

مقادیر و دفعات کاربرد لجن فاضلاب بر میزان غلظت قابل جذب برخی عناصر کم نیاز کاتیونی در گیاه دارویی نعنای (*Mentha Piperata*)

زهرا احمدآبادی^{۱*}، مهدی قاجار سپانلو^۲ و محمدعلی بهمنیار^۳

* نویسنده مسؤول: دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی علوم خاک، (Z.Ahmadabadi@yahoo.com)

۲- استادیار گروه مهندسی علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳- دانشیار گروه مهندسی علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۸۹/۳/۵ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۱/۱۷

چکیده

برای مطالعه اثر کاربرد لجن فاضلاب بر میزان عناصر کم مصرف خاک و میزان غلظت این عناصر در اندام های گیاه نعنای (*Mentha Piperata*)، آزمایشی در قالب طرح کرت های خرد شده با پایه بلوک های کامل تصادفی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کشاورزی ساری در سه تکرار در سال ۱۳۸۸ انجام شد. تیمار کودی به عنوان فاکتور اصلی در پنج سطح شامل (T_1 = شاهد، T_2 = تلفیق ۲۰ تن لجن فاضلاب در هکتار و T_3 = ۲۰ تن لجن فاضلاب در هکتار، T_4 = تلفیق ۴۰ تن لجن فاضلاب در هکتار و T_5 = ۴۰ تن لجن فاضلاب در هکتار) و سال های مصرف کود به عنوان فاکتور فرعی در شش سطح، A = یکسال کوددهی، B = دو سال نا متوالی کوددهی، C = دو سال متوالی کوددهی، D = سه سال نا متوالی کوددهی، E = سه سال متوالی کوددهی و F = چهار سال متوالی کوددهی بود. تیمارهای کودی قبل از کاشت اعمال شدند. نتایج به دست آمده نشان داد با افزایش سطوح و دفعات مصرف لجن فاضلاب، میزان غلظت قابل جذب عناصر میکرو در خاک و همچنین میزان غلظت این عناصر در گیاه نعنای افزایش یافت و بیشترین آنها در تیمار ۴۰ تن لجن فاضلاب در هکتار که سه سال و بیش تر مصرف گردیده مشاهده شد. اثرات متقابل سال های مصرف و تیمارهای کودی نیز بر میزان قابل جذب عناصر کم مصرف به جز منگنز در خاک و ریشه گیاه دارای اختلاف معنی داری بود در صورتی که در برگ گیاه فقط بر میزان منگنز اثر معنی داری داشت و بر میزان غلظت سایر عناصر کم مصرف فاقد اختلاف معنی دار بود.

کلید واژه ها: نعنای، لجن فاضلاب، عناصر کم مصرف

مقدمه

(ملکوتی، ۱۳۷۶). در این رابطه استفاده از کودهای شیمیایی سریع ترین راه برای جبران کمبود عناصر غذایی خاک به نظر می رسد؛ ولی آلودگی خاک و آب ناشی از مواد شیمیایی و کاهش تولیدات کشاورزی، باعث مسائل بفرنج در این زمینه شده است (گالین^۱، ۲۰۰۲). در نتیجه برای رهایی از این مشکلات و برای مدیریت حاصل خیزی خاک، پیشرفت به سمت کشاورزی ارگانیک که در آن از انواع کودهای آلی استفاده می

کودهای شیمیایی از عوامل اصلی حاصل خیزی خاک به شمار می روند؛ ولی کاربرد زیاد آنها به همراه عملیات مدیریتی نامناسب از جمله سوزاندن کاه و کلش، مقدار ماده آلی خاک را به شدت کاهش داده و این موضوع خطر فرسودگی خاک ها را افزایش می دهد (میرزایی و همکاران، ۱۳۸۸). استفاده دائم گیاهان از ذخائر خاک، بدون جایگزینی مناسب و کافی باعث کاهش توان تولیدی و عناصر غذایی خاک شده است

دسته از گیاهان به جهت تولید مواد موثره دارویی نیاز به یک سیستم تغذیه ای مناسب شامل انواع عناصر غذایی می باشند که با روش صحیح حاصل خیزی خاک و تغذیه گیاه، می توان کارایی نهاده ها را افزایش داد (وتاسینگ و شهیدی^۴، ۲۰۰۵). از بین گیاهان دارویی تاکنون ۵۰ گونه متعلق به جنس نعناع شناسایی شده اند که از بین این گونه ها، تعداد کمی ارزش دارویی دارند و توسط انسان مصرف می شوند (امیدیگی، ۱۳۷۶). گونه پپراتا (*Mentha Piperata*)، گیاهی است علفی، پایا و دارای ساقه هایی بر دو نوع خزننده و زیر زمینی که برگ های آن متقابل و بیضوی و نوک تیز است (زرگری، ۱۳۷۶). گل های آن در ماه مرداد و شهریور ظاهر می گردد (شاهوردی، ۱۳۸۴). کشت این گیاه به علت استفاده ای که از آن در اسانس گیری به عمل می آید؛ از آغاز قرن ۱۸ در بین ملل مختلف معمول گردید. از مراکز عمده کشت این گیاه، می توان انگلستان، آمریکای شمالی، ایتالیا و فرانسه را نام برد. خواص دارویی گیاه نعناع به این صورت است که برگ تازه این گیاه، اثر نیرو دهنده، مقوی معده و ضد تشنج دارد (زرگری، ۱۳۷۶ و شاهوردی ۱۳۷۶). پرورش این گیاه باید در اراضی سبک، اصلاح شده و کود دار صورت بگیرد، در واقع آب کافی و عناصر غذایی فراوان برای رویش نعناع ضروری است (زرگری، ۱۳۷۶ و برنات^۵، ۱۹۸۶). استفاده از عناصر غذایی باعث افزایش سطح برگ و فتوسنتز و به دنبال آن افزایش پروتئین ساخته شده در برگ گیاه می شود (گلاین، ۲۰۰۲). کمبود عناصر مس، منگنز، بور و مولیبدن در کاهش عملکرد و همچنین کاهش مواد موثره تولیدی توسط این گیاه نقش بسزایی دارد، از این رو هر سال خاک زمین هایی را که در آن نعناع کشت می شود مورد تجزیه قرار داده تا در صورت وجود کمبود، این عناصر به خاک اضافه شوند (زرگری، ۱۳۷۶؛ امیدگی و حجازی،

شود، توصیه می گردد و در واقع یکی از راه های موثر و اقتصادی برای استفاده از لجن فاضلاب ها، به کارگیری آنها در کشاورزی است (میرزایی و همکاران، ۱۳۸۸). فاضلاب از پروسه هایی که در آن ضایعات آب شرکت دارند سرچشمه می گیرد که باعث می شود عناصر فلزی در فاضلاب ها به خوبی نگهداری شوند (ناواس و همکاران^۱، ۱۹۹۸). کاربرد لجن فاضلاب در زمین های کشاورزی به عنوان کود آلی امروزه در غالب نقاط دنیا یک امر رایج است. لجن فاضلاب از نظر عناصر غذایی به ویژه عناصر غذایی کم مصرف، نیتروژن و فسفر غنی می باشد (واثقی و همکاران، ۱۳۸۳). مواد آلی و عناصر غذایی برای این که از لجن فاضلاب به عنوان کود آلی برای بهبود بخشیدن به شرایط نامناسب خاک ها استفاده شود، دو علت اصلی به شمار می آیند (سیلوانا و روال^۲، ۲۰۰۸). کاسیا و همکاران^۳ (۲۰۰۲)، در مطالعه ای که به منظور بررسی اثر لجن فاضلاب بر میزان عناصر غذایی خاک انجام دادند، گزارش کردند که با کاربرد لجن فاضلاب در خاک، میزان عناصر غذایی خاک از جمله روی، مس، نیتروژن و فسفر نسبت به شاهد افزایش معنی داری را نشان داد. لجن فاضلاب به علت دارا بودن غلظت وسیعی از عناصر فلزی (واثقی و همکاران، ۱۳۸۳)، ممکن است باعث بروز سمیت در مورد عناصر فلزی شود که در این صورت با خاکستر کردن لجن فاضلاب می توان به میزان قابل توجهی از میزان آلوده کننده های آلی در محیط خاک کاست (ناواس و همکاران، ۱۹۹۸)؛ از طرف دیگر امروزه با توجه به تمایل بیش تری که بشر به استفاده از گیاهان دارویی نشان می دهد، تولید و فراوری این گیاهان بیش تر مورد توجه قرار گرفته است (اکبری نیا و همکاران، ۱۳۸۳). در مورد این دسته از گیاهان نکته حائز اهمیت، سیستم های تغذیه ای است که باید برای آنها فراهم شود (آستارایی، ۱۳۸۵). در واقع این

4- Wettasinghe & Shahidi
5- Bernath

1- Navas et al.
2- Silvana & Rual.
3- Kasia et al.

برگ و ریشه گیاه دارویی نعناع و همچنین خاک تحت کشت آن بررسی گردد.

مواد و روش ها

این تحقیق در سال ۱۳۸۸، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری با عرض شمالی $36^{\circ}42'$ و طول شرقی $53^{\circ}13'$ ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۶ متر و دارای آب و هوای معتدل می‌باشد. این آزمایش در قالب طرح کرت های خرد شده با پایه بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتور اصلی شامل تیمار کودی در پنج سطح به صورت: $T_1 =$ شاهد، $T_2 =$ تلفیق ۲۰ تن لجن فاضلاب در هکتار و نصف کودشیمیایی، $T_3 =$ ۲۰ تن لجن فاضلاب در هکتار، $T_4 =$ تلفیق ۴۰ تن لجن فاضلاب در هکتار و نصف کودشیمیایی (سولفات پتاسیم ۱۰۰ گرم، سوپر فسفات ۱۰۰ گرم و اوره ۱۵۰ گرم)، $T_5 =$ ۴۰ تن فاضلاب در هکتار و فاکتور فرعی سال های مصرف کود شامل: $A =$ یکسال کوددهی (سال ۸۵)، $B =$ دو سال متوالی کوددهی (۸۵ و ۸۶)، $C =$ دو سال متوالی کوددهی (۸۵ و ۸۶)، $D =$ سه سال متوالی کوددهی (۸۵، ۸۶ و ۸۷)، $E =$ سه سال متوالی کوددهی (۸۵، ۸۶ و ۸۷) و $F =$ چهار سال متوالی کوددهی (۸۵، ۸۶، ۸۷ و ۸۸)، در کرت هایی به ابعاد ۱/۵ در ۳ متری اعمال گردید. برخی ویژگی های لجن فاضلاب مورد استفاده و خاک شاهد (قبل از کشت) در جدول ۱ آمده است.

گیاه نعناع پس از اعمال تیمارهای کودی در کرت ها، در سه ردیف به فاصله ۵۰ سانتی متری کشت شد و پس از انجام عملیات زراعی شامل آبیاری و وجین در طول دوره رشد رویشی گیاه، جهت تعیین اثر تیمارهای کودی به کار گرفته شده، نمونه برداری از تمام کرت ها از برگ و ریشه گیاه در مرحله شروع گلدهی (حداکثر رشد رویشی) صورت گرفت و نمونه ها بعد از شستشو به مدت ۷۲ ساعت در آون خشک شدند. پس از آماده سازی نمونه های گیاهی، عصاره گیری به روش

(۲۰۰۴). عناصر مورد نیاز برای نعناع می تواند با کاربرد کودهای آلی در خاک از جمله لجن فاضلاب تامین شوند (امیدبگی، ۱۳۷۶). در تحقیقی که در ماساچوست روی گیاه نعناع صورت گرفت، مشخص شد که در نتیجه کاربرد فلز روی در پرورش این گیاه، شاخص های رشد و عملکرد و همچنین مقدار پروتئین موجود در برگ این گیاه به طور معنی داری افزایش یافت (آمبر و همکاران^۱، ۱۹۷۰). تحقیقات شفر و همکاران نشان داد که کودهای آلی در کشت گیاهان دارویی، تولید زیتوده و ترکیب های استخراج شده از آنها را افزایش می دهد (اسچیر و همکاران^۲، ۱۹۹۳). به علاوه با افزایش کودهای آلی، قابلیت جذب روی، مس، منگنز، آهن، فسفر و پتاسیم برای گیاهان افزایش پیدا می کند (مارینوری و همکاران^۳، ۲۰۰۰). مطالعاتی که تا کنون روی گیاهان دارویی صورت گرفته است نشان داده است که کاربرد توام کودهای آلی و شیمیایی نسبت به کود شیمیایی به تنهایی، باعث بهبود وضعیت رشد و جذب عناصر در این گیاهان می شود (کاموات و همکاران^۴، ۲۰۰۶). به طور کلی آزمایش هایی که تاثیر کود آلی را به طور جداگانه یا مخلوط با کود شیمیایی بر عملکرد کیفی و کمی گیاهان دارویی بررسی کند، اندک است ولی نتایج همین تعداد اندک، حاکی از بهبود کمیت و کیفیت این گیاهان تحت تاثیر کاربرد کودهای آلی و شیمیایی به صورت تلفیقی است (آستارایی، ۱۳۸۵ و اکبری نیا و همکاران، ۱۳۸۳). با توجه به مطالب فوق در خصوص نقش مثبت کودهای آلی در میزان قابل جذب عناصر کم مصرف خاک و جذب آنها توسط گیاهان دارویی، در این تحقیق هدف بر این است که با کاربرد سطوح و دفعات مختلف لجن فاضلاب به عنوان یک کود آلی، میزان افزایش غلظت عناصر کم نیاز را در

- 1- Ambeler et al.
- 2- Scheffer et al.
- 3- Marinuri et al.
- 4- Kumawat et al.

جدول ۱- برخی خصوصیات شیمیایی لجن فاضلاب و خاک مورد مطالعه

پارامتر اندازه گیری شده	لجن فاضلاب	خاک مورد مطالعه
pH	۷/۴۴	۷/۵۵
OC (%)	۳۵/۴۵	۲/۴۱
EC (dS/m)	۱۸/۵۲	۱/۱۷
N (%)	۵۸۰	۲۳/۴
P (mg/kg) قابل جذب	۴۲/۵	۱۴/۵۶
K (mg/kg) قابل جذب	۴۸۹۳/۹	۲۶۴/۸۴
Zn (mg/kg) قابل جذب	۳۱۸/۰۲۶	۱/۰۲۱
Mn (mg/kg) قابل جذب	۴۳/۳۴	۷/۳۲
Fe (mg/kg) قابل جذب	۸۶/۹۴	۳۵/۹۳
Cu (mg/kg) قابل جذب	۲۵/۷۵	۲/۲۱

سوزاندن خشک^۱ و هضم با اسید کلریدریک (وارمان و ترمیر^۲، ۲۰۰۸) انجام شد و مقدار غلظت عناصر توسط دستگاه^۳ AAS (پلانکوآرت و همکاران^۴، ۱۹۹۹) تعیین شد. همچنین جهت تعیین میزان عناصر کم نیاز قابل جذب خاک پس از برداشت گیاه نعنای، از عمق ۲۰-۰ سانتی متری خاک نمونه برداری صورت پذیرفت. میزان روی، مس، آهن و منگنز قابل جذب خاک، به روش DTPA^۵ (جمالی و همکاران^۶، ۲۰۰۹) تعیین شدند. در نهایت تجزیه و تحلیل آماری داده ها با استفاده از نرم افزارهای SPSS و MSTAT C انجام گرفت.

نتایج و بحث

خاک

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) مربوط به آنالیز داده های خاک، مشخص می شود که کاربرد لجن فاضلاب در خاک بر میزان قابل جذب عناصر کم نیاز خاک دارای اثر معنی دار بوده است. نتیجه فوق با یافته های نیامانگارا و مزاوا^۷ (۱۹۹۹) که اثر کاربرد ۳۰

تن در هکتار لجن فاضلاب را بر میزان قابل جذب عناصر روی و مس در خاک مورد بررسی قرار دادند، مطابقت دارد. به طور مشابه زیاولی و همکاران^۸ (۲۰۰۷) با کاربرد ۴۷/۸ تن در هکتار لجن فاضلاب در خاک، افزایش ۲۹/۱۱ درصدی از غلظت مس را در خاک نسبت به شاهد گزارش کردند. استاوانا^۹ (۱۹۹۷) همچنین به طور مشابه با کاربرد لجن فاضلاب در خاک، مقدار قابل جذب بیش تری از عناصر روی، مس و مولیبدن را در خاک گزارش نمود. با توجه به مقایسه میانگین های موجود در شکل (۱)، بیش ترین مقدار قابل جذب عناصر کم نیاز خاک مربوط به تیمار ۴۰ تن در هکتار لجن فاضلاب و کم ترین آن مربوط به تیمار شاهد می باشد. همچنین تیمارهای تلفیقی با کودشیمیایی نسبت به تیمارهای لجن فاضلاب به تنهایی، مقدار قابل جذب کم تری از عناصر کم مصرف را در خاک نشان دادند. سال های مصرف تیمارهای کودی نیز بر میزان قابل جذب عناصر کم نیاز در خاک دارای اختلاف معنی دار بودند و بیش ترین غلظت عناصر کم نیاز در تیمارهایی که سه سال و بیش تر کوددهی شده بودند، مشاهده گردید (شکل ۲). زیاولی و همکاران (۲۰۰۷)، همچنین با کاربرد دو ساله لجن فاضلاب، غلظت بیش تری از

8- Xiaoli *et al.*

9- Staneva

1- Dry Ashing

2- Warman & Termeer

3- Atomic Absorption Spectrophotometer

4- Planquart *et al.*

5- Diethylene Triamine Pentaacetat

6- Jamali *et al.*

7- Nyamangara & Mzezewa

سال های مصرف این تیمارها نیز در خاک، به جز منگنز بر میزان قابل جذب سایر عناصر کم نیاز دارای اثر معنی دار بود، به این صورت که بیش ترین غلظت از عناصر میکرو قابل جذب خاک مربوط به تیمار ۴۰ تن در هکتار لجن فاضلاب می باشد که سه سال و بیش تر کوددهی شده است. بالاترین میزان غلظت آهن، روی و مس قابل جذب در خاک به ترتیب: ۴۵/۷۱، ۵/۵۰۶ و ۶/۵۴۹ میلی گرم بر کیلو گرمی باشد که مربوط به تیمار ۴۰ تن لجن فاضلاب در هکتار است که سه یا چهار سال متوالی مصرف شده است (جدول ۳).

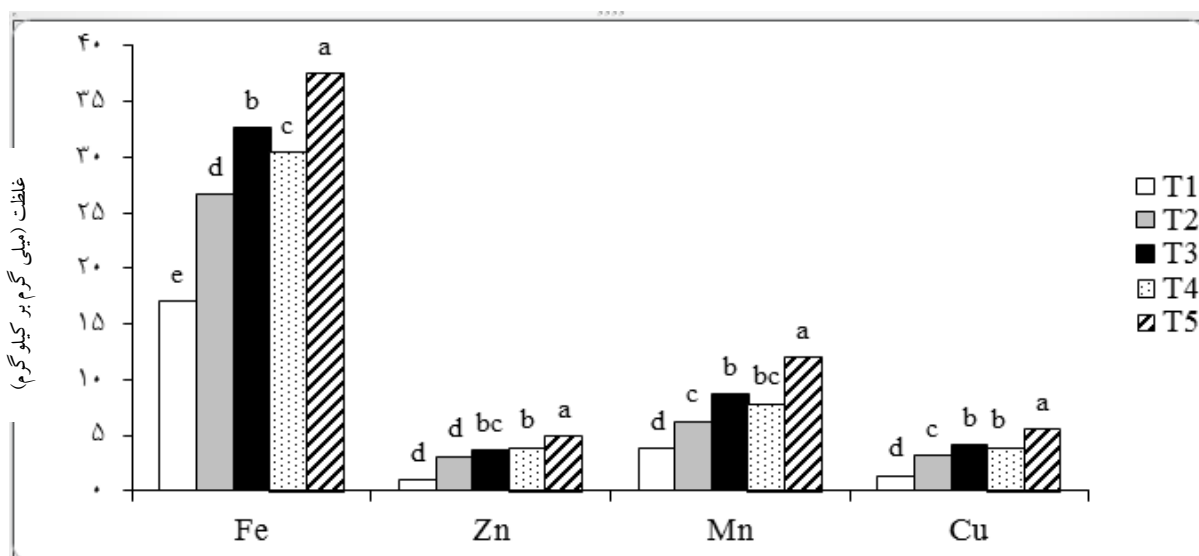
روی، مس، بور و نیکل را در عمق ۰-۲۰ سانتی متری خاک نسبت به شاهد گزارش کردند. کاسیا و همکاران (۲۰۰۲)، همچنین با کاربرد پنج ماهه لجن فاضلاب در خاک، غلظت بیش تری از عناصر فلزی شامل مس، روی، مولیبدن و منگنز را در عمق ۰-۱۵ سانتی متری خاک گزارش کردند. پلانکوارت و همکاران (۱۹۹۹) به طور مشابه گزارش کردند که، با کاربرد سطوح ۶، ۱۰ و ۳۰ تن در هکتار لجن فاضلاب، مقدار قابل جذب مس، به ترتیب ۲۱، ۳۲ و ۸۶ درصد در عمق ۰-۱۰ سانتی متری خاک افزایش یافت. اثرات متقابل تیمارهای کودی و

جدول ۲- جدول تجزیه واریانس (F) میزان تغییرات غلظت عناصر کم مصرف خاک به فرم قابل جذب در رابطه با تیمار کود و سال

تیمار	Fe	Zn	Mn	Cu
T	۳۴۱/۴۱۱ **	۷۶۱/۹۴۹ *	۴۲۴/۳۹۷ *	۲۹۰/۴۸۷ **
Y	۵۴/۵۴۹ **	۸۶/۹۲۲ *	۳۴/۱۳۱ *	۲۷/۲۳۱ *
T*Y	۳/۶۰۵ **	۷/۶۸۸ **	۰/۳۴۲ ^{NS}	۵/۷۵۶ **

: تیمار کودی Y: سال های اعمال تیمار T*Y: اثرات متقابل تیمار کودی و سال

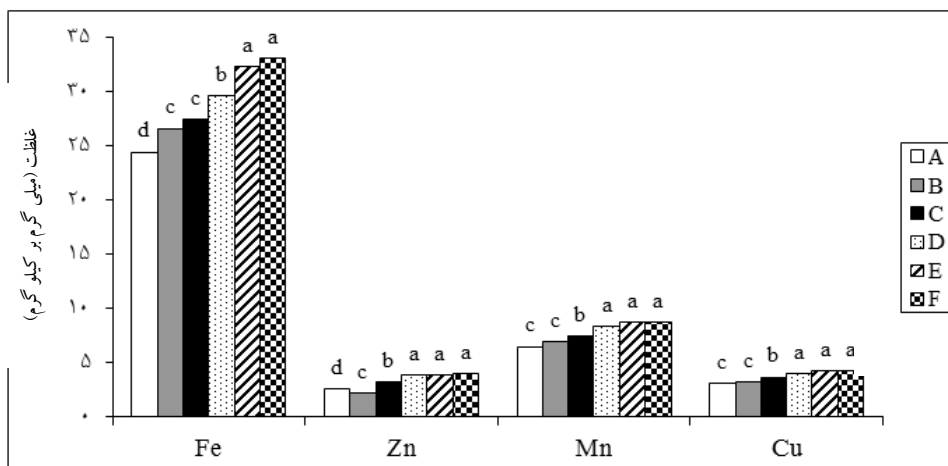
: * معنی دار در سطح ۵٪ ** معنی دار در سطح ۱٪ NS: معنی دار نیست



شکل ۱- مقایسه غلظت عناصر کم مصرف خاک در رابطه با تیمارهای کودی

در هر دسته ستون مربوط به هر عنصر، میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، با یکدیگر اختلاف معنی داری ندارند. (P=۵)

T₁ = شاهد، T₂ = تلفیق ۲۰ تن لجن فاضلاب در هکتار و نصف کودشیمیایی، T₃ = ۲۰ لجن فاضلاب در هکتار، T₄ = تلفیق ۴۰ تن لجن فاضلاب در هکتار و نصف کودشیمیایی، T₅ = لجن فاضلاب ۴۰ تن در هکتار



شکل ۲- مقایسه غلظت عناصر کم مصرف خاک در رابطه با سال های مصرف تیمارهای کودی

در هر دسته ستون مربوط به هر عنصر میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، با یکدیگر اختلاف معنی داری ندارند. (P=0.05)
 A=سال ۸۵ B= ۸۵ و ۸۷ C= سال ۸۵ و ۸۶ D= سال ۸۵ و ۸۶ E= سال ۸۵ و ۸۷ و F= سال ۸۵ و ۸۶ و ۸۷ و ۸۸ کوددهی

جدول ۳- مقایسه غلظت عناصر کم مصرف خاک (میلی گرم در کیلوگرم) در رابطه با اثرات متقابل سال و کود

Fe						تیمار
F	E	D	C	B	A	
۱۶/۲۹ ^t	۱۶/۲ ^t	۱۷/۳۳ st	۱۶/۸۵ st	۱۶/۳۳ ^t	۱۶/۱۷ ^t	T ₁
۲۹/۱ ^l	۲۹/۵۴ ^f	۲۸/۴۳ ⁿ	۲۵/۱۵ ^p	۲۴/۳۳ ^q	۲۲/۶۴ ^f	T ₂
۳۵/۵۷ ^f	۳۵/۴۵ ^f	۳۳/۳ ^h	۳۲/۱ ⁱ	۳۰/۵۶ ^k	۲۹ ^m	T ₃
۳۶/۸۲ ^d	۳۴/۹۵ ^g	۳۱/۲۱ ^j	۲۷/۳۴ ^o	۲۷/۳۶ ^o	۲۵/۰۶ ^p	T ₄
۴۵/۷۱ ^a	۴۲/۱۴ ^b	۳۷/۱ ^c	۳۶/۲۵ ^e	۳۳/۷۷ ^h	۲۹/۹۸ ^l	T ₅
Zn						
۱/۱۰۹ ^p	۰/۹۱۵ ^{pq}	۰/۹۸ ^{pq}	۱/۰۴ ^p	۱/۰۱۹ ^p	۱/۰۸۹ ^p	T ₁
۳/۷۷۹ ^h	۳/۸۶۴ ^g	۳/۳۹۳ ^k	۳/۰۳ ^l	۲/۴۹۷ ⁿ	۲/۰۷۷ ^o	T ₂
۴/۶۵۸ ^d	۴/۱۳۲ ^f	۳/۷۰۷ ⁱ	۳/۵۳۴ ^j	۳/۰۴۸ ^l	۲/۸۹۹ ^m	T ₃
۴ ^c	۴/۶۱۲ ^{de}	۴/۱۲۶ ^f	۳/۰۶ ^g	۳/۳۴۶ ^k	۲/۸۴۲ ^m	T ₄
۵/۴۶۷ ^a	۵/۵۰۶ ^a	۵/۲۲۸ ^b	۴/۵۸۶ ^e	۴/۱۸۳ ^f	۴/۱۴۵ ^f	T ₅
Cu						
۱/۶۱۹ ^p	۱/۵۲ ^p	۱/۲۱۷ ^{pq}	۱/۳۲۵ ^{pq}	۱/۶۴۴ ^p	۱/۶۵۴ ^p	T ₁
۴/۴۸۶ ^d	۴/۳۸۲ ^{ef}	۳/۶۹۶ ^k	۳/۳۵۵ ^l	۲/۷۸۳ ⁿ	۲/۴۷۷ ^o	T ₂
۴/۴۲۴ ^{de}	۴/۲۲۹ ^g	۴/۴۰۶ ^{de}	۴/۰۶۲ ^h	۳/۸۱۹ ^j	۳/۶۶۱ ^k	T ₃
۴/۳۱۲ ^{fg}	۴/۴۱۸ ^{de}	۴/۲۷۷ ^g	۳/۷۹۲ ^j	۳/۲۶۶ ^m	۳ ^m	T ₄
۶/۵۳۷ ^a	۶/۵۴۹ ^a	۶/۱۷۸ ^b	۵/۵۶۲ ^c	۴/۴۴۷ ^{de}	۳/۹۴۵ ⁱ	T ₅

در هر ستون و هر ردیف میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، با یکدیگر اختلاف معنی داری ندارند. (P=0.05)

T₁ = شاهد، T₂ = تلفیق ۲۰ تن لجن فاضلاب در هکتار و نصف کودشیمیایی، T₃ = ۲۰ تن لجن فاضلاب در هکتار، T₄ = تلفیق ۴۰ تن لجن فاضلاب در هکتار و نصف کودشیمیایی، T₅ = ۴۰ تن لجن فاضلاب در هکتار، A=سال ۸۵ B= ۸۵ و ۸۷ C= سال ۸۵ و ۸۶ D= سال ۸۵ و ۸۶ E= سال ۸۵ و ۸۶ و ۸۷ و F= سال ۸۵ و ۸۶ و ۸۷ و ۸۸ کوددهی شده

گیاه

با توجه به جدول تجزیه واریانس حاصل از آنالیز داده ها، مشخص شد که کاربرد لجن فاضلاب و تعداد سال های به کارگیری آن، بر میزان غلظت عناصر کم نیاز در ریشه و برگ گیاه دارای اثر معنی دار بود و اثرات متقابل سال و کود همچنین بر میزان غلظت همگی این عناصر به جز منگنز در ریشه اختلاف معنی داری نشان داد؛ در صورتی که در برگ گیاه فقط بر میزان غلظت منگنز اثر معنی دار داشت (جدول ۴).

ریشه

کاربرد لجن فاضلاب بر میزان غلظت عناصر کم مصرف در ریشه نعناع در سطح ۱٪ معنی دار بود و با افزایش سطح کاربرد لجن فاضلاب، میزان غلظت عناصر غذایی نسبت به شاهد تقریباً دو برابر افزایش یافته است و بیش ترین آن در تیمار ۴۰ تن لجن فاضلاب در هکتار مشاهده شده است (شکل ۳). با توجه به مقایسه میانگین های موجود در شکل (۳)، مشخص می شود از بین عناصر کم مصرف، بیش ترین غلظت مربوط به عنصر آهن می باشد، در واقع به نظر می رسد که با اضافه کردن لجن فاضلاب به خاک، فرم قابل جذب این عنصر برای گیاه نسبت به سایر عناصر کم مصرف، افزایش بیش تری داشته و توسط گیاه نیز بیش تر جذب شده است. در آزمایشی که زیاولی و همکاران (۲۰۰۷) به منظور بررسی اثر کاربرد لجن فاضلاب بر وضعیت عناصر غذایی در یک گیاه علفی انجام دادند، گزارش نمودند که با کاربرد لجن فاضلاب، مقدار غلظت آهن ۲۴/۸۷ و مقدار جذب روی ۶/۵۸ درصد نسبت به شاهد افزایش پیدا کرده است. همچنین در آزمایشی که توسط نیامانگارا و مازاوا (۱۹۹۹) انجام شد، آنها گزارش کردند که با کاربرد لجن فاضلاب میزان غلظت عناصر مس و روی در یک گیاه سوزنی برگ، به ترتیب ۱۳/۸۸ و ۲۸/۵۶ درصد نسبت به شاهد افزایش می یابد. تعداد و نحوه سال های مصرف نیز بر میزان غلظت عناصر کم مصرف در ریشه نعناع دارای اثر معنی دار بود (جدول ۴). با توجه

به مقایسه میانگین های موجود در شکل ۴، تیمارهایی که بین سال های مصرف آنها فاصله ای بوده نسبت به تیمارهایی که به صورت متوالی مصرف شده اند، غلظت کم تری از عناصر کم مصرف را نشان می دهند و بیش ترین غلظت مربوط به تیمارهای سه سال متوالی و بیش تر کود خورده است. نیامانگارا و مازاوا (۱۹۹۷)، همچنین در طی آزمایش خود در یک علفزار، گزارش کردند که کاربرد ۱۹ ماهه لجن فاضلاب نسبت به کاربرد ۱۲ ماهه آن باعث افزایش بیش تری از غلظت عناصر روی و مس در یک گیاه علفی می شود. اثرات متقابل تیمارهای کودی و سال های به کارگیری آنها هم بر میزان غلظت همگی عناصر کم مصرف به جز منگنز در ریشه نعناع دارای اثر معنی دار بود (جدول ۴). با توجه به مقایسه میانگین های غلظت عناصر کم مصرف شامل آهن، روی و مس در ریشه نعناع، مشخص می شود که بیش ترین مقدار غلظت این عناصر مربوط به تیمار ۴۰ تن در هکتار لجن فاضلاب غنی نشده با کود شیمیایی است که سه سال متوالی یا بیش تر مصرف شده است و در تیمار کودی که فقط یک سال مصرف شده، کم ترین میزان جذب عناصر مشاهده گردید. بیش ترین مقدار آهن، روی و مس جذب شده در ریشه نعناع، به ترتیب: ۳۰۱/۱، ۵۶/۴۹ و ۳۵/۱۳ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد (جدول ۵). در واقع به نظر می رسد که بهبود در وضعیت جذب عناصر غذایی در نتیجه کاربرد کودهای آلی، به علت اثر مثبت این مواد بر منافذ خاک و افزایش قابلیت نگهداری عناصر غذایی در این منافذ می باشد که متعاقباً مقدار بیش تری از این عناصر را به گیاه منتقل می کند. طی تحقیقی، با کاربرد کودهای آلی در پرورش گیاه گشنیز، عملکرد در این گیاه افزایش یافت که به بهبود خواص فیزیکی خاک و به دنبال آن افزایش غلظت عناصر غذایی توسط گیاه نسبت داده شد (زرگری، ۱۳۷۶). به طور کلی به نظر می رسد که کودهای آلی با ایجاد کمپلکس با عناصر غذایی فلزی آنها را به فرم قابل

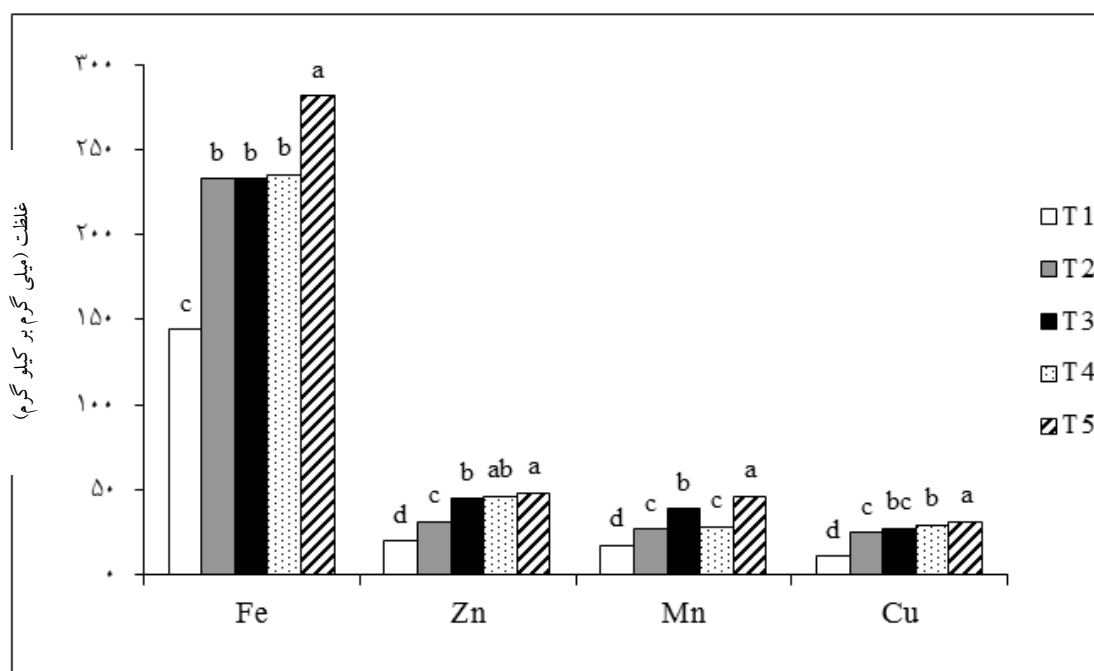
حل تر و قابل جذب تر برای گیاه در می آورند و جذب این عناصر را برای گیاه تسهیل و تسریع می کنند.

جدول ۴- جدول تجزیه واریانس (F) میزان تغییرات غلظت عناصر کم مصرف خاک در ریشه و برگ نعناع در رابطه با تیمار کود و سال

برگ				ریشه				تیمارها
Zn	Fe	Mn	Cu	Zn	Fe	Mn	Cu	
۳/۶۸ ^{oo}	۱۳/۰۸ ^{oo}	۴۰/۵۶ ^{oo}	۴/۴۸ ^{oo}	۶۰/۲۷۹ ^o	۱۴/۶۶ ^{oo}	۱۷/۱۸ ^{oo}	۲۴/۸۰ ^{oo}	Y
۱۱۷/۷۰ ^{oo}	۱۲۶۱ ^{oo}	۱۰۰۱ ^{oo}	۸۶/۲۲ ^{oo}	۵۰۴/۷۴ ^{oo}	۲۶۳ ^{oo}	۳۰۸/۴۴ ^{oo}	۳۳۶/۸۸ ^{oo}	T
۰/۷۷ ^{ns}	۱/۵۱ ^{ns}	۷/۰۸ ^{oo}	۱/۲۰ ^{ns}	۴/۸۵ ^{oo}	۲/۹۰ ^{oo}	۱/۲۲ ^{ns}	۳/۴۴ ^{oo}	Y*T

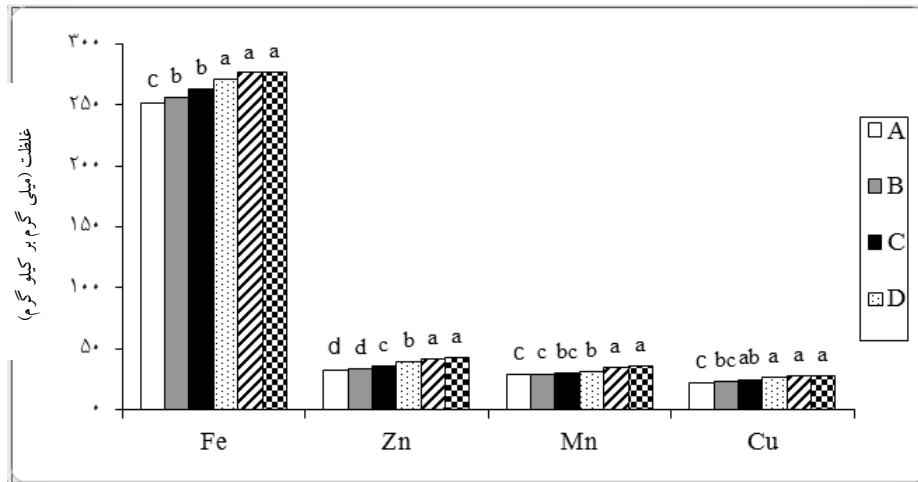
تیمار کودی : Y: سال های اعمال تیمار T*Y: اثرات متقابل تیمار کودی و سال

*: معنی دار در سطح ۵٪ ** : معنی دار در سطح ۱٪ ns: معنی دار نیست



شکل ۳- مقایسه غلظت عناصر کم نیاز در ریشه نعناع در رابطه با تیمارهای کودی

در هر دسته ستون مربوط به هر عنصر میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، با یکدیگر اختلاف معنی داری ندارند. (P=۰/۱)
 T₁ = شاهد، T₂ = تلفیق ۲۰ تن لجن فاضلاب در هکتار و نصف کودشیمیایی، T₃ = ۲۰ تن لجن فاضلاب در هکتار، T₄ = تلفیق ۴۰ تن لجن فاضلاب در هکتار و نصف کودشیمیایی و T₅ = ۴۰ تن لجن فاضلاب در هکتار



شکل ۴- مقایسه غلظت عناصر کم مصرف در ریشه نعناع در رابطه با سال های مصرف تیمارهای کودی
 در هر دسته ستون مربوط به هر عنصر میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، با یکدیگر اختلاف معنی داری ندارند. (P=۰/۵).
 A=سال ۸۵، B=سال ۸۵ و ۸۷، C=سال ۸۵ و ۸۶، D=سال ۸۵ و ۸۶، E=سال ۸۵، ۸۶ و ۸۷، F=سال (۸۵، ۸۶، ۸۷ و ۸۸ کودخورده)

جدول ۵- مقایسه غلظت عناصر کم مصرف (میلی گرم بر کیلو گرم) در ریشه نعناع در رابطه با اثرات متقابل سال و کود

Fe						تیمار
F	E	D	C	B	A	
۱۴۴/۷۹ ^o	۱۴۲/۵ ^{op}	۱۴۶/۱ ^o	۱۴۴/۷ ^o	۱۴۵ ^o	۱۴۴/۴ ^o	T ₁
۲۴۴/۳ ^h	۲۴۸/۱ ^g	۲۳۶ ⁿ	۲۳۰ ^k	۲۲۱/۸۳ ^m	۲۱۷/۹ ⁿ	T ₂
۲۴۱/۲ ^{hi}	۲۴۰/۳ ⁱ	۲۳۱/۹ ^f	۲۲۵/۶ ^k	۲۲۱/۶ ^m	۲۱۷/۰۴ ⁿ	T ₃
۲۴۱/۹ ^d	۲۴۱ ^g	۲۳۲/۵ ^j	۲۳۰/۵ ^o	۲۲۶/۷ ^l	۲۲۵/۱ ^l	T ₄
۳۰۸/۲ ^a	۳۱۰ ^b	۲۸۰/۲ ^c	۲۷۵/۹ ^e	۲۶۳/۴ ^h	۲۵۵ ^l	T ₅
Zn						
۲۰/۵۲ ^p	۲۰/۲۱ ^{pq}	۲۰/۹۱ ^{pq}	۲۰/۷۵ ^p	۲۰/۳۱ ^p	۲۰/۶۶ ^p	T ₁
۴۷/۱۷ ^d	۴۵/۶۲ ^e	۴۵/۶۲ ^e	۳۹/۸۱ ^h	۳۶/۳۹ ^k	۳۶/۵ ^k	T ₂
۳۶/۹۹ ^{jk}	۳۷/۳۲ ^j	۳۱/۹۹ ^l	۳۰/۳۳ ^m	۲۵/۶ ⁿ	۲۴/۸ ^o	T ₃
۵۱/۵۷ ^b	۵۰/۰۹ ^c	۴۷/۲۷ ^d	۴۲/۰۷ ^g	۳۸/۴۷ ⁱ	۳۸/۲۹ ⁱ	T ₄
۵۶/۴۹ ^a	۵۲/۰۶ ^b	۴۹/۸۲ ^c	۴۷/۲۶ ^o	۴۳/۱۸ ^f	۳۹/۱۸ ⁱ	T ₅
Cu						
۱۰/۳ ^m	۱۰/۷۹ ^m	۱۱/۶۴ ^m	۱۰/۹۶ ^m	۱۰/۹۵ ^m	۱۱/۱۸ ^m	T ₁
۳۱/۵۹ ^{bc}	۳۱/۹۷ ^b	۲۹/۵۹ ^{def}	۲۶/۲ ^{hi}	۲۳/۲۳ ^j	۲۱/۰۴ ^{kl}	T ₂
۲۸/۸۲ ^{ef}	۲۷/۹۸ ^{fg}	۲۵/۹۷ ^{hi}	۲۴/۹۱ ⁱ	۲۲/۵۳ ^{jk}	۲۰/۰۲ ^l	T ₃
۳۱/۷ ^{bc}	۲۸/۷۲ ^{ef}	۳۱/۱۷ ^{bcd}	۲۹/۹۵ ^{cde}	۲۸/۶۱ ^{ef}	۲۸ ^{fg}	T ₄
۳۵/۰۲ ^a	۳۵/۱۳ ^a	۳۲/۵۸ ^b	۳۱/۲۷ ^{bcd}	۲۸/۴۲ ^{efg}	۲۶/۷۳ ^{gh}	T ₅

در هر ستون و هر ردیف میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، با یکدیگر اختلاف معنی داری ندارند. (P=۰/۱)

T₁ = شاهد، T₂ = تلفیق ۲۰ تن لیجن فاضلاب در هکتار و ۱/۲ کودشیمیایی، T₃ = ۲۰ تن لیجن فاضلاب در هکتار، T₄ = تلفیق ۴۰ تن لیجن فاضلاب در هکتار و ۱/۲ کودشیمیایی، T₅ = ۴۰ تن لیجن فاضلاب در هکتار، A = سال ۸۵، B = سال ۸۵ و ۸۷، C = سال ۸۵ و ۸۶، D = سال ۸۵ و ۸۶، E = سال ۸۵، ۸۶ و ۸۷ و F = سال (۸۵ و ۸۶ کوددهی شده)

برگ

تیمارهای کودی به کار گرفته شده بر میزان جذب عناصر کم مصرف در برگ گیاه نعناع در سطح ۱٪ دارای اثر معنی دار بود که بیشترین آن مربوط به تیمار ۴۰ تن لجن فاضلاب در هکتار و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد است (جدول ۴). با توجه به مقایسه میانگین های موجود، میزان جذب عناصر کم مصرف در برگ گیاه نعناع از ریشه آن بیش تر بوده است (جدول ۶). تعداد سال هایی که این تیمارها به کار گرفته شدند نیز بر میزان جذب عناصر کم مصرف اثر معنی دار داشت، به این صورت که با افزایش تعداد سال های مصرف، میزان اثرات متقابل تیمارهای سال و کود، بر خلاف ریشه، در برگ گیاه نعناع فقط بر میزان جذب منگنز معنی دار بود و بر میزان جذب سایر عناصر کم نیاز اختلاف معنی داری نداشت. مقایسه میانگین های جذب منگنز در برگ نعناع نشان می دهد که بیشترین مقدار جذب این عنصر، مربوط به تیمار ۴۰ تن لجن فاضلاب است که سه سال متوالی کوددهی شده است و بعد از آن تیمار چهار سال متوالی کوددهی شده بیشترین مقدار جذب را دارا می باشد که به ترتیب: ۷۷/۷۲ و ۷۳/۷۳ میلی گرم بر کیلوگرم است (جدول ۸). از مقایسه میانگین های مربوط به جذب عناصر کم مصرف در برگ نعناع می توان دریافت که به کارگیری لجن فاضلاب به عنوان یک کود آلی، به صورت غنی شده و غنی نشده با کود شیمیایی، باعث افزایش جذب عناصر کم مصرف در برگ گیاه نسبت به شاهد شده است. ساینز و همکاران^۱ (۱۹۹۸)، به طور مشابه با به کارگیری کودهای آلی در پرورش گیاه شبدر، اظهار داشتند که این مواد به میزان قابل توجهی حاوی عناصر پر مصرف و کم مصرف است که موجب تغذیه مستقیم گیاه و در نهایت افزایش عملکرد آن نسبت به حالت بدون کاربرد کود آلی می باشد و با نتایج به دست آمده از این آزمایش مطابقت

دارد. همچنین به طور مشابه در آزمایشی که به منظور بررسی اثر کاربرد لجن فاضلاب بر میزان جذب عناصر غذایی توسط یک گیاه دانه روغنی انجام شد، نتایج نشان دادند که میزان جذب عنصر روی در برگ گیاه با کاربرد ۳۰ تن لجن فاضلاب در هکتار نسبت به شاهد ۲۲/۳۷ درصد افزایش داشته است (امیدیگی و حجازی، ۲۰۰۴).

امید بیگی و حجازی^۲ (۲۰۰۴)، طی مطالعه ای که روی گیاه دارویی تاتوره انجام دادند نیز بیان کردند که کودهای آلی نسبت به کودهای شیمیایی، تاثیر بهتری در کیفیت و کمیت و عناصر موجود در مواد موثره تولیدی توسط این دسته از گیاهان دارند. به طور کلی گزارش های موجود در زمینه تحقیق روی گیاهان دارویی، نشان می دهد که کاربرد کودهای آلی باعث افزایش معنی دار مواد آلی در خاک می شوند که که قابلیت جذب آهن، روی، مس، منگنز، فسفر، پتاسیم و نیتروژن را افزایش می دهد که در تولید مواد موثره در این گیاهان نقش دارد (برنات، ۱۹۸۶).

نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش، می توان گفت استفاده از لجن فاضلاب در خاک به عنوان یک کود آلی باعث افزایش میزان قابل جذب عناصر ریز مغذی در خاک و همچنین افزایش قابلیت جذب این عناصر توسط گیاه دارویی نعناع می شود، به طوری که بیشترین مقدار عناصر کم مصرف قابل جذب در تیمار ۴۰ تن لجن فاضلاب در هکتار مشاهده می شود؛ همچنین نتایج نشان دادند که افزایش و سطوح دفعات به کارگیری لجن فاضلاب باعث افزایش قابلیت جذب این عناصر برای گیاه و افزایش غلظت آنها در برگ و ریشه گیاه نعناع شد؛ لذا با توجه به نتایج حاصله، از آنجا که اختلاف معنی داری بین مصرف سه سال و چهار سال

جدول ۶- مقایسه میانگین های غلظت عناصر کم مصرف در برگ نعناع (میلی گرم بر کیلوگرم) در رابطه با تیمار کودی

Cu	Mn	Zn	Fe	تیمار
۴۵/۴۶۷ ^d	۱۲/۲۵۷ ^d	۱۲/۳۳۸ ^d	۵۳۱/۷۴ ^c	T ₁
۸۵/۷۶۹ ^c	۳۶/۵۸۸ ^c	۲۷/۰۲۶ ^c	۶۰۵/۷۲ ^d	T
۹۳/۰۰۸ ^{bc}	۳۸/۲۹۴ ^{bc}	۲۸/۶۳۵ ^c	۷۰۱/۵۱ ^c	T ₃
۹۷/۶۰۶ ^b	۴۱/۸۶۷ ^b	۳۵/۹۹ ^b	۷۶۱/۲۷ ^b	T ₄
۱۱۳/۹۱ ^a	۵۷/۴۵۵ ^a	۵۶/۷۰۹ ^a	۹۶۴/۱۶ ^a	T ₅

در هر ستون میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، با یکدیگر اختلاف معنی داری ندارند. (P=۱/۱)
 T₁ = شاهد، T₂ = تلفیق لجن فاضلاب ۲۰ تن در هکتار و نصف کودشیمیایی، T₃ = لجن فاضلاب ۲۰ تن، T₄ = تلفیق لجن فاضلاب ۴۰ تن در هکتار و نصف کودشیمیایی و T₅ = لجن فاضلاب ۴۰ تن در هکتار

جدول ۷- مقایسه میانگین های غلظت عناصر کم مصرف در برگ نعناع (میلی گرم بر کیلوگرم) در رابطه با سال های مصرف تیمارهای کودی

Cu	Mn	Zn	Fe	سال های مصرف کود
۷۸/۹۴۲ ^d	۳۶/۶۱۱ ^d	۲۹/۱۴۷ ^c	۶۱۳/۶۶ ^d	A
۸۲/۴۵ ^{cd}	۳۷/۶۴۱ ^d	۳۱/۱۴۳ ^{bc}	۶۳۴/۴۵ ^c	B
۸۳/۸۰۵ ^{abc}	۳۹/۷۴ ^c	۳۲/۵۸ ^{ab}	۶۵۰/۶۳ ^{bc}	C
۹۰/۲۳ ^{ab}	۴۴/۶۶ ^b	۳۲/۸۷ ^{ab}	۶۵۸/۶۱ ^b	D
۹۲/۰۲۵ ^{ab}	۴۶/۹۹ ^a	۳۲/۹۹ ^{ab}	۶۹۱/۳ ^a	E
۹۵/۴۵۸ ^a	۴۵/۶۹۹ ^{ab}	۳۴/۰۹۶ ^a	۶۷۸/۶ ^{ab}	F

در هر ستون میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، با یکدیگر اختلاف معنی داری ندارند. (P=۱/۱)
 A = سال ۸۵، B = ۸۷، C = سال ۸۵ و ۸۶، D = سال ۸۵ و ۸۶، E = سال ۸۵ و ۸۶ و ۸۷، F = سال ۸۵، ۸۶ و ۸۷ (کودخورده)

جدول ۸- مقایسه میانگین های غلظت عنصر منگنز (Mn) در برگ نعناع (میلی گرم بر کیلوگرم) در رابطه با اثرات متقابل سال و کود

Mn						تیمار
F	E	D	C	B	A	
۱۰/۸۵ ^s	۱۱/۷۵ st	۱۱/۰۱ ^s	۱۱/۲۷ st	۱۱/۶۳ st	۱۰/۹۹ ^s	T ₁
۴۱/۹۸ ^m	۳۹/۳۲ ⁿ	۳۵/۲۳ ^q	۳۴/۵۱ ^{qr}	۳۴/۶۳ ^{qr}	۳۳/۸۶ ^r	T ₂
۵۷/۶۸ ^f	۵۵/۶۵ ^g	۵۴/۵۸ ^h	۴۴/۸۴ ^j	۴۳/۱۹ ^{kl}	۴۳/۴۱ ^k	T ₃
۵۳/۹۶ ^h	۴۶/۴۳ ⁱ	۴۳/۵۳ ^k	۴۲/۵۴ ^{lm}	۳۷/۱۶ ^o	۳۶/۱۶ ^p	T ₄
۷۴/۷۳ ^b	۷۷/۷۳ ^a	۶۹/۸۲ ^c	۶۵/۸۲ ^{de}	۶۰/۵۴ ^c	۵۶/۱۱ ^g	T ₅

در هر ستون و هر ردیف میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، با یکدیگر اختلاف معنی داری ندارند. (P=۱/۱)
 T₁ = شاهد، T₂ = تلفیق لجن فاضلاب ۲۰ تن در هکتار و ۱/۲ کودشیمیایی، T₃ = لجن فاضلاب ۲۰ تن، T₄ = تلفیق لجن فاضلاب ۴۰ تن در هکتار و ۱/۲ کودشیمیایی، T₅ = لجن فاضلاب ۴۰ تن در هکتار، A = سال ۸۵، B = ۸۵ و ۸۷، C = سال ۸۵ و ۸۶، D = سال ۸۵ و ۸۶ و ۸۷، E = سال ۸۵، ۸۶ و ۸۷ و F = سال ۸۵، ۸۶ و ۸۷ (کودخو)

متوالی لجن فاضلاب در میزان غلظت عناصر کم مصرف وجود ندارد، کاربرد سه ساله لجن فاضلاب برای تامین عناصر کم مصرف به عنوان یک منبع مفید و مقرون به صرفه برای تامین عناصر کم مصرف مورد نیاز گیاه در خاک های تحت کشت توصیه می شود.

منابع

۱. آستارایی، ع. ۱۳۸۵. تاثیر کمپوست زباله شهری و ورمی کمپوست بر اجزای عملکرد اسفرزه. فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۲(۳): ۱۸۷-۱۸۰.
۲. اکبری نیا، ا.، فلاوند، ا. و شریفی. ا. ۱۳۸۳. تاثیر سیستمهای مختلف تغذیه بر خواص خاک، جذب و غلظت عناصر توسط گیاه دارویی زینان و عملکرد آن. مجله پژوهش و سازندگی، ۱۳: ۱۱-۶۲.
۳. امیدبگی، ر. ۱۳۷۶. رهیافتهای تولید و فراوری گیاهان دارویی. جلد دوم، انتشارات طراحان نشر، ۴۳۸ ص.
۴. خندان، ا.، و آستارایی. ع. ۱۳۸۴. تاثیر کودهای آلی (کمپوست زباله شهری، کود گاوی) و شیمیایی بر برخی خصوصیات فیزیکی خاک. بیابان، ۱۰(۲): ۳۶۷-۳۶۲.
۵. زرگری، ع. ۱۳۷۶. گیاهان دارویی. انتشارات دانشگاه تهران، صص ۱-۱۵۴.
۶. شاهوردی، آ. ۱۳۸۴. گیاهان دارویی منطقه زاگرس شرقی ایران. انتشارات فارابی، ۱۲۰ ص.
۷. ملکوتی، م. ج. ۱۳۷۶. اثرات مصرف متعادل کودها و نقش عناصر ریز مغذی در بهبود کمی و کیفی محصولات کشاورزی و محیط زیست. خلاصه مقالات دومین همایش ملی استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی، صص: ۴۸-۵۲.
۸. میرزایی تالار پستی، ر.، کامبوزیا. ج.، صباحی. ح. و مهدوی دامغانی. ع. م. ۱۳۸۸. اثر کاربرد کودهای آلی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و تولید محصول و ماده خشک گوجه فرنگی. مجله پژوهش های زراعی ایران، ۲(۱): ۲۵۷-۲۶۷.
۹. واثقی، س.، افیونی. م و شریعتمداری. ح. ۱۳۸۳. اثر لجن فاضلاب بر غلظت تعدادی از عناصر غذایی و ویژگی های شیمیایی خاک. مجله آب و فاضلاب اصفهان، ۵۳: ۱۵-۲۲.
10. Ambeler, R.J., Brown, E., and Gruch, H.G. 1970. Effect of zinc on translocation of Iron in soybean plant. *Plant Physiology*, 46:320-323.
11. Bernath, J. 1986. Production ecology of secondary plants product herbs, spices and medicinal plants. *Recent Advances in Bontany Horticulture and Phamacology*. Oryx Press. Arizona. U. S. A, 1: 185-234.
12. Glyn, M.F. 2002. Mineral nutrition, production and artemisin content in *Artemisia* annual. *Acta Horticulture*, 426:721-728.
13. Jamali, M.K., Tasneem, G., Arian, M.B., Afridi, H.I., Jalbani, N., Kandhro, G.A.Shah, A., and Jameel, A.B. 2009. Heavy metal accumulation in different

- varieties of wheat (*Triticumaestivum L.*) grown in soil amended with domestic sewage sludge. *Journal of Hazardous Materials*, 164: 1386-1391
14. Kasia, D. Soren, O.P., Lick, K. and Ambus, P. 2002. Evaluating effects of sewage sludge and household on soil physical, chemical and microbiological properties. *Ecosystem and Environment*, 19:237-248.
 15. Kumawat. P.D., Jat. N.L. and Yadavi, S.S. 2006.Effect of organic manure and nitrogen fertilization on growth, yield and economics of barely (*HordeumVulgare*) . *Indian Journal of Agricultural Science*, 76:226-229.
 16. Marinuri, S., Masciandro, G., Ceccanti, B., and Grego, S. 2000. Influence of organic and mineral fertilizers on soil chemical, biological and physical properties, 72:9-17.
 17. Matos, G.D., and Arrunda, M.A. Z. 2003.Vermicompost as natural adsorbent for removing metal ions from laboratory effluents.*Agriculture, Ecosystem and Environment*, 39:81-88.
 18. Navas, A., Bermudez, F., and Machin, J. 1998. Influence of sewage sludge application on physical and chemical properties of Gypsisols. *Fertilizer and Environment*, 87:123-135.
 19. Nyamangara, J., and Mezezewa, J. 1999. The effect of long-term Sewage Sludge application on Zn, Cu, Zn and Pb levels in a clayloam soil under pasture grass in Zimbabwe. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 73:199-204.
 20. Nyamangara, J., and Mzezewa, J. 1997. Effect of long-term application of sewage sludge to a grazed kikuyu (*PannisetumclandestinumChiov*) grass pasture on the soil fertility status of a Zimbabwean clay soil. *Zimbabwe Journal of Agricultural Research*, 587 p.
 21. Omidbaigi, R., and Hejazi, M. 2004. Essential oil and composition of *Satureja Hotrtensis* of two different region. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 7(2): 66-68.
 22. Planquart, P., Bonin, G., Prone, A., and Massiani, C. 1999. Distribution, movement and plant availability of trace metals in soils amended with sewage sludge composts: application to low metal loadings. *The Science of Total Environment*, 241: 161-179.
 23. Ridvan, K. 2004. Cu and Zn accumulation in earth worm *Lumbricus Terrestrist* in sewage sludge amended soil and fraction of Cu and Zn casts and surrounding Soil Science Society of American Journal, 22:141-145.
 24. Sains, M.J., Tboada-Castro, M.T., and Vilarino, A. 1998. Growth, mineral nutrition and mycorrhizal colonization of red clover and cucumber plant grown in a soil amended with composted urban wastes. *Plant and Soil*, 205:85-92.
 25. Scheffer, M.C., Ronzelli, P.J., and Koehler, H.S. 1993. Influence of organic fertilization on the biomass, yield and yield composition of the essential oil of *Achilles millefoliom*. *Acta Horticulture*, 331:109-114.

26. Silvana, I.T., and Raul, L. 2008. Zinc distribution in soils amended with different kinds of sewage sludge. *Journal of Environment management*, 88:1571-1579.
27. Staneva, M. 1997. Pollution from industrial effluents. In: Moyo, N.A.G. (Ed), *Lake Chivero- A pollute lake*. University of Zimbabwe Publications, Harare, Zimbabwe, pp: 64-74
28. Warman, P.R., and Termeer, W.C. 2005. Evaluation of sewage sludge, septic waste and sludge compost applications to corns and forage: Ca, Mg, S, Mn, Cu, Zn and B content of crop and soils. *BioresourceThechnology*, 96: 1029-1038.
29. Wettasinghe, M., and Shahidi, F. 2005. Fe(III) chelation activity of extract of Borago and evening primrose meals. *Food Research International*, 35:65-71.
30. Xiaoli, L., Shunzhen, Z., Wenyong, W., and Honglu, L. 2007. Metal sorption on soils as affected by the dissolved organic matter in sewage sludge and the relative calculation of sewage slugde application. *Plant and Soil*, 149:399-407.