

矮化密植苹果园土壤养分对果实品质的影响

陈杉艳¹, 王 蜀¹, 邵抚民², 马玉梅², 杨东生³, 罗志伟¹

(1. 昆明市农业科学研究院, 云南 昆明 650034; 2. 昆明市西山区农林局, 云南 昆明 650100; 3. 西南林业大学 林学院, 云南 昆明 650024)

摘 要:以“金世纪”苹果为试材,对昆明市西山区团结街道办事处4个矮化密植苹果园的土壤养分状况、果实品质进行了调查、测定和分析。结果表明:4个矮化密植苹果园的土壤pH值平均为5.99;土壤有机质、碱解氮、速效磷、速效钾含量偏低,且果园之间各肥料的施用水平存在较大差异。土壤有机质与土壤各养分间均呈正相关,pH值与土壤各养分间呈负相关;不同土壤养分与果实品质也存在着相关性,其中单果质量与土壤有机质、全氮、全磷、全硼、碱解氮、速效磷、速效钾均呈正相关,与土壤pH值呈极显著负相关,可溶性固形物与pH值、有机质、全氮、速效钾呈正相关。

关键词:苹果园;矮化密植;土壤养分;果实品质

中图分类号:S 661.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)23-0161-04

苹果是世界四大水果(柑橘、葡萄、香蕉、苹果)之一,也是云南的重要果树。昆明市西山区团结街道办事处位于滇中昆明产区的核心,是云南省四大苹果主产区之一^[1],也是昆明地区较为发达的乡村旅游示范区。该区域属高海拔冷凉山区,受其得天独厚的光、热、水、土资源条件的影响,生产的果品色艳、糖高、味浓、耐贮藏、无污染,形成了“团结苹果”独特的地域消费品牌。

土壤是果树生长的基础,土壤理化性状水平直接影响到树体的生长、果实品质和果园的可持续发展。国内外果树工作者在土壤养分与果实品质的关系^[2-5]方面做了大量的研究。国内以往对土壤养分与果实品质关系的研究集中在传统种植苹果园^[3-4,6-7]。据此,针对昆明市西山区矮化密植苹果园土壤贫瘠、有机质含量低、施肥不合理等影响“团结苹果”产量和品质的现状,通过对其矮化密植苹果园土壤养分和果实品质的调查,分析土壤养分与果实品质的相关性,探讨苹果矮化密植果园影响果实品质的主要土壤养分因子,以期对“团结苹果”制定合理的施肥方案及提高果实品质提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

昆明市西山区团结街道办事处,距昆明市20 km,属

冷凉山区,其地理坐标为东经102°32',北纬25°6',为昆明地区主要的苹果种植区,全镇苹果种植的总面积为245 km²,其中山区占92%。其平均海拔为2 200 m,地形复杂,地势北高南低,坝区占8%。团结办街道办事处属低纬度高原季风气候,全镇年均气温为13.2℃,最冷月平均气温为5℃,最热月平均气温为19℃,极端最低气温为-8.6℃,极端最高气温为31.5℃,气温年较差为9.4℃,全年霜期为170~180 d。全年降水量为1 000~1 200 mm,但降雨季节性较明显,干、湿季分明,5~10月为雨季,11月至翌年4月为干季。年平均日照时数为2 200 h,年太阳辐射总量为515.395 kJ/cm²,气候垂直变异显著,小气候特征明显。

昆明鼎顺农业科技有限公司苹果园,位于西山区团结街道办事处龙潭社区居委会小村砂坝,地理坐标为北纬25°04',东经102°25',海拔2 160 m,种植面积13 340 m²。建园前为小村砂坝废弃采砂场,土质差,含沙量大,缺乏有机质。昆明惠民农业科技有限公司苹果园位于西山区团结街道办事处龙潭社区居委会小村团结党校内,地理坐标为北纬25°03',东经102°30',海拔2 132 m,种植面积10 672 m²。前作种植玉米,土壤为黄壤。大河果园与西山区特色苗木研究所苹果园毗邻,地理坐标为北纬25°05',东经102°31',海拔2 117 m。

1.2 试验材料

供试材料为“金世纪”苹果,矮化砧木M26,2010年从西北农林科技大学白水苹果试验站引进,树龄3年。

1.3 试验方法

于2013年10月在昆明鼎顺农业科技有限公司苹果园、昆明惠民农业科技有限公司苹果园、大河果园、西

第一作者简介:陈杉艳(1984-),女,硕士研究生,研究方向为农业经济作物。E-mail:xyzyangdongsheng@sina.com.

责任作者:王蜀(1963-),女,硕士,推广研究员,研究方向为农业经济作物。E-mail:2353348997@qq.com.

基金项目:国家林业局“948”资助项目(2010-4-07)。

收稿日期:2014-09-11

山区特色苗木研究所苹果园 4 个栽培管理基本一致,树龄 3 年的矮化密植苹果园,分别采取果实和土壤样品。在每个苹果园随机选取 3 株树(3 次重复),每株采样小区,在每株树的东、南、西、北 4 个方位垂直向内 50~60 cm 处用土钻采集 0~20、20~40 cm 土层的土壤样品,室内风干用于分析土壤养分;8 月上旬果实成熟时,分别在土壤取样树体中上部东、南、西、北 4 个方向随机采摘 12 个果实,每个果园共采果实 36 个用于果品分析。

1.4 项目测定

用百分之一天平称量单果质量,GY-1 型果实硬度计测量果实硬度,WYT-32 型手持折光仪测定果实可溶性固形物,蒽酮比色法测定果实可溶性糖含量,NaOH 中和滴定法测定果实可滴定酸含量^[8]。风干后的土壤样品委托中国科学院西双版纳热带植物园生物地理化学实验室分析,出检测报告。

1.5 数据分析

采用 SPSS 16.0 和 Excel 软件对土壤理化性状和果实品质数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 矮化密植苹果园土壤养分和果实品质基本状况

由表 1 可知,团结街道矮化密植苹果园土壤有机质

表 1 矮化密植苹果园土壤养分分析

项目	pH 值	有机质 (g·kg ⁻¹)	全氮 (g·kg ⁻¹)	全磷 (g·kg ⁻¹)	全钾 (g·kg ⁻¹)	全钙 (g·kg ⁻¹)	全镁 (g·kg ⁻¹)	全锌 (mg·kg ⁻¹)	全硼 (mg·kg ⁻¹)	碱解氮 (mg·kg ⁻¹)	速效磷 (mg·kg ⁻¹)	速效钾 (mg·kg ⁻¹)
平均值	5.99	14.13	0.79	0.56	7.83	1.16	3.02	0.87	0.89	46.67	9.46	126.33
最小值	5.00	4.61	0.26	0.39	6.10	0.68	2.71	0.52	0.73	18.00	2.02	27.00
最大值	6.67	30.04	1.63	0.86	11.43	2.02	3.56	1.87	1.31	114.00	13.80	340.00
标准差	0.61	7.67	0.39	0.17	2.03	0.44	0.29	48.95	16.82	29.32	3.97	108.29
变异系数/%	10.0	54.3	49.1	29.4	25.9	38.1	9.7	56.3	18.8	62.8	41.9	85.7

表 2 矮化密植苹果园“金世纪”果实品质分析

项目	单果质量/g	果实硬度/(kg·cm ⁻²)	可溶性固形物含量/%	可溶性糖含量/%	可滴定酸含量/%
平均值	189.85	11.34	14.04	12.06	1.21
最小值	114.00	9.60	10.80	9.80	0.76
最大值	279.90	13.70	15.70	13.90	1.97
标准差	48.87	1.41	1.48	1.39	0.47
变异系数/%	25.7	12.4	10.5	11.5	38.5

2.2 矮化密植苹果园土壤养分和果实品质因子相关性分析

果园土壤养分含量与树体生长、产量增加和品质提高有密切关系,土壤物理性状通过影响根系活力来影响树体对养分的吸收;土壤养分的可利用性还受土壤 pH 值和元素间的协同、拮抗作用影响。从表 2 可以看出,土壤有机质与土壤各养分间均呈正相关,其相关系数较大的为全氮(0.666)、全锌(0.651)和速效磷(0.667),说明提高土壤有机质含量可以增加土壤各养分的含量;土壤 pH 值与土壤大部分元素间呈负相关,其中与全氮、全钾、全硼、碱解氮的相关系数分别为-0.690、-0.612、-0.749、-0.921,由此表明,果园土壤 pH 值低与氮

平均含量为 14.13 g/kg,最高为 30.04 g/kg,最低仅为 4.61 g/kg;全氮、碱解氮、速效磷、速效钾的平均含量分别为 0.79、46.67、9.46、126.33 g/kg,土壤 pH 值平均为 5.99;全钙、全镁、全锌、全硼等中量及微量元素的平均含量分别为 1.16、3.02、0.87、0.89 mg/kg,钙含量明显低于丰产性果园土壤中的含量 2.33 g/kg^[9],锌、硼的含量均达到了生产优质红富士适宜土壤含锌量、含硼量的要求(含锌量 \geq 0.90 mg/kg 和 0.80 mg/kg;含硼量 \geq 0.7 mg/kg 和 1.1 mg/kg^[10])。由表 1 还可知,各矮化密植苹果园有机肥、氮、磷、钾肥的施用水平存在较大差异,其中速效钾在各果园间的差异水平最大(CV=85.7%)。从土壤有机质和土壤全氮、碱解氮、速效磷、速效钾等大量元素分析,团结街道矮化密植苹果园土壤养分含量显著低于张强等^[4,11]报道的优质苹果园土壤营养成分含量。团结街道矮化密植苹果园在今后的土壤管理中应加强有机肥与氮、磷、钾肥的施用,注意中量、微量元素的平衡施用。由表 2 可知,苹果果实品质各项指标平均值均达到商品果要求,其中苹果果实硬度和可溶性固形物含量平均值分别为 11.34 kg/cm² 和 14.04%,高于国家的鲜苹果标准^[12]。

肥、钾肥等施用有密切联系,这与王海云^[13]的报道结果吻合;全氮与全钙、碱解氮、速效钾呈显著正相关,全钾与全镁呈显著正相关,全硼与碱解氮呈显著正相关,说明土壤各矿质元素间的相关性比较复杂。由表 4 可知,土壤有机质、速效磷、速效钾与果实品质各因子之间均呈正相关,不同土壤因子与果实品质之间存在着不同大小的相关系数,其中土壤 pH 值与单果质量呈极显著负相关,有机质、全氮、全硼、碱解氮、速效磷与单果质量呈显著正相关,说明在土壤 pH 值适宜范围内,提高有机质、氮、磷、钾肥含量及微量元素硼含量,有利于增加单果质量。

表 3 土壤养分之间的相关性

养分	pH 值	有机质	全氮	全磷	全钾	全钙	全镁	全锌	全硼	碱解氮	速效磷	速效钾
pH 值	1.000											
有机质	0.500	1.000										
全氮	-0.690 *	0.666 *	1.000									
全磷	-0.146	0.175	0.062	1.000								
全钾	-0.612 *	0.003	0.316	-0.299	1.000							
全钙	-0.244	0.135	0.681 *	0.789 * *	-0.177	1.000						
全镁	-0.393	0.226	0.075	-0.434	0.951 * *	-0.298	1.000					
全锌	0.480	0.651 *	-0.294	-0.015	0.076	-0.008	0.262	1.000				
全硼	-0.749 * *	0.358	0.258	-0.103	0.601	-0.003	0.479	-0.211	1.000			
碱解氮	-0.921 * *	0.539	0.849 * *	0.400	0.501	0.432	0.270	-0.434	0.656 *	1.000		
速效磷	-0.385	0.667 *	0.538	0.620 *	-0.181	0.396	-0.342	-0.448	0.269	0.648 *	1.000	
速效钾	-0.433	0.194	0.774 * *	0.240	0.337	0.305	0.220	-0.903	-0.032	0.573	0.245	1.000

注: * 为 0.01% 显著水平差异, * 为 0.05% 显著水平差异。下同。

表 4 土壤养分与果实品质间的相关系数

土壤因子	单果质量	果实硬度	可溶性固形物	总糖	总酸
pH 值	-0.822 * *	0.464	0.501	0.551	-0.532
有机质	0.676 *	0.188	0.571	0.557	0.006
全氮	0.642 *	-0.042	0.630 *	0.352	-0.300
全磷	0.184	0.183	0.287	0.095	-0.153
全钾	0.490	-0.477	0.016	0.106	-0.518
全钙	0.198	-0.004	0.341	0.153	-0.224
全镁	0.258	-0.531	-0.261	0.132	-0.467
全锌	-0.530	0.131	-0.423	0.083	-0.356
全硼	0.805 * *	-0.562	0.157	0.361	-0.541
碱解氮	0.873 * *	-0.355	0.474	0.696 *	-0.477
速效磷	0.617 *	0.014	0.236	0.059	0.085
速效钾	0.310	0.126	0.468	0.551	0.173

3 讨论

苹果适宜在微酸性到中性土壤中生长,影响树体肥料利用率和果实品质的主要因素是土壤有机质含量低和土壤 pH 值偏高或偏低。有机质是土壤的主要组成部分,有机质含量的增加有利于土壤保持高水平的可交换阳离子和土壤磷酸酶以及碱解氮含量^[14];有机质含量低,土壤板结、透气性差,土壤偏酸或偏碱,导致树体对营养元素有效态利用率低,从而影响树体产量和果实品质。该试验中的矮化密植苹果园土壤有机质含量差异较大,最低的仅为 0.46%,远远低于 2% 的标准,尤其是以废弃采砂场为立地条件建立的矮化密植苹果园,在以后的生产中,应采取增施有机肥、果园生草、科学施肥等措施进行土壤改良,改善土壤的理化性状,提高土壤保持肥水的能力。果园有的地块土壤 pH 值仅为 5.0,明显低于苹果生长的土壤 pH 值可耐范围 5.3~8.2 的下限值^[15],导致土壤阳离子交换量(Cation exchange capacity,CEC)较低^[16],降低了肥料利用率,导致生产成本增加。试验结果表明,土壤 pH 值与土壤碱解氮、速效磷、

速效钾含量均呈显著负相关,化肥的不合理使用将会导致土壤酸化,肥力下降,对生产带来负面影响。有机质能显著提高土壤对酸碱的缓冲性,使土壤不至于因施肥所引起的氢离子的增加而强烈改变土壤 pH 值。在实际生产中,应合理施用化肥,并结合有机肥料的施用,以实现土壤的可持续利用和提高矮化密植苹果园的经济效益。

土壤营养元素与果实品质间的关系错综复杂,土壤营养元素间存在协同与拮抗作用及不同程度的相关性。该研究结果表明,果实品质特性受多个土壤营养因子共同作用,各个土壤营养元素对不同的果实品质指标影响大小不一。Pawel 等^[17]研究发现,土壤中 B 元素含量的增加能使“艾尔斯塔”苹果果实 Ca 含量和硬度增加,同时降低苹果苦陷病的发生率;花后在叶面喷施 B 肥还能增加坐果率,提高产量^[18]。该试验中,土壤养分 B 元素含量与果实单果重存在显著正相关,与 Pawel 等^[17]的研究结果一致。该研究结果中速效磷与果实品质各因子间均呈正相关,由此说明土壤速效磷对果实品质的影响最大、其次是 K、N,因此为了生产优质果品,有必要重新研究 N、P、K 三要素的比例,对西山区团结街道矮化密植的苹果,在确保氮素的前提下,如何提高磷、钾肥的使用量及肥料利用率,还值得进一步研究。

综上所述,为了维持土壤肥力,生产优质果品,矮化密植苹果园每年要使用一定量的有机肥,但不宜过多;在确保氮肥适量的前提下,要重视磷、钾肥特别是磷肥的使用;至于中量元素和微量元素,做到以缺补缺,及时矫正是很重要的,最好是作采果肥或在春梢期喷施,在果实膨大期使用似乎会增加果实酸度,对品质不利。在果园管理中,盲目施肥不仅造成浪费,还可能导致果品质量下降,对树体造成毒害或导致其他元素缺乏,污染环境等。由于土壤养分状况十分复杂,实际生产中,要以土壤分析和叶片分析为依据,提出合理的平衡施肥方

案,保持土壤和植株矿质营养平衡,从而达到提高果实品质及实现矮化密植苹果园优质高效的栽培目的。

(该文作者还有张惠祥,单位同第三作者。)

参考文献

- [1] 李坤明,胡忠荣,陈伟,等. 云南省苹果产区及品种构成[J]. 中国果树,2011(2):66-67.
- [2] Glover J D,Reganold J P, Andrews P K. Systematic method for rating soil quality of conventional,organic,and integrated apple orchards in Washington State[J]. Agriculture,Ecosystems and Environment,2000,80(1):29-45.
- [3] 郭全恩,郭天文,王益权,等. 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.
- [4] 张强,魏钦平,刘惠平,等. 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):1654-1661.
- [5] 马峰旺,李嘉瑞,王飞,等. 猕猴桃果实矿质元素含量及其与贮藏性的关系[J]. 西北农业学报,1996,5(4):63-65.
- [6] 王海云,姜远茂,彭福田,等. 胶东苹果园土壤有效养分状况及产量关系研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版),2008,39(1):31-38.
- [7] 和润喜,邵抚民,石卓功. 昆明市西山区苹果园营养诊断研究初报[J]. 经济林研究,2008,26(1):41-46.
- [8] 曹建康,姜微波,赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京:中国轻工业出版社,2007.

- [9] 张玉星,郝荣庭,丁平海,等. 河北省成龄苹果园营养现状及指导施肥研究[J]. 河北果树,1998(增刊):22-25.
- [10] 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]. 中国农业生态学报,2002,10(3):17-20.
- [11] 张强,魏钦平,刘旭东,等. 北京昌平苹果园土壤养分、pH 值与果实矿质营养的多元分析[J]. 果树学报,2011,28(3):377-383.
- [12] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 鲜苹果. GB/T 10651-2008[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [13] 王海云. 土壤 pH 值对苹果生长发育影响及其酸害机理研究[D]. 泰安:山东农业大学,2008.
- [14] Neilsen G,Forge T,Neilsen D,et al. Suitable orchard floor management strategies in organic matter and maintain tree performance[J]. Plant and Soil,2014,378(2):325-335.
- [15] 劳秀荣. 果树施肥手册[M]. 北京:中国农业出版社,2000:85-101.
- [16] 张强,魏钦平,齐鸿雁,等. 北京果园土壤养分和 pH 值与微生物数量的相关分析及优化方案[J]. 果树学报,2011,28(1):15-19.
- [17] Pawel W,Grzegorz C, Augustyn M. Apple yield and fruit quality as influenced by boron application[J]. Journal of Plant Nutrition,1999,22(9):1356-1377.
- [18] Jivan C,Sala F. Relationship between tree nutritional status and apple quality[J]. Hort Sci,2014,41(1):1-9.

Correlation Analysis Between Soil Nutrients and Fruit Qualities in Short-stalk Close Planting Apple Orchard

CHEN Shan-yan¹, WANG Shu¹, SHAO Fu-min², MA Yu-mei², YANG Dong-sheng³, LUO Zhi-wei¹, ZHANG Hui-xiang²

(1. Kunming Academy of Agricultural Sciences, Kunming, Yunnan 650034; 2. Kunming Xishan District Agriculture and Forestry Bureau, Kunming, Yunnan 650100; 3. Academy of Forestry, Southwest Forestry University, Kunming, Yunnan 650024)

Abstract: Taking “Golden Century” as test material, the soil nutrients and fruit qualities of four short-stalk close planting apple orchards in Xishan Tuanjie Subdistrict, Kunming city were investigated and analyzed. The results showed that the average values of soil pH value were 5.99 in these four short-stalk close planting apple orchards. The contents of soil organic matter (OM), alkaline nitrogen (N), available phosphorus (P) and available potassium (K) were very low. In addition, there was a big difference between the fertilizer application levels of these four short-stalk close planting apple orchards. Furthermore, soil OM had positive correlation with all soil mineral elements, while soil pH value had negative correlation with most of soil mineral elements. The soil nutrients, pH value and fruit quality existed different sizes of correlation coefficients; fruit mass had positive correlation with soil OM, total N, total brachium(B), alkaline N, available P and available K, and significant negative correlation with soil pH value; soluble solids content had positive correlation with soil pH value, soil OM, total N and available K.

Keywords: apple orchard; short-stalk close planting; soil nutrient; fruit quality