

杨莹莹,王冬艳. 吉林延边锌元素地球化学特征及其对苹果梨品质的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(6):503-505.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.06.146

吉林延边锌元素地球化学特征 及其对苹果梨品质的影响

杨莹莹,王冬艳

(吉林大学地球科学学院,吉林长春 130061)

摘要:以吉林延边苹果梨主产区为研究区,在系统野外调查的基础上,采用单因子指数法评价土壤中 Zn 污染状况,采用相关分析方法研究 Zn 元素的转化吸收特征及其对苹果梨品质的影响,结果表明,延边苹果梨园的表层土壤 Zn 元素含量缺乏,不存在 Zn 污染;有效态 Zn 含量充足,土壤肥力等级为丰富;果实中 Zn 含量小于果品重金属 Zn 限量标准,不存在果实 Zn 含量超标现象;Zn 元素有效系数、累积系数均很低,为微弱转化和极微弱吸收;有效 Zn 含量与有机质、水解氮含量呈极显著或显著正相关;果实中 Zn 含量与土壤 pH 值呈极显著负相关,与其他土壤理化性质不存在显著相关关系;果实中 Zn 含量与苹果梨总酸含量呈显著正相关。

关键词:吉林延边;锌元素;地球化学特征;苹果梨;品质;超标;污染

中图分类号: S154.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)06-0503-03

锌(Zn)是重金属元素,又是植物和人体所必需的微量营养元素,其地位和作用相对复杂,备受国内外专家学者的重视^[1-4]。Zn 元素对果树生长起着十分重要的作用,缺 Zn 会抑制果树根、茎、叶的生长发育^[5-6];增加 Zn 含量会提高果树的坐果率、增大单果质量、改善果实品质^[7],但是,Zn 含量过量又会产生毒害作用。目前,对 Zn 元素研究,或是基于其重金属元素身份多与 Cr、Ni、As、Cd 等一起被研究^[8-9],或是基于其营养元素身份多与 Cu、Fe、B、Mo 等一起被研究^[10-11],鲜有对 Zn 元素既评价其污染风险又研究其营养特征的。本研究在系统野外调查的基础上,对吉林延边苹果梨园进行土壤 Zn 污染评价,并研究 Zn 元素转化吸收特征及其对苹果梨品质的影响,以期对苹果梨的种植规划提供依据。

1 材料与方法

1.1 样品采集地土层概况

样品采集地为吉林延边苹果梨主产区,其出露地层主要为第四系全新统地层、第三系珲春组地层、上第三系上新统地层、下第三系渐新-古新统珲春组地层、白垩系下统龙井组地层,土壤母质主要为酸性岩、基性岩、中性岩、砂岩、黄土状沉积物、冲积物等。

1.2 样品采集

在研究区内,穿过主要地质单元、土壤类型,间距 500 m,呈“S”形布设水平剖面,在剖面上根据实际土壤类型等因素的变化布置采样点。(1)表层土壤样品采集。按树冠东、南、

西、北 4 个方向采集土样,采样深度为 40 cm;采样前,将表层未分解的有机物、杂草清除,样点土壤组成混合样品,四分法留 1 kg 左右作为待测土样。50 m 范围内设 10 个采样点,共布设采样点 116 个。(2)剖面土壤样品采集。在研究区范围内,选择有代表性的采样点布设剖面 12 个;采样时,先刮去地表植物凋落物,用取土钻分层取样,注意防止不同层间样品的污染;土壤分层清楚时,分层分段采集土样,最小样长为 30 cm,土壤分层不清楚时,取样采用“段取”方法,即在取样层内,自上而下距 30 cm 进行采集。根据实际土层的厚度,取土深度 60~110 cm 不等,分 3 层,每个样品取土量为 2 kg 左右。(3)苹果梨样品采集。苹果梨样点布设与土壤样品对应,样品编号与对应的土壤编号相同,同一果园同一品种果树选 5~10 株为代表株;每株选取大、中、小和向阳、背阴的果实共 15~30 个,样品总质量不少于 5 kg。

1.3 样品测试

土壤样品 Zn 全量采用 X-荧光光谱仪测定;有效态 Zn 含量按照标准 LY/T 1261—1999《森林土壤有效锌的测定》,采用全谱直读等离子发射光谱仪测定;果实中 Zn 含量依据标准 DD 2005-03《生态地球化学评价样品分析技术要求(试行)》,采用 X-荧光光谱仪测定。选取 39 件苹果梨样品测试苹果梨品质,指标有总酸含量、总糖含量、可溶性固形物含量、维生素 C 含量、含水量、硬度共 6 项,总酸含量、总糖含量、可溶性固形物含量、含水量、硬度测试分别参照标准 GB/T 12456—2008《食品中总酸的测定》、GB/T 5009.8—2003《食品中蔗糖的测定》、GB/T 12295—1990《水果、蔬菜制品可溶性固形物含量的测定》、GB/T 10650—1989《鲜梨》、GB/T 8858—1988《水果、蔬菜产品中干物质和水分含量测定方法》执行,维生素 C 含量采用液相色谱法测定。Zn 含量测定由国土资源部长春矿产资源监督检测中心完成,苹果梨品质指标测定由国家农业深加工产品质量监督检验中心完成,测试数据均服从正态分布,所以统计时采用算术平均值。

收稿日期:2015-08-15

基金项目:中国地质调查局项目(编号:022310200049);吉林省自然科学基金(编号:201115042)。

作者简介:杨莹莹(1991—),女,辽宁锦州人,硕士研究生,主要从事土地资源调查与评价研究。E-mail:18744016572@163.com。

通信作者:王冬艳,教授,博士生导师,主要从事土地资源调查与评价研究。E-mail:wang-dy@jlu.edu.cn。

1.4 统计与评价

1.4.1 土壤重金属污染评价 土壤重金属污染评价常采用单因子指数法^[12],该方法运算简单,适合区域内单一污染物的评价。计算公式为:

$$P_i = C_i/S_i。$$

式中: P_i 为土壤中污染物 i 的污染指数; C_i 为土壤中污染物 i 的实测值; S_i 为土壤中污染物 i 的评价标准值,由于研究区土壤 pH 值主要分布在 5.5 ~ 6.5 之间,则研究区 Zn 元素土壤环境质量标准值为 200 mg/kg。 $P_i \leq 1$,未污染; $1 < P_i \leq 2$,轻度污染; $2 < P_i \leq 3$ 中度污染; $P_i > 3$ 重度污染。

1.4.2 Zn 元素转化吸收特征 Zn 元素转化、吸收特征分别用有效系数(F_i)、累积系数(A_i)来度量,有效系数为表层土壤中 Zn 有效态含量与全量的比值,累积系数为果实 Zn 含量与全量的比值^[13-14]。

2 结果与分析

2.1 表层土壤 Zn 元素含量特征与污染评价

2.1.1 表层土壤 Zn 元素全量特征 由表 1 可见,吉林延边苹果梨园表层土壤的 Zn 全量均值为 63.22 mg/kg,低于吉林省土壤背景值 74.39 mg/kg 和全国土壤元素背景值 74.20 mg/kg;Zn 全量变异系数为 0.33,属于中等分异型,空间差异较小。

表 1 Zn 元素含量测试结果统计

统计项目	Zn 含量(mg/kg)		
	表层土壤 Zn 全量	表层土壤有效态 Zn	果实
最小值	25.60	1.07	1.70
最大值	115.51	6.65	3.99
均值	63.22	2.32	3.85
标准差	20.91	0.90	1.07
变异系数	0.33	0.39	0.28

2.1.2 表层土壤 Zn 元素有效态含量特征 土壤元素以有效态形式被植物吸收利用,所以选取有效态 Zn 含量反映土壤的供 Zn 水平^[15]。由表 1 可见,土壤表层有效态 Zn 含量均值为 2.32 mg/kg,根据《1:25 万多目标区域地球化学调查规范》推荐的土壤肥力分级标准,研究区有效态 Zn 含量在 2.0 ~ 4.0 mg/kg 之间,肥力等级为丰富;变异系数为 0.39,属于中等分异型,空间差异较小,但与 Zn 全量相比,空间差异较为明显,这表明有效 Zn 含量并不只受或不受 Zn 全量的影响^[16-17]。

2.1.3 表层土壤 Zn 元素污染评价 结果表明,研究区污染指数 P_i 分布在 0.13 ~ 0.56 之间,小于 1,所以不存在土壤 Zn 污染,土壤状况良好。

2.2 剖面土壤 Zn 元素含量特征

土壤元素在成土过程中会因自身化学性质差异发生变异,在土壤剖面上呈现出不同规律,而土壤发育阶段、成土环境条件的不同,也会造成元素地球化学特征的改变^[18]。环境富集系数为表层土壤元素含量的实测值与深层土壤元素含量实测值之比,是衡量剖面元素地球化学特征的重要指标^[19]。由表 2 可见,随剖面深度增加,剖面 5 的 Zn 元素含量呈先增加后减少的趋势,剖面 8、剖面 9 的 Zn 元素含量呈减少趋势,剖面 11 的 Zn 元素含量呈先减少后增加趋势,其他 8 个剖面的 Zn 元素含量均呈增加趋势;从环境富集系数看,12 个剖面整体处于自然和弱贫化状态,剖面 5、剖面 8 的环境富集系数

相对最大,为 1.09,处于自然状态,剖面 10 的环境富集系数相对最小,为 0.46,处于显著贫化状态。这表明随着种植业的发展,植物吸收利用了大量的 Zn 元素,但人类对土壤 Zn 元素的补充还不够。

表 2 剖面 Zn 元素含量特征统计

剖面	Zn 元素含量(mg/kg)			环境富集系数	富集程度
	表土层	心土层	底土层		
1	48.22	58.94	67.42	0.72	弱贫化
2	59.37	62.08	92.42	0.64	弱贫化
3	55.35	60.42	85.16	0.65	弱贫化
4	67.78	68.48	77.31	0.88	自然状态
5	27.52	29.00	25.36	1.09	自然状态
6	52.46	53.04	71.40	0.73	弱贫化
7	95.34	101.46	104.24	0.91	自然状态
8	99.38	97.02	91.18	1.09	自然状态
9	92.97	89.65	89.60	1.04	自然状态
10	31.30	51.11	68.18	0.46	显著贫化
11	57.73	54.56	60.13	0.96	自然状态
12	47.33	48.70	59.17	0.80	弱贫化

2.3 果实 Zn 元素含量特征

由表 1 可见,果实中 Zn 含量均值为 3.85 mg/kg,变异系数为 0.28,属于中等分异型,空间差异较小。Zn 是重金属元素,食品中含量过剩会损害人体健康,根据 NY/T 423—2000《绿色食品 鲜梨》果品中重金属元素 Zn 的限量标准为 ≤ 5 mg/kg,而研究区苹果梨样品中 Zn 含量最大值为 3.99 mg/kg,因此,研究区苹果梨果实中不存在 Zn 超标现象,可以安全食用。

2.4 Zn 元素转化吸收特征及影响因素

2.4.1 Zn 元素转化吸收特征 结果表明,延边苹果梨园 Zn 元素有效系数 $F_i \in [0.01, 0.05)$ 的占 73.27%,为微弱转化; $F_i \in [0.05, 0.1)$ 的占 24.14%,为中等转化; $F_i \in [0.1, +\infty)$ 的占 2.59%,为强烈转化。Zn 元素的累积系数 A_i 全部小于 10,为极微弱吸收。这表明土壤中 Zn 元素转化率及植物对 Zn 的利用率均较低,为增加果实中 Zn 含量,可选取一定浓度的 Zn 肥进行叶面喷施,以满足植物体对锌的吸收利用。

2.4.2 Zn 元素转化吸收的影响因素 元素转化吸收受多种因素影响,其中又以元素全量、土壤理化性质最为显著^[20-21]。由表 3 可见,土壤有效 Zn 含量与 Zn 全量相关性不显著,与有效系数较低的结论一致;有机质含量、水解氮含量与有效锌含量呈极显著或显著正相关,与周国华等研究结论^[22-23]一致;pH 值、阳离子交换量与土壤有效 Zn 含量不存在显著相关关系,与唐丽静等研究结论^[24]一致;果实中 Zn 含量与 Zn 全量相关性不显著,与累积系数较低的结论一致;果实中 Zn 含量与 pH 值呈极显著负相关。

2.5 苹果梨品质指标含量特征及果实中 Zn 含量与苹果梨品质相关性

2.5.1 苹果梨品质指标含量特征 总酸含量随果实 Zn 的含量增加呈增加趋势,当果实中总酸含量超过一定浓度时,苹果梨品质会降低。对果实中 Zn 含量(x)和总酸(y)含量进行回归拟合,拟合结果为: $y = 0.065x^3 - 0.685x^2 + 2.377x - 0.408$,决定系数 r^2 为 0.225。依据 NY/T 423—2000《绿色食品 鲜梨》及苹果梨自身品质特征,优质苹果梨的总酸含量应小于 3%,此时果实中 Zn 含量应小于 5.78 mg/kg,而果实重金属

表 3 Zn 元素含量与土壤理化性质的相关系数

相关系数	土壤 Zn 全量	土壤有效 Zn 含量	果实中 Zn 含量	有机质含量	pH 值	水解 N 含量	阳离子交换量
土壤有效 Zn 含量	0.174	1.000	-0.103	0.365 **	0.296	0.317 *	0.298
果实中 Zn 含量	-0.015	-0.103	1.000	-0.235	-0.514 **	0.005	-0.310

注: * 表示杂 0.05 水平上显著相关, ** 表示在 0.01 水平上极显著相关。

Zn 的限量标准为≤5 mg/kg,因此生产出的优质苹果梨果实中 Zn 含量也必须≤5 mg/kg。由表 4 可见,苹果梨总酸含量在 1.52%~3.52%,这说明部分样点的苹果梨达不到优质标准。

表 4 苹果梨品质指标含量特征

统计项目	总酸含量 (%)	总糖含量 (%)	可溶性固形物含量 (%)	维生素 C 含量 (mg/kg)	含水量 (%)	硬度 (N/cm ²)
最小值	1.52	6.70	11.40	42.0	69.15	83.50
最大值	3.52	10.70	17.40	65.0	83.74	140.00
均值	2.37	8.36	13.75	52.0	78.55	105.71
标准差	0.56	0.80	1.33	6.1	3.12	12.58
变异系数	0.24	0.10	0.10	0.12	0.04	0.12

2.5.2 果实中 Zn 含量与苹果梨品质相关性 果实中 Zn 含量与苹果梨总糖含量、总酸含量、可溶性固形物含量、含水量、维生素含量、硬度的相关系数分别为 -0.133、0.377、-0.268、0.079、-0.015、0.014,除与总酸含量呈显著正相关,与果实其他品质指标不存在显著相关关系,这与玄兆业研究结论^[25]一致。

3 结论

吉林延边苹果梨园表层土壤 Zn 元素含量均值为 63.22 mg/kg,低于吉林省和全国土壤背景值;表层土壤 Zn 污染指数分布在 0.13~0.56 之间,土壤不存在 Zn 污染;剖面 Zn 元素富集程度整体呈自然和弱贫化状态,延边苹果梨园 Zn 元素含量缺乏,应进行适量补充;Zn 元素有效态含量均值为 2.32 mg/kg,根据土壤肥力分级标准,肥力等级为丰富;果实中 Zn 含量均小于果品中重金属 Zn 限量标准,不存在果实 Zn 含量超标现象;延边苹果梨园 Zn 元素有效系数在 0.01~0.05 之间的占 73.27%,整体为微弱转化,Zn 元素累积系数全部小于 10,为极微弱吸收;有机质、水解氮含量与有效 Zn 含量呈极显著或显著正相关,pH 值、阳离子交换量与有效锌含量不存在显著相关关系;果实中 Zn 含量与 pH 值呈极显著负相关,与其他土壤理化性质不存在显著相关关系;果实中 Zn 含量与总酸含量呈显著正相关,与果实其他品质指标不存在显著相关关系;参考果品评价标准,生产优质苹果梨,其果实中 Zn 含量应≤5 mg/kg。

参考文献:

[1] Mousavi S R. Zinc in crop production and interaction with phosphorus [J]. Australian Journal of Applied Sciences Research, 2011, 5 (9): 1503 - 1509.

[2] Mantovi P, Bonazzi G, Maestri E, et al. Accumulation of copper and zinc from liquid manure in agricultural soils and crop plants [J]. Plant and Soil, 2003, 250 (2): 249 - 257.

[3] 李 娟, 陈杰忠, 黄永敬, 等. Zn 营养在果树生理代谢中的作用研究进展 [J]. 果树学报, 2011, 28 (4): 668 - 673.

[4] 杨定清, 李任霖, 雷绍荣, 等. 攀西地区主要蔬菜水果基地重金属含量及安全性评价 [M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2009:

15 - 23.

[5] 付春霞. 锌对苹果叶片结构发育、光合及荧光特性的影响 [D]. 泰安: 山东农业大学, 2014.

[6] Tavallali V, Rahemi M, Maftoun M, et al. Zinc influence and salt stress on photosynthesis, water relations, and carbonic anhydrase activity in pistachio [J]. Scientia Horticulturae, 2009, 123 (2): 272 - 279.

[7] 贾永华, 李晓龙, 牛锐敏, 等. 叶面喷锌对苹果叶片生长及产量品质的影响 [J]. 江苏农业科学, 2014, 42 (12): 218 - 220.

[8] Huang S S, Liao Q L, Hua M, et al. Survey of heavy metal pollution and assessment of agricultural soil in Yangzhong district, Jiangsu Province, China [J]. Chemosphere, 2007, 67 (11): 2148 - 2155.

[9] 李文博, 王冬艳, 赵一赢. 吉林省中部土壤重金属元素环境风险评估 [J]. 吉林农业大学学报, 2015, 37 (3): 346 - 351.

[10] 刘 霞, 刘树庆, 孙志梅, 等. 板栗土壤中微量营养元素地球化学特征 [J]. 水土保持学报, 2009, 23 (5): 253 - 256, 264.

[11] Tariq M, Mott C J B. Influence of applied calcium - boron ratio on the solubility of nutrient - elements in soil [J]. Journal of Agricultural and Biological Science, 2006, 1 (3): 1 - 7.

[12] 郭 伟, 孙文惠, 赵仁鑫, 等. 呼和浩特市不同功能区土壤重金属污染特征及评价 [J]. 环境科学, 2013, 34 (4): 1561 - 1567.

[13] 贺行良, 刘昌岭, 任宏波, 等. 青岛崂山茶园土壤微量元素有效量及其影响因素研究 [J]. 土壤通报, 2008, 39 (5): 1131 - 1134.

[14] 杨小琳, 王冬艳, 姜琦刚, 等. 吉林省黑土区土壤——作物系统 Cd 元素转化积累研究 [J]. 世界地质: 英文版, 2014, 33 (3): 687 - 694.

[15] 王冬艳, 李月芬, 尚 媛, 等. 吉林延边地区土壤钙元素生态地球化学 [J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2011, 41 (1): 215 - 221.

[16] 施 宪, 王东艳, 李月芬, 等. 吉林西部土壤微量营养元素有效量及其影响因素 [J]. 农业科学与技术: 英文版, 2010, 11 (5): 73 - 76.

[17] 付 强. 吉林黑土区镉元素生态地球化学特征及其污染评价 [D]. 长春: 吉林大学, 2014.

[18] 刘 爽. 吉林西部葵花种植区生态地球化学研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2008.

[19] 廖启林, 金 洋, 吴新民, 等. 南京地区土壤元素的人为活动环境富集系数研究 [J]. 中国地质, 2005, 32 (1): 141 - 147.

[20] 廖 琴, 南忠仁, 王胜利, 等. 黑河流域中部土壤微量元素有效态含量的空间变异及丰缺评价 [J]. 干旱区资源与环境, 2012, 26 (2): 108 - 113.

[21] 许 黎. 浙江省北部地区农业土壤微量元素有效态及影响因素研究 [D]. 北京: 中国地质大学, 2005.

[22] 周国华, 吴小勇, 周建华. 浙北地区土壤元素有效量及其影响因素研究 [J]. 第四纪研究, 2005, 25 (3): 316 - 322.

[23] 廖 琴, 南忠仁, 王胜利, 等. 干旱区绿洲农田土壤微量元素有效态含量空间分布特征 [J]. 环境科学研究, 2011, 24 (3): 273 - 280.

[24] 唐丽静, 王冬艳, 李月芬, 等. 吉林中部黑土区土壤 - 作物系统营养元素地球化学特征 [J]. 山东农业科学, 2014, 46 (5): 72 - 76.

[25] 玄兆业. 吉林延边优质苹果梨适生元素地球化学模型研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2008.