بررسی تأثیر کاربرد کمپوست حاصل از تولید قارچ بر برخی از خصوصیات شیمیایی خاک لوم شنی

فهیمه وهابی[۱*]، حسین میر سید حسینی و مهدی شرفاء

کارشناسی ارشد گروه مهندسی علوم خاک دانشکده آب و خاک دانشگاه تهران؛ **fahimeh.vahabi@gmail.com**

استادیار گروه مهندسی علوم خاک دانشکده آب و خاک دانشگاه تهران؛ **h_ mirseyed@yahoo.com**

استادیار گروه مهندسی علوم خاک دانشکده آب و خاک دانشگاه تهران؛ **m_shorafa@ut.ac.ir**

چکیده

ضایعات تولید شده در صنعت تولید قارچ خوراکی که شامل بستر کشت قارچ می باشد دارای خصوصیات و پتانسیل لازم برای کاربرد در اراضی کشاورزی به عنوان ماده اصلاح کننده است. این ضایعات به عنوان کمپوست قارچ مصرفی[۲] (SMC) شناخته شده و به طور معمول پس از مراحل تولید قارچ دور ریخته می شود. هدف این مطالعه بررسی و مقایسه تأثیر این ضایعات در حالت تازه، یک ساله و دو ساله در سطوح مختلف ۱۵، ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار بر خصوصیات شیمیایی یک خاک لوم شنی بود. در این آزمایش انواع SMC با خاک در ستونهایی به طور یکنواخت مخلوط شدند و در دوره زمانی معین هفته ای یک بار با آب مقطر آبشویی شدند، زه آب ستونها جمع آوری شد و در ۴ دوره (هفته اول، هفته چهارم، هفته هشتم و هفته دوازدهم) در زه آب ستونها EC و pH، کاتیونها و آنیونهای محلول اندازه گیری شدند. اندازه گیریهای فوق در نمونه های خاک قبل از آزمایش و در پایان آزمایش نیز انجام گرفتند. نتایج آزمایش زه آب ستونها و همچنین نمونه های خاک نشان داد که در SMC دو ساله شوری کمتری نسبت به سایر انواع SMC در خاک ایجاد می کند، ولی حاوی پتاسیم، کلسیم و منیزیم بیشتری بوده است. SMC دو ساله غلظت کمتری از سدیم و کلر در خاک ایجاد می کند. مقدار نیترات موجود در SMC دو ساله نیز زیاد بوده که می تواند نسبت به سایر SMC های تازه و یک ساله نیاز اولیه گیاه را بیشتر فراهم کند. مقایسه سطوح مختلف استفاده SMC نشان داد که سطح ۶۰ تن دارای EC و غلظت بالای کاتیونها و آنیونها بود. بنابراین می توان نتیجه گرفت که سطح ۳۰ تن مصرف SMC نسبت به سایر سطوح مطلوب تر باشد. از آنجا که SMC منبع غنی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه می باشد، در صورتی که به مقدار مناسب به کار رود، می تواند سبب بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شود.

واژه های کلیدی: کمپوست قارچ خوراکی، ضایعات، اصلاح خاک، شوری، آبشویی

مقدمه

کمپوست تولید شده در صنعت قارچ خوراکی مخلوطی از مواد آلی پایدار می باشد و از اجزای مختلفی مانند کاه و کلش گندم، کود مرغی، کوداسبی، علف یونجه و سنگ گچ ساخته شده است. مصرف این کمپوست جهت اصلاح و بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و تأمین عناصر غذایی برای گیاهان صورت می گیرد (بنتال، ۱۹۹۸). در فرآیند تولید قارچ خوراکی SMC به طور معمول به صورت ضایعات دور ریخته می شود و

۱- نویسنده مسئول، آدرس: کرج، صندوق پستی ۳۱۱- ۳۱۷۸۵

* دریافت: فروردین ۱۳۸۸ و پذیرش: دی ۱۳۸۹

2- Spent Mushroom Compost

می تواند مشکلات زیست محیطی بسیاری را ایجاد نماید. بدین جهت تولید کنندگان قارچ اغلب به دنبال راههایی برای مصرف این ضایعات هستند و در مواردی SMC به طور مناسبی به خاک اضافه شده و در آمد بیشتری هم برای تولید کنندگان قارچ فراهم نموده است (رجبی،۱۳۷۱). چونگ و استفان و همکاران (۱۹۹۴) اعلام کردند که SMC به عنوان یک اصلاح کننده خاک در تولیدات کشاورزی و تجدید اکوسیستمها مورد توجه است. در طول فرآیند کمپوست سازی، SMC عناصر غذایی را جذب و در بخش های آلی خود ذخیره می کند. بنابراین مواد غذایی به راحتی مانند کمپوستهای تازه و ضایعات آلی آبشویی نمی شود، علاوه بر این کمپوست قابلیت نگهداری رطوبت بالایی داشته و در طی بارندگی های سبک قبل از آبشویی مقداری آب جذب می کند. لوانون (۲۰۰۱) اظهار داشت SMC تازه به طور متوسط تقریباً ۶۰ درصد وزن خود آب جذب می کند و تقریباً ۶۵ درصد ماده خشک آن را مواد آلی تشکیل می دهد.

به طور معمول غلظت کاتیونها و آنیونها درSMC زیاد بوده و سبب افزایش EC آن می گردد، که در اثر بارندگی و آبشویی این نمکها شسته شده و خارج می شوند. این مسئله می تواند در کاربرد این کمپوست مشکل آفرین شود و لذا در بسیاری از تحقیقات این موضوع مورد توجه قرار گرفته است. انال و همکاران در مطالعه اثر سطوح مختلف SMC بر غلظت کاتیونها و عملکرد گیاه فلفل به این نتیجه رسیدند که سطح بالای کاربرد SMC به علت غلظت بالای نمکهای محلول باعث کاهش رشد و عملکرد گیاه می شود. لوهرو همکاران (۱۹۸۴) نمونه های SMC را به مدت ۶ هفته آبشویی کردند و گزارش کردند که آزاد سازی پتاسیم در آبشویی سریع بوده، در حالی که کلسیم و منیزیم به تدریج آزاد می شود. همچنین ماهر (۱۹۹۱) افزایش زیادی در غلظت پتاسیم و منیزیم قابل دسترس خاک در اثر کاربرد ۴۰۰ تن در هکتار SMC در خاک لوم رسی گزارش کرد. ژئو و همکاران (۲۰۰۱) بیان کردند که وقتی توده SMC به ارتفاع ۹۰ سانتیمتری برای ۲ سال انباشته شود، تقریباً ۴۰٪ کربن آلی محلول و ۱۱ تا ۸۰ ٪ نمکهای معدنی آزاد شده و از توده در اثر آبشویی خارج می شود. در بررسی های مشابه دیگر اضافه نمودن شیرابه زباله و شیرابه کمپوست در خاک گلدان مانند SMC موجب افزایش شوری خاکها گردیده است و گذشت زمان و انجام آبشویی موجب کاهش شوری خاکها شده است (محمدی نیا،۱۳۷۴).

مطالعات انجام شده همچنین افزایش غلظت عناصری مانند کلسیم و منیزیم را در شرایط مزرعه ای و در شرایط انکوباسیون با استفاده از سطوح مختلف SMC در خاک لوم شنی نشان داده است (استوارت، ۱۹۹۸). اوزان (۲۰۰۴) دو نوع SMC تازه و رسیده را مقایسه کردند. SMC تازه دارای مقادیر زیادی سدیم و منیزیم و کلسیم بود که بعد از ۸ تا ۱۶ هفته خواباندن مقدار آنها در SMC کاهش پیدا کرد. مطالعات مشابه انجام گرفته بر روی کمپوست زباله شهری نیز نشان داد که کمپوست زباله باعث افزایش معنی دار غلظت سدیم و پتاسیم و کلسیم و منیزیم محلول خاک می گردد (خوشگفتارمنش،۲۰۰۱). استوارت (۱۹۹۸) اظهار داشت که SMC به عنوان اصلاح کننده خاک به ویژه برای تولیدات باغبانی به کار رفته است و حاوی مقادیرقابل توجه ازت می باشد. بررسی اثر سطوح مختلف SMC بر گیاه فلفل نشان داد که کمبود نیتروژن گیاه با استفاده از SMC برطرف شد و بهترین عملکرد در سطح ۳۰ تن در هکتار SMC بدست آمد (رجبی،۱۳۷۱). در این رابطه آزمایش انکوباسیون با خاک شن لومی با مقادیر مختلف SMC توسط گانی انجام شد. بیشترین غلظت ازت کل در بیشترین سطح SMC مشاهده شد. پس از مصرف SMC، ازت آلی شده و آبشویی نیترات کم بود. در یک بررسی در مورد اثرات کمپوست بر خصوصیات خاک مشخص شد که غلظت آنیونهای بی کربنات و کلر محلول خاک با افزایش سطح استفاده کمپوست افزایش یافته است. گذشت زمان و آبشویی باعث کاهش غلظت آنیونهای مذکور گردید (دیاز، ۱۹۹۴). در مجموع نتایج بررسی های انجام شده حاکی از تأثیر زیاد استفاده از SMC برخصوصیات خاک و غلظت عناصر غذایی محلول بوده است، با توجه به اینکه فرآیند تولید این ماده و میزان رسیدگی کمپوست حاصل از این ضایعات می تواند عامل تعیین کننده ای در میزان تأثیر آن بر خصوصیات خاک باشد. این تحقیق با هدف تعیین تأثیر مقادیر مختلف SMC بر خصوصیات خاک و بررسی روند آبشویی آن به مرحله اجرا در آمد.

مواد وروشها

نمونه های خاک با بافت لوم شنی از منطقه عظیمیه کرج و نمونه های SMC تازه، یک ساله و دو ساله نیز از کارخانه قارچ مهر چین واقع در اطراف کرج جمع آوری شد. نمونه های SMC پس از مخلوط شدن کامل هوا خشک شده و از الک ۴ میلیمتری عبور داده و برای آزمایش آماده شدند. خصوصیات شیمیایی نمونه های خاک و هر سه نوع SMC تعیین گردید (جدول۱). اندازه گیری ها در عصاره ۱:۵ در نمونه های SMC و در عصاره گل اشباع نمونه های خاک انجام شد. از ستونهایی از جنس لوله پولیکا به ارتفاع ۲۴ سانتیمتر و به

شعاع ۱۰/۵ سانتیمتربه تعداد لازم جهت پر کردن مخلوط خاک و SMC استفاده شد. آزمایش به صورت طرح پایه کاملاً تصادفی در قالب اسپیلت در زمان (زمان های نمونه برداری) انجام شد. بر اساس حجم ستون و وزن مخصوص ظاهری، مقدار خاک و SMC های مورد نظر برای هر ستون مشخص شد. مقادیر لازم از انواع SMC با شرایط ماندگاری (تازه، یک ساله و دو ساله) و در سطوح ۱۵، ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار محاسبه گردید. انتهای ستونها توسط توری هایی مقاوم و به وسیله کش بسته شدند. سپس ستونها بر اساس طرح آزمایش با مخلوط خاک و SMC پر شدند. بعد از پر کردن ستونها و آبیاری اولیه مقداری پارافین ذوب شده در لبه های اطراف خاک هر ستون اضافه شد تا آب اضافه شده به ستون از کل ستون خاک عبور کرده و فقط از کناره ها به پایین نشت نکند. ستونها با استفاده از سیم فلزی به لوله های فلزی و با فاصله از سطح میز نصب شدند و و در زیر هر کدام ظرفی قرار گرفت. آزمایش آبشویی در دو تکرار انجام گرفت. ستونها به مدت ۱۲ هفته در شرایط آزمایشگاه و دمای ۲۰ تا ۲۶ درجه قرار گرفتند. در فواصل معین زمانی هر ۷ روز یکبار آبیاری شدند. در طی این مدت زه آب ستونها جمع آوری وآنالیز های مختلف بر روی نمونه های محلول آبشویی انجام شدند که شامل اندازه گیری pH با pH متر، EC با EC متر، کاتیونهای سدیم و پتاسیم با روش شعله سنجی، کلسیم و منیزیم با روش کمپلکسومتری و آنیونهای نیترات با روش رنگ سنجی با بسته های آماده نیتراور از طریق دستگاه اسپکتروفتومتر، بی کربنات با روش اسیدومتری، کلر با روش نیترات نقره بود. در پایان آزمایش نمونه خاک داخل ستون نیز تجزیه و مورد مقایسه گرفت. نتایج تجزیه شیمیایی تیمارهای آزمایشی با استفاده از نرم افزارهای SAS و MSTATC مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. از تجزیه واریانس یکطرفه و مقایسه میانگین ها برای بررسی تأثیر تیمارهای آزمایشی بر خصوصیات خاک و بررسی روند آبشویی استفاده شد.

نتایج و بحث

خصوصیات شیمیایی محلول آبشویی ستونها در زمانهای مختلف اندازه گیری

هدایت الکتریکی – با گذشت زمان مقدارEC در همه تیمارها کاهش پیدا کرد و پس از هفته چهارم به مقدار تقریبا" ثابتی رسید (شکل ۱). در هفته اول بیشترین EC به تیمار SMC تازه با مقدار ۱۷/۶۹ dS/m مربوط می شد که اختلاف معنی داری با بقیه و شاهد داشت (جدول۲) .

در همه دوره های زمانی مقدار EC تیمارهای SMC بیشتر از شاهد بود. از آنجا که تیمار شاهد فاقد ماده آلی بود، در نتیجه مقدار EC آن نسبت به تیمارهای SMC کمتر است. ولیEC تیمار شاهد هم مانند تیمارهای مختلف SMC در طی عمل آبشویی کاهش یافت، که EC تیمارهای SMC به دلیل داشتن نمکهای زیاد، نسبت به شاهد کاهش بیشتری نشان داد. سایرمطالعات نیز نشان داده است که مقادیرEC ابتدا در SMC بالا بوده ولی با گذشت زمان کاهش یافته است. ولی در طول دوره آزمایش EC خاک تیمار شده با SMC بیشتر از تیمار شاهد بوده است (گیو و کرور،۲۰۰۴).

سدیم و پتاسیم

در تمام زمانها بین تیمارها و شاهد اختلاف معنی داری در مقدار سدیم و پتاسیم وجود داشت. در عین حال مقدار سدیم و پتاسیم در تیمار SMC تازه در مقایسه با شاهد در تمام دوره آزمایش بیشتر بوده است. به نظر می رسد که در مجموع تأثیر مقدار سدیم و پتاسیم محلول در مراحل ابتدایی آبشویی کاهش یافته و با گذشت زمان به تعادل می رسد. این تغییرات مشابه روند تغییرات EC بوده است البته مقدار پتاسیم آبشویی شده از ستونها نسبت به سدیم بیشتر بوده که به مقدار بالای پتاسیم SMC مربوط می گردد. روند کاهش آن نیز در طول زمان نسبت به سدیم سریعتر بوده است. در بررسی انجام شده توسط محققین دیگر نیز روند زمانی تغییرغلظت کاتیون در تیمارهای SMC به این صورت بود که در مراحل اولیه تجزیه افزایش تدریجی داشت و بعد از ۶ تا ۷ ماه به ماکزیمم رسید و سپس به کندی کاهش یافت (ژئو و همکاران، ۲۰۰۱).

کلسیم

غلظت کلسیم همه تیمارها در تمام زمانها به جز تیمار دو ساله در هفته اول که با شاهد تفاوت معنی داری نداشت ،بیشتر از شاهد بود. در چهار هفته اول تفاوت بین تیمارها معنی دار بود، بخصوص تا هفته چهارم ترتیب تیمارها به صورت تازه> یک ساله> دو ساله> شاهد بوده است. اما نتایج هفته های هشتم و دوازدهم نشان داد که تفاوت بین تیمارها به تدریج کاهش یافته و در نهایت از نظر آماری معنی دار نبود. استوارت (۱۹۹۸) بر اساس مطالعات انجام داده اعلام کردند که مقادیر کلسیم و سولفات آبشویی شده می تواند به نوع مواد اولیه مورد استفاده برای تهیه کمپوست قارچ و و انحلال ژیپس در SMC مربوط باشد. ژیپس به مقدار کم حل می شود. در نتیجه کلسیم و سولفات آن به تدریج و در طول زمان آزاد می گردد.

منیزیم

همه تیمارها از نظر مقدار منیزیم در زه آب ایجاد شده در تمام دوره های زمانی اختلاف معنی داری نسبت

به شاهد نشان دادند. به تدریج مقدار منیزیم در تمام تیمارها کاهش یافت. در ابتدای آزمایش همه تیمارهای SMC نسبت به هم اختلاف معنی داری نشان دادند، ولی از هفته چهارم تا پایان آزمایش بین تیمارها تفاوت معنی داری وجود نداشت. اگرچه با شاهد اختلاف معنی داری داشتند. منیزیم از تیمارهای مختلفSMC با نسبت های متفاوتی در طول زمان آزاد می شود که به تدریج با آبشویی آن مقدار منیزیم محلول خاک کاهش می یابد.دیاز (۱۹۹۴) نیز گزارش کردند که کاربرد مواد آلی در خاک با نسبت ۲۰ درصد باعث افزایش مقدار کلسیم و منیزیم خاک تا حد دو برابر شده است.

کلر

همه تیمارها در تمام دوره های زمانی نسبت به شاهد اختلاف معنی داری نشان دادند، به جز هفته هشتم که همه تیمارها نسبت به هم و تیمار شاهد اختلاف معنی داری نداشتند. در هفته اول از نظر مقدار کلر تیمارها به ترتیب SMC تازه> SMC یک ساله>SMC دو ساله> شاهد بودند. ولی به تدریج تفاوت بین تیمارها در تمام زمانها کاهش پیدا کرد. مطالعات کمی در رابطه با آبشویی کلر در کانی ها یا کودهای حاوی کلر انجام شده است. کلر بیشتر از طریق پخشیدگی و به طور سریع در ستون خاک حرکت می کند که احتمالاً به علت بار منفی آن است. روند آزاد سازی مشابه سدیم و پتاسیم و کلر احتمالاً دلالت بر این دارد که سدیم و پتاسیم در فرم های کلرید در SMC جامد وجود دارند.

بی کربنات

همه تیمارهای SMC با خاک شاهد اختلاف معنی داری نشان دادند ($p\leq$۰/۰۱) (جدول۲). در هفته اول و چهارم تیمارSMC تازه بیشترین بی کربنات را داشت که با سایر تیمارها نیز اختلاف معنی داری نشان داد .در نمونه های هفته های آخر اختلاف آماری بین تیمارها مشاهده نمی شد.

نیترات

همه تیمارهای SMC نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی داری نشان دادند (جدول۲). مقدار نیترات در ابتدای آزمایش کم بود ولی با گذشت زمان افزایش پیدا کرد. در هفته چهارم و دوازدهم مقدار نیترات در تیمارها به ترتیب به صورت تیمار دو ساله> تیمار یک ساله> تیمار تازه> شاهد بوده است .اگرچه در بعضی زمانها بین تیمارها اختلاف معنی دارمشاهده نشد. بر اساس مطالعات انجام شده مقدار نیتروژن آمونیومی در SMC تازه بیشتر و تا حدود۰/۱۱ درصد وزن خشک بوده، در حالی که در SMC هوادیده ۰/۰۳ درصد وزن خشک بوده است (اوزن، ۲۰۰۴). این تغییرات نشان می دهد که آمونیوم به تدریج کم شده و به نیترات تبدیل می گردد.

تأثیر متقابل نوع و سطوح کاربرد SMC بر خصوصیات شیمیایی محلول های آبشویی

pH– بین pH زه آب ایجاد شده در تیمارهای مختلف SMC تفاوت معنی داری وجود نداشت (جدول۳). سطوح هر یک از انواع تیمارهای SMC با شاهد نیز اختلاف معنی دار نشان ندادند .سایر مطالعات انجام شده بر روی SMC نیز نشان داد که با افزایش سطوح SMC، pH در طول یک ماه اول تغییر چندانی در تیمار های مختلف با خاک شاهد نداشت، ولی با گذشت زمان، pH افزیش پیدا کرد (وانگ ۱۹۸۴).

EC– در محلول آبشویی در تمام تیمارهای SMC مقدار EC به ترتیب برای سطوح مختلف ۶۰ تن در هکتار> ۳۰ تن در هکتار >۱۵ تن در هکتار> شاهد بود ،مقدار EC در زه آب تیمار ۶۰ تن حداکثر بود. هر چند که در سطح ۶۰ تن بین تیمارها تفاوت معنی دار وجود نداشت (جدول۳). در این رابطه در تحقیقی که انجام شد، مشاهده گردید که بعد از کاربرد ۲،۱۰،۲۰ کیلوگرم SMC در متر مربع، EC در خاک شاهد از۰/۷ به ترتیب به۳/۱ ،۴/۸ ،۹/۱ دسی زیمنس بر متر افزایش یافت (انجی ۲۰۰۱). اونال و همکاران در مطالعه اثر سطوح ۰ ،۱۵، ۳۰ و۶۰ تن در هکتار SMC بر غلظت کاتیونها و عملکرد گیاه فلفل به این نتیجه رسید که سطح۶۰ تن SMC به علت غلظت بالای نمکهای محلول باعث کاهش رشد و عملکرد گیاه می شود.

سدیم و پتاسیم

در محلول آبشویی ستونها در همه تیمارهای SMC مقدار سدیم و پتاسیم برای سطوح مختلف به ترتیب ۶۰ تن در هکتار>۳۰ تن در هکتار >۱۵ تن در هکتار> شاهد بوده است. آزمایشات انجام شده بر تأثیر سطوح مختلف ۰،۲۰،۴۰،۶۰ درصد شیرابه کمپوست در مقدار سدیم و پتاسیم محلو ل خاک نشان داد که با افزایش سطح شیرابه مقدار آنها نیز افزایش پیدا کرد (گیگلیوتی و همکاران ۱۹۹۷). در بررسی آزاد سازی نمک های محلول حاصل از آبشویی و به دنبال تجزیه SMC و جذب آنها در خاک در دو توده ۹۰ و ۱۵۰ سانتیمتری در طول مدت تجزیه دو ساله توسط گو و کرور (۲۰۰۴) نشان داده شد که محلول آبشویی حاصل از توده های ۱۵۰ سانتیمتری SMC حاوی کربن آلی و ازت آلی و نمکهای محلول و مقدار کل کلر و سولفات و آمونیوم بیشتری نسبت به توده های ۹۰ سانتی متری بود.بارکر (۱۹۹۷) اعلام کرد که در کمپوست سدیم در شکل محلول در آب وجود دارد و برای استفاده

گیاه به معدنی شدن نیاز ندارد. بنابراین در طی فرآیند کمپوست شدن آبشویی را عاملی برای کاهش مقدار سدیم در کمپوست دانست.

کلسیم و منیزیم

مقدار کلسیم و منیزیم محلول آبشویی در همه تیمارهای SMC برای سطوح مختلف به ترتیب ۶۰ تن در هکتار >۳۰ تن در هکتار >۱۵ تن در هکتار> شاهد بود. همه تیمارها در تمام سطوح اختلاف معنی داری با شاهد نشان دادند. مقدار کلسیم در تیمارSMC دو ساله در هر سه سطح بیشتر از تیمارهای تازه و یک ساله بود که می تواند به دلیل حلالیت و آزادسازی بیشتر کلسیم در مراحل تجزیه SMC باشد. نتایج تجزیه در مطالعات انجام شده بر تأثیر سطوح مختلف SMC به عنوان اصلاح کننده خاک بر رشد سبزیجات نشان داد که با افزایش سطح SMC، پتاسیم و کلسیم و منیزیم در خاک اصلاح شده نسبت به خاک شاهد افزایش پیدا کردند. اما افزایش کلسیم و منیزیم در سال دوم آزمایش بیشتر از سال اول بود که ونگ و همکاران (۱۹۸۴) علت را انحلال کند سنگ آهک موجود در SMC دانستند.

کلر

در نمونه های محلول آبشویی همه سطوح در تمام تیمارها از نظر مقدار کلر نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی داری نشان داشتند. فقط در سطح ۶۰ تن تیمارها نسبت به هم اختلاف معنی داری داشتند و ترتیب آن به صورت تیمار تازه >یک ساله> دو ساله > شاهد بود. SMC یک ساله و دو ساله قبلاً در اثر تجزیه املاح را آزاد کرده و نسبت به SMC تازه مقدار املاح کمتری داشتند و مقدار کلر و املاح SMC تازه نسبت به بقیه بیشتر بود. همان گونه که تحقیقات قبلی نیز نشان داده است که SMC مقدار زیادی نمک و مواد آلی ناپایدار دارد و باید قبل از استفاده تجزیه شود. این عمل باعث حذف املاح اضافی در اثر آبشویی توسط باران نیز می شود.

بی کربنات

مقادیر بی کربنات محلول برای همه سطوح در تمام تیمارهای SMC نسبت به شاهد اختلاف معنی داری نشان دادند. مقدار بی کربنات در هر سه سطح در تیمار تازه بیشتر از سایر تیمارها بوده است و نسبت به آنها اختلاف معنی داری را نشان داد. همه سطوح در تیمارهای یک ساله و دو ساله نسبت به هم اختلاف معنی دار نداشتند که با روند تغییرات آن در اثر اصلی تیمارها نیز مطابقت داشت. در همه تیمارها نیز مقدار بی کربنات برای سطوح مختلف به ترتیب ۶۰ تن در هکتار >۳۰ تن در هکتار >۱۵ تن در هکتار> شاهد بود.

نیترات

غلظت نیترات در زه آب تیمار SMC دو ساله به طور معنی داری بیش از سایر تیمارها بود. سطوح ۳۰ الی ۶۰ تن SMC به طور معنی داری نیترات بیشتری در زه آب آبشویی داشتند. سطح ۳۰ و ۶۰ تن در هر سه نوع تیمار با شاهد اختلاف معنی داری نشان داد. مطالعات انجام شده توسط استوارت و همکاران (۱۹۹۸) در مورد تأثیر سطوح مختلف SMC در سبزیجات مختلف از جمله سیب زمینی نشان داد که در مصرف اولیه SMC به مقدار ۲۰ تن در هکتار گیاه با کمبود ازت مواجه می شود که دلیل آن ایموبلیزه شدن ازت بود. از طرفی این محققان دریافتند که SMC سبب افزایش عملکرد محصولات می شود و در حالی که کودهای معدنی برای افزایش عملکرد باید در مقادیر بیشتری نسبت به SMC به کار روند.

نتایج اندازه گیری های خاک ستونها

مقایسه خصوصیات اولیه و نهایی خاک ستونها

مقایسه EC خاک ستونها در تیمارهای SMC در ابتدا و انتهای آزمایش نشان داد که EC کاهش قابل توجهی پیدا کرده است. حتی در تیمار شاهد نیز کاهش EC مشاهده شده است که نسبت به تیمارها ناچیز بود. آبشویی ستونها در طول دوازده هفته سبب شستشوی نمکها از مخلوط خاک و SMC شده است. کاهش غلظت نمکها در تیمارهای SMC تازه و در سطح ۶۰ تن بیشتر از سایرتیمارها بود. در واقع تیمارهای یک ساله و دو ساله به علت تجزیه بیشتر و شستشو توسط باران، املاح کمتری نسبت به تازه داشتند. سطح ۶۰ تن نیز مقدار نمکهای محلول زیادتری نسبت به سطوح پایین تر SMC داشت، در نتیجه تغییرات آن قابل توجه بود. در نتیجه جهت مصرف SMC به علت EC بالای آن در خاک نمی تواند به صورت تازه و تجزیه نشده به کار رود. همچنین نباید در سطوح بالا در خاک استفاده گردد. همان طور که مطالعات نشان داده است که EC بالای SMC، استفاده آن را جهت اصلاح کننده خاک و کود آلی در سطوح بالا محدود می کند. که این شوری احتمال زیاد به علت وجود پتاسیم و سدیم زیاد در SMC است (هلریگ ۱۹۹۲).

pH در همه تیمارهای SMC و در همه سطوح حتی شاهد در پایان آزمایش افزایش کمی پیدا کرد. که میزان افزایش آن در انواع SMC و سطوح آن متفاوت بود. علت افزایش pH احتمالاً شتشوی خاک و تغییر نسبت یونهای قلیایی به اسیدی، تغییرات نیتروژن و آبشویی احتمالی عوامل اسیدی آلی از خاک بوده است.

همه کاتیونها در انتهای آزمایش نسبت به ابتدای آزمایش و قبل از آبشویی به میزان زیادی کاهش پیدا

کردند. در اثر آبشویی مقدار زیادی از کاتیونها شسته شده و از ستون خاک خارج شدند. در تیمارهای SMC به خصوص تیمار SMC تازه در سطح ۶۰ تن مقدار سدیم از حدود۶۰ به۲ میلی اکی والان بر لیتر و پتاسیم از حدود ۱۶۱ به ۲۴ میلی اکی والان بر لیتر و مجموع کلسیم و منیزیم نیز از۱۰۰ به ۱۸ میلی اکی والان بر لیتر کاهش یافت. مقدار بی کربنات از ۹/۸ به۳/۸ میلی اکی والان بر لیتر و مقدار کلر از ۳۸ به ۱۰ میلی اکی والان بر لیتر کاهش پیدا کرد. تمام این نتایج تأئیدی بر کاهش غلظت نمک SMC در اثر آبشویی است که کیفیت آن را به عنوان اصلاحگر خصوصیات خاک و تقویت رشد گیاهان ارتقا می دهد. همان طور که چونگ و رینکر (۱۹۹۴) و همچنین اونال (۲۰۰۷) اعلام کردند که غلظت بالای نمک استفاده از SMC را برای محیط کشت و رشد گیاه محدود کرده است، مخصوصاً اگر مقدار مصرف SMC بیشتر از۳۰ تن در هکتار باشد، در حالی که SMC حاوی مقادیرقابل توجه ازت می باشد (پسکوینی,۲۰۰۴). گیوو همکاران (۲۰۰۱) دریافتند که در خاکهایی که SMC تجزیه شده دریافت کرده اند، کربن آلی و یونهای معدنی آنها به طور قابل توجهی افزایش یافت.

مقایسه مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) درتیمارها نشان داد که با به کارگیری SMC، CEC در تیمارهای حاوی SMC نسبت به شاهد افزایش داشته است. بیشترین مقدار CEC در تیمار SMC تازه در سطح ۶۰ تن بوده است. مقدارCEC در تیمار شاهد از حدود ۵ به ۱۱ میلی اکی والان در صد گرم خاک لوم شنی درSMC در سطح ۶۰ تن افزایش نشان داده است. غنی بودن کمپوست از کاتیونها و زیاد بودن مواد آلی آن، علت افزایش ظرفیت تبادلی خاک است (گیگلیوتی و همکاران۱۹۹۹). بررسی انجام شده بر روی اثر SMC در خاک و عملکرد محصول نشان داد که به کاربردن SMC، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را افزایش می دهد، در حالی که کود های معدنی مقدار آن را کاهش می دهد (استوارت ۱۹۹۸).

نتایج آزمایش ستونهای خاک نشان داد که در اثر افزودن SMC در مراحل مختلف پوسیدگی، تغییرات شیمیایی محسوسی در خصوصیات خاک و زه آب ستونها ایجاد شده است. تغییرات pH به نوع ماده آلی، مرحله پوسیدگی و شرایط کمپوست شدن و مدت زمان آن بستگی دارد. از نظر تغییرات EC مشاهده شد که EC محلول آبشویی از حدود dS/m۱۸ در هفته اول به حدود dS/m ۴ در انتهای آزمایش کاهش پیدا کرد. بر اساس طبقه بندی شوری از شوری زیاد به شوری کم تغییر پیدا کرد (زرین کفش، ۱۳۶۸). EC ستونهای خاک نیز در پایان آزمایش کاهش یافت. علیرغم تفاوتها در هفته اول، با گذشت زمان، EC همه تیمارهای SMC کاهش پیدا کرد. ولی باز هم EC تیمارهای SMC از EC تیمار شاهد بیشتر بود. اضافه کردن سطح ۶۰ تن SMC در مراحل مختلف پوسیدگی به خاک EC را تا حدود ۱۱ dS/m در خاک افزایش داد. در حالی که EC سطوح ۱۵ و ۳۰ تن تفاوت معنی دار نسبت به هم نشان ندادند.

همه کاتیونها و آنیونهای سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم و کلر و بی کربنات در محلو ل آبشویی و خاک ستونها در ابتدا زیاد بوده و با گذشت زمان و طی آبشویی کاهش پیدا کردند. به جز نیترات که در ابتدا کم بوده ولی با ایجاد شرایط نیتریفیکاسیون در هفته های چهارم به بعد افزایش یافت.

بررسی شاخص SAR در تیمارها در مراحل مختلف پوسیدگی نشان داد که تأثیر تیمار SMC تازه و یک ساله و بعد از آنها تیمار SMC دو ساله به ترتیب با مقدارSAR ۰/۹۵، ۰/۹۲، ۰/۸۳ در زه آب ستونها کمتر از تیمار شاهد با SAR حدود ۲ بوده است که نمایانگر این مطلب است که در تیمارهای SMC افزایش مقدار کلسیم و منیزیم بیشتر از افزایش سدیم نسبت به شاهد بوده است. در نتیجه سبب کاهش مقدار SAR تیمارها نسبت به شاهد شده است. تأثیر تیمار SMC دو ساله در برابر سایر تیمارها با ایجاد SAR کمتر قابل توجه تر بوده است.

به طور کلی می توان نتیجه گرفت که در بین تیمارهای SMC ،احتمالاً تیمار SMC دو ساله به مقدار۳۰ تن در هکتار SMC شرایط مطلوب تری را برای رشد گیاهان ایجاد می نماید. بعلاوه این نوع SMC، که مراحل تجزیه بیشتری را طی کرده است، پتاسیم، کلسیم و منیزیم بیشتری را در محلول خاک می تواند آزاد کند. مقدار نیترات موجود در آن نیز نسبت به SMC تازه و یک ساله بیشتر بوده و نیاز کمتری به استفاده از کود ازته می باشد. همچنین شوری و غلظت آنیون کلر کمتری را در خاک در مقابل سایر تیمارها ایجاد می کند.

تشکرو قدردانی

این تحقیق با حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه تهران و با استفاده از امکانات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی در گروه مهندسی علوم خاک انجام شده که بدینوسیله از مسئولین مراکز فوق به خاطر کمک در انجام تحقیق تشکر و قدردانی می شود.

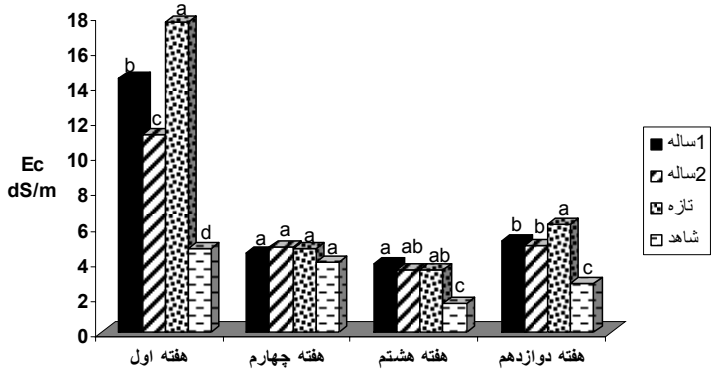
جدول ۱- برخی خصوصیات شیمیایی SMC و خاک های مورد آزمایش

خصوصیات	SMC تازه	SMC یکساله	SMC دوساله	خاک	خصوصیات	SMC تازه	SMC یکساله	SMC دوساله	خاک
EC dS/m	۱۱/۹۶	۱۱/۷	۹/۹۸	۰/۹۱۹	$Ca^{++}+Mg^{++}$ meq/l	۵۰	۵۴	۵۲	۸
PH	۷/۶	۷/۱	۷/۶	۷/۹	Cl^{-} meq/l	۴۴	۴۴	۳۹	۷
Na^{+} meq/l	۳۹۲	۳۸۲/۴	۳۰۳/۱۲	۱/۶۱	$HCO3^{-}$ meq/l	۱۳۴	۱۰۶	۱۹۸	۴۶
K^{+} meq/l	۲۵۰۰	۲۳۵۰	۲۱۰۰	۰/۱۹۷	$CO3^{--}$ meq/l	–	–	–	۰
Ca^{++} meq/l	۳۶	۳۲	۳۰	۴	$NO3^{-}$ mg/Kg	۹/۲۴۲	۸/۲۳	۸/۲۶	۱۷/۸۸
O.C%	۱۶/۶۱	۱۱/۷۶	۱۲/۳۲	–	$SO4^{--}$ meq/l	۳۶/۳	۳۶/۴	۳۵/۷۶	

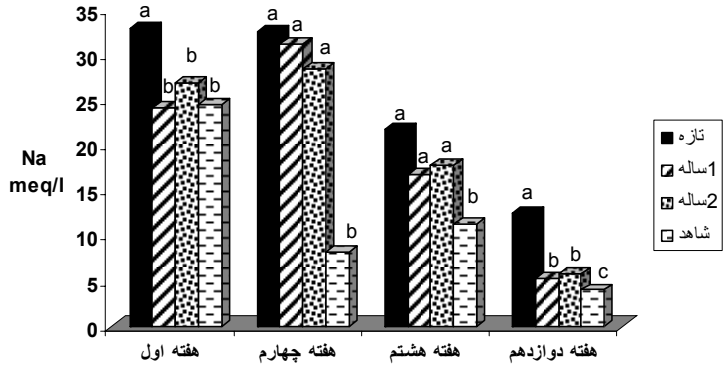
جدول۲- خلاصه جدول تجزیه واریانس اندازه گیری های انجام شده برای زه آب ستونها

منبع	pH	EC	K
	MS	**MS**	**MS**
سطحSMC × SMC	۰/۰۵۵^{ns}	۳۷/۸۸**	۳۲۳/۳۲**
زمان	۰/۷۸۶**	۴۲۵/۳۱**	۶۲۴/۶۵**
زمان× SMC ×سطح SMC	۰/۱۱۲**	۲۰/۴۶**	۸۲/۴**
خطا	۰/۰۴۱	۲/۱۹	۵۷/۶۳
	Na	**Ca**	**Mg**
	MS	**MS**	**MS**
سطحSMC × SMC	۲۵۴/۲۱**	۶۵۰/۴۹**	۵۴۸۱/۵۸**
زمان	۵۶۶/۶۶**	۹۸۴/۸۵**	۴۹۶۹۹/۷**
زمان× SMC ×سطح SMC	۶۹/۱۵^{ns}	۲۴۸/۶۸**	۳۳۷۶/۵۹**
خطا	۴۰/۹۵	۱۱/۴۵	۷/۹
	Cl	**HCO3**	**NO3**
	MS	**MS**	**MS**
سطحSMC × SMC	۱۵۶۵/۴۴**	۲۰/۷۵**	۱۵۰/۴۷**
زمان	۱۷۲۶۸/۰۳**	۵/۸۸**	۳۶۰/۰۴**
زمان× SMC ×سطح SMC	۱۰۳۱/۴۱**	۰/۹۹۸**	۷۲/۶۲**
خطا	۱۱/۳۶	۰/۱۵	۲۲/۱۶

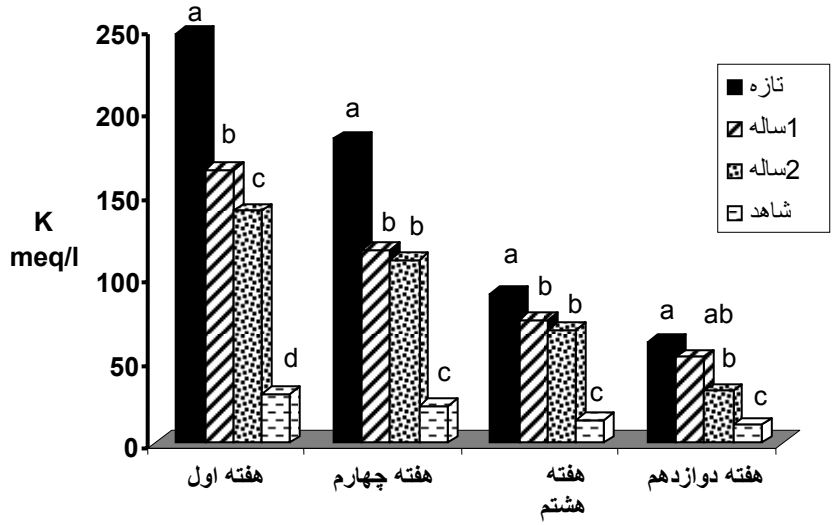
ns : فاقد تفاوت معنی دار *: تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد ** : تفاوت معنی دار در سطح ۱درصد



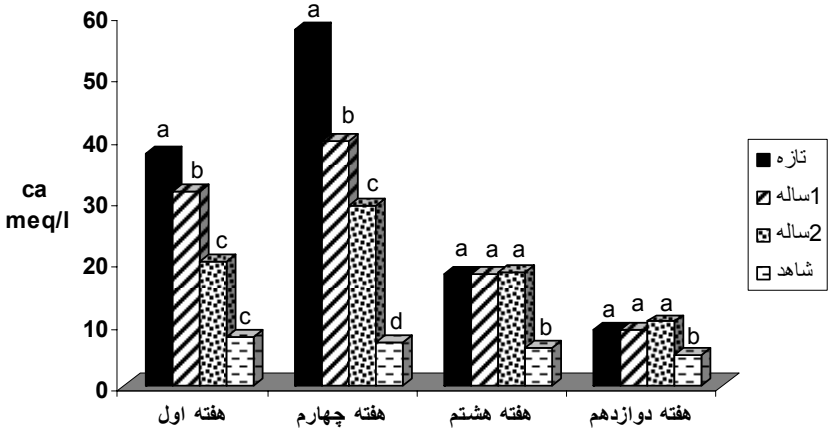
شکل ۱- اثر انواع مختلف SMC بر تغییرات EC محلول آبشویی خاک



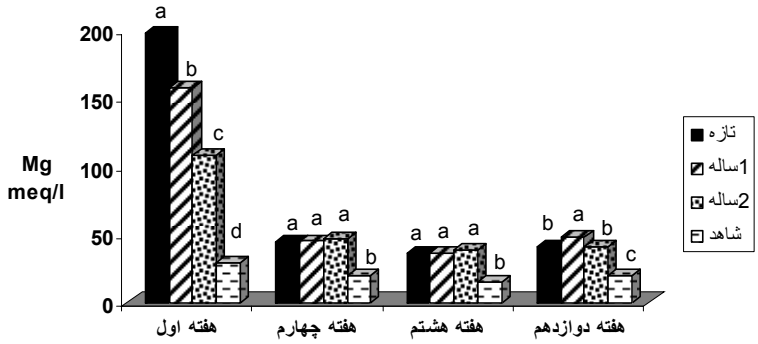
شکل ۲- مقایسه اثر انواع SMC در زمانهای مختلف در مقدار سدیم محلول آبشویی



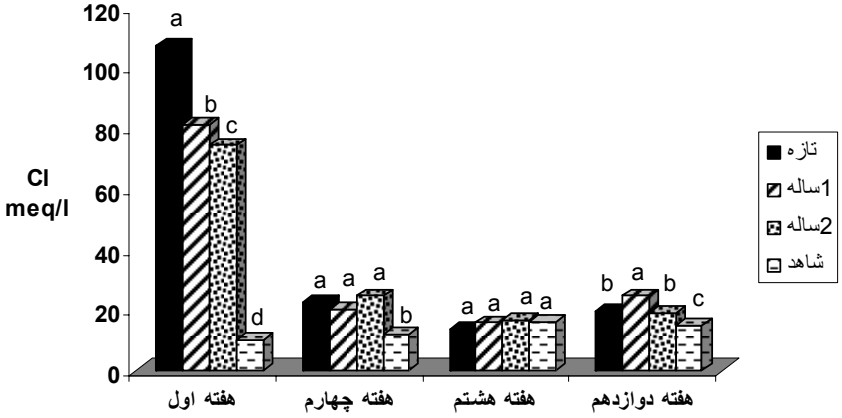
شکل ۳- مقایسه اثر انواع SMC در زمانهای مختلف در مقدار پتاسیم محلول آبشویی



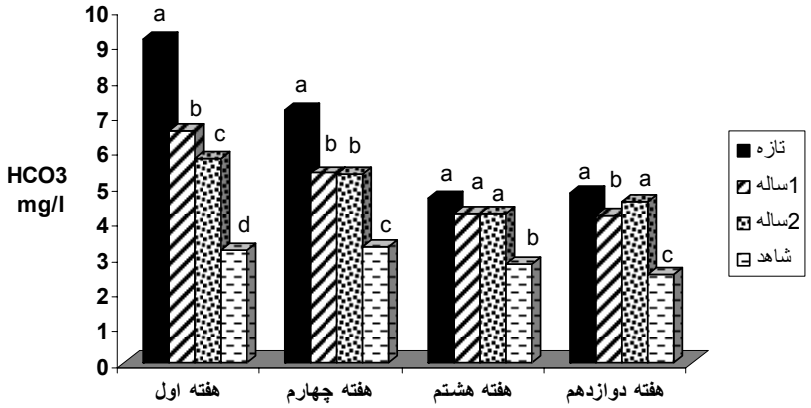
شکل ۴- مقایسه اثر انواع SMC در زمانهای مختلف بر مقدار کلسیم محلول آبشویی



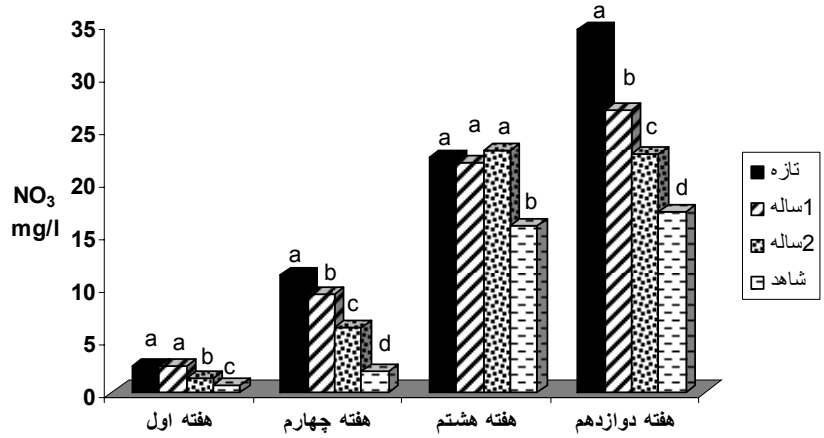
شکل ۵- مقایسه اثر انواع SMC در زمانهای مختلف در مقدار منیزیم محلول آبشویی



شکل ۶- مقایسه اثر انواع SMC در زمانهای مختلف در مقدار کلر محلول آبشویی



شکل ۷- مقایسه اثر انواع SMC در زمانهای مختلف در مقدار بی کربنات محلول آبشویی



شکل ۸- مقایسه اثر انواع SMC در زمانهای مختلف در مقدار نیترات محلول آبشویی

جدول ۳ - مقایسه اثر سطوح SMC در خصوصیات محلول آبشویی خاک (در مجموع ۴ زمان)

نوع SMC	سطح SMC	pH	EC dS/m	Na^+ meq/l	K^+ meq/l	Ca^{++} meq/l	Mg^{++} meq/l	Cl^- meq/l	HCO_3^- meq/l	NO_3^- meq/l
تازه	۱۵ تن	۷/۴۹^b	۴/۶۷^a	۱۶/۳۲^a	۵۸/۴^b	۱۵/۲۵^a	۴۸/۷۵^b	۲۸^{ab}	۴^b	۱۱/۶۲^b
۱ساله		۷/۶۶^a	۶/۱۷^a	۱۹/۰۴^a	۸۸/۱^a	۱۸/۱۳^a	۶۴/۱۳^a	۳۰/۶۳^a	۴/۶۶^a	۸/۹۴^b
۲ساله		۷/۶۵^a	۴/۹۹^a	۱۲/۵۳^a	۴۱^b	۱۹/۲۵^a	۳۷/۵^c	۲۵/۶۳^b	۴/۲۵^b	۱۶/۸۴^a
شاهد		۷/۵۹^a	۳/۴۹^b	۱۲^c	۲۲/۶^c	۱۷/۲۵^b	۲۱^d	۱۳/۲۵^c	۲/۹۵^c	۸/۰۳^b
تازه	۳۰ تن	۷/۵۸^a	۶/۲۰^a	۲۳/۷۳^{ab}	۱۱۱/۳^a	۲۱/۶۳^a	۶۱/۷۵^b	۲۳^b	۴/۴^b	۱۴/۰۴^a
۱ساله		۷/۶۸^a	۷/۲۶^a	۲۷/۰۸^a	۱۲۰/۳۱^a	۲۱/۵^a	۷۶/۲۵^a	۳۸/۳۸^a	۵/۹۸^a	۱۰/۶۳^b
۲ساله		۷/۵۳^a	۵/۸۹^a	۲۰/۹۴^b	۸۴/۵^b	۲۵/۲۵^a	۵۷^c	۲۸/۳۸^b	۵/۱۱^b	۱۶/۶۸^a
شاهد		۷/۵۹^a	۳/۴۹^b	۱۲^c	۲۲/۶^c	۱۱/۲۵^b	۲۱^d	۱۳/۲۵^c	۲/۹۵^c	۸/۰۳^c
تازه	۶۰ تن	۷/۵۴^a	۱۰/۱۷^a	۲۳/۰۹^b	۱۷۶/۶^a	۲۸^a	۹۸/۶۳^b	۵۲^b	۶/۲۵^b	۲۰/۷۴^a
۱ساله		۷/۵^a	۱۰/۰۲^a	۲۸/۸۵^a	۲۱۰/۴^a	۳۱/۸۸^{ab}	۱۰۵/۱۳^a	۵۷/۳۸^a	۸/۷۳^a	۱۷/۴۴^a
۲ساله		۷/۴۳^a	۷/۵۱^b	۲۱/۰۲^a	۱۴۲/۷^b	۴۲/۶۳^{ab}	۸۱/۳۸^c	۴۷/۱۳^c	۶/۱۴^b	۱۹/۷۱^a
شاهد		۷/۵۹^a	۳/۴۹^c	۱۲^c	۲۲/۶^c	۱۱/۲۵^c	۲۱^d	۱۳/۲۵^c	۲/۹۵^c	۸/۰۳^b

اعداد ستونها برای سطوح مختلف SMC که با حروف انگلیسی یکسان مشخص شده اند فاقد تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد می باشد.

جدول ۴- اندازه گیری های EC و pH ستونهای خاک مخلوط با انواع SMC

نوع SMC	سطح SMC	EC (dS/m)		pH		نوع SMC	سطح SMC	EC (dS/m)		pH	
		اولیه	نهایی	اولیه	نهائی			اولیه	نهایی	اولیه	نهایی
تازه	۱۵ تن	۱۳/۷۲	۰/۶۲۱	۷/۶	۸	دو ساله	۱۵ تن	۶/۸۸	۰/۵۸۶	۷/۵	۸/۱
	۳۰ تن	۱۷/۷۸	۱/۱۲۹	۷/۶	۷/۷		۳۰ تن	۱۳/۱	۰/۶۶۳	۷/۶	۸
	۶۰ تن	۲۳/۵	۲/۰۶	۷/۴	۷/۸		۶۰ تن	۱۴/۱۳	۱/۶۳۸	۷/۴	۸
یک ساله	۱۵ تن	۱۲/۳۷	۰/۰۵۴	۷/۶	۸	شاهد		۲/۶۴	۰/۵۵۹	۷/۱	۷/۹
	۳۰ تن	۱۴/۳۲	۰/۶۳۲	۷/۴	۸						
	۶۰ تن	۱۷/۷۸	۱/۱۴۶	۷/۵	۷/۹						

* همه آنالیزها در عصاره گل اشباع خاک اندازه گیری شده است.

جدول ۵ - اندازه گیری های برخی خصوصیات شیمیایی ستونهای خاک مخلوط با انواع SMC *

نوع SMC	سطح SMC	CEC meq/100g	Na^+		K^+		$Ca^{++}+Mg^{++}$		Ca^{++}		$HCO3^-$		Cl^-	
			اولیه	نهائی	اولیه	نهائی	اولیه	نهائی	اولیه	نهائی	اولیه	نهائی	اولیه	نهائی
	۱۵ تن	۱۰/۱۲	۵۰/۳۶	۰/۸۹۱	۱۲۳	۱۰/۱	۸۴	۱۸	۴۴	۸	۰/۵	۳	۲۰	۱۲
تازه	۳۰ تن	۱۰/۴۷	۵۵/۴۹	۱/۲۴۳	۱۳۴/۵	۱۸/۶	۶۸	۱۶	۵۰	۸	۹/۲	۲/۸	۳۲	۱۲
	۶۰ تن	۱۱	۵۹/۶۱	۲/۲۱۳	۱۶۱/۲	۲۴/۲	۱۰۰	۱۸	۵۶	۶	۹/۸	۳/۸	۳۸	۱۰
	۱۵ تن	۹/۴۹	۵۹/۷۴	۰/۶۷	۸۴	۷/۲	۹۲	۱۲	۴۰	۶	۴/۲	۲/۸	۱۶	۱۴
۱ ساله	۳۰ تن	۱۰/۱۲	۶۶/۸۶	۱/۸۹۱	۱۱۵/۱	۱۳/۱۴	۹۸	۸	۳۸	۴	۴/۴	۳/۴	۲۲	۲۲
	۶۰ تن	۱۷/۶۷	۷۱/۹۹	۱/۴۱۹	۱۳۱/۶	۱۹/۶	۱۱۸	۲۶	۳۴	۱۴	۷/۲	۳/۲	۲۸	۳۸
	۱۵ تن	۹/۴۹	۷۶	۱/۱۹۹	۵۳/۳	۳/۱	۶۶	۱۸	۳۴	۸	۴	۲/۸	۱۴	۶
۲ ساله	۳۰ تن	۱۰/۴۷	۷۸/۹۵	۰/۹۳۵	۸۹//۷	۸/۴	۶۸	۱۴	۴۴	۱۰	۲/۲	۳/۲	۱۶	۱۲
	۶۰ تن	۱۱	۸۰/۱	۱/۱۱۱	۱۱۰/۵	۱۳	۸۸	۱۲	۵۴	۱۰	۸/۴	۳/۸	۳۶	۱۶
شاهد		۵/۰۱	۱/۲۱	۰/۰۲۳	۰./۸	۰/۰۰۵	۴۰	۶	۲۶	۲	۴/۳	۱/۲	۸	۰/۸

* تمام آنالیزها در عصاره گل اشباع خاک اندازه گیری شدند. غلظت تمامی یونها بر حسب میلی اکی والان در لیتر می باشد.

فهرست منابع:

۱. رجبی، ق .۱۳۷۱. مطالعات اثرات کود کمپوست بر شوری و آلودگی خاک و مقدار جذب عناصر سنگین توسط گیاه ذرت از خاکهای حاوی کود کمپوست. پایانامه کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲. زرین کفش ، م .۱۳۶۸. حاصلخیزی خاک و تولید. انتشارات دانشگاه تهران. ۲۰۰۹.

۳. محمدی نیا، ع .۱۳۷۴. ترکیب شیمیایی شیرابه کمپوست زباله و اثر آن بر خاک و گیاه. پایانامه کارشناسی ارشد .دانشگاه صنعتی اصفهان .

4. Barker, A.V. 1997. Composition and use of composts. In J. E. Rechcigl and H. C. MacKinnon (eds.) Agricultural use of by-products and wastes. ACS Symposium Series 668. ACS, Washington DC, USA, pp 140-162.
5. Betnal, M. P., A .F. Navarro, M .A .Sanchez-Monedero, A. Roig and J. Cegarra.1998. Influence of sewage sludge compost stability and maturity on carbon and nitrogen mineralization in soil. Soil Biol. Biochem. 30:305-313.
6. Chong, C., and D.L. Rinker. 1994. Use of spent mushroom substrate (SMS) for growing containerized woody ornamentals: An overview. Compost Science Utilization. 2:45–54.
7. Diaz E. and A. R. Ian .1994. Formation of stable aggregates in degraded soil by amendment with urban refuse and peat. Geoderma. 63:277-288.
8. Eneji .A .E., T .Honna, and S. Yamamoto.2001. Manuring effects on rice grain yield and extractable trace elements in soil. J. Plant Nutr. 24:613-622.
9. Ghani A., R. G. McLaren and R. S. Swift.1991. Sulphur mineralization in some New Zealand soils. Biology and Fertility of Soils.11:68-74.
10. Gigliotti, G., D. Businelli and P. L. Giusquiani. 1999. Composition changes of soil humus after massive application of urban waste compost. J. Nut. Cycl. Agro. ecosys. 55(1):23-28.
11. Gigliotti, G., P. L. Giusquiani, D. Businelli. And A. Macchioni. 1997. Composition changes of dissolved organic matter in a soil amended with municipal waste compost .Soil Science. 162(12):919-926.
12. Gou M., J. Chorover, R. Rosario and R. H. Fox. 2001. Leachate chemistry of field-weathered spent mushroom substrate. J. Environ. Qual. 30: 1699-1709.
13. Gue M. and J. Chorover. 2004 .Solute release of weathering spent mushroom substrate under controlled conditions. Compost Science Utilization. 12 (3):225-234.

14. Helrig R .1992. The use of growing media- additive for the cultivation of pot azales and container grown nursery plants. Horticulture Abst. 62(2): 1740.
15. Khoshgoftarmanesh A .H. and M. Kalbasi.2001. Effects of municipal waste leachate on soil properties and growth and yield of rice Commun. Soil Plant Anal. 33:2011-2020.
16. Levanon, D., O, Danai. 2001. Chemical, physical and microbiological considerations in recycling spent mushroom substrate. Compost Science Utilization. 3 (1): 72-73.
17. Lohr V.I., SH-I. Wang, and J.D. Wolt.1984. Physical and chemical characteristics of fresh and aged spent mushroom compost. Horticulture Science. 19(5): 681-683.
18. Maher M.J .1991. Spent mushroom compost (SMC) as a nutrient source in peat based potting substrates In: Maher M.J. (ed.) Mushroom Science XIII, vol 2. Proceedings of the 13th international congress on the science and cultivation of edible fungi, Dublin, Irish Republic, September 1991. Balkema, Rotterdam, pp 645–650.
19. Önal M. and K. B. Topcuoglu. The effect of spent mushroom compost on the dry matter and mineral content of pepper (Piper nigrum) grown in greenhouse. konal@akdeniz.edu.tr.
20. Pasquini .M.W. and M. J. Alexander.2004. Chemical properties of urban waste ash produced by open burning on the jos planteau: Implications for agriculture . J. Food Engin. 319:225-240.
21. Stewart D. P. C., C. K. Cameron. and I.S. Cornforth. 1998a. Inorganic-N release from spent mushroom compost under laboratory and field conditions. Department of soil science, Lincoln University, Canterbury, Newsland .Soil Biol .Biochem. 30(13): 1689-1699.
22. Stewart, D. P .C., K.C. Cameron. I.S. Cornforth. and B.E. Main. 1998b. Release of sulphate, potassium, calcium and magnesium from spent mushroom compost under laboratory conditions. J. Biol. Fertil. Soils. 26:146–151.
23. Stewart, D. P. C., K. C. Cameron., and I. S. Cornforth. 1998c. Effects of spent mushroom substrate on soil chemical conditions and plant growth in an intensive horticultural system: a comparison with inorganic fertilizer. Aust. J. of Soil Res. 36(2): 185 – 198.
24. Uzun I. 2004. Use of spent mushroom compost in sustainable fruit production. J. Fruit and Ornamen. Plant Res. 12: 157-165.
25. Wang, S. H., V. Lohr., and D .L. Coffey. 1984. Spent mushroom compost as a soil amendment for vegetables. Department of plant and soil science. J. Amer. Soc .Hort. Sci. 109(5):698-702.