدهی و رشد گیاهان مختلف، نظیر گوجه فرنگی و گل های زینتی را افزایش می دهد آزمایش انجام شده بر روی توت فرنگی نشان داد که با افزودن ۷/۵ تن در هکتار ورمی کمپوست، عملکرد، بازار پسندی، کیفیت میوه و مقاومت به بیماری کپک خاکستری افزایش می یابد (سینف و همکاران، ۲۰۱۰). در پی مطالعه بوردی و ملکوتی (۱۳۸۶) که در مناطق بناب و خسروشهر انجام دادند، معلوم شد کاربرد ۶ تن در هکتار ورمی کمپوست می تواند عملکرد پیاز قرمز را به طور معنی داری افزایش دهد.

ورمی کمپوست از نظر عناصر غذایی ماکرو و میکرو غنی تر از سایر کمپوست هاست و غلظت این عناصر به نوع ماده بلعیده شده توسط کرم ها بستگی دارد (سماوات و همکاران، ۱۳۸۷). مطالعات نشان داده است که ورمی کمپوست عناصر ریز مغذی را به مراتب بیشتر از عناصر ماکرو برای گیاه فراهم می سازد. ترشحات کرم ها و میکروارگانیسم های مخلوط شده با ورمی کمپوست اثر تحریک کننده ای بر جذب عناصر غذایی توسط گیاهان دارد. اسیدهای آلی دفع شده از فضولات کرم به عنوان تحریک کننده رشد گیاه عمل می کند (کرمزاده، ۱۳۸۹). در اثر فعالیت میکروارگانیسم ها و خود کرم ها در ورمی کمپوست، مواد تنظیم کننده رشد مانند اسید هیومیک (آتیه و همکاران، ۲۰۰۲) و هورمون هایی نظیر اکسین، جیبرلین و سیتوکنین به وجود می آیند که بر رشد گیاه تأثیر می گذارند.

ورمی کمپوست قادر است برای فعالیت های میکروبی و ربایش مواد غذایی یک سطح بسیار ریزی را ایجاد نماید، در نتیجه بسیاری از مواد ضروری مثل نیترات، فسفات، کلسیم، پتاسیم و غیره را می‌توانند بیشتر برای گیاه تأمین کند (ادوارد و بروس، ۱۹۹۸). در مورد تأثیر ورمی کمپوست بر بیماری های گیاهی و عوامل بیماریزا به ویژه قارچ ها و همینطور تأثیر این کود بر گیاهان انگلی مطالب زیادی یافت می شود. ساحنی و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند، در خاک هایی که با ورمی کمپوست تیمار شدند، بیماری پوسیدگی طوقه گیاه نخود کاهش یافت.

۲-۲۱-۲- بهبود خصوصیات خاک

ورمی کمپوست از طرق مختلف خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک را تحت تأثیر قرار می دهد، این کود بیولوژیک علاوه بر اینکه خود منبع مناسبی برای تأمین عناصر خاک به شمار می رود، با حفظ تنوع زیستی و جمعیت میکروارگانیسم ها باعث افزایش حاصلخیزی و پایداری خاک می شود (سماوات و همکاران، ۱۳۸۷). این کود با تعدیل اسیدیته محلول خاک قابلیت جذب عناصر غذایی را بالا می برد (عبدلی و روشنی، ۱۳۸۶). ورمی کمپوست دارای EC بسیار کمی می باشد، به طوری که محدودیتی برای گیاه ایجاد نمی کند. یکی دیگر از فواید آن رها سازی آرام و مداوم عناصر می باشد، چرا که در زمان جریان مواد آلی از لوله های گوارشی کرم، قشر نازکی از چربی این مواد را در بر می گیرد که این مانع در مدت دو ماه تجزیه می شود و بعد از آن عناصر غذایی به آرامی رها می شوند و دردسترس گیاه قرار می گیرند. در نتیجه فرسایش این کود نسبت به کودهای شیمیایی بسیار کمتر است (اتیه و همکاران، ۲۰۰۲). مارینرای و همکاران (۲۰۰۰) اظهار داشتند، ورمی کمپوست خلل و فرج درشت خاک را به میزان ۵۰ تا ۵۰۰ میکرومتر افزایش داده و در پی آن آب و اکسیژن در دسترس ریشه افزایش می یابد. آذرمی و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی تأثیر

ورمی کمپوست بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک در مزرعه گوجه فرنگی نشان دادند که کاربرد ۱۵ تن درهکتار ورمی کمپوست باعث افزایش کربن آلی، CEC و عناصری نظیر N، P، Ca، Fe و Mn می شود و کاهش pH خاک را در پی دارد. خواص فیزیکی خاک مانند وزن مخصوص ظاهری و تخلخل نیز با افزودن ورمی کمپوست به خاک بهبود می یابد.

ورمی کمپوست باعث افزایش واکنش های اکسیداسیون و احیا شده و ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) را در محلول خاک افزایش می دهد. همچنین این ماده با افزایش نیتریفیکاسیون باعث افزایش غلظت نیتروژن می شود. مقدار نیتروژن نیتراتی در ورمی کمپوست بیشتر از خاک زراعی است. ورمی کمپوست از ظرفیت تبدالی بالایی برای عناصر برخوردار است. استفاده از ورمی کمپوست باعث بهبود خصوصیات فیزیکی نظیر نفوذپذیری و ظرفیت نگهداری آب شده، و همچنین میزان عناصر غذایی در آن بیشتر از کود دامی می باشد و در صورت به کار گیری کود ورمی کمپوست تنها نیاز به چند نوبت کود ازته به صورت سرک، بر اساس C/N توده ماده آلی خواهد بود (کرمزاده، ۱۳۸۹).

فصل سوم

مواد و روش ها

۱-۳- مشخصات محل آزمایش

این آزمایش در ۱۰ خرداد ماه ۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در استان سمنان با عرض جغرافیای ۳۶/۲۵ درجه و طول جغرافیایی ۵۴/۵۷ درجه و ارتفاع ۱۳۴۵ متر از سطح دریا (جدول ۱-۳)، شروع شد.

جدول ۱-۳ مشخصات اقلیمی و جغرافیایی شهرستان شاهرود

مشخصات اقلیمی		مشخصات جغرافیایی	
۱۵۶/۵	میانگین بارندگی (میلی متر)	گرم خشک	نوع اقلیم
۲۰۶۸/۱	تبخیر (میلی متر)	۱۳۴۵	ارتفاع از سطح دریا (متر)
۱۶/۰۶	میانگین دما (سانتی گراد)	۵۴/۵۷	طول جغرافیایی
۳۹	حداکثر مطلق (سانتی گراد)	۳۶/۲۵	عرض جغرافیایی
-۷/۶	حداقل مطلق (سانتی گراد)	سندی لوم	نوع خاک
۲۹۴۷/۵	تعداد ساعات آفتابی	۷/۹۷	اسیدیته

۲-۳- شرایط آب و هوایی محل اجرای آزمایش

مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در ۷ کیلومتری این شهر و در نزدیکی بسطام واقع است. از نظر اقلیمی جزء مناطق گرم خشک و دارای زمستانی سرد می باشد. در زمستان برودت هوا به ۱۴- درجه سانتیگراد زیر صفر و گرمای هوا نیز در تابستان تا ۴۲ درجه بالای صفر می رسد.

نزولات آسمانی در فصل پاییز، زمستان و بهار بیشتر به صورت باران می باشد. بارندگی از فصل پاییز شروع شده و در فصل زمستان به حداکثر خود می رسد و غالباً تا اواسط فصل بهار از نزولات جوی برخوردار است. در سال زراعی ۸۸-۸۹ بارندگی در طی ماه های بهار و تابستان ناچیز بوده و در فروردین ماه به حداکثر مقدار خود رسید که مقدار آن ۴۰/۶ میلی متر بود. متوسط بارندگی دراز مدت ۱۵۷ میلی متر بوده است (جدول ۳-۲).

جدول ۳-۲ آمار هواشناسی شهرستان شاهرود

سال زراعی ۸۸-۸۹	درجه حرارت (سانتی گراد)			رطوبت نسبی (درصد)			میزان بارندگی (میلی متر)	حداکثر بارندگی در یک روز	میزان تبخیر به میلی متر	ساعات آفتابی
	حداکثر مطلق	حداقل مطلق	متوسط	حداکثر مطلق	حداقل مطلق	متوسط				
مهر	۳۲/۶	۹/۴	۲۰/۲	۹۰	۱۵	۴۳	۲/۳	۱/۲	۱۸۰/۲	۲۵۴
آبان	۲۴/۴	-۱/۶	۱۰/۳۷	۸۶	۸	۵۰	۰/۷	۰/۴	۷۸/۸	۱۹۸/۲
آذر	۱۸/۶	-۷/۶	۵/۷	۹۵	۲۹	۶۵	۲۴/۲	۲۲/۶	۰	۱۸۷/۸
دی	۱۵/۶	-۵/۲	۴/۸	۹۹	۲۱	۶۸	۳۷/۴	۱۶/۸	۰	۱۵۲/۶
بهمن	۱۱/۲	-۶/۸	۲	۹۳	۲۸	۵۸	۰/۵	۰/۳	۰	۲۰۹/۴
اسفند	۲۳/۶	-۲/۶	۹/۴	۹۷	۱۴	۴۹	۲۴/۵	۲۰/۶	۰	۲۳۶/۷
فروردین	۲۲/۴	-۲	۱۱/۲	۹۷	۱۶	۵۴	۴۰/۶	۲۷/۸	۱۷۰/۴	۲۳۷/۵
اردیبهشت	۲۹/۲	۴/۲	۱۸/۲	۸۱	۹	۴۶	۳/۷	۲/۶	۲۴۳/۶	۲۴۴/۲
خرداد	۳۵/۴	۱۱/۴	۳۲/۲	۸۱	۱۶	۴۰	۱۰/۹	۴/۴	۳۳۳/۳	۲۸۰/۲
تیر	۳۹	۱۶/۶	۲۸/۲	۶۱	۱۲	۳۲	۰	۰	۴۱۳/۴	۳۱۶/۷
مرداد	۳۷/۲	۱۷	۲۷/۶	۸۲	۱۲	۴۵	۲	۱/۲	۳۷۲/۵	۳۳۰/۶
شهریور	۳۵/۴	۱۳	۲۲/۹	۹۴	۱۳	۴۷	۹/۷	۵/۱	۲۷۵/۹	۲۹۹/۶
جمع یا میانگین	-	-	۱۶/۰۶	-	-	۴۶/۵	۱۵۶/۵	-	۲۰۶۸/۱	۲۹۴۷/۵

۳-۳- مشخصات خاک مزرعه

به منظور تشخیص خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، قبل از عملیات اجرایی طرح از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری نمونه برداری شد و مورد تجزیه قرار گرفت که نتایج حاصله در جدول ۳-۳ نشان داده شده است. مطابق اطلاعات به دست آمده بافت خاک شنی لومی تعیین شد.

جدول ۳-۳ خصوصیات خاک مزرعه

pH	EC dS/m	OC%	N%	P(AV)ppm	k(AV)ppm	Sand%	Silt%	Clay%
۷/۷۹	۷/۵۶	۰/۳۵	۰/۰۲۴	۴/۸۹	۱۷۷	۵۵	۳۴	۱۱

۳-۴- مشخصات طرح آزمایش

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح اسید هیومیک (H) {صفر (شاهد، H₁)، ۸۰۰ (H₂)، ۱۶۰۰ (H₃) و ۲۴۰۰ میلی لیتر در هکتار (H₄)} و سه سطح ورمی کمپوست (V) {صفر (شاهد، V₁)، ۵ (V₂) و ۱۰ تن در هکتار (V₃)} می باشد. نقشه کشت به صورت زیر می باشد:

تکرار I	H1 V2	H2 V3	H1 V1	H4 V3	H1 V3	H2 V2	H2 V1	H3 V2	H3 V3	H4 V1	H4 V2	H3 V1
تکرار II	H4 V2	H2 V2	H3 V2	H1 V1	H2 V1	H3 V3	H4 V3	H1 V2	H1 V3	H3 V1	H2 V3	H4 V1
تکرار III	H4 V1	H1 V3	H3 V1	H1 V2	H2 V2	H4 V2	H2 V1	H3 V3	H3 V2	H4 V3	H1 V1	H2 V3

شکل ۱-۳ نقشه کاشت

۳-۵- مشخصات پلات ها

طول هر پلات ۵ متر و عرض ۲/۴ متر در نظر گرفته شده بودند که مساحت آن به ۱۲ متر مربع رسید. در هر پلات ۴ ردیف کشت قرار داشت که فواصل بین ردیف های کشت ۶۰ سانتی متر و فاصله روی ردیف ۲۵ سانتی متر در نظر گرفته شد. فاصله بین پلات ها ۱۸۰ سانتی متر بود.

۳-۶- آماده سازی زمین و اعمال تیمارها

زمین مورد آزمایش در سال قبل به صورت آیش بوده و پاییز همان سال شخم خورده بود. بنابراین عملیات آماده سازی زمین با مساعد شدن شرایط آب و هوایی و گاورو شدن زمین در اوایل

خرداد ماه ۱۳۸۹ صورت گرفت. در ابتدا زمین مورد نظر توسط گاواهن برگرداندار شخم زده شد. سپس اقدام به عمل تسطیح زمین گردید. در پایان به وسیله فارور، جوی و پشته هایی به فاصله ۶۰ سانتی متر در جهت شمال به جنوب ایجاد گردید و سپس جوی های آبیاری تعبیه شدند. با ایجاد شیار در کنار پشته ها ورمی کمپوست در داخل شکاف ها ریخته شد. یک ماه پس از کاشت زمانی که بوته ها در مرحله ۸ تا ۱۰ برگی بودند اولین محلول پاشی اسید هیومیک صورت گرفت و این عمل به فاصله ۲۵ روز یکبار تا سه مرتبه تکرار شد. محلول پاشی توسط سمپاش موتوری انجام می شد. قبل از محلول پاشی یک تکرار به طور آزمایشی با آب خالص اسپری شد تا مقدار آب مورد نیاز برای محلول پاشی به دست آید. پس از کالیبراسیون دستگاه سمپاشی، مقادیر تعیین شده اسید هیومیک را در آب حل نمودیم و محلول پاشی را انجام دادیم.

۳-۷- کاشت بذر ذرت

قبل از کاشت، تست جوانه زنی بذور ذرت (رقم سینگل کراس ۷۰۴) در آزمایشگاه انجام شد. سپس در ۲۰ خرداد کاشت بذر با دست صورت گرفت. کاشت بذور در عمق ۳-۵ سانتی متری و با فاصله روی ردیف ۲۵ سانتی متر و بین ردیف ۶۰ سانتی متر در وسط پشته ها انجام گرفت.

۳-۸- عملیات داشت

عملیات داشت در طی تمام مراحل رشد گیاه به صورت مداوم انجام پذیرفت و نمونه برداری نیز همزمان با آن صورت می گرفت.

۳-۸-۱- مبارزه با علف های هرز و دفع آفات

وجین علف های هرز در کل دوره رشد به صورت دستی انجام شد. مهمترین گونه های علف هرز مزرعه به ترتیب فراوانی آنها در سطح زمین شامل، پیچک صحرايي، خرفه، تاج ریزی و خارشتر بودند. بیماری و حشره ای که آفت ذرت باشد در مزرعه آنقدر فراگیر نبود که احتیاجی به مبارزه شیمیایی باشد.

۳-۸-۲- آبیاری

بلافاصله پس از کاشت بذر درون خاک آبیاری سنگینی به صورت نشتی انجام شد تا ردیف ها کاملاً مرطوب شوند. آبیاری دوم ۷ روز بعد و آبیاری های بعدی در طول فصل رشد هر ۱۰ روز یکبار انجام گرفت.

۳-۹- نمونه بردای

به منظور اندازه گیری وزن خشک ساقه و برگ ۸ مرتبه نمونه برداری صورت گرفت. اولین نمونه برداری ۴۰ روز پس از کاشت بود و هر ۱۰ روز یکبار قبل از آبیاری اقدام به نمونه گیری می شد. برای نمونه برداری دو ردیف کناری و ۵۰ سانتی متر از ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان حاشیه حذف شدند. سپس ۲ بوته به نحوی انتخاب شدند که بتوانند تا حد زیادی خصوصیات کرت مربوطه را نشان دهند. در هر نمونه برداری قطع بوته ها از سطح خاک و از ناحیه طوقه صورت گرفت. به منظور اندازه گیری اجزای عملکرد، زمانی که گیاه کاملاً خشک شده بود بوته ها از ناحیه طوقه بریده شد و قسمت های برگ، ساقه، دانه، بلال و پوشش بلال جدا گردید، نمونه ها در داخل پاکت شماره دار گذاشته شدند و سپس به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد قرار داده شدند تا کاملاً خشک شوند. پس از خشک شدن با ترازوی حساس به دقت ± 0.01 وزن شدند. در این آزمایش صفاتی

نظیر ارتفاع، عملکرد بیولوژیک، تعداد بلال در بوته، تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت مورد ارزیابی قرار گرفتند. همچنین برای تعیین میزان اختصاص ماده خشک به برگ و ساقه اقدام به محاسبه ضریب تسهیم بیوماس نمودیم. در پایان برای تجزیه و تحلیل داده ها از دو نرم افزارهای Excel، SAS و MSTATC استفاده شد.

فصل چهارم

نتیج و بحث

۴-۱- ارتفاع بوته

اثر سطوح مختلف اسید هیومیک بر ارتفاع گیاه در سطح احتمال ۵٪ معنی دار شد (جدول ۴-۱). نتایج (جدول ۴-۲) نشان می دهد که بیشترین ارتفاع در سطح ۲۴۰۰ میلی لیتر و کمترین ارتفاع در تیمار شاهد (عدم استفاده از اسید هیومیک) حاصل شده است. حداکثر و حداقل ارتفاع به ترتیب ۱۹۴/۰۶ و ۱۸۰/۴۴ سانتی متر بود. این اختلاف تنها میان کاربرد و عدم کاربرد اسید هیومیک نبود، بلکه با افزایش میزان مصرف اسید هیومیک، ارتفاع بوته افزایش معنی داری پیدا کرد. اما با کاربرد ۸۰۰ میلی لیتر در هکتار از این اسید، ما شاهد آن هستیم که ارتفاع چندان تغییری نسبت به شاهد نداشته است. این امر نشان دهنده آن است که استفاده از اسید هیومیک در غلظت های کم نمی تواند اثر چندان بر ارتفاع گیاه ذرت داشته باشد. به نظر می رسد استفاده از اسید هیومیک غلظت هورمون های رشد را در اندام های هوایی افزایش داده و این امر موجب افزایش ارتفاع شده است (آتیه و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین اسید هیومیک با رها سازی عناصر معدنی در سطح برگ و ارتقاء جذب برگی توانسته تأثیر مثبتی بر رشد گیاه داشته باشد (چن و همکاران، ۲۰۰۴).

اثر سطوح مختلف ورمی کمپوست بر ارتفاع بوته در سطح احتمال ۱٪ معنی دار به دست آمد (جدول ۴-۱). به نحوی که بیشترین ارتفاع بوته (۱۹۳/۵۰ سانتی متر) با کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست و کمترین ارتفاع (۱۸۲/۱۷ سانتی متر) در عدم کاربرد ورمی کمپوست (شاهد) حاصل گردید (جدول ۴-۳). ورمی کمپوست از طریق قدرت زیاد جذب آب و فراهمی مناسب عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف بر روی میزان فتوسنتز و تولید بیوماس گیاه تأثیر مثبت گذاشته و موجب بهبود ارتفاع بوته می گردد. این موضوع در نتایج مطاعات درزی (۱۳۸۶) بر روی گیاه رازیانه قابل مشاهده است. در همین راستا آزمایشی توسط آرگولو و همکاران (۲۰۰۶) بر روی گیاه دارویی سیر انجام گرفت و مشخص گردید استفاده از ورمی کمپوست موجب افزایش چشمگیری در ارتفاع بوته می شود. این

تأثیر مثبت نیز به تحریک فعالیت های میکروبی توسط ورمی کمپوست و توانایی آن در افزایش جذب عناصر غذایی ماکرو و میکرو توسط گیاه و به دنبال آن تسریع در فرآیند فتوسنتز نسبت داده می شود. گوتیرز-میشل و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که کاربرد ورمی کمپوست سبب افزایش تعداد برگ، وزن خشک ساقه و ارتفاع ذرت در مقایسه با شاهد شد. به نظر می رسد که در ورمی کمپوست آزاد سازی عناصر همزمانی بیشتری با نیاز غذایی گیاه دارد. بنابراین ورمی کمپوست با تأمین تدریجی و به موقع عناصر غذایی باعث افزایش ارتفاع بوته های ذرت شده است.

جدول ۴-۱ تجزیه واریانس اثرات اسید هیومیک و ورمی کمپوست بر ارتفاع بوته

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات ارتفاع بوته
تکرار	۲	۱۰۳/۰۱
اسید هیومیک (H)	۳	۲۹۵/۴۰*
ورمی کمپوست (V)	۲	۴۱۱/۱۷**
H×V	۶	۸۳/۳۴
خطا	۲۲	۶۸/۵۵

جدول ۲-۴ مقایسه میانگین ارتفاع بوته در سطوح مختلف اسید هیومیک

ارتفاع (سانتی متر)	اسید هیومیک
۱۸۰/۴۴ b	صفر (شاهد)
۱۸۵/۰۶ b	۸۰۰ میلی لیتر
۱۸۸/۳۹ ab	۱۶۰۰ میلی لیتر
۱۹۴/۰۶ a	۲۴۰۰ میلی لیتر

جدول ۳-۴ مقایسه میانگین ارتفاع بوته در سطوح مختلف ورمی کمپوست

ارتفاع (سانتی متر)	ورمی کمپوست
۱۸۲/۱۷ b	صفر (شاهد)
۱۸۵/۲۹ ab	۵ تن
۱۹۳/۵۰ a	۱۰ تن

۴-۲- عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان می دهد که اسید هیومیک در سطح احتمال ۱٪ تأثیر معنی داری بر عملکرد ذرت دانه ای دارد (جدول ۴-۴). محلول پاشی توسط ۸۰۰، ۱۶۰۰ و ۲۴۰۰ میلی لیتر در هکتار اسید هیومیک به ترتیب ۲۵، ۳۷ و ۵۹ درصد عملکرد دانه را نسبت به شاهد (عدم کاربرد اسید هیومیک) افزایش داد (شکل ۴-۱). این افزایش عملکرد می تواند حاصل افزایش فتوسنتز و جذب مواد غذایی از طریق برگ و نیز زیاد شدن فعالیت های هورمونی و آنتی اکسیدانی گیاه (فوجیو و همکاران، ۱۹۹۵) و ارتقاء شاخص سطح برگ باشد. آهن و روی از جمله عناصری هستند که در خاک های آهکی جذب آنها با مشکل روبه رو می شود. محلول پاشی با اسید هیومیک به دلیل وجود آهن و روی در ساختمان آن (ناردی و همکاران، ۲۰۰۰الف)، می تواند با تأمین این عناصر از طریق برگ، عملکرد گیاه را تحت تأثیر قرار دهد. یلدریم و همکاران (۲۰۰۷) طی یک تحقیق مزرعه ای، نشان دادند که محلول پاشی بوته های گوجه فرنگی با اسید هیومیک عملکرد را به طور معنی داری (۱/۹۵ کیلوگرم در هر بوته) افزایش داد. همچنین کیفیت میوه ها با کاربرد این اسید به مراتب بیشتر از تیمار شاهد بود. ناردی و همکاران (۲۰۰۰ب) اظهار داشتند که کاربرد اسید هیومیک قادر است تجمع کربوهیدرات ها را در گیاه ذرت افزایش دهد.

تأثیر سطوح مختلف ورمی کمپوست نیز بر میزان تولید دانه در سطح احتمال ۱٪ معنی دار به دست آمد (جدول ۴-۴). به طوری که استفاده از ۵ تن ورمی کمپوست در هکتار، عملکرد دانه را ۳۹ درصد و کاربرد ۱۰ تن ورمی کمپوست عملکرد دانه را ۴۶ درصد نسبت به شاهد (عدم استفاده از ورمی کمپوست) افزایش داد (شکل ۴-۲). اما اختلاف بین سطوح ۵ و ۱۰ تن ورمی کمپوست معنی دار نشد و این تفاوت تنها میان استفاده و عدم استفاده از این کود آلی بود (شکل ۴-۲). آلام و همکاران (۲۰۰۷) با بررسی اثر ورمی کمپوست و کودهای شیمیایی بر عملکرد سیب زمینی، بالاترین

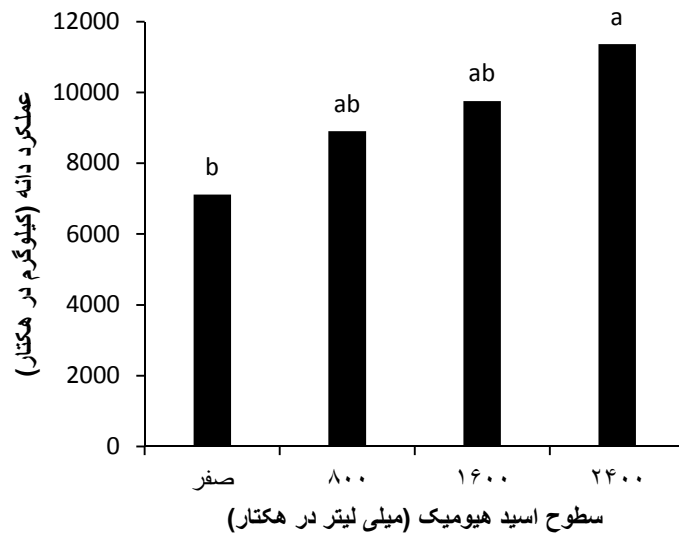
مقدار عملکرد غده (۲۵/۵۶ تن) را با کاربرد ۱۰ تن ورمی کمپوست همراه با ۱۰۰٪ مقدار توصیه شده کودهای NPK به دست آوردند. آنها علت این افزایش تولید را عرضه بهتر عناصر غذایی مورد نیاز گیاه با مصرف مقادیر توصیه شده کودهای شیمیایی و نیز تأثیر ترکیبات هورمونی موجود در ورمی کمپوست و اثر آن بر رشد و عملکرد گیاه دانستند.

به طور کلی، افزایش عملکرد بر اثر کاربرد ورمی کمپوست می‌تواند مربوط به بهبود خواص فیزیکی خاک، افزایش حجم ریشه و در پی آن افزایش جذب و فراهم شدن شرایط مناسب جهت رشد از نظر در دسترس بودن عناصر غذایی باشد (اتیه و همکاران، ۲۰۰۲). آرامسون و همکاران (۲۰۰۴) در طی بررسی اثر انواع ورمی کمپوست بر گیاه فلفل به این نتیجه رسیدند که عملکرد فلفل در تمام تیمارهای ورمی کمپوست به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از تیمار فاقد ورمی کمپوست است. آنها در تفسیر نتایج به دست آمده چنین بیان نمودند که مصرف ورمی کمپوست با بهبود خواص بیولوژیکی خاک مانند افزایش بیوماس میکروبی و عرضه پایدار عناصر غذایی پرمصرف نظیر نیتروژن، فسفر و نیز وجود تنظیم کننده های رشد گیاهی مثل اکسین، جیبرلین و سیتوکنین موجود در ورمی کمپوست می‌تواند باعث رشد و عملکرد گیاه فلفل شود. انصاری (۲۰۰۸ الف) در آزمایشی تأثیر ورمی کمپوست بر گیاهان سیب زمینی، شلغم و اسفناج را مورد بررسی قرار داد و اظهار داشت که استفاده از ۶ تن در هکتار ورمی کمپوست برای گیاهان غده‌ای و ۴ تن ورمی کمپوست برای سبزیجات باعث افزایش عملکرد و تولید نهایی می‌شود. او دلیل این افزایش تولید را قابلیت دسترسی بیشتر گیاه به مواد غذایی در تیمارهای ورمی کمپوست نسبت داد. این محقق در آزمایش دیگری با موضوع اثر ورمی کمپوست و ورمی واش بر گیاهان پیاز، سیب‌زمینی و اسفناج به این نتیجه رسید که عملکرد هر سه گیاه با کاربرد ورمی کمپوست به طور معنی داری افزایش می‌یابد (انصاری، ۲۰۰۸ ب). وی اظهار داشت مواد آلی مانند ورمی کمپوست و ورمی واش فرآیند هوموسی شدن و فعالیت های میکروبی و

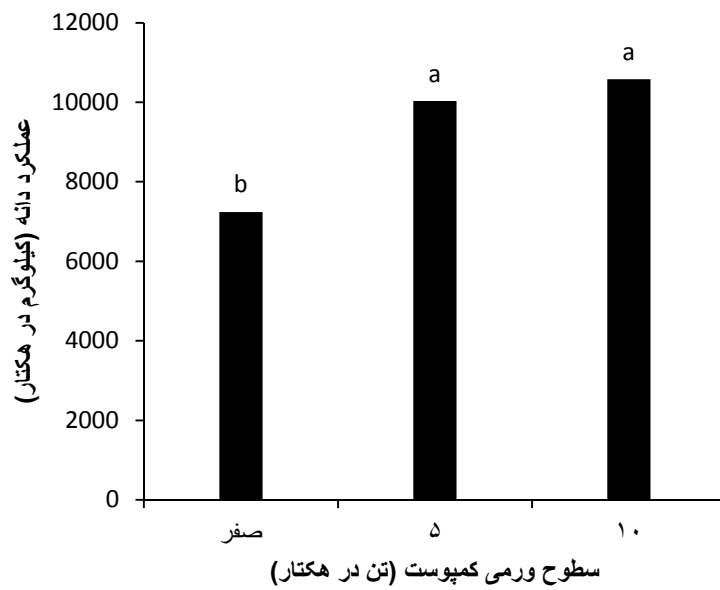
آنزیمی خاک را افزایش می‌دهند که این عوامل موجب پایداری و نفوذ پذیری بیشتر خاک می‌شوند. همچنین مواد آلی نظیر ورمی کمپوست، اتصال ذرات معدنی مانند کلسیم، منیزیم و پتاسیم را در کلوئیدهای هوموس و رس، افزایش می‌دهند، که در نتیجه پایداری، نفوذپذیری و تخلخل خاک و در نهایت رشد و نمو گیاه را بیشتر می‌کند. فراهم بودن رطوبت و مواد غذایی کافی از یک سو و از سوی دیگر رها سازی مواد مغذی و همزمانی عرضه این عناصر در تیمارهای ورمی کمپوست با تقاضای گیاه، سبب افزایش پوشش سبز، تعداد دانه در بلال، وزن صد دانه، عملکرد بیولوژیک، و در نهایت عملکرد دانه در واحد سطح می‌شود.

جدول ۴-۴ تجزیه واریانس اثرات اسید هیومیک و ورمی کمپوست بر عملکرد دانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات عملکرد دانه
تکرار	۲	۱۷۶۹۲۷۴۳*
اسید هیومیک (H)	۳	۲۸۱۵۰۱۳۲**
ورمی کمپوست (V)	۲	۳۸۵۴۱۶۶۳**
H×V	۶	۲۷۸۱۸۸۵
خطا	۲۲	۴۶۶۱۸۰۰



شکل ۱-۴ مقایسه میانگین عملکرد دانه در سطوح مختلف اسید هیومیک



شکل ۲-۴ مقایسه میانگین عملکرد دانه در سطوح مختلف ورمی کمپوست

۴-۳- تعداد بلال در بوته

تعداد بلال در بوته های ذرت تا حدود زیادی تحت کنترل عوامل وراثتی است، اما در شرایطی که تراکم بوته ها و یا تغذیه گیاه مناسب باشد بلال های بیشتری در هر بوته ایجاد می گردد (تاج بخش و پورمیرزا، ۱۳۸۶).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس حاکی از آن است که سطوح مختلف اسید هیومیک به طور معنی داری (سطح احتمال ۱٪) تعداد بلال در بوته را تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۴-۵). به طوری که بیشترین تعداد بلال یعنی ۱/۹ بلال در هر بوته با کاربرد ۲۴۰۰ میلی لیتر و کمترین آن ۱/۲ بلال در تیمار شاهد (عدم استفاده از اسید هیومیک) به دست آمده است. البته این اختلاف تنها میان کاربرد و عدم کاربرد اسید هیومیک بود و اختلاف معنی داری در سطوح مختلف اسید هیومیک وجود نداشت (جدول ۴-۶). از نتایج حاصله می توان چنین استنباط نمود که با افزایش تعداد بلال در هر بوته بایستی عملکرد دانه نیز به همان نسبت افزایش یابد، اما به دلیل عدم همزمانی تشکیل بلال های ثانویه در این رقم ذرت (سینگل کراس ۷۰۴) با ظهور اندام های نر، تلقیح به طور کامل در آنها صورت نگرفته و عملاً دانه ای تشکیل نمی شود و تنها عملکرد بیولوژیک را تحت تأثیر قرار می دهد. به نظر می رسد اسید هیومیک با افزایش غلظت هورمون ها و تنظیم کننده های رشد در گیاه و همچنین تأمین عناصر غذایی و جذب سریع آنها از طریق برگ ها، گیاه را به سمت تولید بیشتر هدایت می کند. استفاده از اسید هیومیک توانست تعداد میوه را در بوته های گوجه فرنگی تا ۷۰ عدد در هر بوته افزایش دهد (یلدریم و همکاران، ۲۰۰۷). همچنین دوگان و دمایر (۲۰۰۴) اظهار داشتند، درصد جوانه زنی و تعداد میوه گوجه فرنگی در تیمارهای محلول پاشی شده با اسید هیومیک، به طور معنی داری افزایش یافت.

جدول ۴-۵ تجزیه واریانس اثرات اسید هیومیک و ورمی کمپوست بر تعداد بلال در بوته

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات تعداد بلال
تکرار	۲	۰/۵۴*
اسید هیومیک (H)	۳	۰/۸۹**
ورمی کمپوست (V)	۲	۱/۳۴**
H×V	۶	۰/۰۵۷
خطا	۲۲	۰/۱۵۷

جدول ۴-۶ مقایسه میانگین تعداد بلال در بوته در سطوح مختلف اسید هیومیک

تعداد بلال در بوته	اسید هیومیک
۱/۲ b	صفر (شاهد)
۱/۴ ab	۸۰۰ میلی لیتر
۱/۶ ab	۱۶۰۰ میلی لیتر
۱/۹ a	۲۴۰۰ میلی لیتر

نتایج مندرج در جدول ۴-۷ نشان می دهد که تعداد بلال در سطوح مختلف ورمی کمپوست، متفاوت به دست آمده است. به نحوی که بیشترین تعداد بلال (۱/۹) و کمترین آن (۱/۲) به ترتیب در تیمار ۱۰ تن ورمی کمپوست و شاهد (فاقد ورمی کمپوست) حاصل شد، اما از لحاظ آماری اختلاف معنی داری میان سطوح ۵ و ۱۰ تن ورمی کمپوست وجود ندارد.

به نظر می رسد تعادل غذایی که در کودهای آلی وجود دارد، باعث تولید گیاهانی می شود که از سلامتی بیشتری برخوردارند. از این رو انرژی که گیاه می خواهد صرف جبران زیان های آفات و بیماری ها نماید در بافت های آن ذخیره شده و برای رشد و تولید بیشتر مصرف می شود (فوکان، ۱۹۹۳). کرمزاده (۱۳۸۹) بیان کرد که استفاده از ورمی کمپوست در زراعت نخود، تعداد غلاف را در بوته افزایش می دهد. همچنین میرابراهیمی (۱۳۸۹) گزارش نمود، بیشترین تعداد میوه (۲۲/۵ عدد) گوجه فرنگی، از بوته هایی که با ۶ تن ورمی کمپوست در هکتار تیمار شده بودند، حاصل شد. استفاده از مواد آلی به علت افزایش عناصر قابل جذب خاک، افزایش توسعه ریشه گیاه و افزایش قابلیت جذب آب می تواند عملکرد و اجزای عملکرد گیاه را تحت تأثیر قرار دهد (گوپیمات و ساها، ۲۰۰۸).

جدول ۴-۷ مقایسه میانگین تعداد بلال در بوته در سطوح مختلف ورمی کمپوست

تعداد بلال در بوته	ورمی کمپوست
۱/۲ b	صفر (شاهد)
۱/۷ a	۵ تن
۱/۹ a	۱۰ تن

۴-۴ - تعداد دانه در ردیف

اثرات ساده و متقابل اسید هیومیک و ورمی کمپوست بر تعداد دانه در ردیف های بلال، به ترتیب در سطح ۱٪ و ۵٪ معنی دار به دست آمد (جدول ۴-۸). به طوری که محلول پاشی با اسید هیومیک در غلظت های ۲۴۰۰، ۱۶۰۰ و ۸۰۰ میلی لیتر در هکتار، تعداد دانه را به ترتیب ۲۴/۵، ۱۸/۸ و ۱۲/۵ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۴-۹). در بسیاری از تحقیقات آمده است که مواد هیومیک می توانند در گیاه تغییرات شیمیایی ایجاد نموده و تعادل محرک های رشد را تحت تأثیر قرار دهند (ناردی و همکاران، ۲۰۰۲). مورا و همکاران (۲۰۱۰) معتقدند که استفاده از اسید هیومیک رشد اندام های هوایی و میوه را به طور معنی داری افزایش می دهد. دورسان و همکاران (۲۰۰۲) بیان نمودند که محلول پاشی گیاهان توسط مواد هیومیک می تواند تعداد گل های کامل را افزایش داده و در نهایت منجر به افزایش تعداد میوه در بوته شود.

همان طور که قبلاً اشاره کردیم سطوح مختلف ورمی کمپوست نیز تأثیرات متفاوتی را (در سطح احتمال ۱٪) بر تعداد دانه در ردیف به جای گذاردند. به نحوی که افزودن ۵ و ۱۰ تن در هکتار از این ماده آلی به خاک، توانست تعداد دانه در ردیف های بلال را ۱۸/۱ و ۲۸/۲ درصد در مقایسه با شاهد افزایش دهد (جدول ۴-۱۰). گوپیماس و ساها (۲۰۰۸) گزارش دادند، تعداد دانه در سنبله و طول سنبلچه های گندم به طور معنی داری در شرایط استفاده از مکمل های آلی، افزایش یافت. همچنین تعداد دانه در بوته های نخود نیز متأثر از ورمی کمپوست بود، به طوری که کاربرد ۹ تن در هکتار از این کود توانست تعداد دانه، تعداد غلاف و وزن دانه را به طور معنی داری در این گیاه افزایش دهد (کرمزاده، ۱۳۸۹).

جدول ۴-۸ تجزیه واریانس اثرات اسید هیومیک و ورمی کمپوست بر تعداد دانه در ردیف

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات تعداد دانه در ردیف
تکرار	۲	۷۰/۱*
اسید هیومیک (H)	۳	۱۵۰/۳**
ورمی کمپوست (V)	۲	۵۳۳/۸**
H×V	۶	۴۰/۲*
خطا	۲۲	۱۴/۲

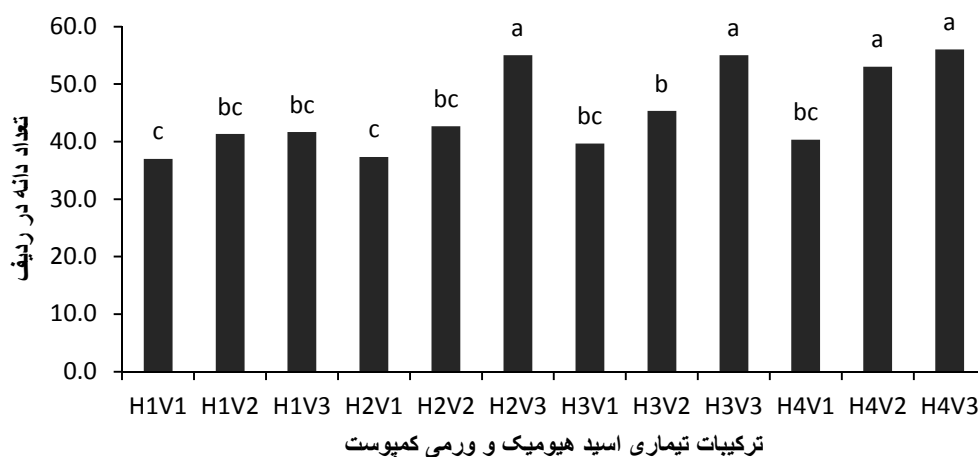
جدول ۴-۹ مقایسه میانگین تعداد دانه در ردیف در سطوح مختلف اسید هیومیک

تعداد دانه در ردیف	اسید هیومیک
۴۰/۱ b	صفر (شاهد)
۴۵/۱ ab	۸۰۰ میلی لیتر
۴۶/۷ a	۱۶۰۰ میلی لیتر
۴۹/۸ a	۲۴۰۰ میلی لیتر

جدول ۴-۱۰ مقایسه میانگین تعداد دانه در ردیف در سطوح مختلف ورمی کمپوست

تعداد دانه در ردیف	ورمی کمپوست
۳۸/۶ c	صفر (شاهد)
۴۵/۶ b	۵ تن
۵۱/۹ a	۱۰ تن

با توجه به مقایسات انجام شده (شکل ۴-۳) مشخص گردید که تعداد دانه در ردیف، برای ترکیبات تیماری مختلف، مقادیر متفاوتی را نشان می دهد. به طوری که با کاربرد ۸۰۰، ۱۶۰۰ و ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک همراه با ۵ تن ورمی کمپوست توانسته تعداد دانه را به ترتیب از ۳۷ عدد (شاهد) به ۴۲/۷، ۴۵/۳ و ۵۳ عدد در هر ردیف برساند. همچنین محلول پاشی غلظت های ذکر شده اسید هیومیک همراه با سطح دوم ورمی کمپوست (۱۰ تن در هکتار) باعث افزایش تعداد دانه از ۳۷ عدد به ترتیب ۵۵، ۵۵ و ۵۶ دانه در ردیف شد. نتایج حاصله نشان داد که کمترین تعداد دانه در ردیف از تیمارهایی به دست آمد که اسید هیومیک با تیمار عدم کاربرد ورمی کمپوست همراه بود. به نحوی که در سطح اول ورمی کمپوست (صفر)، غلظت های ۸۰۰، ۱۶۰۰ و ۲۴۰۰ میلی لیتر از این اسید به ترتیب ۳۷/۳، ۳۹/۷ و ۴۰/۳ عدد دانه را در هر ردیف ایجاد کرد. بنابر این حداکثر تعداد دانه (۵۶ عدد) در بوته هایی بود که با ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک و ۱۰ تن ورمی کمپوست تیمار شده بودند.



شکل ۳-۴ اثرات متقابل اسید هیومیک و ورمی کمپوست بر تعداد دانه در ردیف بلال های ذرت. H1 ، H2 ، H3 و H4 به ترتیب معادل صفر، ۸۰۰، ۱۶۰۰ و ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار و V1 ، V2 ، V3 به ترتیب معادل صفر، ۵ و ۱۰ تن درهکتار ورمی کمپوست است.

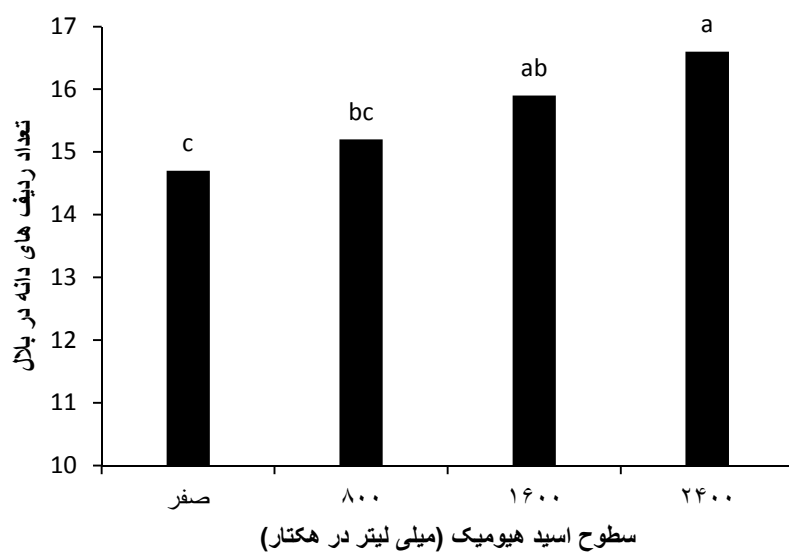
۴-۵ - تعداد ردیف های دانه در بلال

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان می دهد که بین سطوح مختلف اسید هیومیک در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی داری وجود دارد (جدول ۴-۱۱). همان طور که در شکل ۴-۴ مشاهده می شود بیشترین تعداد (۱۶/۶) ردیف در بلال از محلول پاشی ۲۴۰۰ میلی لیتر، و کمترین آن از تیمار شاهد (۱۴/۷) به دست آمد. اسید هیومیک با افزایش هورمون های رشد نظیر اکسین و جیبرلین می تواند تشکیل مواد هیدروکربنی را در اندام های هوایی گیاه افزایش دهد (چن و همکاران، ۲۰۰۴). با افزایش سطح تغذیه ای ذرت، قطر بلال افزایش می یابد (تاج بخش و پورمیرزا، ۱۳۸۷). از این رو تعداد ردیف های بیشتری می تواند در هر بلال ایجاد شود. اسید هیومیک با تحریک فتوسنتز و نیز متابولیسم اسیدهای نوکلئیک می تواند تولید مواد فتوسنتزی را در گیاه افزایش دهد (چن و همکاران، ۲۰۰۴).

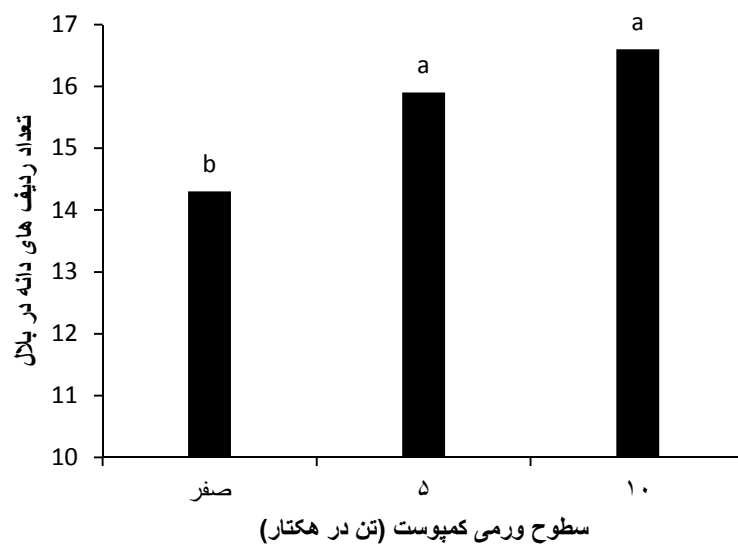
با توجه به نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس جدول (۴-۱۱) مشخص می شود که در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی داری بین سطوح مختلف ورمی کمپوست وجود دارد. با مشاهده شکل ۴-۵ معلوم می شود که بیشترین تعداد (۱۶/۶ ردیف) و کمترین آن (۳/۱۴ ردیف) به ترتیب در سطوح ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست و عدم کاربرد این کود (شاهد) به دست آمد، در حالیکه میان سطوح ۵ و ۱۰ تن ورمی کمپوست اختلاف معنی داری وجود نداشت. ورمی کمپوست دارای قابلیت جذب و نگهداری آب و عناصر غذایی است. در نتیجه تخلخل، تهویه و زهکشی خاک را افزایش می دهد. استفاده از این کود آلی علاوه بر افزایش فعالیت و جمعیت میکروارگانیسم های مفید خاک، عناصری نظیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم را برای گیاه فراهم می کند و از این طریق رشد و تولید گیاه را افزایش می دهد (آرامسون و همکاران، ۲۰۰۴).

جدول ۴-۱۱ تجزیه واریانس اثرات اسید هیومیک و ورمی کمپوست بر تعداد ردیف های دانه در بلال

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات تعداد ردیف
تکرار	۲	۳/۰۳*
اسید هیومیک (H)	۳	۶/۱۹**
ورمی کمپوست (V)	۲	۱۷/۰۳**
H×V	۶	۰/۸۸
خطا	۲۲	۰/۷۹

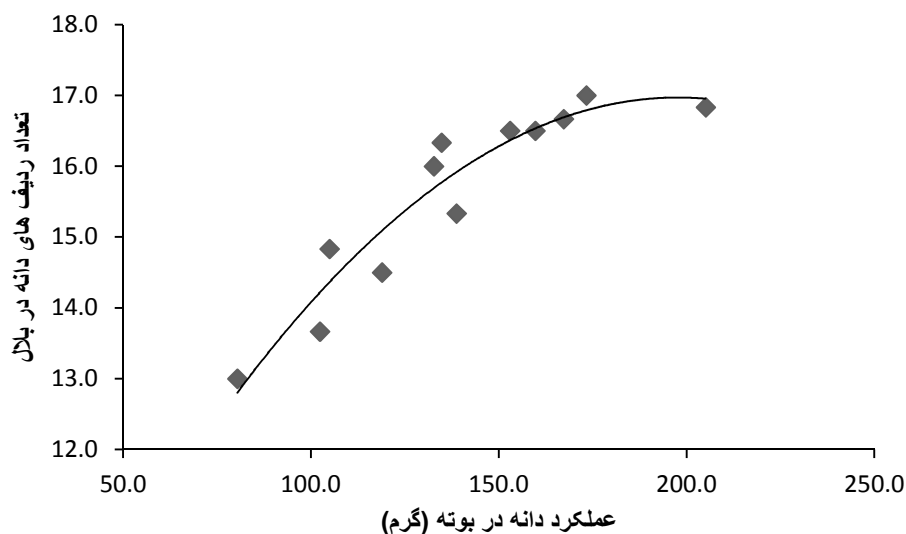


شکل ۴-۴ مقایسه میانگین تعداد ردیف های دانه در بلال در سطوح مختلف اسید هیومیک



شکل ۵-۴ مقایسه میانگین تعداد ردیف های دانه در بلال در سطوح مختلف ورمی کمپوست

با توجه به شکل ۴-۶ مشاهده می شود که ارتباط تنگاتنگی میان تعداد ردیف های بلال و عملکرد دانه وجود دارد. این موضوع نشان دهنده آن است که هرچه قدر تعداد ردیف های بلال بیشتر باشد تولید دانه نیز افزایش می یابد. بنابراین با محلول پاشی بوته ها توسط اسید هیومیک و افزودن ورمی کمپوست به خاک مزرعه می توان عملکرد دانه را به طور مستقیم و غیرمستقیم افزایش داد.



شکل ۴-۶ رابطه تعداد ردیف دانه در بلال با عملکرد دانه در هر بوته

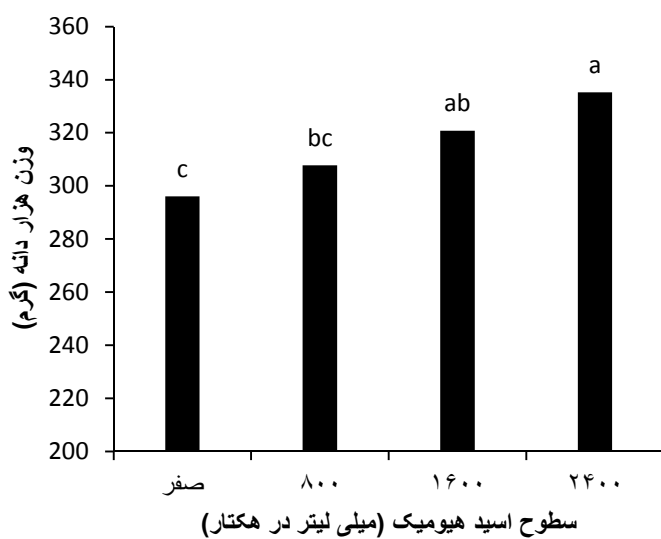
۴-۶- وزن هزار دانه

وزن هزار دانه ذرت به طور معنی داری (در سطح احتمال ۱٪) تحت تأثیر فاکتورهای آزمایش قرار گرفت (جدول ۴-۱۲). مقایسات میانگین وزن هزار دانه نشان می دهد که تفاوت قابل ملاحظه ای بین میانگین های به دست آمده وجود دارد (شکل ۴-۷). حداکثر و حداقل میانگین وزن هزار دانه به ترتیب ۳۳۵/۲ و ۲۹۶/۱ گرم متعلق به سطوح ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک و شاهد (عدم کاربرد اسید هیومیک) می باشد.

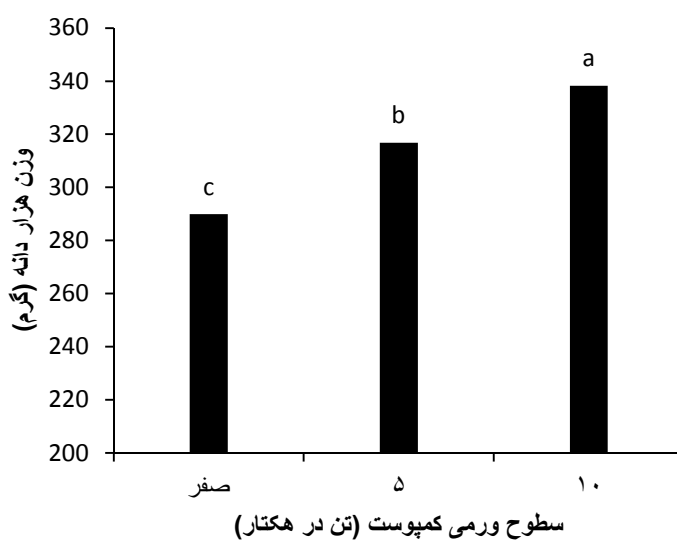
ورمی کمپوست نیز در سطح احتمال ۱٪ دارای اثر معنی داری بر وزن هزار دانه می باشد (جدول ۴-۱۲). کاربرد ۵ و ۱۰ تن ورمی کمپوست در هکتار توانست وزن هزار دانه را به ترتیب ۹/۳ و ۱۶/۷ درصد نسبت به شاهد (عدم کاربرد ورمی کمپوست) افزایش دهد (شکل ۴-۸). افزایش جذب آب و عناصر غذایی در تیمارهای ورمی کمپوست، فرایند فتوسنتز را تشدید می کند و از این طریق می تواند تولید مواد پروتئینی و هیدروکربنی را افزایش دهد (آلام و همکاران، ۲۰۰۸).

جدول ۴-۱۲ تجزیه واریانس اثرات اسید هیومیک و ورمی کمپوست بر وزن هزار دانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات وزن هزار دانه
تکرار	۲	۱۰۵۵/۴*
اسید هیومیک (H)	۳	۲۵۵۳/۸**
ورمی کمپوست (V)	۲	۷۰۳۶/۷**
H×V	۶	۳۰۶/۲
خطا	۲۲	۲۷۵/۵



شکل ۷-۴ مقایسه میانگین وزن هزار دانه در سطوح مختلف اسید هیومیک



شکل ۸-۴ مقایسه میانگین وزن هزار دانه در سطوح مختلف ورمی کمپوست

۴-۷- عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد بیولوژیک (در سطح احتمال ۱٪) تحت تأثیر اسید هیومیک و ورمی کمپوست قرار می‌گیرد (جدول ۴-۱۳). با محلول پاشی ۸۰۰، ۱۶۰۰ و ۲۴۰۰ میلی لیتر در هکتار اسید هیومیک، عملکرد بیولوژیک به ترتیب ۹، ۱۳/۲ و ۲۳/۵ درصد در مقایسه با شاهد افزایش پیدا کرد، اما این افزایش برای سطح ۸۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک معنی دار نبود. همچنین میان سطوح ۱۶۰۰ و ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک از نظر آماری اختلاف معنی داری وجود نداشت (شکل ۴-۹). دورسان و همکاران (۲۰۰۲) در نتایج تحقیق خود اظهار نمودند، کاربرد مواد هیومیک به صورت خاک مصرف و محلول پاشی قادر است عملکرد گیاه را به طور معنی داری افزایش دهد.

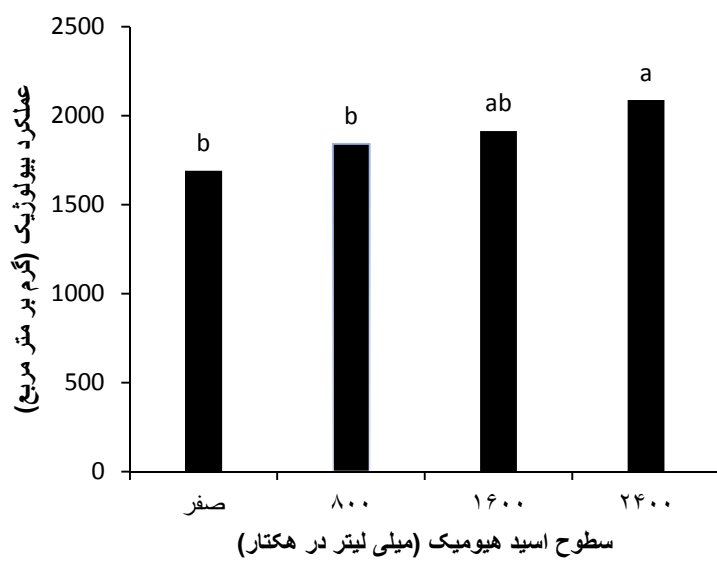
این تأثیر مثبت برای سطوح ورمی کمپوست نیز صادق بود به نحوی که کاربرد ۵ و ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست نسبت به حالت عدم کاربرد آن (شاهد)، عملکرد بیولوژیک را به ترتیب ۱۶/۱ و ۲۸/۸ درصد افزایش داد، در حالیکه میان سطوح ۵ و ۱۰ تن ورمی کمپوست اختلاف معنی داری وجود نداشت (شکل ۴-۱۰). احمدی (۱۳۹۰) بیان نمود که استفاده از کودهای آلی نظیر ورمی کمپوست می‌تواند عملکرد بیولوژیک ذرت را نسبت به شاهد افزایش دهد. تأثیر مثبت ورمی کمپوست به میزان ۶ تن در هکتار بر عملکرد بیولوژیک گوجه فرنگی نیز گزارش شده است (میرابراهیمی، ۱۳۹۰).

کرمزاده (۱۳۸۹) طی بررسی اثر سطوح ورمی کمپوست و تنش خشکی بر گیاه نخود، اظهار داشت که عملکرد بیولوژیک این گیاه با کاربرد ورمی کمپوست به طور معنی داری بیشتر از شاهد می‌باشد. وی دلیل این اختلاف را فراهمی آب و مواد غذایی بیشتر در تیمارهای ورمی کمپوست بیان نمود. درزی و همکاران (۱۳۷۸) در بررسی اثر کاربرد قارچ میکوریزا، ورمی کمپوست و کود فسفات

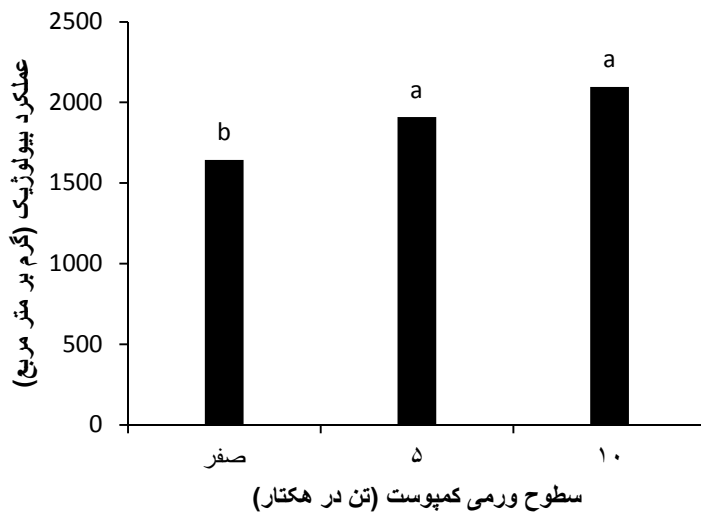
زیستی بر گلدهی، عملکرد بیولوژیک و همزیستی ریشه، در گیاه دارویی رازیانه گزارش کردند که مصرف ورمی کمپوست باعث افزایش معنی داری در عملکرد بیولوژیک می شود. افزودن ورمی کمپوست به خاک نه تنها فراهمی عناصر غذایی ضروری برای گیاه را افزایش می دهد، بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای بیولوژیک خاک، ضمن ایجاد یک محیط مناسب برای رشد ریشه، موجبات افزایش رشد اندام هوایی نظیر ارتفاع و تعداد چتر در بوته و در پی آن تولید ماده خشک را نیز در گیاه می افزاید. انوار و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که مصرف پنج تن در هکتار ورمی کمپوست همراه با مقادیر توصیه شده کودهای شیمیایی در گیاه دارویی ریحان، برتری معنی داری از نظر عملکرد بیولوژیک در مقایسه با شاهد (عدم کاربرد ورمی کمپوست) وجود دارد.

جدول ۴-۱۳ تجزیه واریانس اثرات اسید هیومیک و ورمی کمپوست بر عملکرد بیولوژیک

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات عملکرد بیولوژیک
تکرار	۲	۱۵۱۴۸۷/۹*
اسید هیومیک (H)	۳	۲۴۴۲۰۵/۱**
ورمی کمپوست (V)	۲	۶۲۲۲۳۶/۷**
H×V	۶	۴۴۲۷۳
خطا	۲۲	۳۱۴۲۷/۷



شکل ۹-۴ مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک در سطوح مختلف اسید هیومیک



شکل ۱۰-۴ مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک در سطوح مختلف ورمی کمپوست

۴-۸- شاخص برداشت

شاخص برداشت از نسبت عملکرد اقتصادی به بیوماس کل در گیاهان زراعی به دست می آید (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۰). نتایج حاصل از تجزیه آماری داده ها نشان داد که بین سطوح مختلف اسید هیومیک در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی داری وجود دارد (جدول ۴-۱۴). به طور کلی بوته هایی که با مقادیر ۸۰۰، ۱۶۰۰ و ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک تیمار شدند در مقایسه با شاهد به ترتیب از ۶/۳، ۱۱ و ۱۰/۳ درصد شاخص برداشت بالاتری برخوردار بودند. شایان ذکر است که بین سطوح ۸۰۰، ۱۶۰۰ و ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک از نظر آماری اختلاف معنی داری وجود نداشت (جدول ۴-۱۵). با توجه به مباحث موجود می توان این گونه بیان کرد که محلول پاشی با نسبت های مختلف اسید هیومیک توانسته بر میزان تولید و بازدهی گیاه ذرت اثر مثبت گذاشته و از طرق مختلف عملکرد گیاه را تحت تأثیر قرار دهد. به نظر می رسد با کاربرد این ماده درصد بیشتری از ماده خشک به تولید دانه اختصاص داده می شود.

ورمی کمپوست نیز توانست شاخص برداشت را به طور معنی داری (در سطح احتمال ۱٪) تحت تأثیر قرار دهد (جدول ۴-۱۴). به طوری که حداکثر شاخص برداشت در شرایط استفاده از ۱۰ تن ورمی کمپوست در هکتار به دست آمد که ۷/۸ درصد بیشتر از شاهد (عدم استفاده از ورمی کمپوست) بود (جدول ۴-۱۶). ورمی کمپوست با بهبود شرایط تغذیه ای و افزایش ماده خشک در گیاه، شاخص برداشت را افزایش می دهد. کرمزاده (۱۳۸۹) بالاترین شاخص برداشت را از تیمار ۹ تن در هکتار ورمی کمپوست گزارش کرد.

جدول ۴-۱۴ تجزیه واریانس اثرات اسید هیومیک و ورمی کمپوست بر شاخص برداشت

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات شاخص برداشت
تکرار	۲	۱۴۹/۲۵*
اسید هیومیک (H)	۳	۲۲۸/۳۹**
ورمی کمپوست (V)	۲	۲۱۳/۶۷**
H×V	۶	۳۷/۰۱
خطا	۲۲	۳۵/۳۳

جدول ۴-۱۵ مقایسه میانگین شاخص برداشت در سطوح مختلف اسید هیومیک

اسید هیومیک	شاخص برداشت (%)
صفر (شاهد)	۴۱/۲ b
۸۰۰ میلی لیتر	۴۷/۵ ab
۱۶۰۰ میلی لیتر	۵۲/۲ a
۲۴۰۰ میلی لیتر	۵۱/۵ a

جدول ۴-۱۶ مقایسه میانگین شاخص برداشت در سطوح مختلف ورمی کمپوست

ورمی کمپوست	شاخص برداشت (%)
صفر (شاهد)	۴۳/۳ b
۵ تن	۴۹/۹ ab
۱۰ تن	۵۱/۱ a

۴-۹ - تسهیم بیوماس به ساقه و برگ

ارتباط میان وزن خشک برگ با بیوماس کل و وزن خشک ساقه با بیوماس کل برای ترکیبات تیماری مورد آزمایش در شکل های ۴-۱۱ تا ۴-۳۴ درج شده است. همان طور که در این شکل ها مشاهده می شود بین این صفات یک رابطه خطی با ضریب تبیین بالایی وجود دارد. از ضریب X به عنوان شاخصی برای نشان دادن میزان تسهیم ماده خشک به برگ و ساقه استفاده شد. برای کلیه ترکیبات تیماری مورد آزمایش، کمیت این ضریب برای ساقه نسبتاً بیشتر از برگ بود. چرا که ذرت ماده خشک بیشتری را به ساقه اختصاص می دهد.

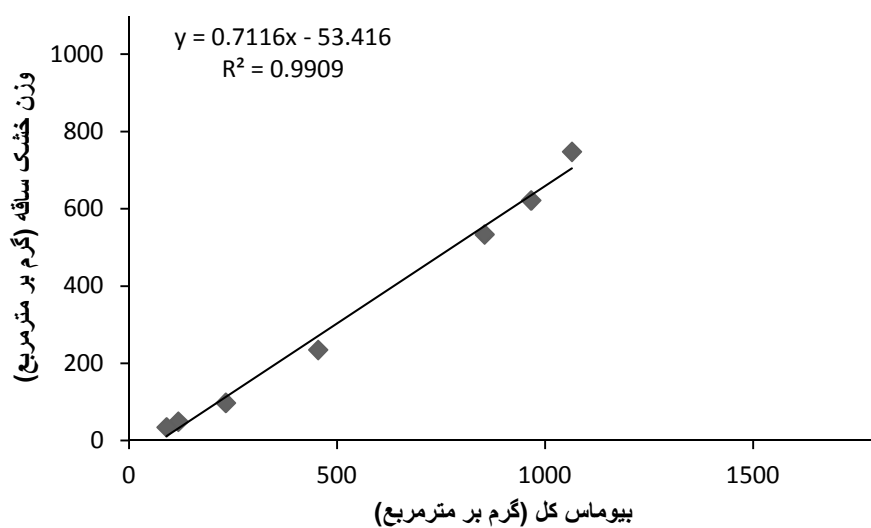
برای امکان مقایسه دقیق تر، خطای استاندارد ضریب X نیز محاسبه شد (جدول ۴-۱۷). همچنین ضرایب اختصاص یافته به برگ همراه با خطای استاندارد در شکل ۴-۳۵ نشان داده شده است. در هر سطح ورمی کمپوست، با افزایش غلظت اسید هیومیک، افزایش محسوسی در پر برگی ایجاد گردید. به طوری که انتظار می رفت، میزان اختصاص بیوماس به برگ با افزایش مقدار اسید

هیومیک بیشتر شد. محلول پاشی بوته ها توسط ۸۰۰، ۱۶۰۰ و ۲۴۰۰ میلی لیتر در هکتار اسید هیومیک موجب شد به ترتیب ۴/۱، ۴/۵ و ۷/۵ درصد ماده خشک بیشتری در مقایسه با شاهد (عدم محلول پاشی) به برگ ها اختصاص یابد (جدول ۴-۱۷). به عبارت دیگر اسید هیومیک در هر سطحی قادر است تولید ماده خشک را در ذرت (سینگل کراس ۷۰۴) افزایش دهد و در شرایط محلول پاشی با اسید هیومیک، گیاه نسبت بیشتری از مواد تولیدی را به برگ ها اختصاص می دهد. این امر ممکن است به دلیل تحریک بوته توسط اسید هیومیک به توسعه سطح برگ (آتیه و همکاران، ۲۰۰۰) باشد. ورمی کمپوست نیز دارای اثرات مثبتی بر مقدار اختصاص بیوماس به برگ بود. به طوری که افزودن ۵ و ۱۰ تن در هکتار از این کود زیستی به خاک مزرعه ۴/۲ و ۴/۶ درصد ماده خشک بیشتری را در مقایسه با شاهد (عدم کاربرد ورمی کمپوست) به برگ ها اختصاص داد (جدول ۴-۱۷). وارمن و آنگلوپز (۲۰۱۰) گزارش نمودند که استفاده از مواد آلی مانند ورمی کمپوست قادر است وزن برگ و شاخص سطح برگ را افزایش دهد.

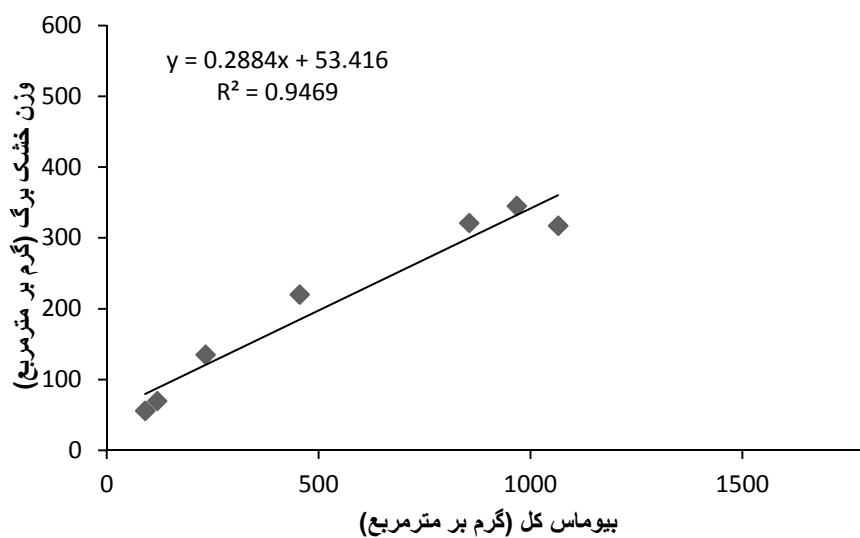
استفاده توام از اسید هیومیک و ورمی کمپوست نسبت به حالتی که به صورت مجزا مورد استفاده قرار گرفتند، تأثیر بیشتری بر تجمع ماده خشک در برگ ها داشت. به طوری که در سطح ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست، محلول پاشی اسید هیومیک با غلظت های ۸۰۰، ۱۶۰۰ و ۲۴۰۰ میلی لیتر در هکتار، میزان تسهیم ماده خشک به برگ ها را به ترتیب ۵/۹، ۸/۴ و ۱۲/۶ درصد نسبت به شاهد (عدم استفاده از اسید هیومیک و ورمی کمپوست) افزایش داد. در سطح ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست نیز با کاربرد مقادیر ذکر شده اسید هیومیک ماده خشک بیشتری به برگ ها اختصاص یافت، به طوری که ۷/۲، ۱۳/۱ و ۱۵/۲ درصد ماده خشک بیشتری نسبت به شاهد در اختیار برگ ها قرار گرفت (شکل ۴-۳۵). نتایج حاصله بیانگر این مطلب است که کاربرد همزمان اسید هیومیک و

ورمی کمپوست موجب افزایش پر برگی در بوته های ذرت می شود، که این امر به نوبه خود باعث افزایش تولید در گیاه می گردد.

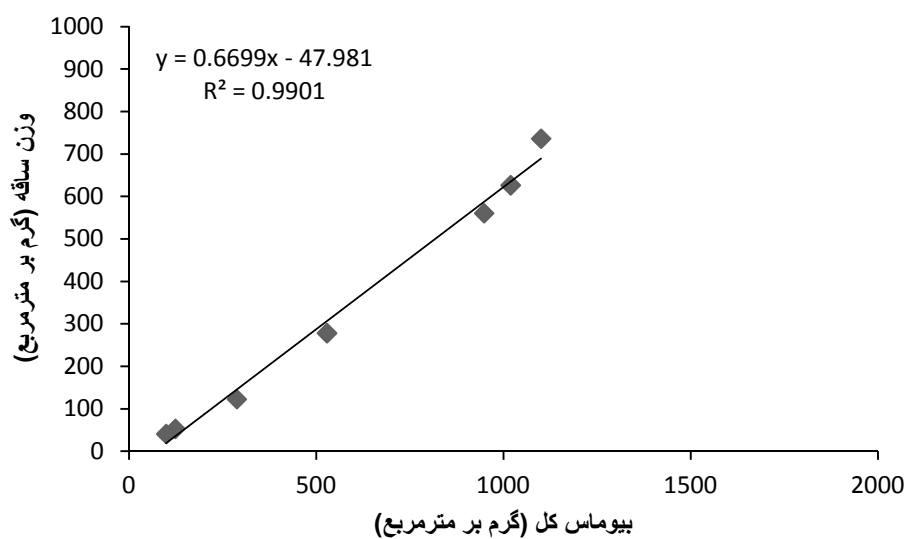
به طور کلی میان عملکرد بیولوژیک و ضریب اختصاص ماده خشک به برگ همبستگی مثبتی وجود داشت (شکل ۴-۳۶). به عبارت دیگر با افزایش پر برگی گیاه، عملکرد بیولوژیک نیز به طور مثبت متأثر می گردد.



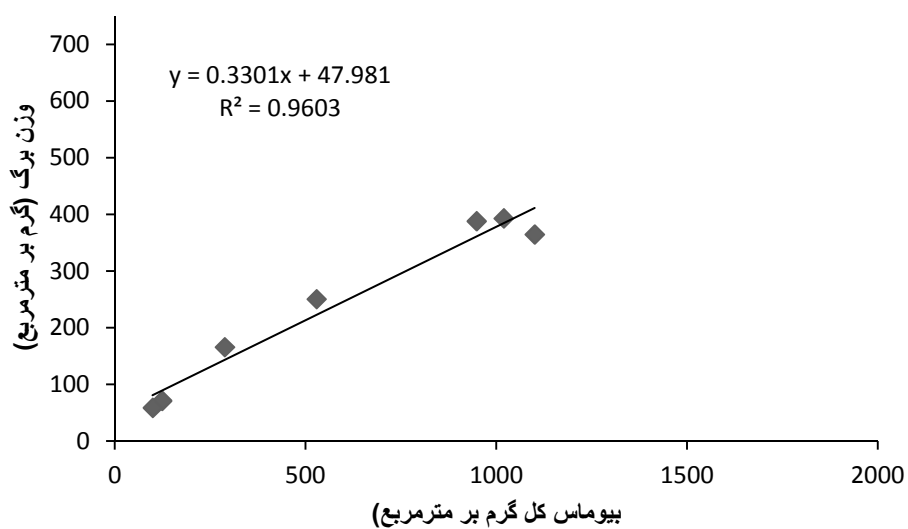
شکل ۱۱-۴ رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط عدم استفاده از اسید هیومیک و ورمی کمپوست



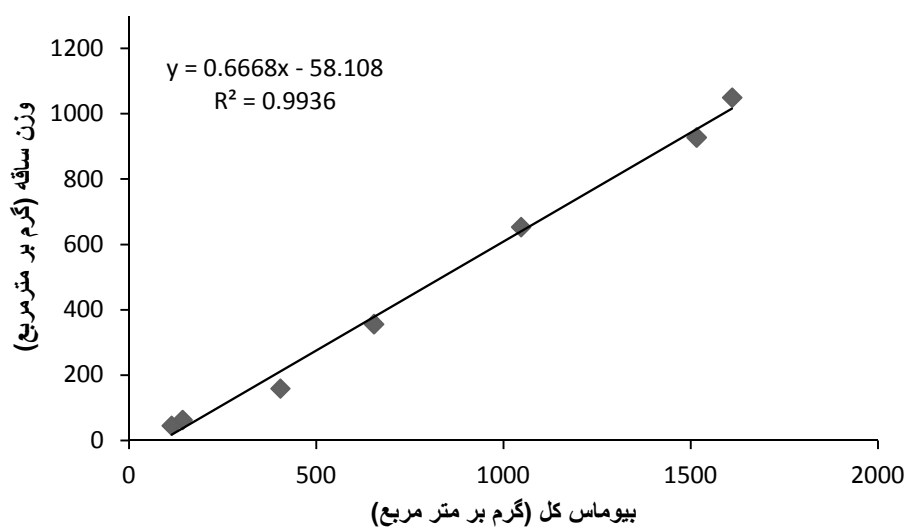
شکل ۱۲-۴ رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط عدم استفاده از اسید هیومیک و ورمی کمپوست



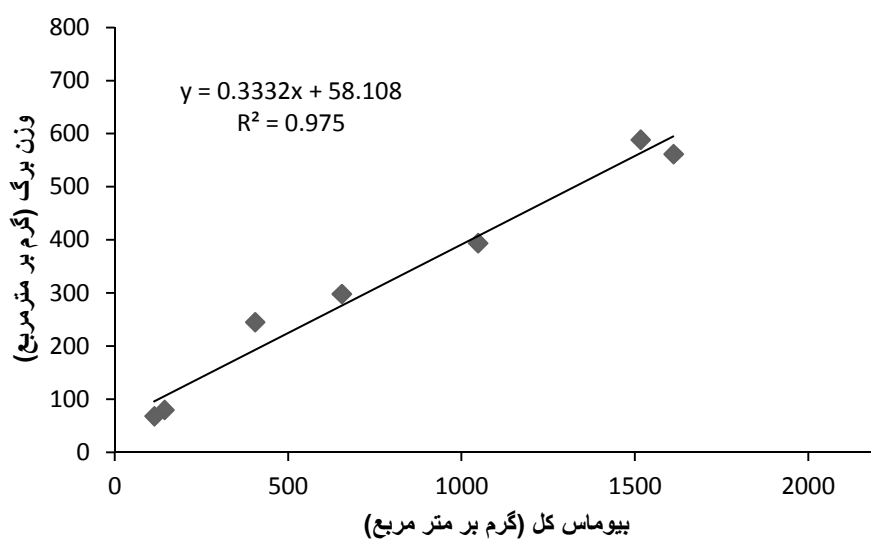
شکل ۴-۱۳ رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط عدم استفاده از اسید هیومیک و کاربرد ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست



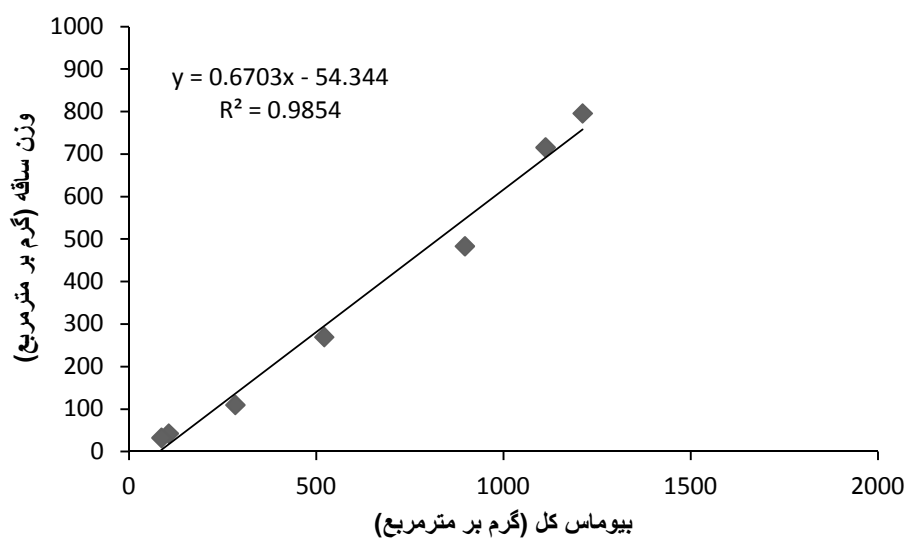
شکل ۴-۱۴ رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط عدم استفاده از اسید هیومیک و کاربرد ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست



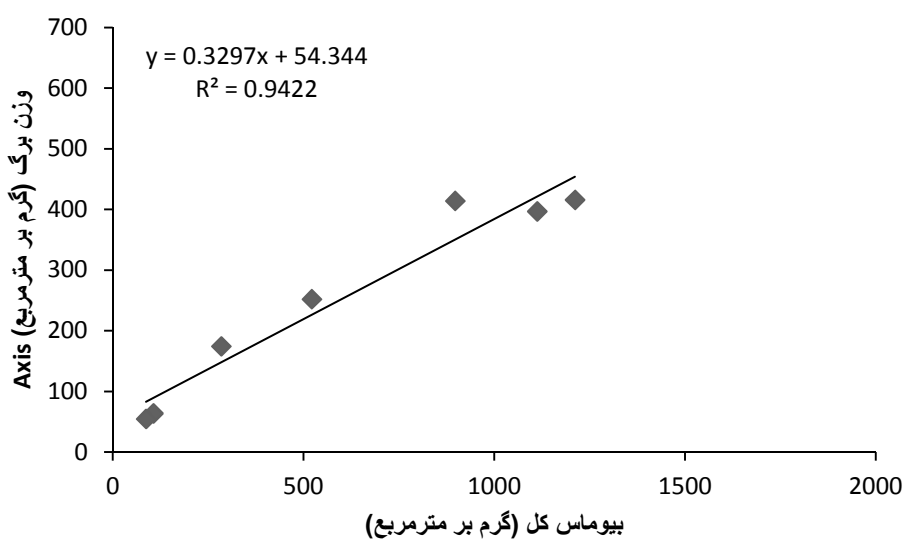
شکل ۴-۱۵ رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط عدم استفاده از اسید هیومیک و کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست



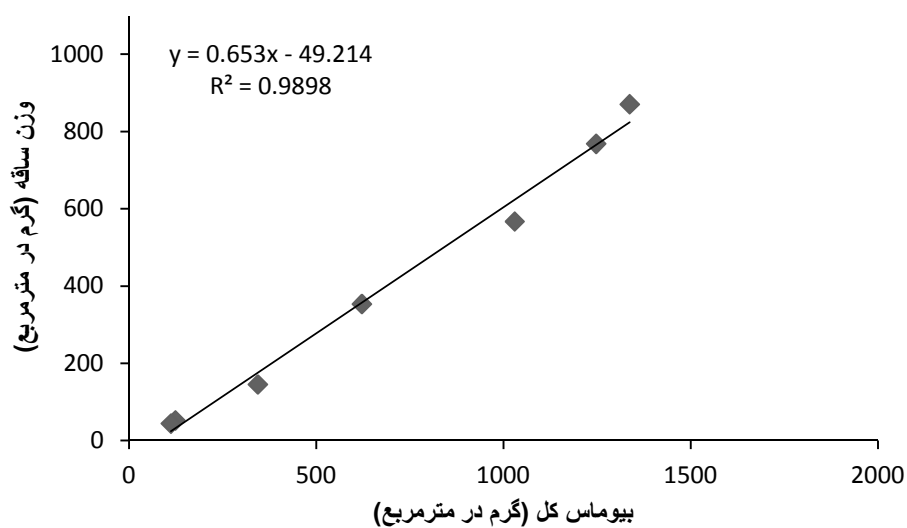
شکل ۴-۱۶ رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط عدم استفاده از اسید هیومیک و ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست



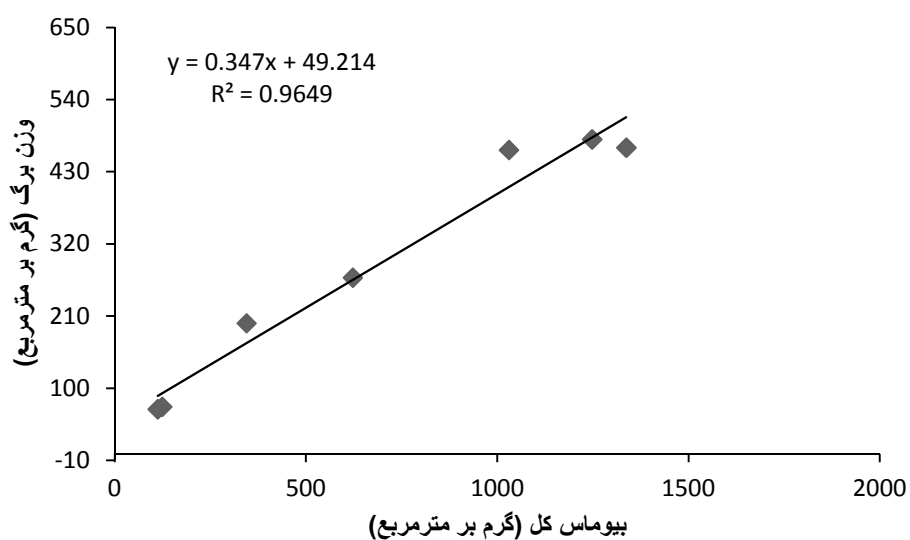
شکل ۴-۱۷ رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۸۰۰ میلی لیتر در هکتار اسید هیومیک و عدم کاربرد ورمی کمپوست



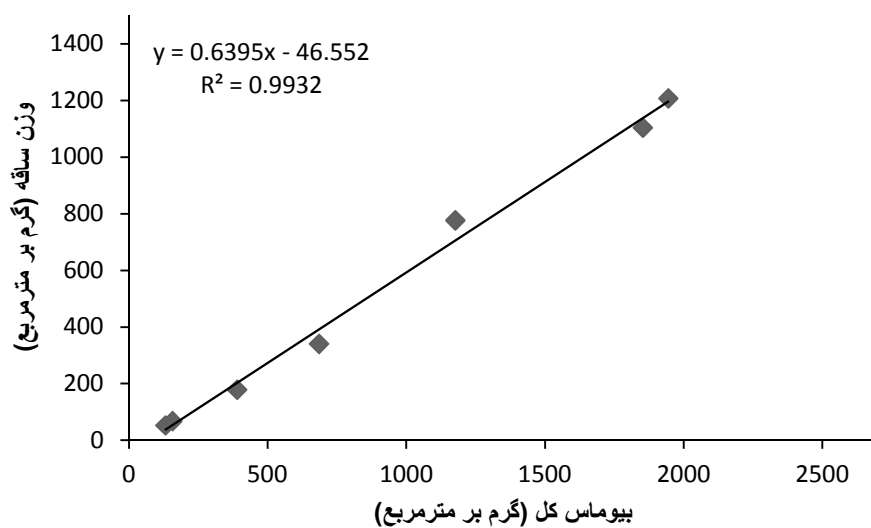
شکل ۴-۱۸ رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۸۰۰ میلی لیتر در هکتار اسید هیومیک و عدم کاربرد ورمی کمپوست



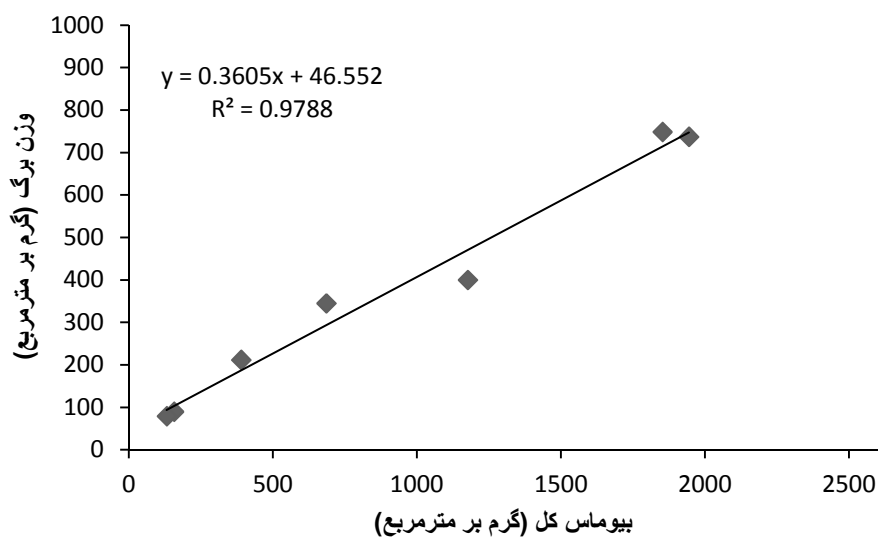
شکل ۴-۱۹ رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۸۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک و کاربرد ۵ تن ورمی کمپوست در هکتار



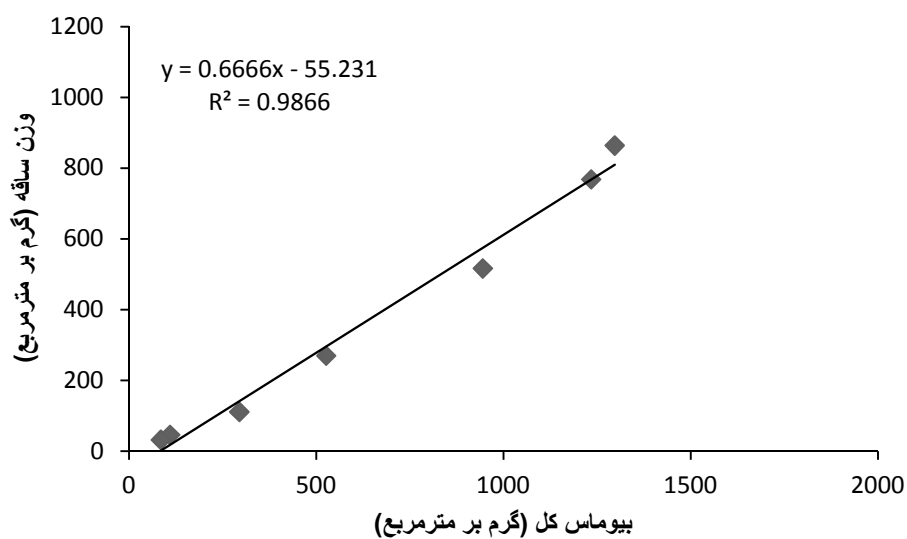
شکل ۴-۲۰ رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۸۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک و کاربرد ۵ تن ورمی کمپوست در هکتار



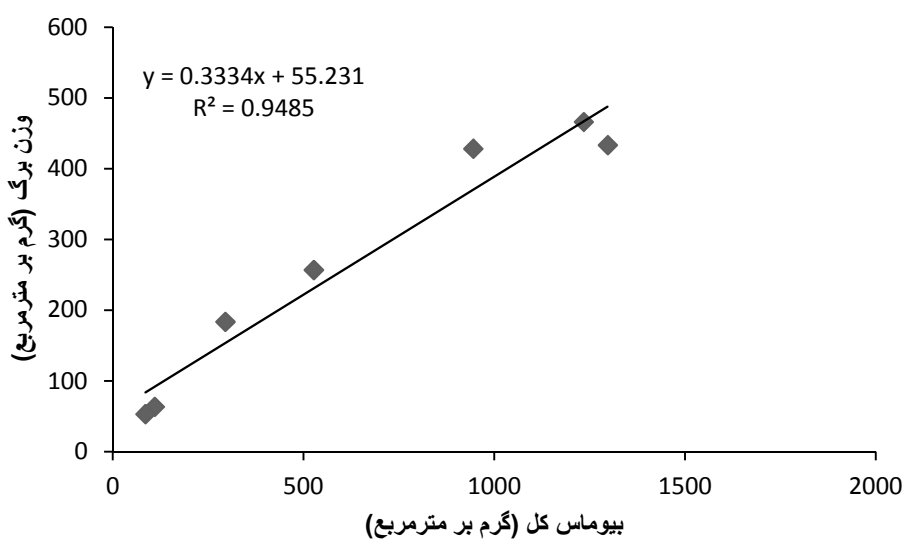
شکل ۴-۲۱ رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۸۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک و کاربرد ۱۰ تن ورمی کمپوست در هکتار



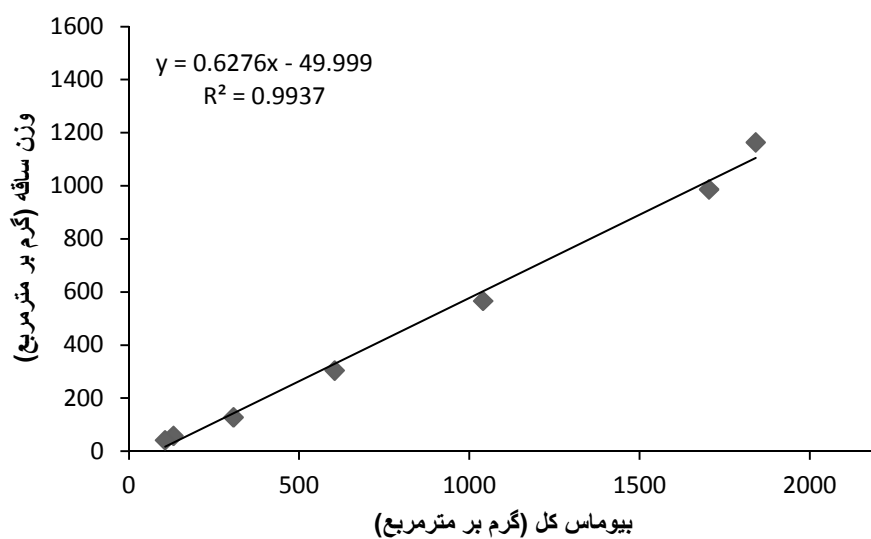
شکل ۴-۲۲ رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۸۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک و کاربرد ۱۰ تن ورمی کمپوست در هکتار



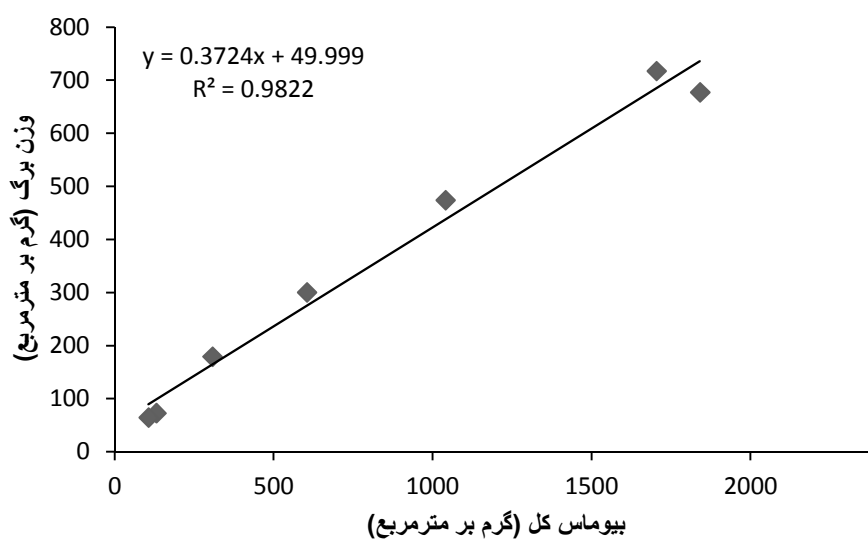
شکل ۲۳-۴ رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۱۶۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار و عدم کاربرد ورمی کمپوست



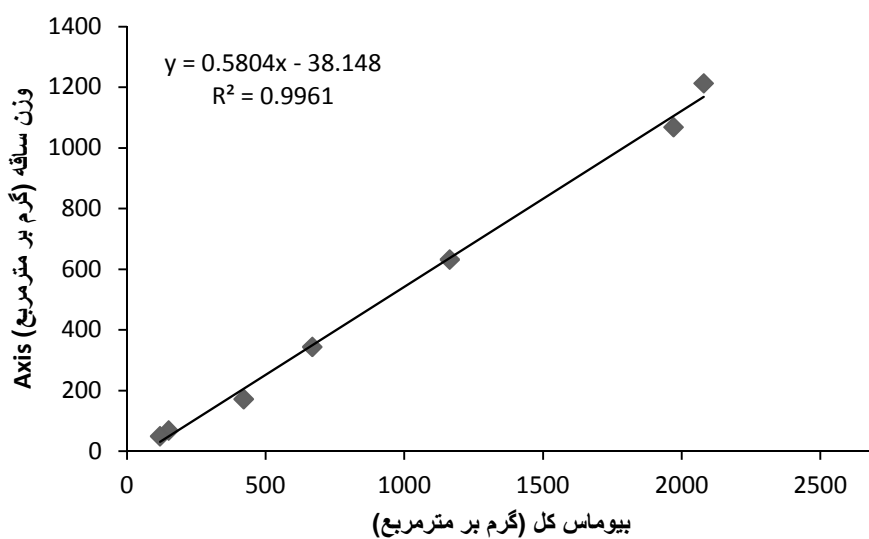
شکل ۲۴-۴ رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۱۶۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار و عدم کاربرد ورمی کمپوست



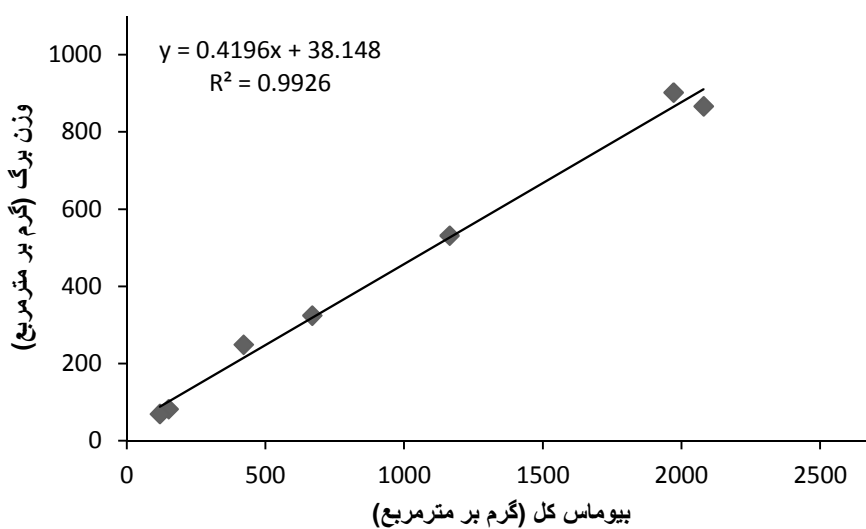
شکل ۴-۲۵ رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۱۶۰۰ میلی لیتر اسید و کاربرد ۵ تن ورمی کمپوست در هکتار



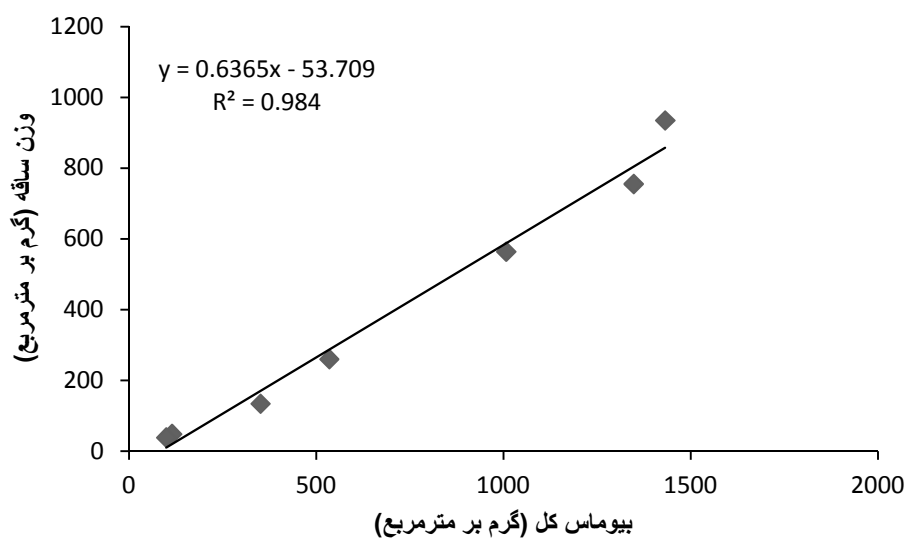
شکل ۴-۲۶ رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۱۶۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک و کاربرد ۵ تن ورمی کمپوست در هکتار



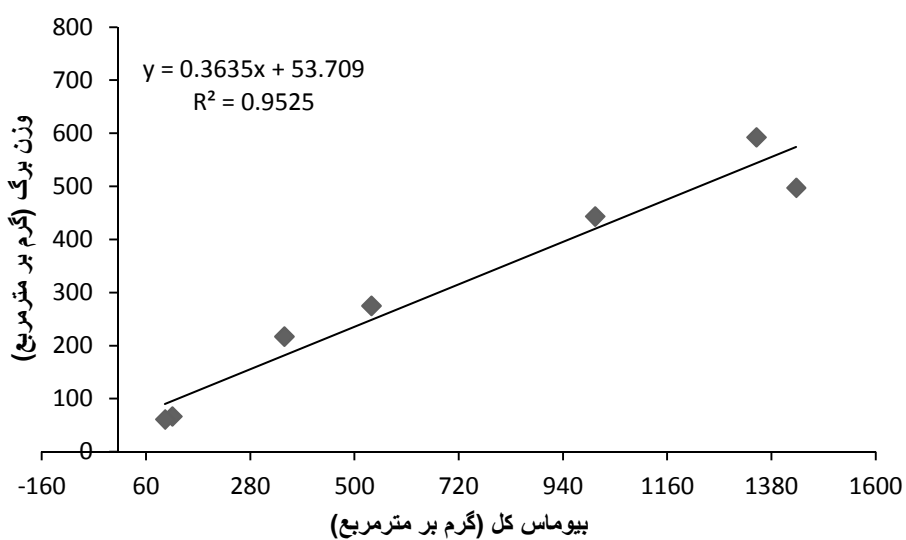
شکل ۴-۲۷ رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۱۶۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک و کاربرد ۱۰ تن ورمی کمپوست در هکتار



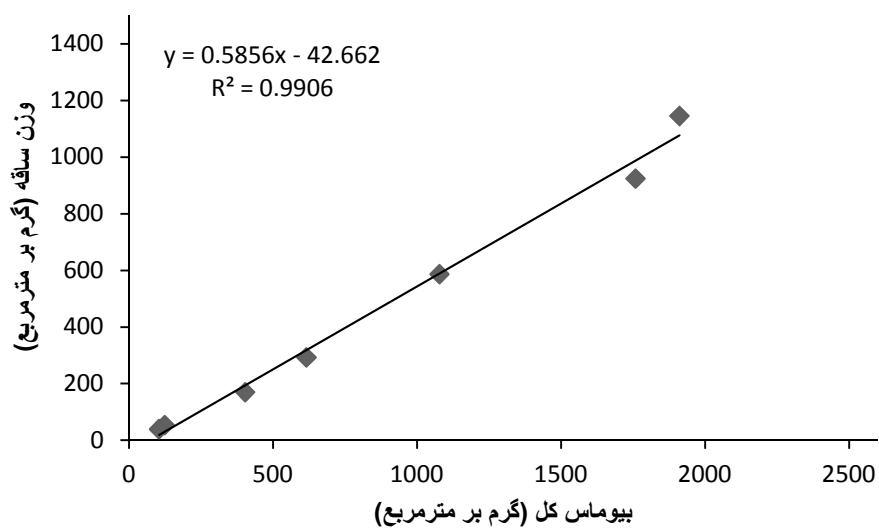
شکل ۴-۲۸ رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۱۶۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک و کاربرد ۱۰ تن ورمی کمپوست در هکتار



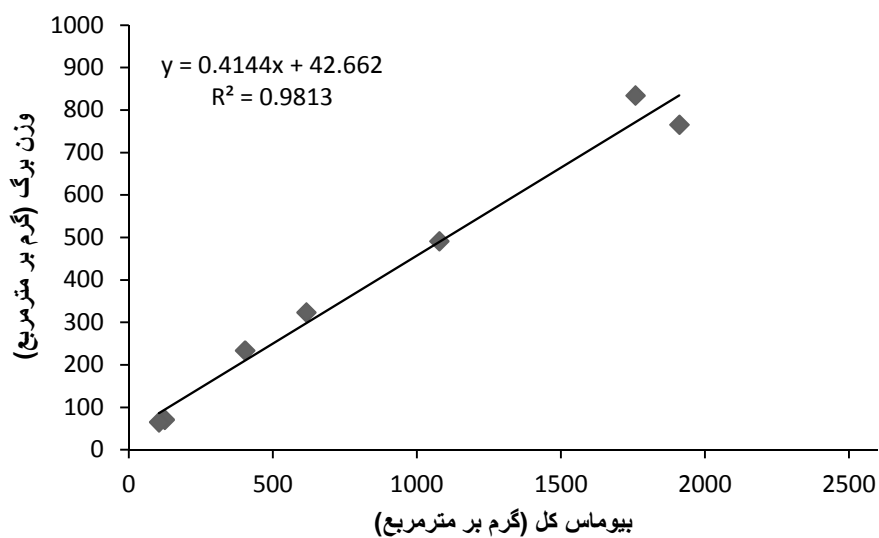
شکل ۴-۲۹ رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار و عدم کاربرد ورمی کمپوست



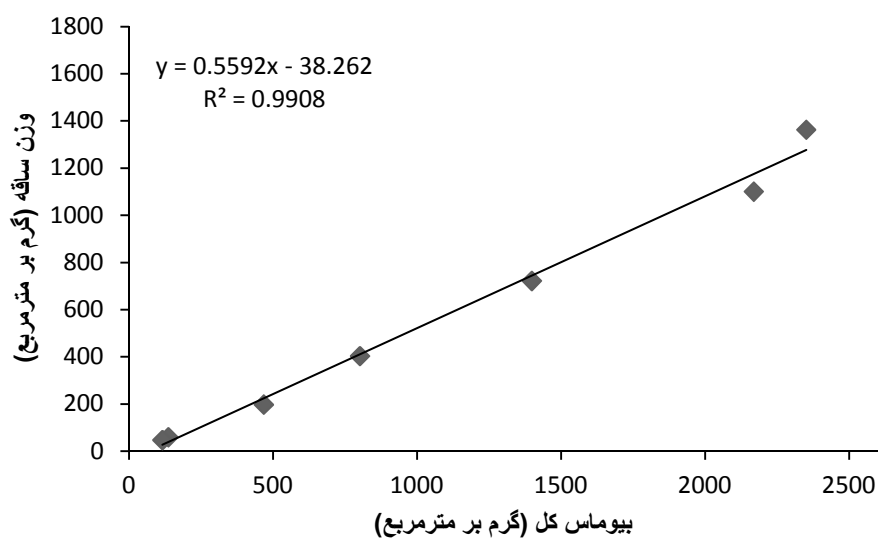
شکل ۴-۳۰ رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار و عدم کاربرد ورمی کمپوست



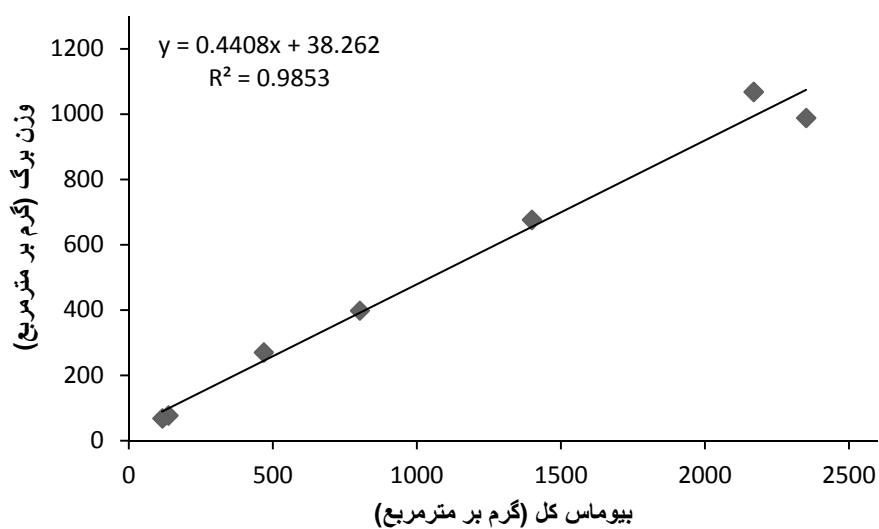
شکل ۴-۳۱ رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک و کاربرد ۵ تن ورمی کمپوست در هکتار



شکل ۴-۳۲ رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک و کاربرد ۵ تن ورمی کمپوست در هکتار



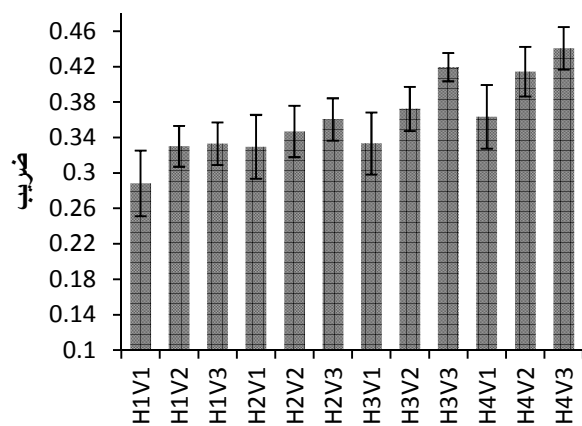
شکل ۴-۳ رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک و کاربرد ۱۰ تن ورمی کمپوست در هکتار



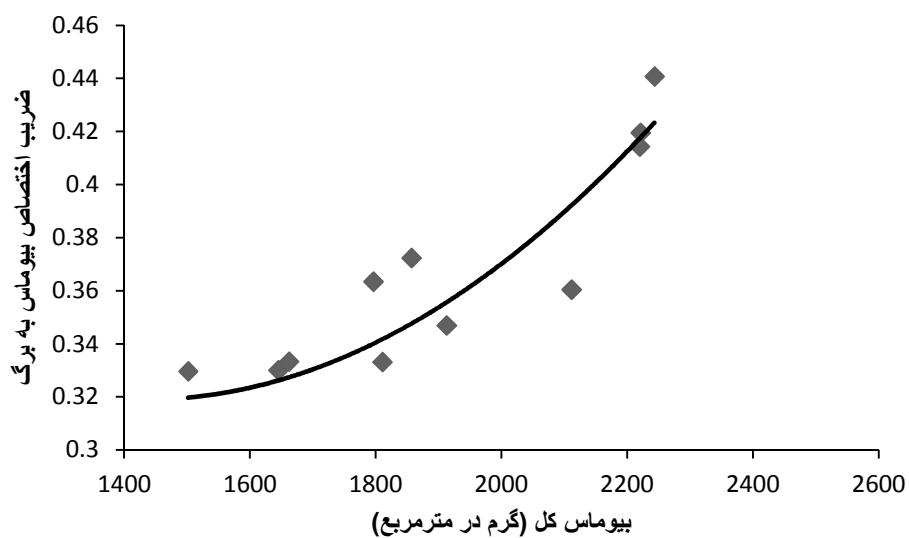
شکل ۴-۳ رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط استفاده از ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک و کاربرد ۱۰ تن ورمی کمپوست در هکتار

جدول ۴-۱۷ ضریب تخصیص بیوماس تولیدی به ساقه و برگ و انحراف استاندارد آن برای سطوح تیمارهای مورد آزمایش

ساقه		برگ		ورمی کمپوست (تن در هکتار)	اسید هیومیک (میلی لیتر در هکتار)
خطای استاندارد	ضریب	خطای استاندارد	ضریب		
۰/۰۳۷	۰/۷۱۱۶	۰/۰۳۷	۰/۲۸۸۴	صفر	
۰/۰۲۳	۰/۶۶۹۹	۰/۰۲۳	۰/۳۳۰۱	۵	صفر
۰/۰۲۴	۰/۶۶۶۸	۰/۰۲۴	۰/۳۳۳۲	۱۰	
۰/۰۳۶	۰/۶۷۰۳	۰/۰۳۶	۰/۳۲۹۷	صفر	
۰/۰۲۹	۰/۶۵۳۰	۰/۰۲۹	۰/۳۴۷۰	۵	۸۰۰
۰/۰۲۴	۰/۶۳۹۵	۰/۰۲۴	۰/۳۶۰۵	۱۰	
۰/۰۳۵	۰/۶۶۶۶	۰/۰۳۵	۰/۳۳۳۴	صفر	
۰/۰۲۵	۰/۶۲۷۶	۰/۰۲۵	۰/۳۷۲۴	۵	۱۶۰۰
۰/۰۱۶	۰/۵۸۰۴	۰/۰۱۶	۰/۴۱۹۶	۱۰	
۰/۰۳۶	۰/۶۳۶۵	۰/۰۳۶	۰/۳۶۳۵	صفر	
۰/۰۲۸	۰/۵۸۵۶	۰/۰۲۸	۰/۴۱۴۴	۵	۲۴۰۰
۰/۰۲۴	۰/۵۵۹۲	۰/۰۲۴	۰/۴۴۰۸	۱۰	



شکل ۴-۳۵ ضریب اختصاص بیوماس به برگ (پر برگ) در ترکیبات تیماری مورد آزمایش. H1، H2، H3 و H4 به ترتیب معادل صفر، ۸۰۰، ۱۶۰۰ و ۲۴۰۰ میلی لیتر اسید هیومیک در هکتار و V1، V2 و V3 به ترتیب معادل صفر، ۵ و ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست است.



شکل ۴-۳۶ رابطه ضریب اختصاص یافته به برگ با تولید ماده خشک در گیاه (بیوماس کل)

۴-۱۰- نتیجه گیری

این بررسی نشان داد که:

۱- عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه ای (سینگل کراش ۷۰۴) به طور معنی داری تحت تاثیر اسید هیومیک و ورمی کمپوست قرار می گیرند.

۲- اسید هیومیک با تشدید اثرات ورمی کمپوست می تواند اجزای عملکرد را به طور مثبت تحت تاثیر قرار داده و عملکرد دانه را افزایش دهد.

۳- کاربرد ۵ تن ورمی کمپوست به همراه ۲۴۰۰ میلی لیتر در هکتار اسید هیومیک می تواند عملکرد اقتصادی ذرت را افزایش داده و گامی در جهت کشاورزی پایدار باشد.

در جمع بندی نهایی می توان گفت که کاربرد کودهای آلی در زراعت گیاهانی که مستقیماً به خوراک انسان می رسند می تواند بسیاری از مشکلاتی که از مصرف کودهای شیمیایی به وجود آمده است را بکاهد. همچنین لازم به ذکر است که استفاده از ورمی کمپوست نسبت به کودهای معدنی هزینه بیشتری را در پی دارد. اما اثرات درازمدت آن بر خصوصیات خاک، تامین عناصر غذایی کم مصرف و پرمصرف و حفظ خواص بیولوژی خاک می تواند کاهش سود حاصله را جبران نموده و استفاده متوالی و بهینه از زمین های کشاورزی را ممکن سازد. در نهایت می توان چنین گفت که علاوه بر افزایش در عملکرد ذرت، استفاده از این کود آلی به دلیل کاهش آلودگی های زیست محیطی می تواند نقش به سزایی را در جهت نیل به اهداف کشاورزی پایدار ایفا کند.

۱۱-۴- پیشنهادات

در تکمیل این تحقیق پیشنهادات زیر قابل ارائه می باشد

- ۱- استفاده از غلظت های بالاتر اسید هیومیک
- ۲- استفاده از ترکیب ورمی کمپوست و باکتری های تثبیت کننده ازت.
- ۳- استفاده از ترکیب ورمی کمپوست و باکتری های حل کننده فسفات.
- ۴- مصرف ورمی کمپوست در زمان های مختلف از جمله ۳ و ۶ ماه قبل از کشت محصول.

منابع و مأخذ

احمدی، ج. ۱۳۹۰. تأثیر کاربرد قارچ های میکوریزا، ورمی کمپوست و نیتروکسین بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود.

ایران نژاد، ح. و شهبازیان، ن. ۱۳۸۴. زراعت غلات (جلد دم). انتشارات کارنو. ۳۸۳ صفحه.

بوردی، ا. و ملکوتی، م.ج. ۱۳۸۶. بررسی تاثیر منابع مختلف کود آلی (کود دامی، کمپوست و ورمی کمپوست) بر کمیت و کیفیت پیاز قرمز در دو منطقه بناب و خسروشهر. مجله علوم خاک و آب. جلد ۲۱، شماره ۱. ص ۴۳-۳۱.

تاج بخش، م. و پورمیرزا، ع.ا. ۱۳۸۶. زراعت غلات. انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه. ۳۱۶ صفحه.

خاوری خراسانی، س.، حسن زاده مقدم، ه. و محمدی، م. ۱۳۸۹. راهنمای علمی و کاربردی (کاشت، داشت و برداشت) ذرت. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی. ۱۱۹ صفحه.

خدابنده، ن. ۱۳۷۷. غلات. انتشارات دانشگاه تهران. ۵۰۸ صفحه.

درزی، م.ت.، فلاوند، ا. و رجالی، ف. ۱۳۸۷. تاثیر مصرف کودهای بیولوژیک بر روی جذب عناصر N.P.K و عملکرددانه در گیاه دارویی رازیانه. فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، جلد ۲۵، شماره ۱. ص ۱۹ - ۱.

راشد محصل، م.ح.، حسینی، م.، عبدی، م. و ملافیلابی، ع. ۱۳۷۶. زراعت غلات (ترجمه و تدوین). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۰۶ صفحه.

سماوات، س.، پازکی، ع. و لادن مقدم، ع. ۱۳۸۷. اصول کاربردی مواد آلی در کشاورزی. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی. ۲۲۲ صفحه.

عبدلی، م.ع. و روشنی م.ر. ۱۳۸۶. ورمی کمپوست (جلد اول)، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران. ۲۵۲ صفحه.

کاظمی اربط، ح. ۱۳۷۴. زراعت خصوصی (جلد اول). انتشارات مرکز نشر دانشگاهی، تهران. ۳۱۵ صفحه.

کامکار، ب. و مهدوی دامغانی، ع.م. ۱۳۸۷. مبانی کشاورزی پایدار، چاپ اول. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۳۱۵ صفحه.

کرمزاده، ع. ۱۳۸۹. تأثیر متقابل کود زیستی ورمی کمپوست و خشکی بر نخود. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود.

کوچکی، ع. ۱۳۸۳. زراعت در مناطق خشک (ترجمه و تدوین). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۰۲ صفحه.

کوچکی، ع.، حسینی، م. و خزاعی ح.ر. ۱۳۷۶. بوم شناسی خاک (ترجمه)، چاپ اول. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۲۵۸ صفحه.

کوچکی، ع.، حسینی، م. و خزاعی، ح.م. ۱۳۷۶. نظام کشاورزی پایدار، چاپ دوم. جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۸۸ صفحه.

کوچکی، ع.، جامی الاحمدی، م.، کامکار، ب. و مهدوی دامغانی، ع.م. ۱۳۸۰. اصول بوم شناسی کشاورزی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۷۲ صفحه.

کوچکی، ع. و خیابانی، ح. ۱۳۸۶. مبانی اکولوژی کشاورزی، چاپ هفتم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۸۸ صفحه.

کوچکی، ع.، حسینی، م. و هاشمی دزفولی، ا. ۱۳۸۷. کشاورزی پایدار (ترجمه)، چاپ ششم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۶۲ صفحه.

لکزیان، ا. و میلانی، ن. ۱۳۸۴. اصول کاربردهای میکروبیولوژی خاک (ترجمه)، چاپ اول. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۶۹۶ صفحه.

میرابراهیمی، ز. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر سطوح مختلف ورمی کمپوست و قارچ *Metarhizium anisopliae* بر کاهش خسارت زایی کرم طوقه بر و برخی خصوصیات دو وارسته گوجه فرنگی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود

نورمحمدی، ق.، سیادت، ع. و کاشانی، ع. ۱۳۸۰. زراعت غلات. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز. ۴۴۶ صفحه.

وراوی پور، م. ۱۳۸۵. مدیریت پایدار ماده آلی خاک (ترجمه)، چاپ اول. انتشارات دانشگاه تهران. ۵۴۱ صفحه.

Alam, M.N., Jahan, M.S., Ali M.K., Ashraf, A. and Islam, L.M.K. 2007. Effect of vermicompost and chemical fertilizers on growth, yield and yield components of potato in Barind soils of Bangladesh. *Journal of Applied Sciences Research*. 3: 1879 - 1888.

Anonymus. 2005. 20 selected indicators of food and agriculture development in asia pacific region (1994-2004). FAO, Rome, Italy.

Ansari, A.A. 2008a. Effect of vermicompost on the productivity of potato (*Solanum tuberosum*), Spinach (*Spinacia oleracea*) and Turnip (*Brassica campestris*). *World Journal of Agricultural Sciences*. 4 : 333-336.

Ansari, A.A. 2008b. Effect of vermicompost on the productivity spinach (*Spinacia oleracea*), Onion (*Allium cepa*) and Potato (*Solanum tuberosum*). *World Journal of Agricultural Science*. 4 (5): 554-557.

Anwar, M., Patra, D.D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A.A. and Khanuja, S.P.S. 2005. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 36: 1737-1746.

Aramcon, N.W., Edward, C.A., Atiyeh, R. and Metzger, J.D. 2004. Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Journal of Bioresource Technology*. 93: 139-144.

Arguello, J.A., Iedesma, A., Nuñez, S.B., R德里uez, C.H. and Goldfarb, M.D.D. 2006. Vermicompost effects on buldings dynamics, nonstructural carbohydrate content,

- yield, and quality of Rosado Paraguayan garlic bulbs. *Journal of Horticulture Science*. 41: 589-592.
- Asli**, S. and Peter, M.N. 2010. Rhizosphere humic acid interacts with root cell walls to reduce hydraulic conductivity and plant development. *Journal of Plant Soil*. 336: 313-322.
- Atiyeh**, R.M., Arancon, N., Edwards, C.A. and Metzger, J.D. 2000. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of green house tomatoes. *Journal of Bioresource Technology*. 75: 175-180.
- Atiyeh**, R.M., Lee, S.S., Edwards, C.A., Arancon, N.Q. and Metzger, J. 2002. The influence of humic acid derived from earthworm-processed organic waste on plant growth. *Journal of Bioresource Technology*. 8: 7-14.
- Azarmi**, R., Mousa, T.G. and Rahim, D. and Taleshi M. 2008. Influence of vermicompost on soil chemical and physical properties in tomato (*Lycopersicum esculentum*) field. *African Journal of Biotechnology*. 14: 2397-2401.
- Baigorri**, R., Fuentes, M.G., Iez-Gaitano, G. and Garcí'a-Mina, J.M. 2007. Simultaneous presence of diverse molecular patterns in humic substances in solution. *Journal of Physiology and Chemistry*. 111: 10577-10582.
- Brunetti**, G., Plaz, C., Clapp, C.E. and Senesi, N. 2007. Compositional and functional features of humic acids from organic amendments and amended soils in Minnesota, USA. *Journal of Soil Biology and Biochemistry*. 39: 1355-1365.
- Bwamiki**, D.P., Zake, J.Y.K., Bekunda, M.A, Woomer, P.L. and Bergstrom, L. 1998. Use of coffee husks as an organic amendment to improve soil fertility in Ugandan banana production. Carbon and nitrogen dynamics in natural and agricultural tropical ecosystem. 199: 113-127.
- Chen**, Y., De Nobili, M. and Aviad, T. 2004. Stimulatory effects of humic substances on plant growth. *Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture*. Boca Raton, Florida, CRC Pres. pp 103-129.

- Cimrin**, K.M. and Yilmaz, I. 2005. Humic acid applications to lettuce do not improve yield but do improve phosphorus availability. *Acta agriculturae scandinavica*, section B, *Journal of Soil and Plant Science*. 55: 58-63.
- Clapp**, C.E., Chen, Y., Hayes, M.H.B. and Cheng, H.H. 2001. Plant growth promoting activity of humic substances. *Understanding and managing organic matter in soils, sediments and waters international humic science society*. Madison, pp 243-255.
- Desai**, V.R., Sabale, R.N. and Raundal, P.V. 1999. Integrated nitrogen management in wheat-coriander cropping system. *Journal of Maharashtra Agricultural Universities*. 24: 273-275.
- Dickerson**, G. W. 1999. Vermicomposting. www.cahe.nmus.edu.
- Dogan**, E. and Demir, K. 2004. Determination of yield and fruit characteristics of tomato crop grown in humic acids-added aggregate culture in greenhouse conditions. VI. national vegetable symposium, 21-24 september, Canakkale Turkey. pp 218-224.
- Dursun**, A., Guvenc, I. and Turan, M. 2002. Effects of different levels of humic acid on seedling growth and macro and micronutrient contents of tomato and eggplant. *Acta Agrobotanica*. 56: 81-88.
- Edwards**, C.A. and Burrows, I. 1998. The potential of earthworm compost as plant growth media. *Earthworm in environmental and waste management*. Springer the Netherlands. pp 211-220.
- FAO**. 2000. Tropical maize, improvement and production. food and agriculture organization of the united nations. *Production and Protection Series*. pp 28, 363.
- Fu Jiu**, C., Dao Qi, Y. and Quing Sheng, W. 1995. Physiological effects of humic acid on drought resistance of wheat (in Chinese). *Yingyong Shengtai Xuebao*. pp 363-367.
- Gandhi**, M., Sangwan, V., Kapoor, K.K. and Dilbaghi, N. 1997. Composting of household wastes with and without earthworms. *Journal of Environment and Ecology*. 15: 432-434.

- Gastal**, F. and Lemaire, G. 2002. N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. *Journal of Experimental Botany*. 53: 789-799.
- Gopimath**, K.A. and Saha, S. 2008. Influence of organic amendments on growth, yield and quality of wheat and on soil properties during transition to organic production. *Nutrcycl Agroecosyst*.
- Gutierrez-Miceli**, F.A., Moguel-Zamudio, B., Abud-Archila, M. and Gutierrez-Oliva, V.F. 2008. Sheep manure vermicompost supplemented with a native diazotrophic bacteria and mycorrhizas for maize cultivation. *Journal of Bioresource Technology*. 99: 7020-7026.
- Hayes**, M.H.B. 1997. Emerging concepts of the compositions and structure of humic substances. *Humic substances in soils, peats and waters-health and environmental aspects*, the royal society of chemistry. Cambridge. pp 3-30.
- Hayes**, M.H.B., MacCarthy, P., Malcolm, R.L. and Swift, R.S. 1989. Structures of humic substances, the emergence of forms. In *search of structures*. Wiley Chichester. pp 689-733.
- Maggioni**, A., Varanini, Z., Nardi, S. and Pinton, R. 1987. Action of soil humicmatter on plant roots: stimulation of ion uptake and effects on (Mg²⁺K⁺) ATPase activity. *Science of the Total Environment*. 62: 355-363.
- Marinari**. S., Masciandaro, G., Ceccanti, B. and Grego, S. 2000. Influence of organic and mineral fertilisers on soilbiological and physical properties. *Journal of Bioresource Technology*. 72: 9-17.
- Mora**. V., Bacaicoa, E., Zamarreno, A.M., Aguirre, E., Garnica, M. and Fuentes, M. 2010. Action of humic acid on promotion of cucumber shoot growth involves nitrate-related changes associated with the root-to-shoot distribution of cytokinins, polyamines and mineral nutrients. *Journal of Plant physiology*. 167 : 633-642.
- Muscolo**, A., Bovalo, F., Gionfriddo, F. and Nardi, S. 1999. Earthworm humic matter produces auxin-like effects on *Daucus carota* cell growth and nitrate metabolism. *Journal of Soil Biology and Biochemistry*. 31: 1303-1311.

- Nardi, S., Arnoldi, G. and Dell'Agnola, G.** 1988. Release of the hormone-like activities from *Allolobophora rosea* and *A. caliginosa* faeces. *Canadian Journal of Soil Science*. 68: 563-567.
- Nardi, S., Concheri, G., Dell'Agnola, G. and Scrimin, P.** 1991. Nitrate uptake and ATPase activity in oat seedlings in the presence of two humic fractions. *Journal of Soil Biology and Biochemistry*. 23: 833-836.
- Nardi, S., Panuccio, M.R., Abenavoli, M.R. and Muscolo, A.** 1994. Auxinlike effect of humic substances extracted from faeces of *Allolobophora caliginosa* and *Rosea*. *Journal of Soil Biology and Biochemistry*. 26: 1341-1346.
- Nardi, S., Concheri, G. and Dell'Agnola, G.** 1996. Biological activity of humic substances. *Humic substances in terrestrial ecosystems*. Elsevier, Amsterdam. pp 361-406.
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., Dalla Vecchia, F. and Concheri, G.** 1998. Effects of forest humus on biological activity in roots of *Pinus sylvestris* related to chemical humus fraction characteristics. *Fresenius Environmental Bulletin*. 7: 203-208.
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Reniero, F. and Rascio, N.** 2000a. Chemical and bio-chemical properties of humic substances isolated from forest soils and plant growth. *Soil Science Society of America Journal*. 64: 639-645.
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Gessa, C., Ferrarese, L., Trainotti, L. and Casadoro, G.** 2000b. A low molecular weight humic fraction on nitrate uptake and protein synthesis in maize seedlings. *Journal of Soil Biology and Biochemistry*. 32: 415-419.
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A. and Vianello, A.** 2002. Review "physiological effects of humic substances on higher plants". *Journal of Soil Biology and Biochemistry*. 34: 1527-1536.
- Narender, P., Malik, T.P. and Mangal, J.** 2001. Effect of FYM and vermicompost on potato program supplement. *Horticulture art and science for life XXVI the international horticultural congress*. Toronto, Canada.
- Phukan, S. N.** 1993. Effect of plant nutrition on the incidence of late blight disease of potato in relation to plant age and leaf position. *Indian Journal of Mycol. Plant Pathology*. 23: 287-290.
- Piccolo, A.** 2001. The supramolecular structure of humic substances. *Journal of Soil Science*. 166: 810-832.

- Piccolo, A., Conte, P., Trivelloni, E. and Van Lagen, B.** 2002. Reduced heterogeneity of a lignite humic acid by preparative HPSEC following interaction with an organic acid. Characterization of size separates by PYR-GC-MS and ¹H-NMR spectroscopy. *Journal of Environmental Science and Technology*. 36: 76-84.
- Pinton, R., Cesco, S., Iacoletti, G., Astolfi, S. and Varanini, Z.** 1999. Modulation of nitrate uptake by water-extractable humic substances, involvement of root plasma membrane H-ATPase. *Journal of Plant Soil*. 215: 155-163.
- Preston, C.M.** 1996. Applications of NMR to soil organic matter analysis: history and prospects. *Journal of Soil Science*. 161: 44-166.
- Rao, R.K.** 1994. Effect of vermicopost on soil properties and biomass production in maize. Thesis submitted to U. A. S., GKVK, Bangalore.
- Rubio, V., Bustos, R., Irigoyen, M.L., Cardona-Lopez, X., Rojas-Triana, M. and Paz-Ares, J.** 2009. Plant hormones and nutrient signaling. *Journal of Plant Biology*. 69: 361-373.
- Sahni, S., Sarma, B.K., Singh, D.P. and Singh K.P.** 2008. Vermicopost enhances performance of plant growth-promoting rhizobacteria in *Cicer arietinum*. Rhizosphere against sclerotium rolfsii. *Journal of Crop Protection*. 27: 369 - 376.
- Sharma, A. K.** 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture. *Agrobios*. India. pp 407.
- Singh, R., Gupta, R.K., Patil, R.T., Sharma, R.R., Asrey, R., Kumar, A. and Jangra, K.K.** 2010. Sequential foliar application of vermicompost leachates improves marketable fruit yield and quality of strawberry. *Journal of Horticulture Science*. 124: 34-39.
- Stevenson, F.J.** 1994. *Humus chemistry: genesis, composition, reactions*, second ed. Wiley, New York, 496 p. Stewart, W.S., Anderson, M.S., 1942. Auxins in some American soils. *Journal of Botany Gazette*. 103: 570-575.
- Stevenson, F.J.** 1991. Organic matter-micronutrient reactions in soil. In: Mortvedt, J.J., Cox, F.R., Shuman, L.M., Welch, R.M. (Eds.). *Micronutrients in agriculture*. Soil Science Society of America, Madison. pp 145-186.
- Sumner, M.E.** 2000. Beneficial use of effluents, wastes, and biosolids. *Communication in Soil and Plant Analyses*. 31: 1701- 1715.

- Tollenar**, M. And Dwyer, L.M. 1999. Physiology of maize. In: D.L. Smith and C. Hamel. Crop Yield, Physiology and Processes. Springer-Verlag. pp 169-204.
- Varanini**, Z. and Pinton, R. 2001. Direct versus indirect effects of soil humic substances on plant growth and nutrition. In: Pinton, R., Varanini, Z., Nannipieri, P. (Eds.), The Rhizosphere, Marcel Dekker, Basel. pp 141-158.
- Warman**, P.R. and AngLopez, M.J. 2010. Vermicompost Derived from different feedstocks as a plant growth medium. Bioresource Technology.
- Vaughan**, D. and MacDonald, I.R. 1971. Effects of humic acid on protein synthesis and ion uptake in beet discs. Journal of Experimental Botany. 22: 400-410.
- Vaughan**, D. and MacDonald, I.R. 1976. Some effects of humic acid on cation uptake by parenchyma tissue. Journal of Soil Biology and Biochemistry. 1: 415-421.
- Vaughan**, D. and Malcom, R.E. 1985. Influence of humic substances on growth and physiological processes. In: Vaughan, D., Malcom, R.E. (Eds.), Soil Organic Matter and Biological Activity, Martinus Nijhoff/Junk W, Dordrecht, The Netherlands. pp 37-76.
- Winsler**, R.N. and Baldwin, E.D. 2004. Corn marketing, pp. 735-799. In: Corn, origin, history, technology and production. Eds., Wynne smith, C. Betran, J. and Runge, E.C.A., John Willey and Sons. Inc.
- Wolkowski**, R.P. 2003. Nitrogen management considerations for land spreading municipal solid waste compost. Journal of Environmental Quality. 32: 1844-1850.
- Yildirim**, E. 2007. Foliar and soil fertilization of humic acid affect productivity and quality of tomato. Acta agriculturae Scandinavica section B. Journal of Soil and Plant Science. 57: 182-186.