

## ارزیابی مزرعه‌ای کمپوست پسماند شهری و نیتروژن بر ویژگی‌های کمی و کیفی پنبه و خصوصیات شیمیایی خاک

محسن سیلسپور

استادیار بخش تحقیقات کشت گلخانه‌ای، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران، سازمان  
تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ورامین، ایران  
تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۵/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۱۲

### چکیده

طی یک تحقیق مزرعه‌ای، اثر مقادیر مختلف کمپوست پسماند شهری و نیتروژن بر خصوصیات پنبه و ویژگی‌های شیمیایی خاک با طرح آماری کرت‌های خرد شده مورد پژوهش و بررسی قرار گرفت. سطوح مختلف کمپوست پسماند شهری (صفر، ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار) به‌عنوان عامل اصلی و سطوح متفاوت نیتروژن (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج آزمایش نشان داد اثر کمپوست پسماند شهری، اثر نیتروژن و اثر متقابل آنها بر عملکرد و خصوصیات کیفی الیاف پنبه معنی‌دار است. کمپوست پسماند شهری و نیتروژن، هر یک به تنهایی، عملکرد و افزایش معنی‌دار دادند، اما بالاترین عملکرد و افزایش به‌میزان ۴۷۸۷ کیلوگرم در هکتار از مصرف توام کمپوست پسماند شهری به‌میزان ۴۰ تن در هکتار همراه با ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد. مصرف بیشتر نیتروژن در این سطح مصرف کمپوست، اثر معنی‌داری روی عملکرد نداشت. مصرف کمپوست پسماند شهری اثر معنی‌داری روی خصوصیات شیمیایی خاک داشت، به‌طوری‌که با مصرف کمپوست پسماند شهری، واکنش خاک (pH) کاهش معنی‌داری داشت و مقادیر هدایت الکتریکی، کربن آلی، نترات، آهن و روی قابل جذب خاک افزایش معنی‌دار نشان دادند. بنابراین در شرایط مشابه آزمایش، برای حصول به حداکثر عملکرد، کاهش ۵۰ درصد مصرف کود نیتروژن و بهبود خصوصیات کیفی الیاف پنبه، افزایش ماده آلی خاک و ارتقای سطح قابل جذب عناصر غذایی در خاک، مصرف ۴۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری همراه با ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: کمپوست پسماند شهری، پنبه، نیتروژن، آهن، روی

## مقدمه

کودهای آلی و شیمیایی مکمل اثرات مثبت یکدیگر می‌باشند و به هر دوی آن‌ها برای ایجاد شرایط ایده‌آل مناسب رشد گیاه نیاز است. عوارض نامطلوب مصرف درازمدت و بی‌رویه کودهای شیمیایی مدتهاست که ثابت شده است. یکی از مهم‌ترین آنها، کاهش باروری خاک به‌دنبال از بین رفتن هوموس خاک می‌باشد. کودهای آلی علاوه بر نداشتن این عوارض نامطلوب، موجب افزایش هوموس خاک و نگهداری آن در سطحی مناسب می‌شوند. کودهای آلی تأثیر کودهای شیمیایی را در عمل تسهیل نموده و کارایی مصرف این کودها را افزایش می‌دهد (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۶). از طرف دیگر، وجود اقلیم خشک در کشور، عدم تناوب صحیح زراعی، جمع آوری، سوزاندن و خارج کردن بقایای گیاهی از زمین زراعی، مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و عدم مصرف کودهای آلی، موجب کاهش میزان مواد آلی خاک و در نتیجه کاهش حاصلخیزی خاک و کاهش عملکرد محصول شده است. بنابراین جهت حفظ خاک و بهبود خصوصیات فیزیکی آن و حفظ تعادل عوامل زیست‌محیطی، ضرورت مصرف مواد آلی و افزایش آن در خاک‌های کشور امری اجتناب‌ناپذیر است (سمر و همکاران، ۱۹۹۸). مواد آلی حاوی انواع عناصر ضروری رشد گیاه می‌باشد که به‌آرامی تجزیه شده و موجب آزاد شدن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه می‌گردد. تأمین تلفیقی عناصر غذایی با استفاده از کودهای شیمیایی و آلی کمبود مواد غذایی مورد نیاز گیاه را جبران کرده، حاصلخیزی خاک را حفظ کرده و تولید پایدار محصول را به همراه دارد و موجب افزایش بهره اقتصادی می‌شود (قلاوند، ۲۰۰۷). در سال‌های اخیر سازمان کشاورزی و خواروبار جهانی (F.A.O) طرح توسعه نظام‌های تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی را برای کشورهای در حال توسعه پیشنهاد نموده است. بر اساس تحقیقات انجام شده، تلفیق کودهای شیمیایی به‌همراه منابع آلی و بیولوژیک (مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک) نتایج مطلوبی در افزایش بازده تولید فرآورده‌های کشاورزی داشته که خود می‌تواند راهی به سوی کشاورزی پایدار باشد (بدران و صفوت، ۲۰۰۴). از سوی دیگر، مسئله تأمین غذای کافی و با کیفیت مناسب برای جمعیت روز افزون جهان، تجدید نظر در روش‌های افزایش تولید محصولات زراعی را ضروری ساخته است (قلاوند و همکاران، ۲۰۰۷). در حال حاضر برای توسعه کشاورزی پایدار، اجرای سیستم‌های کشاورزی با نهاده کافی به صورت تلفیق مصرف کودهای شیمیایی و آلی به منظور تولید محصول و حفظ عملکرد در سطح قابل قبول، راهکاری موثر است (شارما، ۲۰۰۳). یکی از جنبه‌های کشاورزی پایدار مصرف تلفیقی کودهای آلی و نیتروژن است. به‌طوری‌که بخشی از نیاز گیاه به نیتروژن به جای کودهای شیمیایی از کودهای آلی تأمین شود. مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی، راهکاری مؤثر برای تولید محصول و حفظ عملکرد در سطح مطلوب می‌باشد (شارما و همکاران، ۲۰۰۶). در آزمایش‌های بلندمدت مشخص شده است که استفاده از کودهای آلی و نیتروژن می‌تواند نظام تولید متراکم کشاورزی را پایدار سازد. دلیل

این امر، بهبود ویژگی‌های کیفی خاک و احتمالاً هم‌زمانی آزادسازی نیتروژن از منابع آلی با نیاز گیاه می‌باشد (پراساد، ۱۹۹۶). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که کودهای آلی با تولید هوموس، که فرم پایدار ماده آلی است، عوارض نامطلوب کودهای شیمیایی را کاهش داده و کارایی مصرف کودهای شیمیایی را افزایش می‌دهند (شاتا و همکاران، ۲۰۰۷).

کمپوست یک کود آلی است و تولید آن از زمان‌های بسیار دور در کشاورزی سنتی اغلب کشورها با استفاده از بازمانده‌های محصولات زراعی و افزودن فضولات دام و طیور به آنها متداول بوده است. امروزه علاوه بر بازمانده‌های محصولات کشاورزی و دامی، انبوهی از سایر مواد آلی به‌صورت مواد زائد و در حجم زیاد تولید می‌شوند که در صورت استفاده به‌صورت کمپوست، باعث افزایش سطح حاصلخیزی خاک و جلوگیری از مشکلات زیست‌محیطی ناشی از دفع غیر اصولی مواد اولیه تولید کمپوست می‌شود (صالح راستین، ۱۹۹۸).

نتایج تحقیقات حاکی از این است که هر انسان شهری روزانه بیش از نیم کیلوگرم پسماند شهری تولید نموده که بیش از یک‌سوم آن قابل تبدیل به کمپوست است. چنان‌چه جمعیت شهرنشین کشور را ۳۰ میلیون نفر تخمین بزنیم، روزانه معادل ۱۵ میلیون کیلوگرم پسماند شهری تولید می‌شود که از این مقدار، ۵ میلیون کیلوگرم آن قابل تبدیل به کمپوست است (سمر و همکاران، ۱۹۹۸). نتایج بسیاری از تحقیقات نشان می‌دهد که کمپوست پسماند شهری قابلیت کاربرد در اراضی کشاورزی را دارا می‌باشد. مشخص شده است که کمپوست پسماند شهری به‌عنوان یک کود آلی مقرون به‌صرفه با توان مناسب و با ارزش، می‌تواند به‌عنوان جایگزینی مناسب بخشی از کودهای شیمیایی در کشاورزی پایدار و کشت آلی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار باشد (سومار و همکاران، ۲۰۰۳).

کمپوست کردن پسماند شهری یکی از راه‌های ارزان حقیقی است که می‌تواند مواد آلی را مجدداً به چرخه طبیعت و تولید بازگرداند (ولکووسکی، ۲۰۰۳). استفاده از این کمپوست در اراضی کشاورزی، مصرف کودهای شیمیایی را به‌شدت کاهش می‌دهد (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۶). از طرف دیگر، کمپوست کردن این بقایا، حجم پسماند شهری را به‌شدت کاهش می‌دهد، پاتوژن‌ها را از بین می‌برد و خصوصیات فیزیکی خاک را بهبود می‌بخشد (جاکوبسن، ۱۹۹۵). این در حالی است که با گسترش کشاورزی ارگانیک، نیاز به کودهای آلی بیشتر حس می‌شود و کمپوست پسماند شهری می‌تواند بخشی از این نیاز را پوشش دهد (ایگلسیوس و همکاران، ۱۹۹۳). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که کمپوست پسماند شهری می‌تواند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی مصرفی در پنبه باشد (سیکورا، ۱۹۹۶). هم‌چنین، نتایج مطالعات در خصوص مصرف دو نوع کمپوست حاصل از ضایعات شهری و دیگری کمپوست لجن فاضلاب به میزان ۵۰ تن در هکتار در زراعت پنبه نشان داده است که مصرف کمپوست حاصل از پسماند شهری عملکردی مشابه مصرف کود نیترات آمونیوم دارد. نتایج این

مطالعات موید این مطلب است که مصرف کمپوست پسماند شهری سطح متعادلی از عناصر غذایی برای گیاه فراهم کرده، عملکرد را ارتقا بخشیده و محصولی بدون خطر آلودگی زیست‌محیطی تولید می‌کند (رودریج و همکاران، ۱۹۹۶). نتایج تحقیقات در خصوص مصرف کمپوست در زراعت پنبه نشان می‌دهد که کمپوست موجب افزایش جوانه‌زنی بذر و افزایش ماده خشک تولید شده در مقایسه با تیمارهای بدون استفاده از کمپوست می‌شود (مک‌کالوم و همکاران، ۱۹۹۸). در یونان نیز بقایای زائد آلی و پسماند شهری بیش از ۶۵ سال است که استفاده می‌شود. در یک آزمایش، کمپوست حاصل از پسماند شهری، لجن فاضلاب و زوائد کارخانه کاغذسازی در زراعت پنبه مورد بررسی قرار گرفت. استفاده از کمپوست حاصل از پسماند شهری ارتفاع بوته را ۲۶ درصد و محصول و ش را ۲۲ درصد نسبت به سایر تیمارها افزایش معنی‌دار داد (باکوت و بریتنبک، ۲۰۰۳). نتایج تحقیقات در خصوص مصرف کمپوست حاصل از پسماند شهری و مقایسه آن با کودهای شیمیایی در خصوص زراعت پنبه و گندم نیز نشان می‌دهد که بالاترین عملکرد پنبه و گندم از مصرف کمپوست همراه با کودهای شیمیایی به دست می‌آید (باکوت و بریتنبک، ۲۰۰۳). نتایج تحقیقات در خصوص کنترل آلودگی نیترات از طریق مصرف کودهای کندرها و کمپوست در کشت پنبه نشان می‌دهد که مصرف کمپوست، کم‌ترین آلودگی نیتراته افق‌های تحتانی خاک را در مقایسه با کودهای شیمیایی داشته است (دیس و همکاران، ۱۹۹۶). در ایران نیز، بیش از ۸۰ درصد زمین‌های کشاورزی را خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک تشکیل می‌دهد که از نظر ماده آلی فقیر و اغلب مقدار ماده آلی آن کم‌تر از یک درصد می‌باشد و با ترکیبی از کود شیمیایی و کمپوست پسماند شهری شهری می‌توان این کمبود را جبران نمود (سالاردینی، ۲۰۰۵). افزودن کمپوست پسماند شهری به خاک، باعث افزایش مقدار ماده آلی خاک و افزایش مقدار قابل جذب تعدادی از عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در خاک می‌گردد. همچنین نتایج مطالعات نشان می‌دهد که مصرف کمپوست پسماند شهری باعث کاهش معنی‌دار واکنش خاک می‌شود (ژلجازکوف و همکاران، ۲۰۰۶؛ شانموگان و وارمان، ۲۰۰۴؛ ژانگ و همکاران، ۲۰۰۶).

نتایج یک تحقیق اجمالی روی کمپوست پسماند شهری تولید شده در آمریکا نشان داد که هدایت الکتریکی (EC) کمپوست پسماند شهری بسیار بیشتر از هدایت الکتریکی خاک‌های کشاورزی است و کاربرد کمپوست پسماند شهری در خاک می‌تواند به طور موثری هدایت الکتریکی (EC) خاک را افزایش دهد (هی و همکاران، ۱۹۹۲). نتایج مطالعات سایر محققان نیز افزایش هدایت الکتریکی (EC) خاک بر اثر کاربرد کمپوست پسماند شهری را تایید می‌کنند (ایگلسیاس-جیمenez و همکاران، ۱۹۹۳). برخی منابع گزارش کرده‌اند که کمپوست پسماند شهری باعث افزایش میزان نیترات خاک می‌شود و در سال اول کاربرد کمپوست، حدود ۱۰ درصد نیتروژن موجود در آن قابل دسترس خواهد

بود (اریکسن و همکاران، ۱۹۹۹؛ ژانگ و همکاران، ۲۰۰۶). هم‌چنین گزارش شده است که میزان فسفر موجود در کمپوست پسماند شهری برای رشد غالب گیاهان کافی است. یکی از علل آن کاهش تثبیت فسفر در خاک‌های زراعی است. برخی منابع نیز اشاره کرده‌اند که میزان فسفر محلول موجود در کمپوست با فسفر آزاد شده از کودهای شیمیایی برابری می‌کند (ایگلسیاس-جیمنز و همکاران، ۱۹۹۳؛ ژانگ و همکاران، ۲۰۰۶).

نتایج یک مطالعه بلند مدت در مورد کاربرد کمپوست پسماند شهری نشان می‌دهد که پتاسیم موجود در کمپوست به اندازه پتاسیم کودهای شیمیایی قابل دسترس و استفاده برای گیاه است (دی‌هان، ۱۹۸۱). هم‌چنین نتایج مطالعات در خصوص آزادسازی پتاسیم از کمپوست پسماند شهری نشان می‌دهد که ۳۰ تا ۵۰ درصد پتاسیم موجود در کمپوست پسماند شهری برای گیاه قابل جذب است (سومار و همکاران، ۲۰۰۳). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که غلظت پتاسیم قابل جذب خاک، حتی در شرایطی که مقادیر کمی کمپوست پسماند شهری به خاک اضافه شد، افزایش یافته است (گیسکوئینی و همکاران، ۱۹۹۴). با استناد به مطالب ارایه شده در خصوص اثرات کمپوست پسماند شهری بر عملکرد و کاهش مصرف کودهای شیمیایی، این تحقیق با هدف ارزیابی مزرعه‌ای کاربرد کمپوست پسماند شهری و نیتروژن بر عملکرد و پنبه، خصوصیات کیفی الیاف و تغییرات ویژگی‌های شیمیایی خاک اجرا شد.

## مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف کمپوست پسماند شهری و نیتروژن در زراعت پنبه، آزمایش مزرعه‌ای با ۹ تیمار و ۴ تکرار در قالب طرح آماری کرت‌های خرد شده در یک خاک آهکی در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. کرت اصلی شامل سه سطح مصرف کمپوست پسماند شهری (۰، ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار) و کرت فرعی شامل سه سطح مصرف نیتروژن (۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود. قبل از کاشت، از خاک محل اجرای آزمایش نمونه برداری مرکب به عمل آمده و خاک حاصل با روش‌های متداول در موسسه تحقیقات خاک و آب (نیتروژن با روش کج‌لدال، کربن آلی با روش بلاک، فسفر با روش اولسن، پتاسیم با روش استات آمونیوم، عناصر آهن، منگنز، روی و مس با روش DTPA و بافت خاک با روش هیدرومتر اندازه‌گیری شد (علی‌احیایی، ۱۹۹۶) که نتایج آن در جدول ۱ ارایه شده است. هم‌چنین نمونه‌ای از کمپوست پسماند شهری مورد استفاده در آزمایش نیز برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه ارسال شد که نتایج آن در جدول ۲ آورده شده است. کود کمپوست پسماند شهری از کارخانه تولید کمپوست سازمان بازیافت شهرداری تهران تهیه شده و مطابق مقادیر مندرج در

طرح قبل از کاشت به خاک کرت‌های آزمایشی اضافه شده و با دیسک به عمق ۱۵ سانتی‌متر با خاک مخلوط شد. در هر تیمار مصرف کمپوست، مقدار نیتروژن آزاد شده از کمپوست بر مبنای ۱۰ درصد معدنی شدن نیتروژن کل (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۶) محاسبه و از نیتروژن توصیه شده کسر شد. کودهای پایه فسفر و پتاسیم از منابع سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم در کلیه کرت‌های آزمایش به صورت یکنواخت و بر اساس آزمون خاک (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار  $P_2O_5$  و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار  $K_2O$ ) مصرف شد (ضیائی‌ان و همکاران، ۲۰۰۳). عملیات کاشت در نیمه دوم اردیبهشت ماه با پنبه رقم ورامین انجام شد. هر کرت آزمایش شامل ۶ خط کاشت به طول ۶ متر و به فاصله ۸۰ سانتی‌متر بود. فاصله بوته‌ها روی ردیف نیز ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. عملیات آبیاری به صورت فاروئی و بر اساس کتاب نیاز آبی گیاهان و توصیه مؤسسه تحقیقات خاک و آب انجام شد. کلیه عملیات زراعی از قبیل کاشت، آبیاری، کوددهی، سم‌پاشی و... به‌طور هم‌زمان در کلیه کرت‌های آزمایشی انجام شد. کود نیتروژن از منبع اوره بر اساس آزمون خاک و تیمارهای مندرج در طرح، ۳۰ درصد هنگام تنک بوته‌ها و بقیه قبل از گلدهی استفاده شد. عناصر کم‌مصرف آهن و روی نیز به صورت برگ‌پاشی از منابع سولفات روی و سولفات آهن با غلظت ۵ در هزار، دو بار در طول دوره رشد (۳۰ روز پس از کاشت و ۷۰ روز پس از کاشت) استفاده شد (ضیائی‌ان و همکاران، ۲۰۰۳).

جدول ۱: نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

پارامتر	علامت اختصاری	واحد	مقدار
هدایت الکتریکی	EC	$dS.m^{-1}$	۱/۲
واکنش	pH	-	۷/۸
درصد اشباع	SP	%	۳۵
کربن آلی	OC	%	۰/۳۸
فسفر قابل جذب	Ava.P	$mg.kg^{-1}$	۶/۴
پتاسیم قابل جذب	Ava.k	$mg.kg^{-1}$	۲۰۰
آهن قابل جذب	Ava.Fe	$mg.kg^{-1}$	۳
منگنز قابل جذب	Ava.Mn	$mg.kg^{-1}$	۱۴/۵
روی قابل جذب	Ava.Zn	$mg.kg^{-1}$	۰/۶
مس قابل جذب	Ava.Cu	$mg.kg^{-1}$	۱/۲۸
کادمیوم قابل جذب	Ava.Cd	$mg.kg^{-1}$	۰/۰۴
سرب قابل جذب	Ava.Pb	$mg.kg^{-1}$	۲/۰
نیکل قابل جذب	Ava.Ni	$mg.kg^{-1}$	۰/۵۲
رس	Clay	%	۲۴
سیلت	Silt	%	۴۴
شن	Sand	%	۳۲

پس از برداشت، محصول وش آزمایش به تفکیک تیمار و تکرار ثبت و با استفاده از نرم افزار MSTATC مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. پس از پایان اجرای آزمایش نیز از خاک کرت‌های آزمایشی به تفکیک تیمار و تکرار نمونه برداری شد و پارامترهای شیمیایی از قبیل هدایت الکتریکی، واکنش، میزان نیترات و... اندازه‌گیری شد. سپس اثر تیمارهای آزمایش (اثر کمپوست و اثر نیتروژن) بر خصوصیات شیمیایی خاک بررسی گردید.

نتایج تجزیه شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش نشان داد که خاک حاصله از نظر کربن آلی، فسفر، آهن و روی به شدت فقیر می‌باشد و نیازمند استفاده از منابع کودی می‌باشد (ضیائی‌ان و همکاران، ۲۰۰۳).

جدول ۲: نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی کمپوست پسماند شهری

پارامتر	علامت اختصاری	واحد	مقدار	مقدار مجاز*
هدایت الکتریکی	EC	$\text{dS.m}^{-1}$	۴/۶	۱۴
(رقت ۱ به ۱۵)	1:15			
واکنش (رقت ۱ به ۱۵)	pH	-	۷/۰	۶-۸
کربن آلی	OC	%	۲۴/۱	۱۵
رطوبت	Moisture	%	۲۲	۲۵
نیتروژن کل	Total-N	%	۱/۵۴	۱-۱/۵
فسفر کل	Ava.P	%	۰/۳۹	۰/۳-۳/۸
پتاسیم کل	Ava.k	%	۰/۹۲	۰/۵-۱/۸
آهن کل	Ava.Fe	$\text{mg.kg}^{-1}$	۸۱۰۹	-
منگنز کل	Ava.Mn	$\text{mg.kg}^{-1}$	۹۵	-
روی کل	Ava.Zn	$\text{mg.kg}^{-1}$	۶۶۰	۱۳۰۰
مس کل	Ava.Cu	$\text{mg.kg}^{-1}$	۲۰۴	۶۵۰
کادمیوم کل	Ava.Cd	$\text{mg.kg}^{-1}$	۱/۸۵	۱۰
سرب کل	Ava.Pb	$\text{mg.kg}^{-1}$	۵۱/۵	۲۰۰
نیکل کل	Ava.Ni	$\text{mg.kg}^{-1}$	۵/۳۲	۱۲۰

\* استاندارد ملی ایران، شماره ۱۰۷۱۶ (بی نام، ۲۰۱۰)

## نتایج

نتیجه تجزیه واریانس داده‌های آزمایش در جدول ۳ و میانگین اثر کمپوست، نیتروژن و اثر متقابل کمپوست و نیتروژن بر عملکرد وش و خصوصیات کیفی الیاف پنبه در جداول ۴، ۵ و ۶ درج شده است.

جدول ۳: تجزیه واریانس صفات عملکرد و خصوصیات کیفی محصول

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد	طول الیاف	استحکام	ظرافت
تکرار	۳	۶۳۶۷۶۷ <sup>ns.</sup>	۱/۸۱۴ <sup>ns.</sup>	۰/۷۴۵ <sup>ns.</sup>	۰/۰۳۷ <sup>ns.</sup>
فاکتور	۲	۸۷۱۴۳۶۹ <sup>**</sup>	۴/۰۳۹ <sup>**</sup>	۰/۳۷۹ <sup>**</sup>	۰/۱۵۹ <sup>**</sup>
خطا	۶	۳۴۷۰۸۹	۰/۱۱	۰/۱۴۴	۰/۰۰۳
فاکتور	۲	۵۶۵۶۰۱۱ <sup>**</sup>	۱/۱۶۸ <sup>**</sup>	۶/۷۹۲ <sup>**</sup>	۰/۸۰۵ <sup>**</sup>
اثر متقابل	۴	۳۲۷۳۰۵ <sup>*</sup>	۱/۵۷۴ <sup>**</sup>	۰/۳۴۱ <sup>**</sup>	۰/۴۵۳ <sup>**</sup>
خطا	۱۸	۹۰۳۴۰	۰/۰۳۷	۰/۰۸۱	۰/۰۰۴

\* و \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و ns عدم معنی‌دار

جدول ۴: اثر سطوح مختلف کمپوست پسماند شهری بر میانگین صفات عملکرد و خصوصیات کیفی محصول

اثر اصلی کمپوست	عملکرد وش kg.ha <sup>-1</sup>	طول الیاف mm	استحکام gr.txt <sup>-1</sup>	ظرافت
C0	۲۷۵۳ c	۲۶/۱ b	۳۰ b	۴/۵۵ b
C20	۳۵۵۴ b	۲۶/۸ b	۳۰/۶ b	۴/۷۶ a
C40	۴۴۵۷ a	۲۷/۲ a	۳۱/۵ a	۴/۷۲ a

میانگین‌هایی با حروف مشابه در هر ستون، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۵: اثر نیتروژن بر میانگین صفات عملکرد و خصوصیات کیفی محصول

اثر فرعی نیتروژن	عملکرد وش kg.ha <sup>-1</sup>	طول الیاف mm	استحکام gr.txt <sup>-1</sup>	ظرافت
N0	۲۸۴۲ c	۲۶/۴ c	۲۹/۲ b	۴/۳۸ b
N100	۳۷۲۷ b	۲۶/۸ b	۳۱/۱ a	۴/۸۵ a
N200	۴۱۹۴ a	۲۶/۹ a	۳۱/۲ a	۴/۸۰ a
C40N0	۳۸۴۳ bc	۲۷/۴ a	۳۱/۱ b	۴/۶۰ c
C40N100	۴۷۸۷ a	۲۷/۷ a	۳۲/۲ a	۵/۱۰ a
C40N200	۴۷۴۰ a	۲۶/۶ bc	۳۱/۴ b	۴/۴۰ d

میانگین‌هایی با حروف مشابه در هر ستون، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

**عملکرد وش:** نتایج نشان می‌دهد که اثر عامل اصلی (کمپوست) و اثر عامل فرعی (نیتروژن) روی صفت عملکرد وش پنبه در سطح یک درصد آماری معنی‌دار می‌باشد. همچنین بر اساس جدول فوق، اثر متقابل کمپوست و نیتروژن روی این صفت در سطح پنج درصد آماری معنی‌دار شده است (جدول



۳). نتایج نشان می‌دهد که در مورد اثر کمپوست، بیشترین عملکرد به‌میزان ۴۴۵۷ کیلوگرم در هکتار از تیمار ۴۰ تن در هکتار کمپوست به‌دست آمده است که با سایر تیمارها تفاوت آماری معنی‌دار دارد (جدول ۴). درخصوص مصرف نیتروژن نیز بیشترین عملکرد به‌میزان ۴۱۹۴ کیلوگرم در هکتار، از مصرف ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص به‌دست آمده است که با سایر تیمارهای مصرف نیتروژن تفاوت آماری معنی‌دار دارد (جدول ۵). نتایج تحقیقات نیز موید این مطلب است که عملکرد وش پنبه وابستگی زیادی به مصرف کودهای حاوی نیتروژن دارد و به مصرف نیتروژن پاسخ مثبت نشان می‌دهد (سیل‌سپور و رشیدی، ۲۰۱۱؛ فریتچی و همکاران، ۲۰۰۳). نتایج نشان داد که بالاترین عملکرد معنی‌دار وش پنبه به‌میزان ۴۵۷۸ کیلوگرم در هکتار از تیمار مصرف ۴۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری همراه ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص به دست آمده است (جدول ۶). بنابراین چنین نتیجه‌گیری می‌شود که مصرف کمپوست به‌میزان ۴۰ تن در هکتار در زراعت پنبه علاوه بر صرفه جویی ۵۰ درصدی مصرف کود نیتروژن، بالاترین عملکرد وش پنبه را نیز تولید می‌نماید. نتایج به‌دست آمده از این آزمایش با نتایج به دست آمده توسط سایر محققان مطابقت داشت (باکوت و بریتینبرک، ۲۰۰۳؛ کلارک و همکاران، ۱۹۹۵). به‌عنوان مثال، نتایج تحقیقات در خصوص مصرف کمپوست حاصل از پسماند شهری و مقایسه آن با کودهای شیمیایی در خصوص زراعت پنبه و گندم نشان می‌دهد که بالاترین عملکرد پنبه و گندم از مصرف کمپوست همراه با کودهای شیمیایی به‌دست می‌آید (باکوت و بریتینبرک، ۲۰۰۳). نتایج تحقیقات در خصوص مصرف سطوح مختلف کمپوست حاصل از پسماند شهری (۰، ۶۷، ۱۲۵ تن در هکتار) و سطوح مصرف نیتروژن (صفر، ۲۱۳، ۳۰۶ و ۴۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) در زراعت پنبه نشان داده است که مصرف کمپوست باعث افزایش محصول می‌شود و با مصرف نیتروژن تولید محصول افزایش بیشتری داشته است (کلارک و همکاران، ۱۹۹۵).

جدول ۶: اثر متقابل کمپوست و نیتروژن بر میانگین صفات عملکرد و خصوصیات کیفی محصول

ظرافت	استحکام gr.txt <sup>-1</sup>	طول الیاف mm	عملکرد وش kg.ha <sup>-1</sup>	اثرات متقابل
۴/۱۰ e	۲۸/۸ d	۲۵/۴ e	۱۷۹۰ d	CON0
۴/۶۰ c	۳۰/۲ c	۲۶/۱ d	۲۸۰۲ d	CON100
۴/۸۰ b	۳۱/۱ b	۲۶/۸ b	۳۶۶۸ bc	CON200
۴/۳۰ b	۲۹/۷ c	۲۶/۶ cd	۲۸۹۵ d	C20N0
۴/۸۰ b	۳۰/۹ b	۲۶/۸ b	۳۵۹۳ c	C20N100
۵/۱۰ a	۳۱/۳ b	۲۷/۵ a	۴۱۷۵ b	C20N200

میانگین‌هایی با حروف مشابه در هر ستون، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

**طول الیاف:** اثر عامل اصلی (کمپوست) و اثر عامل فرعی (نیتروزن) و اثر متقابل کمپوست و نیتروزن روی صفت طول الیاف در سطح یک درصد آماری معنی‌دار بود (جدول ۳). اثر اصلی کمپوست بر میانگین طول الیاف پنبه (جدول ۴) و اثر نیتروزن بر میانگین صفت طول الیاف پنبه (جدول ۵) نشان دادند که مصرف نیتروزن و کمپوست باعث افزایش معنی‌دار طول الیاف شده‌اند. اما در مورد اثر متقابل، روند افزایش طول الیاف تا سطح ۱۰۰ کیلو گرم در هکتار نیتروزن ادامه داشت و از این به بعد با مصرف بیشتر نیتروزن، طول الیاف کاهش یافت (جدول ۶). با افزایش کمپوست همزمان با افزایش میزان نیتروزن، مقدار نیتروزن و قابلیت جذب آن به شدت افزایش یافته و باعث کاهش طول الیاف می‌شود. نتایج به دست آمده از این پژوهش با سایر نتایج به دست آمده در خصوص اثر نیتروزن بر طول الیاف پنبه مطابقت دارد. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که طول الیاف پنبه تا سطح مصرف نیتروزن به میزان ۱۰۰ کیلوگرم افزایش و با مصرف نیتروزن بیشتر، کاهش می‌یابد (سیلسپور و رشیدی، ۲۰۱۱). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که مصرف نیتروزن اضافه موجب رشد رویشی گیاه پنبه می‌گردد، این در حالی است که طول الیاف تا سطح مشخصی از مصرف نیتروزن افزایش می‌یابد و در صورت مصرف نیتروزن بیشتر، طول الیاف کاهش خواهد یافت (رد و همکاران، ۲۰۰۶).

**استحکام:** اثر عامل اصلی (کمپوست) و اثر عامل فرعی (نیتروزن) و اثر متقابل کمپوست و نیتروزن روی صفت استحکام الیاف در سطح یک درصد آماری معنی‌دار بود. (جدول ۳). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که در پنبه مصرف زیاد کود نیتروزنی باعث کوتاه، نازک شدن الیاف و استقامت کم آنها می‌گردد (سالاردینی، ۲۰۰۵). در تولید گیاهان لیفی افزایش نیتروزن تا سطح مشخصی محصول را افزایش می‌دهد و الیاف تولید شده از نظر کیفیت و مرغوبیت ایرادی ندارد. وقتی میزان کود نیتروزنی از حدی تجاوز کند، محصول افزایش نشان می‌دهد، ولی مرغوبیت الیاف به شدت کاهش می‌یابد (بائر و روف، ۲۰۰۴). نتایج به دست آمده از این پژوهش با سایر نتایج به دست آمده در خصوص اثر نیتروزن بر استحکام الیاف پنبه مطابقت داشت. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که استحکام الیاف پنبه تا سطح مصرف نیتروزن به میزان ۱۰۰ کیلوگرم افزایش و با مصرف نیتروزن بیشتر، کاهش می‌یابد (سیلسپور و رشیدی، ۲۰۱۱). در خصوص اثرات کمپوست پسماند شهری و نیتروزن، استحکام الیاف با افزایش میزان کمپوست و نیتروزن افزایش داشت (جدول ۴ و ۵). اثر متقابل کمپوست و نیتروزن نشان داد که در سطح ۴۰ تن در هکتار مصرف کمپوست پسماند شهری، با افزایش مصرف نیتروزن بیشتر از ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، استحکام الیاف کاهش یافت (جدول ۶). استحکام الیاف در پنبه نیز مانند طول الیاف وابسته به مقدار نیتروزن قابل جذب در خاک می‌باشد که با مصرف کمپوست مقدار آن افزایش یافته و باعث افزایش استحکام الیاف می‌شود (رد و همکاران، ۲۰۰۶). اما چنانچه میزان آن از حد مشخصی تجاوز نماید، استحکام الیاف کاهش خواهد یافت بنابراین توصیه مصرف ۲۰ تن در هکتار

کمپوست به همراه ۱۰۰ کیلو گرم در هکتار نیتروژن بهترین گزینه برای رسیدن به بالاترین استحکام الیاف می باشد.

**ظرافت:** نتایج نشان داد که اثر کمپوست و اثر نیتروژن و اثر متقابل کمپوست و نیتروژن روی صفت ظرافت در سطح یک درصد آماری معنی دار می باشد. نتایج نشان داد که با مصرف کمپوست و نیتروژن به تنهایی، ظرافت الیاف تا سطوح ۱۰۰ کیلو در هکتار نیتروژن و ۴۰ تن در هکتار کمپوست روند افزایشی خواهد داشت و از این مقدار بیشتر، ظرافت الیاف کاهش می یابد (جدول های ۴ و ۵). محققین بر این نکته اذعان دارند که در پنبه مصرف زیاد کود نیتروژنی باعث کوتاه، نازک شدن الیاف و استقامت کم آنها می گردد (سالاردینی، ۲۰۰۵؛ جیرما و همکاران، ۲۰۰۷). در تولید گیاهان لیفی افزایش نیتروژن تا سطح مشخصی محصول را افزایش می دهد و الیاف تولید شده از نظر کیفیت و مرغوبیت ابرادی ندارد. وقتی میزان کود نیتروژنی از حدی تجاوز کند محصول افزایش نشان می دهد (جیرما و همکاران، ۲۰۰۷) ولی مرغوبیت الیاف به شدت کاهش می یابد (بائر و روف، ۲۰۰۴). نتایج به دست آمده از این پژوهش با سایر نتایج به دست آمده در خصوص اثر نیتروژن بر طول الیاف پنبه مطابقت داشت. نتایج تحقیقات نشان می دهد که ظرافت الیاف پنبه تا سطح مصرف نیتروژن به میزان ۱۰۰ کیلوگرم افزایش و با مصرف نیتروژن بیشتر، کاهش می یابد (سیلسپور و رشیدی، ۲۰۱۱). اثر متقابل کمپوست و نیتروژن نشان داد که مصرف ۲۰ تن در هکتار کمپوست به همراه ۱۰۰ کیلو گرم در هکتار نیتروژن، بالاترین ظرافت الیاف را باعث می گردد (جدول ۶). داده های مربوط به تجزیه واریانس اثر مصرف کمپوست پسماند شهری و نیتروژن بر خصوصیات شیمیایی خاک در جدول ۷ آورده شده است.

جدول ۷: خلاصه جدول تجزیه واریانس اثر مصرف کمپوست پسماند شهری و نیتروژن بر خصوصیات شیمیایی خاک

منابع تغییرات	درجه آزادی	واکنش خاک	شوری	نیترات	آهن	روی	کربن آلی
تکرار	۳	۰/۰۰۳	۰/۱۲۷	۰/۱۱۶	۰/۵۹۷	۰/۰۰۷	۱۴/۴۵
اثر کمپوست	۲	۰/۱۶۹**	۸/۴**	۱۲۱/۸**	۶۰/۷**	۷/۰**	۵۸۰/۲**
خطا	۶	۰/۰۰۲	۰/۰۴۹	۰/۱۹۶	۰/۰۲۶	۰/۰۴۶	۲/۹
اثر نیتروژن	۲	۰/۰۱۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۲ <sup>ns</sup>	۱۵۴/۱**	۰/۲۰ <sup>ns</sup>	۰/۰۴۱ <sup>ns</sup>	۴/۹۴ <sup>ns</sup>
اثر متقابل کمپوست و نیتروژن	۴	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۹ <sup>ns</sup>	۲/۲۵**	۰/۰۸۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۳۰ <sup>ns</sup>	۶/۶۳ <sup>ns</sup>
خطا	۱۸	۰/۰۰۲	۰/۰۰۴	۰/۱۲۵	۰/۰۶۲	۰/۰۰۶	۹/۳

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

جدول ۸: اثر کمپوست بر میانگین صفات شیمیایی خاک

اثر اصلی کمپوست	واکنش خاک	شوری	نیترات	کربن آلی	روی	آهن
	mg.kg <sup>-1</sup>	dS.m <sup>-1</sup>	mg.kg <sup>-1</sup>	%	mg.kg <sup>-1</sup>	mg.kg <sup>-1</sup>
بدون کمپوست (C0)	۷/۴۵ a	۱/۲ c	۷/۳ c	۰/۳۹ c	۰/۵۲ c	۳/۲ c
۲۰ تن در هکتار کمپوست (C20)	۷/۲۵ b	۲/۰ b	۹/۴ b	۰/۵۲ b	۰/۸۶ b	۶/۲ b
۴۰ تن در هکتار کمپوست (C40)	۷/۲۳ b	۲/۸ a	۱۳/۶ a	۰/۶۲ a	۱/۴۵ a	۸/۴ a

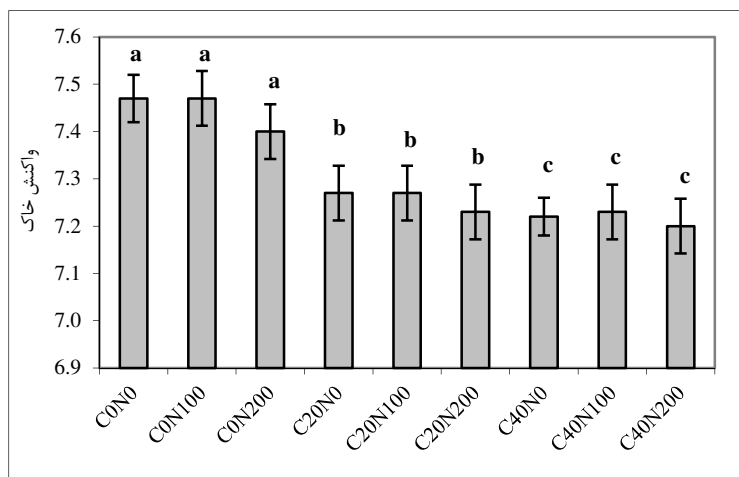
میانگین‌هایی با حروف مشابه در هر ستون، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۹: اثر نیتروژن بر میانگین صفات شیمیایی خاک

اثر فرعی نیتروژن	واکنش خاک	شوری	نیترات	کربن آلی	روی	آهن
	mg.kg <sup>-1</sup>	dS.m <sup>-1</sup>	mg.kg <sup>-1</sup>	%	mg.kg <sup>-1</sup>	mg.kg <sup>-1</sup>
بدون نیتروژن (N0)	۷/۳۴ a	۲ a	۶/۶ c	۰/۵۲ a	۰/۸۸ b	۵/۸ b
۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (N100)	۷/۳۲ a	۲ a	۱۰ b	۰/۵۲ a	۰/۹۳ b	۶ a
۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (N200)	۷/۳۷ a	۲ a	۱۳/۷ a	۰/۴۸ a	۱/۰ a	۶ a

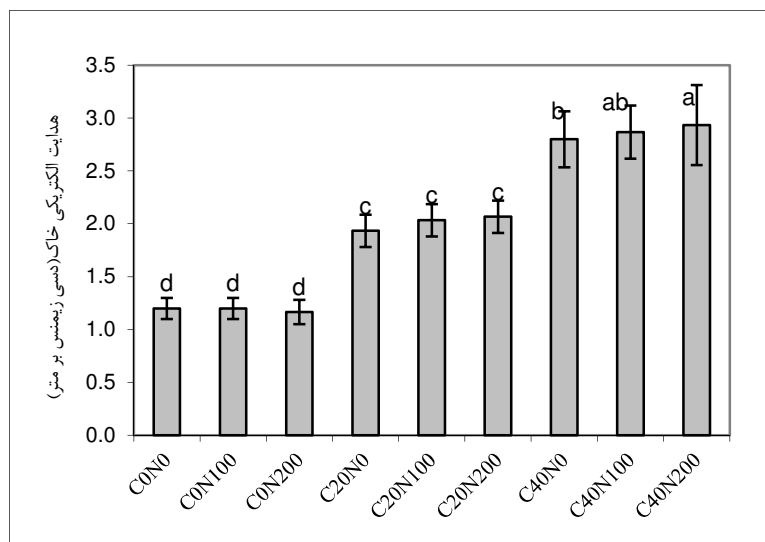
میانگین‌هایی با حروف مشابه در هر ستون، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

**واکنش خاک (pH):** نتایج نشان داد که فقط اثر عامل اصلی (کمپوست) روی صفت واکنش خاک معنی‌دار می‌باشد و اثر عامل فرعی (نیتروژن)، همچنین اثر متقابل کمپوست و نیتروژن روی صفت فوق معنی‌دار نشده است (جدول ۷). نتایج نشان داد که با مصرف کمپوست، واکنش خاک کاهش معنی‌دار نشان می‌دهد و از ۷/۴۵ به ۷/۲۳ تنزل می‌کند (جدول ۸). این نتیجه مطابق با نتایج به‌دست آمده توسط سایر محققان است. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که کاربرد کمپوست در یک خاک آهکی با واکنش ۷/۴، موجب کاهش معنی‌دار واکنش خاک می‌گردد (وارمان و رود، ۱۹۹۸). همچنین نتایج مطالعات نشان می‌دهد که مصرف کمپوست پسماند شهری باعث کاهش معنی‌دار واکنش خاک می‌شود (ژلجازکوف و همکاران، ۲۰۰۶؛ شانموگان و وارمان، ۲۰۰۴؛ ژانگ و همکاران، ۲۰۰۶). نتایج ارایه شده در جدول ۹ نیز نشان می‌دهد که مصرف نیتروژن تاثیر معنی‌داری روی واکنش خاک نداشته است. اثر متقابل کمپوست و نیتروژن در خصوص واکنش خاک معنی‌دار نبود (جدول ۷). اثر تیمارهای مختلف بر واکنش خاک در شکل ۱ آورده شده است



شکل ۱: اثر متقابل کمپوست و نیتروژن بر واکنش خاک

هدایت الکتریکی (EC) عصاره اشباع خاک: نتایج نشان داد که تنها اثر عامل اصلی (کمپوست) روی هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد ولیکن اثر عامل فرعی (نیتروژن)، همچنین اثر متقابل کمپوست و نیتروژن روی صفت فوق معنی‌دار نشده است (جدول ۷). نتایج نشان داد که با مصرف کمپوست، هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک افزایش معنی‌دار نشان می‌دهد و از ۱/۲ به ۲/۸ ارتقا می‌یابد (جدول ۸). مصرف نیتروژن تاثیر معنی‌داری روی هدایت الکتریکی خاک نداشت (جدول ۹). دلیل افزایش میزان هدایت الکتریکی در اثر مصرف کمپوست به عوامل گوناگون بستگی دارد. از جمله آن عوامل می‌توان به افزایش میزان سدیم و کلر در خاک اشاره نمود. آزمایش فوق نشان دهنده این مطلب است که افزایش هدایت الکتریکی ناشی از مصرف کمپوست پسماند شهری تاثیر آنچنانی بر روی عملکرد در گیاه پنبه نداشته است. گرچه پنبه گیاهی است که به‌طور ذاتی نسبت به شوری تا حد بسیار زیادی مقاوم بوده و تا هدایت الکتریکی ۷ دسی زیمنس بر متر کاهش عملکرد نخواهد داشت (اشرف، ۲۰۰۲). اثر متقابل کمپوست و نیتروژن روی هدایت الکتریکی خاک معنی‌دار نبود (شکل ۲).

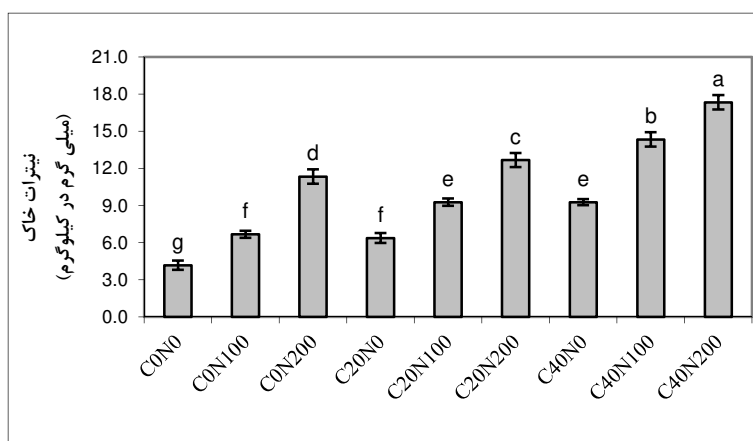


شکل ۲: اثر متقابل کمپوست و نیتروژن بر هدایت الکتریکی خاک

نتایج یک تحقیق اجمالی بر انواع کمپوست پسماند شهری تولید شده در آمریکا نشان می‌دهد که هدایت الکتریکی کمپوست بسیار بیشتر از شوری خاک‌های کشاورزی است و کاربرد کمپوست در خاک می‌تواند به‌طور موثری شوری خاک را افزایش دهد (هی و همکاران، ۱۹۹۲) و منجر به افزایش غلظت سدیم خاک گردد (زلیجازکوف و همکاران، ۲۰۰۶؛ شانموگام و وارمان، ۲۰۰۴). نتایج سایر تحقیقات نیز افزایش هدایت الکتریکی خاک بر اثر کاربرد کمپوست را تایید می‌کنند (اگلسیوس-جیمز و همکاران، ۱۹۹۳). گزارش شده است که محتوای سدیم برگ اسفناج در اثر کاربرد کمپوست پسماند شهری افزایش می‌یابد (مفتون و همکاران، ۲۰۰۴). با این وصف، گزارش شده است که با گذشت زمان از کاربرد کمپوست، افزایش شوری حاصله کم کم از بین می‌رود. یعنی پس از افزایش شوری در اثر کاربرد کمپوست، به‌دلیل جذب عناصر غذایی توسط گیاه و آب‌شویی پروفیل خاک، رفته رفته شوری خاک به حالت عادی بر می‌گردد (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۶). برخی منابع نیز محدود شدن رشد گیاه بر اثر افزایش شوری حاصل از کاربرد کمپوست را گزارش کردند (هارگری واز و همکاران، ۲۰۰۸).

**نیترات خاک:** نتایج نشان داد که اثر عامل اصلی (کمپوست) و اثر عامل فرعی (نیتروژن) روی صفت نیترات خاک در سطح یک درصد آماری معنی‌دار است. اثر متقابل کمپوست و نیتروژن نیز روی این صفت معنی‌دار بود (جدول ۷). نتایج نشان داد که با افزایش میزان مصرف کمپوست، بر میزان نیترات خاک افزوده می‌شود (جدول ۸). هم‌چنین با افزایش مصرف نیتروژن، میزان نیترات خاک افزایش یافت و از ۶/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم به ۱۳/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم رسید (جدول ۹). اثر متقابل کمپوست و

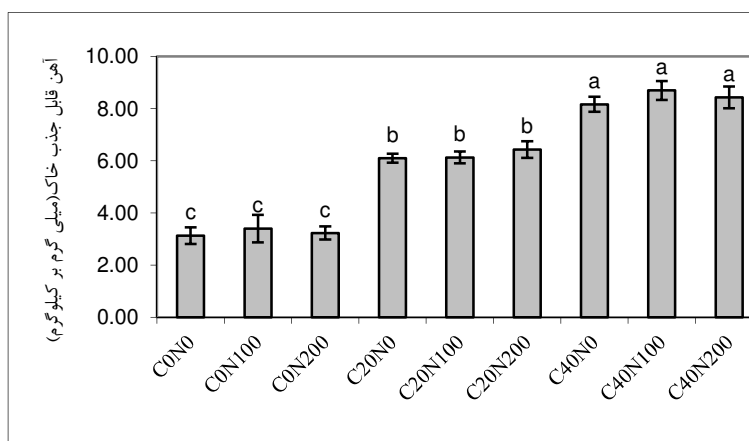
نیترژن نشان داد که در کلیه تیمارهایی که کمپوست مصرف شده است، با مصرف نیترژن، محتوای نیترات خاک افزایش داشته است. با مصرف توام کمپوست به همراه نیترژن، سیر صعودی افزایش محتوای نیترات در خاک تا تیمار ۴۰ تن در هکتار کمپوست به همراه ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیترژن ادامه داشت (شکل ۳). نتایج تحقیقات در خصوص کنترل نیترات پروفیل خاک از طریق مصرف کمپوست در کشت پنبه نشان می‌دهد که مصرف کمپوست باعث افزایش معنی‌دار نیترات افق‌های تحتانی خاک در مقایسه با شاهد شده است (دیس و همکاران، ۱۹۹۶) گزارش شده است که مصرف کمپوست اثر قابل توجهی در افزایش میزان نیترات خاک و نیز نیترژن در گیاه داشته است (هی و همکاران، ۱۹۹۲؛ سومار و همکاران، ۲۰۰۳).



شکل ۳: اثر متقابل کمپوست و نیترژن بر میزان نیترات خاک

**آهن قابل جذب خاک:** نتایج نشان داد که تنها اثر عامل اصلی (کمپوست) روی صفت آهن در سطح یک درصد آماری معنی‌دار است (جدول ۷). داده‌های آزمایش در خصوص اثر کمپوست نشان داد که با افزایش میزان کمپوست میزان آهن خاک افزایش می‌یابد و از ۳/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم به ۸/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌رسد (جدول ۸). نتایج مطالعات در خصوص مصرف کمپوست و اثر آن روی غلظت آهن خاک نشان می‌دهد که به دلیل وجود ترکیبات کلات‌کننده در ترکیب کمپوست پسماند شهری، غلظت آهن در خاک و برگ پنبه افزایش چشمگیری می‌یابد که بیش‌ترین تأثیر از مصرف ۵۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری در یک خاک رسی بدست آمده است (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۶؛ هراندو و همکاران، ۱۹۸۹). از طرف دیگر کاهش pH خاک نیز نقش مهمی در افزایش قابلیت جذب آهن خاک دارد (ژلجازکوف و وارمان، ۲۰۰۴). نتایج سایر تحقیقات نیز موید افزایش غلظت آهن قابل

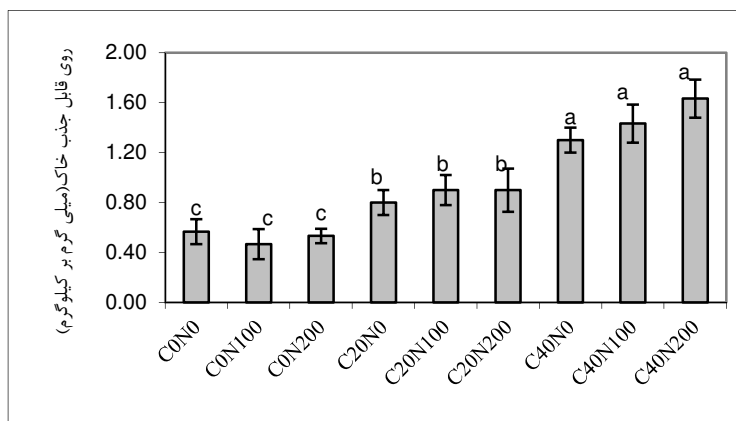
جذب خاک با مصرف کمپوست پسماند شهری بوده است (گالاردولارا و همکاران، ۲۰۰۶). اثر تیمارهای مختلف بر غلظت آهن قابل جذب خاک در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴: اثر متقابل کمپوست و نیتروژن بر میزان آهن خاک

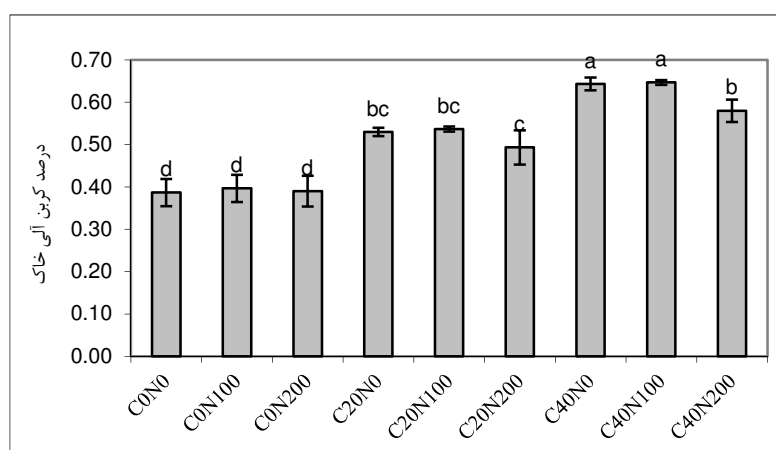
**روی قابل جذب خاک:** نتایج نشان داد که اثر عامل اصلی (کمپوست) روی صفت روی قابل جذب خاک در سطح یک درصد معنی‌دار شده است (جدول ۷). مصرف کمپوست باعث افزایش معنی‌دار روی قابل جذب خاک شد و مقدار آن را از ۰/۵۲ میلی‌گرم در کیلوگرم به ۱/۴۵ میلی‌گرم در کیلوگرم افزایش داد (جدول ۸). نتایج مطالعات در خصوص مصرف کمپوست و تأثیر آن روی غلظت روی خاک نشان داد که به دلیل وجود ترکیبات کلات‌کننده در ترکیب کمپوست پسماند شهری، غلظت روی در خاک و برگ پنبه افزایش چشم‌گیری داشته است، در این خصوص، بیش‌ترین تأثیر از مصرف ۵۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری در یک خاک رسی به‌دست آمده است. از طرف دیگر کاهش pH خاک نیز نقش مهمی در افزایش قابلیت جذب روی خاک دارد (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۶). نتایج به‌دست آمده از سایر محققان نیز موید افزایش روی قابل جذب خاک با مصرف کمپوست پسماند شهری بوده است (والتر و همکاران، ۲۰۰۶؛ هی و ترینا، ۱۹۹۵) اثر تیمارهای مختلف بر غلظت روی قابل جذب خاک در شکل ۵ نشان داده شده است.





شکل ۵: اثر متقابل کمپوست و نیتروژن بر میزان روی خاک

کربن آلی خاک: نتایج نشان داد که تنها اثر عامل اصلی کمپوست روی صفت کربن آلی خاک در سطح یک درصد آماری معنی‌دار شده است (جدول ۷). مصرف کمپوست پسماند شهری باعث افزایش میزان کربن آلی خاک شد و میزان آن را از ۰/۳۹ درصد به ۰/۶۲ درصد ارتقا داد (جدول ۸). نتایج مطالعات نشان داد که مصرف کمپوست پسماند شهری در اراضی کشاورزی باعث افزایش ماده آلی خاک و تأثیر روی خصوصیات فیزیکی آن می‌شود (ماهو و همکاران، ۲۰۰۰). همچنین نتایج به‌دست آمده توسط سایر محققان نشان داد که کاربرد مداوم کمپوست شهری، مواد آلی خاک را افزایش می‌دهد (سرچیو و همکاران، ۲۰۰۴؛ مونتمریو و همکاران، ۲۰۰۶؛ والتر و همکاران، ۲۰۰۶). اثر تیمارهای مختلف را بر میزان کربن آلی خاک در شکل ۶ نشان داده شده است.



شکل ۶: اثر متقابل کمپوست و نیتروژن بر میزان کربن آلی خاک

## منابع

1. Aliehyaie, M. 1996. Methods of chemical analysis of soil. Vol.:2, Technical report No: 1024, Soil and Water Research Institute, Tehran, Iran, (In Persian).
2. Ashraf, M. 2002. Salt Tolerance of Cotton: Some New Advances. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 21(1): 1-30.
3. Anonymous. 2010. Compost, Physical and Chemical Properties. National Standard No: 10716. Iranian Standards and Industrial Research Institute.
4. Badran, F.S., and Safwat, M.S. 2004. Response of fennel plants to organic manure and bio-fertilizers in replacement of chemical fertilization. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 82: 247-256.
5. Bauer, P.J., and Roof, M.E. 2004. Nitrogen, aldicarb, and cover crop effects on cotton yield and fiber properties. *Agronomy Journal*, 96: 369-376.
6. Boquet, D.J., and Breitenbeck, G.A. 2003. Beneficial use of municipal, industrial and agricultural waste in cotton production, World Cotton Research Conference, September 6-12, Athens, Greece.
7. Cercchio, C., Curci, M., Pizzigallo, M., Ricciuti, P., and Ruggiero, P. 2004. Effects of municipal solid waste compost amendments on soil enzyme activities and bacterial genetic diversity. *Soil Biology and Biochemistry*, 36: 1595-1605.
8. Clark, G.A., Stanly, C.D., and Mynard, D.N. 1995. Municipal Solid waste compost in irrigated cotton production. *Proceeding Soil and Crop Science Society of Florida*. 54: 49-53.
9. DeHaan, S. 1981. Results of municipal waste compost research over more than fifty years at the Institute for Soil Fertility at Haren/Groningen, the Netherlands. *Netherland Journal of Agricultural science*, 29: 49-61.
10. Dies, J.A., Cabalero, R., and Bustus, A. 1996. Control of nitrate pollution by application of controlled release fertilizer, copmost and an optimized irrigation system. *Fertilizers and the environment. International symposium held in Salamankca, Spain, 26-29 September*. 191-195.
11. Eriksen, G., Coale, F., and Bollero, G. 1999. Soil nitrogen dynamics and maize production in municipal solid waste amended soil. *Agronomy Journal*, 91: 1009-1016.
12. Fritschi, F.B., Roberts, R.L., Rains, D.W., and Hutmacher, R.B. 2003. Response of irrigated Acala and Pima cotton to nitrogen fertilization: Growth, dry matter partitioning, and yield. *Agronomy Journal*, 95:133-146.
13. Gallardo-Lara, F., Azcon, M., and Polo, A. 2006. Phytoavailability and fractions of iron and manganese in calcareous soil amended with composted urban waste. *Journal of Environmental Science and Health*, 41: 1187-1201.
14. Ghalavand, A., Hamidi, A., Malakooti, M.G., Asgharzadeh, A., and Chogun, R. 2007. Application of biofertilizers. *Proceeding of the 9th Iranian Congress of*

- Agronomy and Plant Breeding. 27-29 August, Karaj, Iran. pp: 200-225, (In Persian).
15. Girma, K., Teal, R.K., Freeman, K.W., Boman, R.K., and Raun W.R. 2007. Cotton lint yield and quality as affected by applications of N.P., and K fertilizers. *The Journal of Cotton Science*, 11:12-19.
  16. Giusquiani, P.L., Gigliotti, G., and Businelli, D. 1994. Long-term effects of heavy metals from composted municipal waste on some enzyme activities in a cultivated soil. *Biology and Fertility of Soils*, 17: 257-262.
  17. Hargreaves, J.C., Adi, M.S., and Warman, P.R. 2008. The effects of organic and conventional nutrient amendments on strawberry cultivation – Fruit yield and quality. *Science of Food and Agriculture*, 88: 2669-2675.
  18. He, X., Traina, S., and Logan, T. 1992. Chemical properties of municipal solid waste compost. *Journal of Environmental Quality*, 21: 318-329.
  19. He, X., Logan, T., and Traina, S. 1995. Physical and Chemical characteristics of selected U.S. municipal solid waste compost. *Journal of Environmental Quality*, 24: 543-552.
  20. Hernando, S., Lobo, M., and Polo, A. 1989. Effect of application of municipal refuse compost on the physical and chemical properties of soil. *Science of Total Environment*, 81/82: 589-596.
  21. Iglesias-Jimenez, E., Garcia, V., Espino, M., and Hernandez, J. 1993. City refuses compost as a phosphorus source to overcome the P-fixation capacity of sesquioxide-rich soils. *Plant and Soil*, 148: 115-127.
  22. Jakobsen, S., 1995. Aerobic decomposition of organic wastes. Value of compost as fertilizer. *Resources Conservation Recycling*, 13: 57-71.
  23. Maftoun, M., Moshiri, Karimian, N., and Ronaghi, A. 2004. Effects of two organic wastes in combination with phosphorus on growth and chemical composition of spinach and soil properties. *Journal of Plant Nutrition*, 27 (9): 1653-1651.
  24. Maho, M., Rosen, C., and Halbach, T. 2000. Nitrogen availability and leaching from soil amended with municipal solid waste compost. *Journal of Environmental Quality*, 28: 1074-1082.
  25. McCallum, K.R. Keeling, A. A., Beckwith, C.P., and Kettewell, S. 1998. Effects of green waste compost on cotton emergence and early growth. *Acta Horticulture*, 467: 313-31825.
  26. Montemurro, F., Maiorana, M., Convertini, G., and Ferri, D. 2006. Compost organic amendments in fodder crops: effects on yield, nitrogen utilization and soil characteristics. *Compost Science and Utilization*, 14 (2): 114-123.
  27. Prasad R, 1996. Cropping systems and sustainable of agriculture. *Indian Farming* 46: 39-45.

28. Read, J.J., Reddy, K.R., and Jenkins, J.N. 2006. Yield and fiber quality of upland cotton as influenced by nitrogen and potassium nutrient. *European Journal of Agronomy*, 24:282-290.
29. Rodrigues, M.S., Lopez, J.M. and Lee, H.C., 1996. Use of composted societal organic waste for sustainable crop production. *The science of composting*. 447-456.
30. Salardini, A. 2005 .Soil Fertility. Tehran University Press. 434 p, (In Persian).
31. Saleh Rastin, N. 1998. Biological Fertilizers, *Scientific Journal of Soil and Water*, Vol. 12. No. Biological Fertilizers Special issue, Soil and Water Research Institute, Tehran, Iran (In Persian).
32. Samar, M., Malakouti, M.J., and Mohammadi, A. 1998, Simple Methods for Conversion of Urban Waste of Citizens to Organic Fertilizers, Technical report No. 16, Agricultural Education press, Karaj, Iran.
33. Seilsepour, M., and Rashidi, M. 2011. Effect of Different Application Rates of Nitrogen on Yield and Quality of Cotton (*Gossypium hirsutum*). *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 10 (3): 366-370.
34. Shanmugam, G.S., and Warman, P.R. 2004. Soil and plant response to organic amendments to three strawberry cultivars. In: Martin-Neto, L., Milori, D., daSilva, W. (Eds.), *Proceedings of the International Humic Substances Society*. Embrapa (Pub.), Sao Pedro, pp. 230-232.
35. Sharma, R.K., Agrawal, M., and Marshall, F.M. 2006. Heavy metal contamination in vegetables grown in wastewater irrigated areas of Varanasi, India. *Bulletin Environmental Contamination and Toxicology* 77: 312–318.
36. Sharma, A.K. 2003. *Biofertilizer for sustainable agriculture*. Agrobios Publication, India.
37. Shata, S.M., Mahamoud, A., and Siam, S. 2007. Improving calcareous soil productivity by integrated effect of intercropping and fertilizer. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 3: 733-739.
38. Sikora, L.J. 1996. Effect of compost fertilizer blends on crop growth. *The science of composting*. Pub. Blackie, London. 447-456.
39. Soumare, M., Tack, F., and Verloo, M. 2003. Characterization of Malian and Belgian solid waste composts with respect to fertility and suitability for land application. *Waste Management*, 23: 517-522.
40. Walter, I., Martinez, F., and Cuevas, G. 2006. Plant and responses to the application of composted MSW in a degraded, semiarid shrubland in central Spain. *Compost Science and Utilization*, 14(2): 147-154.
41. Warman, P.R., and Rodd, V. 1998. Influence of source – separated MSW compost on vegetable crop growth and soil properties: year 3. In: *Proceeding of the 8<sup>th</sup> Annual Meeting of the Composting Council of Canada*, Ottawa, Ontario, November 3-5, pp. 263-273.

42. Wolkowski, R. 2003. Nitrogen management considerations for land-spreading municipal solid waste compost. *J. Environ. Qual.* 32, 1844–1850.
43. Zhang, M., Heaney, D., Henriquez, B., Solberg, E. and Bittner, E. 2006. A fouryear study on influence of biosolids/MSW cocompost application in less productive soils in Alberta: nutrient dynamics. *Compost Sci. Util.* 14(1): 68–80.
44. Zheljazkov, V., Warman, P.R. 2004a. Source-separated municipal soil waste compost application to Swiss chard and basil. *J. Environ. Qual.* 33, 542–552
45. Zheljakov, V., Astatkie, T., Caldwell, C.D., MacLeod, J. and Grimmett, M. 2006. Compost, manure, and gypsum application to timothy/red clover forage. *J. Environ. Qual.* 35: 2410-2418.
46. Ziaian, A., M.Seilspour and Ghoshchi, F. 2003. *Cotton Nutrition Principles*. Marse Danesh Press. Tehran. Iran (In Persian).

