

مطالعه تاثیر کاربرد مقادیر مختلف کمپوست زباله شهری بر موجودی عناصر غذایی و

خصوصیات خاک و رشد و عملکرد علوفه ای ذرت

علی معماری^۱، ایرج اله دادی^۲ و غلام عباس اکبری^۳

۱- چکیده

به منظور بررسی اثر مقادیر متفاوت کمپوست زباله شهری بر خصوصیات و عناصر غذایی خاک و رشد و عملکرد علوفه ای ذرت، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران انجام شد که در آن پنج تیمار کودی (شامل صفر، ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ تن کمپوست در هکتار) در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار مقایسه شدند. نتایج آزمایش نشان داد که با افزایش کاربرد کمپوست در خاک ارتفاع، وزن خشک و عملکرد علوفه ای گیاه افزایش پیدا کرد. گروه بندی تیمارها نشان داد که با کاربرد ۶۰ و ۴۵ تن کمپوست خشک در هکتار می توان به نتایج مطلوبی از نظر عملکرد علوفه ای ذرت دست یافت. نتایج آزمایش خاک نیز نشان داد که عناصر کلسیم، پتاسیم، منیزیم و فسفر خاک و درصد ماده آلی خاک نسبت به کاربرد کمپوست عکس العمل مثبت نشان داده و با افزایش کاربرد کمپوست در مزرعه، مقادیر مذکور افزایش یافتند، بطوری که بالاترین میزان متعلق به تیمار بالاترین میزان کمپوست بود. روند تغییرات در صفات بالا نیز نشان می دهد که با گذشت زمان غلظت عناصر و درصد ماده آلی کاهش یافت و در انتهای فصل اختلاف بین تیمارها به حداقل رسید. همچنین کاربرد کمپوست، EC و pH خاک را نیز افزایش داد ولی با گذشت زمان EC به دلیل آبشویی و کاهش غلظت املاح کاهش و pH به دلیل خاصیت بافری خاک کاهش یافتند. بطور کل خصوصیات خاک و رشد و عملکرد گیاه ذرت با افزایش میزان کمپوست بهبود یافت.

واژه های کلیدی: خصوصیات خاک، ذرت، عملکرد، کمپوست زباله شهری، ماده آلی

۲- مقدمه

تولید موفقیت آمیز محصولات کشاورزی مستلزم وجود خاک مناسب و مقدار کافی از عناصر غذایی و قابل استفاده گیاه است (۱۲). اما نگاه تک بعدی به این مساله موجب استفاده بی رویه از کودهای شیمیایی در خاک شده و در نتیجه اثرات مخربی از قبیل کاهش نفوذ پذیری، افزایش وزن مخصوص ظاهری، محدود شدن رشد ریشه و در نهایت تخریب خاک و کاهش رشد را در پی دارد. کودهای آلی و شیمیایی لازم و ملزوم یکدیگر بوده و برای ایجاد شرایط مناسب رشد گیاهان به هر دو نوع نیاز می باشد. کودهای آلی گذشته از نداشتن عوارض نامطلوب موجب افزایش هوموس خاک و نگهداری آن در سطحی مناسب می شوند، به عبارت دیگر به صورت غیر مستقیم هوموس تولید می کنند (۱۷). در نواحی مرطوب که محل رویش انبوه گیاهان بوده بقایای بیشتری به زمین انتقال می یابد، ولی در آب و هوای خشک و نیمه خشک به لحاظ رویش کمتر، بقایای گیاهی کمتری نیز به زمین منتقل می شود. اکثر مناطق ایران جزو مناطق خشک و نیمه خشک رده بندی شده که کمبود مواد آلی در آنها مشهود است (۳). از سوی دیگر انباشت زباله در شهر های بزرگ به معضل بزرگی تبدیل شده که یکی از راه حل های متداول آن تبدیل زباله شهری به کمپوست و استفاده از آن در کشاورزی می باشد. بطور متوسط روزانه ۵۰۰۰ تن زباله خانگی شهری از سطح شهر تهران جمع آوری می شود که با توجه به آنالیز فیزیکی زباله خانگی تهران که در دوره های مختلف انجام شده است، در حدود ۶۵ تا ۷۵ درصد مواد متشکله را مواد آلی قابل تخمیر تشکیل می دهد (۲۷). بنابراین استفاده از کمپوست زباله شهری یکی از راه های جبران کمبود مواد آلی خاکها بوده و اثرات متعددی بر اراضی زراعی دارد. محققین مختلف با بررسی تاثیر کاربرد کمپوست بر گیاهان مختلف اثر آن را بر افزایش عملکرد مشاهده نموده اند (۱ و ۱۳). از سوی دیگر کمپوست سبب افزایش میزان برخی مواد غذایی مورد نیاز گیاهان از جمله فسفر، پتاسیم، آهن، روی و مس در خاک شده و همچنین موجب افزایش قابلیت جذب برخی عناصر توسط گیاه می شود (۳، ۱۶، ۲۴). بررسی کاربرد کمپوست زباله و کود شیمیایی در مزرعه گندم نشان داد که وزن

^۱ دانشجوی سابق کارشناسی ارشد پردیس ابوریحان دانشگاه تهران ali.memari@gmail.com

^۲ دانشیار پردیس ابوریحان دانشگاه تهران alahdadi@ut.ac.ir

^۳ دانشیار پردیس ابوریحان دانشگاه تهران ghakbari@ut.ac.ir

خشک، عملکرد دانه و میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم جذب شده توسط گیاه با افزایش مقدار کاربرد کمپوست افزایش یافت، همچنین میزان جذب فسفر و پتاسیم بیشتر از گیاهان تیمار شده با کود شیمیایی بود (۴). با بررسی تاثیر کاربرد کمپوست در سطح خاک مشخص شد که کمپوست تنها بر تغذیه خاک موثر نبوده، بلکه موجب جلوگیری از تشکیل سله در سطح خاک و کاهش هدر رفت آب از طریق تبخیر می شود (۱ و ۶). از سوی دیگر در برخی تحقیقات به اثرات کاربرد کمپوست بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک اشاره شده است. محققین در بررسی خود به اثرات کمپوست بر خواص فیزیکی خاک از جمله، هدایت هیدرولیک اشباع و غیر اشباع، ظرفیت نگهداری آب، چگالی حجمی، مجموع خلل و فرج، پراکندگی اندازه خلل و فرج، حساسیت خاک به نفوذ، توانایی تراکم و تجمع اشاره می کنند (۲). همچنین محققین مختلف در بررسی های خود به مساله افزایش میزان pH و هدایت الکتریکی و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک در اثر افزودن کمپوست اشاره کرده اند (۱۴ و ۲۳). مطالعات تحقیقات عمدتاً بر پایه چگونگی استفاده از یک کمپوست خاص و تاثیرات آن بر گونه های مشخص گیاهی و در منطقه ای مشخص بنا نهاده شده اند، در صورتیکه تولیدکنندگان و استفاده کنندگان کمپوست نیاز به اطلاعات وسیعتری دارند، به ویژه آنها به دنبال روش های موثری جهت نحوه کاربرد کمپوست، کاربرد آن در طیف گسترده ای از خاکها و گیاهان مختلف و همچنین چگونگی تاثیر استفاده از کمپوست بر سایر فعالیتهای زراعی مانند کوددهی، بیماریها و آفات و کنترل علفهای هرز می باشند (۱۶).

با توجه به بررسی های انجام شده استفاده از کمپوست زباله شهری یک راه حل مناسب جهت بهبود وضعیت ماده آلی خاک می باشد، بنابراین هدف از این تحقیق تعیین میزان مناسب کاربرد کمپوست برای کشت گیاه ذرت و تعیین اثر مقادیر مختلف بر خصوصیات خاک بوده تا بتوان از طریق آن راهکار مناسبی را جهت کاربرد کمپوست در خاک به دست آورد.

۳- مواد و روشها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران با عرض جغرافیایی ۳۳/۲۸ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱/۴۴ درجه شرقی واقع در ۲۵ کیلومتری جنوب شرق تهران با ارتفاع ۱۱۸۰ متر از سطح دریا و میانگین بارندگی سالیانه حدوداً ۱۷۰ میلیمتر که بر اساس آمار ۲۵ ساله سازمان هواشناسی دارای حداکثر و حداقل دمای مطلق به ترتیب ۴۴ و ۱۴- درجه سانتیگراد است، به اجرا در آمد. نتیجه آزمایشات خصوصیات کمپوست مورد آزمایش و خاک مزرعه در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است. این آزمایش در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی برای گیاه ذرت (*Zea Mays. S.C.704*) با پنج تیمار کودی و در سه تکرار اجرا شد، هر کرت با عرض ۵ متر و طول ۶ متر مشتمل بر ۸ ردیف کاشت با فاصله ۶۰ سانتیمتر بود. تیمارها شامل: بدون مصرف کمپوست (C1)، ۱۵ تن کمپوست خشک در هکتار (C2)، ۳۰ تن کمپوست خشک در هکتار (C3)، ۴۵ تن کمپوست خشک در هکتار (C4) و ۶۰ تن کمپوست خشک در هکتار (C5) بودند. به منظور تعیین میزان کمپوست مورد نیاز دو نمونه از کمپوست به مدت ۷۲ ساعت در داخل آون ۷۰ درجه سانتیگراد خشک گردید و با توجه به وزن خشک به دست آمده و رطوبت اولیه مقدار کمپوست مورد نیاز محاسبه و در کرت های مورد نظر توزیع شد. زمین محل انجام آزمایش در سال قبل بدون کشت بوده است. این زمین در بهار شخم زده شد، سپس کمپوست مورد نظر با توجه به میزان تعیین شده به خاک اضافه و مخلوط گردید. در مرحله کاشت هیچگونه کود شیمیایی به زمین داده نشد. آبیاری مزرعه بسته به میزان نیاز گیاه با در نظر گرفتن رطوبت خاک و دمای هوا به صورت هفته ای یکبار انجام شد. طی شش مرحله نمونه برداری وزن خشک گیاه، ارتفاع و سطح برگ اندازه گیری شدند. برداشت نهایی برای تعیین عملکرد زمانی انجام شد که در این مرحله بلال های ذرت در مرحله خمیری بودند، پس از برداشت نیز عملکرد علوفه ذرت تعیین شد. جهت بررسی تاثیر کاربرد کمپوست زباله بر برخی خواص خاک در طول زمان در طی چهار مرحله شامل (۱: پیش از کاشت (۱ تیرماه)، (۲) طی فصل رشد (۲۰ مردادماه)، (۳) طی فصل رشد (۲۰ شهریور) و (۴) پس از برداشت (۲۰ آبانماه)، از عمق ۰-۳۰ سانتی متری اقدام به گردید. پس از اتمام آزمایش و جمع آوری داده ها به منظور تجزیه آماری داده ها از نرم افزار SAS v8.2 و برای رسم نمودارها از نرم افزار EXCEL XP استفاده شد.

جدول ۱ - خصوصیات کمپوست مورد آزمایش

0.9	فسفر کل Total P (%)	86	قدرت نگهداری آب (درصد)
1.6	پتاسیم کل Total K (%)	7.7	pH
0.78	کلسیم کل Total Ca (%)	20000	آهن کل Total Fe (mgr/kg)
0.4	منیزیوم کل Total Mg (%)	356	منگنز کل Total Mn (mgr/kg)
21.3	EC (ds/m)	860	روی کل Total Zn (mgr/kg)
18.5	کربن آلی Organic C (%)	720	مس کل Total Cu (mgr/kg)
36.6	ماده آلی Organic matter (%)	2.1	نیترژن کل Total N (%)

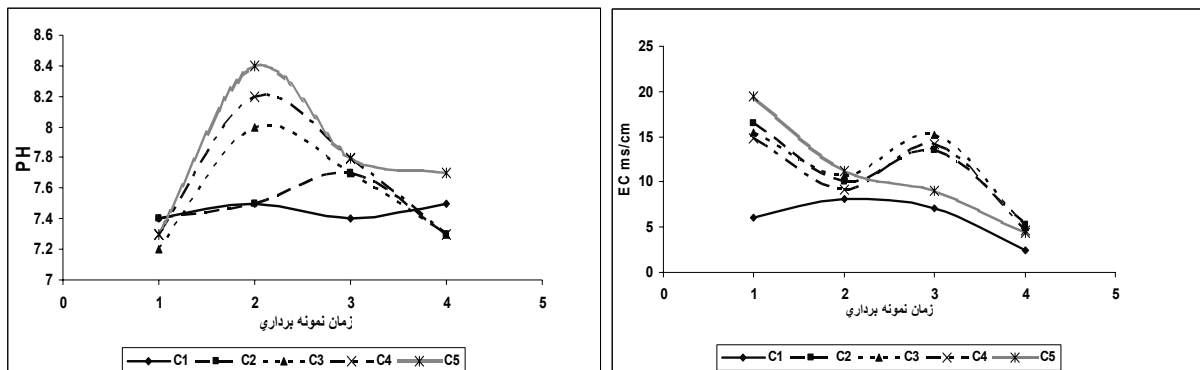
جدول ۲ - خصوصیات خاک مزرعه

0.11	نیترژن کل Total N (%)	7.4	pH
1.46	ماده آلی Organic matter (%)	1.09	EC (ds/m)
13.6	درصد رس Clay percentage	60	کلسیم Ca (mgr/lit)
44	درصد سیلت Silt percentage	29.04	منیزیوم Mg (mgr/lit)
42.4	درصد شن Sand percentage	400	پتاسیم K (mgr/kg)
Loam لومی	بافت خاک Soil texture	1.1	فسفر P (mgr/kg)

۴- نتایج و بحث

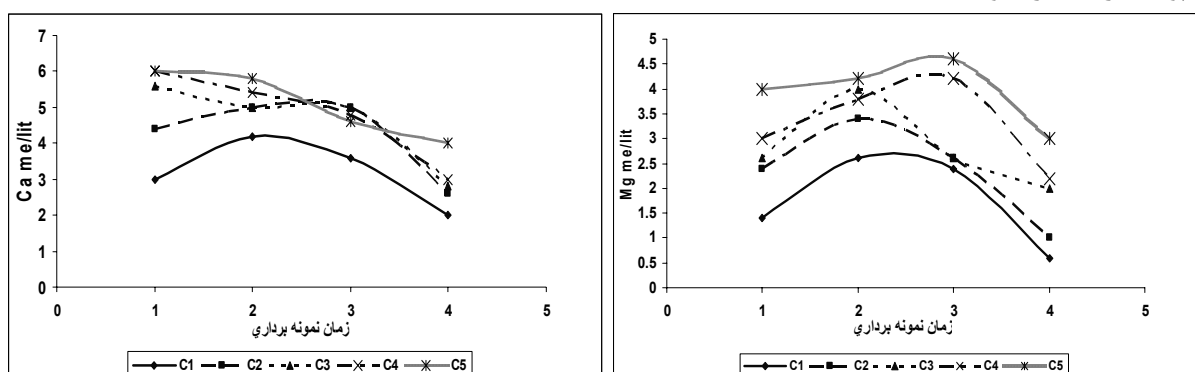
۴-۱ - خصوصیات خاک

با توجه به شکل ۲ که در آن تاثیر کمپوست بر pH خاک در طول زمان نشان داده شده است، مشخص شده که در ابتدا، کاربرد کمپوست تاثیری بر pH خاک نگذاشته و میزان pH در تمامی تیمارها تقریباً یکسان بوده است، لیکن به مرور زمان و با گذشت فصل زراعی به دلیل آزاد شدن یون نیترات از ماده آلی میزان pH به نسبت میزان کمپوست کاربردی افزایش پیدا کرده و قلیایی می شود، سپس به علت خاصیت بافری خاک pH مجدداً رو به کاهش رفته تا به حالت تعادل اولیه برسد. این مساله در مورد بررسی تاثیر کمپوست بر EC خاک نسبت به pH متفاوت می باشد، بدین معنی که کمپوست همزمان با کاربرد آن موجب افزایش EC خاک شده و همانگونه که مشاهده می شود (شکل ۱) این میزان افزایش در میان تیمارهایی که کمپوست در یافت کرده اند تفاوت چندانی ندارد. به نظر می رسد علت بالا رفتن میزان EC در اثر کاربرد کمپوست به واسطه میزان املاح موجود در ماده آلی باشد (۲۸) و به مرور زمان به علت انجام آبیاری های متعدد املاح موجود در کمپوست شسته شده و در نتیجه EC خاک کاهش می یابد. بررسی تاثیر کمپوست بر pH و EC دو خاک لومی و رسی چنین نشان می دهد که، خواص شیمیایی هر دو خاک (خاک لومی و رسی) به طور مستقیم از اضافه کردن کمپوست تاثیر پذیرفت. بطوریکه pH و EC آنها با کاربرد مقادیر مختلف کمپوست افزایش یافت (۲، ۲۰ و ۲۴). محققین مختلف بر این نکته تاکید می کنند که افزایش pH و EC خاک در اثر کاربرد کمپوست موجب کاهش انتقال عناصر سنگین از خاک به گیاه شده و در نتیجه خطر آلودگی نیز کاهش می یابد (۹ و ۱۸).



شکل ۱- روند تغییرات pH (چپ) و EC (راست) خاک در طول زمان تحت تاثیر مقادیر مختلف کمپوست

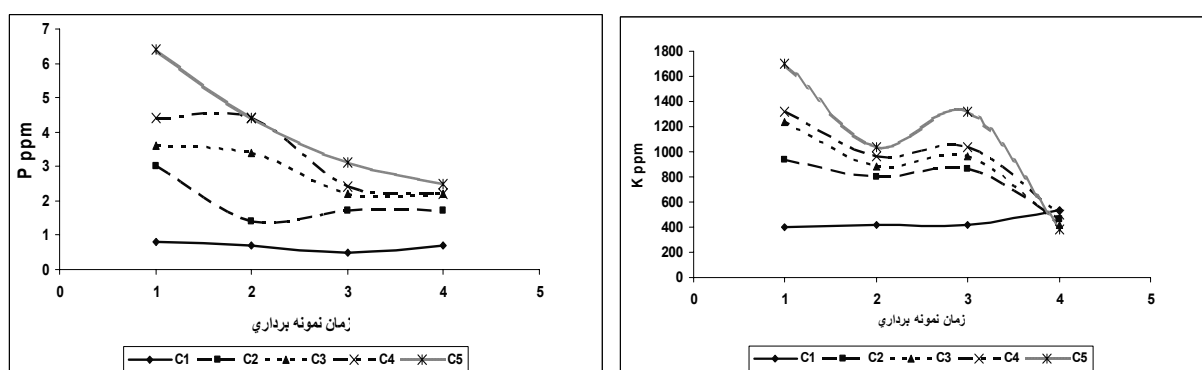
در این آزمایش کاربرد کمپوست موجب افزایش میزان کلسیم و منیزیم موجود در خاک تیمار شده در مقایسه با شاهد بود. البته در منابع مختلف علت افزایش کلسیم را افزایش pH خاک می دانند پس می توان چنین بیان نمود که کاربرد کمپوست بطور غیر مستقیم با افزایش pH خاک سبب افزایش میزان عناصر کلسیم و منیزیم قابل جذب گیاه گردیده است (شکل ۲). با توجه به روند حضور مواد غذایی در داخل خاک مشاهده می شود که در ابتدای حضور ماده آلی میزان این عناصر غذایی کم بوده و سپس با گذشت زمان به تدریج با تجزیه کمپوست مواد غذایی بیشتری آزاد شده و به صورت محلول در داخل خاک قابل دسترس می باشند. نتایج بررسی چند نوع کمپوست مختلف چنین نشان می دهد که کمپوست قادر است که تمامی مواد غذایی ماکرو مورد نیاز رشد گیاه را البته نه در سطوح بالا تامین نماید که در این بررسی کاربرد کمپوست سبب افزایش مقادیر کلسیم، پتاسیم، منیزیم و سدیم شد (۲۴). بررسی اثرات کمپوست زباله شهری بر رشد گیاه در دو خاک گرمسیری نیز حاکی از افزایش میزان پتاسیم، مس، روی، منگنز، آهن و فسفر در دسترس خاک در تیمارهایی که کمپوست دریافت کرده بودند نسبت به شاهد است (۲۵).



شکل ۲- روند تغییرات کلسیم (سمت چپ) و منیزیم (سمت راست) خاک در طول زمان تحت تاثیر مقادیر مختلف کمپوست.

ز

همانگونه که در شکل (۳) مشاهده می شود کاربرد کمپوست به دلیل محتوای مواد آن سبب افزایش معنی داری در میزان پتاسیم خاک متناسب با کاربرد کمپوست در خاک شده است، از طرف دیگر افزایش تهویه خاک می تواند منجر به افزایش پتاسیم قابل جذب می گردد (۱۲). در تحقیقات دیگر به این مطلب اشاره شده است که در حدود ۵۰ درصد مجموع پتاسیم موجود در کمپوست به فاصله کمی پس از کاربرد آن در خاک در دسترس گیاه قرار می گیرد. در رابطه با افزایش پتاسیم در ابتدای فصل و کاهش تدریجی آن در فصل زراعی می توان چنین اظهار داشت، زمانی که هوادیدگی در خاک صورت می گیرد ولی گیاهان در حال استراحت هستند و یا هیچ گیاهی در مزرعه وجود ندارد غلظت یون پتاسیم در محلول خاک بالا رفته و از طریق مکانیسم جریان انبوه مقادیر بیشتری پتاسیم به طرف نقاط تبدلی رانده می شود. در نتیجه چون میزان آزاد شدن پتاسیم بیش از میزان جذب آن است بنابراین پتاسیم تبدلی یا قابل استفاده افزایش می یابد اما زمانیکه در حال رشد سریع است، مقدار پتاسیمی که توسط گیاه جذب می شود بیش از میزانی است که در اثر هوادیدگی آزاد می شود لذا کاهش محسوسی در میزان پتاسیم قابل جذب در طول فصل رشد مشاهده می شود (۲۵).

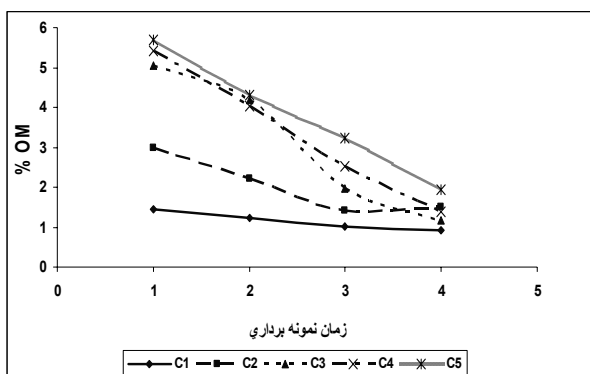


شکل ۳- روند تغییرات پتاسیم (سمت راست) و فسفر (سمت چپ) خاک در طول زمان تحت تاثیر مقادیر مختلف کمپوست

پس از بررسی میزان فسفر در نمونه های مختلف با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (شکل ۳) مشخص شد، که افزایش کمپوست به خصوص در مورد مقادیر بالا سبب افزایش فسفر خاک در اوایل فصل گشته، لیکن این میزان به تدریج رو به کاهش می گذارد. بر اساس نظر برخی از محققین در اثر افزایش pH خاک، فسفر موجود در خاک به صورت رسوب یا حالت تبلور فسفات کلسیم (ترکیب های آپاتیت) در می آید و در نتیجه از دسترس گیاه خارج می شود، از سوی دیگر کلئید های هوموس موجود در مواد آلی نقش موثری در برقراری فسفر به صورت یک آنیون قابل تبادل در خاک به عهده دارند و اغلب از رسوب فسفات ها جلوگیری و به انتقال و قابلیت جذب آنها در خاک کمک می کنند (۸).

با بررسی میزان کربن آلی (%OC) موجود در خاک تیمار شده و متعاقب آن میزان مواد آلی (%OM) این خاک (شکل ۵) ملاحظه می شود که کمپوست زباله شهری سبب افزایش معنی داری در ماده آلی خاک تیمار شده نسبت به خاک شاهد شده است، که البته میزان افزایش در مقادیر بالای کاربرد کمپوست چندان معنی دار نمی باشد و مواد آلی خاک به مرور زمان و با گذشت فصل زراعی به تدریج کاهش یافته اند. بررسی اثرات کمپوست بر خواص فیزیکی و بیولوژیک خاک نشان می دهد که کاربرد کمپوست موجب اضافه شدن مواد آلی و مواد غذایی و ارگانیک های زنده به خاک شده و همچنین به عنوان یک منبع غذایی برای میکرو ارگانیسم های بومی خاک عمل می کند. ضمناً کربن، ازت، سولفور و فسفر خاک در اثر کاربرد کمپوست به دست آمده از زباله شهری به مقدار ۲/۵ درصد در طول ۱۲ ماه بطور معنی داری افزایش یافتند (۱۵). سایر محققین اثرات کمپوست زباله شهری را بر خواص فیزیکی دو خاک لومی و رسی مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند که خواص شیمیایی هر دو خاک (خاک لومی و رسی) به طور مستقیم از اضافه کردن کمپوست تاثیر پذیرفت، بطوریکه مواد آلی، pH و EC آنها با مقادیر کمپوست افزایش یافت (۲). از بررسی اثرات کمپوست بر رشد ذرت در سایر تحقیقات نیز چنین نتیجه گیری شده است که کمپوست زباله قادر است تا ماده آلی خاک را به خصوص در اوایل فصل افزایش دهد با این حال برای افزایش با ثبات ماده آلی خاک، نیاز به افزودن کودهای آلی به صورت سالیانه می باشد (۷).

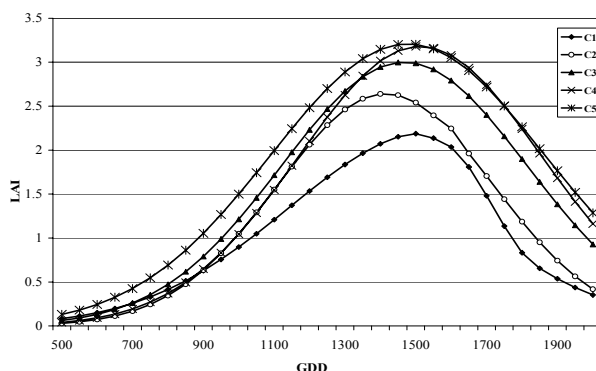
بر اساس مطالعات انجام گرفته در صورتی که کمپوست به خوبی فراوری شده باشد، نسبت کربن به نیتروژن آن از ۱۰:۱ پایین تر آمده و با اضافه کردن این کمپوست به خاک نه تنها میزان نیتروژن در دسترس خاک، به دلیل مصرف توسط میکرو ارگانیسم ها کاهش نمی یابد، بلکه با افزودن به موجودی نیتروژن خاک، منجر به بهبود توان رویشی گیاه کشت شده می شود (۲۶). در این تحقیق نیز کمپوست استفاده شده دارای نسبت کربن به نیتروژن (C:N) حدود ۱:۹ بود که اثرات مثبتی بر رشد و عملکرد گیاه زراعی داشت.



شکل ۴- روند تغییرات درصد مواد آلی خاک در طول زمان تحت تاثیر مقادیر مختلف کمپوست

سطح برگ، به عنوان دریافت کننده نور خورشید و عضو فتوسنتز کننده، عاملی تاثیر گذار در سرعت رشد محصول (CGR^۴)، تجمع ماده خشک (TDM^۵) و عملکرد گیاهی محسوب می گردد. در این آزمایش تفاوت بین تیمارهای کمپوست از نظر شاخص سطح برگ (LAI^۶) (LAI = $\frac{LA}{\text{واحد سطح}}$) از همان مراحل اولیه رشد گیاه، بخصوص بین تیمار شاهد و سایر تیمارها مشهود بود (شکل ۶). با

گذشت زمان و نزدیک شدن به انتهای فصل، LAI شروع به کاهش گذاشت، که در بین تیمارها، دو تیمار شاهد و C2 زودتر به این مرحله کاهش وارد شدند (شکل ۶). نتایج سایر تحقیقات نشان می دهد که با افزایش میزان مواد غذایی موجود در خاک، گیاه سریعتر سطح برگ خود را افزایش و موجب پوشیده شدن زمین توسط کنوپی شده که این امر منجر به افزایش سرعت رشد محصول (CGR) و در نهایت ماده خشک (TDM) می گردد. از طرف دیگر وجود میزان کافی از مواد غذایی در مراحل انتهایی رشد، منجر به افزایش عمر برگ ها و دوام سطح برگ (LAD^۷) می گردد، که این امر نیز به نوبه خود باعث شد گیاه سطح فتوسنتز کننده خود را به مدت طولانی تر حفظ و با دریافت نور بیشتر و به مدت طولانی، تولید ماده خشک خود را با سرعت بیشتر و در مدت زمان بیشتری حفظ نماید (۲۵)



شکل ۵ - روند تغییرات سطح برگ گیاه ذرت تحت تاثیر مقادیر مختلف کمپوست

با افزایش LAI، به دلیل افزایش سایه اندازی برگ ها بر روی یکدیگر، کاهش فتوسنتز برگ های پایینی و انتقال مواد، بخصوص نیتروژن، به سمت برگ های جوان شدت می یابد. مجموع این عوامل منجر به پیری زودرس در برگ های پایینی و کاهش میزان فتوسنتز خالص به ازاء واحد سطح برگ (NAR^۸) می شود (۲۲). در آزمایش انجام گرفته، در اوایل رشد و زمانی که هنوز سطح زمین هنوز به طور کامل توسط گیاه پوشش نیافته NAR در تیمارهایی که کمپوست دریافت کرده اند در مقایسه با شاهد بالاتر است که دلیل آن را می توان با محدودیت مواد غذایی و به دنبال آن کاهش غلظت کلروفیل و در نهایت کاهش توان هر واحد سطح برگ در فتوسنتز در ارتباط دانست (۱۹). در اواسط دوره رشد، با افزایش LAI و به دنبال آن سایه اندازی برگ های بالایی بر برگ های پایینی گیاه، NAR کاهش یافته که این کاهش در تیمارهایی که سطح برگ بیشتری تولید می کنند مشهود تر بود و منجر به برتری NAR تیمار شاهد در این مرحله نسبت به سایر تیمارها گردید. با نزدیک شدن به انتهای دوران رشد، تیمار شاهد و تیمار C2 زودتر دچار محدودیت منابع غذایی، بخصوص نیتروژن شده، برگ ها زودتر دچار پیری شده، قادر به حفظ فتوسنتز خود نبوده و NAR این تیمار ها سریع تر دچار کاهش می گردد (شکل ۷). نتایج ایسمند (۱۰) نیز با یافته های اخیر مطابقت دارد.

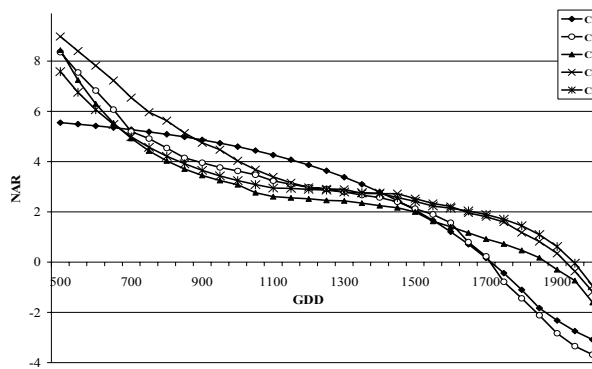
⁴ Crop Growth Rate

⁵ Total Dry Matter

⁶ Leaf Area Index

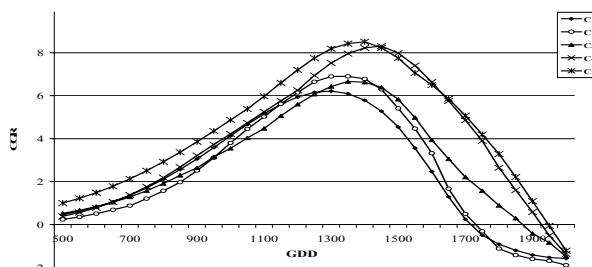
⁷ Leaf Area Duration

⁸ Net Assimilation Rate



شکل ۶- روند تغییرات سرعت جذب خالص گیاه ذرت تحت تاثیر مقادیر مختلف کمپوست

سرعت رشد بیانگر میزان تجمع ماده خشک در واحد سطح زمین می باشد و از شاخص های مهم در تجزیه و تحلیل رشد است. سرعت رشد ذرت کشت شده (شکل ۸) در مراحل اولیه به دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و درصد کم جذب نور توسط گیاهان کم است و در طول این مرحله اختلاف چندانی بین سرعت رشد گیاهان در بین تیمارهای کود کمپوست دیده نمی شود. با نمو گیاه، افزایش سریعی در سرعت رشد محصول به وجود آمد، که دلیل آن توسعه سطح برگ ها و در نتیجه جذب نور بیشتر در سطح جامعه گیاهی بود که منجر به افزایش سطح بافت های فتوسنتز کننده گردید. در آزمایش حاضر گیاه ذرت از حدود ۱۲۰۰ GDD اختلاف بین تیمارهای مختلف کاربرد کمپوست سرعت رشد بارز شد بطوری که با افزایش میزان کمپوست مصرفی در خاک، سرعت رشد افزایش یافت. به تدریج و با رسیدن به رسیدگی فیزیولوژیک و توقف رشد رویشی، اتلاف و پیر شدن برگها، کاهش CGR یافته که این مرحله نیز برای تیمارهای اعمال شده، در زمان های مختلفی حادث گردید، ولی به طور کل با افزایش میزان کمپوست، گیاه دیرتر به مرحله کاهش CGR وارد شد. با توجه به تاثیر مثبت افزایش کمپوست بر روی دوام سطح برگ، شاخص سطح برگ و جلوگیری از کاهش زودهنگام NAR، تاثیر مثبت کمپوست بر CGR قابل پیش بینی بود (۲۳). در بررسی اثرات کود کمپوست بر گیاه ذرت در یک آزمایش دو ساله نیز نتایج مشابهی به دست آمد، بطوریکه کاربرد کمپوست در خاک موجب افزایش سرعت رشد (CGR)، محتوای ازت برگ، شاخص سطح برگ (LAI) و در یکی از دو سال سرعت جذب خالص (NAR) ذرت گردید (۱۱).

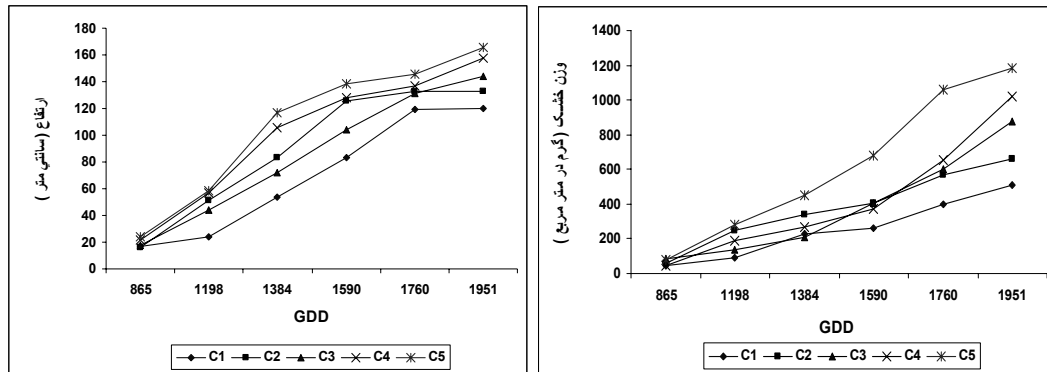


شکل ۷- روند تغییرات سرعت رشد ذرت تحت تاثیر مقادیر مختلف کمپوست

۴ - ۲ - ۲ - خصوصیات مرتبط با عملکرد

نتایج آزمایش نشان داد که هر دو صفت ارتفاع و وزن خشک نهایی گیاه به طور معنی داری تحت تاثیر کاربرد کمپوست قرار گرفتند و با افزایش کاربرد کمپوست در خاک میزان ارتفاع و وزن خشک افزایش یافت. بر این اساس بالاترین ارتفاع و وزن خشک نهایی گیاه به تیمار C5 و پایین ترین میزان به تیمار شاهد مربوط بود. نکته دیگر این که بین دو تیمار C4 و C5 در هیچ یک از این دو صفت اختلاف معنی دار نبود (جدول ۳). از سوی دیگر روند تجمع ماده خشک در گیاه نشان می دهند که بعد از کاربرد کمپوست در خاک و پس از آن که این ماده دوره رسیدگی خود را در داخل خاک گذراند، به تدریج تاثیر مثبت آن بر سطح فتوسنتز (LAI) و به دنبال آن سرعت تولید ماده خشک (CGR) ظهور بیشتری پیدا کرده و سبب افزایش اختلاف در بین تیمارها از نظر ارتفاع و وزن خشک گیاه در مراحل مختلف گردید (شکل ۹). در تحقیقات دیگر نیز از افزایش ارتفاع و وزن خشک گیاه به عنوان یکی از اثرات کاربرد کمپوست زباله یاد کرده اند (۷). از جمله دلایل تاثیر کمپوست بر ارتفاع و وزن خشک را می توان به تاثیر مثبت کاربرد این ماده بر خواص فیزیکی خاک که موجب بهبود ساختمان خاک، افزایش خلل و فرج و بهبود تهویه خاک می شود دانست. از سوی دیگر این ماده هم خود حاوی مقادیری مواد غذایی از

جمله نیتروژن بوده و هم در اثر حضور آن در خاک قابلیت جذب برخی عناصر غذایی توسط گیاهان افزایش می یابد (۵). از طرفی محققین دیگر نیز در نتیجه تحقیق خود چنین بیان داشتند که کاربرد کمپوست در خاکهای گرمسیری به عنوان یک فراهم کننده مناسب مواد غذایی موجب افزایش نسبت اندام هوایی به ریشه می شود (۲۴). مقایسه رشد گیاه ذرت رشد یافته در خاک حاوی مقادیر مختلف کمپوست نشان داد که گیاهانی که مقدار بیشتری از کمپوست در خاک آنها وجود داشت، بیوماس بیشتری در مقایسه با سایر تیمارها تولید کردند (۲۱).



شکل ۸- روند افزایش ارتفاع و افزایش وزن خشک ذرت تحت تاثیر مقادیر مختلف کمپوست

عملکرد علوفه ذرت از کاربرد کمپوست تاثیر معنی داری پذیرفت و نتایج نشان داد که کاربرد کمپوست زباله شهری به ویژه در مقادیر بالای آن به دلیل تاثیرات مثبتی که بر خواص فیزیکی و عناصر غذایی موجود در خاک داشت، موجب افزایش عملکرد گردید بطوری که بالاترین میزان عملکرد علوفه ای به دو تیمار C4 و C5 که بیشترین میزان کمپوست را در بین تیمارها دریافت کرده بودند مربوط بود (جدول ۳). در این رابطه مطالعاتی بر روی تاثیر کاربرد کمپوست زباله بر گیاه ذرت انجام شده است که نشان می دهد حضور این ماده در خاک موجب افزایش عملکرد علوفه ای گیاه شده و این تاثیر به اثرات حضور این ماده بر افزایش عناصر موجود در خاک بر می گردد (۷ و ۳). از سوی دیگر بررسی کاربرد کمپوست زباله شهری بر خاک تحت کشت جو نشان می دهد که، عملکرد و بیوماس جو بدست آمده از پلاتهایی که با کمپوست زباله تیمار شده بودند، عموماً مشابه و یا حتی بیشتر از پلاتهایی بود که در آن ها کود شیمیایی بکار رفته بود (۱۴).

جدول ۳- مقایسه میانگین سه صفت اندازه گیری شده در گیاه ذرت تحت تاثیر مقادیر مختلف کمپوست زباله شهری.

میانگین Mean		تیمار Treatment	
عملکرد علوفه Forage Yield (ton. ha ⁻¹)	ارتفاع بوته Plant Height (cm)	وزن خشک اندام هوایی Shoot Dry Matter (g.m ⁻²)	میزان کمپوست خشک Account of dry compost (ton. ha ⁻¹)
**	**	**	
32.38 ^d ±1.9	120.3 ^d ±6.8	511.1 ^d ±58.7	0 ton. ha ⁻¹ C1
36.08 ^c ±1.7	132.7 ^c ±2.5	695.7 ^{cd} ±157.1	15 ton. ha ⁻¹ C2
42.48 ^b ±3.1	144.1 ^b ±3.5	877.8 ^{bc} ±9.1	30 ton. ha ⁻¹ C3
47.48 ^a ±0.8	158.1 ^a ±8.7	1021.1 ^{ab} ±180.6	45 ton. ha ⁻¹ C4
49.68 ^a ±1.1	165.3 ^a ±11.7	1182.3 ^a ±119.9	60 ton. ha ⁻¹ C5

** معنی دار در سطح ۰/۰۱

در هر ستون تیمارهایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، از نظر آماری فاقد اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد (روش دانکن) می باشند.

از مجموع نتایج به دست آمده می توان چنین نتیجه گیری نمود که، کاربرد کمپوست در داخل خاک از یک سو سبب افزایش ماده آلی خاک شده که بهبود خواص فیزیکی را به همراه دارد و از سوی دیگر می تواند تا حدودی سبب افزایش عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در خاک شده که در مجموع شرایط مناسبی را برای رشد مساعد گیاهان فراهم کند. نکته دیگری که در این تحقیق و تحقیقات مشابه مشهود است این مطلب می باشد که جهت بهره مندی از مزایای کمپوست می بایست این ماده را چند ماه قبل از کاشت در زمین به کار برد تا

فرصت کافی جهت تجزیه آن، فراهم باشد و از اثرات نامطلوب مانند افزایش شوری به خصوص در مرحله جوانه زنی گیاه که حساسترین مرحله رشدی گیاه نسبت به شوری است اجتناب کرد. همچنین با استفاده از کمپوست های کاملا فراوری شده که فاقد مواد سمی و دارای مقادیر مناسب مواد غذایی بخصوص نیتروژن هستند، شرایط تغذیه ای گیاه زراعی برای رشد مطلوب را فراهم نمود. افزایش کمپوست بهتر است به صورت سالیانه انجام گیرد تا با افزایش سالیانه میزان مواد آلی، خصوصیات خاک، به خصوص خواص فیزیکی خاک، ثبات بیشتری پیدا کند. با توجه به نتایج گروه بندی های انجام شده مشاهده می شود که دو تیمار ۴۵ و ۶۰ تن کمپوست در هکتار نسبت به سایر تیمارها تاثیر بیشتری را بر فاکتورهای مورد بررسی در رشد و عملکرد ذرت علوفه ای داشته اند، لیکن با توجه به اینکه اختلاف دو تیمار مذکور در اکثر موارد چندان معنی دار نمی باشد، می توان چنین اظهار داشت که کاربرد ۴۵ تن کمپوست در هکتار جهت دستیابی به رشد و عملکرد مطلوب گیاه ذرت علوفه ای در خاک مزرعه مورد نظر کافی می باشد. از طرف دیگر با توجه به این که استفاده از ۶۰ تن کمپوست در هکتار باعث بالاتر بودن میزان ماده آلی باقیمانده در خاک در انتهای فصل نسبت به سایر تیمارها شد، برای خاک های فقیر از مواد آلی این میزان کمپوست و حتی میزان کمپوست بیشتر نیز قابل توصیه است، البته مشروط به این که این افزایش با تاثیر بر خصوصیات ای از جمله شوری خاک، برای رشد گیاه کشت شده، ایجاد محدودیت نکند. از آنجا که عمده تاثیر کمپوست بر بهبود رشد اندام هوایی گیاه می باشد، لذا این ماده به عنوان یک ماده اصلاحی خوب خاک در زراعت گیاهان علوفه ای مانند ذرت می تواند مورد استفاده قرار بگیرد.

۵- منابع:

- 1- Agassi M, Levy GJ, Hadas A, Benyamini Y, Zhevelev H, Fizik E, Gotessman M and Sasson N (2004) Mulching with composted municipal solid wastes in Central Negev, Israel: I. Effects on minimizing rainwater losses and on hazards to the environment. *Soil and Tillage Res* 78:103-113.
- 2- Aggelides SM and Londra PA (2000) Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and a clay soil. *Bioresource Tech* 71:253-259.
- 3- Alidoost R (2001) studies the effect of different amount of municipal compost, nitrogen and Phosphor on growth and mineral nutrition of forage corn. Msc thesis of Agronomy, Abooreyhan campus of University of Tehran 125 p.
- 4- Bar-Tal A, Yermiyahu U, Beraud J, Keinan M, Rosenberg R, Zohar D, Rosen V and Fine P (2004) Nitroen, phosphorus, and potassium uptake by wheat and their distribution in soil following successive, annual compost applications. *J Environ Qual* 33:1855-1865.
- 5- Beffa T, Blanc M, Marilley L, Lott Fisher J, Lyon PF and Aragno M (1995) Taxonomic and metabolic microbial diversity during composting. In: De Bertoldi, M., P. Sequi., B. Lemmes. and T. Papi. (Eds.), *The Science of Composting* 149-161.
- 6- Bresso LM, Koch C, Le Bissonnais Y, Barriuso E and Lecomte V (2001) Soil surface structure stabilization by municipal waste compost application. *Soil Scie Soci of America J* 65:1804-1811
- 7- Eriksen GN and Coale FJ (1999) Soil nitrogen dynamics and maize production in municipal solid waste amended soil. *Agronomy journal*. *Agron J* 91:1009-1016.
- 8- Ghazanshahi J (1999) *Soil and its reltionship in agriculture*. Karno Press. 266 pp.
- 9- Giglioti g and Businelli d (1996) trace metal uptake and distribution in corn plants grown on a 6-year urban waste compost amended soil. *Agri Ecosystem and environment* 58:199-206.
- 10- Imsand J (1992) Agronomic characteristics that identify high yield and high protein soybean genotypes. *Agron J*, 84: 12-15.
- 11- Loecke TD, Liebman M, Cambardella and Richard TL (2004). Corn growth responses to composted and fresh solid swine manures. *Crop Sci*44:177-184.
- 12- Mahmoodi SH and Hakimian M (1998) *Pedology principle*. University of Tehran Press.
- 13- Malakooti, MJ (1996) *sustainable agriculture and yield increase by using optimum fertilizer in Iran*. 1st Ed. Agriculture education press.
- 14- Marcote I, Hernandez T and Garsia C (2001) Influence of one or two successive annual application of organic fertilizers on the enzyme activity of a soil under barley cultivation. *Bioresource Tech* 79:147-154.
- 15- Marinari SG, Masciandaro B, Ceccanti S and Grego S (2000) Influence of organic and mineral fertilizers on soil biological and physical properties. *Bioresource Technology* 72:9-17
- 16- Marjavi A, Jahad-Akbar M (2002) Effects of municipal compost on the soil chemical properties, quality and quantity of sugarbeet. *Beta Vulgaris J*. 18: 1-21.
- 17- Mazinani H and Said Gh (2004) short review on transitions on compost production in Tehran. *Recycle Organization press*.
- 18- Moreno JL, Garcia C and Hernandez T (1996) Transference of heavy metals from a calcareous soil demanded with sewage-sludge compost to barley plants. *Bioresource Tech*. 55: 251-258.
- 19- Mottaghi S, Allahdadi I, Akbari GhA, Lotfifar O, Piervali Beiranvand N and Panahi M (2008) Evaluation of Nitrogen Fixation by Soybean Cultivars in symbiosis with Different Strains of *Bradyrhizobium japonicum* using ¹⁵N Isotope and Its Effect on yield and Physiological Growth Induces. *Modern Technology in Agriculture* 2: 157-179.
- 20- Ouédraog E, Mando A and Zombré N P (2001) Use of compost to improve soil properties and crop productivity under low input agricultural system in West Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 84:259-266.

- 21- Paino V, Peillex JP, Montlahue O, Cambon A and bianchini JP (1996) Municipal tropical composts effects on crops and soil properties. *Compost sci and utilization*. 4: 62-69
- 22- Rahimian-Mashhadi (1993) *Complement Crop Physiology*. Mashhad University Press. 112 pp.
- 23- Singer JW, Kohler KA, Liebman M, Richard TL, Cambardella CA and Buhler DD (2004) Tillage and compost affect yield of corn, soybean, and wheat and soil fertility. *Agron J*. 96:531-537.
- 24- Soumare M, Demeyer A and Tack FMG (2002) Chemical characteristics of Malian and Belgian solid waste composts. *Bioresource Tech* 81:97-101.
- 25- Soumare M, Tack G and Verloo MG (2003) Effects of a municipal solid waste compost and mineral fertilization on plant growth in two tropical agricultural soils of Mali. *Bioresource technology*. *Bioresource tech* 86:15-20.
- 26- Sullivan DM, Bary AI, Thomas DR, Fransen SC and Cogger CG (2002) food waste compost effect on fertilizer nitrogen effectively, available nitrogen and and tall fescue yield. *Soil Sci Soci of America J* 66: 154-161.
- 27- Tataro A and Asefi A (1997) The effects of municipal compost output from Tehran on tomato, cauliflower and potato cropping and the effect of that's reminder on wheat and barley cropping (final report). *Recycle Organization press*.
- 28- Wanchez-monedaro MA, Roig A, Paredes C and Bernal MP (2001) Nitrogen Transformation during organic Waste composting by the Rutgers system and it's effects on pH, EC and maturity of composting mixtures. *Bioresource Tech*. 78: 301-308.