

黄土高原苹果园土壤和叶片养分状况分析^①

——以陕西省黄陵县为例

郭宏¹, 杜毅飞¹, 王海涛¹, 王志康¹, 方凯凯¹, 张向旭¹, 毛鹏娟¹, 李会科^{1, 2*}

(1 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西杨凌 712100; 2 农业部西北植物与肥料及农业环境重点实验室, 陕西杨凌 712100)

摘要: 为了解黄土高原苹果园肥力状况, 在大量调查研究的基础上, 结合 GIS 采集苹果主产区黄陵县的 304 个苹果园的土壤和叶片样品, 测定分析土壤有机质、全氮、速效氮、pH、速效磷、速效钾、CEC 及有效铁、锰、铜、锌的含量和叶片全氮、全磷、全钾及微量元素的含量, 并根据土壤和叶片相应的评价标准对其进行丰缺评价。结果表明: 该地区土壤有机质含量很低, 72% 的果园未达到绿色食品土壤肥力指标的正常值含量; 土壤和叶片氮含量较低, 磷和钾含量较高, 其需肥顺序为氮>钾>磷; 该地区微量元素含量较低, 在以后的生产中需多施微肥。通过对土壤养分进行相关性分析, 得知土壤有机质含量的提升有利于土壤中大量元素的有效养分增加。从土壤和叶片养分间的相关性分析得知, 仅土壤钾和叶片钾呈负相关, 而其余元素全部呈正相关, 由此得出通过提升土壤中某元素的含量可以使得叶片中相应元素含量相应增加, 而元素钾无此效应。

关键词: 土壤养分; 叶片养分; 相关性分析; 评价标准

中图分类号: S158.3

苹果位居世界四大水果之首, 也是中国北方栽培面积和产量最大的水果^[1]。渭北黄土高原是我国苹果两大最佳优生区之一, 也是世界最佳苹果优生区之一^[2]。陕西省黄陵县土地面积为 23.2 万 hm^2 , 苹果园种植面积累计达到 1 万 hm^2 , 是渭北黄土高原苹果园的典型代表。

果树肥力高低直接影响到该区苹果产量, 叶片养分的分析能直观地反映果树肥力的丰缺状况, Jones^[3]指出对于多年生的园艺作物进行植株分析诊断比土壤分析诊断更有效, 但是实际中往往需要结合土壤养分分析才能更科学合理。目前国内外关于苹果园土壤养分和叶片养分现状的研究较多。国外推荐的施肥技术体系通常以土壤营养分析为基础, 以叶分析为主要依据, 结合树相诊断, 以减少化肥使用量, 提高化肥使用效率^[4]。国内关于果园土壤养分和叶片养分相关性的报道较多^[5-12], 例如郭全恩等^[13]利用营养诊断和相关分析相结合的方法对甘肃省干旱地区苹果叶片营养元素与其对应土壤养分进行研究, 而关于黄陵县苹果园土壤和叶片养分分析研究还未见报道。

因此, 本文在前人研究的基础上, 选定黄陵县苹

果园作为研究对象, 通过测定分析该区土壤和叶片的养分含量, 并参照相应的标准对其进行丰缺评价以及相关分析, 以便了解该区苹果园的养分状况, 为找出影响叶片养分的土壤养分因子、果园土地的科学管理以及合理施肥提供科学的理论依据, 从而达到提高土地综合生产能力, 实现农业增效、农民增收, 促进农业可持续发展的目的, 进而对评价整个渭北黄土高原的苹果园土壤和叶片养分状况提供参照。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

黄陵县位于陕西省中部, 延安市南端, $108^{\circ}30'46'' \sim 109^{\circ}27'13''\text{E}$, $35^{\circ}20'27'' \sim 35^{\circ}49'21''\text{N}$, 年平均降水 568.8 mm, 无霜期 170 天, 平均海拔 1 200 m。属中温带大陆性季风气候, 四季分明, 多年平均气温 9.6°C , 气候温和, 非常适宜苹果生长。土壤类型主要以黄绵土和黄壤土为主^[14]。

1.2 研究方法

通过采集样品并测定指标, 根据一定的标准对其进行丰缺评价, 分析土壤养分之间、土壤和叶片养分

基金项目: 陕西省黄陵县果业局横向经费项目(No.A304021308)资助。

* 通讯作者(lihuike@nwsuaf.edu.cn)

作者简介: 郭宏(1989—), 女, 山西吕梁人, 硕士研究生, 主要从事生态环境工程方面的研究。E-mail: lehuo1025@163.com

之间的相关性。

1.2.1 采样点布设 根据黄陵县果业局提供的该地区苹果园分布现状的详细统计资料,结合当地各苹果园所处地形、分布面积、肥力状况和管理状况等,同时考虑苹果园分布的集中情况进行布点疏密调整,

采用系统-随机布点法,选取那些能代表临近大片果园状况的果园作为具体的采样点,确保采样点覆盖了黄陵县苹果园现有分布区,最终确定采样点 304 个,采集土样过程中用 GPS 仪定位并记录采样园区的经纬度坐标信息,绘制采样布点图(图 1)。

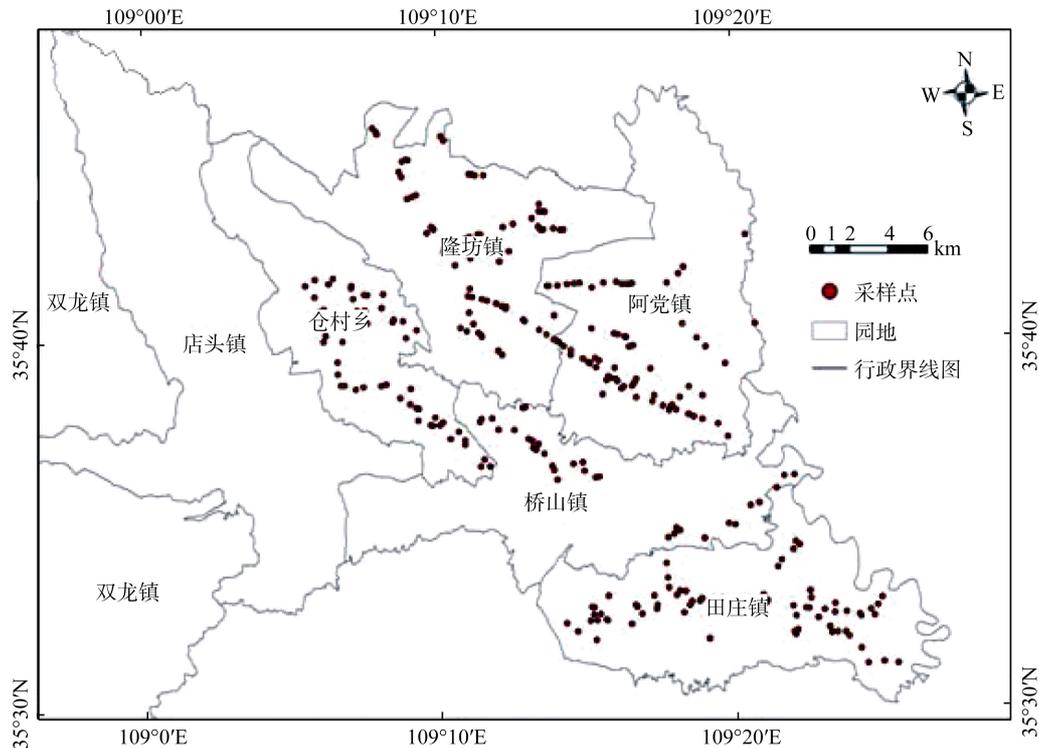


图 1 土壤采样点分布图

Fig. 1 The distribution of soil sampling sites

1.2.2 样品的采集及测定方法 土样:根据果园形状及面积大小,按照“S”型布点,选择 4~5 棵果树,作记号,避开施肥点,在离其树干 1 m 左右的范围采集土样,将所采集的所有土壤样品充分混合后,采用四分法留存 1 kg,分成两部分供测试分析用。采样深度为 0~40 cm。一部分新鲜样品及时送回室内,用粗玻璃棒或塑料棒将样品混匀后研磨过筛迅速称样测定硝态氮和铵态氮。另一部分土样放在样品盘上,摊成薄薄的一层,置于干净整洁的室内通风处自然风干,以木棍碾细过筛,用以测定其他指标。土壤有机质采用重铬酸钾外加热法测定;pH 采用电位法测定(水土比为 2.5:1);全氮采用凯氏法测定;硝态氮和铵态氮采用 1 mol/L KCl 浸提,AA3 型连续流动分析仪测定;全磷采用 H₂SO₄-HClO₄ 消解,紫外分光光度计测定;速效磷采用 0.5 mol/L NaHCO₃ 浸提,钼锑抗比色法测定;全钾采用 NaOH 熔融,火焰光度法测定;速效钾采用 1 mol/L NH₄OAc 浸提,火焰光度法测定;阳离子交换量(CEC),采用乙酸钠-火

焰分光光度法(碱性土壤)测定;有效铁、锰、铜、锌采用 DTPA-TEA 浸提,原子吸收分光光度法测定^[15]。

叶样:于次年春梢生长时期,用 GPS 定位具体采集过土样的 304 个果园区进行叶样采集,进入园区按照“S”型寻找采集土样时作过记号的果树,大致 4~5 棵,于果树东南西北 4 个方向选择果树中部的春梢中部的叶片,一棵树采集 25 片左右,一个园区采集 100 片左右。带回实验室后先用自来水冲洗叶片的灰尘,再用去离子水清洗。转入袋中置于烘箱 105℃ 下杀青 20 min,然后在 70℃~80℃ 下烘干,转入 16 目粉碎机,粉末装入塑封袋用以测定叶片全量氮、磷、钾、铁、锰、铜、锌的含量。叶片采用 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮后,全氮采用凯氏定氮仪测定、全磷采用钒钼黄比色法测定、全钾采用火焰分光光度法测定;叶片中的铁、锰、铜、锌采用浓 HNO₃ 消解,火焰原子吸收分光光度法测定^[15]。

1.3 数据处理

采用 GPS 仪记录果园经纬度坐标信息,利用 GIS

绘制果园采样布点图,采用 Microsoft Excel 2003 和 SPSS 18.0 进行数据处理和分析。

2 结果与分析

2.1 土壤 pH、土壤养分、CEC、有效态微量元素的分析

从表 1 可知,黄陵县苹果园土壤 pH 平均值为 8.57,变化幅度为 7.79~9.30,变异较小,变异系数为 3.27%,整体偏碱性。

苹果是一种绿色经济食品,农业部制定的绿色食品产地土壤肥力指标有果园土壤肥力标准分级,本文是研究黄土高原苹果主产区黄陵县苹果园肥力现状,

因此也用果园绿色食品产地土壤肥力指标(表 2)来评价土壤地力^[16],下文中都简称标准。若果园土壤有机质含量高,果树基础产量高且稳定,果实品质好^[17]。已有研究发现中国丰产优质苹果园土壤有机质含量均在 15 g/kg 以上,国外高达 20~60 g/kg^[18]。而由表 1 可以看出,黄陵县苹果园土壤有机质平均含量 12.96 g/kg,变幅 5.09~21.67 g/kg,变异系数为 0.32。根据标准,有机质含量大于 15 g/kg 的为 II 级标准,在所调查测定的 304 个果园中只有 28% 的果园达到 II 级及以上水平,可见土壤有机质相对较低,该区需要增施有机肥,逐年提高土壤有机质含量,以达到绿色土壤肥力水平。

表 1 采样点土壤理化性质
Table 1 Chemical-physical properties of soil samples

采样地点	样品数	pH	有机质(g/kg)	全氮(g/kg)	硝态氮(mg/kg)	铵态氮(mg/kg)	速效磷(mg/kg)	速效钾(mg/kg)	CEC(cmol/kg)
田庄	44	7.79~8.88	6.79~21.67	0.56~1.41	10.54~37.10	4.27~8.88	11.76~173.71	76.09~211.06	7.07~17.40
桥山	35	8.50~9.30	5.80~21.67	0.36~0.70	10.04~21.98	3.93~6.81	10.30~167.80	55.20~257.87	14.71~23.37
隆纺	64	8.15~9.00	5.09~20.85	0.37~1.05	5.44~19.32	1.79~17.40	13.72~131.05	72.96~288.01	8.95~19.57
侯庄	35	8.33~8.98	9.97~21.52	0.56~0.91	6.12~34.18	2.77~7.01	15.21~147.14	72.96~236.34	8.67~21.94
仓村	57	8.29~8.87	6.70~16.11	0.55~0.88	5.28~44.86	2.73~5.94	19.85~122.45	61.12~209.60	15.00~23.59
太贤	45	7.96~8.61	7.25~20.88	0.63~1.02	12.00~70.67	2.90~22.75	17.07~231.73	92.14~290.95	11.65~21.93
阿党	24	8.03~8.63	10.41~21.08	0.83~1.00	14.70~66.92	3.54~13.65	46.38~183.52	95.00~271.91	8.67~21.94
平均值		8.57	12.96	0.81	21.64	5.79	64.53	154.74	15.54
标准差		0.28	4.09	0.20	14.20	3.05	49.79	50.95	3.83
变异系数		0.03	0.32	0.25	0.66	0.53	0.77	0.32	0.25

表 2 绿色食品产地土壤肥力分级参考指标^[19]
Table 2 Classification standard of soil fertility of green-food production area

分级	有机质(g/kg)	全氮(g/kg)	有效磷(mg/kg)	速效钾(mg/kg)	阳离子交换量(cmol/kg)
I	> 20	> 1.0	> 10	> 100	> 20
II	15~20	0.8~1.0	5~10	50~100	15~20
III	< 15	< 0.8	< 5	< 50	< 15

土壤全氮变幅为 0.36~1.41 g/kg,平均值为 0.81 g/kg(表 1),根据标准(表 2),在所调查的 304 个果园中,17% 的果园土壤全氮达到 I 级标准,78% 的果园土壤全氮达到了 II 级标准,5% 的果园土壤全氮含量较差。土壤速效氮(近似为硝态氮和铵态氮之和)含量变幅很大,变异性也很高。硝态氮的变幅为 5.28~70.67 mg/kg,变异系数为 0.66;铵态氮的变幅为 1.79~22.75 mg/kg,变异系数为 0.53,可能与果园所在的地理位置及施肥灌水情况有关。在调查果园中,土壤速效氮>50 mg/kg 的果园占 8%,大部分果园土壤中的速效氮含量偏低。

土壤全磷的变幅相对较大,为 0.26~1.46 g/kg,平均值为 0.77 g/kg。土壤速效磷的变幅为 10.30~

231.73 mg/kg,平均值为 64.53 mg/kg,变异系数为 0.77,变异较高。根据标准,发现调查的 304 个果园土壤速效磷含量>10 mg/kg,均达到 I 级标准,表明果园土壤的磷肥供应状况良好,能满足苹果生产的需要。

土壤全钾的变幅较小,为 13.50~29.95 g/kg,平均值为 20.29 g/kg。而速效钾的变幅较大,为 61.12~290.95 mg/kg,平均值为 154.74 mg/kg,变异系数为 0.32。根据标准,调查的果园中有 83% 的果园土壤钾含量>100 mg/kg,为 I 级优良;17% 为 II 级,均达到标准,表明果园土壤的钾肥供应状况也良好。

土壤阳离子交换量 CEC 的大小,基本上代表了

土壤可能保持的养分数量，即保肥性的高低。所调查的果园中土壤阳离子交换量处于中等水平，根据绿色食品产地土壤肥力分指标，有 7% 的果园土壤阳离子交换量含量 >20 cmol/kg，为 I 级优良，65% 为 II 级，28% 未达到标准，表明部分果园土壤的保肥供肥能力一般，对土壤的酸碱缓冲性也较差。

土壤有效态微量元素的含量变幅较大(表 3)，土壤有效铜、锌、铁、锰的平均值分别为 1.26、0.85、8.67、18.24 mg/kg，变异系数分别为 0.37、0.48、0.40、

0.43。根据苹果园土壤微量元素养分丰缺指标(表 4)，调查的所有果园中，土壤有效铁、锌含量最低，这两种元素含量处于缺乏状态的比例分别为 72% 和 68%；土壤有效铜的情况较好，只有 28% 的果园缺乏，其余 72% 的果园都可以满足苹果的需求；土壤有效锰的含量也较低，有大约 55% 的果园都处于缺锰状态。这可能与农民的施肥习惯有关^[20]，在后期对黄陵县苹果园的施肥情况调查中发现该地农民在果园施肥过程中几乎不施用微肥。

表 3 采样点土壤微量元素含量
Table 3 Microelement contents of soil samples

采样地点	样品数	有效铁(mg/kg)	有效锰(mg/kg)	有效铜(mg/kg)	有效锌(mg/kg)
田庄	44	3.88 ~ 8.56	8.26 ~ 17.96	0.69 ~ 2.76	0.29 ~ 0.93
桥山	35	4.47 ~ 12.89	4.68 ~ 28.18	0.87 ~ 1.72	0.42 ~ 2.17
隆纺	64	2.51 ~ 19.91	3.86 ~ 35.13	0.51 ~ 2.41	0.48 ~ 1.98
侯庄	35	8.71 ~ 12.21	14.46 ~ 31.75	0.99 ~ 1.74	0.59 ~ 1.71
仓村	57	5.94 ~ 10.72	10.51 ~ 29.99	0.83 ~ 1.44	0.39 ~ 1.29
太贤	45	6.06 ~ 14.50	12.28 ~ 31.76	1.20 ~ 2.71	0.72 ~ 1.97
阿党	24	9.86 ~ 12.65	18.28 ~ 31.37	1.38 ~ 2.53	0.75 ~ 1.28
平均值		8.67	18.24	1.26	0.85
标准差		3.50	7.91	0.46	0.41
变异系数		0.40	0.43	0.37	0.48

表 4 苹果园土壤微量元素养分丰缺指标^[21]
Table 4 Fertility indicators of soil micronutrients in apple orchard

肥力等级	有效铜(mg/kg)	有效锌(mg/kg)	有效铁(mg/kg)	有效锰(mg/kg)
高	> 1.8	> 3	> 20	> 30
适中	1.0 ~ 1.8	1.0 ~ 3	10 ~ 20	15 ~ 30
缺乏	< 1.0	< 1.0	< 10	< 15

2.2 土壤养分之间的相关性分析

由表 5 可知，土壤 pH 与阳离子交换量呈正相关，与其他土壤养分和有效态微量元素呈负相关，其中与全氮、硝态氮呈极显著负相关，相关系数达 0.433、0.380；与有机质、铵态氮和速效磷呈显著负相关，相关系数为 0.268、0.285 和 0.242。土壤 pH 与全氮

表 5 采样点土壤养分之间的相关性分析
Table 5 The correlation between soil nutrient contents

	pH	CEC	全氮	有机质	硝态氮	铵态氮	速效钾	速效磷	有效铁	有效锰	有效铜	有效锌
pH	1											
CEC	0.189	1										
全氮	-0.433**	-0.386**	1									
有机质	-0.268*	-0.340**	0.649**	1								
硝态氮	-0.380**	-0.356*	0.542**	0.650**	1							
铵态氮	-0.285*	-0.266	0.502**	0.470**	0.469**	1						
速效钾	-0.221	-0.402**	0.530**	0.637**	0.746**	0.660**	1					
速效磷	-0.242*	-0.262	0.592**	0.410**	0.607**	0.661*	0.510**	1				
有效铁	-0.190	0.129	-0.013	0.234*	0.359*	0.291*	0.404**	-0.006	1			
有效锰	-0.187	-0.004	0.064	0.272**	0.352**	0.268*	0.439**	0.003	0.883**	1		
有效铜	-0.178	0.066	0.027	0.098	0.210	0.153	0.185	-0.042	0.539**	0.433**	1	
有效锌	-0.034	-0.035	0.062	0.185	0.368**	0.356**	0.466**	0.217	0.558**	0.487**	0.419**	1

注：* 表示相关性达到 $P < 0.05$ 显著水平；** 表示相关性达到 $P < 0.01$ 显著水平，下表同。

的相关系数最大,这表明该地区某些苹果园土壤 pH 偏大是果树吸收氮主要障碍因素之一^[9]。土壤有机质与土壤全氮和速效养分呈极显著正相关,相关系数介于 0.410~0.650,说明提高土壤有机质的含量可以增加土壤大量元素的有效养分含量,这可能是由于土壤有机质和氮素之间存在相互关系的原因^[22]。与土壤有效态微量元素铁、锰、铜、锌的相关性则相对较低,分别为 0.234、0.272、0.098 和 0.185,这说明有机质对苹果树微量元素的吸收在一定程度上有决定作用,其中与土壤有效铜的相关性最低,对有效铜的作用较大^[23]。

2.3 苹果叶片养分和微量元素含量分析

苹果叶片养分和微量元素含量检测结果如表 6 所示。根据陕西省苹果叶营养元素含量标准值的分级判断标准^[24],对黄陵县苹果叶片养分和微量元素的含量进行分析与评价。研究发现苹果叶片全氮含

量整体水平较低。黄陵县苹果叶片氮变幅在 7.88~26.36 g/kg 之间,平均值为 21.96 g/kg,在调查的所有果园中,仅有 9% 的果园叶片氮含量达到 IV 级,39% 的苹果园叶片全氮含量在正常适宜值,而有将近 52% 的果园含量过低。苹果叶片全磷变幅较大,为 1.01~4.73 g/kg,均值为 1.81 g/kg,变异系数为 0.36。有 82% 的苹果园叶片全磷含量处于叶片全磷含量标准的 III 级及以上水平,表明大多数苹果园的磷含量基本可以满足苹果树体吸收。叶片全钾处于 5.55~13.00 g/kg,均值为 9.24 g/kg,根据陕西省苹果叶营养判断标准,大多数苹果园叶片钾含量可以满足苹果生长所需,仅有 12% 的果园叶片钾含量处于较低值水平。即磷、钾基本可以满足苹果生长需要,而氮含量不足,这基本和土壤养分测定结果一致。在以后的施肥管理中需要高度重视,控磷、钾肥,多施氮肥。

表 6 苹果叶片养分含量
Table 6 Nutrient contents in apple leaves

采样点	样品数	全氮 (g/kg)	全磷 (g/kg)	全钾 (g/kg)	全量铁 (mg/kg)	全量锰 (mg/kg)	全量铜 (mg/kg)	全量锌 (mg/kg)
田庄	44	21.84~25.80	1.01~2.97	6.15~12.21	109.03~335.62	65.45~176.89	4.53~24.08	15.36~73.04
桥山	35	10.15~23.12	1.19~4.73	6.87~10.86	163.21~296.26	69.83~135.57	3.80~23.71	14.75~74.94
隆纺	64	7.89~26.36	1.16~2.76	5.55~11.77	127.27~456.49	42.94~158.28	6.11~23.53	8.68~69.44
侯庄	35	10.62~23.98	1.15~2.45	5.90~12.26	88.423~432.65	59.86~155.54	9.16~22.75	13.33~49.04
仓村	57	1.1.74~25.69	1.19~3.30	6.44~12.59	197.90~385.07	66.90~104.74	8.54~30.98	11.06~54.70
太贤	45	11.76~24.78	1.16~2.35	8.96~10.32	163.01~497.15	84.34~121.11	5.91~33.93	15.77~28.49
阿党	24	21.66~25.20	1.19~3.25	8.69~13.00	80.00~456.99	82.51~130.46	9.93~18.07	20.57~70.31
平均值		21.96	1.81	9.24	253.70	93.32	15.50	34.86
标准差		4.02	0.66	1.70	99.85	27.67	6.12	16.83
变异系数		0.18	0.36	0.18	0.39	0.30	0.39	0.48

该地区苹果园叶片全量铁、锰、铜、锌的变幅都较大。叶片全量铁的变幅为 80.00~497.15 mg/kg,均值为 253.70 mg/kg,而陕西省苹果叶营养判断标准 V 级标准的极限值为 180 mg/kg,85% 果园有效铁含量过高,仅 6% 的果园叶片处于 I 级缺铁状态,各乡镇平均水平差别不大。23% 的苹果园叶片铜含量达到 III 级适宜及丰富的含量水平,77% 的苹果园叶片铜含量不足,难以满足苹果树生长的需要。有 7% 的果园叶片锰含量处于 I 级缺乏状态,30% 的苹果园叶片锰含量处于 III 级正常值。47% 苹果园叶片锌含量达到了 III 级及以上标准,适宜苹果树正常生长需要,而有 34% 的苹果园叶片锌含量不足。总体来说,叶片微量元素表现出铜、锌缺乏,铁、锰较丰富水平。

2.4 土壤和植物指标之间的相关性分析

对土壤和植物的养分和微量元素进行相关性分析,由表 7 可看出,土壤全氮与叶片全氮、土壤全磷与叶片全磷、土壤有效铁与叶片铁、土壤有效锰与叶片锰、土壤有效铜与叶片铜和土壤有效锌与叶片锌之间均呈正相关,相关系数分别为 0.202、0.216、0.546、0.106、0.199 和 0.081,其中土壤有效铁与叶片铁的相关系数最大,达到了极显著相关。说明叶片铁的含量高低主要取决于土壤有效铁的含量,通过对土壤施肥可以满足苹果树对微量元素铁的吸收,而土壤氮、磷、锰和铜也存在着这样的趋势。而土壤全钾与叶片全钾呈负相关,相关系数为-0.061,说明本研究范围内土壤钾含量相对较高,基本可以满足苹果树对其的吸收,如果继续增加土壤施肥,可能会起到无效的作用。

表 7 土壤和植物的养分和微量元素之间的相关性分析
Table 7 The correlation between soil nutrient contents and leaf nutrient contents

	土壤全氮	土壤全磷	土壤全钾	土壤有效铁	土壤有效锰	土壤有效铜	土壤有效锌	叶片全氮	叶片全磷	叶片全钾	叶片全铁	叶片全锰	叶片全铜	叶片全锌
土壤全氮	1													
土壤全磷	0.248*	1												
土壤全钾	-0.016	-0.129	1											
土壤有效铁	-0.013	0.259*	-0.006	1										
土壤有效锰	0.064	0.290*	-0.123	0.883**	1									
土壤有效铜	0.027	0.043	-0.062	0.539**	0.433**	1								
土壤有效锌	0.062	0.259*	0.166	0.558**	0.487**	0.419**	1							
叶片全氮	0.202	-0.171	-0.257*	-0.094	0.048	-0.107	-0.285*	1						
叶片全磷	-0.012	0.216	0.125	0.092	0.039	0.118	0.144	-0.267*	1					
叶片全钾	0.080	0.231*	-0.061	-0.038	0.032	0.122	0.109	0.173	0.080	1				
叶片全铁	0.049	0.209	0.143	0.546**	0.531**	0.211	0.197	0.006	0.117	0.041	1			
叶片全锰	0.133	0.289*	-0.048	0.021	0.106	0.030	0.087	-0.065	-0.163	0.195	0.200	1		
叶片全铜	0.179	-0.023	-0.027	-0.022	0.062	0.199	-0.092	-0.013	-0.116	0.086	-0.168	0.030	1	
叶片全锌	0.156	-0.096	-0.022	-0.219	-0.114	-0.083	0.081	0.103	-0.290*	-0.095	-0.154	0.164	0.065	1

3 讨论

黄陵县苹果园土壤 pH 普遍偏高,属弱碱性土壤。碱性土壤会造成果树发生生理障碍和缺素症,因此今后还应对土壤 pH 进行调节,除尽量施用酸性化肥外,可适量施入硫磺粉等酸性物质调节土壤。该地区土壤有机质的含量比较低,在调查的 304 个果园中仅有 7% 以上的果园土壤有机质含量在中等及以上水平。这一方面是由于施肥量不足,另一方面可能与黄陵县苹果园的地形地貌和土壤类型有关,由于黄陵县大部分果园分布在山顶和半山坡,当地土壤类型以黄绵土、黄壤土为主,有机质含量低,土壤疏松,通透性良好,保水、保肥性差。在今后的施肥管理方面,应注意多施有机肥,也可以在果树行间种植生草,现已有很多研究表明,果园生草后能够提高土壤有机质含量,对土壤水解氮、速效磷、速效钾的含量也有部分提升,有利于苹果对营养元素的吸收^[25-27]。在离村较近的果园,可以多施用农家肥。该区果园土壤全氮含量较低,平均值仅为 0.81 g/kg,土壤速效氮>50 mg/kg 的果园占 8%,大部分果园土壤中的速效氮含量偏低。土壤速效磷含量均达到绿色食品肥力指标的 I 级标准,速效钾则达到 II 级及以上标准,这基本可以满足苹果树生长的需求。其需肥顺序是氮>钾和磷。黄陵县苹果园土壤养分丰缺状况基本与张进^[28]对延安地区土壤养分进行调查和分析所得的结果一致。苹果叶片氮含量整体水平较低,在调查的所有果园中,有将近 52% 的果园含量过低。有 82% 的苹果园叶片磷含量处于适宜值,有 12% 的果园叶片

钾含量处于较低值水平。需肥顺序为氮>钾和磷,这和土壤养分测定结果一致。在以后的施肥管理中需要高度重视,控磷、钾肥,多施用氮肥。

该地区土壤有效铁、锌的含量最低,其次是土壤有效锰,土壤有效铜较好,调查的果园中处于缺乏状态的果园占全部果园的比例分别为 72%、68%、55%、28%。其需肥顺序为土壤有效铁>有效锌>有效锰>有效铜。有 23% 的苹果园叶片铜含量达到适宜及丰富的含量水平,77% 的苹果园叶片铜含量不足,难以满足苹果树生长的需要。只有 7% 的果园叶片锰含量处于缺乏状态,有 34% 的苹果园叶片锌含量不足。叶片微量元素的需肥顺序为叶片铜>叶片锌>叶片铁>叶片锰,与土壤微量元素的需肥顺序不同。苹果叶片微量元素和土壤微量元素的含量分级不同的原因可能与采样时间不一致有关,采集土样的时期是前一年 9 月,采集叶样的时期是次年 7 月份,采集土壤和叶片的间隔时间里,果农当季施肥对其产生影响。

通过分析土壤养分之间的相关性得知,该地区土壤 pH 呈碱性,不利于土壤中微生物分解残落物,从而与有机质呈负相关,抑制了土壤对氮的吸收,夏栋等^[29]对植被混凝土的 pH、有机质、速效养分进行相关性分析也有相应结果。通过提高土壤有机质的含量,有利于土壤中大量元素的速效养分含量的提升,这与张强等^[30]在北京昌平区苹果园所得到的研究结果一致。田小明等^[31]在石河子大学试验站温室进行的盆栽试验也表明在一定程度上施用有机肥可以提高土壤养分、微生物生物量,增强土壤酶活性。

通过土壤和叶片养分之间的相关性分析得知,土

壤和叶片钾呈负相关,这表明如果继续过高增加土壤钾肥施用量,可能会起到无效的作用。而土壤和叶片对应的元素氮、磷以及微量元素之间呈正相关,即通过对土壤施肥可以相应地满足苹果树对这些元素的吸收。郭全恩等^[13]在甘肃省秦安县苹果园的研究得到相同的结果,即叶片中某元素的补充可通过向土壤增施相应的元素肥料获得。

在今后的化肥施用方面应该考虑到土壤的保肥性能较差,在施肥上根据果树的需肥特性应增加控释、缓释肥料的使用,减少养分的过快流失,有利于提高果园土壤肥料的利用效率。施肥方式上以底肥、追肥方式为主,并配合一定量的叶面肥。在施肥的种类和比例方面,以有机肥、氮肥为主,并适当补充磷肥和微肥,特别是富含铁、锰、铜、锌的微肥,少施钾肥。

果园肥力状况是影响苹果产量和品质的重要因素,本研究中未把该地区苹果园肥力状况与苹果产量、苹果树龄以及苹果品质结合起来进行研究分析,在以后的研究中可以在这个方向上作进一步的分析探讨,以期最大程度地降低该地区的果园投入成本,提高苹果产业的经济效益。

4 结论

1) 通过对黄土高原代表区黄陵县苹果园土壤养分和叶片养分分析,得到土壤和叶片养分相吻合的需肥规律。土壤有机质和全氮含量普遍偏低,速效磷和钾含量较高,苹果树需肥顺序是氮 > 钾和磷。

2) 黄陵县苹果园土壤和叶片微量元素含量分析表明,土壤铁、锌缺乏,土壤锰较缺乏,土壤铜含量适中,叶片铁含量较高,其次是叶片锰和锌,叶片铜次之。

3) 由土壤养分间及土壤养分和叶片养分的分析得知,土壤有机质含量与土壤中大量元素的有效成分正相关,土壤钾与叶片钾负相关。

参考文献:

[1] 赵政阳,戴军,王雷存. 陕西苹果产业现状及国际竞争力分析[J]. 西北农业学报, 2002, 11(4): 108-111

[2] 李丙智,刘建海,张林森,栾东珍,李亚绒,刘向阳. 不同时间套袋对渭北旱塬红富士苹果品质的影响[J]. 西北林学院学报, 2005, 20(2): 118-120

[3] Jones JB. Soil testing and plant analysis: Guides to the fertilization of horticultural crops[J]. Horticultural Reviews, 1985, 7: 1-68

[4] 翟衡,赵政阳,王志强. 世界苹果产业的发展趋势分析[J]. 果树学报, 2005, 22(1): 44-50

[5] 窦云萍,牛锐敏,王春良,陈卫平,李秋波,贾永华. 苹果园土壤养分状况对“红富士”苹果果实品质的影响[J]. 北方园艺, 2012(22): 162-164

[6] 刘秀春,高树青,王炳华. 辽宁省果树主产区果园土壤养分调查分析[J]. 中国果树, 2011(3): 63-66

[7] 赵林,姜远茂,彭福田. 苹果园土壤营养诊断采样方法研究[J]. 落叶果树, 2009(4): 1-3

[8] 刘双安,赵繁斌,刘竹梅,赵惠芳,霍冬爱,雷伟杰,郝军宏. 洛川县苹果园土壤养分状况调查及对策建议[J]. 陕西农业科学, 2004(4): 48-50

[9] 张强,魏钦平,刘旭东,刘惠平,蒋瑞山,王小伟. 北京昌平苹果园土壤养分、pH与果实矿质营养的多元分析[J]. 果树学报, 2011, 28(3): 377-383

[10] 高泽,李丙智,张立新,刘长虹,刘利花. 半湿润易旱区红富士苹果园初夏叶片养分状况的研究[J]. 西北农业学报, 2008, 17(5): 241-243

[11] 刘红霞,张会民,刘德鸿,周文利,王浩,王留好. 豫西地区红富士苹果叶片养分含量与果实品质的关系[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(18): 7 621-7 622

[12] 王富林,门永阁,葛顺峰,陈汝,丁宁,彭福田,魏绍冲,姜远茂. 两大优势产区“红富士”苹果园土壤和叶片营养诊断研究[J]. 中国农业科学, 2013, 46(14): 2 970-2 978

[13] 郭全恩,郭天文,王益权,马忠明,刘军,南丽丽. 甘肃省干旱地区苹果叶片营养和土壤养分相关性研究[J]. 土壤通报, 2009, 40(1): 114-117

[14] 郝雅璐,常庆瑞,刘海飞. 基于 GIS 的县域土地利用与地形因子关系研究——以陕西省黄陵县为例[J]. 水土保持通报, 2012, 32(6): 134-137

[15] 鲍士旦. 土壤农化分析. 3版[M]. 北京: 中国农业出版社, 1992: 25-282

[16] 郑小春,车金鑫,卢海蛟,翟丙年,赵政阳. 陕西白水县长红富士苹果示范园土壤养分状况分析[J]. 西北农业学报, 2011, 20(10): 97-101

[17] 郝荣庭. 果树栽培学总论[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000

[18] 李美阳,曲柏宏,陈艳秋,吴秀玉,代志. 延边苹果梨园土壤营养状况的研究[J]. 延边大学农学学报, 2001, 23(1): 16-21

[19] 中华人民共和国农业部. 绿色食品产地环境质量标准(NYT391-2013)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013

[20] 刘子龙,张广军,赵政阳,梁俊. 陕西苹果主产区丰产果园土壤养分状况的调查[J]. 西北林学院学报, 2006, 21(2): 50-53

[21] 沈善敏. 中国土壤肥力[M]. 大连: 大连海事大学出版社, 1998: 382

[22] 王青山,何利平. 土壤有机质与氮素供应的相关关系[J]. 山西林业科技, 2003(S1): 25-27

[23] 张晓霞,李占斌,李鹏. 黄土高原草地土壤微量元素分布特征研究[J]. 水土保持学报, 2010, 24(5): 45-48

[24] 安贵阳,史联让,杜志辉,郁俊娟,邓丰产. 陕西地区苹果叶营养元素标准范围的确定[J]. 园艺学报, 2004, 31(1): 81-83

[25] 张永朝,董铁方,樊合信. 白三叶草对苹果园土壤肥力的影响[J]. 北方果树, 2001(3): 13-14

- [26] 郝淑英, 刘蝴蝶, 牛俊玲, 解晓红, 李登科. 黄土高原区果园生草覆盖对土壤物理性状、水分及产量的影响[J]. 土壤肥料, 2003(1): 25–27
- [27] 李会科, 赵政阳, 张广军. 种植不同牧草对渭北苹果园土壤肥力的影响[J]. 西北林学院学报, 2004, 19(2): 31–34
- [28] 张进. 渭北苹果园土壤养分状况调查与评价[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2010
- [29] 夏栋, 许文年, 赵娟, 祝顺波. 植被混凝土护坡基材 pH、有机质及其与速效养分的相关性分析[J]. 水土保持研究, 2010, 17(6): 224–227
- [30] 张强, 魏钦平, 刘惠平, 蒋瑞山, 刘旭东, 王小伟. 苹果园土壤养分与果实品质关系的多元分析及优化方案[J]. 中国农业科学, 2011, 44(8): 1 654–1 661
- [31] 田小明, 李俊华, 王成, 褚贵新, 危常州, 郑倩, 邓世伟. 连续 3 年施用生物有机肥对土壤养分、微生物生物量及酶活性的影响[J]. 土壤, 2014, 46(3): 481–488

Analysis of Soil and Leaf Nutrients in Apple Orchards in The Loess Plateau —A Case Study of Huangling County, Shaanxi Province

GUO Hong¹, DU Yi-fei¹, WANG Hai-tao¹, WANG Zhi-kang¹, FANG Kai-kai¹,
ZHANG Xiang-xu¹, MAO Peng-juan¹, LI Hui-ke^{1,2*}

(1 College of Natural Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2 Key Laboratory of Plant Nutrition and the Agri-environment in Northwest China, Ministry of Agriculture, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: In order to understand the apple orchard soil fertility in Loess Plateau, this paper took the Huangling county which is one of the high apple yield areas as a representative example, collected the soil and leaf samples in 304 apple orchards, detected and analyzed soil organic matter, total nitrogen, available nitrogen, pH, available phosphorus, available potassium, CEC, effective trace-elements and the total nitrogen, phosphorus, potassium, copper, zinc, iron and manganese in leaves, evaluated the apple orchard fertility according to the corresponding evaluating standards. The results showed that soil organic matter contents in 72% of apple orchards was low. Nitrogen contents in soil and leaves were low while phosphorus and potassium contents were high. The need for fertilizers was in an order of Nitrogen>Potassium, phosphorus. The content of trace elements were low. Increasing soil organic matter content can increase the contents of soil available nutrients. The correlation between soil nutrients and leaf nutrients were positive but potassium was negative, which suggests fertilization can improve leaf nutrients except the potassium.

Key words: Soil fertility; Leaf nutrients; Correlation analysis; Evaluated standards