نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۱، شماره ۱ ، بهار ۱۳۹۲، ص. ۱۰۶-۹۷

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 11, No. 1, Spring. 2013, p. 97-106

تأثیر شیرابه زباله شهری تیمار شده با نمک‌های مختلف بر خصوصیات رویشی، ترکیب شیمیایی گیاه جو و خصوصیات خاک

علی رضا آستارایی[۱]

تاریخ دریافت:۱۳۸۹/۵/۱۵
تاریخ پذیرش:۱۳۹۱/۹/۸

چکیده

پسماندهای آلی بطور طبیعی حاوی مقادیر قابل ملاحظه ای عناصر غذایی می‌باشند که به علت وجود مواد آلی زیاد، قابلیت جذب عناصر غذایی در خاک (خصوصا خاک‌های آهکی و قلیایی) را افزایش داده و کمبود عناصر غذایی کم مصرف را مرتفع می نمایند. پسماندهای آلی حاوی آلودگی‌های پاتوژنی است که توسط میکرواورگانیسم هایی چون باکتری ها، قارچ ها و غیره انتقال می‌یابند. هدف از این تحقیق بررسی تاثیر شیرابه زباله شهری تیمار شده با سه نمک، ۱) سولفات مس، ۲) کلرید آهن و ۳) بنزوات سدیم، به عنوان تیمارهای آزمایشی هر کدام با دو مقدار ۴۰ و ۸۰ میلی گرم نمک بر لیتر بود که روی خصوصیات رویشی گیاه جو و خصوصیات خاک در قالب طرح کاملاً تصادفی بصورت فاکتوریل با سه تکرار در شرایط آزمایشگاهی و گلدانی در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ انجام شد. نتایج نشان داد که کل وزن خشک گیاه تفاوت معنی داری در تیمارهای آزمایشی با نمک‌های مختلف نداشت. حداکثر غلظت نیتروژن و پتاسیم گیاه در تیمار سولفات مس، و غلظت فسفر گیاه در دو تیمار سولفات مس و کلرید آهن مشاهده شد. افزایش مقدار نمک موجب افزایش هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک و کاهش ارتفاع، وزن کل خشک گیاه، نیتروژن و فسفر شد. ارتفاع، کل وزن خشک گیاه، غلظت فسفر و پتاسیم گیاه در تیمار سولفات مس ۴۰ حداکثر، و غلظت نیتروژن گیاه در رتبه دوم بود. بیشترین کاهش در ارتفاع و وزن کل خشک گیاه در تیمار کلرید آهن با افزایش مقدار نمک و حداقل غلظت نیتروژن در این تیمار مشاهده شد. هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در تیمار سولفات مس ۴۰ در رتبه سوم و نیتروژن کل خاک در تیمارهای بنزوآت سدیم ۸۰ و سولفات مس ۴۰ میلی گرم بر لیتر در رتبه اول و پتاسیم قابل دسترس خاک در تیمار سولفات مس ۴۰ میلی گرم بر لیتر در رتبه دوم بود. با توجه به نتایج بدست آمده تیمار سولفات مس ۴۰ میلی گرم بر لیتر مناسبترین نمک برای تیمار کردن شیرابه زباله شهری و افزایش رشد و کل وزن خشک گیاه جو می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: جو، خاک، شیرابه زباله شهری، نوع و مقدار نمک

مقدمه

خاک‌های مناطق خشک عموماً آهکی، دارای واکنش قلیایی و همراه با فقر ذاتی از نظر مواد آلی بوده و بسیاری از گیاهان در این خاک ها با کمبود عناصر غذایی خصوصا عناصر کم مصرف آهن، روی و مس روبرو هستند. امروزه به واسطه رشد صنعتی شدن و شهرنشینی به ویژه در کشورهای در حال توسعه، منابع جدیدی از مواد آلی که هم بتوان از آنها بعنوان مواد اصلاحی خاک و هم به نوعی مشکل کمبود آب آبیاری در اراضی کشاورزی را مرتفع ساخت مورد توجه برنامه ریزان قرار گرفته است. در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک کشور ما به علت فقر شدید مواد آلی، استفاده از هر ترکیب حاوی مواد آلی، از جمله شیرابه تولید شده در فرآیند تبدیل زباله شهری به کود کمپوست، برای تقویت خاک ضروری است. فاضلاب‌های شهری، لجن پساب ها، لجن کمپوست شده، کمپوست و شیرابه‌های حاصل از تبدیل زباله به کود کمپوست بطور طبیعی حاوی مقادیر قابل ملاحظه ای عناصر غذایی می‌باشند که به علت وجود مواد آلی زیاد به صورت کلات‌های آلی در آمده و موجب افزایش حلالیت و قابلیت جذب عناصر کم مصرف در خاک می شوند. بنابراین رفع کمبود عناصر غذایی کم مصرف به وسیله مواد آلی به علت قدرت کمپلکس کنندگی این مواد است. آبیاری با پساب تصفیه ثانویه فاضلاب شهری می تواند دست کم بخشی از نیاز گیاهان به آهن، منگنز، روی و مس را مرتفع کند (۱۳).

۱- دانشیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
Email: astaraei@ferdowsi.um.ac.ir

میزان تولید شیرابه کمپوست در اکثر کارخانه‌های تولید کود آلی کشور نسبتاً زیاد است. خوشگفتارمنش و کلباسی (۲۰) طی بررسی‌های خود نشان دادند که کاربرد ۱۵۰ و ۳۰۰ تن بر هکتار شیرابه زباله عملکرد دانه و کاه کلش برنج را افزایش داد. آنها افزایش عملکرد را به غنی بودن شیرابه از عناصر غذایی و ماده آلی و اسیدی بودن آن مربوط دانسته و بیان داشتند که می توان از آن به عنوان کود مایع استفاده کرد، ولی تیمار شیرابه ۶۰۰ تن بر هکتار عملکرد دانه برنج را کاهش داد که به دلیل شوری زیاد شیرابه بود (۲۰). اگر چه ترکیب شیرابه نسبت به فاضلاب یا پساب فاضلاب متفاوت است ولی شباهت هایی نیز بین این دو پسماند وجود دارد. بررسی‌های انجام شده در خصوص شیرابه نشان داده است که شیرابه زباله دارای مقادیر عناصر پرمصرف نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و عناصر کم مصرفی چون آهن، مس، روی و منگنز است (۴). تحقیقات آستارایی و فتاحی کیاسری (۲) نشان داد که تعداد و وزن کل فلفل‌ها در تیمار ۲۰ درصد حجمی شیرابه و آب حداکثر شد. همگام با افزایش مقادیر عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در خاک، در اثر افزایش کاربرد شیرابه در خاک، مقادیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم گیاه فلفل نیز افزایش داشت. افزایش این عناصر در گیاه با روند منظمی تا تیمار ۶۰ درصد حجمی شیرابه و آب مشاهده شد. بیشترین زیست توده تازه گیاه فلفل با ۸۶ درصد، بیشترین ارتفاع بوته با ۱۰۷ درصد و تعداد شاخه‌های فرعی با ۸۰ درصد افزایش در تیمار ۴۰ درصد حجمی شیرابه و آب نسبت به شاهد مشاهده شد. افزایش درصد شیرابه تا ۴۰ درصد حجمی تأثیر مثبتی بر تعداد شاخه‌های فرعی، ارتفاع و زیست توده تازه گیاه فلفل داشت، اما کاربرد ۶۰ درصد حجمی شیرابه منجر به ایجاد اثرات منفی گردید. مقادیر آهن، مس و منگنز در گیاه با افزایش درصد حجمی شیرابه مصرفی روند افزایشی داشتند به طوری که تیمار ۶۰ درصد حجمی شیرابه نسبت به شاهد به ترتیب ۶ درصد، ۳۱ درصد و ۶ درصد افزایش نشان دادند (۱). تحقیقات الماسیان و همکاران (۴) با کاربرد نسبت‌های مختلف شیرابه و آب روی گیاه گندم نشان داد که تعداد دانه در سنبله، ارتفاع گیاه، وزن دانه در سنبله، عملکرد کاه و کلش و دانه در تیمار ۲۰ درصد حجمی شیرابه نسبت به شاهد بترتیب ۴۳/۵، ۱۴، ۵۸، ۴۶ و ۵۷ درصد افزایش داشتند. افزایش غلظت شیرابه به بیش از ۲۰ درصد حجمی با آب، عملکرد و اجزای عملکرد را نسبت به شاهد کاهش داد، که احتمالا به دلیل افزایش شوری خاک و اثرات منفی آن بر این پارامترها می‌باشد.

آستارایی و ایوانی (۸) با محلول پاشی محلول‌های غذایی نیتروژن، شیرابه زباله شهری، عصاره کمپوست زباله شهری و آب مقطر (شاهد) روی لوبیا چشم بلبلی به مدت یک ماه عنوان کردند که با محلول پاشی ترکیبات آلی محلول، ضخامت برگ‌ها بیشتر و رنگ سبز آنها تیره‌تر بود. حداکثر تعداد برگ در گلدان و فاصله میانگره ها و ارتفاع گیاه در تیمار شیرابه زباله شهری و حداکثر کلروفیل در تیمار عصاره کمپوست زباله شهری بوده که در نتیجه منجر به افزایش تولید ماده خشک برگ، ساقه و کل ماده خشک گیاه شد. حداکثر مقادیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاه نیز در تیمارهای شیرابه زباله شهری و عصاره کمپوست زباله شهری بود. مصباح زاده و آستارایی (۲۲) با محلول پاشی محلول‌های غذایی نیتروژن، شیرابه زباله شهری، عصاره ورمی کمپوست و آب مقطر (شاهد) روی لوبیا چیتی بمدت یک ماه عنوان کردند که بیشترین ارتفاع ریشه، تعداد برگ، فاصله میانگره و کلروفیل برگ در تیمارهای عصاره ورمی کمپوست و شیرابه زباله شهری بود. آنها نتیجه گیری کردند که محلول پاشی برگی با ترکیبات آلی محلول سبب ماندگاری بیشتر محلول ها روی سطح برگ شده و در نتیجه جذب بیشتر عناصر غذایی، ماده خشک برگ، ساقه و کل ماده خشک گیاه افزایش می‌یابد.

برخی از محققان با بررسی اثرات نامطلوب استفاده از پسماندهای آلی روی عملکرد گیاه گوجه فرنگی (۹) گزارش کردند که آبیاری با عصاره اشباع رقیق شده لجن از منابع مختلف بر روی گوجه فرنگی نامناسب بوده و در نمونه‌های برگ گیاه تیمار شده، بطور عمده مقادیر سمی بر و مقادیر بیش از حد آستانه عناصر Cu، Mo، Ni ، Co، Pb و Cd مشاهده شد. گارسیا و همکاران (۱۶) اثرات منفی استفاده از لجن فاضلاب کمپوست نشده را روی عملکرد گیاه ناشی از سمیت ایجاد شده در نتیجه عناصر معدنی موجود در لجن کمپوست نشده و متابولیت‌های آلی و همچنین توقف معدنی شدن نیتروژن دانستند. اسلام و همکاران (۱۷) و نجیم و همکاران (۲۳) گزارش کردند که ضایعاتی چون فاضلاب‌های شهری، لجن پساب ها، لجن کمپوست شده، کمپوست و شیرابه معمولا دارای مقادیر زیادی عناصر کم مصرف هستند، که در نتیجه تجمع در خاک ها حتی در مقادیر کم می‌تواند از طریق جذب گیاه در زنجیره غذایی وارد شود. بنابراین تفاوت در نوع پاسخ گیاهان مختلف حتی ارقام مختلف یک خانواده به پسماندهای شهری (پساب فاضلاب، لجن فاضلاب، کمپوست، شیرابه زباله) را می‌توان به عواملی چون ترکیب شیمیایی آنها، روش‌های تهیه، مراحل تصفیه و بکارگیری آنها، نوع خاک و ترکیب شیمیایی آن و نوع گیاه مربوط دانست (۱۱).

گالگو و همکاران (۱۵) درخصوص رابطه بین سمیت یونی فلزات سنگین و تنش اکسایشی در سلول‌های گیاه آفتاب گردان نشان دادند که قرار دادن برگ‌های گیاهچه ۱۴ روزه آفتابگردان در محلول‌های حاوی ۰/۵ میلی مولار یون‌های Cu(II) یا Cd(II) و Fe(II) به مدت ۱۲ ساعت در شرایط روشنایی روز موجب کاهش در مقدار کلروفیل و هورمون‌های رشدی شد، ولی لیپید پراکسیداسیون و فعالیت لیپواکسیژناز افزایش داشت. وجود رادیکال‌های آزاد پایشی مثل بنزوات سدیم و مانیتول از کاهش در مقدار کلروفیل و هورمون‌های رشدی و افزایش لیپید پراکسیداسیون و فعالیت لیپواکسیژناز جلوگیری کرد. آنها نتیجه گیری کردند که بنزوات سدیم و مانیتول می‌توانند

آنزیم‌های آنتی اکسیدان را از غیرفعال شدن محافظت نمایند. چیا و همکاران (۱۲) با بررسی تاثیر غلظت زیاد سولفات مس و سمیت آن روی گیاه برنج، نتیجه گیری کردند که رادیکال‌های آزاد پایشی چون بنزوآت سدیم موجب کاهش سمیت و کاهش تجمع یون آمونیم در برگ‌های برنج می‌گردد. اورتلی و جاکوبسون (۲۵) با کاربرد نمک‌های کلریدآهن و سولفات آهن در محلول‌های غذایی روی گیاهان آزمایشی نتیجه گیری کردند که کاربرد کلریدآهن به عنوان تامین آهن مورد نیاز گیاه آفتاب گردان هنگامی که pH از ۴/۵ به ۸/۵ افزایش یابد، موجب کاهش عملکرد گیاه آفتابگردان، کاهش مقادیر آهن و کلروفیل در برگ ها می‌شود. با کاربرد سولفات آهن روی ذرت به عنوان تامین آهن مورد نیاز گیاه در pH = ۵ و بیشتر علایم کلروز آهن در گیاه ذرت ظاهر شد و وزن خشک گیاه، کلروفیل و غلظت آهن در برگ ها با افزایش pH کاهش داشت. آنها عنوان کردند که نیاز داخلی و متابولیکی گیاهان به آهن همان گونه که از رابطه آهن با کلروفیل مشاهده می‌گردد، بطورکلی هیچ وابستگی به گونه‌های گیاهی، فرم آهن، و نسبت آن با سایر عناصر ندارد. گیاهان دچار کمبود آهن، بطور نسبی آنیون‌های (نیترات) کمتری را در مقایسه با کاتیون ها جذب می‌کنند که می‌تواند به نقش آهن در متابولیسم نیتروژن تفسیر شود.

در صنایع و کارخانجات تولید نمک‌های کلرید آهن و سولفات آهن که ماهانه بالغ بر ۴۰ تا ۵۰ تن یا بیشتر می‌باشد، بکارگیری اسیدهای سولفوریک و نیتریک و آهن از آلودگی‌های عمده زیست محیطی که از طریق هوا گسترش می‌یابد، عنوان شده است (۷). نورول و لیندزی (۲۴) گزارش کردند که کاربرد کلرید آهن در خاک لوم موجب افزایش حلالیت آهن حداقل به هفت برابر شد. حلالیت آهن خاک بعد از اعمال کلرید آهن با گذشت زمان به آهستگی کاهش داشته و بعد از گذشت یک ماه یون‌های $(Fe^{3+})(OH^{-})3$ تولیدی در خاک معادل مقدار آنها در خاک شاهد (بدون کلریدآهن) شد. فوجیوکا و همکاران (۱۴) با تعیین مقدار اسید بنزوئیک گیاه *Lemna gibba* G3 کشت شده در دو شرایط با و بدون برقراری روشنایی روز عنوان کردند که افزودن اسید بنزوئیک به محیط کشت منجر به واکنش معنی داری در گلدهی گیاه شد. آنها نشان دادند که اسید بنزوئیک تولید شده در گیاه می‌تواند با ایجاد برهمکنش با سایر عوامل، تاثیر مثبتی بر واکنش گلدهی گیاه *Lemna gibba* G3 داشته باشد. تحقیقات بورتون و همکاران (۱۰) نشان داد که در تیمارهای حاوی نمک کلرید مس با افزایش مقدار مس، کاهش معنی داری در غلظت منیزیم ساقه ها و ریشه‌های گیاه *Sitka spruce* ایجاد گردید. آنها همچنین نشان دادند که جذب کلسیم تنها در ساقه‌های گیاه در اثر غلظت نمک مس کاهش معنی داری نشان داد که بیانگر اثرات برهمکنش منفی عنصر مس با منیزیم و کلسیم است.

بنابراین با توجه به پراکندگی اطلاعات و نتایج متفاوت این تحقیق در دو مرحله انجام شده که مرحله اول با عنوان " بررسی تأثیر نمک‌های مختلف بر گندزدایی میکروبی و برخی خصوصیات شیمیایی شیرابه حاصل از تولید کمپوست" بوده و نتایج بدست آمده در مقاله آستارایی و اسکندری (۳) ارایه شده است، و مرحله دوم با عنوان" تأثیر شیرابه زباله شهری تیمار شده با نمک‌های مختلف بر خصوصیات رشدی، ترکیب شیمیایی گیاه جو و خصوصیات خاک بعد از برداشت گیاه جو به منظور بررسی اثرات احتمالی سوء نمک‌های آزمایشی اجرا شد.

مواد و روش ها

به منظور بررسی تأثیر شیرابهٔ زباله شهر مشهد که با نمک‌های مختلف تیمار شده بود بر خصوصیات رشدی، ترکیبات شیمیایی گیاه جو و خصوصیات خاک، شیرابه زباله شهری با سه نمک سولفات مس، کلرید آهن و بنزوات سدیم هر نمک با دو مقدار ۴۰ و ۸۰ میلی گرم نمک بر لیتر مخلوط شدند که تیمارهای آزمایشی را شامل شده (۱۸ و ۲۶) و در قالب طرح کاملاً تصادفی بصورت فاکتوریل با سه تکرار در شرایط آزمایشگاهی و گلدانی در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ انجام شد. ابتدا ۳ لیتر شیرابه زباله شهری خالص (خصوصیات شیمیایی در جدول ۱ آورده شده) را همراه با مقادیر نمک‌های مورد نظر در ظروف پلاستیکی ۴ لیتری اضافه کرده و آنها را در مخلوط کن مکانیکی با سرعت ۶۰ دور در دقیقه به مدت یک ساعت قرار داده و سپس ظروف در شرایط آزمایشگاه به مدت ۴۸ ساعت نگهداری شدند. تعداد ۱۸ گلدان هر کدام با ۳ کیلوگرم خاک لوم تهیه و تمامی محلول شیرابه صاف شده هر ظرف به آهستگی روی خاک هر گلدان اضافه شد. هنگامی که رطوبت خاک گلدان ها به حد ظرفیت زراعی رسید (بطور وزنی)، تعداد ۵ بذر جو (رقم سمند) را در عمق ۲ سانتیمتری خاک قرار داده و پس از پوشش با ماسه بادی، کلیه گلدان ها با آب معمولی آبیاری شدند. ۱۵ روز پس از کاشت، گیاهچه‌های هر گلدان به ۳ گیاه تنک شدند. آبیاری گلدان ها هر سه روز انجام شد. ۵۰ روز پس از کاشت، ارتفاع گیاهان ثبت و گیاهان هر گلدان برداشت شده و پس از خشک کردن در خشک کن با دمای ^{o}C ۶۵ وزن خشک آنها تعیین شد. پس از برداشت گیاهان، از خاک هر گلدان نمونه برداری شده و بافت خاک به روش هیدرومتری (۲۹)، pH گل اشباع، هدایت الکتریکی عصاره اشباع و کاتیون ها و آنیون‌های محلول در عصاره اشباع به روش تیتراسیون (۱۹)، نیتروژن کل به روش کجلدال (۲۹)، فسفر قابل دسترس به روش اولسن (۲۹)، پتاسیم قابل دسترس به روش استات آمونیوم (۱۹) تعیین شدند. نمونه‌های خشک شده گیاهی آسیاب شده و با استفاده از روش هضم تر، میزان عناصر فسفر، پتاسیم و نیتروژن نمونه ها تعیین شد (۲۸).

نتایج بدست آمده با استفاده از نرم افزار آماری MSTAT-C و تجزیه واریانس (ANOVA) انجام گرفته و میانگین داده‌های آزمایش با آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح اطمینان ۵ درصد با یکدیگر مقایسه شدند.

جدول ۱- بعضی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی شیرابه آزمایشی

پارامتر	واحد اندازه‌گیری	مقدار
pH	--	۵/۴۰
EC	$dS\ m^{-1}$	۲۹/۶
ماده خشک	%	۲/۸
TOC	%	۱/۸
نیتروژن کل	%	۰/۱۵
نیتروژن معدنی	%	۰/۰۶
فسفرقابل دسترس	$mg\ kg^{-1}$	۱۲۹/۰
پتاسیم	%	۰/۲۱
سدیم	%	۰/۲
کلسیم	%	۰/۲۶
منیزیم	%	۰/۰۶
کلر	%	۰/۲۵
سولفات	%	۰/۲۸
C/N	--	۱۰
نیکل	$mg\ kg^{-1}$	۰
آهن	$mg\ kg^{-1}$	۱۵۵
منگز	$mg\ kg^{-1}$	۱۵/۱
مس	$mg\ kg^{-1}$	۰/۸
روی	$mg\ kg^{-1}$	۳۰/۱
کادمیوم	$mg\ kg^{-1}$	ناچیز

نتایج و بحث

تاثیر نمک‌های مختلف

بیشترین ارتفاع گیاه جو در تیمار سولفات مس مشاهده شد که نسبت به دو تیمار دیگر به ترتیب معادل ۷ درصد و ۱۳/۵ درصد افزایش معنی داری داشت. دو تیمار کلرید آهن و بنزوات سدیم تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۳). اگر چه بیشترین وزن خشک گیاه در تیمار کلرید آهن مشاهده شد ولی نسبت به دو تیمار دیگر معنی دار نشد (جدول ۳). افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان برنج (۲۰)، گندم (۴)، فلفل (۱) با کاربرد شیرابه زباله گزارش شده است. آستارایی و ایوانی (۸) نشان دادند که با محلول پاشی شیرابه زباله شهری بیشترین تعداد برگ، فاصله میانگره ها و ارتفاع گیاه لوبیا چشم بلبلی ایجاد شد. از آنجایی که کل وزن خشک گیاه تفاوت معنی داری در تیمارهای نمک‌های مختلف نداشت، بنابراین هیچگونه اثرات سویی در رابطه با سمیت سولفات مس گزارش شده توسط گالگو و همکاران (۱۵) و چیا و همکاران (۱۲)، سمیت کلرید مس (۱۰)، کلرید آهن توسط اورتلی و جاکوبسون (۲۵)، اسلام و همکاران (۱۷)، نجیم و همکاران (۲۳) و آروناچالام و همکاران (۷) درخصوص تجمع عناصر سنگین مشاهده نشد.

جدول۲- بعضی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک آزمایشی

بافت	واحد	لوم
pH	-	۷/۸
EC	$dS.m^{-1}$	۱/۷
نیتروژن کل	%	۰/۰۲
کربن آلی	%	۰/۱۹
کاتیون‌های محلول	$me.l^{-1}$	
K		۰/۱۷۶
Ca		۳/۲۵
Mg		۴/۷۵
Na		۶/۷
آنیون‌های محلول	$me.l^{-1}$	
Cl		۹/۵
SO_4		۱۱
CO_3		۰
HCO_3		۰/۵
P (قابل دسترس)	$mg.kg^{-1}$	۲/۵
Fe	$mg.kg^{-1}$	۲/۸
Mn	$mg.kg^{-1}$	۴/۳
Zn	$mg.kg^{-1}$	۰/۹۸
Cu	$mg.kg^{-1}$	۰/۶
CEC	$Cmol_{(+)}.\ Kg^{-1}$	۱۶/۸
$CaCO_3$	%	۱۵/۶
وزن مخصوص ظاهری	$g.cm^{-3}$	۱/۴

حداکثر غلظت نیتروژن و پتاسیم گیاه در تیمار سولفات مس، و حداقل غلظت آنها در تیمار کلرید آهن مشاهده شد. غلظت فسفر گیاه در دو تیمار سولفات مس و کلرید آهن تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشتند، اما هر دو نسبت به تیمار بنزوات سدیم افزایش معنی داری نشان دادند (جدول ۳). در تحقیقات کلباسی و گندمکار (۶) روی گیاه ذرت و الماسیان و همکاران (۴) روی گیاه گندم حداکثر غلظت‌های نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاه با کاربرد شیرابه گزارش شد. آستارایی و ایوانی (۸) حداکثر غلظت‌های نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاه لوبیا چشم بلبلی را در تیمارهای شیرابه زباله شهری و عصاره کمپوست زباله شهری گزارش کردند. بورتون و همکاران (۱۰) گزارش کردند که افزایش مقدار مس کاهش معنی داری در غلظت منیزیم ساقه ها و ریشه‌های گیاه *Sitka spruce* ایجاد کرد. منیزیم نقش بسزایی در فتوسنتز و کلروفیل گیاهان دارد و در کمبود آن غلظت نیتروژن گیاه

کاهش می‌یابد. در این تحقیق هیچ گونه اثرات سوء و سمیت سولفات مس مشاهده نشد. اما کاهش ۲۰ درصدی غلظت نیتروژن گیاه می‌تواند به دلیل تاثیر کلریدآهن و کاهش جذب نیترات کمتر توسط گیاه باشد (۲۵). کاهش ۲۰ درصدی غلظت پتاسیم در گیاه احتمالا بدلیل مقدار زیاد منیزیم خاک در این تیمار و برهمکنش منفی آنها است. تاثیر نمک بنزوآت سدیم در مقایسه با کلرید آهن احتمالا به نقش مثبت آن و اسید بنزوئیک به عنوان متابولیت تولیدی در گیاه مربوط است (۱۲، ۱۴ و ۱۵).

تاثیر مقادیر نمک

تاثیر مقادیر نمک در جدول ۴ نشان داد که بیشترین ارتفاع گیاه و وزن خشک گیاه در تیمار ۴۰ میلی گرم بر لیتر بترتیب با ۱۱ و ۲۹ درصد نسبت به تیمار ۸۰ میلی گرم بر لیتر افزایش معنی داری داشتند. این کاهش ارتفاع و وزن خشک گیاه با افزایش مقدار نمک بدلیل افزایش هدایت الکتریکی خاک است (۱ و ۴).

غلظت فسفر گیاه در تیمار ۴۰ میلی گرم بر لیتر نسبت به تیمار ۸۰ میلی گرم بر لیتر افزایش معنی داری داشت (جدول ۴)، درحالی که غلظت نیتروژن در تیمار ۸۰ میلی گرم بر لیتر نسبت به تیمار ۴۰ میلی گرم بر لیتر افزایش معنی داری داشت (جدول ۴). غلظت پتاسیم گیاه در دو تیمار ۴۰ و ۸۰ میلی گرم بر لیتر تفاوت معنی داری نشان نداد (جدول ۴).

برهمکنش نمک‌های مختلف و مقادیر آنها

بیشترین ارتفاع گیاه جو در تیمار سولفات مس ۴۰ میلی گرم بر لیتر مشاهده شد که تفاوت معنی داری با تیمار کلرید آهن ۴۰ میلی گرم بر لیتر نداشت، اما در مقایسه با سایر تیمارها افزایش معنی داری در سطح اطمینان ۵ درصد داشت. دو تیمار کلرید آهن ۸۰ و بنزوآت سدیم ۸۰ میلی گرم بر لیتر کمترین ارتفاع گیاه را دارا بودند که در مقایسه با تیمار بنزوآت سدیم ۴۰ میلی گرم بر لیتر تفاوت معنی داری نداشته، اما در مقایسه با سولفات مس ۴۰ میلی گرم بر لیتر کاهش معنی داری حدود ۲۰ درصد نشان دادند (جدول ۵).

جدول ۳- تاثیر نوع نمک در شیرابه بر ارتفاع، وزن کل خشک، نیتروژن، فسفر و پتاسیم گیاه جو

نوع نمک	ارتفاع (cm)	وزن خشک گیاه (mg)	نیتروژن گیاه (٪)	فسفر گیاه (٪)	پتاسیم گیاه (٪)
سولفات مس	۳۶/۴a	۱۱۴۰/۰a	۱/۰۹a	۰/۴۹a	۱/۰۳a
کلرید آهن	۳۴/۰b	۱۱۹۶/۷a	۰/۸۷c	۰/۴۹a	۰/۸۲c
بنزوآت سدیم	۳۲/۷b	۱۱۸۳/۳a	۰/۹۳b	۰/۴۷b	۰/۸۸b

تفاوت اعداد با حروف مشترک در هر ستون در سطح اطمینان ۵٪ آزمون دانکن معنی دار نیست.

جدول ٤- تاثیر مقدار نمک بر ارتفاع، وزن کل خشک، نیتروژن، فسفر و پتاسیم گیاه جو

مقدارنمک ($mg.l^{-1}$)	ارتفاع (cm)	وزن خشک (mg)	نیتروژن گیاه (٪)	فسفر گیاه (٪)	پتاسیم گیاه (٪)
۴۰	۳۶/۰a	۱۳۱۲/۲a	۰/۹b	۰/۵۰a	۰/۹۲a
۸۰	۳۲/۷b	۱۰۱۸/۳b	۱/۰a	۰/۴۸b	۰/۹۰a

تفاوت اعداد با حروف مشترک در هر ستون در سطح اطمینان ۵٪ آزمون دانکن معنی دار نیست.

جدول ۵- برهمکنش تیمارهای نوع نمک و مقدار آن بر ارتفاع، وزن کل خشک، نیتروژن، فسفر و پتاسیم گیاه جو

نوع نمک	مقدار ($mg.l^{-1}$)	ارتفاع (cm)	وزن خشک (g)	نیتروژن گیاه (٪)	فسفر گیاه (٪)	پتاسیم گیاه (٪)
سولفات مس	۴۰	۳۸/۲ a	۱۴۴۶/۷a	۱/۰۴b	۰/۵۰a	۱/۲۴a
	۸۰	۳۴/۶ bc	۸۳۳/۳e	۱/۱۴a	۰/۴۸۷ab	۰/۸۲cd
کلرید آهن	۴۰	۳۶/۲ab	۱۳۰۶/۷b	۰/۸۷d	۰/۴۸۵bc	۰/۷۸d
	۸۰	۳۱/۸d	۱۰۸۶/۷d	۰/۸۷d	۰/۴۸۶b	۰/۸۶c
بنزوآت سدیم	۴۰	۳۳/۶cd	۱۱۸۳/۳c	۰/۸۷d	۰/۴۸۲bc	۰/۷۴d
	۸۰	۳۱/۷d	۱۱۳۵/۰cd	۰/۹۸c	۰/۴۸۰c	۱/۰۲b

تفاوت اعداد با حروف مشترک در هر ستون در سطح اطمینان ۵٪ آزمون دانکن معنی دار نیست.

بیشترین وزن خشک گیاه جو در تیمار سولفات مس ۴۰ میلی گرم بر لیتر مشاهده شد که در مقایسه با سولفات مس ۸۰ میلی گرم بر لیتر معادل ۷۳/۶ درصد افزایش معنی داری داشت (جدول ۵). کاهش ارتفاع و وزن خشک گیاه در تیمار سولفات مس ۸۰ میلی گرم بر لیتر می‌تواند بدلیل افزایش غلظت مس و احتمالا سمیت آن باشد (۷، ۱۷، ۲۳ و ۲۵). وزن خشک گیاه تیمارهای کلرید آهن ۸۰ و بنزوآت سدیم ۸۰ میلی گرم بر لیتر نسبت به یکدیگر اختلاف معنی داری نداشته ولی نسبت به تیمار سولفات مس ۸۰ میلی گرم بر لیتر افزایش معنی داری بترتیب معادل ۳۰/۴ و۳۶/۲ درصد نشان دادند.

غلظت نیتروژن گیاه در تیمارهای سولفات مس ۸۰ میلی گرم بر لیتر، سولفات مس ۴۰ میلی گرم بر لیتر و بنزوآت سدیم ۸۰ میلی گرم بر لیتر به ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم قرار داشت (جدول ۵). تیمارهای کلرید آهن ۴۰ و ۸۰ میلی گرم بر لیتر و بنزوآت سدیم ۴۰ میلی گرم بر لیتر اختلاف معنی داری نسبت به یکدیگر نداشتند. غلظت نیتروژن گیاه تیمار سولفات مس ۸۰ میلی گرم بر لیتر در مقایسه با کلرید آهن ۴۰ و ۸۰ میلی گرم بر لیتر افزایش معنی داری معادل ۳۰/۹ درصد نشان داد.

غلظت فسفر گیاه در تیمار سولفات مس ۴۰ میلی گرم بر لیتر حداکثر شد که در مقایسه با سایر تیمارها (بجز سولفات مس ۸۰ میلی گرم بر لیتر) افزایش معنی داری داشت (جدول ۵). حداقل غلظت فسفر گیاه در تیمار بنزوآت سدیم ۸۰ میلی گرم بر لیتر مشاهده شد که نسبت به تیمار سولفات مس ۴۰ میلی گرم بر لیتر کاهش معنی داری معادل ۴/۲ درصد داشت.

غلظت پتاسیم گیاه در تیمار سولفات مس ۴۰ میلی گرم بر لیتر حداکثر شد که در مقایسه با سایر تیمارها افزایش معنی داری داشت. حداقل غلظت پتاسیم گیاه در تیمار بنزوآت سدیم ۴۰ میلی گرم بر لیتر مشاهده شد که با تیمارهای سولفات مس ۸۰ و کلرید آهن ۴۰ میلی گرم بر لیتر اختلاف معنی داری نداشته، اما معادل ۴۰/۳ درصد کاهش معنی دار نسبت به تیمار سولفات مس ۴۰ میلی گرم بر لیتر نشان داد (جدول ۵). بیشترین کاهش در ارتفاع، وزن خشک گیاه و حداقل غلظت نیتروژن در تیمار کلرید آهن با افزایش مقدار نمک احتمالا بدلیل ایجاد سمیت کلرید آهن بوده است (۷، ۱۷، ۲۳ و ۲۵).

تاثیر نمک‌های مختلف بر خصوصیات شیمیایی خاک بعد از برداشت گیاه جو

تاثیر نوع نمک بر خصوصیات شیمیایی خاک بعد از برداشت گیاه جو در جدول ۶ نشان داد که هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در تیمار سولفات مس افزایش معنی داری نسبت به دو تیمار کلرید آهن و بنزوآت سدیم داشت. حداقل هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در تیمار کلرید آهن با ۵۸/۵ درصد کاهش معنی دار نسبت به تیمار سولفات مس مشاهده شد.

pH خاک بعد از برداشت گیاه جو تفاوت معنی داری در سه تیمار آزمایشی نشان نداد که بدلیل خاصیت بافری زیاد خاک لوم است، اما در مقایسه با خاک قبل از آزمایش (جدول ۲) حدود ۱/۶ واحد کاهش داشت که احتمالا به دلیل واکنش اسیدی شیرابه مصرفی می باشد (جدول ۶). کلباسی و گندمکار (۷) و آستارایی و فتاحی کیاسری (۲) کاهش pH خاک را با افزایش شیرابه مصرفی گزارش کردند.

نیتروژن کل خاک در دو تیمار سولفات مس و بنزوآت سدیم افزایش معنی داری معادل ۲۸/۶ درصد نسبت به تیمار کلرید آهن داشت. نیتروژن کل خاک در این دو تیمار نسبت به خاک قبل از آزمایش (جدول ۲) معادل ۴/۵ برابر افزایش داشت که بدلیل غنی بودن شیرابه می‌باشد (جدول ۶). آستارایی و اسکندری (۳) عنوان کردند که بیشترین کاهش معنی دار کربن آلی در شیرابه تیمار شده با تیمارهای کلرید آهن ۴۰ و ۸۰ و بنزوات سدیم ۴۰ میلی گرم بر لیتر مشاهده شد، درحقیقت این امر موجب کاهش نیتروژن آلی و نتیجتا نیتروژن کل خاک می‌شود که مشابه نتایج استیون و همکاران (۳۱) است. سیکا و همکاران (۳۰) آلودگی‌های زیست محیطی را توسط کلرید آهن و سولفات آهن و کادمیوم بدلیل ماندگاری زیاد آنها در محیط بسیار جدی عنوان کردند.

فسفر قابل دسترس خاک بعد از برداشت گیاه در تیمار سولفات مس افزایش معنی داری نسبت به دو تیمار کلرید آهن و بنزوآت سدیم داشت. آستارایی و اسکندری (۳) عنوان کردند که بیشترین کاهش معنی دار pH شیرابه در تیمار سولفات مس مشاهده شد، این امر موجب افزایش فراهمی فسفر در خاک است. فسفر قابل دسترس خاک بعد از برداشت گیاه در مقایسه با خاک قبل از آزمایش (جدول ۲) بطور میانگین معادل ۶ برابر افزایش داشت (جدول ۶) که به دلیل غلظت زیاد فسفر در شیرابه مصرفی و خاصیت اسیدی شیرابه است. کلباسی و گندمکار (۶) و آستارایی و فتاحی کیاسری (۲) افزایش فسفر خاک را با افزایش شیرابه مصرفی گزارش کردند.

بیشترین مقدار پتاسیم قابل دسترس خاک بعد از برداشت گیاه در تیمار کلرید آهن مشاهده شد که در مقایسه با دو تیمار سولفات مس و بنزوآت سدیم بترتیب معادل ۸ و ۱۲/۷ درصد افزایش معنی داری نشان داد (جدول ۶) که احتمالا بدلیل اثرات برهمکنش منفی بین پتاسیم- کلسیم و سدیم- پتاسیم است (۴).

بیشترین مقدار کاتیون سدیم محلول خاک بعد از برداشت گیاه در تیمار بنزوآت سدیم با میانگین ۴۴/۷ درصد افزایش معنی دار نسبت به دو تیمار سولفات مس و کلرید آهن مشاهده شد که احتمالا بدلیل وجود سدیم در نمک بنزوآت سدیم است (جدول ۶). مقدار بالای سدیم در این تیمار منجر به حداکثر کاهش غلظت پتاسیم و کلسیم در این تیمار شده که بیانگر اثرات برهمکنش منفی بین آنها است.

جدول ٦- تاثیر تیمار نوع نمک بر خصوصیات شیمیایی خاک پس از برداشت گیاه جو

نوع نمک	EC ($dS.\ m^{-1}$)	pH	N (٪)	P ($mg.\ kg^{-1}$)	K ($mg.\ kg^{-1}$)	Na ($me.\ l^{-1}$)	Ca ($me.\ l^{-1}$)	Mg ($me.\ l^{-1}$)	SO_4 ($me.\ l^{-1}$)	Cl ($me.\ l^{-1}$)
سولفات مس	۲۷/۰a	۶/۲a	۰/۰۹ a	۱۵/۴a	۵۷۳b	۸۰/۴ b	۵۹/۹a	۶۹/۸a	۱۷۸b	۲۷/۹b
کلرید آهن	۱۱/۲c	۶/۳ a	۰/۰۷b	۱۵/۰b	۶۱۹a	۷۸/۷b	۵۷/۳b	۶۹/۷a	۱۶۴c	۴۷/۴a
بنزوآت سدیم	۲۶/۳b	۶/۰a	۰/۰۹ a	۱۴/۷c	۵۴۹c	۱۱۲/۹a	۳۸/۸c	۴۵/۲b	۲۰۸a	۲۲/۴c

تفاوت اعداد با حروف مشترک در هر ستون در سطح اطمینان ۵٪ آزمون دانکن معنی دار نیست.

بیشترین مقادیر کاتیون‌های کلسیم و منیزیم محلول خاک در تیمار سولفات مس مشاهده شد. مقدار کلسیم محلول این تیمار در مقایسه با تیمار بنزوآت سدیم معادل ۵۴/۶ درصد افزایش معنی داری داشت، درحالی که مقدار منیزیم محلول نسبت به تیمار بنزوآت سدیم معادل ۵۴/۹ درصد افزایش معنی داری داشت (جدول ۶). حداقل مقدار کلسیم محلول خاک در تیمارهای بنزآت سدیم و کلرید آهن بود که نسبت به سایر تیمارها کاهش معنی داری داشته و بدلیل اثرات برهمکنش منفی بین سدیم- کلسیم و منیزیم- کلسیم در این تیمارها می‌باشد (۴ و ۲۱).

کمترین مقدار آنیون سولفات محلول خاک بعد از برداشت گیاه در تیمار کلرید آهن با ۷/۹ درصد کاهش معنی دار نسبت به تیمار سولفات مس مشاهده شد (جدول ۶).

کمترین مقدار آنیون کلر محلول در تیمار بنزوآت سدیم با ۵۲/۴ درصد کاهش نسبت به کلرید آهن و ۱۹/۷ درصد کاهش نسبت به سولفات مس مشاهده شد (جدول ۶). کلباسی و گندمکار (۶) و الماسیان وهمکاران (۴) گزارش کردند که آنیون‌های سولفات و کلر دارای برهمکنش منفی با یکدیگر می باشند.

تاثیر مقادیر نمک بر خصوصیات شیمیایی خاک بعد از برداشت گیاه جو

افزایش مقدار نمک از ۴۰ به ۸۰ میلی گرم بر لیتر موجب افزایش هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (جدول ۷) بعد از برداشت گیاه جو معادل ۴/۸ درصد شد که مشابه نتایج آستارایی و اسکندری (۳) و استیون و همکاران (۳۱) است.

افزایش مقدار نمک اختلاف معنی داری در pH خاک نداشت که احتمالا به دلیل خاصیت خنثی نمک‌های مصرفی و ظرفیت بافری زیاد خاک لومی است (جدول ۷). نتایج آستارایی و اسکندری (۳) نشان داد که تأثیر نوع نمک‌های شیمیایی (سولفات مس، کلرید آهن و بنزوات سدیم) و مقدار آنها بر pH شیرابه خالص کاهش معنی داری داشت، به طوری که تیمارهای سولفات مس ۴۰ و ۸۰ میلی گرم بر لیتر و بنزوات سدیم ۸۰ میلی گرم بر لیتر نسبت به سایر تیمار ها کاهش معنی داری داشتند.

مقدار نیتروژن کل خاک بعد از برداشت گیاه با افزایش مقدار نمک مصرفی معادل ۲۵ درصد افزایش معنی داری داشت (جدول ۷).

مقدار فسفر قابل دسترس خاک بعد از برداشت گیاه با افزایش مقدار نمک مصرفی معادل ۳/۳ درصد کاهش معنی داری داشت (جدول ۷). مقدار پتاسیم قابل دسترس خاک بعد از برداشت گیاه با افزایش مقدار نمک مصرفی معادل ۳/۵ درصد افزایش معنی داری داشت (جدول ۷).

افزایش مقدار نمک از ۴۰ به ۸۰ میلی گرم بر لیتر موجب کاهش معنی دار مقدار کاتیون‌های محلول سدیم و منیزیم خاک شد، در حالی که مقدار کاتیون کلسیم محلول خاک افزایش معنی داری داشت که احتمالا بدلیل اثرات برهمکنش منفی بین آنها می‌باشد (جدول ۷) که مشابه نتایج ماس و گریو (۲۱) و الماسیان و همکاران (۴) است.

افزایش مقدار نمک از ۴۰ به ۸۰ میلی گرم بر لیتر موجب افزایش معنی دار مقدار آنیون محلول سولفات خاک شد، در حالی که مقدار آنیون محلول کلر خاک کاهش معنی داری داشت (جدول ۷)، که احتمالا بدلیل اثرات برهمکنش منفی بین آنها می‌باشد (۴، ۶ و ۲۰).

هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک بعد از کاربرد شیرابه تیمار شده با نمک‌های مختلف نسبت به خاک قبل از آزمایش افزایش داشت (جدول ۸) که مشابه تحقیقات کلباسی و گندمکار (۶) و خوشگفتارمنش و کلباسی (۲۰) است.

بیشترین هدایت الکتریکی در تیمار سولفات مس ۸۰ میلی گرم بر لیتر و کمترین آن در تیمار کلرید آهن ۴۰ و ۸۰ میلی گرم بر لیتر مشاهده شد که اختلاف معنی داری معادل ۱۵۴/۵ درصد داشت. هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در تیمار بنزوآت سدیم نیز حدود ۱۴۰ درصد افزایش معنی داری نسبت به تیمار کلرید آهن نشان داد. مقدار کل نمک (شوری) از طریق فرایند اسمز بر موجودات زنده (گیاهان و جانداران) و نیز بر حلالیت اکسیژن موثر است (۵)، استفاده از این نمک در هر دو مقدار بدلیل فرآیند انعقاد میکروبی منجر به کاهش هدایت الکتریکی شیرابه تیمار شده و در نتیجه خاک شده است. همچنین بیشترین کاهش معنی دار کربن آلی در تیمار کلرید آهن و بنزوات سدیم مشاهده شد (۳) که مشابه نتایج استیون و همکاران (۳۱) است.

جدول ۷- تاثیر مقادیر نمک بر خصوصیات شیمیایی خاک پس از برداشت گیاه جو

مقدار نمک ($mg.l^{-1}$)	EC ($dS.m^{-1}$)	pH	N (%)	P ($mg.kg^{-1}$)	K ($mg.kg^{-1}$)	Na ($me.l^{-1}$)	Ca ($me.l^{-1}$)	Mg ($me.l^{-1}$)	SO_4 ($me.l^{-1}$)	Cl ($me.l^{-1}$)
۴۰	۲۱b	۶a	۰/۰۸b	۱۵/۲a	۵۷۰b	۹۴/۸a	۵۱/۱b	۶۷/۵a	۱۸۰b	۳۴/۷a
۸۰	۲۲a	۶a	۰/۱a	۱۴/۷b	۵۹۰a	۸۶/۵b	۵۳/۰a	۵۵/۵b	۱۸۶a	۳۰/۴b

تفاوت اعداد با حروف مشترک در هر ستون در سطح اطمینان ۵٪ آزمون دانکن معنی دار نیست.

کمترین pH خاک بعد از برداشت گیاه در تیمار بنزوآت سدیم ۸۰ میلی گرم بر لیتر مشاهده شد که نسبت به سایر تیمارها کاهش معنی داری داشت (جدول ۸). بطور کلی کاهش pH خاک بعد از اعمال شیرابه تیمار شده با نمک‌های مختلف را می‌توان به خاصیت اسیدی شیرابه (۴، ۶ و ۲۰) و نوع نمک ها (۳) مربوط دانست.

نیتروژن کل خاک بعد از برداشت گیاه در تیمار بنزوآت سدیم ۸۰ و سولفات مس ۴۰ میلی گرم بر لیتر حداکثر شد که نسبت به یکدیگر اختلاف معنی داری نداشتند (جدول ۸). آستارایی و اسکندری (۳) عنوان کردند که بیشترین کاهش معنی دار کربن آلی در شیرابه تیمار شده با تیمارهای کلرید آهن ۴۰ و ۸۰ و بنزوات سدیم ۴۰ میلی گرم بر لیتر مشاهده شد، درحقیقت این امر موجب کاهش نیتروژن آلی و در نتیجه نیتروژن کل خاک می‌شود که مشابه نتایج استیون و همکاران (۳۱)، اسلام و همکاران (۱۷) و نجیم و همکاران (۲۳) و آروناچالام و همکاران (۷) است.

فسفر قابل دسترس خاک بعد از برداشت گیاه در تیمارهای نمک‌های مختلف با مقادیر متفاوت، اختلاف معنی داری نسبت به یکدیگر نداشتند (جدول ۸). کمترین پتاسیم قابل دسترس خاک بعد از برداشت گیاه در تیمارهای سولفات مس ۸۰ و بنزوات سدیم ۴۰ میلی گرم بر لیتر مشاهده شد که احتمالا بدلیل اثرات برهمکنش منفی بین مس- پتاسیم و سدیم- پتاسیم است (۴).

مقدار سدیم محلول خاک بعد از برداشت گیاه با افزایش مقادیر تیمارهای سولفات مس و کلرید آهن از ۴۰ به ۸۰ میلی گرم بر لیتر کاهش معنی داری نشان داد و کمترین مقدار سدیم محلول خاک در تیمارهای سولفات مس ۸۰ و کلرید آهن ۸۰ میلی گرم بر لیتر مشاهده شد که نسبت به سایر تیمارها کاهش معنی داری داشته که احتمالا بدلیل اثرات برهمکنش منفی بین مس- سدیم و آهن- سدیم است (جدول ۸). ماس و گریو (۲۱) و الماسیان و همکاران (۴) اثرات برهمکنش منفی بین سدیم- کلسیم را گزارش کردند.

مقدار کلسیم محلول خاک بعد از برداشت گیاه با افزایش مقادیر تیمارهای سولفات مس و بنزآت سدیم از ۴۰ به ۸۰ میلی گرم بر لیتر کاهش معنی داری نشان داد (جدول ۸) که مشابه نتایج بورتون و همکاران (۱۰) در رابطه با برهمکنش منفی بین مس و کلسیم است. حداقل مقدار کلسیم محلول خاک در تیمارهای کلرید آهن ۴۰ و بنزآت سدیم ۸۰ میلی گرم بر لیتر مشاهده شد که نسبت به سایر تیمارها کاهش داشته و بدلیل اثرات برهمکنش منفی بین سدیم- کلسیم در این تیمارها است (۴ و ۲۱).

مقدار منیزیم محلول خاک بعد از برداشت گیاه با افزایش مقادیر تیمار سولفات مس از ۴۰ به ۸۰ میلی گرم بر لیتر کاهش معنی داری نشان داد (جدول ۸) که مشابه نتایج بورتون و همکاران (۱۰) در رابطه با برهمکنش منفی بین مس و منیزیم است. حداقل مقدار منیزیم محلول خاک در تیمارهای سولفات مس ۸۰ و بنزآت سدیم ۴۰ و ۸۰ میلی گرم بر لیتر مشاهده شد که نسبت به سایر تیمارها کاهش معنی داری داشته و بدلیل اثرات برهمکنش منفی بین سدیم- منیزیم و پتاسیم- منیزیم در این تیمارها است (۴).

مقدار سولفات محلول خاک بعد از برداشت گیاه با افزایش مقادیر تیمار سولفات مس از ۴۰ به ۸۰ میلی گرم بر لیتر افزایش معنی داری نشان داد (جدول ۸). افزایش مقادیر تیمارهای کلرید آهن و بنزآت سدیم از ۴۰ به ۸۰ میلی گرم بر لیتر موجب کاهش معنی دار مقدار سولفات محلول خاک شد که نسبت به سایر تیمارها کاهش معنی داری نشان دادند. پر واضح است که آنیون‌های سولفات و کلر دارای برهمکنش منفی با یکدیگر می باشند (۴).

مقدار کلر محلول خاک بعد از برداشت گیاه با افزایش مقادیر تیمارهای سولفات مس و بنزوآت سدیم از ۴۰ به ۸۰ میلی گرم بر لیتر کاهش معنی داری نشان داد (جدول ۸). بیشترین مقدار کلر محلول خاک در تیمارهای کلرید آهن ۴۰ و ۸۰ میلی گرم بر لیتر مشاهده شد که افزایش معنی داری نسبت به سایر تیمارها داشت. پر واضح است که آنیون‌های کلر و سولفات دارای برهمکنش منفی با یکدیگر می‌باشند (۴).

نتیجه گیری

کل وزن خشک گیاه تفاوت معنی داری در تیمارهای نمک‌های مختلف نداشت. همچنین حداکثر غلظت نیتروژن و پتاسیم گیاه در تیمار سولفات مس، و غلظت فسفر گیاه در دو تیمار سولفات مس و کلرید آهن مشاهده شد. به نظر می رسد که تاثیر نمک بنزوآت سدیم در مقایسه با کلرید آهن احتمالا به نقش مثبت آن و اسید بنزوئیک به عنوان متابولیت تولیدی در گیاه مربوط باشد.

جدول ۸- برهمکنش تیمارهای نوع نمک و مقدار آن بر خصوصیات شیمیایی خاک پس از برداشت گیاه جو

نوع نمک	مقدار ($mg.\ l^{-1}$)	EC ($dS.\ m^{-1}$)	pH	N (٪)	P ($mg.\ kg^{-1}$)	K ($mg.kg^{-1}$)	Na ($me.\ l^{-1}$)	Ca ($me.\ l^{-1}$)	Mg ($me.\ l^{-1}$)	SO_4 ($me.\ l^{-1}$)	Cl ($me.\ l^{-1}$)
سولفات مس	۴۰	۲۶c	۶/۱ab	۰/۰۹۴ab	۱۵/۳a	۵۹۹b	۹۳/۱c	۷۶/۷b	۹۸/۰a	۱۳۳d	۳۰c
	۸۰	۲۸a	۶/۴a	۰/۰۹۱bc	۱۵/۱ab	۵۴۸c	۶۷/۷d	۴۳/۱c	۴۱/۵e	۲۲۳a	۲۶d
کلرید آهن	۴۰	۱۱d	۶/۳ab	۰/۰۸۷c	۱۵/۱ab	۶۰۸ab	۹۲/۳c	۳۴/۰d	۶۰/۰c	۱۹۶c	۵۰a
	۸۰	۱۱d	۶/۳ab	۰/۰۸۷c	۱۵/۰ab	۶۳۰a	۶۵/۰d	۸۰/۷a	۷۹/۳b	۱۳۲d	۴۷ab
بنزوآت-	۴۰	۲۶/۷b	۶/۳ab	۰/۰۸۷c	۱۴/۹ab	۵۰۴d	۹۹/۱b	۴۲/۶c	۴۴/۶d	۲۱۴b	۲۴d
سدیم	۸۰	۲۵/۹c	۵/۶c	۰/۰۹۸ a	۱۴/۹ab	۵۹۳b	۱۲۷a	۳۵/۱d	۴۵/۸d	۲۰۲c	۲۰e

تفاوت اعداد با حروف مشترک در هر ستون در سطح اطمینان ۵٪ آزمون دانکن معنی دار نیست.

ارتفاع، وزن کل خشک گیاه، غلظت فسفر و پتاسیم گیاه در تیمار سولفات مس ۴۰ حداکثر شد. درحالی که غلظت نیتروژن گیاه در رتبه دوم بود، احتمالا به دلیل اینکه هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در تیمار سولفات مس ۴۰ در رتبه سوم و نیتروژن کل خاک در تیمارهای بنزوآت سدیم ۸۰ و سولفات مس ۴۰ میلی گرم بر لیتر در رتبه اول بودند. در مرحله ۱(۳) بیشترین کربن آلی در شیرابه تیمار شده با تیمار سولفات مس مشاهده شد، درحقیقت این امر موجب افزایش نیتروژن آلی و در نتیجه نیتروژن کل خاک می‌شود. پتاسیم قابل دسترس خاک در تیمار سولفات مس ۴۰ میلی گرم بر لیتر در رتبه دوم بود. مقدار سدیم محلول خاک در تیمار سولفات مس ۴۰ میلی گرم بر لیتر در رتبه سوم بود. مقدار کلسیم و منیزیم محلول خاک در تیمار سولفات مس ۴۰ بترتیب در رتبه‌های دوم و اول بودند. فسفر قابل دسترس خاک تفاوتی نشان نداد. مقادیر سولفات و کلر محلول خاک در تیمار سولفات مس ۴۰ میلی گرم بر لیتر بترتیب در رتبه‌های چهارم و سوم بودند. با توجه به نتایج بدست آمده در مرحله ۱ (۳) مقایسه دو مقدار نمک مصرفی با یکدیگر نشان داد که مقدار ۴۰ میلی گرم بر لیتر نمک نسبت به ۸۰ میلی گرم بر لیتر در کاهش تعداد میکرواورگانیسم ها کارائی بهتری داشته است. تیمار سولفات مس ۴۰ میلی گرم بر لیتر کارآیی زیادی در کاهش تعداد کلی فرم‌های مدفوعی و غیر مدفوعی داشت. در حالی که تیمار بنزوات سدیم ۴۰ میلی گرم بر لیتر حداکثر کاهش را در تعداد قارچ ها نشان داد. بنابراین نظر به اینکه در این تحقیق نیز تیمار سولفات مس ۴۰ میلی گرم بر لیتر کارآیی خود را در رابطه با خصوصیات رشدی و عناصر غذایی تامین کننده آنها نشان داد، پیشنهاد می شود از نمک سولفات مس و مقدار ۴۰ میلی گرم بر لیتر برای پایش میکروبی شیرابه استفاده گردد.

منابع

۱- آستارایی، ع.ر. و ث. آریابد. ۱۳۸۷. اثر شیرابه زباله شهری بر خصوصیات رشدی و جذب عناصر مغذی کم مقدار گیاه فلفل. مجله علوم محیطی. دانشگاه شهید بهشتی. سال ۵(۳):۹۵-۱۰۶.

۲- آستارایی، ع.ر. و ا. فتاحی کیاسری. ۱۳۸۵. اثر شیرابه کمپوست زباله شهری بر بعضی از خصوصیات شیمیایی خاک و گیاه فلفل. مجله کشاورزی. دانشگاه تهران .جلد ۸(۱):۱-۱۲.

۳- آستارایی، ع.ر و م. اسکندری. ۱۳۸۵. تأثیر نمک‌های مختلف بر گندزدایی و برخی خصوصیات شیمیایی شیرابه حاصل از تولید کمپوست. مجله علوم محیطی. دانشگاه شهید بهشتی. سال۴(۲): ۱-۱۲.

۴- الماسیان، ف.، ع.ر آستارایی و م. نصیری محلاتی. ۱۳۸۵. تأثیر شیرابه و کمپوست زباله شهری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گندم. مجله بیابان . دانشگاه تهران. جلد ۱۱(۱): ۸۹-۹۸.

۵- کشاورز شکری، ع.، م. شیدانی، و ش. محمدرضایی عمران. ۱۳۷۷. آلودگی آب، در کتاب "مطالعهٔ آزمایشگاهی عوامل شیمیایی، فیزیکی و زیستی" ویراستاران: نجفی ، پ.، ف. مرتضایی نژاد و م. فقیهی. ۱۳۸۴. چاپ انتشارات سیاوش.

۶- کلباسی، م. و ا. گندمکار. ۱۳۷۶. اثر شیرابه زباله بر عملکرد و ترکیب شیمیایی ذرت و اثر باقیمانده آن بر بعضی ویژگی‌های خاک. علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱(۲): ۴۱-۵۲.

7-Arunachalam, R., K. Paulkumar, A. J. A. Ranjitsingh, and G. Annadurai. 2009. Environmental assessment due to air pollution near iron smelting industry. J. Environ. Sci. and Technology. 2(4): 179-186.

8-Astaraei, A. R., and R. Ivani. 2008. Effect of organic sources as foliar spray and root media on nutrition of cowpea plant .American-Euroasian J. Agric.& Environ . Sci. 3 (3): 352-356.
9-Bradford, G. R., A. L. Page, L. J. Lund, and W. Olmosted. 1975. Trace element concentrations of sewage treatment plant effluents and sludge: Their interactions with soils and uptake by plants. J. Environ. Qual. 4 (1): 123-127.
10-Burton, K. W., E. Morgan, and A. Roig. 1986. Interactive effects of Cadmium, Copper and Nickel on the growth of Sitka spruce and studies of metal uptake from nutrient solutions. New Phytol. 103, 549-557.
11-Caravaca, F., D. Figueroa, M. M. Alguacil, and A. Rolda'n .2003. Application of composted urban residue enhanced the performance of afforested shrub species in a degraded semiarid land. Bioresource Technology. 90: 65-70.
12-Chia, C. Y., K. T. Hung, C. H. Kao. 2005 . Nitric oxide reduces Cu toxicity and Cu-induced NH_4^+ accumulation in rice leaves. J. Plant Physiology, 162: 1319—1330.
13-Davis, T. L., K. Greig, and M. B. Kirkham. 1988. Waste water irrigation of vegetable crop. Biocycle. 29 (9): 60-63.
14-Fujioka, S., I. Yamaguchi, N. Murofushi, N. Takahashi, S. Kaihara, A. Takimoto, and C. F. Cleland. 1985. The Role of Benzoic Acid and Plant Hormones in Flowering of Lemna gibba G3. Plant and Cell Physiology. 26 (4): 655-659.
15-Gallego, S. M., M. P. Benavídes, and M. L. Tomaro. 1996. Effect of heavy metal ion excess on sunflower leaves: evidence for involvement of oxidative stress. Plant Science. 121 (2): 151-159.
16-Garcia, C., T. Hernandez, and F. Casta .1991. Agronomic value of urban waste and the growth of ryegrass (*Lolium Perenne*) in a calciorthids soil amended with this waste. J. Sci. Food Agric. 56: 457-467.
17-Islam, E., Y. Xiao-E, H. Zhen-li, and M. Qaisar. 2007. Assessing potential Dietary toxicity of heavy metals in selected vegetables and food crops. J. Zhejiang Univ. Sci. 8:1-13.
18-Kent, D. K. 1992. Water Treatment Plant Operation. Coagulation and Flocculation. California State University. Sacramento. School of Engineering. USA. (1) 4: 141-144.
19-Klute, A. 1986. Method of Soil Analysis: Physical and Mineralogical Methods. Second edition (part l). ASA. SSSA. Madison. Wisconsin. USA.
20-Khoshgoftarmanesh, A. H., and M. Kalbasi .2000. Effect of municipal waste leachate on soil properties and growth and yield of rice. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 33: 2011-2020.
21-Maas, E. V., and C. M. Grieve. 1987. Sodium-induced calcium deficiency in salt-stressed corn. Plant, Soil and Environment. 10: 559 -564.
22-Mesbahzadeh, T., and A. R. Astaraei . 2008. Comparison of urban solid waste leachate and vermi-compost as foliar spray and root media on nutritional performance of *Phaseolus vulgaris* L. Biyaban J. 13 (1): 19-23.
23-Nejem, R. M., N. M. El-Ashgar, M. M. Issa, and M. Al-Slieby. 2009. Detection of some heavy metals due to sewage water diffusion into planted land. J. Environ. Sci. Technol. 2: 88-94.
24-Norvell, W. A., and W. L. Lindsay. 1982. Effect of ferric chloride additions on the solubility of ferric ion in a near-neutral soil. J. Plant Nutrition. 5 (11): 1285 –1295.
25-Oertli, J. J., and L. Jacobson.1961. Some quantitative considerations in iron nutrition of higher plant. Plant Physiology. 683-688.
26-Ogiehor, I. S., and M. J. Ikenebomeh. 2004. Antimicrobial effects of sodium benzoate on the growth, survival and aflatoxin production of some species of Aspergillus in garri during storage. Pakistan Journal of Nutrition. 3 (5): 300-303.
27-Patel, B. S., S. G. Sadaria, and J. Patel. 1996. Influence of irrigation, nitrogen and phosphorus on yield, nutrient uptake and water-use efficiency of blond psyllium (*Plantago ovata*). Indian J. of Agron. 41: 136-139.
28-Rayan, J. R., G. Estefan, and A. Rashid. 2001. Soil and Plant Analysis- laboratory manual. Second edition. ICARDA. Syria.
29-Richards, L. A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soil. USDA. Agriculture Hand Book. No. 60. Washington. USA.
30-Sikka, R., V. Nayyar, and S. S. Sidhu. 2009. Monitoring of Cd pollution in soils and plants with untreated sewage water in some industrialized cities of Punjab, India. Environ. Monit. Assess. 154: 53-64.
31-Steven, K., D. M. Gossett, and J. M. Gossett. 2003. Effect of chemical coagulation on anaerobic digestibility of organic materials. Water Research. 16(5): 707-718.