

اثر کاربرد لجن فاضلاب بر غلظت عناصر کم مصرف خاک و جذب آنها به وسیله گیاه دارویی گاوزبان

محمدعلی بهمنیار^۲

مهدی قاجار سپانلو^۱

زهرا احمدآبادی^۱

(دریافت ۱۵/۴/۸۹ پذیرش ۲۵/۱۰/۸۹)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر لجن فاضلاب بر میزان عناصر کم مصرف خاک و جذب آنها در اندامهای گیاه دارویی گاوزبان، آزمایشی در قالب طرح کشتهای خرد شده در سه تکرار، شش تیمار کودی و شش تیمار سال در مزرعه پژوهشی دانشگاه کشاورزی ساری انجام گردید. تیمارهای کودی شامل: دو سطح ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار از لجن فاضلاب، تلفیقی از لجن فاضلاب و کود شیمیایی، کود شیمیایی، شاهد و سالهای مصرف به صورت: سال ۸۵، سال ۸۵ و ۸۸، سال ۸۵ و ۸۶، سال ۸۵، سال ۸۶ و ۸۸، سال ۸۵ تا ۸۷ و سال ۸۵ تا ۸۸ کود خورده بودند. نتایج نشان داد که تیمارهای کودی بر میزان جذب این عناصر در خاک، برگ و گل گیاه دارای اثر معنی دار بود. سالهای مصرف کود نیز در همه موارد به جز میزان جذب روی و منگنز در برگ گیاه دارای اثر معنی دار بود. اثرات متقابل تیمارهای سال و کود در خاک بر میزان غلظت تمامی عناصر کم مصرف به جز منگنز معنی دار بود در حالی که در برگ گیاه فقط بر میزان جذب آهن و مس اختلاف معنی دار داشت. این اثر در گل گیاه نیز بر میزان جذب منگنز و مس اثر معنی دار نشان داد که باعث افزایش تقریباً بیش از دو برابر غلظت این عناصر در اندامهای گیاهی شد.

واژه‌های کلیدی: لجن فاضلاب، کود شیمیایی، عناصر کم مصرف، گاوزبان

The Effect of Sewage Sludge Application on the Amount of Microelements in Soil and Absorption in Medicinal Plant Borage (*Borago Officinalis* eL.)

Zahra Ahmad Abadi¹

Mehdi Ghajar Sepanlou²

Mohammad Ali Bahmanyar³

(Received July 6, 2010 Accepted Jan, 15, 2011)

Abstract

In order to investigate the effect of Sewage Sludge (SS) application on the amount of micro elements in soil and absorption of these elements in plant organs of medicinal plant borage (*Borago Officinalis*), an experiment was carried out in split plot based on complete randomized block design in three replications in the field of the University of Agricultural of Sari. fertilizer treatments were two levels 20 and 40 tons per hectare of sewage sludge, mix SS and fertilizer, fertilizer and control and years of consumption were inclusive: (1385), (1385 and 1387), (1385 and 1386), (1385, 1386, 1388), (1385, 1386 and 1387) and (1385, 1386, 1387 and 1388). The results of the study showed that fertilizer treatments, on the amount of absorbent micro-elements in the soil, leaves and petal of plant were significant. The years of fertilizer consumption on the all of the cases except amount of Zn and Mn absorbent in leaves of plant had a significantly effect. The interaction between years of consumption of fertilizers and fertilizer treatments on concentration of all of micro-element except Mn in the soil were significant, in the leaves had a significantly effect on the amount of Fe and Cu absorbent only and in the petal showed significant effect on the amount of Mn and Cu absorbent

Keywords: Sewage Sludge, Fertilizer Micro Elements, Borage.

1. M. Sc. Student of Soil Sciences Eng., Colledge of Agriculture, Agriculture Sciences and Natural Resources University, Sari (Corresponding Author) (+98 21) 33252080 z.ahmadabadi@yahoo.com
2. Assist. Prof. of Soil Sciences Eng., Colledge of Agriculture, Agriculture Sciences and Natural Resources University, Sari
3. Assoc. Prof. of Soil Sciences Eng., Colledge of Agriculture, Agriculture Sciences and Natural Resources University, Sari

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری (نویسنده مسئول) (۳۳۲۵۲۰۸۰) (۰۲۱)
- ۲- استادیار گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری
- ۳- دانشیار گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری

امروزه کاربرد کودهای شیمیایی در زمین‌های زراعی به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است که به‌همراه عملیات مدیریتی نامناسب از جمله سوزاندن کاه و کلش باعث کاهش شدید ماده آلی خاک شده و خطر فرسودگی خاکها را افزایش می‌دهد [۱ و ۲]. استفاده از کودهای شیمیایی سریع‌ترین راه برای جبران کمبود عناصر غذایی خاک به‌نظر می‌رسد ولی آلودگی خاک و آب ناشی از مواد شیمیایی، استفاده از این مواد را محدود می‌کند، در نتیجه برای رهایی از این مشکلات و برای مدیریت حاصلخیزی خاک، کشاورزی آلی توصیه می‌شود [۲ و ۳]. امروزه استفاده از ضایعات آلی مثل لجن فاضلاب، کمپوست زباله شهری و بقایای گیاهی در کشاورزی برای بهبود وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک بسیار حائز اهمیت است [۴]. یکی از راههای اقتصادی و مؤثر برای استفاده از لجن فاضلابها، به‌کارگیری آنها در کشاورزی است [۲]. کاربرد لجن فاضلاب در زمین‌های کشاورزی در اغلب نقاط دنیا یک امر رایج است. در واقع لجن فاضلاب غنی از عناصر غذایی به‌ویژه عناصر کم مصرف مانند نیتروژن و فسفر است [۵ و ۶].

دلیل اصلی برای استفاده از لجن فاضلاب، مواد آلی و عناصر غذایی موجود در آن است که برای بهبود بخشیدن به شرایط نامناسب خاکها بسیار مفید است [۷]. لجن فاضلاب به‌علت دارا بودن عناصر فلزی، ممکن است باعث بروز سمیت در مورد این عناصر شود که در این صورت با تعیین غلظت این عناصر در لجن فاضلاب می‌توان تا حد قابل ملاحظه‌ای سمیت را کنترل نمود [۷ و ۸]. رز و همکاران^۱ بیان کردند که کاربرد لجن فاضلاب باعث افزایش دسترسی میکروارگانسیم‌ها به سوبسترا در پی اضافه کردن مواد آلی و همچنین باعث افزایش ترشحات ریشه‌ای می‌شود که افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی را به‌دنبال افزایش فعالیت آنزیمی در پی دارد [۹]. از طرف دیگر امروزه با توجه با توجه به نیاز روز افزون بشر به استفاده از گیاهان دارویی در سطح جهانی، تولید این گیاهان بیشتر مورد توجه قرار گرفته است [۱۰]. نکته حائز اهمیت در مورد این دسته از گیاهان، سیستم‌های تغذیه‌ای است که باید برای آنها فراهم شود [۱۱]. در واقع این دسته از گیاهان به‌منظور تولید مواد مؤثره دارویی نیاز به یک سیستم تغذیه‌ای مناسب شامل انواع عناصر غذایی دارند که با افزایش حاصلخیزی خاک می‌توان کارایی نهاده‌ها را افزایش داد [۱۲].

از بین گیاهان دارویی، گاوزبان^۲ گیاهی است علفی و یکساله که بیشتر به‌منظور استفاده‌های درمانی، در برخی نقاط پرورش می‌یابد، به این صورت که از گل و برگ این گیاه به‌عنوان یک ماده معرق،

آرام‌کننده و تصفیه‌کننده خون استفاده می‌شود [۱۲ و ۱۳]. استفاده از عناصر غذایی باعث افزایش فتوسنتز و به‌دنبال آن افزایش سنتز ماده مؤثره در گیاه می‌شود. همچنین کمبود عناصر مس، منگنز، بور و مولیبدن در کاهش عملکرد و همچنین کاهش مواد مؤثره تولیدی توسط این گیاه نقش بسزایی دارد [۱۴]. عناصر مورد نیاز برای گیاهان دارویی می‌تواند با کاربرد کودهای آلی در خاک تأمین شوند [۱۵]. تحقیقات اسپیفر و همکاران^۳، نشان داد که کودهای آلی در کشت گیاهان دارویی، تولید بیومس و ترکیبهای استخراج شده از آنها را افزایش می‌دهد [۱۶]. به‌علاوه با افزایش کودهای آلی، قابلیت جذب روی، مس، منگنز، آهن، فسفر و پتاسیم برای این دسته از گیاهان افزایش پیدا می‌کند [۱۷]. مطالعاتی که تاکنون درباره گیاهان دارویی صورت گرفته است نشان می‌دهد که کاربرد توأم کودهای آلی و شیمیایی نسبت به کودشیمیایی به‌تنهایی، باعث بهبود وضعیت رشد و جذب عناصر در این گیاهان می‌شود [۱۸]. به‌طورکلی تحقیقات موجود در این زمینه حاکی از بهبود کمیّت و کیفیت این گیاهان تحت تأثیر کاربرد کودهای آلی و شیمیایی به‌صورت تلفیقی است [۱۰ و ۱۱].

با عنایت به مطالب بالا 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 آن بود تا با کاربرد سطوح و دفعات مختلف لجن فاضلاب به‌عنوان یک کود آلی، میزان افزایش غلظت عناصر کم مصرف در گل و برگ گیاه دارویی گاوزبان و همچنین خاک تحت کشت آن بررسی گردد.

۲- روش تحقیق

این تحقیق به‌دنبال کارهای قبلی که از سال ۱۳۸۵ شروع شده بود، در سال ۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در قالب طرح کشتهای خرد شده با پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتور اصلی شامل تیمار کودی در شش سطح به‌صورت: $T_1 = \text{شاهد}$ ، $T_2 = \text{کود شیمیایی}$ ، $T_3 = \text{تلفیق } 20 \text{ تن لجن فاضلاب در هکتار}$ و $T_4 = 20 \text{ تن لجن فاضلاب در هکتار}$ ، $T_5 = \text{تلفیق } 40 \text{ تن لجن فاضلاب در هکتار}$ و $T_6 = 40 \text{ تن لجن فاضلاب در هکتار}$ و فاکتور فرعی سالهای مصرف کود شامل: A یکسال کوددهی (سال ۸۵)، B دو سال نامتوالی کوددهی (۸۵ و ۸۶)، C دو سال متوالی کوددهی (۸۵ و ۸۶) و D سه سال نامتوالی 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 کشتهای به ابعاد ۱/۵ در

³ Scheffer et al.

¹ Ros et al.

² Borago Officinalis el.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- خاک

با توجه به نتایج تجزیه واریانس مربوط به تجزیه داده‌های خاک مشخص می‌شود که تیمارهای کودی به‌کارگرفته شده در خاک و همچنین سالهای مصرف آنها بر میزان غلظت عناصر کم مصرف خاک دارای اثر معنی‌دار بوده است (جدول ۲). همچنین اثرات متقابل تیمارهای کودی و سالهای مصرف آنها به‌جز منگنز بر میزان غلظت سایر عناصر کم مصرف اختلاف معنی‌داری را نشان داد. با توجه به مقایسه میانگین‌های موجود در جدول ۳ مشخص می‌شود که تغییرات غلظت عناصر کم مصرف خاک از تیمار T₁ تا T₆ روند افزایشی داشته است و بیشترین میزان غلظت مربوط به تیمار ۴۰ تن لجن فاضلاب در هکتار بوده است. همچنین تیمارهای تلفیقی با کود شیمیایی نسبت به تیمار کود شیمیایی به‌تنهایی، مقدار قابل جذب بیشتری از عناصر کم مصرف را در خاک نشان دادند.

در مورد اثر سالهای مصرف کود طبق نتایج حاصله می‌توان گفت که کمترین میزان غلظت عناصر کم مصرف خاک در تیمار یکسال مصرف کود و بیشترین میزان آن در تیمار چهار سال متوالی مصرف مشاهده گردید (جدول ۴).

مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل بین تیمارهای کودی و سالهای مصرف آنها در جدول ۵ نیز نشان می‌دهد که در این رابطه بیشترین میزان غلظت عناصر کم مصرف خاک مربوط به تیمار ۴۰ تن لجن فاضلاب در هکتار است که سه سال متوالی و بیشتر مصرف شده است و بیشترین مقدار آهن، روی و منگنز خاک به ترتیب ۳۴/۸، ۱۸/۳۱ و ۵/۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. مشابه با نتایج به‌دست آمده از این آزمایش، اینکلمو و همکاران^۴ نیز در طی آزمایش خود با به‌کارگیری ۹۰ تن لجن فاضلاب در هکتار، به ترتیب افزایش ۵۳/۳ و ۶۳/۱ درصدی را در غلظت مس و روی خاک نسبت به تیمار شاهد گزارش کردند [۴]. پلانکوآرت و همکاران^۵ در طی آزمایش خود با کاربرد ۱۰ و ۳۰ تن لجن فاضلاب در هکتار به ترتیب افزایش ۱۱/۵ و ۲۹/۴۱ درصدی را در غلظت روی در خاک گزارش کردند [۲۰]. به‌طور مشابه آلوی^۶ در نتیجه آزمایش خود افزایش معنی‌دار غلظت مس خاک را با کاربرد ۵۰ تن لجن فاضلاب در خاک گزارش کرد [۲۲]. زیاولی و همکاران^۷، با کاربرد دو ساله لجن فاضلاب، غلظت بیشتری از روی، مس، بور و نیکل را در عمق ۰ تا ۲۰ سانتی‌متری خاک نسبت به شاهد گزارش کردند [۲۳].

۳ متری اعمال گردید. برخی ویژگی‌های لجن فاضلاب مورد استفاده و خاک شاهد در جدول ۱ آمده است. لجن فاضلاب مورد استفاده از تصفیه خانه شاهین شهر اصفهان خریداری شد. این لجن از پسابهای خانگی این شهر و پسابهای کارخانجات اطراف شهر تشکیل شده است. فرایندهای اعمال شده روی لجن فاضلاب شامل تصفیه اولیه و ثانویه هستند. تصفیه اولیه با فرایندهای آشغالگیری، ته‌نشینی، شناورسازی، خنثی‌سازی و متعادل‌سازی، مواد جامد معلق از فاضلاب را حذف و آن را برای ورود به قسمت تصفیه ثانویه آماده می‌کند که در آن فرایندهای تصفیه بیولوژیکی اعم از هوازی و بی‌هوازی انجام می‌شود. در این تحقیق هیچگونه عملیات و فرایندی روی لجن قبل از مصرف اعمال نشد. مشخصات شیمیایی ارائه شده در جدول ۱ مربوط به ماده خشک لجن است. گیاه گاوزبان پس از اعمال تیمارهای کودی در کرتها، در سه ردیف به فاصله ۵۰ سانتی‌متری کشت شد و پس از انجام عملیات زراعی شامل آبیاری و وجین برای تعیین اثر تیمارهای کودی به‌کارگرفته شده، نمونه برداری از گل و برگ گیاه در مرحله شروع گلدهی صورت گرفت و نمونه‌ها بعد از شستشو به مدت ۷۲ ساعت در آون خشک شدند. پس از آماده‌سازی نمونه‌های گیاهی، عصاره‌گیری به روش سوزاندن خشک و هضم با اسید کلریدریک^۱ انجام شد و مقدار جذب توسط دستگاه جذب اتمیک^۲ تعیین شد [۱۹ و ۲۰]. همچنین برای تعیین میزان عناصر کم مصرف قابل جذب خاک پس از برداشت گیاه گاوزبان، از عمق ۰ تا ۲۰ سانتی‌متری خاک نمونه برداری صورت پذیرفت. غلظت روی، مس، آهن و منگنز قابل جذب خاک، به روش DTPA^۳ تعیین شدند [۲۱]. در نهایت تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS و MSTAT C انجام گرفت.

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

ویژگی اندازه‌گیری شده	لجن فاضلاب	خاک مورد مطالعه
pH	۷/۴۴	۷/۵۵
OC (%)	۴/۵۳۵	۲/۴۱
EC (mmhos/cm)	۱۸/۵۲	۱/۱۷
N (%)	۰/۵۸	۰/۲۳۴
P	۴۲/۵	۱۴/۵۶
قابل جذب (mg/kg)		
K	۴۸۹۳/۹	۲۶۴/۸۴
Zn	۳۱۸/۰۲۶	۷/۹۸
Mn	۴۳/۳۴	۱/۳۲
Fe	۸۶/۹۴	۱۹/۴۳
Cu	۲۵/۷۵	۰/۸۹
C/N	۷/۸۵	۱۰/۳

^۱ Dry ashing

^۲ Atomic Absorption Spectrophotometer

^۳ Diethylenetriamine Pentaacetat (DTPA)

^۴ Ingelmo et al.

^۵ Planquart et al.

^۶ Alloway

^۷ Xiaoli et al.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های غلظت عناصر غذایی کم مصرف خاک در رابطه با تیمار کودی (mg/kg)

تیمار	Fe	Zn	Mn	Cu
T ₁	۲۰/۶۲ ^d	۸/۶۵ ^d	۰/۹۹ ^d	۰/۹۶ ^c
T ₂	۲۳/۵۵ ^c	۱۰/۹۳ ^c	۲/۲۹ ^c	۰/۲۱ ^c
T ₃	۳۱/۸۴ ^b	۱۳/۴ ^b	۲/۹۴ ^c	۰/۲۱ ^c
T ₄	۳۳/۴۴ ^{ab}	۱۴/۲۶ ^{ab}	۳/۰۵ ^b	۰/۳۴ ^b
T ₅	۳۳/۶۸ ^{ab}	۱۴/۷۱ ^{ab}	۳/۹۶ ^{ab}	۰/۳۶ ^b
T ₆	۳۶/۸۷ ^a	۱۵/۵۸ ^a	۴/۴ ^a	۰/۳۸ ^a

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، با یکدیگر اختلاف معنی داری ندارند (P=۰.۰۵)

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های غلظت عناصر غذایی کم مصرف خاک در رابطه با سالهای مصرف کود

تیمار	Fe	Zn	Mn	Cu
A	۲۶/۱۲ ^c	۹/۱۲ ^d	۱/۳۸ ^c	۱/۹۳ ^c
B	۲۷/۱۵ ^c	۱۱/۹ ^c	۱/۵۳ ^c	۲/۲ ^c
C	۲۹/۶۶ ^b	۱۲/۵۵ ^{bc}	۲/۳۸ ^b	۳/۳۲ ^b
D	۳۰/۰۵ ^b	۳۱/۸۷ ^b	۲/۶۷ ^b	۳/۴۹ ^b
E	۳۰/۶۹ ^{ab}	۱۴/۱۵ ^{ab}	۲/۹۴ ^{ab}	۳/۷۵ ^{ab}
F	۳۱/۹۵ ^a	۱۵/۲ ^a	۳/۴۸ ^a	۴/۱ ^a

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، با یکدیگر اختلاف معنی داری ندارند (P=۰.۰۵)

مشابه با نتایج به دست آمده از این آزمایش، کاسیا و همکاران^۱ با کاربرد پنج ماهه لجن فاضلاب در خاک، غلظت بیشتری از عناصر شامل مس، روی، مولیبدن و منگنز را در عمق ۰ تا ۱۵ سانتی متری خاک گزارش نمودند [۲۴]. در طی آزمایشی که در مصر به منظور بررسی اثر کودهای آلی بر وضعیت عناصر ریزمغذی خاک انجام گرفت، گزارش شد که مقدار قابل جذب عناصر آهن، مس و منگنز در خاک در نتیجه کاربرد تلفیقی کود شیمیایی و کود آلی نسبت به شرایطی که کود شیمیایی به تنهایی مصرف شده، به میزان قابل توجهی افزایش یافته است که با نتایج به دست آمده از این آزمایش مطابقت دارد [۲۵].

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

تیمار	Fe	Zn	Mn	Cu
T	۳/۳۵۸ ^{**}	۳/۲۴ [*]	۳/۳۲ [*]	۳/۷۵۱ [*]
Y	۳۶/۹۳ ^{**}	۲۵/۹۱ ^{**}	۱۸/۶ ^{**}	۱۹/۷۴ ^{**}
T*Y	۴/۵۶ ^{**}	۳/۳۱ [*]	۰/۴۸ ^{ns}	۱۸/۶۰ ^{**}

T: تیمار کودی Y: سالهای اعمال تیمار T*Y: اثرات متقابل تیمار کودی و سال
* معنی دار در سطح ۱٪ ** معنی دار در سطح ۰.۱٪

¹ Kasia et al.

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های غلظت عناصر کم مصرف خاک (mg/kg) در رابطه با اثرات متقابل سال و کود

تیمار	A	B	C	D	E	F
Fe						
T ₁	۲۱/۰۱ ^q	۲۰/۱۳ ^q	۲۰/۳ ^q	۲۰/۴۱ ^q	۲۰/۷۴ ^q	۲۱/۱ ^q
T ₂	۲۲/۲۹ ^p	۲۲/۶۲ ^p	۲۳/۲۷ ^{op}	۲۴/۰۶ ^{no}	۲۴/۱ ^{no}	۲۵/۰۹ ⁿ
T ₃	۲۹/۹۳ ^m	۳۱/۱۱ ^l	۳۱/۸ ^{kl}	۳۱/۸۹ ^{kl}	۳۲/۷۷ ^{ijk}	۳۳/۵۷ ^{hij}
T ₄	۳۱/۰۵ ^l	۳۳/۴۵ ^{jk}	۳۳/۴۷ ^{hij}	۳۴/۰۹ ^{gh}	۳۴/۹۴ ^{fg}	۳۶/۰۹ ^{cde}
T ₅	۳۳/۲۶ ^{hij}	۳۳/۲۹ ^{hij}	۳۴/۰ ^h	۳۴/۴ ^h	۳۴/۸۷ ^{fg}	۳۴/۸ ^{fg}
T ₆	۳۵/۴۱ ^{ef}	۳۵/۶۶ ^{def}	۳۶/۶۷ ^{cd}	۳۷/۰۹ ^{bc}	۳۷/۹۶ ^{ab}	۳۸/۴۶ ^a
Zn						
T ₁	۸/۵۷ ^l	۸/۹۹ ^l	۸/۵ ^l	۸/۷۱ ^l	۸/۵۳ ^l	۸/۷۲ ^l
T ₂	۹/۱ ^k	۹/۹۱ ^j	۱۱/۱ ^{ij}	۱۱/۵۳ ⁱ	۱۱/۵۶ ⁱ	۱۱/۵۷ ⁱ
T ₃	۱۲/۴۳ ^h	۱۲/۵۷ ^h	۱۳/۰۶ ^{gh}	۱۳/۶۹ ^{efgh}	۱۴/۳۶ ^{def}	۱۵/۱۷ ^{cd}
T ₄	۱۳/۲ ^{fg}	۱۳/۴۱ ^{fgh}	۱۳/۴۸ ^{fgh}	۱۴/۸۱ ^{cde}	۱۵/۱۱ ^{cd}	۱۵/۷۴ ^{bc}
T ₅	۱۳/۴۸ ^{fgh}	۱۳/۴۸ ^{fgh}	۱۴/۳۹ ^{def}	۱۵/۱ ^{cd}	۱۶/۰۱ ^{bc}	۱۵/۸ ^{bc}
T ₆	۱۳/۶۴ ^{efgh}	۱۴/۱۲ ^{defg}	۱۴/۹۷ ^{cd}	۱۵/۷۶ ^{bc}	۱۶/۷۱ ^b	۱۸/۳۱ ^a
Cu						
T ₁	۰/۹۴ ^l	۰/۹۹ ^l	۰/۹۶ ^l	۱/۰۵ ^{kl}	۰/۹۳ ^l	۰/۹۶ ^l
T ₂	۱/۱ ^k	۱/۱۶ ^j	۱/۱۹ ^j	۱/۲۳ ^{ij}	۱/۲۳ ^{hij}	۱/۲۹ ^{hi}
T ₃	۱/۲ ^{hij}	۱/۲ ^{hij}	۱/۳ ^{hi}	۱/۳۴ ^{ghi}	۱/۳۶ ^h	۱/۴ ^g
T ₄	۲/۹۸ ^f	۳/۱ ^f	۳/۴۶ ^{def}	۳/۶ ^{cde}	۳/۸ ^c	۳/۹ ^c
T ₅	۳/۳۸ ^{ef}	۳/۴۵ ^{def}	۳/۷۳ ^{cde}	۳/۷۳ ^{cde}	۴/۴ ^b	۴/۳۹ ^b
T ₆	۳/۷۸ ^{cd}	۳/۹۳ ^c	۴/۳۵ ^b	۴/۳۹ ^b	۴/۷۷ ^a	۵/۰۵ ^a

در هر ستون و هر ردیف میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، با یکدیگر اختلاف معنی داری ندارند (P=۰.۰۵).

۲-۳- گیاه

با توجه به جدول ۶ مشخص می‌شود که تیمارهای کودی به‌کارگرفته شده بر میزان جذب عناصر کم مصرف در برگ و گل گیاه اثر معنی‌دار داشته است. سالهای به‌کارگیری این تیمارها نیز در تمامی موارد به‌جز میزان جذب منگنز در برگ گیاه اختلاف معنی‌داری را نشان داد. اثرات متقابل تیمارهای کودی و سالهای به‌کارگیری آنها نیز در برگ گیاه بر میزان جذب آهن و مس و در گل گیاه بر میزان جذب مس و منگنز دارای اختلاف معنی‌دار بود.

۳-۳- برگ

در این آزمایش میزان جذب عناصر کم مصرف در برگ گیاه نسبت به گل آن بیشتر بوده است. برگهای گیاه گاوزبان با ظاهر فیزیولوژیکی خشن به‌میزان زیادی عناصر غذایی را در خود جمع می‌کنند [۱۹]. کاربرد لجن فاضلاب در این آزمایش، بر میزان جذب عناصر کم مصرف در برگ گیاه دارای اثر معنی‌دار (P=۰.۱) است.

بود و بیشترین میزان جذب در تیمار ۴۰ تن لجن فاضلاب در هکتار مشاهده شد (جدول ۷). همچنین با توجه به مقایسه میانگین‌های موجود در جدول ۷ می‌توان اظهار داشت که تیمارهای کود شیمیایی که با لجن فاضلاب غنی شده‌اند نسبت به تیمار کود شیمیایی به‌تنهایی، میزان جذب بیشتری نشان داد. به‌نظر می‌رسد که بهبود در وضعیت جذب عناصر غذایی در نتیجه کاربرد کودهای آلی، به‌علت اثر مثبت این مواد بر منافذ خاک و افزایش قابلیت نگهداری عناصر غذایی در این منافذ است که متعاقباً مقدار بیشتری از این عناصر را به گیاه منتقل می‌کند. طی تحقیقی با کاربرد کودهای آلی در پرورش گیاه گشنیز، عملکرد در این گیاه افزایش یافته که به بهبود خواص فیزیکی خاک و به‌دنبال آن افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه نسبت داده شده است [۱۳].

تأثیر سالهای به‌کارگیری کود در جدول ۸ و همچنین اثرات متقابل تیمارهای کودی و سالهای مصرف آنها در جدول ۹. بر میزان جذب عناصر کم مصرف در برگ گیاه، به این صورت بود که فقط بر

جدول ۶- جدول تجزیه واریانس (F) غلظت عناصر کم مصرف در برگ و گل گاوزبان در رابطه با تیمار کود و سالهای مصرف

گل				برگ				تیمارها
Cu	Mn	Zn	Fe	Cu	Mn	Zn	Fe	
۶۹۸/۸۷ ^{**}	۱۶۸۶ ^{**}	۱۹۱۸ ^{**}	۲/۸۷ ^{**}	۴/۴۲۳ ^{**}	۳۹/۲۴ ^{**}	۳/۲۸ ^{**}	۲۰۱/۵۴ ^{**}	T
۲۸/۰۵۲ ^{**}	۱۶/۱۷ ^{**}	۲۵/۴۲ ^{**}	۲/۱ ^{**}	۴۶/۷۷ ^{**}	۰/۸۵ ^{ns}	۰/۹۴ ^{**}	۸/۶۱ ^{ns}	Y
۲/۴۸۱ ^{ns}	۲/۶۹ ^{**}	۱/۰۰۴ ^{ns}	۰/۸۲ ^{ns}	۱/۹۷ [*]	۰/۴۶ ^{ns}	۰/۷۶ ^{**}	۲/۳۱ ^{ns}	Y*T

T: تیمار کودی
Y: سالهای اعمال تیمار
T*Y: اثرات متقابل تیمار کودی و سال
*: معنی‌دار در سطح ۵٪
**: معنی‌دار در سطح ۱٪

جدول ۷- مقایسه میانگین‌های غلظت عناصر کم مصرف (mg/kg) در برگ و گل گاوزبان در رابطه با تیمارهای کودی

برگ				تیمارهای کودی
Cu	Mn	Zn	Fe	
۲۲/۰۴ ^c	۴۹/۹۳ ^f	۳۶/۰۷ ^d	۹۸۰/۶۷ ^e	T ₁
۲۴/۹۹ ^c	۵۸/۵۵ ^e	۶۵/۴۶ ^c	۱۱۱۵/۷ ^d	T ₂
۴۷/۳۳ ^b	۶۲/۲۹ ^d	۶۷/۵ ^c	۱۳۰۷/۴ ^e	T ₃
۵۵/۵۲ ^{ab}	۷۴/۲۱ ^c	۸۲/۹۸ ^b	۱۷۲۱/۱ ^b	T ₄
۵۹/۱۳ ^a	۹۴/۷۷ ^b	۸۳/۷۱ ^b	۱۷۶۷/۹ ^b	T ₅
۶۴/۵۱ ^a	۱۲۸/۳ ^a	۸۶/۵۳ ^a	۲۵۳۷/۹ ^a	T ₆

گل				تیمارهای کودی
Cu	Mn	Zn	Fe	
۱۱/۴۸ ^f	^f ۱۲/۲۱۹	۵۲/۲۶ ^e	۱۰۸/۷۴ ^c	T ₁
۱۴/۷۳ ^e	^e ۱۵/۱۱۸	۶۷/۳۰ ^d	۱۲۹/۶۹ ^{bc}	T ₂
۱۶/۲۸	^d ۱۹/۰۹۱	۹۱/۵۸۵ ^c	۱۵۷/۹۱ ^{abc}	T ₃
۱۹/۶۱ ^c	^c ۲۲/۰۹۷	۱۰۵/۵۶ ^b	۱۷۴/۹۴ ^{ab}	T ₄
۲۰/۷۴ ^b	^b ۳۶/۹۶	۱۰۷/۶۴ ^b	۱۹۱/۲۵ ^{ab}	T ₅
۲۶/۸۵ ^a	^a ۴۶/۸۳	۱۵۱/۲۹ ^a	۲۰۱/۳۳ ^a	T ₆

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند (P=۰.۵)

T₁: شاهد، T₂: کود شیمیایی، T₃: تلفیق ۲۰ تن لجن فاضلاب در هکتار و ۱/۲ T₄، T₅: تلفیق ۴۰ تن لجن فاضلاب در هکتار و ۱/۲ T₆ و T₆: ۴۰ تن فاضلاب در هکتار

میزان جذب آهن و مس دارای اختلاف معنی‌دار بودند. با توجه به مقایسه میانگین‌های موجود در جدول ۸، مشخص می‌شود که تیمارهایی که بین سالهای مصرف آنها فاصله‌ای نبوده است، نسبت به تیمارهایی که به صورت نامتوالی مصرف شده‌اند، میزان جذب بیشتری را نشان داده‌اند. همچنین مقایسه میانگین‌های جدول ۹ در رابطه با اثرات متقابل تیمارهای کودی و سالهای مصرف آنها نشان می‌دهد که بیشترین میزان جذب آهن و مس مربوط به تیمار ۴۰ تن لجن فاضلاب در هکتار بوده که چهار سال متوالی مصرف شده است. که به ترتیب ۲۸۱۹/۳۲ و ۶۸/۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. مشابه با این آزمایش، ماچوتی و همکاران نیز در طی آزمایش خود روی یک گیاه علفی در زیمبابوه، با کاربرد ۵۰ تن لجن فاضلاب در هکتار افزایش معنی‌دار عناصر غذایی مس، بور، مولیبدن منگنز را برگهای گیاه نسبت به شاهد گزارش کردند [۲۶]. همچنین اینگلمو و همکاران بر اساس نتایج حاصل از آزمایش خود روی گیاه دارویی رزماری، بیان کردند که با کاربرد ۹۰ تن لجن فاضلاب در هکتار غلظت عنصر روی در برگ گیاه از ۷۵/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار شاهد به ۵۵۴/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم افزایش می‌یابد [۴]. به طور مشابه در آزمایشی که به منظور بررسی اثر کاربرد لجن فاضلاب بر میزان جذب عناصر غذایی توسط یک گیاه 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 [۲۰]. ساینز و همکاران^۱ نیز با به‌کارگیری کودهای آلی در پرورش گیاه شبدر، اظهار داشتند که این مواد به میزان قابل توجهی حاوی عناصر پرمصرف و کم‌مصرف هستند که موجب تغذیه مستقیم گیاه و در نهایت افزایش عملکرد آن نسبت به حالت بدون کاربرد کود آلی می‌گردد که با نتایج به دست آمده از این آزمایش مطابقت دارد [۲۷]. نیامانگارا^۲ و مازاوا^۳، در طی آزمایش خود در یک علفزار، گزارش کردند که کاربرد ۱۹ ماهه لجن فاضلاب نسبت به کاربرد ۱۲ ماهه آن باعث افزایش بیشتری از جذب عناصر روی و مس در یک گیاه علفی می‌شود [۲۸]. به‌طورکلی گزارشهای موجود در زمینه گیاهان دارویی نشان می‌دهد که کاربرد کودهای آلی در پرورش این گیاهان باعث افزایش معنی‌دار مواد آلی در خاک می‌شود که قابلیت جذب آهن، روی، مس، منگنز، فسفر، پتاسیم و نیتروژن را بالا می‌برد که در تولید مواد مؤثره در این گیاهان نقش مثبت دارد [۳].

۳-۴- گل

جدولهای ۷ و ۸ نشان می‌دهد که کاربرد لجن فاضلاب به‌عنوان یک کود آلی و همچنین سالهای مصرف آن بر میزان جذب تمامی عناصر کم مصرف در گل گیاه دارای اثر معنی‌دار بود، در صورتی که مطابق جدول ۱۰ اثرات متقابل تیمارهای کودی و سالهای به‌کارگیری آنها، فقط بر میزان جذب منگنز و مس دارای اختلاف معنی‌دار بود. با توجه به مقایسه میانگین‌های جذب عناصر کم مصرف در گل گیاه در جدول ۷ مشخص می‌شود که همانند برگ گیاه بیشترین میزان جذب، مربوط به تیمار ۴۰ تن لجن فاضلاب در هکتار بوده است. همچنین مطابق جدول ۷ گیاهی که تحت تیمار لجن فاضلاب غنی نشده با کود شیمیایی، پرورش یافته است نسبت به گیاهی که تحت تیمار لجن فاضلاب غنی شده با کود شیمیایی بوده، میزان بیشتری از جذب عناصر غذایی را در گل نشان داده است. تیمارهای تلفیقی با کود شیمیایی نیز نسبت به تیمار کود شیمیایی (T₂) موجب جذب بیشتری از عناصر غذایی در گل گاو زبان شده‌اند. همچنین مقایسه میانگین‌های جذب در گل گیاه در جدول ۸ نشان می‌دهد که بیشترین میزان جذب در تیمارهایی که سه یا چهار سال متوالی مصرف شده‌اند، وجود دارد. جدول ۱۰ نشان می‌دهد که بیشترین میزان جذب منگنز و مس در تیمار ۴۰ تن لجن فاضلاب که چهار سال متوالی مصرف شده است به ترتیب ۵۱/۶۲ و ۲۹/۴۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. به‌طور مشابه در آزمایشی که زیاولی و همکاران به‌منظور بررسی اثر کاربرد لجن فاضلاب بر وضعیت عناصر غذایی در یک گیاه علفی انجام داده‌اند، گزارش شده است که با کاربرد لجن فاضلاب، مقدار جذب آهن و روی در اندامهای هوایی گیاه به ترتیب ۲۴/۸۷ و ۶/۵۸ درصد نسبت به شاهد افزایش پیدا کرده است [۲۳]. همچنین نیامانگارا و مازاوا در آزمایشی نشان داده‌اند که با کاربرد لجن فاضلاب میزان جذب عناصر مس و روی در یک گیاه سوزنی برگ نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری پیدا می‌کند [۲۸]. ماچوتی و همکاران همچنین بر اساس نتایج حاصل از آزمایش خود روی یک گیاه علفی، افزایش معنی‌دار روی و مس را در اندامهای هوایی گیاه با به‌کارگیری ۵۰ تن لجن فاضلاب در پرورش این گیاه گزارش کرده‌اند [۸]. والید و همکاران^۵ نیز در طی آزمایش خود اثر کاربرد ۵ ساله کود آلی را بر میزان جذب عناصر غذایی در یک گیاه زراعی بررسی نموده و گزارش کردند که گیاه تحت تیمار پنج سال کود خورده نسبت به تیمارهای با تعداد سالهای کوددهی کمتر و تیمار شاهد که کود نخورده است، میزان بیشتری عناصر غذایی را در اندامهای خود نشان می‌دهند که با نتایج به‌دست آمده از این آزمایش مطابقت دارد [۲۹]. ساینز و همکاران همچنین در طی

¹ Muchuweti et al.

² Sains et al.

³ Nyamangara

⁴ Mezezewa

⁵ Walid et al.

جدول ۸- مقایسه میانگین های غلظت عناصر کم مصرف (mg/kg) در برگ و گل گاوزبان در رابطه با سالهای مصرف کود

برگ		سالهای مصرف کود	
Cu	Fe		
۴۲/۵۲ ^c	۱۳۹۱/۶۷ ^d		A
۴۳/۹۹ ^c	۱۵۱۳/۳ ^c		B
۴۵ ^b	۱۵۶۳/۸ ^{bc}		C
۴۶/۶۹ ^b	۱۶۰۷/۸ ^{abc}		D
۴۷/۴۲ ^a	۱۶۴۶/۹ ^{ab}		E
۴۸/۴۳ ^a	۱۷۰۶/۹ ^a		F

گل				
Cu	Mn	Zn	Fe	
۱۴۰/۳۶ ^d	۹۱/۱۰۵ ^d	۲۳/۵۹۳ ^e	۱۶/۷۱۹ ^d	A
۱۴۴/۹۲ ^d	۹۲/۴۵۹ ^{cd}	۲۴/۳۳۶ ^{de}	۱۷۴/۵۷۶ ^c	B
۱۵۱/۱۱ ^c	۹۴/۵۴ ^c	۲۵/۲۴۶ ^{cd}	۱۸/۰۴۱ ^{bc}	C
۱۵۱/۲۴ ^c	۹۶/۷۹۲ ^b	۲۵/۵۲۴ ^{bc}	۱۸/۴۹۳ ^b	D
۱۵۹/۳۶۳ ^b	۹۹/۵۲۷ ^a	۲۶/۳۵۴ ^{ab}	۱۹/۳۱۸ ^a	E
۲۲۲/۶۱ ^a	۱۰۱/۳۲ ^a	۲۷/۲۷۵ ^a	۱۹/۵۷۴ ^a	F

در هر ستون میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، با یکدیگر اختلاف معنی داری ندارند (P = /۰.۵)
 A = یکسال کوددهی (سال ۸۵)، B = دو سال نا متوالی کوددهی (۸۵ و ۸۷)، C = دو سال متوالی کوددهی (۸۵ و ۸۶) و D = سه سال نا متوالی کوددهی (۸۵، ۸۶ و ۸۸)، E = سه سال متوالی کوددهی (۸۵، ۸۶ و ۸۷) و F = چهار سال متوالی کوددهی (۸۵، ۸۶، ۸۷ و ۸۸)

جدول ۹- مقایسه میانگین های غلظت عناصر کم مصرف در برگ گاوزبان (mg/kg) در رابطه با اثرات متقابل سال و کود

F	E	D	C	B	A	تیمار
Fe						
۹۹۹/۱ ^{pq}	۹۱۲/۵ ^q	۹۸۷/۵ ^{pq}	۹۹۶ ^{pq}	۹۸۴/۶ ^{pq}	۹۹۹/۶ ^{pq}	T ₁
۱۱۷۲ ^{mn}	۱۱۵۷/۴ ^{mn}	۱۱۴۰/۳۱ ^{mn}	۱۱۰۱/۲۱ ^{no}	۱۰۸۷/۱۱ ^{no}	۱۰۳۶/۵۱ ^{op}	T ₂
۱۳۳۸/۱ ^k	۱۳۳۱/۳۱ ^k	۱۳۲۵ ^k	۱۳۱۱/۲۱ ^{kl}	۱۲۷۵/۱۱ ^{kl}	۱۲۶۵/۲ ^{kl}	T ₃
۱۸۶۵/۲ ^g	۱۸۴۱/۱۹ ^{gh}	۱۸۱۶/۲۴ ^h	۱۷۵۳/۳۱ ^{hi}	۱۶۹۱/۱۶ ^{ij}	۱۶۵۲/۰۳ ^j	T ₄
۱۸۷۳/۳۱ ^g	۱۸۳۴/۸۷ ^{gh}	۱۸۳۱/۱۳ ^{gh}	۱۷۹۶/۵۱ ^{gh}	۱۷۶۶/۴ ^{hi}	۱۶۸۰/۲۳ ^{ij}	T ₅
۲۸۱۹ ^a	۲۷۹۱/۵ ^{ab}	۲۵۵۷/۱۹ ^c	۲۴۲۶/۶۱ ^d	۲۲۷۲/۱ ^e	۲۲۱۶/۹ ^f	T ₆
Cu						
۲۰/۱ ^q	۲۱/۳۹ ^{pq}	۲۱/۲۲ ^{pq}	۲۱/۴۷ ^{pq}	۲۱/۳ ^{pq}	۲۰/۰۷ ^q	T ₁
۲۶/۸۹ ^m	۲۶/۳۴ ^m	۲۵/۴۱ ^{mn}	۲۴/۶۸ ^{mno}	۲۳/۶۳ ^{nop}	۲۳/۰۱ ^{nop}	T ₂
۴۹/۲۱ ^j	۴۸/۶۹ ^j	۴۸/۱۷ ^{jk}	۴۶/۹۴ ^{jkl}	۴۶/۲۲ ^{kl}	۴۴/۷۸ ^l	T ₃
۶۱/۰۷ ^d	۵۷/۵۳ ^{efg}	۵۴/۵۹ ^{hi}	۵۴/۲۲ ^{hi}	۵۳/۵۲ ^{hi}	۵۲/۲۵ ⁱ	T ₄
۶۲/۰۶ ^{cd}	۶۱/۳۱ ^d	۶۱/۱۸ ^d	۵۷/۹۱ ^{ef}	۵۷/۱۱ ^g	۵۵/۲۶ ^{gh}	T ₅
۶۸ ^a	۶۷/۷۳ ^a	۶۵/۴۸ ^b	۶۲/۸۸ ^{bc}	۶۲/۱۸ ^{cd}	۵۹/۷۹ ^e	T ₆

در هر ستون و هر ردیف میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، با یکدیگر اختلاف معنی داری ندارند (P = /۰.۵).

جدول ۱۰- مقایسه میانگین‌های غلظت عناصر کم مصرف در گل گاوزبان (mg/kg) در رابطه با اثرات متقابل سال و کود

F	E	D	C	B	A	تیمار
Mn						
۱۲/۱۸ ^P	۱۲/۲۲ ^P	۱۲/۲۱ ^P	۱۲/۲۶ ^P	۱۲/۲۳ ^P	۱۲/۲۱ ^P	T ₁
۱۷/۵ ^{no}	۱۶/۴ ^{no}	۱۶/۶۶ ^{no}	۱۵/۳۲ ^o	۱۴/۳۲ ^o	۱۴/۳۳ ^o	T ₂
۲۰/۱۷ ^{lmn}	۱۹/۲۵ ^{mn}	۱۹/۲۱ ^{mn}	۱۸/۹۸ ^{mn}	۱۸/۵۴ ⁿ	۱۸/۵ ⁿ	T ₃
۴۰/۱ ^{ef}	۳۸/۵۱ ^{fg}	۳۶/۹۱ ^{gh}	۳۶/۵۶ ^h	۳۵/۱۶ ^{hi}	۳۴/۴۱ ⁱ	T ₄
۲۳/۴۱ ^j	۲۳/۱۱ ^j	۲۲/۵۳ ^{jk}	۲۱/۵۹ ^{kl}	۲۱/۵۳ ^{kl}	۲۰/۷۱ ^{klm}	T ₅
۵۱/۶۲ ^a	۴۹/۳۵ ^b	۴۷/۲۳ ^c	۴۷/۱۷ ^c	۴۴/۲۳ ^d	۴۱/۴۴ ^e	T ₆
Cu						
۱۱/۵۳ ^p	۱۱/۷ ^p	۱۱/۱۹ ^p	۲۱/۴۷ ^p	۱۱/۵۵ ^p	۱۱/۴ ^p	T ₁
۱۵/۳۱ ^{mn}	۱۵/۲۹ ^{mn}	۲۵/۲۴ ^{mno}	۱۴/۴۸ ^{no}	۱۴/۱۸ ^{no}	۱۳/۹۴ ^o	T ₂
۱۷/۲۱ ^k	۱۷/۶۲ ^k	۱۶/۸ ^{kl}	۱۵/۹۵ ^{lm}	۱۵/۴۹ ^{mn}	۱۴/۶۵ ^{mno}	T ₃
۲۲/۲۳ ^{de}	۲۱/۶ ^{ef}	۲۰/۶۸ ^{fgh}	۲۰/۵۶ ^{fghi}	۲۰/۰۸ ^{ghij}	۱۹/۳۴ ^{ij}	T ₄
۲۱/۵۳ ^{ef}	۲۱/۱۷ ^{efg}	۱۹/۵۳ ^{hij}	۱۸/۹۹ ^j	۱۸/۸۶ ^j	۱۷/۶ ^k	T ₅
۲۹/۴۷ ^a	۲۸/۷۲ ^a	۲۷/۵۲ ^b	۲۶/۷۴ ^b	۲۵/۳۱ ^c	۲۳/۳۹ ^d	T ₆

در هر ستون و هر ردیف میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، با یکدیگر اختلاف معنی داری ندارند (P=۰/۰۵).

گاوزبان به عناصر فلزی برای تولید عصاره خام با کیفیت از لحاظ استفاده‌های دارویی، می‌توان برای تأمین این عناصر برای گیاه گاوزبان از لجن فاضلاب به‌عنوان یک کود آلی مناسب و با محتوای بالای عناصر غذایی در پرورش این گیاه استفاده کرد و از آنجا که اختلاف معنی‌داری بین مصرف سه سال و چهار سال متوالی لجن فاضلاب در میزان غلظت عناصر کم مصرف وجود ندارد، کاربرد سه ساله لجن فاضلاب برای تأمین عناصر کم مصرف به‌عنوان یک منبع مفید و مقرون به صرفه در خاکهای تحت کشت این گیاه توصیه می‌شود. در این تحقیق با توجه به نوع آزمایش‌های انجام شده اشاره‌ای به اثر لجن فاضلاب بر فعالیتهای میکروبی و تأثیر این فعالیتهای بر میزان قابل جذب عناصر غذایی نشد ولی از آنجا که کیفیت و میزان پسماندهایی که به خاک اضافه می‌شوند می‌توانند بر رفتار جمعیت میکروبی تأثیر گذاشته و باعث تحریک فعالیتهای میکروبی به‌علت افزایش کربن و مواد غذایی در دسترس، یا جلوگیری از فعالیت آنها به دلیل وجود فلزات سنگین و دیگر آلاینده‌ها شود، بنابراین با توجه به تأثیر مثبت فعالیتهای میکروبی و ترشحات میکروبی بر قابلیت جذب عناصر غذایی، توصیه می‌شود که قبل از کاربرد لجن فاضلاب در خاک، میزان آلاینده‌ها، فلزات سنگین و دیگر ترکیباتی که برای فعالیتهای میکروبی ممانعت ایجاد می‌کنند، تعیین شوند.

تحقیق خود روی گیاه دارویی شبدر قرمز، اظهار داشتند که به‌کارگیری کودهای آلی در پرورش این گیاه باعث بهبود وضعیت گلدهی و شاخصهای رشدی این گیاه می‌شود که به‌دنبال افزایش جذب عناصر غذایی اتفاق می‌افتد [۲۷]. در واقع به‌نظر می‌رسد که بهبود در وضعیت جذب عناصر غذایی در تیمارهای تلفیقی با کود آلی، به‌علت اثر مثبت این مواد بر وضعیت منافذ خاک و افزایش قابلیت نگهداری عناصر غذایی در این منافذ است که متعاقباً مقدار بیشتری از این عناصر را به گیاه منتقل می‌کند.

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، می‌توان گفت استفاده از لجن فاضلاب در خاک به‌عنوان یک کود آلی باعث افزایش میزان قابل جذب عناصر کم مصرف در خاک و همچنین افزایش قابلیت جذب این عناصر توسط گیاه دارویی گاوزبان می‌شود، به‌طوری که در این تحقیق بیشترین مقدار عناصر کم مصرف قابل جذب در تیمار ۴۰ تن لجن فاضلاب در هکتار مشاهده گردید. همچنین نتایج نشان دادند که افزایش و دفعات سطوح به‌کارگیری لجن فاضلاب باعث افزایش قابلیت جذب این عناصر برای گیاه و افزایش غلظت آنها در برگ و گل گیاه گاوزبان شد، لذا با توجه به نتایج حاصله و همچنین با عنایت به نیاز فراوان گیاه دارویی

۵- مراجع

- 1- Malakouti, M.J. (1997). "The effects of using balanced fertilizers and the role of microelements in qualitative and quantitative improvement of agricultural products and the environment." *Proc. of the Second National Conference on the Effective Use of Fertilizers and Toxins*, Tehran University, 48-52. (In Persian)

- 2- Mirzaei, M. R., Kambozia, J., Sabahi, H., and Mahdavi, A. (2009). "Effect of different organic fertilizers on soil physicochemical properties, production and biomass yield of tomato (*Lycopersicon esculentum*)." *Iranian Journal of Crops Researches*, 7(1), 257-267.
- 3- Glyn, M. F. (2002). "Mineral nutrition, production and artemisin content in *Artemisia annual*." *Acta Horticulture*, 426, 721-728.
- 4- Ingelmo, F., Canet, R., Ibanez, M.A., Pomares, F., and Garica, J. (1997). "Use of MSW compost, dried sewage sludge and other wastes as partial substitutes for peat and soil." *Bioresource Technology*, 63, 123-129.
- 5- Rohani Shahraki, F., Mahdavi, R., and Rezaee, M. (2005). "Effect of irrigation with wastewater on certain soil chemical and physical properties." *J. of Water and Wastewater*, 53, 23-29. (In Persian)
- 6- Vaseghi, S., Afyuni, M., Shariatmadari, H., and Mobli, M. (2004). "Effect of sewage sludge on some macronutrients concentration and soil chemical properties." *J. of Water and Wastewater*, 53, 15-22. (In Persian)
- 7- Silvana, I. T., and Rual, L. (2008). "Zinc distribution in soils amended with different kinds of sewage sludge." *J. of Environment Management*, 88, 1571-1579.
- 8- 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.
- 9- Ros, R., Teresa Hernandez, M., Garcia, C. (2003). "Soil microbial activity after restoration of a semiarid soil by organic amendments." *Soil Biology and Biochemistry*, 35, 463-469.
- 10- Akbarinia, A., Ghalavand, A., Sharifi Ashorabadi, A. and Banj Shfieei, S. (2003). "Effect of different nutrition systems on soil propertis, elemental uptake and seed yield of Ajowan (*Carum Cupticum*)." *Pajouhesh and sazanegi*, 62, 11-29. (In Persian)
- 11- Astaraei, A. (2006). "Effect of municipal solid waste compost and vermicompost on yield and yield components of *Plantago Ovata*." *Iranian J. of Medicinal and Aromatoc Plants*, 3, 180-187.
- 12- Wettasinghe, M., and Shahidi, F. (2005). "Fe(III) chelation activity of extract of *Borago* and evening primrose meals." *Food Research International*, 35, 65-71.
- 13- Zargari, A. (1982). *Medicinal plants*, Tehran University Press, Tehran. (In Persian)
- 14- Wettasinghe, M., and Shahidi, F. (2000). "Scavenging of reactive oxygen species and DPPT free radicals by extract of *Borago* and evening primrose meals." *Food Chemistry*, 70, 17-26.
- 15- Omid Beigi, R. (1997). *Findings from the production of medicinal plants*, Tarrahan Nashr Press, Tehran. (In Persian)
- 16- 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.
- 17- Marinuri, S., Masciandro, G., Ceccanti, B., and Grego, S. (2000). "Influence of organic and mineral fertilizer on soil chemical." *Biological and Physical Properties*, 72, 9-17.
- 18- 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 (*Hordeum Vulgare*). Indian." *J. Agric. Sci.*, 76, 226-229.
- 19- 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." *Bioresource Technology*, 96, 1029-1038.
- 20- 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.

- 21- 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 (*Triticum aestivum* L.) grown in soil amended with domestic sewage sludge." *J. of Hazardous Materials*, 164, 1386-1391.
- 22- Ashworth, D.J., and Alloway, B.J. (2004). "Soil mobility of sewage sludge-derived dissolved organic matter, copper, nickel and zinc." *Environmental Pollution*, 127, 137-144.
- 23- 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 sludge application." *Plant and Soil*, 149, 399-407.
- 24- Kasia, D., Soren, O.P., Livk, K., and Ambus, P. (2002). "Evaluating effects of sewage sludge and household on soil physical." *Chemical and Microbiological Properties*, 19, 237-248.
- 25- Malak, A.E., Ramandan, A.M., Bassiony, E.L., and Al-Ashkar, E. (2007). "Behavior of some micronutrients in clay loam soil and the organ of tomato plants as affected by different fertilizer ratios." *African J. of Biotechnology*, 3(11), 1615-1621.
- 26- Muchuweti, M., Birkett, J.W., Chinyanga, E., Zvauya, R., Scrimshaw, M.D., and Lester, J.N. (2006). "Heavy metal content of vegetables irrigated with mixture of wastewater and sewage sludge in Zimbabwe: Implications for human health." *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 112, 41-48.
- 27- Sains, M.J., Tboada-Castro, M. T., and Vilarino, A. (1998). "Growth, mineral nutrition and Mycorrhizal colonization of red clover and cucumber plant grows in a soil amended with composted urban wastes." *Plant and Soil*, 205, 85-92.
- 28- 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.
- 29- Walid, B.A., Gabteni, N., Lakhdar, A., Laing, G.D., Verloo, M., Jedidi, N., and Gallali, T. (2009). "Effect of 5-year application of municipal solid waste compost on the distribution and mobility of heavy metals in a Tunisian calcareous soil." *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 130, 156-163.