# بررسی اثرات استفاده از کمپوست قارچ مصرف شده (SMC) در برخی از خصوصیات شیمیایی خاک و آب آبشویی

**فهیمه وهابی ماشک* – حسین میر سید حسینی – مهدی شرفا – سهیلا حاتمی[1]**

تاریخ دریافت: ۸۷/۲/۱۴

تاریخ پذیرش: ۸۷/۴/۳۱

**چکیده**

تولیدکنندگان قارچ از کمپوست به عنوان بستر کشت برای تولید قارچ استفاده می‌کنند . حاصلخیزی این کمپوست بعد از برداشت قارچ کاهش می‌یابد که اصطلاحا به آن کمپوست قارچ مصرف شده(SMC ) می‌گویند. به طور معمول این بستر مصرف شده به عنوان ضایعات دور ریخته می‌شود، ولی می‌توان از آن در موارد مختلف کشاورزی و باغبانی و فضای سبز استفاده نمود. در این مطالعه اثرات انواع مختلف SMC در مراحل متفاوت پوسیدگی (تازه، یک ساله ، دو ساله ) و در سطوح مختلف ۱۵، ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار در تغییر خصوصیات شیمیایی یک خاک لومی مورد بررسی قرار گرفت . این تحقیق به صورت آزمایش آبشویی ستون‌ها انجام گرفته است که SMCها با خاک لومی در ستون‌هایی به طور یکنواخت مخلوط گردید و در دوره زمانی معین هفته ای یک بار با آب مقطر آبشویی شدند ، زه آب ستون‌ها جمع آوری شد و در ۴ دوره انتخابی هفته اول ، هفته چهارم ، هفته هشتم و هفته دوازدهم در زه آب ستون‌ها کاتیون‌ها و آنیون‌های محلول اندازه گیری شد. اندازه گیری‌ها در نمونه های خاک قبل از آزمایش و در پایان آزمایش نیز انجام شد . نتایج نشان داد که از میان انواع SMC ، SMC دو ساله به دلیل هوا دیدگی و کمپوست شدن در مدت زمان طولانی تر ، بیشتر تجزیه شده و سبب EC کمتری نسبت به سایر SMCها می‌شود و حاوی کلسیم و منیزیم بیشتری است . از نظر راثرات منفی کاتیون‌ها و آنیون‌ها می‌توان گفت که SMC دو ساله سدیم و کلر کمتری داشته و خطرات سدیمی کردن کمتری درخاک ایجاد می‌کند. مقدار نتیرات موجود در آن هم می تواند نیاز اولیه گیاه را نسبت به سایر SMC های تازه و یک ساله فراهم کند و نیاز کمتری به استفاده از کود ازته داشته باشد . مقایسه سطوح مختلف استفاده SMC نشان داد که سطح ۶۰ تن در هکتاراز نظر EC و غلظت بالای کاتیون‌ها و آنیون‌ها باعث شوری و خطرات بیشتر خاک می‌شود. احتمال می‌رود که سطح ۳۰تن در هکتار مصرف SMC نسبت به سایر سطوح مطلوب تر باشد. به طور کلی اگر SMC درشرایط بهینه ماندگاری و در مقدار لازم مصرف گردد ، می‌تواند از لحاظ خصوصیات شیمایی و فیزیکی در خاک موثر باشد و به عنوان اصلاح کننده خاک مانند سایر موادآلی به کار رود.

**واژه‌های کلیدی :** کمپوست قارچ، ضایعات قارچ، هوادیدگی،اصلاح خاک ،آبشویی

**مقدمه**

SMC یا کمپوست قارچ مصرف شده کمپوستی است که حاصل کشت و تولید قارچ است . این ماده شامل اجزاء مختلف مانند کاه گندم، کوداسبی، کلش، کودمرغی ، پوست دانه پنبه، پوست کاکائو و سنگ گچ است. گریتس اظهار داشت که اجزای اصلی SMC کاه ، علف یونجه ، پیت ، کود اسبی ، کود مرغی پوسیده شده به همراه سنگ گچ است (۸) . SMC می‌تواند در موارد مختلف کشاورزی و باغبانی به عنوان اصلاح کننده خاک، به عنوان بستر کشت

[1] به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیاران و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی علوم خاک – پردیس کشاورزی صنایع طبیعی دانشگاه تهران - کرج

*. نویسنده مسئول- Email: fahimeh.Vahabi@gmail.com

مجـدد در تولیـد قـارچ ،بهبـود سـاختمان خاک،کـاهش فـشردگی خـاک،بهبود شـرایط زهکـشی خـاک و افـزایش فعالیت میکروبی در خاک مورد استفاده قرار گیرد همچنـین می تواند به دلیـل وجـود عناصـر غـذایی قابـل اسـتفاده ، بـه عنوان یک منبع غذایی مهـم بـرای گیـاه محسوب و بـه‌کـار گرفته شود. اگر چه با اهمیت ترین خصوصیت SMC مقدار موادآلی بالای آن اسـت . بـر اسـاس گـزارش‌هـای موجـود SMC حاوی میزان زیـادی عناصـر غـذایی مهـم و ضـروری گیـاه مـی‌باشـد کـه ایـن مـواد غـذایی در خـاک بـاقی می‌مانند(۱۳) و باعث افزایش حاصلخیزی خاک مـی‌گردنـد همچنین ظرفیت نگهـداری آب و مـواد غـذایی قابـل قبـولی دارد(۲۶). از سوی دیگر SMC قابلیت کاهش بیمـاری‌هـای گیـاهی را دارد کـه آن را بـه یـک ترکیـب چنـدکاربردی نوظهور و منحصر به فـرد تبـدیل سـاخته اسـت، بـا توجـه بـه تولید قابـل توجـه و خـصوصیات بـارز فیزیکـی، شـیمیایی و بیولوژیکی ، می‌توان تصور نمود که SMC بتواند جـایگزین پیت شود (۱۷). در کشور آمریکا تولید قارچ دکمه ای سفید سالانه منجر به تولید بیش از $۱۰^{۶}$ متر مکعب SMC می شود (۹و۱۰).

بدیهی است که استفاده از SMC در خاک و برای مـصارف مختلف سبب بـروز تغییـرات کوتـاه مـدت و دراز مـدتی در خصوصیات خاک خواهد شد. اطلاع از این تغییرات و روند ان می‌تواند در کاربرد مؤثر SMC مورد استفاده قرار گیرد. مطالعات انجام شده نشان داده است که به دلیل نوع ترکیبات و امـلاح موجـود EC در SMC بـه طـور معمـول از خـاک بالاتر است و به طور کلی بیشتر از dS/m ۴ اسـت . اگـر چـه این EC درSMC به تدریج با شسته شـدن نمـک‌هـا در طـی فرآیند هوادیدگی و بارنـدگی در محـل نگهـداری کـاهش می یابد(۲۴).در کاربردهای کشاورزی EC بـالای SMC در طول یا بین فصول محصول دهـی و در نتیجـه جـذب توسـط ریشه گیاهان و آبشویی توسط بارندگی می‌تواند کاهش پیدا کنـد (۲۵).در اثـر آبـشویی SMC کـاتیون‌هـا و آنیـون‌هـای محلول آن شسته می شوند. استافر (۱۸) روابـط مـشابهی بـین مقدار آبیاری و مقدار پتاسیم آبشویی شده ناشـی از کـاربرد این ماده را گزارش کرده اند(۱۸).

نیتروژن موجود در SMC به فرم آلـی اسـت و بـه تـدریج بـا فراهم شدن شرایط نیتریفیکاسیون معدنی مـی گـردد.لـذا بـه دلیل سرعت پـایین معـدنی شـدن نیتـروژن در SMC ، بـرای رشد سریع گیاه لازم است که کود تکمیلی نیتـروژن معـدنی نیز استفاده شود(۱۵). ماینارد خروج نیترات آبشویی شـده را از خاک لوم شنی ریز اصلاح شـده بـا SMC مـورد بررسـی قرار داد.پیش بینی شد که معـدنی شـدن نیتـروژن در خـاک اصلاح شده نسبتا کند بوده است. براساس گـزارش دیگـری غیر متحرک شدن نیتروژون در تیمارهای دارای مقادیر کـم SMC به این علت بود که نیتروژن معدنی اضـافه شـده بـرای نیاز اولیه میکروارگانیسم های خـاک کـافی نبـوده اسـت در حالی که در تیمارهایی بـا مقـدار بیـشتر SMC کـافی بـوده است (۱۵).

استوارت(۲۱ )در تحقیـق خـود بـه ایـن نتیجـه رسـید کـه دو کاتیون کلسیم و منیزیم در ترکیب با آنیون‌های مواد آلی یـا ژیپس موجود در SMC هستند که در طی زمان وارد محلول آبـشویی مـی‌شـوند(۲۱). اسـتوارت و همکـاران (۲۱) در آزمایشات انکوباسیون بر رویSMC و در یک خـاک لـوم شنی ریز در طول ۳۰ هفته انجام دادند . مقادیر کـاتیون‌هـای آزاد شده به صورت تجمعی در طول زمان اندازه گیری شد. نتایج نـشان داد کـه بـا گذشـت زمـان مقـادیر کـاتیون‌هـا در محلول آبشویی افزایش پیدا کرد و سرانجام بـه مقـدار ثابـت رسید (۱۹). در تحقیق دیگـری مـشخص گردیـد کـه وقتـی مقـدار مـصرف SMC افـزایش یابـد، نـسبت K/Ca+Mg نیزافزایش می‌یابد(۲۵). مطالعات کمی در رابطه بـا آبـشویی

کلر در کانی‌ها یا کودهای حاوی کلر انجام شده است (۱۱).

در مجموع تحقیقات انجام شده بر روی اثرات SMC در خاک شامل مشاهده تغییرات فاکتورهای عمده شیمایی و غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های محلول بوده است.در این میان مقایسه بین اثرات انواع مختلف SMC در مراحل مختلف پوسیدگی و نیز مشاهده این اثرات در آب آبشویی و خاک کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

از آنجا که تولید سالانه قارچ و به دنبال آن مصرف قارچ در کشور ما نیز رو به افزایش است . ضایعات و کمپوست های مصرف شده در روند تولید قارچ نیز زیاد خواهد بود. از این رو بررسی چگونگی استفاده از این ضایعات در کشاورزی و اثر آن در خاک قابل توجه می‌باشد (۷). به‌علاوه مدیریت کنترل و دفع این مواد از مراکز تولید قارچ خوراکی به نحوی که سبب آلودگی های خاک و آب و محیط زیست نگردد ، اهمیت تحقیقات در این زمینه را بیشتر می‌کند. بررسی و مقایسه کاربرد SMC در مراحل مختلف کمپوست شدن (تازه ، یک ساله ، دوساله) و سطوح مختلف (۱۵،۳۰،۶۰ تن درهکتار) کاربرد آن و تأثیر آن بر خاک از اهداف این مطالعه می باشد .

## مواد و روش‌ها

برای انجام آزمایش نمونه های یک خاک بافت لومی از منطقه عظیمیه کرج تهیه گردید. بعد از هوا خشک کردن نمونه‌ها از الک ۴ میلیمتری عبور داده و آماده آزمایش شد. نمونه در ستون‌های پلی اتیلن به قطر ۱۵ و ارتفاع ۳۰ سانتیمتر بر اساس حجم ستون و وزن مخصوص ظاهری قرار داده شد. پس از تعیین مقدار خاک مورد نظر برای هر ستون مقادیر SMC بر اساس تیمارها محاسبه شد.SMC تازه، یک ساله و دو ساله هوادیده شده از کارخانه تولید قارچ مهرچین گرفته شد. این SMCها از الک ۴ میلیمتری عبور داده شد و سپس در معرض هوا خشک گردید.مقادیر SMC ۱۵ ، ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار از SMC های تازه ، یک ساله و دو ساله محاسبه گردید.

اندازه گیری های اولیه بر روی خاک و هر سه نوع SMC صورت گرفت (جدول۱).اندازه گیری EC و pH در عصاره ۱:۵ خاک به آب در نمونه های SMC و در عصاره گل اشباع نمونه های خاک، بافت خاک با روش هیدرومتری ، درصدکربن و ماده آلی خاک به روش والکلی و بلاک برروی یک گرم خاک غربال شده با الک ۰/۵ میلیمترانجام شد، مقدار کاتیون‌های اصلی مانند سدیم و پتاسیم در محلول های رقیق شده با دستگاه فلیم فوتو متر خوانده شد ، کلسیم و منیزیم با روش کمپلکسومتری(تیتراسیون با EDTA) ،کلر با روش تیتراسیون با نیترات نقره و کربنات و بی کربنات با تیتراسیون عصاره اصلی با اسید سولفوریک ۰/۰۱ نرمال و نیترات با روش دیازو با دستگاه اسپکتروفتومتر که انجام گرفت. CEC به روش باور و نیتروژن آلی به روش کجلدال اندازه گیری شد.

انتهای ستون‌ها با توری مقاوم بسته شد و سپس خاک‌ها با مقادیر مورد نظر انواع SMC و سطوح ذکر شده مخلوط گردید و در ستون ریخته شد. 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 کناره‌ها به پایین نشت نکنند. ستون‌ها در طول لوله های فلزی استقرار یافت و لوله‌ها بر روی پایه قرار داده شد به نحوی که انتهای ستون‌ها ۱۰ سانتیمتر از زمین فاصله داشت و در زیر هر کدام ظرفی جهت جمع آوری آب آبشویی قرار گرفت. تیمارهای مورد نظر در دو تکرار انجام گرفتند. ستون‌ها به مدت ۱۲ هفته در شرایط آزمایشگاه قرار داده شد. در فواصل معین زمانی هر ۷ روز یک‌بار آبیاری شدند. در طی

این مدت زه آب ستون‌ها را جمع آوری وآنالیزهای مختلف را بر روی نمونه های محلول آبشویی انجام شدند که شامل اندازه‌گیری pH ،EC ،کاتیون‌های سدیم، پتاسیم ،کلسیم ، منیزیم وآنیون‌های نیترات،کلرو بی کربنات شدندو نتایج تیمار شاهد با بقیهٔ تیمارهای حاوی نمونه های SMC مقایسه شدند. در پایان آزمایش نمونه خاک داخل ستون نیز تجزیه و مورد مقایسه گرفت. نتایج به‌دست آمده به صورت اسپیلت پلات در زمان در قالب طرح پایه کاملا تصادفی مورد تجزیه و تحلیل گرفت .

(جدول۱) برخی خصوصیات شیمیایی SMCها وخاک مورد آزمایش

| خصوصیات | SMC | | | | خصوصیات | SMC | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | تازه | یکساله | دوساله | لومی | | تازه | یکساله | دوساله | لومی |
| EC dS/m | ۱۱/۹۶ | ۱۱/۷ | ۹/۹۸ | ۳/۲۸ | $Ca^{++}+Mg^{++}$ | ۵۰ | ۵۴ | ۵۲ | ۲۸ |
| pH | ۷/۶ | ۷/۱ | ۷/۶ | ۷/۸ | $Cl^{-}$ | ۴۴ | ۴۴ | ۳۹ | ۱۸ |
| $Na^{+}$ | ۳۹۲ | ۳۸۲/۴ | ۳۰۳/۱۲ | ۹/۵۲ | $HCO3^{-}$ | ۱۳۴ | ۱۰۶ | ۱۹۸ | ۵۴ |
| $K^{+}$ | ۲۵۰۰ | ۲۳۵۰ | ۲۱۰۰ | ۰/۶۲ | $CO3^{--}$ | کم | کم | کم | ۶ |
| $Ca^{++}$ | ۳۶ | ۳۲ | ۳۰ | ۱۸ | $NO3^{-}$ | ۹/۲۴۲ | ۸/۲۳ | ۸/۲۶ | ۴/۴۲ |
| O.C% | ۱۶/۶۱ | ۱۱/۷۶ | ۱۲/۳۲ | - | $SO4^{--}$ | ۳۶/۳ | ۳۶/۴ | ۳۵/۷۶ | |

* خصوصیات شیمیایی SMC و خاک به ترتیب در عصاره ۱:۵SMC ها و عصاره گل اشباع خاک بر اساس meq/l و نیترات mg/Kg اندازه گیری شد .

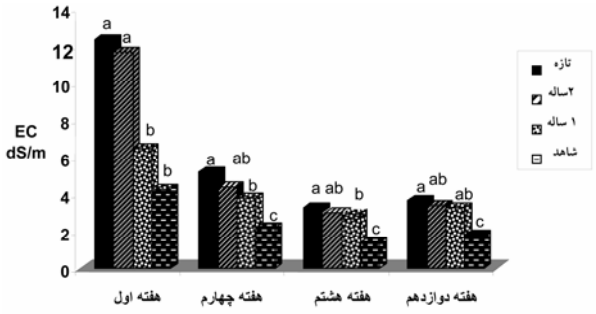
## نتایج و بحث

### محلول آبشویی ستون‌ها: مقایسه اثر تیمارهای مختلف(مجموع سه سطح هر نوع SMC) در هر دوره

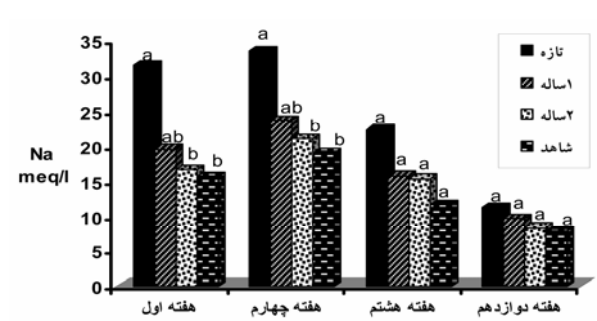
pH در تیمارهای مختلف SMC برای هر سطح به‌کار رفته تغییراتی نشان نداد. براساس مطالعات انجام شده توسط سایر محققین باافزایش سطوح SMC ، pH در طول یک ماه اول استفاده تغییر چندانی با یکدیگر و خاک شاهد نداشت ، ولی با گذشت زمان pH در محلول حاصل از آبشویی افزایش پیدا کرده است(۲۵). در اثر تجزیه طولانی مدت مواد آلی pH افزایش پیدا می‌کند . همان طور که ژئو و همکاران علت قلیایی بودن محلول آبشویی را تولید یون‌های بی کربنات از تجزیه مواد آلی دانستند (۱۱).

EC- نمودار ۱ نشان می‌دهد که با گذشت زمان قابلیت هدایت الکتریکی (EC) در همه تیمارهای انواع SMC کاهش یافته است . در هفته اول SMC تازه با مقدار dS/m۱۲/۳۷EC ، بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است. بعد از آن تیمارهای یک ساله و دو ساله قرارگرفتند. تفاوت بین تیمارها در طول زمان کمتر شده است. در تمام زمان‌ها تیمار شاهد بدون SMC کمترین مقدار EC را داشته است . کاتیون‌ها و آنیون‌های موجود درSMC در اثر آبشویی همراه با آب حرکت کرده و از ستون خارج می‌گردند و EC محلول آبشویی را بالا می‌برند . با گذشت زمان مقدار این املاح آزاد شده از SMC کاهش پیدا کرده و سبب کم شدن EC محلول می‌شود . چونگ و اسمیت گزارش کردند که در طی آزمایشی مخلوط خاک وSMC آبشویی شدند و EC محلول آبشویی کاهش یافت که این نتایج با گزارش‌های قبلی مطابقت داشت(۲۳). در بررسی‌های دیگر اضافه نمودن شیرابه زباله و شیرابه کمپوست مانند SMC در خاک گلدان موجب افزایش شوری خاک‌ها گردیده است .گذشت زمان و انجام آبشویی موجب کاهش شوری خاک‌ها شد(۶).

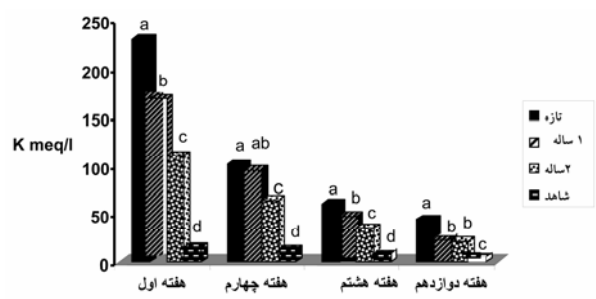
سدیم محلول - مقایسه مقدار سدیم محلول در آب زهکش ستون‌ها نشان داد که در هفته اول و چهارم مقدار سدیم بیشتری نسبت به هفته های آخر در زه آب وجود دارد.مطابق نمودار۲ به نظر می‌رسد که SMC تازه مقادیراملاح بیشتری نسبت به تیمارهای هوادیده یک ساله و دو ساله دارد که با گذشت زمان و هوادیده شدن کاتیون‌ها را آزاد می کند .



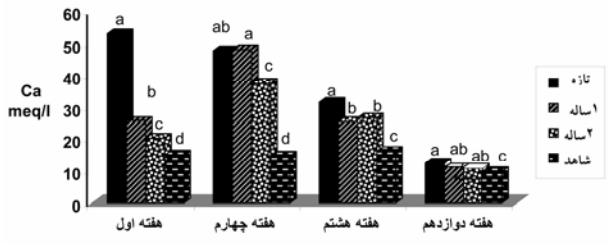

(نمودار۱) - مقایسه اثر انواع محتلف SMC بر تغییرات EC محلول ابشویی خاک



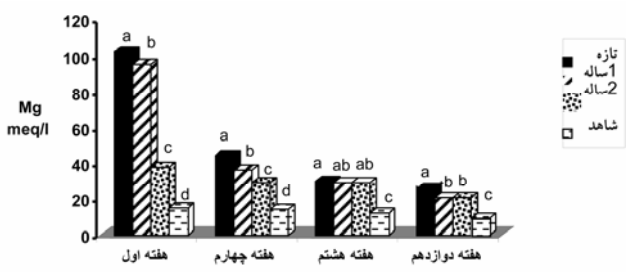

(نمودار۲) - مقایسه اثر انواع SMC در زمان‌های مختلف در مقدار سدیم محلول آبشویی خاک



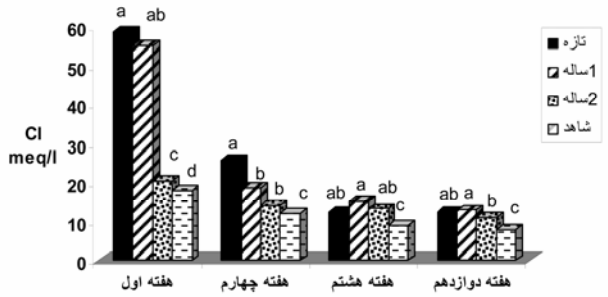

(نمودار۳) - مقایسه اثر انواع SMC در زمان‌های مختلف در مقدار پتاسیم محلول آبشویی خاک



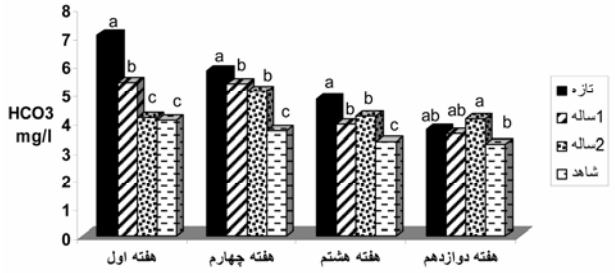

(نمودار۴) - مقایسه اثر انواع SMC در زمان‌های مختلف در مقدار کلسیم محلول آبشویی خاک



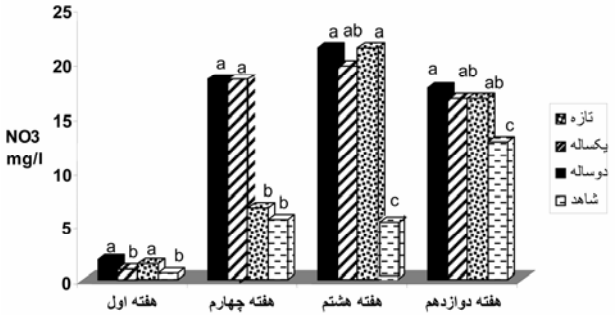

(نمودار۵ ) - مقایسه اثر انواع SMC در زمان‌های مختلف در مقدار منیزیم محلول آبشویی خاک




(نمودار۶ ) - مقایسه اثر انواع SMC در زمان‌های مختلف در مقدار کلر محلول آبشویی خاک




(نمودار۷ ) - مقایسه اثر انواع SMC در زمان‌های مختلف در مقدار بی کربنات محلول آبشویی خاک




**(نمودار۸) - مقایسه اثر انواع SMC در زمان‌های مختلف در مقدار نیترات محلول آبشویی خاک**

پتاسیم محلول - با توجه به مقدار پتاسیم بالای موجود در SMC(جدول۱)، مقدار پتاسیم در محلول آبشویی نیز بالا بود و مطابق (نمودار۳) بیشترین مقدار پتاسیم محلول در زه آب ستون‌ها در هفته اول جمع آوری شد که به تدریج مقدار پتاسیم آبشویی شده کاهش پیدا کرد . ولی باز هم از شاهد بیشتر بود. لوهر و همکاران 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 بیشتر به تدریج آزاد شده بودند(۱۳). مطالعات انجام گرفته بر روی کمپوست زباله شهری نیز نشان داد که کمپوست زباله باعث افزایش معنی دار غلظت سدیم و پتاسیم محلول خاک می گردد (۱۲ و ۲۱).

کلسیم و منیزیم محلول - محلول آبشویی همه تیمارها در تمام زمان‌ها دارای کلسیم و منیزیم بیشتری نسبت به شاهد بود (نمودار ۴و۵). مقدار کلسیم درSMC تازه در هفته اول زیاد بوده و به تدریج با گذشت زمان کاهش یافت . ولی در تیمارهای یک ساله و دو ساله در هفته چهارم افزایش ، سپس در هفته های بعدی کاهش پیدا می کند . که می‌تواند به علت وجود آهک و ژیپس موجود در SMC باشد که با گذشت زمان کلسیم را آزاد کرده اند . استوارت و همکاران بر اساس مطالعات انجام داده اعلام کردند که مقادیر کلسیم و سولفات آبشویی شده می‌تواند نتیجه منبع آن‌ها و انحلال ژیپس در SMC باشد. ژیپس به مقدار کم محلول و حل شدنی است (۱۹). در نتیجه با تجزیه ژیپس و آهک ، کلسیم زیادی وارد محلول آبشویی می‌شود که به تدریج مقدارآن کم می‌شود . روند تغییرات منیزیم مشابه کلسیم بوده است . اوزان و همکاران دو نوع SMC تازه و هوادیده را مقایسه کردند . SMC تازه دارای مقادیر زیادی سدیم و منیزیم و کلسیم بود که بعد از ۸ تا ۱۶ هفته هوادیده شده مقدار آن‌ها درSMC کاهش پیدا کرد (۲۴).

کلر و بی کربنات- مقدار کلر در همه تیمارهای SMC با گذشت زمان کاهش پیدا کردند و به تدریج در انتهای آزمایش به مقدار ثابتی رسیدند(نمودار۶). بی کربنات در محلول آبشویی تیمار SMC تازه با گذشت زمان کاهش پیدا می کند(نمودار۷). تیمارهای SMC یک ساله و دو ساله در هفته چهارم افزایش ، سپس در هفته های دیگر کاهش می‌یابد که با روند تغییرات کلسیم مطابقت می کند . در رابطه با آبشویی بی کربنات از خاک یا مواد آلی مطالعاتی کمی صورت گرفته است .

نیترات- با گذشت زمان مقدار نیترات محلول آبشویی در همه تیمارها تا هفته هشتم نسبت به شاهدافزایش یافت . سپس مقدار نیترات در انتهای آزمایش کاهش پیدا کرد(نمودار۸)، که به نظر می‌رسد که نشانه فرآیند نیتریفیکاسیون و آزاد سازی نیترات در تیمارهاست که به تدریج کاهش پیدا کرده و به مقدار ثابتی می‌رسد . مطالعات انجام شده توسط استوارت و کامرون بر تأثیر سطوح مختلف SMC در سبزیجات مختلف از جمله سیب زمینی نشان داد که در مصرف اولیه SMC در مقدار ۲۰ تن در هکتار گیاه با کمبود نیتروژن مواجه شد که دلیل آن غیر متحرک شدن نیتروژن در ابتدا بود . از طرفی به این نتیجه رسیدند که SMC سبب افزایش عملکرد محصولات

می‌شود در حالی که کودهای معدنی برای افزایش عملکرد باید در مقادیر بیشتری نسبت به SMC به کار روند (۲۲) .

## اثرات تیمارهای هر سطح انواع SMC در مجموع چهار زمان عصاره گیری

EC- در محلول آبشویی نمونه های خاک در تمام تیمارهای SMC مقدار EC به ترتیب برای سطوح مختلف ۶۰ تن در هکتار> ۳۰ تن در هکتار >۱۵ تن در هکتار> شاهد بوده است ، که در مورد سطح ۶۰تن در هکتار نسبت به سایر سطوح قابل توجیه بوده است. در این رابطه در تحقیقی که انجام شد ، مشاهده گردید که با افزایش سطح کاربرد SMC ، EC در خاک افزایش یافت (۲۵).

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 (جدول۲). آزمایشات انجام شده بر تاثیر سطوح مختلف ۶۰،۴۰،۲۰،۰ درصد شیرابه کمپوست در مقدار سدیم و پتاسیم محلو ل خاک نشان داد که با افزایش سطح شیرابه مقدار آن‌ها نیز افزایش پیدا کرد (۴). در بررسی آزاد سازی نمک های محلول حاصل از آبشویی و به دنبال هوادیدگی SMC و جذب آن‌ها در خاک در دو توده ۹۰ و ۱۵۰ سانتیمتری در طول مدت هوادیدگی دو ساله توسط ژئو و همکاران 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 (۹). اونال تأثیر سطوح مختلف SMC را بر رشد گیاه فلفل بررسی کرد. نتایج نشان داد که SMC در سطح بالای ۶۰ تن در هکتار باعث کاهش عملکرد گیاه شده است و به دلیل غلظت بالای نمک بوده است (۱۶).

( جدول۲) - مقایسه اثر سطوح SMC در خصوصیات محلول آبشویی خاک (در مجموع ۴زمان)

| نوع SMC | سطح SMC | pH | EC(dS/m) | $Na^+$ | $K^{++}$ | $Ca^{++}$ | $Mg^{++}$ | $Cl^-$ | $HCO_3^-$ | $NO_3^-$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| یک ساله | ۱۵تن | ۷/۴$^a$ | ۴/۸۳$^{ab}$ | ۱۳/۷۹$^b$ | ۱۶/۲۵$^{ab}$ | ۱۹/۵$^a$ | ۳۹/۷۵$^a$ | ۱۹/۲۵$^a$ | ۴/۱۳$^b$ | ۱۰/۳۹۸$^a$ |
| تازه | | ۷/۵$^a$ | ۵/۱۷$^a$ | ۱۶/۱۹$^a$ | ۱۸/۱۷$^a$ | ۲۱/۵$^a$ | ۲۷$^c$ | ۲۰$^a$ | ۵/۰۱۳$^a$ | ۶/۶۲$^b$ |
| دو ساله | | ۷/۲$^a$ | ۳/۰۲۳$^{ab}$ | ۱۳/۶۷$^b$ | ۹/۹۵$^c$ | ۲۰/۳۸$^a$ | ۳۴/۶۳$^b$ | ۱۷$^a$ | ۳/۹۳$^b$ | ۹/۶۷$^a$ |
| شاهد | | ۷/۴$^a$ | ۲/۴۰۴$^c$ | ۱۲/۷۹$^b$ | ۸۸/۸$^d$ | ۱۲/۶۳$^b$ | ۱۲/۵$^d$ | ۱۳/۷۵$^b$ | ۲/۷۹$^c$ | ۵/۳۳$^c$ |
| یک ساله | ۳۰تن | ۷/۷$^a$ | ۵/۱۳$^b$ | ۱۴/۱۶$^b$ | ۲۵/۲۴$^b$ | ۲۰/۲۵$^b$ | ۴۷/۶۳$^a$ | ۲۳/۷۵$^a$ | ۴/۴۹$^b$ | ۱۱/۶۲$^a$ |
| تازه | | ۷/۶$^a$ | ۵/۵۵$^a$ | ۲۸/۱۹$^a$ | ۲۹/۳۶$^a$ | ۲۳/۱۳$^b$ | ۳۳/۲۵$^b$ | ۲۱/۱۳$^a$ | ۵/۰۸$^a$ | ۷/۱۵$^b$ |
| دو ساله | | ۷/۲$^a$ | ۳/۷۹۵$^c$ | ۱۵/۴۵$^b$ | ۲۳/۶۳$^b$ | ۴۰/۳۸$^a$ | ۴۶/۵$^a$ | ۱۷$^b$ | ۴/۳۱$^b$ | ۱۴/۸۳$^a$ |
| شاهد | | ۷/۴$^a$ | ۲/۴۰۴$^c$ | ۱۲/۷۹$^c$ | ۱۳/۱۶$^c$ | ۱۲/۶۳$^c$ | ۱۲/۵$^c$ | ۱۳/۷۵$^c$ | ۲/۷۹$^c$ | ۵/۳۳$^c$ |
| یک ساله | ۶۰ تن | ۷/۴$^a$ | ۷/۲۵$^a$ | ۱۵/۳۴$^{bc}$ | ۳۷/۵$^b$ | ۳۵$^b$ | ۵۴$^a$ | ۳۰/۷۵$^a$ | ۵/۰۳$^b$ | ۱۵/۳۳$^b$ |
| تازه | | ۷/۲$^a$ | ۶/۹۶$^a$ | ۲۷/۳$^a$ | ۴۶/۴$^a$ | ۳۴/۶۳$^b$ | ۴۳/۷۵$^b$ | ۳۲/۲۵$^a$ | ۵/۸۹$^a$ | ۱۲/۶۲$^c$ |
| دو ساله | | ۷/۲$^a$ | ۶/۲۸$^a$ | ۱۷/۷۶$^b$ | ۳۱/۸۴$^c$ | ۴۷/۵$^a$ | ۵۴/۸۸$^a$ | ۲۱/۷۵$^b$ | ۴/۸۸$^b$ | ۱۸/۰۶$^a$ |
| شاهد | | ۷/۴$^a$ | ۲/۴۰۴$^b$ | ۱۲/۷۹$^d$ | ۱۶$^d$ | ۱۲/۶۳$^c$ | ۱۲/۵$^c$ | ۱۳/۷۵$^c$ | ۲/۷۹$^c$ | ۵/۳۳$^d$ |

* خصوصیات شیمیایی در محلول آبشویی خاک بر اساس meq/L و نیترات mg/Kg اندازه گیری شد .

کلسیم و منیزیم- مقدار کلسیم محلول آبشویی در همه تیمارهای SMC برای سطوح مختلف به صورت ۶۰ تن در هکتار > ۳۰ تن در هکتار >۱۵ تن در هکتار> شاهد بوده است . مقدار کلسیم همه تیمارها در تمام سطوح بیشتر از

شاهد بود. مقدار کلسیم در تیمارSMC دو ساله در هر سه سطح بیشتر از تیمارهای تازه و یک ساله بود که می‌تواند به دلیل حلالیت و آزادسازی بیشتر کلسیم درSMC هوادیده تر باشد(جدول۲). 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 علت را انحلال کند سنگ آهک موجود در SMC دانستند (۲۵) . طبق آزمایشات مزرعه ای انجام شده در شرایط انکوباسیون بر سطوح مختلف SMC در خاک لوم شنی ریز ، مقدار کلسیم و منیزیم تجمعی با افزایش سطح SMC افزایش پیدا کردند (۲۰).

کلر و بی کربنات و نیترات- همه سطوح تیمارها مقدار کلر و بی کربنات و نیترات محلول بیشتری را نسبت به شاهد نشان دادند . مقدار این آنیون‌ها در سطوح ۶۰ تن در هکتار در تیمارهای تاره بیشتر از سایر تیمارها بوده است. در آزمایشات انجام گرفته در سطوح مختلف شیرابه کمپوست با افزایش درصد به کارگیری از ۰ به ۲۰ و ۴۰ و ۶۰ درصد مقدار آنیون کلر به ترتیب از حدود ۳ meq/L به ۱۱و۲۵و۶۵ meq/L افزایش نشان داده است (۴). در یک بررسی در مورد اثرات کمپوست بر خصوصیات خاک مشخص شد که غلظت آنیون‌های کلر و بی کربنات محلول خاک با افزایش سطح استفاده کمپوست افزایش یافته است . گذشت زمان و آبشویی باعث کاهش غلظت آنیون‌های مذکور گردید (۲۱).

**نتایج**

مقایسه خصوصیات اولیه و نهایی خاک ستون‌ها مقایسه EC تیمارهای SMC در همه سطوح در خاک ستون‌ها در ابتدا و انتهای آزمایش نشان می‌دهد که EC کاهش قابل توجه ای 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 خاک و SMC شده است ،که کاهش غلظت نمک‌ها در تیمارهای SMC تازه و در سطح ۶۰ تن در هکتار بیشتر از سایرین بود (جدول۳).

در واقع تیمارهای یک ساله و دو ساله به علت هوادیدگی بیشتر، املاح کمتری نسبت به تازه داشتند . سطح ۶۰ تن در هکتار 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 نمی‌توان به صورت تازه و هوادیده نشده به کار گرفت . همچنین نباید در سطوح بالا در خاک استفاده گردد. همان طور که ماهر بیان نمود که EC بالای SMC ، استفاده آن را جهت اصلاح کننده خاک و کود آلی در سطوح بالا محدود می‌کند . که این شوری احتمال زیاد به علت وجود پتاسیم و سدیم زیاد در SMC است(۱۴). pH در همه تیمارهای SMC و در همه سطوح حتی شاهد در پایان آزمایش افزایش کمی پیدا کرد . که تغییرات افزایشی آن در انواع SMC و سطوح آن متفاوت بود .

در همه نمونه های خاک ستون‌ها ، کاتیون‌ها در انتهای آزمایش نسبت به ابتدای آزمایش و قبل از آبشویی به میزان زیادی کاهش پیدا کردند،به خصوص در تیمار SMC تازه (جدول۴). در مطالعات انجام گرفته بر روی کمپوست زباله شهری نیز مانند SMC نشان داد که کمپوست زباله باعث افزایش معنی دار غلظت سدیم و پتاسیم وکلسیم و منیزیم محلول خاک می‌گردد (۱۲ و۲۱). آنیون‌های خاک نیز نسبت به ابتدای آزمایش کاهش پیدا کردند ، به جز نیترات که در ابتدا ناچیز بوده ولی در اثر فرآیند نیتریفیکاسیون مقدار آن در پایان آزمایش افزایش یافت . نتایج بدست

آمده تائیدی بر غلظت بالای نمک در SMC است که در اثر آبشویی کاهش پیدا می‌کند و می‌تواند در مورد برخی از عناصر مفید و در مورد بعضی دیگر برای خاک و رشد گیاه مضر باشد. چانگ و راینکر و همچنین اونال اعلام کردند که غلظت بالای نمک در SMC برای محیط کشت و رشد گیاه محدویت ایجاد می‌کند ، مخصوصا با افزایش سطح به کارگیری SMC بیشتر از ۳۰ تن در هکتار (۳و ۱۶).در حالی که SMC حاوی مقادیرقابل توجه ازت می‌باشد (۱۴). ژئو و همکاران دریافتند که در خاک‌هایی که تحت تأثیر SMC هوادیده قرار گرفتند ، کربن آلی و یون‌های معدنی آن‌ها به طور قابل توجهی افزایش یافتند(۱۰).

**(جدول۳) - خصوصیات EC و pH خاک ستون‌های تیمارشده با SMC**

| نوعSMC | سطح SMC | EC | | pH | | نوعSMC | سطح SMC | EC | | pH | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | اولیه | نهائی | اولیه | نهائی | | | اولیه | نهائی | اولیه | نهائی |
| | ۱۵تن | ۷/۲۴ | ۱/۰۷۲ | ۷/۴ | ۸/۱ | | ۱۵تن | ۳/۲۸ | ۱/۱۲۷ | ۷/۴ | ۸ |
| تازه | ۳۰تن | ۱۱/۸۶ | ۱/۴۷۱ | ۷/۶ | ۷/۶ | دوساله | ۳۰تن | ۴/۰۲ | ۱/۱۸۶ | ۷/۷ | ۸/۱ |
| | ۶۰تن | ۱۳/۱۸ | ۷/۰۸ | ۷/۴ | ۸ | | ۶۰تن | ۶/۸۲ | ۱/۷۵۴ | ۷/۶ | ۸ |
| | ۱۵تن | ۱۰/۳ | ۰/۷۴۶ | ۷/۹ | ۸/۲ | شاهد | | ۱/۴۳۲ | ۰/۹۹۷ | ۷/۵ | ۸/۲ |
| یکساله | ۳۰تن | ۱۲/۲۲ | ۱/۱۹۶ | ۷/۷ | ۸/۱ | | | | | | |
| | ۶۰تن | ۱۶/۳۶ | ۲ | ۷/۵ | ۸ | | | | | | |

* همه آنالیزها در عصاره گل اشباع خاک و EC بر اساس dS/m اندازه گیری شده است.

مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) درتیمارها در انتهای آزمایش اندازه گیری شدند . مقایسه CEC خاک نشان داد که با کاربرد SMC ، CEC درتیمارهای حاوی این ماده نسبت به شاهد افزایش داشته است (جدول۵). بیشترین مقدار CEC در تیمار SMC تازه در سطح ۶۰ تن در هکتار حدود ۲۲ میلی اکی والان در صد گرم خاک به‌دست آمد که نسبت به شاهد با مقدار ۹ میلی اکی والان در صد گرم خاک افزایش داشته است.غنی بودن کمپوست از کاتیون‌ها و زیاد بودن مواد آلی آن ، عامل اصلی افزایش ظرفیت تبادلی در خاک های تیمار شده است(۱).

**(جدول۴) - نتایج اندازه گیری های غلظت عناصر محلول درعصاره خاک اولیه و نهائی**

| نوعSMC | سطحSMC | $Na^+$ | | $K^+$ | | $Ca^{++}+Mg^{++}$ | | $Ca^{++}$ | | $HCO3^-$ | | $Cl^-$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | اولیه | نهائی | اولیه | نهائی | اولیه | نهائی | اولیه | نهائی | اولیه | نهائی | اولیه | نهائی |
| | ۱۵تن | ۴۰ | ۲/۳۴۶ | ۱۳۵/۶ | ۲۴ | ۱۱۶ | ۱۰ | ۴۰ | ۸ | ۵/۲ | ۴/۲ | ۲۲ | ۲ |
| تازه | ۳۰تن | ۴۷ | ۲/۸۷۵ | ۱۸۷ | ۳۳/۱ | ۱۳۰ | ۱۸ | ۴۲ | ۱۰ | ۵/۴ | ۴/۶ | ۲۴ | ۲ |
| | ۶۰تن | ۵۳ | ۳/۶۶۹ | ۲۱۵/۲ | ۴۷ | ۱۴۲ | ۲۶ | ۵۶ | ۱۴ | ۷/۲ | ۵/۲ | ۲۸ | ۳/۶ |
| | ۱۵تن | ۲۶/۷۵ | ۱/۹۰۴ | ۱۰۹ | ۱۰/۳ | ۷۰ | ۱۲ | ۳۰ | ۴ | ۴/۶ | ۴/۲ | ۲۶ | ۸ |
| یکساله | ۳۰تن | ۳۶/۶۴ | ۱/۰۳۷ | ۱۴۵/۵ | ۲۰/۷ | ۱۳۴ | ۱۰ | ۳۴ | ۶ | ۵/۲ | ۴/۶ | ۲۴ | ۱/۲ |
| | ۶۰تن | ۴۹/۷۸ | ۲/۸۷۵ | ۱۷۸/۲ | ۳۴/۶ | ۱۴۱ | ۱۶ | ۴۴ | ۱۲ | ۶/۶ | ۴/۶ | ۱۸ | ۲/۲ |
| | ۱۵تن | ۲۹/۶ | ۴/۴۶ | ۵۶/۴ | ۳/۲ | ۳۳ | ۱۰ | ۳۰ | ۶ | ۴/۶ | ۴/۲ | ۱۰ | ۲/۴ |
| دوساله | ۳۰تن | ۳۴/۵۲ | ۱/۶۴۰ | ۹۷ | ۹ | ۴۰ | ۱۴ | ۳۲ | ۱۰ | ۴/۴ | ۴ | ۱۲ | ۲/۸ |
| | ۶۰تن | ۴۹/۹۱ | ۱/۷۷ | ۱۱۴ | ۲۱ | ۴۸ | ۱۴ | ۳۶ | ۸ | ۵/۸ | ۴/۶ | ۱۴ | ۱/۸ |
| شاهد | | ۱۴/۷۵ | ۰/۵۳۶ | ۰/۸۲ | ۰/۰۱۴ | ۲۴ | ۸ | ۱۶ | ۴ | ۳/۲ | ۳ | ۸ | ۶ |

*تمام آنالیزها در عصاره گل اشباع خاک و بر اساس واحد $meq.l^{-1}$ اندازه گیری شدند.

(جدول۵) - CEC تیمارهای خاک ستون‌ها

| نوع SMC | تازه | | | یک ساله | | | دو ساله | | | شاهد |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سطح SMC | ۱۵تن | ۳۰تن | ۶۰تن | ۱۵تن | ۳۰تن | ۶۰تن | ۱۵تن | ۳۰تن | ۶۰تن | - |
| CEC meq/100g | ۱۶/۹۷ | ۱۷/۸۵ | ۲۲/۰۶ | ۱۷/۱۴ | ۱۷/۳۲ | ۱۷/۶۷ | ۱۷/۳۲ | ۱۷/۵۵ | ۱۷/۸۴ | ۹ |

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 .البته pH خاک ستون‌ها و محلول آبشویی جمع آوری شده ، به طور کلی در کوتاه مدت تغییرات محسوسی نداشته است . هدایت الکتریکی محلول آبشویی براساس طبقه بندی شوری از شوری زیاد به شوری کم تغییر پیدا کرد(۵). EC ستون‌های خاک نیز در پایان آزمایش کاهش یافت. با گذشت زمان ، EC همه تیمارهای SMC کاهش پیدا کرد . ولی باز هم EC تیمارهای SMC از EC تیمار شاهد بیشتر بود . در نمونه های خاک ستون‌ها فقط سطح ۱۵ تن در هکتار در تیمار دو ساله بود که با تیمار شاهد تفاوت زیادی نشان نداد و در محدوده شوری خیلی کم (۰-۲dS/m) و کم (۲-۴ dS/m) قرار گرفت . بقیه سطوح SMCها در محدوده‌های شوری متوسط (۴-۸ dS/m) قرارگرفتند. سطوح ۶۰ تن در هکتار همه تیمارهای SMC تازه ، یک ساله و دو ساله در محدود شوری (۸-۱۶ dS/m) با شوری زیاد قرار گرفتند . در واقع نشان می دهد که افزودن محلول آبشویی SMC با سطح ۶۰ تن در هکتار سبب شور شدن زیاد خاک می گردد .

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.

در محلول آبشویی مقدار کلسیم در SMC دو ساله در سطوح ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار بیشتر از سایرین و شاهد وجود داشت . از آنجا که کلسیم در ترکیب ژیپس و آهک SMC وجود دارد . نمایانگر این مطلب است که این ترکیبات کم محلول بوده و دیرتر حل می شوند و طی تجزیه کلسیم بیشتری آزاد می کنند .SMC دو ساله به علت هوادیدگی بیشتر حاوی کلسیم محلول زیادتری است . همچنین مشاهده گردید که مقدار منیزیم در همه سطح‌ها در تیمارهای SMC یک ساله و دو ساله بیشتر از تیمار SMC تازه و شاهداست . به طور کلی تفاوت مقدار کلسیم و منیزیم بین تیمارهای SMC و تیمار شاهد زیاد بود . زیاد بودن کاتیون‌های پتاسیم، کلسیم و منیزیم در محلول خاک بر خلاف سدیم جزء خصوصیات مثبت SMC اضافه شده به خاک می باشد و سبب غنی شدن فاز محلول خاک می گردد .

می توان نتیجه گرفت که مصرف SMC از نظر مقدار کلر در هر سه سطح و در هر سه مرحله پوسیدگی سبب شور شدن خاک می شود . ولی سطوح ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار SMC دو ساله با تیمار شاهد تفاوت کمتری نشان داده اند و شوری کمتری در خاک ایجاد خواهند کرد .

از فرمول تجربی رسوب کربنات سدیم باقی مانده (RSC=(HCO3+CO3)-(Ca+Mg)) برای پیش بینی تمایلات کربنات کلسیم برای رسوب از آبهای غنی از بی کربنات می توان استفاده کرد(۲). مقدار بی کربنات کمتر از ۱/۲۵ ازلحاظ کیفیت مناسب است ولی بی کربنات بیشتر از ۲/۵ برای آب آبیاری مطلوب نیست. که در این آزمایش

RSC کمتر از۱/۲۵ به‌دست آمد ، که نمایانگر این است که مشکلی از نظر مقدار بی کربنات ایجاد نشده است .

مقدار نیترات در تیمار SMC دو ساله بیشتر از سایر تیمارها بود . مقدار نیترات تیمار SMC یک ساله نیز از تیمار SMC تازه بیشتر بود و تیمار شاهد کمترین مقدار نیترات را داشت. در حقیقت SMC منبع خوب برای آزاد سازی کند نیتروژن برای گیاهان است . ولی استفاده آن به ویژه به طور اولیه و در مقادیر کم سبب ایموبلیزه شدن ازت می گردد و نیترات کمتری وارد محلول خاک می گردد .

به طور کلی براساس اثرات مثبت و منفی کاتیون‌ها و آنیون‌ها می‌توان نتیجه گرفت که در بین تیمارهای SMC ، تیمار SMC دو ساله و از لحاظ سطح استفاده SMC در خاک ، سطح ۳۰ تن در هکتار SMC مناسب باشد ، که مراحل هوادیدگی و تجزیه بیشتری را طی کرده است و کلسیم و منیزیم بیشتری در محلول خاک می تواند داشته باشد . مقدار نیترات موجود در آن هم می تواند نیاز اولیه گیاه را نسبت به سایر SMC های تازه و یک ساله فراهم کند و نیاز کمتری به استفاده از کود ازته داشته باشد . همچنین از نظر کلر نیز می تواند شوری و سمیت کمتری در خاک در مقابل سایر تیمارها ایجاد کند . به این ترتیب می‌توان گفت که SMC یک منبع غنی از کاتیون‌ها و آنیون‌هاست که در مقایسه انواع SMC با مراحل مختلف هوادیدگی و سطوح به کارگیری آن ، SMC دو ساله و در سطح ۳۰ تن در هکتار می‌تواند بعد از عمل آبشویی سبب غنی شدن فاز محلول خاک گردد و از نظر اثرات منفی کاتیون‌ها و آنیون‌ها خطرات کمتری از لحاظ افزایش غلظت نمک در خاک ایجاد کند.

**تشکرو قدردانی :** این تحقیق با حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه تهران و با استفاده از امکانات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی انجام شده که بدین‌وسیله از مراکز فوق تشکر و قدردانی می‌شود.

## منابع

۱- تاتارو ،الف .۱۳۶۷ . تولید کمپوست از زباله های شهری و رو ستایی و کاربرد آن در کشاورزی. موسسه تحقیقات آب و خاک . نشریه شماره ۷۸۴.

۲- دونالدال،الف .۱۳۸۳. شیمی خاک .انتشارات دانشگاه تبریز.

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

۴- روغنیان ، س . ۱۳۸۴ .بررسی تأثیر شیرابه زباله و کود کمپوست بر برخی خصوصیات شیمایی خاک و پاسخ های گیاه ذرت . پایانامه کارشناسی ارشد . دانشگاه تهران .

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

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

7- Dickerson, G. W., Estension Horticulture Specialist.2000. A Sustainable Approach to Recycling Urban and Agricultural Organic Waste Department of Agriculture cooperating. New Mexico State University.

8- Gerrits, J.P.G. 1988. Nutrition and Compost. p. 29–72. In L.J.L.D. van Griensven (ed.) The Cultivation of Mushrooms.
9- Gou, M., and J. Chorover. 2004. Leachate Migration from Spent Mushroom Substrate through intact and repacked subsurface soil columns. Department of agriculture and natural resources. Department of Soil, Water and Environmental Science. University of Arizona.
10- Gou, M., J. Chorover. R. Rosario ., and R. H. Fox. 2001. Leachate chemistry of field- weathered spent mushroom substrate. Journal of Environ. Qual. 30: 1699-1709.
11- Gue .M and J. Chorover. 2004 .Solute release of weathering spent mushroom substrate under controlled conditions. Compost Science & Utilization. 12 (3):225-234.
12- Khoshgoftarmanesh, a .H, and M. Kalbasi.2001. Effects of municipal waste leachate on soil properties and growth and yield of rice. Commune. In Soil Plant Anal. 33:2011-2020.
13- Lohr, VI; Wang, SH-I; and JD. Wolt.1984. Physical and chemical characteristics of fresh and aged spent mushroom compost. HortScience. 19(5): 681-683.
14- Maher, MJ .1991. Spent mushroom compost (SMC) as a nutrient source in peat based potting substrates In: Maher MJ (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.
15- Mynard, A .A .1993 .Nitrate leaching from compost amended soils. Compost Scince.1-65-72.
16- Önal, M. and K, and 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.
17- Romaine, P .C. and E .J. Holcomb .2000. Spent mushroom compost novel multifunctional constituent of a potting medium for plants .Department of plant and horticulture. The Pennsylvania University, University Park. In: Spent Mushroom Substrate, Scientific Research and Practical Applications, 24 p. (www.mushroom-sms.com).
18- Stauffer, RS .1942. Runoff, percolate, and leaching losses from some Illinois soils. Journal of American .Soc Agro. 34:830–835.
19- Stewart, D. P .C. K.C. Cameron., and I.S. Cornforth. 1998. Inorganic-N release from Spent Mushroom Compost under laboratory and field conditions. Department of soil science, Lincoln University, Canterbury, Newsland .Soil Biot .Biochem. 30(13): 1689-1699.
20- Stewart, D. P .C. K.C. Cameron. I.S. Cornforth. And B.E. Main. 1998. Release of sulphate, potassium, calcium and magnesium from spent mushroom compost under laboratory conditions. Journal Biology and Fertility of Soils. 26:146–151.
21- Stewart, D .P., C., K. C .Cameron., and B. E. Main. 2000. Release of sulfate sulphur, potassium, calcium and magnesium from spent mushroom compost under field conditions. Biol Fertil Soils .31:128-133.
22- Stewart, D. P. C., K. C. Cameron., and I. S. Cornforth. 1998. Effects of spent mushroom substrate on soil chemical conditions and plant growth in an intensive horticultural system: a comparison with inorganic fertilizer. Australian Journal of Soil. 36(2): 185 – 198.
23- Szmitd, R.A. k, and C .Chong.1995. Uniformity of spent mushroom substrate and factors in applying recommendations for use. Compost Sci. Until .3:64-71.
24- Uzun, I. 2004. Use of spent mushroom compost in sustainable fruit production. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research. 12: 157-165.
25- Wang, S. H., V. Lohr., and D .L. Coffey. 1984. Spent mushroom compost as a soil amendment for vegetables .Journal of American .Soc .Hort .Sci. 109(5):698-702.
26- Wisniewska, G.H., and T. Pankiewicz. 1989. Evaluation of the suitability of Spent mushroom substrate for tulip cultivation. Prace Instytutu Sadownictura kwiaciarstwaw skerniewicack, 14:7-13.

# Investigation of the effects of spent mushroom compost (SMC) application on some chemical properties of soil and leachate

**F.Vahabi Mashak[*] - H.Mirseyed Hosseini – M.Shovafa – S.Hatami[1]**

**Abstract**

Spent mushroom compost (SMC) is a by-product of the mushroom industries. It is made from straw, manure, gypsum and horse-bedded straw, hay and poultry manure. SMC has been used as a soil amendment, particularly for intensive horticultural production. In this study the effects of various SMC's types (fresh, one year old, two years old) on changes of chemical characteristics of a loamy soil was studied for 12 weeks in a laboratory column incubation under controlled conditions. Different rates of each SMC (0, 15, 30, 60 t $ha^{-1}$) were mixed with a loamy soil. The columns were leached with deionized water every week. Leachates were collected and analyzed for EC, pH, soluble cations (Sodium, Potassium, Calcium, and Magnesium), and anions (Chloride, Bicarbonate, Nitrate) content. Similar data collection was conducted on the soil samples at the beginning and at the end of the test. The results showed that EC and concentration of nutrients was the lowest in two years old SMC. It is probably due to the amount of salts leached out during the weathering of SMC. The leachate contained a higher amount of Calcium and Magnesium over the 12 week period. Two years old SMC had less Cl and Na and had less effect on soil salinity and sodification. Since the slow inorganic-N release rate from SMC-amended soil is predominantly the result of the slow mineralization of recalcitrant organic-N in SMC, therefore, nitrate content in two years old SMC can provide the primary requirements of plants. Comparison of different levels of SMC showed that using 30 t $ha^{-1}$ is more favorable as compared with other levels. The 60 t $ha^{-1}$ level caused higher EC and salinity in the soil. As a general rule if SMC with proper aging is used at an appropriate level it can affect the chemical and physical characteristics of the soil and can be used as a soil amendment.

**Key words:** Spent Mushroom Compost (SMC), wastage mushroom, Composting, Soil amendment, Columns leaching

* - Correspending auther Email: fahimeh.Vahabi@gmail.com
[1] - Contribution from College of Agriculture, University of Tehran