

Distribution Characteristics and Pollution Assessment of Metal Elements in the Vineyard Soil of A Village in Mile City, China

Yanfang Ding¹ Guangqiu Lu² Yunxiang Wang³ Shiyan He¹ Wei Liu⁴

1. Guangxi Bohuan Environmental Consulting Service Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 650000, China
2. School of Chemical Biology and Environment, Yuxi Normal University, Yuxi, Yunnan, 653100, China
3. Yunnan Mile Tobacco Materials Co., Ltd., Mile, Yunnan, 652399, China
4. Yunnan Xiyingsangmo Technology Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 650000, China

Abstract

In order to understand the distribution characteristics of metal elements in the soil planted grapes all the year round in Mile City, China, and make a reasonable pollution assessment, this paper studies the distribution characteristics of the metal elements in the soil by measuring the conventional physical and chemical indicators of the soil to understand the basic situation of the soil, and to determine the content of Cu, Zn, Pb, Ni in the soil by flame atomic absorption spectrometry, and to study its distribution characteristics and make pollution assessment. The results showed that the soil in this area was acidic, the contents of organic matter, nitrogen and other nutrients were in the middle level, and there was a lack of available boron. The contents of Cu, Zn, Pb and Ni were 62.4-82.3 mg / kg, 53-71.4 mg / kg, 32.4-39.1 mg / kg and 46.2-53 mg / kg, respectively. The results showed that the average comprehensive evaluation index $P_{\text{comprehensive}} < 0.7$ was obtained by Nemero index method, and the overall pollution degree was safe, which provided the basis for further development of ecological agriculture and scientific planting of grape.

Keywords

grape; soil; metal elements; pollution assessment; Nemero index method

中国弥勒市某村葡萄园土壤中金属元素分布特征及污染评价

丁艳芳¹ 鲁广秋² 王云祥³ 和士彦¹ 刘威⁴

1. 广西博环环境咨询服务有限公司, 中国·云南 昆明 650000
2. 玉溪师范学院化学生物与环境学院, 中国·云南 玉溪 653100
3. 云南省弥勒市烟用物资有限责任公司, 中国·云南 弥勒 652399
4. 云南溪影桑陌生态科技有限公司, 中国·云南 昆明 650000

摘要

为了解中国弥勒市常年种植葡萄的土壤中金属元素的分布特征, 做出合理的污染评价, 论文通过测定土壤常规理化指标了解土壤基本状况, 运用火焰原子吸收法测定土壤中 Cu、Zn、Pb、Ni 元素的含量, 研究其分布特征, 并做出污染评价。结果表明, 该区域土壤呈酸性, 有机质、氮素等营养成分含量在中等水平, 缺乏有效硼。金属元素含量 Cu 在 62.4 ~ 82.3mg/kg, Zn 在 53 ~ 71.4mg/kg, Pb 在 32.4 ~ 39.1mg/kg, Ni 在 46.2 ~ 53mg/kg。内梅罗指数法得到各金属元素的平均综合评价指数 $P_{\text{综}} < 0.7$, 整体污染程度安全, 为进一步发展生态农业以及科学种植葡萄提供了依据。

关键词

葡萄; 土壤; 金属元素; 污染评价; 内梅罗指数法

1 引言

对土壤养分的分析关系葡萄生长的数量和质量, 根据土壤养分情况, 可以指定适合的肥料, 补充有机质等营养成分, 给土地修复, 增加土地的活力和动力, 为葡萄种植提供科学的依据。土壤状况在很大程度上决定了葡萄的性质, 土壤养分是土壤肥力的主要组成部分, 他对农业持续发展有重要影

响, 养分管理在农业生产中起重要作用。土壤 pH、氮素、有机质、硼与葡萄生长息息相关。陈云霞^[1] 等人对葡萄土壤的研究表明, 土壤氮、磷、钾均值分别为 0.71g/kg、20.6mg/kg、149mg/kg 时, 土壤养分较为良好。

弥勒市气候属亚热带, 当地农业常年以种植葡萄为主。本研究所在的村庄坐落于高原葡萄之乡东风农场附近, 土壤

和气候适合葡萄种植。但此地葡萄种植过程中出现长势有好有坏,给种植户带来了困难。有研究表明,金属元素对葡萄的生长及品质有重要影响,耿慧^[2]通过研究土壤铜、锌分布特征,了解了其与葡萄品质的关系。同时,土壤中Cu、Zn、Pb、Ni元素的含量是农用地土壤污染风险筛选值的必测项目,刘子龙^[3]等人分析了葡萄主产区土壤重金属含量,并评价其污染程度。文章旨在通过测定Cu、Zn、Pb、Ni元素的含量,研究其分布特征,并做出污染评价,为进一步发展生态农业以及科学种植葡萄提供依据。

2 材料与方法

2.1 试剂及仪器

金属测定:硝酸(AR,天津风船)、高氯酸(AR,天津风船)、氢氟酸(AR,天津风船)、铜标准储备液GBW(E)081008、锌标准储备液GBW(E)081009、镍标准储备液GBW(E)081006、铅标准储备液GBW(E)080987(济南众标科技有限公司)、重铬酸钾(AR,天津风船)、浓硫酸(AR,西陇化工)、硫酸亚铁(AR,天津风船)、邻啡罗啉(AR,科密欧)、硫酸银(AR,西陇化工)、氢氧化钠(AR,天津博迪化工)、浓硫酸(AR,西陇化工)、浓盐酸(AR,国药集团)、浓硫酸(AR,西陇化工)、乙醇(AR,西陇化工)、硼酸(AR,天津风船)。

仪器:电子分析天平(型号:AR114P/奥豪斯)、紫外分光光度计(UV-160A/日本岛津)、原子吸收分光光度计(普析通用/TAS-990F)、pH计(型号:PHS-3C/产地:上海虹益)、电热板、量筒、容量瓶。

2.2 土样采集及制备

此地面积为两亩,长方形,土壤样品采自4个顶点和中心点。采用分层抽样法3步设采样点^[4],各取表层(0~20cm)土壤约1kg,在阴凉处自然风干,样品风干后筛拣动、植物残体、石子,用木棍研细,之后采用四分法粉碎过筛20目和100目,装袋。

2.3 土壤理化性常规项目测定

依据国家或行业标准方法,进行土壤理化性常规项目的测定^[4]。pH(电位法测定);有机质(重铬酸钾容量法-外加加热法测定);全氮(凯氏定氮法测定);有效硼(姜黄素比色法测定);水解氮(碱解扩散法测定)。

2.4 金属元素消解方法与测定条件

如表1所示,称取过100目筛的土壤样品0.2g(精确至0.0001g)于聚四氟乙烯烧杯中,加入6mL硝酸+1mL高氯酸;置于电热板上,位于通风厨中(160~170℃)消解,至硝酸被赶尽,部分高氯酸分解出现大量白烟,样品成糊状时,取下冷却。用塑料滴管加入10mL氢氟酸,在加入高氯酸0.5mL,置于电热板上,位于通风橱中(210~220℃)加热使硅酸盐等矿物质分解后,继续加热至剩余的氢氟酸和高氯酸被赶尽,停止冒白烟时,取下冷却,加入3mol/L的盐酸溶液10mL,继续加热至残渣溶解,取下冷却,用去离子水定量转入25mL容量瓶中,定容,混匀,所得溶液为土壤消解液。

表1 火焰原子吸收测定条件

元素	Cu	Zn	Ni	Pb
测定波长/nm	342.8	213.9	232.0	283.3
通带宽度/nm	1.3	1.3	0.2	1.3
灯电流/μA	7.5	7.5	7.5	7.5
定量方法	标准曲线			
火焰性质	空气—乙炔火焰			

2.5 标准曲线配制方法

土壤有效硼标准曲线:分别吸取10μg/mL的硼标准储备液0、0.5、1.0、2.0、3.0、4.0、5.0mL于50mL容量瓶中,配制成一系列浓度为0、0.1、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0μg/mL的标准工作液。

金属元素标准曲线:分别取浓度为1000μg/mL的Cu、Zn、Pb、Ni标准储备液0.00、0.25、0.50、1.00、2.50、5.00、10.00mL至50mL容量瓶中,配制得浓度为0.00、0.05、0.10、0.20、0.50、1.00、2.00μg/mL的标准工作液。

2.6 评价方法

采用内梅罗污染指数法^{[5][6][7]}分析,分别进行单因子指数和综合因子指数的计算。

单因子计算公式: $P_i = X_i / S_i$

(P_i —内梅罗污染指数; X_i —土壤中污染物实测浓度(mg/kg); S_i —土壤环境质量标准值中的评价指标。)

综合污染指数法的计算公式:

$$P_{\text{综}} = \sqrt{\frac{P_{\text{均}}^2 + P_{\text{max}}^2}{2}}$$

式中: $P_{\text{综}}$ 为综合污染指数(综合反映各污染物对区域土

壤的不同作用); $P_{均}$ 为所有单项污染指数的平均值; P_{max} 为土壤环境中各单项污染指数中的最大值。

3 结果与分析

3.1 土壤理化性常规项目测定结果

表4中编号1代表此块正方形地的中心点样。编号2、3、4、5分别代表此块地四个顶点的样品。各常规理化性质如下表2所示。

表2 红石岩果园中 pH、有机质、水解氮、全氮、有效硼含量

编号	pH	有机质 (g/kg)	水解氮 (mg/kg)	全氮 (N, %)	有效硼 (B, mg/kg)
1	4.86	23.52	62.8	0.117	0.130
2	5.24	27.20	68.6	0.132	0.112
3	6.16	20.44	80.0	0.097	0.101
4	4.21	32.91	84.5	0.178	0.174
5	4.68	42.04	90.2	0.198	0.235
平均值	5.03	29.22	77.22	0.144	0.150

此块地5个点土壤 pH 小于 6.5, 变幅在 4.21 ~ 6.16 之间, 平均值为 5.03, 属于酸性土壤。有机质在 23.52 ~ 42.04g/kg, 有机质平均值为 29.22g/kg, 此块果园土壤有机质分布不均, 含量在中等水平。水解氮含量变幅在 62.8 ~ 90.2mg/kg 之间, 平均含量为 77.22mg/kg, 全氮变幅在 0.097 ~ 0.198% 之间, 平均值为 0.144%。有效硼含量变幅在 0.101 ~ 0.235mg/kg 之间, 平均值为 0.150mg/kg。

3.2 金属元素测定结果

用4种金属元素 Cu、Zn、Pb、Ni 的标准储备液配制不同浓度的标准溶液系列绘制标准曲线, 并计算回归方程及相关系数 r。计算结果如下表3所示: 相关系数范围在 $0.9963 \leq r \leq 0.9997$ 之间, 各组分峰面积与质量浓度相关性良好, 可以满足定量测定的需要。

表3 各元素测定方程

元素	线性方程	线性范围	相关系数
Zn	$y=0.3394x+0.0132$	0 ~ 2 mg/L	R=0.9963
Cu	$y=0.1319x+0.0011$		R=0.9997
Pb	$y=0.0223x+0.0005$		R=0.9981
Ni	$y=0.0805x-0.0052$		R=0.9963

通过用火焰原子吸收光谱仪对土壤样品 Cu、Zn、Pb、Ni 元素进行测定, 各采样点位的金属元素含量如下图1所示。

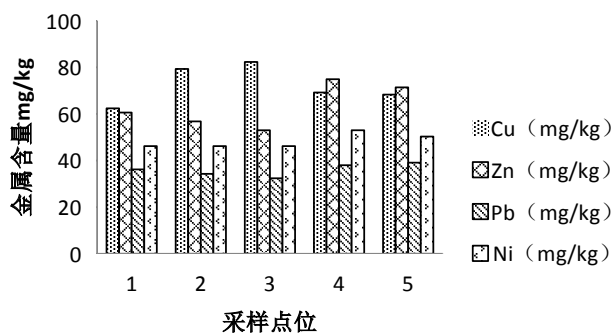


图1 各点位金属元素含量图

各金属元素含量平均值由高到低依次为: $Cu > Zn > Ni > Pb$, 根据《GB 15618-2018 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》标准: 土壤 $pH \leq 5.5$ 时, 各元素含量限值, Cu 为 $72.3 \text{ mg/kg} < 150 \text{ mg/kg}$ (果园), Zn 为 $63.3 \text{ mg/kg} < 200 \text{ mg/kg}$, Ni 为 $48.4 < 60 \text{ mg/kg}$, Pb 为 $36.0 < 250 \text{ mg/kg}$, 如表4所示, 该葡萄园土壤中的金属未超过限值范围。

表4 各元素含量平均值

元素编号	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Ni (mg/kg)
采样点平均值	69.9	63.3	36.0	48.4

3.3 污染评价

如表5所示, 依据内梅罗污染指数法^[6, 7]进行该葡萄园土壤金属污染评价可知, 各元素的 P_i 均小于 1, 污染水平均为非污染, 其中 Ni 的 P_i 最大。通过计算综合污染指数 ($P_{综}$) 可知, 该地土壤中金属含量分布不均匀, 其中 4、5 两个点位的综合污染指数为 $0.7 < P_{综} < 1.0$, 金属污染程度在警戒线, 但平均的 $P_{综} < 0.7$, 整体污染程度安全。这可能是由于施肥及喷洒农药过程中, 较为集中在 4、5 号点位附近造成的。

表5 内梅罗污染指数法分析结果

编号	Cu (P_i)	Zn (P_i)	Pb (P_i)	Ni (P_i)	$P_{综}$
1	0.42	0.30	0.52	0.77	0.65
2	0.53	0.28	0.49	0.77	0.66
3	0.55	0.27	0.49	0.77	0.66
4	0.46	0.37	0.54	0.88	0.74
5	0.46	0.36	0.56	0.84	0.71
平均值	0.48	0.32	0.52	0.81	0.68

4 结语

该区域土壤平均 pH 为 5.03 呈酸性, 有机质、氮素等营养成分含量在中等水平, 缺乏有效硼。金属元素含

量 Cu: 62.4 ~ 82.3mg/kg, Zn: 53 ~ 71.4mg/kg, Pb: 32.4 ~ 39.1mg/kg, Ni: 46.2 ~ 53mg/kg。内梅罗指数法得到各金属元素平均综合评价指数 $P_{综} < 0.7$, 整体污染程度安全, 但该地土壤 pH、有机质、氮素等营养成分, 以及金属含量分布均有较大差异, 其中 pH 较低的两个点位, 金属综合污染指数为 $0.7 < P_{综} < 1.0$, 污染程度在警戒线, 说明存在不合理的施肥及喷洒农药, 造成该地土壤营养成分不均衡, 金属在局部富集的情况, 建议该地葡萄种植户可采取重新耕地, 翻新土壤等有效手段, 合理施肥、打农药, 科学管理葡萄园, 使得该地区葡萄种植增产的同时提供品质, 并且积极发展绿色、可持续发展的生态农业。

参考文献

[1] 陈云霞, 常晓冰, 赵复泉, 等. 太原市葡萄园土壤养分现状与合理施肥 [J]. 山西农业科学, 2006, 34(02): 57-59.

- [2] 耿慧, 张宣. 葡萄产区土壤铜、锌分布特征及与葡萄品质的关系 [D]. 河北: 河北农业大学, 2011. DOI: 10.7666/d.y1897118.
- [3] 刘子龙, 鲁建江, 张广军. 石河子葡萄主产区土壤重金属含量分析及污染评价 [J]. 西北林学院学报, 2010, 25(4): 14-18.
- [4] 鲍士旦. 土壤农化分析第三版 [M]. 北京: 中国农业出版社, 30-116.
- [5] 薛志斌, 李玲, 张少凯, 等. 内梅罗指数法和复合指数法在土壤重金属污染风险评估中的对比研究 [J]. 中国水土保持科学, 2018, 16(2): 119-125. DOI: 10.16843/j.sswc.2018.02.016.
- [6] 杨玉敏, 师学义, 张琛. 基于内梅罗指数法的复垦村庄土壤重金属污染评价及空间分布 [J]. 水土保持研究, 2016, 23(4): 338-343.
- [7] 李小曼, 徐梦洁, 刘勤, 等. 基于内梅罗指数法及其改进方法的小尺度区域土壤重金属污染评价—以苏南地区为例 [J]. 江苏农业科学, 2017, 45(3): 241-245. DOI: 10.15889/j.issn.1002-1302.2017.03.065.