

黄土高原果园土壤 pH 变化分析*

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)

中图分类号: S153.621; S66.33 文献标识码: A 文章编号: 1671-3990(2010)06-1385-03

Change of orchard soil pH in the Loess Plateau

YANG Shi-Qi, ZHANG Ai-Ping, YANG Zheng-Li, LIU Guo-Qiang

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

(Received March 9, 2010; accepted Aug. 12, 2010)

以往的研究表明,生态系统演替进程中,任何层次土壤的 pH 都减少,随深度增加,减少量降低;演替初期 pH 减少较快,之后逐渐减慢^[1-2]。土壤 pH 对土壤元素转换、微生物区系、营养元素的有效性以及水土保持等方面有重要影响,并因此对植物生长产生一定影响。

在黄土高原这一特殊的地理区域,有关生态系统演替中土壤 pH 变化的研究较多,但主要针对自然生态系统,对农田生态系统土壤 pH 的变化研究较少。陕西省志丹县纸坊沟流域(36°49'N, 108°43'E)从禾草草原群落、半灌木草原群落、灌丛草原群落到疏林草原群落土壤 pH 逐渐降低,最低 7.54,比禾草草原群落 pH 降低 1.32^[3]。安塞县黄土丘陵沟壑区(105°51'44"~109°26'18"E, 36°22'40"~36°32'16"N)退耕地自然恢复草地的演替过程中,土壤 pH 不断减小^[4]。宁夏固原上黄生态试验站(106°26'~106°30'E, 35°59'~36°02'N)15°~20°的坡地上,18 年灌木林(柠条)地土壤 pH 为 8.03,8 年生林地 pH 为 8.07,对照耕地 pH 为 8.11^[5]。陕西省永寿县马莲滩林场和槐坪林场(34°48'00"~34°48'21"N, 108°05'27"~108°05'50"E)撂荒地表层土壤 pH 为 8.00,幼龄油松林 pH 为 8.05,成林油松林 pH 为 7.26;幼龄刺槐 pH 为 8.16,成林刺槐林 pH 为 6.8^[6]。陕西省宜川县铁龙湾林场 1963 年的油松人工林 2000 年测定时土壤 pH 为 8.30(1983 年和 1992 年进行间伐),对照农地土

壤 pH 为 8.50^[7]。

农田生态系统也存在演替现象,一是它本身就是从自然生态系统演替而来,土壤物理与化学性质发生了变化;二是农田生态系统的作物多样性也会引起土壤性质的改变,普通农作物与果树之间的差异,对土壤性质会产生差异性影响。黄土高原是世界上两大苹果适宜产区之一,从 20 世纪 80 年代中期开始发展苹果,目前占全国苹果总面积的 35.1%,占全国苹果总产量的 31.5%。2005 年陕西省渭北高原苹果带上的旬邑县苹果总面积占全县耕地面积的 77%,良田都栽植果树,替代了传统的小麦-玉米种植方式,农田生态系统结构发生了根本性变化。本文分析黄土高原主要苹果产业带果树栽培对土壤 pH 的影响,一方面可为农田合理栽培提供依据;另一方面可从水土保持角度考察黄土高原退耕还林对土壤的影响。

1 研究区概况与方法

1.1 黄土高原自然环境概况

黄土高原西起日月山,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 个地市,全区总面积 64 万 km²,水土流失面积 45.4 万 km²,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

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

** 通讯作者: 刘国强(1963~),男,博士,副研究员,主要从事农业污染防治科研及其管理。E-mail: liugq@cjac.org.cn
杨世琦(1970~),男,博士,副研究员,主要从事农业生态安全研究。E-mail: shiqiyang@126.com

收稿日期: 2010-03-09 接受日期: 2010-08-12

表 1 土壤取样果园基本概况
Tab. 1 Basic status of soil sampling orchards

采样点 Sampling region	土壤类型 Soil type	降水量 Precipitation (mm)	海拔 Altitude (m)	地理坐标 Geography coordinate
陕西旬邑 Xunyi, Shaanxi	黑垆土 Dark loessial soil	600	1 202~1 215	N35°(06~07)', E108°(13~14)'
陕西武功 Wugong, Shaanxi	棕褐土 Brown cinnamon soil	633	552~557	N34°(23~24)', E108°(04~06)'
陕西白水 Baishui, Shaanxi	黑垆土 Dark loessial soil	568	957~966	N35°(15~16)', E109°(29~30)'
陕西宝塔 Baota, Shaanxi	黄绵土 Loess soil	500	1 069~1 237	N36°(31~32)', E109°(29~30)'
陕西洛川 Luochuan, Shaanxi	黑垆土 Dark loessial soil	622	1 258~1 280	N35°(51~53)', E109°(32~33)'
山西太谷 Taigu, Shanxi	灰褐土 Grey cinnamon soil	450	822~841	N37°(20~22)', E112°(26~30)'
山西芮城 Ruicheng, Shanxi	棕褐土 Brown cinnamon soil	513	546~555	N34°(42~43)', E110°(40~41)'

冷干旱。年降雨量 184.8~750.0 mm, 大多数地区为 300~600 mm, 每年 7~9 月份降水量约占全年降水总量的 60%。土壤主要有褐土、娄土、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。森林覆盖率不到 5%, 草场退化面积已达总面积的 75%以上^[8]。土壤取样区概况见表 1, 其中陕西旬邑代表渭北高原优质苹果产业带, 白水、宝塔和洛川代表陕西省东部和北部渭北旱塬优质苹果产业带, 武功代表关中平原高产优质苹果产业带, 山西太谷代表晋中盆地果业生产区, 芮城代表黄河中游平原区苹果生产区, 这 7 个取样区的苹果生产在黄土高原具有一定的代表性。

1.2 土壤取样和测定方法

将取样区果园分成 5~10 年、10~15 年和 15 年以上 3 个园龄段, 每个园龄段各选 3 个果园, 果园面积 0.25~2.5 hm², 同时在果园附近选择普通作物农田作为果园对照, 农田面积 0.1~0.5 hm²。土壤取样时间 2007 年 10 月上旬~11 月上旬, 共取 70 份土壤样品。五点法土壤采样, 果园中心及由中心沿对角线向外 8~12 m 再选取 4 点, 远离树干 1.5 m, 取 0~15 cm 表层土壤, 5 点土壤样品取回充分混合后采用四分法取 700~800 kg 样品, 标记塑料袋并密封带回待测。

土壤样品按照中华人民共和国林业行业标准森林土壤 pH 的测定(LY/T1239-1999), 用 0.01 mol·L⁻¹氯化钙按照 2.5:1 与土样混合, 充分搅匀, 平衡 30 min, 然后将 pH 玻璃电极和甘汞电极插入浸出液中用 pH 计测定。测定工作由中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所测试中心承担。

1.3 数据分析

利用 SPSS 软件的单样本平均数的 *t* 检验、单项分组资料方差分析和 SNK 测验进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 农田与果园土壤 pH 差异

把果园作为 1 个处理, 不考虑果园园龄分段,

以农田为对照, 并把农田土壤 pH 作为总体平均值, 进行独立样本 *t* 检验(One-sample test)分析, 用以研究农田土壤与果园土壤之间的 pH 变化规律, 结果见表 2。

表 2 农田土壤与果园土壤的 pH 差异分析(*t* 检验)
Tab. 2 Difference analysis on soil pH between orchard and cropland

采样地 Sampling region	检验值 Test value	<i>t</i>	<i>P</i> 值 Sig. (2-tailed)	均数差值 Mean difference
陕西旬邑 Xunyi, Shaanxi	7.98	2.793	0.021	0.099
陕西武功 Wugong, Shaanxi	7.72	6.925	0.000	0.324
陕西白水 Baishui, Shaanxi	8.25	-1.693	0.125	-0.106
陕西宝塔 Baota, Shaanxi	8.26	5.077	0.001	0.122
陕西洛川 Luochuan, Shaanxi	7.89	4.806	0.001	0.173
山西太谷 Taigu, Shanxi	8.29	-2.902	0.018	-0.088
山西芮城 Ruicheng, Shanxi	8.29	0.151	0.884	0.005

$\alpha=0.05$.

由表 2 可知, 7 个采样点中, 陕西旬邑、武功、宝塔、洛川和山西太谷 5 个采样点普通农田与果园土壤 pH 差异达到显著水平($\alpha=0.05$), 占采样点数量的 71.4%; 陕西白水和山西芮城 2 个采样点普通农田与果园土壤 pH 差异不显著, 占采样点数量的 29.6%。陕西旬邑、武功、宝塔和洛川果园土壤 pH 较农田有显著提高, 占采样点数量的 57.1%; 山西芮城果园土壤 pH 较农田提高但不显著, 占采样点数量的 14.3%; 山西太谷果园土壤 pH 较农田显著降低, 占采样点数量的 14.3%; 陕西白水果园土壤 pH 较农田低但不显著, 占采样点数量的 14.3%。

2.2 农田与果园不同园龄段的土壤 pH 差异

把农田、不同园龄段果园看作不同处理, 研究农田、不同园龄段果园土壤 pH 的变化规律。借用单项分组资料方差分析和 SNK 测验进行分析的结果见表 3。由表 3 可知, 农田与果园不同园龄段之间土壤 pH 陕西武功、宝塔和洛川 3 个样点达到显著差异水

表 3 农田与不同园龄段果园土壤 pH 差异分析(ANOVA)

Tab. 3 Difference analysis on soil pH between cropland and orchards for different years

采样点 Sampling region	P 值 Sig.
陕西旬邑 Xunyi, Shaanxi	0.194
陕西武功 Wugong, Shaanxi	0.001
陕西白水 Baishui, Shaanxi	0.545
陕西宝塔 Baota, Shaanxi	0.001
陕西洛川 Luochuan, Shaanxi	0.025
山西太谷 Taigu, Shanxi	0.423
山西芮城 Ruicheng, Shanxi	0.211

平($\alpha=0.05$, $F=4.76$), 占采样点数量的 42.9%, 表明果园土壤 pH 比农田有显著提高, 随园龄增加果园土壤 pH 有明显增高趋势。其他样点的农田与果园不同园龄段之间土壤 pH 差异未达显著水平, 占采样点数量的 57.1%。

2.3 不同园龄段果园土壤 pH 差异

把不同园龄段果园看作 1 个处理, 不考虑农田土壤 pH, 研究不同园龄段土壤 pH 的变化规律。单项分组资料方差分析结果见表 4。由表 4 可知, 仅有陕西宝塔果园不同园龄段土壤 pH 差异达到显著水平($\alpha=0.05$, $F=5.14$), 随园龄增加土壤 pH 有明显提高, 占采样点数量的 14.3%。其他样点果园不同园龄段之间土壤 pH 差异未达显著水平, 占采样点数量的 85.7%。该结果进一步表明果园土壤 pH 和农田相比的差异性高于不同园龄段果园之间的差异性, 从另一方面说明果园土壤和农田土壤 pH 有显著差异。

表 4 不同园龄段果园土壤 pH 差异分析(ANOVA)

Tab. 4 Difference analysis on soil pH among orchards for different years

采样点 Sampling region	P 值 Sig.
陕西旬邑 Xunyi, Shaanxi	0.382
陕西武功 Wugong, Shaanxi	0.180
陕西白水 Baishui, Shaanxi	0.611
陕西宝塔 Baota, Shaanxi	0.019
陕西洛川 Luochuan, Shaanxi	0.288
山西太谷 Taigu, Shanxi	0.794
山西芮城 Ruicheng, Shanxi	0.202

3 结论与讨论

农田生态系统属亚顶级生态系统, 土壤 pH 变化受制于自然和人为影响, 其变化趋势较为复杂。国内研究表明, 我国主要农田土壤 pH 20 年平均下降约 0.5 个单位, 相当于土壤酸量在原有基础上增加 2.2 倍。其中, 经济作物体系土壤酸化比粮食作物体系更为严重; 即使是过去被认为对酸化不敏感的石灰性土壤, 其 pH 也同样出现了显著下降现象, 主要原因可能是氮肥大量施用加速了农田土壤的酸化过程^[9]。但对于黄土高原地区的果园土壤而言, 结论却不尽一致, 分析其原因: 一是自然因素, 主要是降水量低。黄土高原降水量总体偏低, 加上果树生长期的需水量较大, 必然过度消耗土壤地下

水, 导致土壤下层盐分上移表层, 出现表土 pH 升高。从分析结果看, 还有不到 1/3 的果园土壤 pH 降低, 这是由于部分地区的年降水量较高所致。黄土高原的小气候现象非常普遍, 一般降水量少于 600 mm, 降水量略高地区有零星森林, 多数为灌木丛, 属干旱半湿润生态气候类型区, 降水量低的地区植被类型主要以草原为主。二是人为因素, 不同的栽培管理措施对果园土壤 pH 影响很大。果树养分需求量很大, 对于果业产业相对发达的地区, 养分管理水平较高, 采用果园种草与灌溉等措施的果园, 土壤 pH 变化较小, 甚至会出现降低现象。三是果园年间以及不同果园之间的管理差异较大, 对土壤 pH 产生影响。另外由于果树有相对明显的大小年现象, 因此存在小年投入少、大年投入多的管理现象。另外果树的园龄也影响管理水平, 中年果园投入多, 少年果园与老龄果园投入少, 这些也会影响果园土壤 pH 的变化。

农田与不同园龄段果园土壤 pH 以及不同园龄段之间土壤 pH 差异明显低于果园土壤 pH 与农田相比差异性。与农田土壤 pH 相比, 71.4% 的果园土壤 pH 升高, 29.6% 的果园土壤 pH 降低, 总体趋势说明黄土高原果园土壤 pH 有增加趋势。该结论反映了黄土高原果园总体管理水平不高, 多数处于粗放经营状态, 仅有少数地区少部分果园的管理达到较高水平, 重视与提升黄土高原果园整体水平才是促进果业产业发展的核心动力。

参考文献

- [1] Crocker R L. Soil development in relation to vegetation and surface age at Glacier Bay, Alaska[J]. Journal of Ecology, 1955, 43: 427-448
- [2] Viereck L A. Plant succession and soil development on gravel outwash of the Muldrow Glacier, Alaska[J]. Ecological Monographs, 1966, 36: 181-199
- [3] 赵广琦, 杜增平. 陕北西阳湾植被恢复的特点初探[J]. 西北林学院学报, 2002, 17(2): 10-13
- [4] 马祥华, 焦菊英. 黄土丘陵沟壑区退耕地自然恢复植被特征及其与土壤环境的关系[J]. 中国水土保持科学, 2005, 3(2): 15-22
- [5] 安韶山, 黄懿梅. 黄土丘陵区柠条林改良土壤作用的研究[J]. 林业科学, 2006, 42(1): 70-74
- [6] 郑顺安, 常庆瑞. 黄土高原不同类型人工林对土壤肥力的影响[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2006, 34(2): 119-123
- [7] 赵鸿雁, 吴钦孝, 刘国彬. 黄土高原人工油松林水文生态效应[J]. 生态学报, 2003, 23(2): 376-379
- [8] 杨文杰, 吴发启, 方丽. 陕西省渭北黄土高原苹果发展战略研究[J]. 西北农业学报, 2004, 13(3): 158-161
- [9] Guo J H, Liu X J, Zhang Y, et al. Significant acidification in major Chinese croplands[J]. Science, 2010, 327(5968): 1008-1010