

黄土高原果园土壤有机质变化趋势分析 ——以陕西省为例^{*}

杨世琦, 张爱平, 杨正礼, 刘国强

(中国农业科学院 农业环境与可持续发展研究所/农业部农业环境与气候变化重点开放实验室, 北京 100081)

摘 要:在典型果业生产区域的黄土高原选择 5 个采样区的 45 个果园 5 个对经常年作物农田, 利用 GIS 定位仪共采集 0 - 20 cm 表土样品 45 份, 对其土壤有机质含量进行了测定。果园划分为 5 ~ 10 a、10 ~ 15 a 和 15 a 以上 3 个园龄段, 常年作物农田选择果园附近的普通农作物田块取样。利用单样本平均数 t 检验和单向分组资料方差分析, 对果园与农田、园龄段分组与农田 2 个方面进行统计分析。结果表明: 果园与农田相比土壤有机质含量有一定的提高, 其中大部分有显著提高; 苹果优质高产地区, 随果园园龄增加, 土壤有机质含量显著提高, 同时表明果园种草能够显著提高果园土壤有机质含量。影响果园土壤有机质含量变化原因包括肥料投入数量与结构、种植方式、土壤类型、农产品市场行情和农业技术等方面。

关键词:典型区域; 果园; 农田; 土壤有机质

中图分类号: S153.621; S66.33

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)01-0027-05

Study on the Changing Tendency of Orchard Soil Organic Matter in Typical Region —A Case Study of Shaanxi Province

YANG Shi-qi, ZHANG Ai-ping, YANG Zheng-li, LIU Guo-qiang

(Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, Chinese Academy of Agricultural Sciences/ Key Laboratory of Agro-environment and Climate Change, Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China)

Abstract: In a typical fruit production region which is involved the Loess Plateau, where 45 orchards and 5 pieces of check perennial cropland of 5 sampling plots were chosen to serve as test. By GIS the 50 samples of 0 - 20 cm soil layer had been collected up and the content of soil organic matter (CSOM) of these samples has been determined. The orchard years were grouped by 5 ~ 10 years, 10 ~ 15 years and over 15 years and check perennial croplands were selected to be close orchard. CSOM of orchards and croplands were statistically analyzed with one-sample t test and one-way ANOVA by orchard and cropland, between cropland and different years orchard. The results show as follows: CSOM of orchard is higher than that of cropland and mostly is significant high. CSOM of orchard markedly enhanced along with orchard years increase, and growing grass in the orchard could markedly enhanced CSOM. The reasons of CSOM changing of orchard include the quantity and construction of fertilizers, planting pattern, agrotype, farm produce market and agricultural techniques and so on.

Key words: typical region; orchard; cropland; soil organic matter

土壤有机质具有供肥、保肥和缓冲等功效, 对改善土壤的物理性状, 缓和施用化肥后的不良反应, 疏松土壤和提高化肥肥效有重要作用, 是农田土壤肥力的重要指标^[1]。果园土壤有机质含量与果园产量呈显著正相关, 不但能实现稳产高产, 还可提高果品品质^[2-4]。在山东省, 果园土壤有效氮磷增加, 磷钾

增幅较大, 土壤有机质较 10 a 前有所降低, 土壤养分层次分布与果园产量密切相关, 高产果园差异小, 低产果园差异大^[5]。

农田土壤有机质受农作制度影响较大。试验表明, 长期施用有机肥与常量氮磷钾能够促进土壤有机质提高, 常量使用氮磷钾和不施肥, 土壤有机质下降,

^{*} 收稿日期: 2008-06-02

基金项目: 中央级公益科研基金(典型农业环境演变与修复研究); “十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD09B04)

作者简介: 杨世琦(1970 -), 男, 博士, 副研究员, 主要从事农业环境安全研究。E-mail: shiqiyang @126.com

通信作者: 刘国强(1963 -), 男, 博士, 副研究员, 主要农业立体污染控制研究。E-mail: liugq @cjac.org.cn

长期单施增量氮磷钾基本保持肥力水平不下降^[67]。18 a 定位试验表明:施用有机肥能显著提高土壤有机质含量,且有机质的增加幅度与施用量有直接的关系;单施有机肥和与高氮低氮配合过程中,高氮处理有机质含量大于低氮处理,但差异并不显著;反映作物残茬对土壤有机质的补充非常有限,同时说明提高土壤有机质主要依靠施用有机肥料和秸秆还田^[8],秸秆还田小麦秸秆提高土壤有机质优于玉米秸秆^[9]。磷钾配施连年施用能够提高土壤有机质含量,土壤有机质含量与施肥种类与水平密切相关^[10-11];秸秆燃烧明显降低土壤有机质 16.56 %^[12];灌水和施用磷肥促进有机质转化和吸收,降低有机质含量^[13],土壤有机质含量与全氮、全磷含量分别呈直线相关,与矿质态氮含量呈二次性相关^[14],作物产量与土壤有机质含量呈显著的正相关^[15],黄淮海县域农田土壤有机质普查表明农田表层土壤有机质含量呈现增长趋势,与施肥量、秸秆还田、灌溉和种植模式等相关^[16];在南方低丘陵红壤区,开垦后 11 a 沙红壤、水稻土和潮土土壤有机质也呈上升趋势,而泥红壤和暗潮土有所减低;水田、菜地和牧草地增加,旱地、林地和荒草地减少^[17]。

关于土壤有机质其它方面研究。在农林系统转变中,森林点土壤有机质降解速率较慢且有新的有机质补充;农田点土壤有机质处于降解速率较快且新的有机质补充少。毁林造田导致土壤有机质中源于森林迅速下降,有机质中大量容易矿化的组分在随后 30~50 a 内基本被消耗尽^[18]。红壤林地开垦为农用地土壤有机质含量下降,旱作情况下下降最严重;荒坡地开垦为农田与此相同,长期耕种的红壤水稻土有机质数量有上升趋势^[19]。人工沙棘纯林能够有效地促进土壤有机质提高,其作用高于沙棘混交林,沙棘与阔叶树混交好于与针叶混交林^[20];而杉木纯土壤有机质含量低于混交林,且随代数有机质含量与质量下降^[21]。在黄土高原,刺槐、苜蓿和撂荒地土壤有机质含量随植被恢复年限增加而增大,但随纬度北移而减小^[22]。在自然条件下土壤结皮在 0~5 cm 土壤有机质积累达到显著水平,对更深层土壤有机质含量没有显著影响^[23]。另外研究表明污染土壤重金属积累减弱有机质矿化,促进积累,颗粒态有机质占有有机碳提高^[24]。

1 研究区概况

黄土高原(Loess Plateau)西起日月山,东至太行山,南靠秦岭,北抵阴山,涉及青海、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西、山西、河南 7 省(区)50 个地(盟、州、市),317 个县(旗、市、区),全区总面积 64 万 km²,土壤侵蚀模

数大于 1 000 t/(km²·a)水土流失面积 45.4 万 km²(水蚀面积 33.7 万 km²,风蚀面积 11.7 万 km²),大于 1.5 万 t/(km²·a)以上的剧烈水蚀面积占全国同类面积的 89 %,多沙粗沙区面积 7.86 万 km²。全区年均输入黄河泥沙 16 亿 t,是我国乃至世界上水土流失最严重、生态环境最脆弱的地区。属季风气候区,夏秋温暖多雨,冬春寒冷干旱。年平均气温变化在 3.6~14.3℃,极端低温为 -13.9~-38.2℃;10℃的积温 771~4 800℃,太阳总辐射能量为(5.0~6.0)×10⁹ J/m²。年平均降雨量 184.8~750 mm,大多数地区为 300~600 mm,每年 7~9 月降水之和约占全年降水总量的 60 %,温度和雨量呈现出由东南向西北递减的趋势。由东南向西北可依次划分为森林(落叶阔叶林)植被、森林草原植被、典型草原植被、荒漠草原植被、草原化荒漠植被 5 个植被带。土壤主要有褐土、塋土、黑垆土、黄绵土、栗钙土、灰钙土、灰褐土、风沙土、盐碱土等。植被稀疏,山、原、川三大地貌类型是黄土高原的主体。主要包括陇中高原、陕北高原、山西高原和渭河平原等。黄土高原耕地面积占全国的 1/7,水资源总量仅为全国的 2 %,流域内水资源的开发利用已达 70 %以上。森林面积仅为 200 万 hm²,森林覆盖率不到 5 %,草场退化面积已达总面积的 75 %以上。目前有 466.7 万 hm² 坡耕地,其中 25°以上的 46 万 hm²。黄土高原多年平均降水量 429 mm,相当于全国年降水量的 57 %,为世界同纬度地区陆地年降水量(573 mm)的 75 %和亚洲年降水量(740 mm)的 58 %^[25]。因此,黄土高原属于生态脆弱区和农业过负荷生产区域。

黄土高原是世界上两大苹果适宜产区之一,年均温度 8.5~13℃,降水量 500~800 mm,日照时数 2 200 h 以上,着色期日照率在 50 %以上,海拔高度 800~1 200 m、昼夜温差 16.6℃、光照充足、土层深厚、质地疏松,苹果个大、色艳、细腻、香甜、耐贮藏,具有生产优质高档苹果的生态条件。除了降雨多集中在 6~8 月外,气候条件与美国、新西兰、法国等国家的著名苹果产区相近。从 20 世纪 80 年代中期开始,黄土高原开始发展果树,到目前果树面积已经达到 80 万 hm²,占到黄土高原耕地面积的 5 %以及非坡耕地面积的 8.3 %,占到全国苹果总面积的 35.1 %;苹果总产量达到 642.6 万 t,占全国苹果总产量的 31.5 %,黄土高原已发展成为我国苹果主产区。2004 年陕西省苹果产量 392 万 t,占全国总产量的 22 %,占世界总产量的 7 %,面积 36.9 万 hm²,占全省耕地的 13 %左右,其中,渭北 27 个基地县组成的渭北苹果优生带,苹果面积 27.1 万 hm²,产量

334.53 万 t,分别占全省苹果面积和产量的 73.34 % 和 85.30 %。在渭北高原苹果带上,几乎到处都是一望无际的果园,2005 年陕西省旬邑县苹果总面积达到 2.3 万 km²,已经占到全县耕地面积的 77 %,良田好地基本上都栽植果树,取代了几百年甚至是上千年以小麦和玉米种植为主的种植模式,农业生态系统结构产生了较大变化。因此研究果园土壤有机质变化有一定的现实意义。

2 土壤样品采集与分析

五点法土壤采样,果园中心及由中心沿对角线

表 1 果园土壤采样基本信息

采样点	土壤类型	降水量/mm	海拔/m	地理坐标
陕西旬邑	黑垆土	600	1202~1215	35°06'-07' N,108°13'-14' E
陕西武功	棕褐土	633	552~557	34°23'-24' N,108°04'-06' E
陕西白水	黑垆土	568	957~966	35°15'-16' N,109°29'-30' E
陕西宝塔	黄绵土	500	1069~1237	36°31'-32' N,109°29'-30' E
陕西洛川	黑垆土	622	1258~1280	35°51'-53' N,109°32'-33' E

土壤样品按照中华人民共和国国家标准土壤有机质测定法(Method for determination of soil organic matter,GB 9834-88-1999)。土壤样品有机质含量测定由中国农科院农业环境与可持续发展研究所测试中心承担,检测结果见表 2。

表 2 果园土壤有机质含量 %

处理	陕西旬邑	陕西武功	陕西白水	陕西宝塔	陕西洛川
农田	1.23	1.58	1.66	0.56	1.03
	1.33	0.89	1.39	0.57	1.37
5~10 年果园	1.23	1.36	1.40	0.63	0.87
	1.21	1.54	1.55	0.82	1.25
	1.18	1.36	1.38	0.46	1.26
10~15 年果园	1.28	1.43	1.35	0.66	1.21
	1.15	1.51	1.43	0.38	1.22
15 年以上果园	1.33	1.96	1.50	0.54	1.62
	1.29	1.81	1.60	0.70	1.73
15 年以上种草果园	1.56a	1.45b	2.05a	0.78a	2.07a

注:a 果园种植三叶草,b 果园种植紫花苜蓿。

3 结果与分析

3.1 土壤有机质含量统计特征

在 SPSS 软件平台上做描述性统计(description statistics)中的频数分布分析(Frequencies)。从表 3 可以看出,土壤有机质呈现正态分布,偏度系数表明土壤有机质含量呈现左偏,峰度系数表明土壤有机质含量比标准正态明显偏低。土壤有机质含量最高值

向外 8~12 m 选取 4 个点,离开树干 1.5~2.0 m,取表层土壤深度 0~20 cm,5 点土壤样品取回充分混合后采用四分法取 700~800 g 样品,标记塑料袋并密封拿回待测。土壤取样区域是黄土高原苹果主产区的陕西旬邑、武功、白水、宝塔和洛川。果园分为 5~10 a、10~15 a 和 15 a 以上 3 个园龄段,每个园龄段各选三个果园,15 a 以上园龄段选择种草果园,同时在果园附近选择普通作物农田作为对照。土壤取样时间 2007 年 10 月上旬-11 月上旬,共取 50 份土壤样品,土壤取样采用 GPS 定位系统。土壤采样信息见表 1。

在陕西洛川,最低值在陕西宝塔;高值比较分散,陕西宝塔集中了低值。图 1 表明土壤有机质含量分布频数情况,土壤有机质含量低于 1.03 % 的占土壤样品 26.5 %,高于 1.5 % 的占土壤样品 26 %,介于 1.05 %~1.5 % 的占土壤样品 43.54 %。

表 3 土壤有机质含量统计特征

统计项目	统计值
样点数	50
平均数	1.2545
中位数	1.3300
众数	1.21
标准差	0.473
方差	0.166
偏度系数	-0.350
峰度系数	-0.226
全距	1.69
最小数	0.38
最大数	2.07
土壤有机质含量总和	165.09
土壤有机质含量 0.38 %~1.03 %	26.5
土壤有机质含量 1.03 %~1.5.0 %	43.5
土壤有机质含量 1.5 %~2.07 %	26.0

3.2 果园土壤与农田土壤有机质含量差异分析

目的是研究果园土壤与农田土壤之间有机质含量的差异情况。对果园不进行园龄分段(果园看作一个处理对待),以农田为对照,并把农田土壤有机质含量值作为总体平均值,进行独立样本 t 检验(One-Sample Test)分析,结果见表 4。

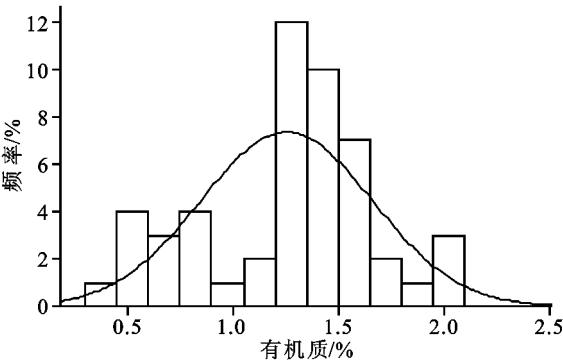


图 1 土壤有机质含量分布频数

可以看出,果园土壤有机质含量与农田相比,洛川和白水果园土壤有机质发生显著变化($\alpha=0.05$),其中洛川显著提高,白水显著降低;旬邑和宝塔土壤有机质含量与农田相比提高但不显著;武功果园土壤有机质含量与农田相比降低但不显著。从这一结果可以推断如下结论:农田由普通作物改栽植果树,土壤有机质含量变化有 3 个趋势:增加、变化不明显和降低。

大部分土壤有机质含量提高,其主要原因可能

是增加化肥和有机肥投入,另外还有树叶残留以及果园种草有关;差异不大或降低说明果园肥料投入不足或者肥料投入结构不合理。

土壤有机质含量变化与果园产出类型有较大的相关性,土壤样品采集中获得的信息表明在陕西旬邑、洛川、白水果园产量普遍较高,果园管理以及果农掌握生产技术均处于较高水平,另外还有一个重要的条件,这些区域多数果园的果品未采摘就已经“名花有主”了,果品价格普遍较高,果农收入高,多年经营已经形成良性果业生产和销售网络体系,陕西武功与之相比果园产量与品质有较大差距。

表 4 果园土壤与农田土壤有机质含量差异分析结果(t 检验)

样 点	检 验 值	t 值	自 由 度	P 值	均数差值
陕西旬邑	1.23	1.340	9	0.213	0.0490
陕西武功	1.58	- 1.007	9	0.340	- 0.0906
陕西白水	1.66	- 1.947	9	0.083	- 0.1290
陕西宝塔	0.56	1.156	9	0.277	0.0500
陕西洛川	1.00	3.195	9	0.011	0.3600

表 5 果园不同园龄段土壤有机质含量差异分析

采样点		离均差平方和	自由度	均方	F 值	P 值
陕西旬邑	组间变异	0.102	4	0.025	6.952	0.028
	组内变异	0.018	5	0.004		
	总变异	0.120	9			
陕西武功	组间变异	0.484	4	0.121	2.470	0.174
	组内变异	0.245	5	0.049		
	总变异	0.729	9			
陕西白水	组间变异	0.371	4	0.093	19.035	0.003
	组内变异	0.024	5	0.005		
	总变异	0.395	9			
陕西宝塔	组间变异	0.080	4	0.020	1.129	0.437
	组内变异	0.088	5	0.018		
	总变异	0.168	9			
陕西洛川	组间变异	0.999	4	0.250	8.688	0.019
	组内变异	0.144	5	0.029		
	总变异	1.143	9			

3.3 果园不同园龄段土壤与农田土壤有机质含量差异分析

按照表 2,土壤有机质含量划分为 5 个组:农田、5~10 a 果园、10~15 a 果园、15 a 以上果园和 15 a 以上种草果园。研究从普通农田、低龄果园到老龄果园土壤有机质含量的变化规律。利用 SPSS 软件进行单项分组资料方差分析,结果见表 5。可以看出,组间变异达到显著水平($\alpha=0.05$)的有陕西旬邑、陕西白水、陕西洛川。从这一结果可以推断出,随着果园园龄增加,土壤有机质含量存在一个递增趋势,一方

面是由于土壤有机质逐年积累,另一方面果园有一个较长的盛果期也促进了肥料的投入,与此同时还表明果园种草对增加土壤有机质含量有重要作用;另外还有超过一半的采样点果园,园龄增加土壤有机质含量不变化或者增加不明显,甚至出现下降。分析这种现象发生的原因,有以下几点值得注意。

第一,采样点中有 3 个采样点土壤有机质含量随园龄递增土壤有机质发生显著增加,而这 3 个县正好是陕西省苹果产业大县,同处在渭北地区,一些果园采取开沟压入麦草、玉米秸秆、青草等施肥保肥方法

提高土壤有机质,从果园产量水平、管理水平以及经济效益方面到达较高层次,与其它农作物相比,果园经济效益明显,向果园投入肥料也就较多;陕西宝塔由于果园土壤属于黄绵土养分贫瘠,养分流失严重,产量低,果农投入较低;陕西武功地处关中平原,不是苹果适生区,果品品质不佳,价格低,经济效益不高,果农积极性不高,果园投入不足,管理水平普遍较低。

4 结 论

果园与农田相比土壤有机质含量发生显著变化,从研究结果看,显著提高的采样点 2 个,其它 3 个果园变化不显著,其中 2 个果园土壤有机质含量降低不显著,另一个果园土壤有机质含量提高不显著。果园土壤有机质含量提高与增加投入化肥、有机肥、堆肥和青草或秸秆还田有关,另外还和树叶残留以及果园种草有关;土壤有机质含量降低或变化差异不大说明果园肥料投入不足或者肥料投入结构不合理。土壤有机质含量提高属于高产和高投入果园,土壤有机质含量降低属于低产和低投入果园,土壤有机质含量变化不明显属于中产和中投入果园。在苹果优质高产地区,随果园园龄增加,土壤有机质含量显著增加,同时表明果园种草能够显著提高果园土壤有机质含量。果园土壤有机质含量变化除肥料投入影响外,还与果园的土壤条件、果品的市场行情以及农业技术等有关。

参考文献:

- [1] 马成泽. 有机质含量对土壤几项物理性质的影响[J]. 土壤通报, 1994, 25(2): 65-67.
- [2] 郝荣庭. 果树栽培学总论(3 版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [3] 路克国, 朱树华, 张连忠. 有机肥对土壤理化性质和富士苹果果实品质的影响[J]. 石河子大学学报, 2003, 7(3): 205-208.
- [4] 王留好, 同延安, 刘剑. 陕西渭北地区苹果园土壤有机质现状评价[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(6): 189-192.
- [5] 姜远茂, 彭福田, 张宏艳, 等. 山东省苹果园土壤有机质及养分状况研究[J]. 土壤通报, 2001, 23(4): 167-169.
- [6] 张电学, 韩志卿, 王秋兵, 等. 长期不同施肥制度下土壤有机质质量动态变化规律[J]. 土壤通报, 2007, 38(2): 251-255.
- [7] 张爱君, 张明普. 黄潮土长期轮作施肥土壤有机质消长规律的研究[J]. 安徽农业大学学报, 2002, 29(1): 60-63.
- [8] 孙福来, 张延霞, 庞祥锋, 等. 长期定位施肥对土壤有机质和碱解氮及冬小麦产量的影响[J]. 土壤通报, 2007, 38(5): 1016-1018.
- [9] 宋永林, 袁锋明, 姚造华. 化肥与有机物料配施对作物产量及土壤有机质的影响[J]. 华北农学报, 2002, 17(4): 73-76.
- [10] 张世熔, 黄元坊, 李保国, 等. 黄淮海冲击平原区土壤有机质时空变异特征[J]. 生态学报, 2002, 22(12): 2041-2047.
- [11] 葛晓光, 张恩平, 张昕, 等. 长期施肥条件下菜田 - 蔬菜生态系统变化的研究(I): 土壤有机质的变化[J]. 园艺学报, 2004, 31(1): 34-38.
- [12] 刘天学, 纪秀娥. 焚烧秸秆对土壤有机质和微生物的影响研究[J]. 土壤, 2003, 35(4): 347-348.
- [13] 郑昭佩, 刘作新, 魏义长, 等. 水肥管理对半干旱丘陵区土壤有机质含量的影响[J]. 水土保持学报, 2002, 16(4): 102-104.
- [14] 韩凤朋, 张兴昌, 郑纪勇. 黄河中游土壤有机质与氮磷相关性分析[J]. 人民黄河, 2007, 29(4): 58-59.
- [15] 孟凡乔, 吴文良, 辛德惠. 高产农田土壤有机质、养分的变化规律与作物产量的关系[J]. 植物营养与肥料学报, 2000, 6(4): 370-374.
- [16] 刘云慧, 宇振荣, 张凤荣, 等. 县域土壤有机质动态变化及其影响因素分析[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(3): 294-301.
- [17] 李忠佩, 王效举. 小区域水平土壤有机质动态变化的评价与分析[J]. 地理科学, 2000, 20(2): 182-288.
- [18] 刘启明, 王世杰, 朴河春. 农林生态系统的转变对土壤有机质影响的示踪 ^{13}C 研究[J]. 第四纪研究, 2001, 21(5): 99.
- [19] 陈桂秋, 黄道友, 苏以荣, 等. 红壤丘陵区土地不同利用方式对土壤有机质的影响[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(2): 256-260.
- [20] 张伟华, 张昊, 李文忠, 等. 青海大通中国沙棘人工林对土壤有机质和含氮量的影响[J]. 干旱区资源与环境, 2005, 19(1): 154-158.
- [21] 王清奎, 汪思龙, 冯宗炜, 等. 杉木人工林土壤有机质研究[J]. 应用生态学报, 2004, 15(10): 1947-1952.
- [22] 薛晓辉, 卢芳, 张兴昌. 陕北黄土高原土壤有机质分布研究[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2005, 33(6): 69-75.
- [23] 张元明, 杨伟康, 王雪芹, 等. 生物结皮影响下的土壤有机质分异特征[J]. 生态学报, 2005, 25(12): 3420-3425.
- [24] 章明奎, 王丽平. 重金属污染对土壤有机质积累的影响[J]. 应用生态学报, 2007, 18(7): 1479-1483.
- [25] 杨世琦, 杨正礼. 黄土高原生态系统演替进程中土壤有机质和 pH 值变化规律[J]. 水土保持研究, 2008, 15(2): 159-163.