

## Assessment of Copper Pollution in the Surface Layer of Vineyard Soils in Malayer, Iran

Eisa Solgi<sup>1\*</sup>, Mousa Solgi<sup>2</sup>, Mohammad Ali Katebi<sup>3</sup>

1- Assistant Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran

2- Assistant Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Arak University, Arak, Iran

3- BSc Graduated in Environmental Pollution, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran

### ABSTRACT

**Background and Aims:** Soil contamination by copper (Cu) very often occurs in the soil surface layer of vineyard cultivations, due to the heavy use of copper fungicides in order to protect against fungal grape diseases. The objective of this study was therefore to evaluate copper concentration in the superficial layer of vineyard cultivation in Malayer, Iran, and also to prepare the pollution map of copper in this region.

**Materials and Methods:** Twenty five surface soil samples (0-20 cm) of Malayer vineyard region were collected and consequently were subjected to Cu concentration assessment. Soil samples were air dried and sieved, and the categorized <0.149 mm fraction was used in subsequent digestion operation. The concentrations of Cu in extracted solutions were determined by Flame Atomic Absorption Spectrophotometry. The inverse distance weighting (IDW) method was used to interpolate copper concentrations in the whole study area owing to the limited amount of data.

**Results:** The low concentrations of copper in the range of 3.95 to 15.09 mg/kg with a mean value of 7.36 mg/kg were noticed in the studied vineyard soils. The total Cu concentrations were generally similar to those reported for natural soils.

**Conclusion:** Observed low concentrations of copper in studied vineyard cultivations and indeed homogeneous distribution of copper in the soil, implies that the copper concentrations were controlled by geological processes. Heterogeneous distribution of Cu in the small part of southern region could be linked with anthropogenic impacts.

**Key words:** Copper, Malayer, Vineyard soils

### \*Corresponding Author:

Assistant Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran

**Tel:** +9881-33339841

**Email:** e.solgi@yahoo.com

**Received:** 8 January 2014

**Accepted:** 20 August 2014

## بررسی وجود آلودگی مس در لایه سطحی خاک تاکستان‌های ملایر

عیسی سلگی<sup>۱\*</sup>، موسی سلگی<sup>۲</sup>، محمدعلی کاتبی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران  
<sup>۲</sup> استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اراک، اراک، ایران  
<sup>۳</sup> دانش آموخته کارشناسی آلودگی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

### چکیده

**زمینه و هدف:** آلودگی فلزی خاک به ویژه توسط مس پدیده‌ای است که اغلب در لایه سطحی خاک‌های تاکستان به دلیل استفاده مکرر از قارچ کش‌های مسی برای کنترل بیماری‌های انگور اتفاق می‌افتد. هدف از این پژوهش بررسی غلظت مس در خاک سطحی باغ‌های انگور ملایر و تهیه نقشه آلودگی مس در منطقه مورد مطالعه بود.

**مواد و روش‌ها:** برای ارزیابی وضعیت مس ۲۵ نمونه خاک سطحی از لایه ۰ تا ۲۰ سانتی‌متر تاکستان‌های ملایر برداشت شد. همه نمونه‌های خاک در هوای آزاد خشک شده و پس از الک شدن، ذرات کمتر از ۰/۱۴۹ میلی‌متر برای عملیات هضم استفاده شدند. غلظت مس در نمونه‌های خاک توسط دستگاه جذب اتمی به روش شعله تشخیص داده شد. روش وزن‌دهی فاصله معکوس برای درون‌یابی غلظت مس در کل منطقه مورد مطالعه به دلیل داده‌های محدود به کار برده شد.

**یافته‌ها:** غلظت‌های پایینی از مس در خاک تاکستان شناسایی شده است به گونه‌ای که دامنه غلظت مس در این خاک‌ها بین ۳/۹۵ تا ۱۵/۰۹ mg/kg با میانگین ۷/۳۶ بود. به طور کلی غلظت مس در خاک باغ‌های انگور ملایر مشابه با غلظت گزارش شده برای خاک‌های طبیعی بود.

**نتیجه‌گیری:** مقادیر پایین غلظت مس در خاک تاکستان‌ها از یک طرف و از طرف دیگر نقشه کمابیش همگن پراکنش غلظت مس در آنها حاکی از آن است که غلظت مس در منطقه به دست فرآیندهای زمین‌شناسی کنترل می‌شود. توزیع ناهمگون غلظت مس در بخش کوچکی از جنوب منطقه نشان دهنده اثرات انسانی است.

**کلید واژه‌ها:** مس کل، خاک تاکستان، ملایر

\* آدرس نویسنده مسئول:

ملایر، گروه محیط زیست دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه ملایر، تلفن: ۰۸۵۱-۳۳۳۹۸۴۱، فاکس: ۰۸۵۱-۳۳۳۹۸۴۴

Email: e.solgi@yahoo.com

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۱۰/۱۸

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۶/۰۸

## مقدمه

مسئله آلودگی خاک به فلزات سنگین یک مسئله مهم و رایج در بوم‌شناسی مدرن، به ویژه بوم‌شناسی کشاورزی است. خاکهای کشاورزی به صورت ویژه در معرض آلودگی بیش از حد به فلزات سنگین هستند [۱]. فعالیت‌های انسانی، مانند معدن‌کاری، استخراج و ذوب فلزات و استفاده فراوان از آفت‌کش‌ها و علف‌کش‌ها، مس را به محیط زیست اضافه می‌کنند و در نتیجه مس در خاک تجمع می‌یابد [۲]. از سال ۱۸۵۰، قارچ‌کش‌های حاوی مس برای حفاظت محصولات از عفونت‌های قارچی مانند کپک پرزدار (*Viticola Plasmopora*) استفاده شده‌اند [۳]. انگورکاری از فعالیت‌های مهم کشاورزی است که در سراسر جهان گسترده است و از پایان قرن ۱۹، بسیاری از کشورها مخلوط بردو  $(Ca(OH)_2 + CuSO_4)$  را برای کنترل قارچ *viticola Plasmopora* (قارچ مولد میلدیو) در مناطق پرورش مو استفاده می‌کنند [۴]. با این حال، کاربرد شدید و طولانی مدت از این قارچ‌کش منجر به تجمع مس در خاک شده است.

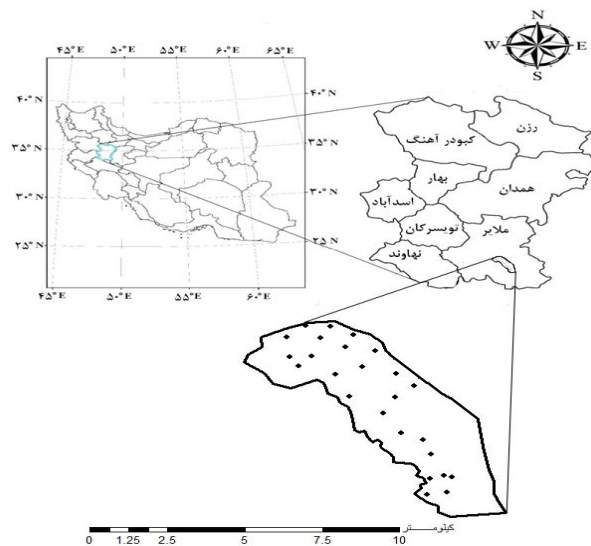
در مطالعه Chaignon و همکاران مقادیر مس در خاک تاکستان ۱۵۰-۵۰ mg/kg مشاهده شد که تا ۳۰۰ برابر بیش از مقادیر زمینه (۳۰-۵ mg/kg) بود [۴]. Mirlean و همکاران مطالعه‌هایی در جنوب برزیل انجام دادند و حداکثر ۳۲۰۰ mg/kg مس در خاک تاکستان گزارش شد [۵]. Juang و همکاران به مطالعه اثر خصوصیات خاک روی غلظت مس در تاکستان‌های تایوان پرداختند که مقادیر مس ۱۹/۳۸ تا ۳۶/۲۲ mg/kg به دست آمد [۶].

در مطالعه Brun و همکاران در فرانسه با ۲۵ نمونه خاک از زمین کشت شده با انگور، مشاهده شد که غلظت مس کل در محدوده ۳۰-۲۵۰ mg/kg متغیر بوده است که بسته به سن درختان، نوع خاک و آب و هوای منطقه‌ای متفاوت است [۷]. غلظت بالای مس در خاک می‌تواند رشد گیاه و تولید گونه‌های فعال اکسیژن را مهار کند و در فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز، فعالیت آنزیمی، سنتز رنگدانه، سنتز پروتئین و تقسیم سلولی اختلال ایجاد کند [۸]. بنابراین، تجمع و توزیع مس در خاک تاکستان‌ها و در معرض قرار گرفتن انسان به این عنصر نادر از طریق مصرف انگور به منظور مدیریت زیست محیطی و ارزیابی خطر سلامت انسان مهم می‌باشد. با توجه به یافته‌های پژوهش‌های مختلف استفاده طولانی مدت از قارچ‌کش‌های مسی در پرورش انگور سبب تجمع قابل توجهی از مس در لایه سطحی ۲۰ تا ۲۰ سانتی متر می‌شود که توسط تعدادی از محققان تایید شده است.

اطلاعاتی در مورد غلظت مس در خاک تاکستان‌های انگور ملایر و دیگر تاکستان‌های کشور وجود ندارد. در نتیجه این مطالعه در خاک تاکستان‌های ملایر با اهداف ارزیابی وسعت و شدت تجمع مس در خاک تاکستان‌های ملایر، تهیه نقشه آلودگی مس و نیز ارزیابی احتمال کاربرد قارچ‌کش‌های مسی در این مناطق طرح ریزی شد.

## مواد و روشها

در تحقیق حاضر منطقه مورد مطالعه بخشی از باغات انگور در دشت ملایر است که در بین طولهای جغرافیایی  $48^{\circ}53'$  تا  $48^{\circ}92'$  و عرضهای جغرافیایی  $34^{\circ}12'$  تا  $34^{\circ}53'$  قرار دارد. شکل ۱ نقاط نمونه‌برداری شده در منطقه را نشان می‌دهد. براساس بازدیدهای میدانی در این منطقه محصول غالب کشت شده انگور بوده است.



شکل ۱- پراکنش نقاط نمونه برداری در منطقه مورد مطالعه واقع در قسمتی از دشت ملایر

برای ارزیابی غلظت مس، نمونه‌ها از لایه ۲۰ تا ۲۰ سانتی‌متری سطح خاک تاکستان برداشت شد. نمونه‌های خاک در هوای آزاد خشک و سپس از الکهای ۰/۱۴۹ و ۲ میلی‌متر گذارنده شده و برای عمل هضم آماده شدند. عمل هضم با استفاده از روش تیزاب سلطانی (*Aqua regia*) با نسبت ۱:۳ اسید نیتریک به اسید کلریدریک صورت پذیرفت [۹]. سپس عصاره‌ها با کاغذ واتمن ۴۲ فیلتر شد و با آب مقطر به حجم ۲۵ میلی لیتر رسانیده شدند. سنجش نمونه‌های خاک توسط دستگاه جذب اتمی به روش شعله صورت گرفت.

توان است که متأثر از وزن  $w_i$  بر  $w$  است. برای تهیه نقشه پهنه بندی غلظت مس پس از انتقال فایل داده ها به برنامه ArcGIS9.3، پهنه بندی با روش درون یابی IDW توسط ابزار Geostatistical Analyst Wizard انجام شد.

### یافته ها

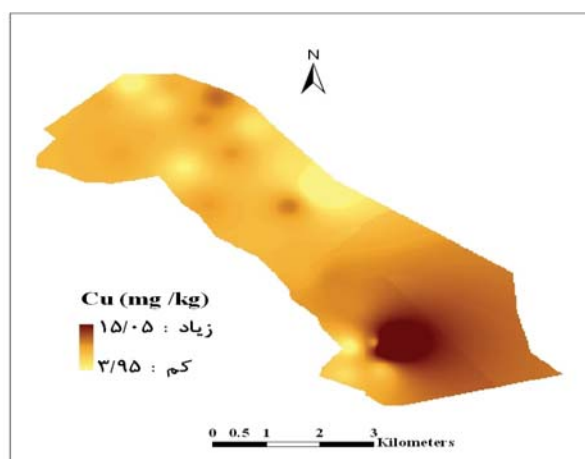
چکیده ای از آمارهای توصیفی متغیرهای مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است. براساس نتایجی که در جدول ۱ آمده است دامنه غلظت مس در این خاکها بین ۳/۹۵ تا ۱۵/۰۹ mg/kg که میانگین آن ۷/۳۶ می باشد. همچنین دامنه مقادیر pH و EC هم به ترتیب ۶/۸۴-۸/۷۲ و ۰/۱۲-۱/۱۶ (ds/m) است.

جدول ۱- برخی پارامترهای آماری مس و دیگر خصوصیات در خاک باغات انگور

حد اقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	واریانس	چولگی	کشیگی
۳/۹۵ (mg/kg) مس	۱۵/۰۹	۷/۳۶	۱/۹۳	۳/۷۵	۲/۵۰	۱۰/۷۸
* EC	۰/۱۲	۱/۱۶	۰/۲۴	۰/۰۴	۴/۳۱	۲۰
pH	۶/۸۴	۸/۷۲	۸/۱۵	۰/۵۵	-۱/۱۹	۰/۵۵

\* هدایت الکتریکی (EC) بر حسب (ds/m)

همچنین برای بررسی ارتباط این فلز با ویژگی های خاک آزمون همبستگی اسپیرمن به کار گرفته شد. نتایج به دست آمده از آزمون همبستگی نشان داد که بین pH و EC همبستگی معنی دار وجود دارد لیکن بین مس و این پارامترها همبستگی وجود ندارد. در شکل ۲ نقشه پهنه بندی غلظت مس با روش IDW نشان داده شده است بر اساس این نقشه غلظت مس در نواحی جنوبی و جنوب شرقی منطقه مقادیر بیشتری دارد.



شکل ۲- نقشه پهنه بندی غلظت مس به روش IDW

بدین منظور ابتدا محلول های استاندارد ساخته شده توسط دستگاه جذب اتمی قرائت شد و سپس با توجه به خطی بودن منحنی جذب محلول های استاندارد منحنی واسنجی رسم شد. سپس هر یک از نمونه ها به دستگاه تزریق شد و میزان جذب آنها اندازه گیری شد و در نهایت با استفاده از منحنی واسنجی، غلظت نمونه ها محاسبه شد.

برای اندازه گیری EC (هدایت الکتریکی) و pH از نسبت ۱:۵ خاک به آب مقطر استفاده شد. pH نمونه ها توسط دستگاه pH متر و EC توسط دستگاه EC متر اندازه گیری شد. نرم افزارهای SPSS و Excel برای تحلیل داده ها به کار گرفته شدند. به منظور بررسی توزیع نرمال بودن داده ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد، از آزمون شاپیرو ویلک استفاده شد. ضریب همبستگی پیرسون نیز بین غلظت مس با پارامترهای EC و pH خاک محاسبه شد.

تهیه نقشه پهنه بندی مس به روش IDW (روش وزن دهی فاصله معکوس) انجام گرفت.

روش معکوس فاصله یکی از روش های روش درون یابی است که با وزن دهی به داده های اطراف نقطه مورد برآورد، کمیت مجهول را به دست آورده و درون یابی را انجام می دهد. فرض اساسی این روش بر آن است که با افزایش فاصله میزان تاثیر پارامترها در برآورد واحد سطح کاهش می یابد. برای پیش بینی در مکان هایی که داده های آنها اندازه گیری نشده است از مقادیر اندازه گیری شده پیرامون محل استفاده می شود. در پیش بینی عامل وزن براساس فاصله نقاط از یکدیگر تعیین می شود. به نقاط نزدیک محل نمونه وزن بیشتر و به نقاط دورتر وزن کمتر اختصاص می یابد. نقاط نزدیک به یکدیگر شباهت بیشتری نسبت به نقاط دورتر دارند. بنابراین نقاط نزدیکتر دارای وزن بیشتری هستند [۱۰]. با استفاده از روابط زیر مقادیر مربوط به نقاط مختلف را می توان به دست آورد [۱۱].

$$W(x, y) = \sum_{i=1}^N \lambda_i W_i$$

$$\lambda_i = \frac{\left(\frac{1}{d_i}\right)^p}{\sum_{k=1}^N \left(\frac{1}{d_k}\right)^p}$$

$W(x, y)$  مقادیر برآورد شده در موقعیت  $N(x, y)$  تعداد نقاط معلوم مجاور  $(y, x)$ ،  $\lambda_i$  وزن اختصاص داده شده به هر یک از مقادیر معلوم  $W_i$  در موقعیت  $(x_i, y_i)$ ،  $d_i$  فاصله اقلیدسی بین هر یک از نقاط واقع در موقعیتهای  $(x, y)$  و  $(x_i, y_i)$  و  $p$  مقدار

## بحث

روی هم رفته غلظت مس در خاک باغ‌های انگور ملایر شبیه به غلظت گزارش شده توسط Kabata-Pendias و Pendias برای خاک‌های طبیعی بود که بسته به نوع خاک بین ۱۳ تا ۲۴ mg/kg متغیر است [۱۲]. همچنین غلظت مس در خاک تاکستان‌های ملایر بسیار کمتر از مقادیری بود که برای خاک باغ‌های انگور در مطالعات قبلی منتشر شده است. غلظت مس کل از مقادیر گزارش شده توسط Chaignon و همکاران در خاک تاکستان جنوب فرانسه (۵۰-۱۵۰ mg/kg)، Mirlean و همکاران در جنوب برزیل (حد اکثر ۳۲۰۰ mg/kg)، Juang و همکاران در تاکستان‌های تایوان (۱۹/۳۸ تا ۱۹۰ mg/kg)، Santos Dos و همکاران در خاک تاکستان‌های برزیل (۱۰ تا ۴۰/۵ mg/kg) کمتر بود [۴، ۵، ۶، ۷، ۱۳].

تفاوت‌ها می‌تواند بیانگر تفاوت در استفاده از قارچ کش‌ها و همچنین پارامترهای مختلف فیزیکی و شیمیایی خاک باشد، اما اطلاعات کافی برای تشخیص این اختلافات وجود ندارد. از آنجا که بسیاری از باغ‌های انگور در دامنه‌های شیب دار واقع شده اند پژوهش‌ها نشان می‌دهند که در تاکستان‌های واقع در دامنه‌های شیب‌دار، به دلیل شدت فرسایش تحرک مس در خاک تحت تاثیر قرار می‌گیرد و در نتیجه خطر آلودگی آب‌های زیرزمینی افزایش می‌یابد. Rusjan و همکاران نشان دادند که در میان دشت، فلات و تراس، سطح مس در تراس بالاترین است. مقدار مس در خاک‌های تاکستان به عواملی مانند فراوانی کاربرد آفت کش‌ها و شرایط آب و هوای محلی نسبت داده شده است [۱۴]. مطالعات انجام شده در فرانسه و ایتالیا نشان می‌دهد که خاک تاکستان‌های مناطق مرطوب حاوی مس بیشتری نسبت به مناطق خشک هستند [۷، ۱۵]. Deluisa و همکاران علت را تفاوت در نوع خاک و بارش می‌دانند که مورد دومی سبب تشویق به استفاده بیشتر از مس می‌شود [۱۵].

با این حال، Pietrzak و McPhail تفاوتی در کاربرد مس بین تاکستان واقع در مناطق مرطوب و خشک مشاهده نکردند. عوامل محلی هر یک از تاکستان‌ها (به عنوان مثال شیب، قرار گرفتن در معرض مقدار خورشید، پوشش گیاهی احاطه شده و باد شکن) نقش مهمی را در کنترل و شیوع بیماری بازی می‌کنند که سبب استفاده از قارچ کش می‌شود [۱۶]. دیگر نویسندگان پیشنهاد کرده‌اند که فرسایش، آبشویی و شخم عوامل اصلی می‌باشند [۱۷]. محلول هومیک و

اسیدهای فلویک ممکن است حلالیت و تحرک عناصر را افزایش دهند. با این حال، سمیت مس به مواد آلی خاک، pH، ترکیبات ارگانومتالیک و تعامل بین این ترکیبات و یون مس با مواد معدنی خاک و ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) بستگی دارد [۱۸].

در نقشه پراکنش مکانی مس حاصل از IDW بیشترین غلظت‌های مس در جنوب و جنوب شرقی منطقه است، با نگرش به این که نقاط شهری در قسمت شمالی منطقه واقع شده‌اند پس احتمالاً کاربری شهری تاثیری بر مقادیر مس در باغ‌های انگور ندارد. بنابراین الگوی توزیع غلظت مس با الگوی شهر مطابقت ندارد. از طرفی مقادیر به دست آمده در این تحقیق مقادیر بسیار کمی است و احتمال آن می‌رود که ورود مس به خاک منطقه مورد مطالعه ناشی از ساختار زمین شناسی باشد اما به دلیل استفاده از کودهای شیمیایی و قارچ‌کش‌ها امکان افزایش غلظت مس در مناطق کشاورزی دور از انتظار نیست. همه مقادیر به دست آمده در این تحقیق از میانگین جهانی برای فلز مس از mg/kg ۳۰ کمتر بود. اگر غلظت مس در خاک تاکستان‌های ملایر توسط فرآیندهای زمین شناسی کنترل شود انتظار می‌رود که توزیع همگن‌تری از غلظت مس خاک در مکان‌های اطراف مشاهده شود.

در مقابل، یک توزیع ناهمگون غلظت مس نشان دهنده اثرات انسانی خواهد بود که این توزیع به جز در نواحی جنوبی همگن می‌باشد. با این تفاسیر در این منطقه از قارچ کش‌های مسی استفاده نمی‌شود و یا این که استفاده از آنها سابقه طولانی ندارد اگرچه در این منطقه طبق اطلاعات خود کشاورزان بیشتر برای مقابله با قارچ و سفیدک سطحی از گوگرد استفاده می‌شود. با وجود این واقعیت که مس در خاک به شدت توسط جذب در خاک (به عنوان مثال مواد آلی خاک، آهن، منگنز، اکسی هیدروکسیدها و غیره) غیرمتحرک می‌شود، طبق پژوهش‌های انجام شده شواهدی از خروج مس از طریق پروفیل خاک در باغ‌های انگور وجود دارد که به این ترتیب خطری مهم برای آب‌های زیرزمینی به شمار می‌رود.

این امر به ویژه برای خاک‌های اسیدی، خاک شخم خورده و خاک تحت تاثیر فرسایش شدید ممکن است بیشتر اتفاق بیفتد. بنابراین، استراتژیهای تثبیت کننده برای کاهش شدت فرسایش (مانند استفاده از مواد آلی و پوشش گیاهی) مورد نیاز است که سبب کاهش رواناب مس از خاک تاکستان از طریق فرسایش بادی و آبی شود.

انجام شده در تاکستان‌های دنیا و توزیع نسبتاً همگن غلظت مس در خاک تاکستان‌های ملایر به نظر می‌رسد این عنصر توسط فرآیندهای زمین شناسی کنترل شود، لیکن توزیع ناهمگون غلظت مس در جنوب منطقه می‌تواند نشان دهنده اثرات انسانی باشد. مقادیر پایین غلظت مس در این خاک‌ها حاکی از عدم کاربرد قارچ‌کش‌های مسی است اما مطالعات جامع و دقیق‌تر باید در این راستا صورت گیرد و با یک مطالعه موردی در این زمینه نمی‌توان به قطعیت رسید.

تنها موارد نادری از علائم سمیت گیاهی با مس در گیاه تاک وجود دارد که بیشتر به دلیل ریشه‌های عمیق آن بوده است. با این حال، اقدامات احتیاطی زمانی لازم است اگر که سایر محصولات دیگر کشاورزی با ریشه‌های کم عمق در چنین خاک آلوده‌ای کاشته شوند، که در چنین شرایطی غلظت مس باید از طریق روش‌های مختلف اصلاحی به سطح قابل قبول کاهش یابد [۳].

### نتیجه گیری

با توجه به مقادیر پایین غلظت مس در مقایسه با سایر مطالعات

### تشکر و قدردانی

تحقیق حاضر با حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه ملایر انجام شده است که بدین وسیله نویسندگان مراتب قدردانی خود را از این معاونت اعلام می‌دارند.

### REFERENCES

1. Vitanović E, Vidaček Ž, Katalinić M, Kačić S, Miloš B. Copper in surface layer of Croatian vineyard soils. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 2010; 8(1): 268-274.
2. Smith S R. A critical review of the bioavailability and impacts of heavy metals in municipal solid waste composts compared to sewage sludge. *Environment International* 2009; 35(1): 142-156.
3. Komarek M, Cadkova E, Chrastny V, Bordas F, Bollinger JC. Contamination of vineyard soils with fungicides: A review of environmental and toxicological aspects. *Environment International* 2010; 36(1): 138-151.
4. Chaignon V, Sanchez-Neira I, Herrmann P, Jaillard B, Hinsinger P. Copper bioavailability and extractability as related to chemical properties of contaminated soils from a vine-growing area. *Environmental Pollution* 2003; 123(2): 229-238.
5. Mirlean N, Roisenberg A, Chies A.O. Metal contamination of vineyard soils in wet subtropics Southern Brazil. *Environmental Pollution* 2007; 149(1): 10-17.
6. Juang KW, Lai HY, Chen BC. Influence of soil properties on copper concentrations in vineyard soils in Changhua, Taiwan. *Proceedings of 14th International Conference on Heavy Metals in the Environment*. November 2008. 16-23; Taipei, Taiwan. p:30-48
7. Brun LA, Maillet J, Richarte J, Herrmann P, Remy JC. Relationships between extractable copper, soil properties and copper uptake by wild plants in vineyard soils. *Environmental Pollution* 1998; 102(2-3): 151-161.
8. Mourato MP, Martins LL, Campos-Andrada MP. Physiological responses of *Lupinus luteus* to different copper concentrations. *Biologia Plantarum* 2009; 53(1): 105-111.

9. Kanmani S, Gandhimathi R. Assessment of heavy metal contamination in soil due to leachate migration from an open dumping site. *Applied Water Science* 2013; 3:193-205.
10. Faraji Sabokbar H A, Azizi G. Evaluation of accuracy of spatial interpolation methods. *Geographical Researches Journal* 2006; 58: 1-15. (in Persian)
11. Webster R, Oliver MA. *Geostatistics for environmental scientists*, Second edition. New Yourk: John Wiley & Sons Inc 2009; P: 487-489
12. Kabata A, Pendias H. *Trece Elements in Soils and Planets*. Fourth edition. London, New York 2001; p: 413.
13. Santos G C G, Valladares GS, Camargo OA, Abreu CA. Assessment of copper and zinc in soils of a Vineyard region in the state of São Paulo, Brazil . *Applied and Environmental soil Science*. Volume 2013 (2013), Article ID 790795, 10 pages.
14. Rusjan D, Strli M, Pucko D, Korošec-Koruza Z. Copper accumulation regarding the soil characteristics in Sub- Mediterranean vineyards of Slovenia *Geoderma* 2007; 141(1-2):111–118.
15. Deluisa A, Giandon P, Aichner M. Copper pollution in Italian vineyard soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 1996; 27 (5–8):1537–1548.
16. Pietrzak U, Mcphail DC. Copper accumulation, distribution and fractionation in vineyard soils of Victoria, Australia. *Geoderma* 2004; 122(2–4):151–166.
17. Mackie KA, M`uller T, Kandeler E. Remediation of copper in vineyards-a mini review. *Environmental Pollution* 2012; 167: 16–26.
18. Valladares GS, Camargo OA, Carvalho J R P, Cia Silva AM. Assessment of heavy metals in soils of a vineyard region with the use of principal component analysis. *Scientia Agricola* 2009; 66(3): 361-367.