

# 半湿润易旱区红富士苹果园初夏土壤理化特性及施肥研究

刘利花<sup>1</sup>, 范崇辉<sup>1\*</sup>, 张立新<sup>2</sup>, 韩明玉<sup>1</sup>

(1. 西北农林科技大学园艺学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学生命学院, 陕西 杨凌 712100)

**摘要:** 通过田间调查及对高产果园( $\geq 22\ 500\ \text{kg}/\text{hm}^2$ )和低产果园( $< 18\ 000\ \text{kg}/\text{hm}^2$ )土壤样品的分析,研究了半湿润易旱区红富士果园初夏土壤理化特性。试验结果表明:高产园和低产园的物理特性和养分状况差异显著。高产园土壤pH显著低于低产园,而电导率及有机质、速效氮、速效磷、速效钾和微量元素都显著高于低产园,其养分含量均处于中等到丰富水平,符合高产优质果园土壤养分含量的标准,而低产园养分含量处于中等或缺乏水平;两类果园0~20cm土层的养分含量均高于其它土层。有机质与速效氮、速效磷、速效钾之间均呈现显著或极显著的相关关系。根据苹果的需肥特性和土壤养分状况及有效性,初步提出了低产园的优化施肥结构模式:增施有机肥和补施氮、磷肥为主,配施一定量的钾肥和微肥,以保证苹果的丰产优质。

**关键词:** 红富士苹果园;物理特性;土壤养分;施肥结构;半湿润易旱区

**中图分类号:** S 153 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)02-0028-05

渭北旱原是苹果的最佳适生栽培区域。据统计,该区苹果栽培面积已达26.7万 $\text{hm}^2$ ,其中红富士栽培面积约占50%左右<sup>[1,2]</sup>。然而,由于缺乏合理的施肥技术和量化指标,出现了土壤养分比例失调、产量和品质难以持续提高等一系列生产问题,致使该区果树生产潜力未能充分发挥<sup>[3]</sup>,严重制约了该区的经济发展。

果园土壤养分和施肥状况直接影响苹果的产量、品质和经营效益,应该经常对之监测和研究。对采果后施基肥前果园土壤养分状况的研究已有很多报道,但对初夏施肥前果园土壤养分状况的研究目前报道尚少。而这时随着土温上升,土壤微生物开始频繁活动,果树新生根系生长进入活跃期,对土壤养分的吸收利用随之增加,此时对果园土壤进行养分状况的分析研究,有助于了解果园土壤养分的亏缺状况,及时进行科学合理追肥,以保证养分供应。本文通过对该区高低产红富士果园土样的测定,初步探讨了初夏果园土壤的物理特性和养分状况,为采用初夏测土施肥提供科学依据。

## 1 试验材料与方法

### 1.1 试验区概况和供试材料

试验在陕西省半湿润易旱区的扶风县果区进行,主要土壤种类为塋土,质地中壤。年平均气温

12.2℃,  $\geq 10^\circ\text{C}$ 有效积温4 053.7℃,年降雨量600 mm左右。

供试土壤于2006年5月初采自该区30个高产园( $\geq 22\ 500\ \text{kg}/\text{hm}^2$ )和30个低产园( $< 18\ 000\ \text{kg}/\text{hm}^2$ )<sup>[4]</sup>,每个果园用“S”形随机多点混合的取样方法,在树冠边缘距树干2/3处,0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm、60~90 cm土层采样,测定土壤水分状况,土样处理后进行室内分析,测定其pH、电导率、有机质、速效氮、有效磷、有效钾、Ca、Mg、Zn等含量。

### 1.2 分析方法

样品养分含量测定,均采用常规方法<sup>[4]</sup>。pH和电导率分别用酸度计和电导仪测定,有机质测定采用重铬酸钾容量法—外加加热法,速效氮用1 mol/L的KCl浸提,流动注射分析仪测定,速效磷测定采用钼锑抗吸光光度法,速效钾测定采用火焰光度法,有效Ca、Mg、Zn的测定采用原子吸收分光光度法。

### 1.3 数据统计

数据处理采用Excel和SAS数据处理系统。

## 2 结果与分析

### 2.1 果园土壤pH和电导率状况

土壤pH对各种矿质元素的有效性起着关键作用。苹果喜微酸性到中性土壤,最适pH范围为5.4

收稿日期:2007-07-31

基金项目:农业部948项目(2006D-28);农业部行业计划项目(nyhyzx 07-024)

作者简介:刘利花(1982-),女,河南濮阳人,在读硕士,研究方向为果树生理生态。

\*通讯作者:范崇辉(1956-),男,陕西礼泉人,教授,主要从事果树生理生态的研究。

~6.8。低于 5.4,过酸,易出现缺硼、缺钙引发的缩果病和苦痘病;高于 7.8,偏碱,易出现缺铁症,引起叶片失绿<sup>[3]</sup>。土壤溶液电导率表示溶液中电解质的浓度,是反映土壤肥力特性的基础指标。

由表 1 可知,调查的苹果园土壤 pH,低产园显著大于高产园,高产园 20~40 cm 显著大于 0~20

cm,低产园两土层间差异不显著。51.2%的高产园土壤 pH 高于 7.8,低产园有 80%在 8.50 左右。土壤 pH 普遍偏高,低产果园尤其严重,易导致缺铁等缺素症,应增施有机肥改造土壤结构,降低土壤 pH 值。两个土层的土壤电导率,高产园均显著大于低产园,但各层土壤间差异不显著。

表 1 果园土壤 pH 和电导率状况

Table 1 The status of soil pH and conductance in orchard

土层(cm) Soil layer	pH		电导率 Conductance (mS/cm)	
	高产园 High yield orchard	低产园 Low yield orchard	高产园 High yield orchard	低产园 Low yield orchard
0~20	8.05±0.16 B(b)	8.29±0.21 A(a)	133.75±3.79 A(a)	92.79±3.19 B(a)
20~40	8.21±0.17 B(a)	8.39±0.18 A(a)	116.39±3.22 A(a)	87.84±2.90 B(a)

注:同行不同大写字母表示高产园和低产园间差异达显著水平( $P<0.05$ ,  $LSD(t)$ 法),同列括号中不同小写字母表示土层间差异达显著水平( $P<0.05$ ,  $LSD(t)$ 法),以下表同。

Note: Mean values in the same row followed by the same letter in parent hesis within variables are not significantly different between high and low yield orchard at the 0.05level by the  $LSD(t)$  range test. Mean values in the same column by the same letter within variables are not significantly different between two soil layers at the 0.05level by the  $LSD(t)$  range test. The same indication is used for other tables below.

## 2.2 供试土壤的养分状况

2.2.1 土壤养分分级与优质果园养分含量 试验区地处渭北黄土高原,属暖温带,该地区主要土壤种类为塋土。渭北旱原果园土壤养分的丰缺指标,目

前尚无报道。表 2 根据全国第二次普查分级指标<sup>[9]</sup>、陕西省暂订土壤养分含量分级<sup>[7,8]</sup>和优质果园养分含量标准<sup>[9,10]</sup>,将该地区土壤养分分为丰富、中等和缺乏 3 类。

表 2 养分分级指标与优质果园含量

Table 2 The classification indices of soil nutrient and content in high yield and quality apple orchard

分级指标 Classification indices	有机质 Organic matter (g/kg)	速效氮 Avail. N (mg/kg)	速效磷 Avail. P (mg/kg)	速效钾 Avail. K (mg/kg)	有效钙 Avail. Ca (mg/kg)	有效镁 Avail. Mg (mg/kg)	有效锌 Avail. Zn (mg/kg)
丰富 Rich level	>20	>90	>40	>250	>400	>0.1	>2.0
中等 Middle level	10~20	50~90	10~40	50~250	200~400	0.05~0.1	1.0~2.0
缺乏 Scarce level	<10	<20	<10	<50	<200	<0.05	<1.0
优质果园养分含量 Content in high yield and quality apple orchard	>15	90~120	40~60	250~300	200~300	>0.1	>1.0

2.2.2 有机质 有机质是土壤中各种营养元素特别是氮、磷的重要来源,同时也是影响土壤理化性质的重要因素。土壤有机质含量的高低是苹果丰产优质的基础条件。因此,我们对试验区土壤样品的有机质含量进行了系统测定分析,结果见表 3。

表 3 果园土壤有机质状况

Table 3 The status of soil organic matter content in orchard

土层(cm) Soil layer	高产园(g/kg) High yield orchard	低产园(g/kg) Low yield orchard
0~20	16.90±3.50 A (a)	13.72±1.69 B (a)
20~40	11.36±1.37 A (b)	10.36±1.36 B (b)
0~40	14.13±1.92 A	12.04±1.29 B

由表 3 可知,该苹果产区 0~40 cm 土壤有机质平均含量,高产园和低产园分别为 14.13±1.92 g/kg 和 12.04±1.29 g/kg。各土层有机质含量,高产园均显著高于低产园,0~20 cm 尤其明显(图 1),26.7%的高产园有机质含量丰富<sup>[11]</sup>,73.3%属中等水平。对照养分分级指标与优质果园有机质含量标准,0~40 cm 高产园土壤有机质含量基本满足高产优质果园对土壤有机质的需求;而大部分低产园土壤有机质含量为中等偏低水平,不能满足优质果园对土壤有机质的需求。

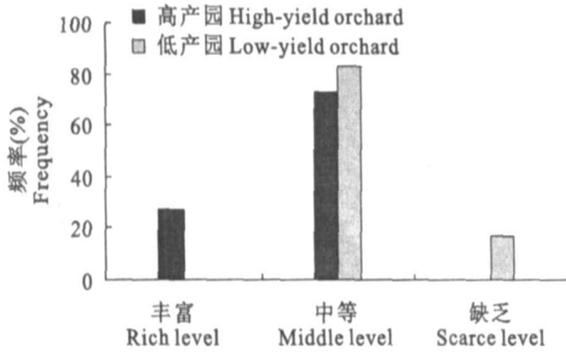


图 1 供试果园 0~20cm 土壤有机质的丰缺频率

Fig. 1 The status of organic matter content in 0~20cm soil layer in high and low yield orchards

2.2.3 速效氮 氮素是果树必需矿质元素中的核心元素<sup>[13]</sup>,果树根系吸收的无机氮主要是铵态氮与硝态氮。适量施用氮肥不仅能提高叶片的光合速率<sup>[13]</sup>,增加光合叶面积,还能提高坐果率,增加平均单果重。

表 4 果园土壤速效氮状况

Table 4 The status of soil Avail. N in orchard

土层 (cm) Soil layer	高产园 (mg/kg) High yield orchard	低产园 (mg/kg) Low yield orchard
0~20	104.62±5.39 A (a)	75.05±7.95 B (a)
20~40	73.03±5.09 A (b)	39.94±5.64 B (b)
40~60	41.47±2.30 A (d)	24.35±1.59 B (c)
60~90	51.67±1.95 A (c)	23.07±7.66 B (c)
0~90	67.70±3.68 A	40.60±5.71 B

通过对 30 个高产园和 30 个低产园 4 个供试土层速效氮(铵态氮和硝态氮之和)的分析(表 4),该苹果产区 0~90cm 土壤速效氮平均含量,高产园和低产园分别为 67.70±3.68 mg/kg 和 40.60±5.71 mg/kg。结果表明,各层土壤速效氮含量,高产园和低产园均有显著性差异。说明高产园施用氮肥量显著高于低产园。对高产园来说,各土层土壤速效氮也有显著性差异,0~20cm 速效氮含量显著大于 20~40cm,20~40cm 显著大于 60~90cm,60~90cm 显著大于 40~60cm。对低产园来说,各土层土壤速效氮差异显著,0~20cm 显著大于 20~40cm,20~40cm 显著大于 40~60cm 和 60~90cm,但 40~60cm 和 60~90cm 间无显著性差异。说明该区果园施氮肥大多在 0~20cm 土层,施肥深度较浅。对照养分分级指标与优质果园含量,高产园 0~40cm 土壤速效氮含量处于中等到丰富水平,符合高产优质果园土壤速效氮含量的标准,低产园处于中等水平,不能满足高产优质果园对土壤速效氮的

需求。说明低产果园还需要补施一定数量的氮肥。

2.2.4 速效磷 磷能促进植株体内碳水化合物向果实与贮藏器官运输,从而改善果品品质。土壤磷素的供应状况对果树生长影响很大。

从 120 个土样分析结果(见表 5)看,0~40cm,高产园和低产园土壤有效磷平均含量为 67.32±1.83 mg/kg 和 35.34±1.80 mg/kg,高产园显著高于低产园。表层土壤表现最为明显,高产园是低产园的 2.5 倍。高产园土壤有效磷丰富,低产园有 50% 含量丰富,其余属中等水平<sup>[14]</sup>,该区苹果园土壤有效磷较丰富,符合高产优质果园土壤速效磷含量的标准。

表 5 果园土壤速效磷状况

Table 5 The status of soil Avail. P in orchard

土层 (cm) Soil layer	高产园 (mg/kg) High yield orchard	低产园 (mg/kg) Low yield orchard
0~20	94.59±3.32 A (a)	39.07±2.67 B (a)
20~40	54.40±2.26 A (b)	31.32±1.15 B (a)
0~40	67.32±1.83 A	35.34±1.80 B

2.2.5 速效钾 钾能促进苹果树的同化作用,加快淀粉和糖类的运转,有利于果实提早成熟,增加产量。充足的钾素营养可改善苹果的着色,增加含糖量,对果实的香味、风味及耐贮性均有显著的提高。

由供试土样的速效钾分析结果(表 6)可知,0~40cm,高产园和低产园土壤速效钾平均含量为 299.44±15.24 mg/kg 和 170.94±12.65 mg/kg。高产园的土壤速效钾含量丰富,符合高产优质果园土壤速效钾含量的标准;低产园土壤速效钾含量处于中等水平,差异显著,需增施一定量的钾肥以满足高产优质果园土壤对速效钾的需求。此外,高产园 0~20cm 和 20~40cm 土壤速效钾含量差异显著,低产园两个土层间无显著差异。

表 6 果园土壤速效钾状况

Table 6 The status of soil Avail. K in orchard

土层 (cm) Soil layer	高产园 (mg/kg) High yield orchard	低产园 (mg/kg) Low yield orchard
0~20	334.02±15.41 A (a)	170.07±18.70 B (a)
20~40	264.87±18.38 A (b)	171.81±16.44 B (a)
0~40	299.44±15.24 A	170.94±12.65 B

2.2.6 钙、镁、锌 根据供试土样分析(表 7),该区果园 0~40cm 土壤有效钙、镁、锌含量,高产园显著大于低产园。对照养分分级指标与优质果园含量,高产园土壤有效钙含量虽处于中等水平,但符合高产优质果园土壤有效钙含量的标准,低产园处于缺

乏状态;土壤有效镁的含量,高产园和低产园都很低,严重缺乏;高产园和低产园土壤有效锌含量都很丰富,充分满足了高产优质果园对土壤有效锌含量的需求。

表 7 果园土壤有效钙、镁、锌状况

Table 7 The status of soil available Ca, Mg and Zn in high and low yield orchard

测定项目 Item	土层(cm) Soil layer	高产园(mg/kg) High yield orchard	低产园(mg/kg) Low yield orchard
有效钙 Avail·Ca	0~40	270±10.0 A	170±8.0 B
有效镁 Avail·Mg	0~40	0.015±0.07 A	0.009±0.005 B
有效锌 Avail·Zn	0~40	2.98±0.79 A	2.21±0.60 B

2.2.7 几种主要养分间的相互关系 从表 8 中可以看出,除了有机质与有效钙之间无显著相关性外,有机质与速效氮、速效磷、速效钾、有效镁、有效锌之间均呈现显著或极显著的相关关系,说明苹果园土壤有机质的重要性。此外,速效氮与速效磷、速效钾,速效磷与速效钾之间也都极显著相关。说明在测定该区果园土壤养分时,可以根据一些养分的含量粗略估算其它养分的含量。

表 8 0~40cm 土层中主要养分间的相关关系

Table 8 The correlation among main nutrients in 0~40cm soil layer

相关项目 Correlation item		相关方程式 Correlation equation	相关系数 Correlation coefficient
x	y		
有机质 Organic matter	速效氮 Avail·N	$y = 8.84x - 77.22$	0.598**
有机质 Organic matter	速效磷 Avail·P	$y = 7.42x - 38.47$	0.470*
有机质 Organic matter	速效钾 Avail·K	$y = 24.89x - 98.29$	0.672**
有机质 Organic matter	有效钙 Avail·Ca	$y = 0.016x + 0.019$	0.255
有机质 Organic matter	有效镁 Avail·Mg	$y = 0.0013x - 0.0045$	0.447*
有机质 Organic matter	有效锌 Avail·Zn	$y = 0.20x + 0.0066$	0.526**
速效氮 Avail·N	速效磷 Avail·P	$y = 0.37x + 30.90$	0.650**
速效氮 Avail·N	速效钾 Avail·K	$y = 1.13x + 141.93$	0.758**
速效磷 Avail·P	速效钾 Avail·K	$y = 1.89x + 113.71$	0.806**

注: \* 和 \*\* 分别是表示  $P < 0.05$  显著水平相关和  $P < 0.01$  极显著水平相关。

Note: \* and \*\* are used to indicate the significance of the correlation at  $P < 0.05$  and  $P < 0.01$ , respectively.

### 3 讨论

1) 有研究结果表明土壤 N、P、K 的含量与果实产量呈正相关<sup>[13]</sup>,河北省不同产量水平的土壤营养状况研究结果<sup>[19]</sup>为,中、低产园有效 P、K、Fe、Mn、Cu、Zn 和 B 的含量低于高产园,高产园中 N、P、K、Zn 的含量明显高于同类土壤低产园。本试验中低产园速效氮、速效磷、速效钾的含量显著低于高产园,进一步说明土壤中这些养分的缺乏是影响果树吸收,引起树体中相应元素缺乏,导致低产的主要原因。

2) 苹果是多年生植物,多年在同一土壤范围内生长,根系长期有选择地吸收某些元素,容易造成这些元素的亏缺。增施有机肥,推广果园种草,不仅可以增加土壤有机质,还可以改善土壤结构,从而全面提高土壤肥力。试验中,有机质与速效氮、速效磷、速效钾、有效镁、有效锌之间均呈现显著或极显著的相关关系,说明苹果园土壤有机质的重要性。

3) 苹果树需钾较多,钾对提高苹果品质有重要作用。该地区果园土壤含钾量虽较丰富,但由于该区土壤水分的多变性,导致钾的有效性降低,从而使果园施用钾肥,仍表现出较好的效果<sup>[17]</sup>。高产园土壤含钙丰富,但在调查中发现果实有时会表现缺钙,套袋果缺钙更严重,这可能是苹果果实 Ca 含量与 Ca 素运输分配有密切关系,而与土壤中 Ca 供应关系很小,因此,苹果缺 Ca 有时发生在石灰性土壤等 Ca 含量较高的土壤上<sup>[18]</sup>。关于土壤中的含 Ca 量与果实品质的关系还有待深入研究。

4) 合理施肥是一个十分复杂的工程。确定施肥量的因素很多,诸如目标产量、土壤供养分量、肥料利用率、果园的管理水平、果农的经济能力等等,而且每个因素又受多种条件的制约。本文旨在通过对该区果园初夏土壤养分的分析,初步提出一些追肥建议:高产园可根据优质果的养分需求,以追施钾肥为主,配施一定量的氮磷肥;低产园应在增施有机肥的基础上,以补施氮、磷肥为主,配施一定量的钾肥和微肥。

### 参考文献:

[1] 隋鹏飞,史进元,李文祥.陕西省红富士苹果园施肥调查[J].土壤肥料,1995,(1):35-37.  
 [2] 耿增超,张立新,赵二龙,等.陕西红富士苹果矿质营养 DRIS 标准研究[J].西北植物学报,2003,23(8):1422-1428.  
 [3] 王进鑫,张晓鹏,高保山,等.渭北旱原矮化富士苹果幼树 N、K 营养状况分析[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2004,(10):20-24.

- [ 4 ] 鲍士旦. 土壤农化分析(第三版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [ 5 ] 周厚基. 苹果树缺铁失绿研究进展[J]. 中国农业科学, 1988, 21(4): 46-50.
- [ 6 ] 张立新, 耿增超, 张朝阳. 韩城市花椒园土壤养分状况及施肥研究[J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(4): 65-67.
- [ 7 ] 王恒俊, 雍邵萍. 东新村土地资源调查[J]. 水土保持研究, 1999, 6(1): 20-25.
- [ 8 ] 张成娥, 王栓全, 邓西平. 燕沟流域农田基础肥力分析与培肥途径[J]. 水土保持通报, 1999, 19(5): 16-20.
- [ 9 ] 李保国, 齐国辉, 郭素平, 等. 太行山片麻岩区新垦苹果园土壤营养与果实品质的关系研究[J]. 中国生态农业学报, 2002, 10(3): 17-20.
- [ 10 ] 刘子龙, 张广军, 赵正阳, 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.
- [ 11 ] 李庆远, 朱兆良, 于天仁. 中国农业持续发展中的肥料问题[M]. 南昌: 江西科学技术出版社, 1998.
- [ 12 ] 彭福田, 姜远茂, 顾曼如. 落叶果树氮素营养研究进展[J]. 果树学报, 2003, 20(1): 54-58.
- [ 13 ] DeJong T M, Day K R, Johnson R S. Partitioning of leaf nitrogen with respect to within canopy light exposure and nitrogen availability in peach[J]. Trees, 1989, 3: 89-95.
- [ 14 ] 朱显谟. 黄土高原土壤与农业[M]. 北京: 农业出版社, 1989. 274, 283.
- [ 15 ] Mangin S, Verma H S, Kumar J. Relationship between fruit yield, and foliar and soil nutrient status in apple[J]. Indian Journal of Horticulture, 1998, 55(3): 226-231.
- [ 16 ] 徐爱春, 李保国, 齐国辉. 苹果矿质营养研究进展[J]. 河北林果研究, 2003, 18(4): 368-376.
- [ 17 ] 李辉桃, 周建斌, 温小卫, 等. 红富士苹果施用氮磷钾化肥的效果[J]. 水土保持研究, 1996, 3(2): 163-168.
- [ 18 ] 张新生, 熊学林, 周卫, 等. 苹果钙素营养研究进展[J]. 土壤肥料, 1999, (4): 3-6.

## Study on soil physical and chemical characteristics and fertilizer application at early summer in Fuji apple orchard in semi humid and liable drought region

LIU Lihua<sup>1</sup>, FAN Chonghui<sup>1\*</sup>, ZHANG Lixin<sup>2</sup>, HAN Mingyu<sup>1</sup>

(1. College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling, Shanxi 712100, China;

2. College of Life sciences, Northwest A & F University, Yangling, Shanxi 712100, China)

**Abstract :** By the field investigation and soil chemical analysis, a study on physical and nutrient characteristics of soil was carried out in high yield ( $\geq 22\ 500\text{ kg/hm}^2$ ) and low yield ( $< 18\ 000\text{ kg/hm}^2$ ) typical Fuji apple (*Malus pumila*) orchard in semi humid and liable drought region. Results showed that a significant difference was obtained for soil physical and nutrient characteristics between high yield and low yield orchards. Soil pH in high yield orchard was markedly lower than that in low yield orchard while soil conductance and the contents of soil organic matter, available nitrogen, available phosphorus, available potassium and microelements in high yield orchard were significantly higher compared with low yield orchard. These nutrients contents were in middle and rich level, which were accorded with standard of the min high yield and good quality apple orchard, but the nutrients contents in low yield orchard were in middle or inadequate level. In addition, the nutrients contents in 0~20cm soil layer in both of two typical orchards were higher than other layers. Furthermore, the significant or markedly significant correlations were found among organic matter, available nitrogen, available phosphorus and available potassium. On the basis of the nutrients requirement characteristics of apple tree and soil nutrients condition and their availability, we put forward preliminarily the fertilization projects to improve the yield and quality of apple in this area, which included optimizing the structure of fertilization for low yield orchard, increasing supply of organic, nitrogen and phosphorus fertilizer and supplemental supply of potassium fertilizers and microelements fertilizers.

**Key words :** Fuji apple orchard; physical characteristic; soil nutrient condition; fertilizer application structure; semi humid and liable drought region