

黄土高原不同生态类型区果园地土壤肥力特征 综合评价及其区域差异特征研究

居玛汗·卡斯木¹, 张丽娜¹, 范鹏¹, 曹裕², 李军²

(1. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学 农学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要:以黄土高原典型苹果园地为研究区域,采用野外调查与试验分析相结合的方法,选取 6 个土壤养分指标:有机质、全氮、速效磷、全磷、速效钾和全钾,应用多元统计分析方法,分析了黄土高原典型苹果园地 3 个区段(陕西凤翔、陕西长武、陕西延安)0—300 cm 土壤剖面层土壤养分含量的分布特征及差异性。结果表明:不同苹果产区土壤养分含量差别明显,3 个试点各类果园 0—300 cm 土层土壤全氮含量平均值,全磷含量平均值、速效磷含量平均值、全钾含量平均值、速效钾含量平均值由大到小依次为凤翔>长武>延安;长武>凤翔>延安;长武>凤翔>延安;凤翔>长武>延安;长武>凤翔>延安。不同苹果产区果园 0—300 cm 土层土壤氮磷钾全量和速效量剖面分布特征类似,除全钾和速效氮外其余养分全量和速效量剖面分布具有明显“表层积聚效应”。长武和延安的 0—300 cm 土层土壤有机质含量的剖面分布特征类似,没有明显的垂直分层现象而凤翔 0—100 cm 土层速效钾含量随土层加深而迅速降低,100—200 cm 土层内有机质含量的剖面含量没有明显的变化。陕西长武地区土壤养分指数为 0.24 比陕西凤翔地区(0.23)的高;陕西凤翔地区养分指数(0.23)比陕西延安地区的(0.22)高。针对不同区域果园土壤养分含量差异,提出果园施肥建议:凤翔果园应该增施有机肥和氮肥,增施钾肥。长武果园增施有机肥,氮磷钾肥配合施用。延安地区土壤养分状况最差,应加大施肥力度,增施有机肥,氮磷钾肥配合施用,实行平衡施肥。

关键词:黄土高原; 典型苹果园; 区域差异特征; 土壤肥力特征综合评价

中图分类号: S158

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2015)01-0316-08

Regional Differences in Soil Nutrient Contents of the Typical Apple Garden of the Loess Plateau

Jumahan · Kasim¹, ZHANG Lina¹, FAN Peng¹, CAO Yu², LI Jun²

(1. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. College of Agronomy, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: In this study, field investigation and laboratory analyses were carried out to gain a comprehensive insight into five kinds of soil nutrients (organic matter, total nitrogen, available phosphorus, total phosphorus, available potassium and total potassium) in three sections of the typical apple gardens in Fengxiang, Changwu, Yan'an of the Loess Plateau. Multivariate statistical analysis method was used to study the characteristics of nutrient distribution in soil profile (0—300 cm) in different sections of the northern slope of the Loess Plateau. According to the standard of the Second National Soil Survey, variation characteristics of fertility and nutrient contents of different soil profiles in the sections were analyzed. Variations in soil nutrient contents were also clarified. Furthermore, quantitative comparison of nutrient contents among different sections was performed. The results showed that the contents of soil nutrients in different apple production areas had obvious differences. The orders of the average value of soil total nitrogen contents, the average value of total phosphorus contents, the average content of available phosphorus, the average value of the total potassium contents, the average value of available K contents were Fengxiang>Changwu>Yanan, Changwu>Fengxiang>Yanan, Changwu>Fengxiang>Yanan; Fengxiang>Changwu>Yanan, Changwu>Fengxiang>Yanan, respectively. The soil nutrient parameters of the orchards of the counties presented similar profile distribution. All the total nutrient and available nutrient contents except the potassium totals and

收稿日期: 2013-12-07

修回日期: 2014-01-07

资助项目: 国家自然科学基金项目(31071374)

第一作者: 居玛汗·卡斯木(1982—), 女(维吾尔族), 新疆库尔勒人, 硕士研究生, 研究方向: 旱区农业生态。E-mail: 735142548@qq.com

通信作者: 李军(1964—), 男, 教授, 博士, 主要从事旱区农业生态与高效耕作制度、作物生产系统模拟与决策领域的科研与教学工作。

E-mail: junli@nwsuaf.edu.cn

available nitrogen contents of all the orchards of the counties presented the obvious effect of surface enrichment. The nitrogen, phosphorous and potassium contents of the orchards were higher in top soil than in deep soil. In the soil profile of the 0—300 cm, soil organic matter content distribution similar in Changwu and Yanan, no vertical stratification phenomenon was found, and available potassium content in 0—100 cm soil layer declines with the increase of soil depth, the content of organic matter in the soil profile of 100—200 cm did not change obviously. Soil total nitrogen in 0—60 cm layer in Fengxiang orchard and Changwu orchard is deficient, available nitrogen is deficient, available phosphorus is medium and available potassium is medium rich. Soil total nitrogen, available nitrogen, available phosphorus, and available potassium in 0—60 cm layer in Yanan orchard are deficient. With respect to the variation of the nutrient contents of different orchard soil areas, we put forward the different fertilization recommendations. The organic fertilizer and nitrogen fertilizer, potassium fertilizer should be increased in Fengxiang orchard. Organic fertilizer, N, P, K fertilizer application should be increased in Changwu orchard. Soil nutrient status of the Yanan area is the worst, the intensity of fertilizer, organic fertilizer, N, P, K fertilizer application should be increased under balanced fertilization in order to balance fertilization

Keywords: typical apple garden of the loess plateau; regional differences; evaluation of soil fertility characteristics

黄土高原东南部是我国最大的优质苹果 (*Malus domestica*) 连片栽培区^[1]。果园土壤养分消耗量远高于农田,随着种植年限的延长,导致其土壤养分含量普遍偏低,而土壤养分也是影响苹果产量和品质提高的重要因素^[2-5],因此加速了果树衰败和果园生产力降低^[6-8]。测定和分析苹果园地深层土壤水分与养分含量及其丰缺状况,对综合分析和评估影响果园产量和品质的主要因素,实现果园水分、养分科学管理和合理施肥具有重大意义。

土壤养分区域分异研究是区域规划、生态环境保护 and 区域可持续发展的重要基础工作^[9]。国内外研究表明,土壤养分状况是土壤肥力的重要物质基础,是土壤肥力的主要内容,其丰缺状况直接影响作物的产量高低和品质优劣。土壤养分的动态变化受土壤类型、施肥、耕作、灌溉、海拔和气候等因素的影响^[10-13]。自然环境条件的改变、土地利用方式的变化等都会影响土壤养分的数量和构成^[14-17]。土壤肥力水平高低既取决于土壤发育的生态环境条件,也受耕作、施肥等农业生产实践的影响,是两者综合作用的产物。

本文采用多元统计分析方法,分析 3 个不同生态类型区果园地(南部半湿润黄土台塬沟壑区的陕西凤翔,中部半湿润易旱黄土残塬沟壑区的陕西长武,北部半湿润偏旱和半干旱黄土丘陵沟壑区的陕西延安)不同深度(0—20 cm, 20—40 cm, 40—60 cm, 60—80 cm, 80—100 cm, 100—120 cm, …, 280—300 cm)土壤养分含量的分布特征、肥力特征的综合评价结果及其区域差异,为黄土高原苹果产区养分管理和苹果高产优质生产、生态环境重建与水土保持提供土壤养分方面的科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

黄土高原苹果产区海拔高度 800~1 200 m, 年均气温 7~12.8℃, 昼夜温差可达 10℃ 以上, 年均降水量 450~650 mm, 年日照时数 2 300~2 500 h, 无霜期 170 d, 气候条件有利于优质苹果生产^[12]。地貌以黄土残塬沟壑和黄土丘陵沟壑为主, 黄土覆盖层深厚, 主要土种为褐土、黑垆土和黄绵土, 土壤质地疏松, 保水和保肥力强。本研究以陕西见翔、长武、延安 3 个典型苹果生产基地县(区)为试点, 于 2010 年 7 月选择了 21 个具有代表性的塬地、梯田和山地等不同地貌类型和不同树龄果园为样点, 采集果园 0—100 cm 土层土壤样品。各试验点主要气候特征、土壤类型、果园地貌、果园样点数和果树树龄等概况如表 1 所示。

表 1 各试点气候、土壤与样点果园概况

试验地点	年均气温/℃	年降水量/mm	无霜期/d	土壤类型	果园地貌	果园样点数
凤翔	11.5	655.6	207	褐土	梯田	3
长武	9.1	563.8	171	黑垆	土塬地	4
延安	9.2	538	171	黄绵	土山地	3

1.2 研究方法

1.2.1 苹果园地土壤养分测定 2010 年 7 月中旬, 选取 3 类典型塬地旱作果园, 每类果园设置 1 个深层土壤样点。取样深度 0—300 cm, 每隔 20 cm 采集 1 个土样, 自然阴干后保存。所取土样层包括 0—20 cm, 20—40 cm 和 40—60 cm, 60—80 cm, 80 cm—100 cm, …, 280—300 cm 层。每土层取约 1 kg 混合样, 装于自封塑料袋并做好标记和编号。

1.2.2 样本的测定及其分析方法 2011年11月在西北农林科技大学中国旱区节水农业研究院和农业部西北黄土高原作物生理生态与耕作栽培重点实验室测定土壤养分,首先对土壤样品按照常规方法进行预处理,然后分别测定土壤有机质和氮、磷、钾全效及速效养分含量。有机质采用重铬酸钾外加热法,全氮采用半微量开氏法,碱解氮采用碱解扩散法,全磷采用 $\text{HClO}_4\text{—H}_2\text{SO}_4$ 钼锑抗比色法,速效磷采用0.5 mol/L浸提—钼锑抗比色法。全钾采用氢氧化钠熔融火焰光度法,速效钾采用1 mol/L的 NH_4OAc 浸提—火焰光度法测定^[18]。

1.2.3 数据处理 土壤养分指数(SNI)可以综合反映土壤肥力的相对丰缺程度,在农田和林地土壤养分比较研究中是较有成效的土壤肥力指标之一^[19]。其计算公式如下:

$$\text{SNI} = W_i \cdot S(N_i) \quad (1)$$

式中: W_i ——各养分元素的权重; $S(N_i)$ ——各养分元素的隶属度值。土壤肥力的变化具有连续性,应采用连续性质的隶属度函数,公式如下:

$$S(N_i) = (N_{ij} - N_{i\min}) / (N_{i\max} - N_{i\min}) \quad (2)$$

式中: $S(N_i)$ ——各养分指标的隶属度值; N_{ij} ——各养分指标的原始值; $N_{i\min}, N_{i\max}$ ——第*i*项养分指标原始值的最小值和最大值

SNI计算方法是在土壤养分指标测定结果基础上分别计算 W_i 和 $S(N_i)$ 。采用SPSS19.0软对各养分指标进行因子分析,获得公因子方差,进而确定各自的权重系数 W_i ; $S(N_i)$ 依照式(2)使用Microsoft Excel 2010来计算软件,图件绘制采用Statistica软件。

1.3 土壤养分含量分级指标

本研究土壤养分丰缺状况参考张进等^[20]的研究,将5个关键养分指标分为缺乏、适宜和丰富3级。其中,有机质含量 <10 g/kg为缺乏,10~20 g/kg为适宜, >20 g/kg为丰富;全氮 <0.75 g/kg为缺乏,0.75~1.0 g/kg为适宜, >1.0 g/kg为丰富;碱解氮、速效钾标准类似 <50 mg/kg为缺乏,50~100 mg/kg为适宜, >100 mg/kg为丰富;速效磷 <5 mg/kg为缺乏,5~10 mg/kg为适宜, >10 mg/kg为丰富。

2 结果与分析

2.1 苹果园不同区段0—300 cm 土层土壤养分各指标含量的统计特征差异

2.1.1 陕西凤翔苹果园地0—300 cm 土层土壤养分含量统计特征 凤翔区段0—300 cm 土壤层有机质含量为13.82~15.28 g/kg,平均值为17.46 g/kg,

变异系数为5.15%,属于低等变异;全氮含量为3.37~3.99 mg/kg间,平均值为3.77 mg/kg,变异系数为9.18%,属于中等变异;速效磷含量为0.01~0.61 mg/kg,平均值为0.23 mg/kg,变异系数为143.47%,属于高等变异;全磷含量为0.09~0.15 mg/kg,平均值为0.11 mg/kg,变异系数为30.58%,属于中等变异;全钾含量为18.41~24.72 mg/kg,平均值为22.13 mg/kg,变异系数为14.94%,属于中等变异;速效钾含量为25.84~46.43 mg/kg,平均值为36.73 mg/kg,变异系数为28.19%,属于中等变异。

2.1.2 陕西长武苹果园地0—300 cm 土层土壤养分含量统计特征 陕西长武区段0—300 cm 土壤层有机质含量为0.437~14.53 g/kg,平均值为15.18 g/kg,变异系数为4.35%,属于低等变异;全氮含量为2.99~5.48 mg/kg,平均值为4.34 mg/kg,变异系数为28.97%,属于中等变异;速效磷含量在0.07~0.14 mg/kg,平均值为0.11 mg/kg,变异系数为32.08%,属于高等变异;全磷含量在0.17~0.23 mg/kg,平均值为0.19 mg/kg,变异系数为16.41%,属于低等变异;全钾含量为23.25~31.24 mg/kg,平均值为26.17 mg/kg,变异系数为16.74%,属于中等变异;速效钾含量为63.46~77.44 mg/kg,平均值为69.27 mg/kg,变异系数为10.55%,属于中等变异。

2.1.3 陕西延安苹果园地0—300 cm 土层土壤养分含量统计特征 陕西延安区段0—300 cm 土壤层有机质含量为16.97~18.55 g/kg,平均值为14.95 g/kg,变异系数为4.74%,属于低等变异;全氮含量为2.72~3.08 mg/kg,平均值为2.91 mg/kg,变异系数为6.28%,属于低等变异;速效磷含量在0.01~0.04 mg/kg,平均值为0.02 mg/kg,变异系数为68.65%,属于中等变异;全磷含量为0.08~0.13 mg/kg,平均值为0.11 mg/kg,变异系数为23.81%,属于中等变异;全钾含量为6.64~18.55 mg/kg,平均值为11.64 mg/kg,变异系数为53.21%,属于中等变异;速效钾含量为15.25~37.86 mg/kg,平均值为25.46 mg/kg,变异系数为44.92%,属于中等变异。

从图1可见,黄土高原典型苹果园地各区段0—300 cm 土壤剖面层有机质含量的平均值以陕西凤翔区段的最大,延安区段的最小;有机质含量以凤翔区段的最大,最小值以延安区段的最小。全氮含量平均值以长武区段最大,延安区段最小;全氮含量的最大值长武区段最大,延安区段最小。速效磷含量的平均值以延安区段最大,长武区段最小;速效磷含量的最大值以凤翔区段最大,最小值以延安区段最小。全磷含量平均值以长武区段最大,凤翔区段最小;全磷含

量的最大值长武区段最大,最小值以延安区段最小。速效钾含量平均值以凤翔区段最大,延安区段最小;速效钾含量的最大值以陕西长武区段最大,最小值

以延安区段最小。全钾含量平均值以长武区段最大,延安区段最小;全钾含量的最大值以陕西长武区段最大,最小值以延安区域最小。

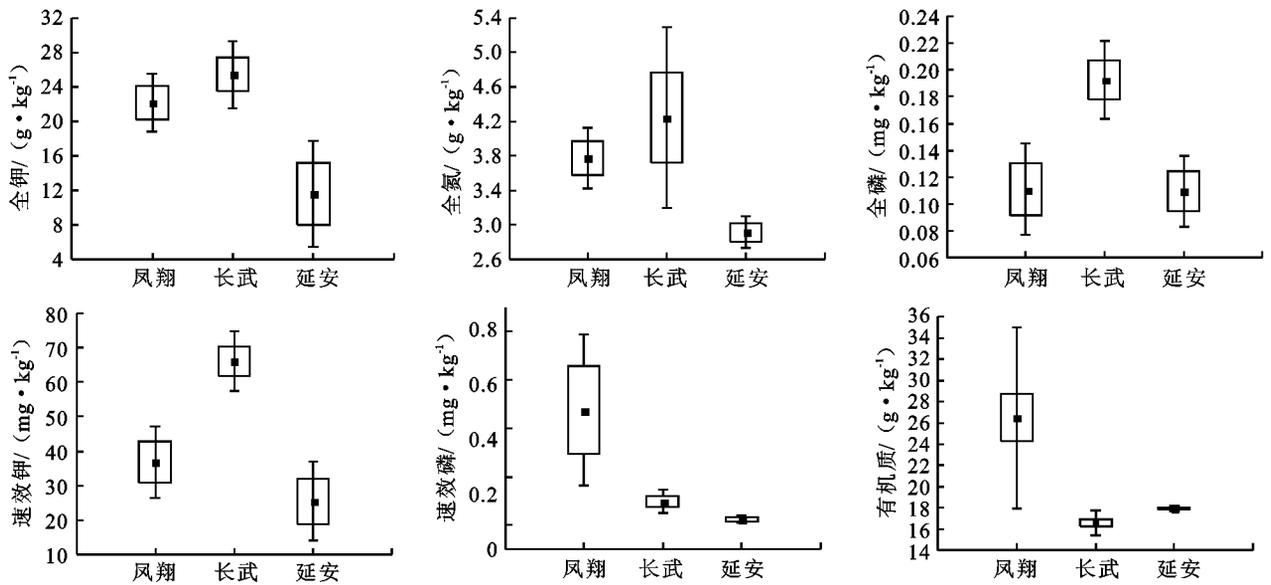


图 1 黄土高原典型苹果园地 0—300 cm 土层土壤养分含量统计特征

2.2 不同区段苹果园地 0—300 cm 土层土壤养分各指标的剖面分布

由凤翔、长武、延安 3 个试点各类苹果园地 0—300 cm 土层土壤全氮含量剖面分布图(图 2)可知,各地果园土壤全氮含量剖面分布规律基本相似,0—80 cm 土层土壤全氮含量波动剧烈,随土壤深度加深全氮含量迅速减少,在 80 cm 及其以下土层全氮含量降低到最低值并保持相对稳定。

由凤翔、长武、延安 3 个试点各类果园 0—300 cm 土层土壤全磷和速效磷含量剖面分布图(图 2)可知,各地果园土壤全磷含量剖面分布特征类似,0—80 cm 土层土壤全磷含量随土壤深度增加而降低,在 80 cm 以下土层土壤全磷含量达到较低值后相对稳定。凤翔、长武 2 个试点各类果园土壤速效磷含量剖面分布特征也基本类似,0—80 cm 土层土壤速效磷含量随土层加深而迅速降低,且降低幅度远远大于全磷;80 cm 以下土层土壤速效磷含量不再有剧烈波动,240—300 cm 土层速效磷含量略呈上升趋势。与其他 2 个试点相比,延安果园 0—300 cm 土层土壤速效磷含量较低,且波动较为平缓。果园土壤速效磷剖面分布极不均匀,表层土壤速效磷含量较高,这与磷肥施用多集中于上层土壤、土壤磷素迁移率低等因素有关。

由凤翔、长武、延安 3 个试点各类苹果园地 0—300 cm 土层土壤全钾和速效钾含量剖面分布图(图 2)可知,果园土壤全钾含量在 0—300 cm 土层内小幅度连续波动,不同试点果园土壤全钾含量差异明显,且果园土壤全钾没有表层养分累积现象,这主要与果

园土壤母质为富钾黄土有关^[15]。3 个试点各类果园 0—300 cm 土层土壤速效钾剖面分布特征类似,0—80 cm 土层速效钾含量随土层加深而迅速降低,除延安外其余 2 个试点果园土壤速效钾含量降低幅度均比较大,在 80 cm 以下土层土壤速效钾含量相对稳定。3 个试点各类果园里长武和延安的 0—300 cm 土层土壤有机质含量的剖面分布特征类似,没有明显的垂直分层现象而凤翔 0—100 cm 土层速效钾含量随土层加深而迅速降低,100—200 cm 土层内有机质含量的剖面含量没有明显的变化。

2.3 苹果园不同区域 0—60 cm 土层土壤养分含量丰缺状况评价及其相应的措施

由于不同区域气候和果园土壤条件等因素差异,导致果园土壤养分丰缺程度不同。根据全国第二次土壤普查分级标准^[21]判断,凤翔果园 0—60 cm 土层土壤全氮较缺,速效氮缺,速效磷中等,速效钾较丰富。长武果园 0—60 cm 土层土壤全氮较缺,速效氮较丰富,速效磷中等,速效钾丰富。延安果园 0—60 cm 土层土壤全氮和速效氮缺,速效磷缺,速效钾较缺。总体上,大部分试点果园土壤全氮含量较缺,土壤速效磷含量处于中等水平,土壤速效钾处于丰富或较丰富水平,但果园需钾量较大,需要补施钾肥。因此,凤翔果园应该增施有机肥和氮肥,增施钾肥。长武果园增施有机肥,氮磷钾肥配合施用。延安地区土壤养分状况最差,应加大施肥力度,增施有机肥,氮磷钾肥配合施用,实行平衡施肥。

黄土高原 3 个不同生态类型区果园地不同土壤

剖面层养分肥力指数的平均值比较分析可发现,中部陕西长武地区土壤养分综合肥力特征比南部的陕西凤翔地区综合肥力特征高,而南部的陕西凤翔地区综合肥力特征比北部的陕西延安的高(表 2,表 3)。黄土高原 3 个不同生态类型区果园地不同土壤剖面层

养分肥力指数的最大值以南部的陕西凤翔地区的最大,以北部的陕西延安地区的最小;黄土高原 3 个不同生态类型区果园地不同土壤剖面层养分肥力指数的最小值以南部的陕西凤翔地区的最高,而以中部陕西长武地区的最小。

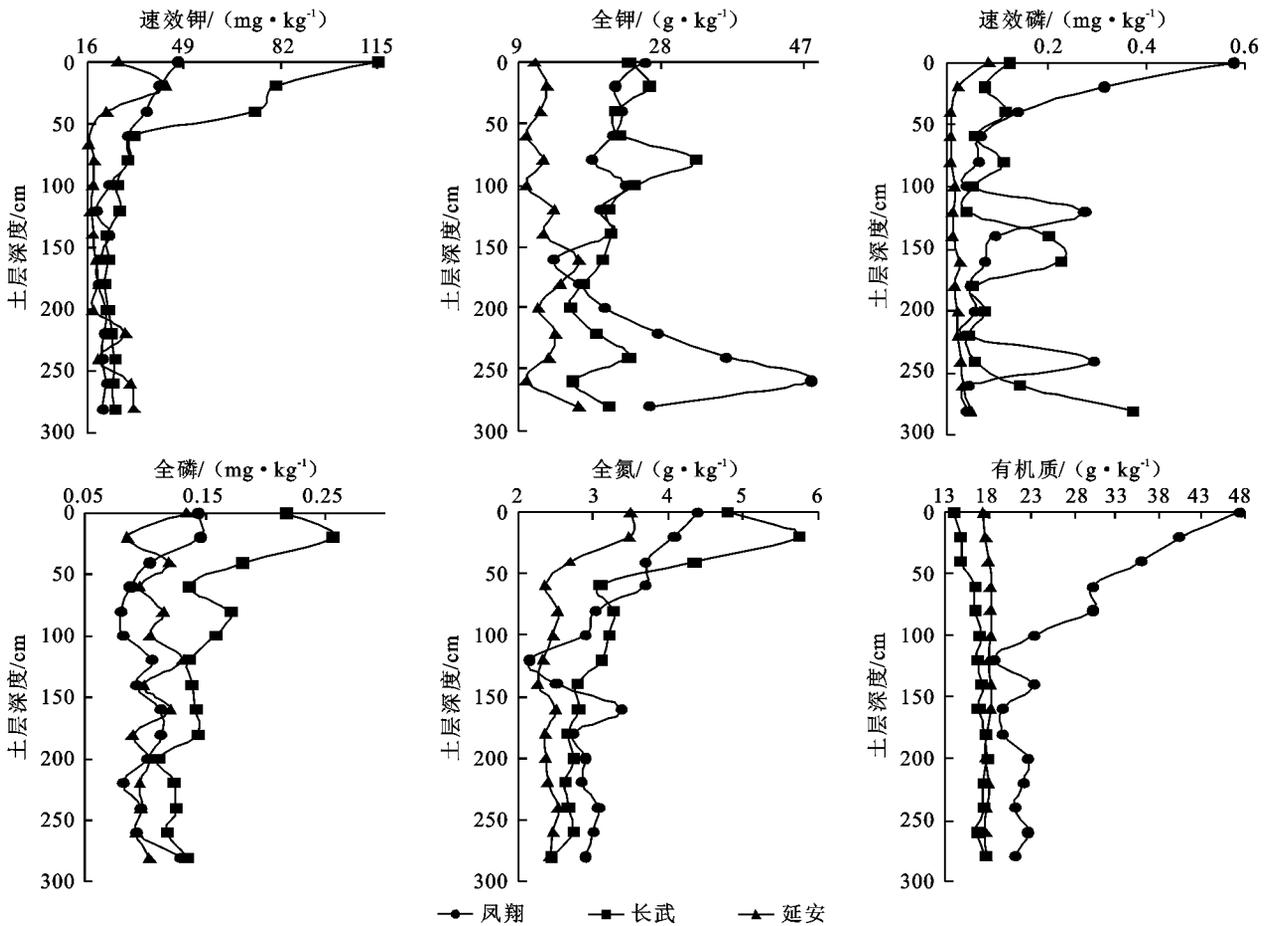


图 2 不同试点苹果园地 0—300 cm 土层土壤养分含量的剖面分布特征
表 2 黄土高原不同生态苹果园地土壤养分指标隶属度值、权重和养分指数

地名	土壤深度/cm	隶属度值及权重						SNI
		全氮	速效磷	全钾	有机质	全磷	速效钾	
凤翔	0	1.00	1.00	0.35	1.00	0.97	1.00	0.95
	20	0.86	0.51	0.24	0.76	1.00	0.76	0.55
	40	0.69	0.19	0.27	0.60	0.36	0.60	0.28
	60	0.69	0.06	0.23	0.40	0.13	0.40	0.14
	80	0.39	0.05	0.15	0.40	0.00	0.40	0.11
	100	0.33	0.00	0.28	0.16	0.05	0.16	0.06
	120	0.00	0.44	0.18	0.00	0.40	0.00	0.34
	140	0.16	0.11	0.22	0.16	0.21	0.16	0.13
	160	0.55	0.08	0.00	0.03	0.50	0.03	0.09
	180	0.26	0.02	0.10	0.03	0.53	0.03	0.05
	200	0.34	0.03	0.20	0.14	0.34	0.14	0.08
	220	0.31	0.00	0.40	0.12	0.06	0.12	0.06
	240	0.42	0.48	0.67	0.08	0.27	0.08	0.43
	260	0.38	0.01	1.00	0.14	0.21	0.14	0.13
280	0.34	0.01	0.37	0.08	0.78	0.08	0.08	
权重(W_i)		0.03	0.72	0.08	0.07	0.03	0.07	

续表 2

地名	土壤 深度/cm	隶属度值及权重						
		全氮	速效磷	全钾	有机质	全磷	速效钾	SNI
长武	0	0.72	0.26	0.47	0.00	0.73	1.00	0.60
	20	1.00	0.11	0.63	0.25	1.00	0.63	0.43
	40	0.58	0.24	0.36	0.20	0.49	0.55	0.40
	60	0.19	0.06	0.39	0.61	0.18	0.11	0.10
	80	0.25	0.23	1.00	0.63	0.41	0.09	0.21
	100	0.23	0.04	0.50	0.81	0.33	0.04	0.09
	120	0.20	0.00	0.29	0.68	0.18	0.06	0.06
	140	0.10	0.49	0.32	0.84	0.20	0.00	0.26
	160	0.11	0.56	0.26	0.74	0.22	0.01	0.30
	180	0.06	0.05	0.10	0.94	0.22	0.00	0.05
	200	0.08	0.11	0.00	1.00	0.00	0.01	0.07
	220	0.05	0.01	0.20	0.88	0.10	0.02	0.03
	240	0.06	0.05	0.46	0.87	0.11	0.04	0.07
	260	0.08	0.32	0.02	0.70	0.05	0.03	0.18
	280	0.00	1.00	0.30	0.92	0.17	0.04	0.51
		权重(W_i)	0.07	0.47	0.03	0.005	0.06	0.37
延安	0	1.00	1.00	0.16	0.00	1.00	0.38	0.89
	20	0.99	0.17	0.42	0.37	0.00	1.00	0.30
	40	0.35	0.00	0.28	0.80	0.69	0.23	0.07
	60	0.08	0.03	0.02	1.00	0.21	0.00	0.03
	80	0.23	0.03	0.35	0.95	0.61	0.06	0.06
	100	0.16	0.10	0.00	0.88	0.39	0.04	0.10
	120	0.07	0.07	0.53	0.79	0.94	0.03	0.11
	140	0.00	0.06	0.33	0.85	0.27	0.05	0.07
	160	0.21	0.24	0.98	0.86	0.72	0.09	0.26
	180	0.08	0.10	0.65	0.52	0.08	0.10	0.12
	200	0.10	0.18	0.26	0.29	0.40	0.05	0.17
	220	0.12	0.21	0.56	0.61	0.19	0.46	0.25
	240	0.23	0.30	0.44	0.45	0.24	0.11	0.28
	260	0.17	0.32	0.02	0.34	0.14	0.53	0.33
	280	0.13	0.56	1.00	0.49	0.36	0.58	0.56
		权重(W_i)	0.03	0.78	0.04	0.0003	0.03	0.12

表 3 黄土高原不同区段的苹果原地土壤肥力指数的基本描述

地名	项目	平均	标准差	方差	最小值	最大值	变异系数
龙翔	SNI	0.23	0.25	0.06	0.05	0.95	1.08
延安	SNI	0.22	0.19	0.03	0.03	0.60	0.83
长武	SNI	0.24	0.23	0.05	0.03	0.89	0.95

陕西龙翔地区 0—100 cm 土壤剖面层范围内土壤养分指数随着土壤剖面层深度的加深而减少; 100—300 cm 没有明显的规律, 有的减少, 有的增加。陕西长武地区 0—80 cm 土壤剖面层范围内土壤养分

指数随着土壤剖面层深度的加深而减少; 80—300 cm 没有明显的规律, 有的减少, 有的增加。陕西延安地区 0—20 cm 土壤剖面层范围内土壤养分指数随着土壤剖面层深度的加深而减少; 20—300 cm 没有明显的规律, 有的减少, 有的增加。

3 讨论

土壤养分是影响苹果产量与品质提高的重要因素之一^[22-25]。黄土高原 3 个不同生态类型区果园地不同土壤剖面层养分特征分析可知, 中部半湿润易旱

黄土残塬沟壑区的陕西长武地区土壤养分综合肥力特征比南部半湿润黄土台塬沟壑区的陕西凤翔地区综合肥力特征高,而凤翔地区北部半湿润偏旱和半干旱黄土丘陵沟壑区的陕西延安的高。原因可能在于:在相同气候区,黄土高原3个不同生态类型区果园地土壤养分含量的空间分布受成土母质、地形地貌、土壤类型、土壤质地^[26-29]、植被覆盖度、海拔、热量及人为管理措施等因素的影响^[26]。成土母质一方面作为土壤的骨架,另一方面是植物矿质养料元素的最初来源,不仅直接影响着土壤的物理化学性质组成、土壤成土过程的性质,还影响着土壤养分累积和淋失^[30]。有关研究显示,地形和土壤类型影响土壤养分的空间分布。陕西长武地区主要土壤类型是黑钙土。黑钙土自然肥力水平较高,土壤养分含量较高^[31]。南部的陕西凤翔地区土壤质地较重,主要土壤类型是褐黏土,利于有机质的积累,故土壤养分含量较高,而陕西延安地区土壤类型为黄绵,质地较轻,通气条件较好,有机质相对容易流失,因此土壤养分含量较低。

植被覆盖度、海拔和热量也是决定土壤养分含量的主要因素。实地考察发现,中部的陕西长武地区的植被覆盖度比南部的陕西凤翔地区高,而中部的陕西长武地区的植被覆盖度比北部的陕西延安地区高。随着海拔的降低,降雨量逐渐减少,植被覆盖度逐渐降低,土壤养分含量也逐渐降低^[2]。陕西延安地区因气候干旱,植物稀疏,不利于土壤养分的积累。陕西龙翔、长武气候相对比延安较湿润,植被覆盖度较高,这些优势的条件为土壤养分的积累奠定了基础。这是陕西龙翔、长武土壤养分含量相对较高的主要原因。

不同试点各类果园土壤养分状况差异明显,一方面是与各地果园施肥和灌水管理措施有关,另一方面也与果园土壤类型、地貌形态和气候条件等密切相关。针对不同区域果园土壤养分含量差异,提出果园施肥建议:凤翔果园应该增施有机肥和氮肥,增施钾肥。长武果园增施有机肥,氮磷钾肥配合施用。延安地区土壤养分状况最差,应加大施肥力度,增施有机肥,氮磷钾肥配合施用,实行平衡施肥。不同苹果产区的果园都需增施有机肥,有机肥能改善土壤理化性状,提高土壤肥力。有机肥源成为施肥的关键,除了通过传统的方式增加土壤有机质,可采用果园生草措施来提高土壤有机质含量,改善果园生态。

4 结论

(1) 不同苹果产区土壤全氮含量差别明显,3个试点各类果园0—300 cm 土层土壤全氮含量平均值由大到小依次为:凤翔>长武>延安;土壤全磷含量

平均值由大到小依次为:长武>凤翔>延安。土壤速效磷含量平均值由大到小依次为:长武>凤翔>延安。土壤全钾含量平均值由大到小依次为:凤翔>长武>延安。土壤速效钾含量平均值由大到小依次为:长武>凤翔>延安。黄土高原3个不同生态类型区果园地不同土壤剖面层养分特征分析可知,陕西长武地区土壤养分综合肥力特征比陕西凤翔的高,而陕西凤翔地区综合肥力特征比陕西延安的高。

(2) 各地(凤翔、长武、延安)各类苹果园地0—300 cm 土层土壤全氮含量剖面分布规律基本相似;各地(凤翔、长武、延安)各类苹果园地0—300 cm 土层土壤全磷含量剖面分布特征类似;凤翔、长武2个试点各类果园土壤速效磷含量剖面分布特征也基本类似,延安果园0—300 cm 土层土壤速效磷含量较低,且波动较为平缓;果园土壤全钾含量在0—300 cm 土层内小幅度连续波动,不同试点果园土壤全钾含量差异明显,且果园土壤全钾没有表层养分累积现象;3个试点各类果园0—300 cm 土层土壤速钾剖面分布特征类似。

(3) 针对不同区域果园土壤养分含量差异,提出果园施肥建议:凤翔果园应该增施有机肥和氮肥,增施钾肥。长武果园增施有机肥,氮磷钾肥配合施用。延安地区土壤养分状况最差,应加大施肥力度,增施有机肥,氮磷钾肥配合施用,实行平衡施肥。

参考文献:

- [1] Department of Agriculture of Shaanxi Province. 2011-2015 Apple Industry Planning of Luochuan [EB/OL]. (2010-03-13) [2012-06-10]. <http://luochuan.mofcom.gov.cn/aarticle/zhong yaoz t/201105/20110507541949.html>(in Chinese)
- [2] Singh S R, Sharma A K, Sharma M K, et al. Influence of NPK combinations at different altitudes and aspects on fruit yield, quality and leaf nutrient status of apple cv. Red Delicious[J]. *Indian Journal of Horticulture*, 2009, 66: 175-182
- [3] Fallahi E, Fallahi B, Neilsen GH, et al. Effects of mineral nutrition on fruit quality and nutritional disorders in apples[J]. *Acta Horticulturae*, 2010, 868: 49-59.
- [4] 刘小勇,董铁,张坤,等. 甘肃陇东旱塬不同树龄苹果园矿质氮的分布和积累特征[J]. *应用生态学报*, 2010, 21(3): 796-800.
- [5] 樊军,邵明安,郝明德,等. 渭北旱塬苹果园土壤深层干燥化与硝酸盐累积[J]. *应用生态学报*, 2004, 15(7): 1213-1216.
- [6] 刘子龙,张广军,赵政阳,等. 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.
- [7] 杨雨林,郭胜利,马玉红,等. 黄土高原沟壑区不同年限苹果园土壤碳,氮,磷变化特征[J]. 植物营养与肥料学报,2008,14(4):685-691.
- [8] 张义,谢永生,郝明德. 黄土沟壑区王东沟流域苹果品质限制性生态因子探析[J]. 中国农业科学,2011,44(6):1184-1190.
- [9] 钱乐祥,许叔明,秦奋,等. GIS 支持的土壤贫瘠化区域分异研究:以福建为例[J]. 地理科学,2002,22(1):85-90.
- [10] 林超文,罗春燕,庞良玉,等. 不同雨强和施肥方式对紫色土养分损失的影响[J]. 中国农业科学,2011,44(9):1847-1854.
- [11] 薛丽佳,卢茜,高人. 不同类型土壤有机碳含量比较研究[J]. 安徽农业科学,2001,39(11):6486-6487.
- [12] 隗英华,汪仁,孙文涛,等. 辽西石灰性褐土不同施氮模式下的土壤养分动态研究[J]. 中国土壤与肥料,2011(2):10-15.
- [13] Liu M, Li Z P, Zhang T L, et al. Discrepancy in response of rice yield and soil fertility to long term chemical fertilization and organic amendments in paddy soils cultivated from infertile upland in subtropical China [J]. *Agricultural Sciences in China*,2011,10(2):259-266
- [14] 张世熔,黄元仿,李保国,等. 黄淮海冲积平原区土壤有机质时空变异特征[J]. 生态学报,2002,22(12):2041-2047.
- [15] Chang C. Variation in soil total organic matter content and total nitrogen associated with micro relief[J]. *Canadian Journal of Soil Science*,1995,75(4):471-473.
- [16] Oades J M, Glen O. Influence of management on the composition of organic matter in a red-brown earth as shown by ^{13}C nuclear magnetic resonance[J]. *Australian Journal of Soil Research*,1988,26(2):289-299.
- [17] Wu J, O'Donnell A G, Syers J K, et al. Modeling soil organic matter changes in ley-arable rotations in sandy soils of Northeast Thailand[J]. *European Journal of Soil Research*,1998,49(3):463-470.
- [18] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,2000:25-38.
- [19] 宋会兴,苏智先,彭远英. 渝东山地黄壤肥力变化与植物群落演替的关系[J]. *应用生态学报*,2005,16(2):223-226.
- [20] 张进,吴发启,张扬,等. 渭北优质苹果种植区土壤养分调查与评价[J]. *西北农业学报*,2011,20(1):102-108.
- [21] 土壤普查办公室. 中国土壤普查技术[M]. 北京:农业出版社,1992:31-41.
- [22] Singh S R, Sharma A K, Sharma M K. Influence of NPK combinations at different altitudes and aspects on fruit yield, quality and leaf nutrient status of apple cv. Red Delicious [J]. *Indian Journal of Horticulture*,2009,66(2):175-182.
- [23] Neilsen G H, Neilsen D, Peryea F J, et al. Effects of mineral nutrition on fruit quality and nutritional disorders in apples[C]// Pestana M, Correia P J. VI International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Crops 868. 2008:49-60.
- [24] Liu X Y, Dong T, Zhang K, et al. Distribution anti accumulation of mineral nitrogen in apple orchard soils in dry plateau of eastern Gansu Province[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*,2010,21(3):796-800.
- [25] 樊军,邵明安,郝明德,等. 渭北旱塬苹果园土壤深层干燥化与硝酸盐累积[J]. *应用生态学报*,2004,15(7):1213-1216.
- [26] 李培清. 新疆土壤分析[M]. 乌鲁木齐:新疆人民出版社,1987.
- [27] 徐艳,张凤荣,汪景宽. 20 年来我国潮土区与黑土区土壤有机质变化的对比研究[J]. *土壤通报*,2004,35(2):102-105.
- [28] 李君剑,赵溪,潘恬豪,等. 不同土地利用方式对土壤活性有机质的影响[J]. *水土保持学报*,2011,25(1):147-151.
- [29] 黄元仿,周志宇,苑小勇,等. 干旱荒漠区土壤有机质空间变异特征[J]. *生态学报*,2004,24(12):2776-2781.
- [30] 陆梅,田昆,莫剑锋. 高原湿地纳帕海 4 种湿地利用类型土壤养分和微生物特征研究[J]. *水土保持研究*,2011,18(2):241-245.
- [31] 中国环境总站. 土壤元素的现代分析法[M]. 北京:中国环境科学出版社,1992.