

# 我国果园土壤有机质研究进展

寇建村<sup>1</sup>, 杨文权<sup>2</sup>, 李尚玮<sup>1</sup>, 方国文<sup>1</sup>, 韩明玉<sup>3</sup>

(1. 西北农林科技大学 动物科技学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学 生命科学学院, 陕西 杨凌 712100;

3. 西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

**摘 要:**土壤有机质是土壤基础肥力和生产力的重要指标,提高果园土壤有机质含量是提高果园土壤肥力的关键,也是生产优质无公害和有机果品的基本条件与保障。在我国,果园土壤有机质含量普遍偏低,平均含量不到 10 g/kg。因此,为了更好地提高果园土壤肥力、果实产量及品质,现综述了影响我国果园土壤有机质含量的因素,分析了造成土壤有机质含量偏低的原因,总结了提升果园土壤有机质的途径,并介绍了新兴果园土壤肥力管理模式——果园生草对土壤有机质的影响及其研究进展,以期为我国果园的可持续健康发展提供参考依据。

**关键词:**果园;土壤有机质;有机肥;果园生草

**中图分类号:**S 606+.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)04-0185-07

土壤有机质(soil organic matter)是泛指以各种形态和状态存在于土壤中的各种含碳有机化合物。具体地说,它包括土壤中的动物、植物及微生物残体的不同分解、合成阶段的各种产物,其中,土壤中特殊的含碳有机化合物——腐殖质是土壤有机质的主体<sup>[1]</sup>。土壤有机质含有植物生长所需要的各种营养成分,随着有机质的矿化,不断地释放出来供植物和微生物利用,同时释放出微生物生命活动所必需的能量,并通过提高土壤颗粒的稳定性、改变土壤的热学特性、影响土壤中阳离子交换量等功能从而最终影响土壤的物理和化学作用<sup>[2-3]</sup>。因此,果园土壤有机质不仅是果园土壤肥力的重要指标,也是果园能否高产、稳产及优质果品生产的基本条件。

## 1 土壤有机质的作用

土壤有机质可直接为果树生长提供相当数量的营养元素和生理活性物质<sup>[1]</sup>,与果树产量、果实品质密切相关,因此,提高果园土壤有机质含量是提高果园土壤肥力的关键<sup>[4-5]</sup>。

### 1.1 土壤有机质与土壤特性

有机质不仅可以为植物提供营养、增加养分的有效性,保水、保肥及缓冲土壤对酸碱的缓冲能力,还可以促进土壤团粒结构的形成、改善土壤物理性质等<sup>[6]</sup>。土壤有机质可降低土壤容重,增加孔隙量和通透性,提高土壤贮备、供应和保持水分能力<sup>[1-2]</sup>。另外,有机质也有很好的阳离子交换能力,一方面可提高土壤对酸碱变化的缓冲能力;另一方面,腐殖质也可以吸附阴、阳离子,而被吸附的离子,就可避免随水流失,同时,根系附近的 H<sup>+</sup> 或其它阳离子还能随时将其交换出来<sup>[7]</sup>,供给果树 Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup> 和某些微量养分<sup>[1]</sup>。同时,土壤有机质可提高土壤酶活性,在腐殖质组成中,转化酶、蛋白酶、脲酶、过氧化物酶、多酚氧化酶、脱氢酶、碱性和中性磷酸酶等的活性均较高<sup>[6,8]</sup>。

### 1.2 土壤有机质与果树养分

土壤有机质是组成土壤肥力的核心物质,含有果树所需的大量元素 N、P、K、S、Ca、Mg 及许多微量元素等养分<sup>[2]</sup>,其含量高低是衡量土壤肥力的重要指标之一,也只有在土壤有机质的作用下,才能形成具有肥力的土壤<sup>[9]</sup>。土壤有机质可提供植物生长所需 95% 以上的氮、20%~70% 的磷、95% 以上的硫<sup>[2]</sup>。随着有机质的矿质化,营养元素都成为矿质盐类,并以一定的速率不断释放,供果树利用<sup>[2,7]</sup>。张义等<sup>[10]</sup>通过回归分析得到黄土高原沟壑区果园生态系统土壤有机质、全氮、速效氮之间的回归模型: $Y_{\text{有机质}} = 13.284X_{\text{全氮}} + 1.2518, r = 0.871^{**}$ ;  $Y_{\text{有机质}} = 0.1385X_{\text{速效氮}} + 5.5828, r = 0.761^{**}$ 。在土壤全磷中,有机态磷占 20%~80%;同时,土壤中大部分硫是以有机态存在,伴随生物对土壤有机质的分解作用,不断释

**第一作者简介:**寇建村(1976-),女,博士,副教授,研究方向为果草复合系统及牧草生理生态。E-mail:jiancun02@163.com.

**责任作者:**韩明玉(1962-),男,博士,教授,博士生导师,现主要从事果树遗传育种与栽培生理等研究工作。E-mail:hanmy@nwsuaf.edu.cn.

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(31302027);国家苹果产业技术体系资助项目(CARS-28);陕西省科技厅资助项目(2011KTZB02-02);中央高校基本科研业务费资助项目(QN2013025)。

**收稿日期:**2015-09-28

放出  $\text{SO}_4^{2-}$ , 供果树生长发育的需要<sup>[1]</sup>。

土壤有机质在分解过程中, 还可产生多种有机酸(如氨基酸), 它们可在一定程度上溶解土壤矿质部分, 促进其风化和某些养分的有效化<sup>[7]</sup>; 同时, 它们本身也是植物有机营养的重要来源<sup>[2]</sup>。

### 1.3 土壤有机质与果树生长及果实品质

1.3.1 土壤有机质与果树生长 有机质是影响果树根系生长发育的重要因子。腐殖质能增强根细胞膜的透性, 提高果树对养分的吸收能力, 加速细胞分裂, 促进根系发育<sup>[7]</sup>。研究表明, 在砂土与粘土中施用有机肥后, 苹果幼树当年生根中, 吸收根及生长根中柱占根面积百分率提高, 导管密度及导管占中柱面积百分率提高; 输导根导管总面积及导管占木质部面积百分率增大。土壤有机质增加后, 果树根系活力增加, 根系对养分的吸收和向果实中转移能力加强, 也可促进根系生长, 使根系在深层土壤中的分布增加, 延缓衰老<sup>[2]</sup>。腐殖质还能提高土壤酶活性, 增加果树对养分的吸收能力, 从而促进果树生长。另外, 腐殖质还含有一些生理活性物质, 如胡敏酸、聚酚和醌类物质, 刺激果树的生长<sup>[1]</sup>。

1.3.2 土壤有机质与果实的产量及品质 土壤有机质在果树优质高效生产中具有重要作用, 提高果园有机质含量不但能实现稳产高产, 还可提高果品品质<sup>[11]</sup>。有机质含量高, 则果树生长旺盛、病虫害少, 产量高且稳定, 品质好<sup>[12]</sup>。一些研究表明, 果园土壤有机质提高后, 苹果的果个大, 优果率高, 且硬度及可溶性固形物含量显著提高, 果实去皮硬度增加, 苦痘病及皱皮、裂果率降低<sup>[2]</sup>。相反, 有机质缺乏, 则果树生长缓慢、化肥利用率低, 产量低而不稳, 抗逆性差<sup>[2-3, 13-14]</sup>。韦广泼等<sup>[15]</sup> 2005 年对 113 个示范果园调查显示常年施有机肥  $(1.50 \sim 2.25) \times 10^4 \text{ kg/hm}^2$  的果园土壤有机质含量为  $10.8 \text{ g/kg}$ , 果园平均产量  $2.78 \times 10^4 \text{ kg/hm}^2$ , 施有机肥  $4.5 \times 10^4 \text{ kg/hm}^2$  以上的果园土壤有机质达  $12.2 \text{ g/kg}$ , 果园平均产量  $3.18 \times 10^4 \text{ kg/hm}^2$ ; 并且有机肥施用量还与苹果品质呈正相关关系。颜晓捷等<sup>[16]</sup> 研究发现, 土壤有机质质量分数与杨梅果实中的维生素 C、总酸、还原糖、总糖和固酸比显著相关, 在提高土壤有机质的同时, 杨梅产量提高了  $1\,350 \sim 2\,250 \text{ kg/hm}^2$ , 可溶性固形物增加  $6.7\% \sim 20.0\%$ , 维生素 C 增加  $42.6\% \sim 51.1\%$ , 还原糖增加  $17.0\% \sim 25.1\%$ , 总糖增加  $9.7\% \sim 14.9\%$ , 而总酸则减少  $16.5\% \sim 35.4\%$ , 固酸比增加  $4.2\% \sim 6.2\%$ 。何炎森等<sup>[17]</sup> 研究表明, 施用等价有机肥与施用化肥相比, 柚果的可滴定酸、可溶性固形物含量和固酸比值均较高, 且柚果肉质脆、无渣、风味佳。

## 2 我国果园土壤有机质现状

果园土壤有机质偏低是我国果园目前存在的普遍

问题<sup>[2-3, 18]</sup>。研究表明, 制约我国苹果产业可持续发展的主要问题就是土壤有机质含量低<sup>[19]</sup>。丰产稳产果园的土壤有机质含量应在  $20 \text{ g/kg}$  以上<sup>[7]</sup>, 国家无公害苹果技术规程要求, 果园土壤有机质含量应在  $15 \text{ g/kg}$  以上, 最好达到  $50 \sim 80 \text{ g/kg}$ , 但我国多数果园土壤有机质含量平均不到  $10 \text{ g/kg}$ <sup>[2-3]</sup>。张强等<sup>[4]</sup> 用线性规划得到 8—10 月北京地区果园土壤养分优化方案, 土壤有机质应为  $55.0 \text{ g/kg}$ , 实际却只有  $14.4 \text{ g/kg}$ 。卢树昌等<sup>[18]</sup> 对河北省 1 200 个果园土壤质量的调查表明, 果园土壤有机质含量偏低, 处于低等与缺乏水平的样本比例占  $71\%$ 。但果园土壤有机质含量也因种植地区、种植年限、果树种类、果园管理等不同而异。

### 2.1 种植地区

不同的种植地区果园土壤有机质含量不同。研究表明, 在苹果园中, 山西省中南部生产优势区 13 个县土壤有机质平均值为  $10.2 \text{ g/kg}$ <sup>[20]</sup>; 陕西省果园土壤有机质含量平均为  $12.3 \text{ g/kg}$ <sup>[21]</sup>; 北京为  $16.8 \text{ g/kg}$ <sup>[4]</sup>; 甘肃省天水市为  $11.3 \text{ g/kg}$ <sup>[22]</sup>; 山西省吉县为  $12.2 \text{ g/kg}$ <sup>[13]</sup>。

有机质含量较高的地区  $50\% \sim 60\%$  的果园土壤有机质含量为  $15 \sim 30 \text{ g/kg}$ 。山西省晋城市果园土壤有机质含量  $> 25 \text{ g/kg}$  的果园为  $7.5\%$ ,  $20 \sim 25 \text{ g/kg}$  为  $20.0\%$ ,  $15 \sim 20 \text{ g/kg}$  为  $36\%$ ,  $10 \sim 15 \text{ g/kg}$  为  $30.3\%$ ,  $6 \sim 10 \text{ g/kg}$  为  $6.2\%$ <sup>[23]</sup>。杨世琦等<sup>[12]</sup> 研究表明, 苹果种植典型区域(黄土高原、胶东半岛和北京郊区), 土壤有机质含量为  $4 \sim 10 \text{ g/kg}$  的果园为  $13.5\%$ ,  $10 \sim 15 \text{ g/kg}$  为  $30.6\%$ ,  $15 \sim 20 \text{ g/kg}$  为  $38.8\%$ ,  $20 \sim 25 \text{ g/kg}$  为  $17.1\%$ 。北京苹果主产区昌平区土壤有机质为  $10 \sim 20 \text{ g/kg}$  的果园为  $50.0\%$ ,  $20 \sim 30 \text{ g/kg}$  为  $40.0\%$ ,  $> 30 \text{ g/kg}$  为  $6.9\%$ <sup>[24]</sup>。

有机质含量较低的地区  $70\% \sim 90\%$  果园土壤有机质含量为低于  $15.0 \text{ g/kg}$ 。在典型果业生产区域的黄土高原, 5 个采样区的 45 个果园中, 土壤有机质含量平均为  $12.5 \text{ g/kg}$ , 土壤有机质含量为  $3.8 \sim 10.3 \text{ g/kg}$  为  $26.5\%$ ,  $10.3 \sim 15.0 \text{ g/kg}$  为  $43.5\%$ ,  $15.0 \sim 20.7 \text{ g/kg}$  为  $26.0\%$ <sup>[5]</sup>。王忠和等<sup>[14]</sup> 对山东省烟台和威海地区 15 538 个苹果园、806 个甜樱桃园、433 个梨园的土壤有机质测定表明, 2006—2009 年烟台和威海地区大多数果园中土壤有机质含量低,  $1.00\%$  以下的果园占测定果园的  $56.4\% \sim 93.6\%$ 。赣南脐橙主要分布区, 土壤有机质含量约  $9 \sim 14 \text{ g/kg}$ ,  $81\%$  的果园土壤表现为有机质缺乏<sup>[9]</sup>。

### 2.2 种植年限

随着果树种植年限的增加, 土壤有机质的变化不尽一致。杨世琦等<sup>[5, 12]</sup> 研究表明, 随园龄增加,  $18.2\%$  果园土壤有机质显著增加, 其余  $81.8\%$  的果园则变化不大。杜静静等<sup>[13]</sup> 对山西省吉县 0、1、6、8、11、19 年的苹果园

土壤有机质含量进行分析发现,6 年果园土壤有机质显著低于其它年龄果园,而其余果园间差异不显著。姜远茂等<sup>[11]</sup>发现苹果园种植 10 年前后土壤有机质有所降低。种植 10 年以内的脐橙果园,土壤有机质随种植年限的增加在不断提高,而 10 年以上果园则稍有下降<sup>[9]</sup>。因此,不同的果园随着种植年限的变化,土壤有机质的增减不一,这种变化与果园的管理及施肥方式有直接的关系。

随着种植年限的增加,不同土壤深度土壤有机质变化也有所差异。胥继东等<sup>[25]</sup>对渭北旱塬果园研究表明,在植果期间,0~20 cm 土壤有机质含量基本在 14.0 g/kg 左右;但在 20 cm 以下各层土壤有机质呈现出随园龄的增加,土壤有机质含量明显减少,在 40~100 cm 有机质消耗极为明显,其中以 15 年果园最为显著,0~20 cm 土壤有机质为 13.5 g/kg,20 cm 以下为 6.9~10.9 g/kg。石宗琳等<sup>[6]</sup>在渭北旱塬果区<10 年、10~20 年、>20 年苹果园的研究表明,随着果树种植年限的增加,果园土壤有机质含量仅在表层 0~20 cm 有累积趋势,且在>20 年果园累积较为明显;20~40 cm 土层处有机质呈现在植果初期递减,20 年后有逐渐增加的趋势。

### 2.3 果园管理

土壤有机质的变化和果园的管理方法、果农对土壤的重视程度等密切相关<sup>[9,13,24]</sup>,多数果园土壤有机质减少的主要原因是只注意化肥的大量施加而忽略了有机肥的使用<sup>[25]</sup>。一些简单的农业措施,如果园种草、青草还田、施用有机肥、开沟压入麦草、玉米秸秆等,均可使果园土壤有机质得到明显提高<sup>[5,12]</sup>。另外,在盛果期时,大量的肥料投入利于土壤有机质的积累;但当果树进入衰老期后,由于施肥量的减少,加上果树与土壤之间的相互协调能力减弱,将导致果园土壤肥力急速下降<sup>[10]</sup>。同时,果园土壤管理方式也影响有机质的含量,对苹果园不同土壤管理条件下有机质的研究表明,中耕和深耕管理的土壤有机质含量均高于免耕<sup>[26]</sup>。

### 2.4 果树种类

果树种类也影响土壤有机质的含量。在北京地区,苹果园土壤有机质含量最高为 16.8 g/kg,其次是葡萄园和桃园,分别为 15.8 g/kg 和 15.0 g/kg,最低为梨园仅 10.4 g/kg<sup>[4]</sup>。

## 3 土壤有机质含量偏低的原因

影响果园土壤有机质含量变化原因较多,主要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<sup>[5]</sup>。

### 3.1 施肥结构不合理

大量施用化肥、有机肥投入不足是造成土壤有机质偏低的主要原因<sup>[12,25]</sup>。我国耕地土壤有机质年矿化率约 1%~4%,每年只有增加的有机质量与矿化的量相等

时,才能保持平衡<sup>[14]</sup>。但是,随着农民经济条件的改善,农村劳动力大量外出,加上施用有机肥较为费工,导致化肥倍受青睐,有机肥受到忽视<sup>[10,13]</sup>。据 2009 年调查,15.6%的果农不施有机肥,42.6%的果农年平均施有机肥在  $2.4 \times 10^4$  kg/hm<sup>2</sup> 以下。而果园要丰产,年有机肥施用量不宜少于  $4.5 \times 10^4$  kg/hm<sup>2</sup>,因此,陕西省约 75%以上的果农有机肥施用严重不足<sup>[21]</sup>。另一方面,宋枫春等<sup>[23]</sup>对山西晋城市 257 个果园土壤养分的研究表明,施肥存在重氮、轻磷钾,重化肥轻有机肥,重大量元素轻微量元素的现象。卢树昌等<sup>[27]</sup>对河北省 1 200 个果园土壤质量的现状及变化原因的调查表明,河北果园平均化肥氮投入量为 438.0 kg/hm<sup>2</sup>,主要品种为尿素和复合肥。而国外果园氮肥投入一般在 100~150 kg/hm<sup>2</sup>。果园有机养分投入不足,氮磷肥的过量施用,钾肥投入相对不足,含铜杀菌剂的过量、频繁使用等是造成果园土壤质量变化的主要原因<sup>[18]</sup>。这种化肥的大量连年使用,使果园土壤全氮增加,而土壤 C/N 比下降<sup>[27]</sup>,造成土壤板结、酸碱失衡、肥力下降<sup>[28]</sup>。随着种植年限的增加,果园土壤性质明显退化<sup>[6]</sup>。

### 3.2 有机肥源严重不足

近年来,由于农村产业结构的调整,牲畜的饲养逐渐由家庭转变为专业大户或企业,因此,可提供给果园的农家肥非常有限,而现有的肥源主要靠厩、圈提供,数量有限<sup>[9]</sup>。以陕西省为例,2007 年全省有机肥资源总量  $8.837 \times 10^{10}$  kg,农作物播种面积约  $4.333 \times 10^6$  hm<sup>2</sup>,果园  $1.067 \times 10^6$  hm<sup>2</sup>,农作物平均占有有机肥资源量  $1.76 \times 10^4$  kg/hm<sup>2</sup>,然而,考虑到有机肥资源用作肥料的实际用量,每 667 m<sup>2</sup> 有机肥资源占有量在 1 000 kg 以下,因此,施入果园的有机肥远远不能满足需要,导致果园土壤有机质始终徘徊在低级水平<sup>[13]</sup>。

### 3.3 商品有机肥数量不足

虽然商业化生物有机肥厂迅速增加,但远远不能满足需求,同时还存在价格、质量等问题<sup>[19]</sup>。以陕西省为例,2011 年共有精制有机肥料企业 40 多家,且多数是小型企业,年实际生产总量仅  $1.0 \times 10^8$  kg。但如果陕西 1/3 苹果园施精制有机肥,每 667 m<sup>2</sup> 按施 150 kg 计算,每年大约就需要  $3.0 \times 10^8$  kg。因此,商品有机肥远远不能满足果园实际需要。同时,市售商品有机肥价格偏高,多数果农不愿施用,限制了商品有机肥的大面积应用<sup>[21]</sup>。

### 3.4 果园生草栽培模式未能有效推广应用

果园生草栽培模式虽然是改善果园生态条件、培肥地力、增加土壤有机质、生产优质果品,使果园健康、良性发展的有效方法,但是这一技术在我国却没有大面积推广应用,究其原因:一方面,果农对果园生草的迫切性与重要性认识不到位,传统观念是果园清耕除草,片面



地将果园生草与果树争肥争水相联系,不愿意生草,而没有充分认识到大量施化肥而导致土壤退化和果实品质下降的严重问题。另一方面,生草果园科学管理技术及其研究缺乏,对生草果园的管理不到位,种植牧草的管理和利用跟不上,导致果园牧草闲置,而没有发挥其提高果园肥力的关键作用,更加剧了果农果园草与果树争肥水的错误思想,所以,在果园牧草的管理及利用方面,如割草时间确定、割草机械化、割草前后的病虫害防治及天敌保护、刈割牧草的科学利用、所生牧草更新复壮等方面应进一步加强研究和完善技术<sup>[19]</sup>。

### 3.5 生物降解加剧了土壤贫瘠

充足的光照、合适的温度、适量的降水,这些有利于果树生长发育的气候条件同样也利于土壤中好气微生物的活动。这些微生物的活动加剧了土壤中有机质的降解进程,使其转化为 $\text{CO}_2$ 从土壤中逸出,从而导致有机质更低,如不及时进行补充,则会加剧土壤的贫瘠化<sup>[19]</sup>。

## 4 土壤有机质提升的途径

科学施用有机肥、果园覆草、果园埋草、果园种草、自然生草等措施是提高果园土壤有机质的有效措施<sup>[29-30]</sup>。

### 4.1 施用有机肥

果园中增施有机肥是提高果园土壤有机质状况,培肥地力,提高果园土壤质量的重要措施<sup>[12,18]</sup>。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直接相关<sup>[13]</sup>。有机肥源种类较多,主要包括人畜粪便、植物残体(如作物秸秆)、各种饼肥(如菜籽饼、棉籽饼、豆饼等)、堆肥、沤肥、厩肥、沼肥、绿肥等农家肥料以及商品有机肥<sup>[9]</sup>。随着施肥年份的增加,施用有机肥的土壤有机质、全氮、全磷及速效磷、速效钾含量均提高,土壤中的碱解氮含量一直处于比较稳定的状态,而施用化肥的土壤碱解氮却呈逐年下降趋势<sup>[17]</sup>。

### 4.2 果树凋落物

将果树凋落物(枝、叶)经过一定的处理,返还果园也是提高土壤有机质的重要措施。如果果树凋落物直接覆盖在树下,其中携带的病虫源可能对果园造成危害,可将凋落物集中收集起来制成堆肥,经高温堆腐杀菌后,再施到果园中<sup>[3]</sup>。何孟等<sup>[31]</sup>在坡耕地上利用分解袋法对李树叶、梨树叶、杏树叶和枇杷树叶的分解试验表明,4种试验区中土壤有机碳均出现先下降后上升的变化。

### 4.3 果园覆草

果园覆草即是将农作物秸秆、果园内杂草、果树的枯枝落叶等作为覆盖材料,通过这些材料腐烂是增加果园土壤有机质的一种常用办法<sup>[9]</sup>。杂草枯叶与枯根、刈割的牧草等经深翻后主要分布在0~20 cm土层中,在

土壤中降解、转化,形成腐殖质,可使土壤有机质含量提高<sup>[32]</sup>。研究表明,连续3年树盘覆草后,0~20 cm土壤有机质含量比“清耕”园提高0.38个百分点<sup>[7]</sup>。苹果园覆盖麦草5年后,0~20 cm土壤有机质含量由8.51 g/kg提高到11.84 g/kg,20~40 cm土壤有机质由4.31 g/kg提高到5.23 g/kg。葡萄园覆盖麦草3年后,0~20 cm土壤由9.24 g/kg提高到12.47 g/kg,20~40 cm土壤由5.03 g/kg提高到6.01 g/kg<sup>[33]</sup>。连续5年用稻草覆盖坡地后研究发现,以“稻草+氮磷肥”处理的土壤有机碳提高了42.9%,有机碳的增幅约是纯化肥处理的2倍<sup>[32]</sup>。

### 4.4 果园生草

果园生草是提高果园土壤有机质最经济、有效的途径,所生牧草的根或枝叶等残体大量进入果园,并在土壤中降解、转化,使土壤的有机质不断提高。一些研究表明,无论是人工生草还是自然生草,均可增加土壤中有机质的含量,且增幅为2.4%~57.5%<sup>[34]</sup>。

果园所生牧草,尤其是豆科牧草是培肥地力的有效途径,这一研究结果已得到广泛认可<sup>[35]</sup>。豆科绿肥具有生长快、产量高、养分全面丰富、粗纤维含量少、利用价值大的特点,而且易于腐烂,供肥及时<sup>[9]</sup>。幼龄龙眼果园生草、套种绿肥可提高土壤有机质、腐殖质、富里酸含量,还较好地保持土壤N素营养<sup>[36]</sup>。据泰安和莱芜等地的调查,开沟埋草的果园,土壤孔隙度增加5.3%,土壤有机质含量增加6.7%;挖穴埋草的土坡容重降低11.3%,土壤有机质含量增加37.4%;挖穴埋草和开沟埋草的总根量,分别比对照增加54.3%和55.0%<sup>[37]</sup>。因此,果园生草栽培是提高果园土壤有机质,实现苹果产业健康、良性发展的必然道路<sup>[19,38]</sup>。

### 4.5 建立生态型果园

果园生草+适宜的家畜(家禽)建立生态型果园,也是提高土壤有机质的有效方法。研究发现,在枇杷、石榴、李子和橄榄树等果树下,套种绿肥植物紫云英(*Astragalus sinicus*)、苜蓿(*Medicago sativa*)、白三叶(*Trifolium repens*)和多年生黑麦草(*Lolium perenne*),喂养牛、黑山羊、猪和兔、鸡、鸭、鹅等生态型畜禽,可有效提高土壤有机质含量<sup>[39]</sup>。

## 5 果园生草后影响土壤有机质提高的因素

### 5.1 草种

草种是果园生草改善土壤肥力的重要影响因素。目前,南方果园主要的草种为宽叶雀稗(*Paspalum wetsfeteini*)、格拉姆柱花草(*Stylosanthes guianensis*)等,北方果园主要为白三叶、多年生黑麦草、毛苕子(*Vicia villosa*)、草木樨(*Melilotus suaveana*)等。另外,果园自然生草也是重要的途径<sup>[40]</sup>。

在黄土高原苹果园的生草试验表明,生草苹果园相

对于“清耕”苹果园土壤有机质含量增加 0.19%~0.57%,其中,0~20 cm 土壤有机质含量显著增加,禾本科牧草每年增加 0.1%,豆科牧草增加 0.15%<sup>[41]</sup>。果园自然生草比“清耕”地土壤有机质含量也明显增加,增加幅度为 10.4%~38.1%<sup>[42]</sup>。混播宽叶雀麦和格拉姆柱花草后,龙眼园土壤有机质平均增加 6.2%<sup>[34]</sup>。在沙地葡萄园混播毛苕子、大麦(*Hordeum vulgare*)、油菜(*Brassica campestris*)可使土壤有机质提高 0.22%<sup>[34]</sup>。香梨果园间作牧草后,0~60 cm 土壤有机质含量得到有效提高,表现为草木樨>一年生黑麦草>小麦(*Triticum aestivum*)>清耕<sup>[43]</sup>。红壤果园长期种植豆科牧草圆叶决明(*Cassia rotundifolia*)后,土壤有机质由 1.02%提高到 1.77%<sup>[42]</sup>。刘蝴蝶等<sup>[44]</sup>对苹果园生草的研究结果表明,用鸭茅(*Dactylis glomerata*)、扁茎黄芪(*Astragalus complanatus*)、百脉根(*Lotus Corniculatus*)、白三叶覆盖的土壤中有有机质含量分别为对照的 1.54、1.52、1.47、1.51 倍。对福建山地侵蚀果园 11 年的种草研究试验表明,套种平托花生(*Arachis pintoi*)和圆叶决明可使果园 0~15 cm 土壤重组有机碳含量提高 2.56、1.90 g/kg<sup>[45]</sup>。赤红土与不同的有机物料混合腐解后,可使果园土壤有机质提高 9.81~17.92 g/kg,增加最多的是柱花草,为 17.92 g/kg;其次是花生(*Arachis hypogaea*)藤,增加 14.40 g/kg;稻草增加了 12.01 g/kg;铺地木蓝(*Indigofera spicata*)增加了 9.81 g/kg<sup>[15]</sup>。同时,不同草种的混播种植使果园土壤有机质的提高较单播更为明显。与对照“清耕”相比,单播毛叶苕子和毛叶苕子与黑麦草混播 3 年后,苹果园土壤有机质含量分别提高 0.13%和 0.23%<sup>[34]</sup>。

## 5.2 土壤深度

在生草覆盖果园条件下,生草覆盖处理对上层土壤有机质的影响较下层大。与“清耕”相比,苹果园种植苜蓿和豆科绿肥植物后,0~20 cm 土壤有机质含量明显增加,其有机质含量与耕作施肥果园相近<sup>[46]</sup>。对香梨园间作牧草后土壤有机质的研究表明,生草可使果园有机质含量增加,但增加的有机质主要积累在表层土壤,随土壤深度的增加,有机质的积累量逐渐减少<sup>[42]</sup>。何炎森等<sup>[47]</sup>对蜜柚生草覆盖的研究也表明,与“清耕”处理相比较,自然生草覆盖的 0~20、20~40 cm 土层其有机质含量分别提高了 0.9 g/kg 和 0.4 g/kg。在红壤幼龄龙眼园的生草试验表明,生草可提高果园土壤有机质和腐殖质的含量,但增幅表层大于亚表层<sup>[48]</sup>。在蜜柚果园,自然生草覆盖 2 年后与“清耕”处理相比较,0~20 cm 和 20~40 cm 土层的有机质分别提高了 0.9 g/kg 和 0.4 g/kg<sup>[35]</sup>。

但也有一些试验结果得出了相反的结论,认为生草对果园土壤有机质的增加以 20~40 cm 的较表层的显著。陈清西等<sup>[49]</sup>对幼龄龙眼园的生草试验表明,生草增

加了果园土壤有机质的平均含量,但从不同土层来看,表层土壤有机质含量减少,而 20~40 cm 土层有机质含量增加。王淑媛等<sup>[50]</sup>在苹果园的研究表明,生草可提高果园土壤有机质含量,但种植百脉根的土壤 0~20 cm 和 20~40 cm 土层分别比“清耕”提高 56.0%和 61.9%,种植美国苜蓿的分别比“清耕”土壤提高 36.3%和 42.0%,且 20~40 cm 土层较 0~20 cm 的有机质增加显著。惠竹梅等<sup>[48]</sup>在葡萄园 2 年的生草试验表明,生草可使果园 20~40 cm 土壤有机质含量明显高于表层土壤。课题组对种草后幼龄苹果园土壤有机质的研究发现,有机质的增幅与草种有一定的关系,种植红三叶(*Trifolium pratense*)、紫羊茅(*Festuca rubra*)后,0~10 cm 土壤有机质增加较 10~20 cm 多,而种植马蹄金(*Dichondra repens*)、多年生黑麦草(*Lolium perenne*)、白三叶后,土壤 10~20 cm 有机质反而较 0~10 cm 增加多<sup>[51]</sup>。这种结果可能与草种有关,不同的草种根系长短、分泌物等不同,因此对微生物、养分、水分等的影响也不一样,从而造成有机质的差别<sup>[51]</sup>。

## 5.3 覆盖量

土壤有机质含量还与进入土壤中的有机物量有关系。在山西 3 个苹果园连续 3 年的生草覆盖试验发现,生草后刈割覆盖可以明显提高苹果园土壤有机质,且有机质的增加幅度与覆盖的草的用量成极显著的正相关<sup>[44]</sup>。

## 5.4 覆盖物的 C/N 比

土壤有机质含量及组分还与进入土壤中的有机物料本身的 C/N 比有关。进入土壤的有机物料 C/N 比高(如秸秆),会使土壤的重组 C 增加,使土壤无机部分与新形成的腐殖质的复合量提高,增加紧结态腐殖质 C 量;而进入土壤中的有机物料 C/N 比较低时(如紫云英等),则可明显提高土壤 N 的复合量,增加松结态腐殖质 C 量<sup>[34]</sup>。

## 5.5 生草年限

生草果园土壤有机质含量逐年提高,生草覆盖果园第 1 年,0~20 cm 土层中有有机质含量没有增加,第 2 年开始增加,至第 3、4 年明显提高,并逐渐稳定<sup>[46]</sup>。尤其在种草的前 5 年,有机质含量由 8.7 g/kg 提高到 17.1 g/kg,提高了近 1 倍<sup>[52]</sup>。在 0~30 cm 土层有机质含量为 0.5%~0.7%的果园,连续 3 年种植白三叶,土壤有机质含量可以提高到 1.6%~2.0%以上<sup>[53]</sup>。

## 6 结束语

针对目前我国果园土壤有机质偏低,有机肥施入不足,有机肥源缺乏,劳动力短缺等问题,加强果农科学管理意识,增加果园有机肥投入,开辟绿色肥源,实现果园生草,重视果园所种草种的利用,强化果草复合系统的研究,是改善果园肥力退化现状,提高果实品质,实现果园健康可持续利用的有效途径。

## 参考文献

- [1] 赵香兰. 有机质在果园土壤肥力中的作用[J]. 河北果树, 1990(4): 47-50.
- [2] 刘松忠, 张强, 赵昌杰, 等. 果园土壤有机质对土壤特性与果实品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(36): 21104-21106.
- [3] 杨成明, 米彩艳, 李忠训. 增加果园土壤有机质含量的措施[J]. 烟台果树, 2007, 100(4): 42-43.
- [4] 张强, 魏钦平, 齐鸿雁, 等. 北京果园土壤养分和 pH 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.
- [5] 杨世琦, 张爱平, 杨正礼, 等. 黄土高原果园土壤有机质变化趋势分析: 以陕西省为例[J]. 水土保持研究, 2009, 16(1): 27-31.
- [6] 石宗琳, 王益权, 张露, 等. 渭北果园土壤有机质及酶活性研究[J]. 干旱地区农业研究, 2012, 30(4): 86-91.
- [7] 张瑞花, 郭登泰, 张立功. 果园土壤有机质的作用与增加途径[J]. 西北园艺, 2013(8): 41-42.
- [8] 隋跃宇, 焦晓光, 高崇生, 等. 土壤有机质含量与土壤微生物量及土壤酶活性关系的研究[J]. 土壤通报, 2009, 40(5): 1036-1039.
- [9] 范玉兰, 薛甜, 梁梅青, 等. 赣南脐橙果园土壤有机质变化特征研究[J]. 中国南方果树, 2012, 41(4): 18-20.
- [10] 张义, 谢永生, 郝明德, 等. 黄土塬面果园土壤养分特征及演变[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(5): 1170-1175.
- [11] 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, 32(4): 167-169.
- [12] 杨世琦, 张爱平, 杨淑静, 等. 典型区域果园土壤有机质变化特征研究[J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(6): 1124-1127.
- [13] 杜静静, 张永清. 不同种植年限果园土壤有机质变化特征研究[J]. 山西师范大学学报(自然科学版), 2013, 27(2): 51-54.
- [14] 王忠和, 李早东, 王义华, 等. 山东省烟台和威海地区果园土壤有机质含量普查分析[J]. 中国果树, 2010(5): 15-17.
- [15] 韦广泼, 江泽普, 田忠孝. 赤红壤果园有机质累积矿化及平衡预测[J]. 广西农业科学, 2003(3): 51-52.
- [16] 颜晓捷, 黄坚钦, 邱智敏, 等. 生草栽培对杨梅果园土壤理化性质和果实品质的影响[J]. 浙江农林大学学报, 2011, 28(6): 850-854.
- [17] 何炎森, 李瑞美, 刘长全. 蜜柚果园施用有机肥与化肥对土壤酶及土壤养分的影响[J]. 福建农业学报, 2005, 20(3): 172-175.
- [18] 卢树昌, 贾文竹. 河北省果园土壤质量现状及演变分析[J]. 华北农学报, 2008, 23(5): 219-222.
- [19] 陈学森, 高东升, 辛力, 等. 给果园小草一点阳光, 苹果更灿烂: 苹果果实品质提升的途径与关键技术[J]. 落叶果树, 2012, 44(3): 1-4.
- [20] 武怀庆. 山西省中南部苹果生产优势区果园土壤营养、植株营养现状及分析[J]. 山西农业大学学报, 2005, 25(4): 361-363.
- [21] 赵建兴, 石磊, 董柏林. 陕西省果园土壤有机质提升的可行性调查与分析[J]. 中国农技推广, 2011, 27(11): 38-40.
- [22] 周晓康, 杨世勇, 田保强. 天水市果园土壤肥力状况调查初报[J]. 甘肃农业科技, 2009(10): 19-21.
- [23] 宋枫春, 王晋旭, 赵江, 等. 晋城市果园土壤养分调查及施肥区划[J]. 山西农业科学, 2003, 31(3): 44-47.
- [24] 张强, 魏钦平, 蒋瑞山, 等. 北京苹果主产区果园土壤理化性状和果实品质评价分析[J]. 园艺学报, 2011, 38(11): 2180-2186.
- [25] 胥继东, 王益权, 刘军, 等. 渭北旱塬不同树龄果园土壤营养状况演化趋势[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(31): 13722-13724, 13752.
- [26] 樊建琼, 王延平, 韩明玉, 等. 土壤管理方式对苹果园土壤有机质含量和酶活性及微生物数量的影响[J]. 北方园艺, 2013(24): 172-175.
- [27] 卢树昌, 陈清, 张福锁, 等. 河北省果园氮素投入特点及其土壤氮素负荷分析[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(5): 858-865.
- [28] 谷艳蓉, 张海伶, 胡艳红. 果园自然生草覆盖对土壤理化性状及大桃产量和品质的影响[J]. 草业科学, 2009, 26(12): 103-107.
- [29] 郭静茹, 李振岗, 宁艳萍, 等. 提高果园土壤有机质含量的管理措施[J]. 山西果树, 2013, 156(6): 21-22.
- [30] 杨文权, 寇建村, 贺璐, 等. 起垄后不同覆盖方法对苹果园土壤微生物和酶活性的影响[J]. 土壤通报, 2014, 45(6): 1377-1382.
- [31] 何孟, 赵燮京, 王昌全. 果树落叶埋土有机碳转化研究[C]//中国土壤学会. 第九届中国青年土壤科学工作者学术讨论会暨第四届中国青年植物营养与肥料科学工作者学术讨论会论文集, 2004: 51-54.
- [32] 王玉娟, 陈永忠. 农作物及果园地面覆盖研究综述[J]. 经济林研究, 2008, 26(2): 131-134.
- [33] 孙鹏, 王丽华, 李光宗, 等. 麦草覆盖对果园土壤理化性质影响的研究[J]. 水土保持研究, 2001, 8(3): 37-39, 109.
- [34] 徐雄, 张健. 生草和生物覆盖对果园土壤肥力的影响[J]. 四川农业大学学报, 2004, 22(1): 88-91.
- [35] 王鹏, 叶军. 果园生草栽培研究动态[J]. 浙江柑橘, 2013, 30(1): 24-28.
- [36] 刘长全, 傅金辉, 李发林, 等. 果园生草、套种绿肥对红壤幼龄果园土壤肥力影响的研究[J]. 福建农业学报(增刊), 1998, 13(S1): 96-101.
- [37] 张克俊, 孙美芹. 果园挖穴埋草养根壮树增产[J]. 西北园艺, 1994(1): 43.
- [38] 陈学森, 韩明玉, 苏桂林, 等. 当今世界苹果产业发展趋势及我国苹果产业优质高效发展意见[J]. 果树学报, 2010, 27(4): 598-604.
- [39] 张丹, 刘明德, 余东, 等. 山区生态果园建设对土壤氮磷钾的影响[J]. 西南农业学报, 2010, 23(2): 444-448.
- [40] 寇建村, 杨文权, 韩明玉. 我国果园生草研究进展[J]. 草业科学, 2010, 27(7): 154-159.
- [41] 邓丰产. 果园生草的生态效应及在果树上的应用[J]. 北方园艺, 2009(1): 133-136.
- [42] 潘伟彬, 应朝阳, 陈恩, 等. 套种牧草对果树根系生长及果园生态的影响[J]. 中国农学通报, 2008, 24(3): 279-284.
- [43] 刘晨, 哈斯亚提·托逊江, 艾比布拉·伊马木. 库尔勒香梨果园间作饲草作物对土壤养分及小环境的影响[J]. 新疆农业科学, 2014, 51(11): 2073-2078.
- [44] 刘蝴蝶, 郝淑英, 曹琴, 等. 生草覆盖对果园土壤养分、果实产量及品质的影响[J]. 土壤通报, 2003, 34(3): 184-186.
- [45] 罗旭辉, 阮伏水, 陈俊杰, 等. 长期植草对山地果园土壤腐殖质的影响[J]. 草业科学, 2010, 27(4): 122-126.
- [46] 牛自勉, 李全, 王贤萍, 等. 生草覆盖果园有机质及矿物质的变化[J]. 山西农业科学, 1997, 25(2): 61-64.
- [47] 何炎森, 翁锦周, 李瑞美, 等. 自然生草覆盖对琯溪蜜柚果园土壤养分和果实产量的影响[J]. 亚热带农业研究, 2005, 1(4): 45-48.
- [48] 惠竹梅, 李华, 刘延琳, 等. 果园生草对土壤性状的作用研究进展[J]. 中国农学通报, 2005, 21(5): 284-287.
- [49] 陈清西, 廖镜思, 郑国华, 等. 果园生草对幼龄龙眼园土壤肥力和树体生长的影响[J]. 福建农业大学学报, 1996, 25(4): 429-432.
- [50] 王淑媛. 苹果园生草覆盖制的研究[J]. 落叶果树, 1992, 8(2): 29-30.
- [51] 寇建村, 杨文权, 程国亭, 等. 行间种植不同草种对幼龄苹果园土壤特性的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2012, 30(4): 145-152.
- [52] 侯广太, 燕志晖, 曹儒. 果园种植白三叶对土壤理化性状的影响与研究[J]. 北方园艺, 2008(12): 103-105.
- [53] 罗明霞. 果园生草对果树生态环境的影响[J]. 烟台果树, 2007, 100: 23-25.



# 我国野生越橘资源多样性及其最新研究动态

王云生

(凯里学院 环境与生命科学学院, 贵州 凯里 556011)

**摘要:**越橘属隶属越橘科, 大约有 450 种, 广泛分布于世界各地, 我国有 91 种。越橘属中的蓝莓、红果越橘及黑莓是广受欢迎的新兴栽培水果种类, 其成熟果实中含有丰富的营养成分, 尤其是富含花青素等抗氧化活性物质, 被视为优良的保健水果。该属还有其它可食种类, 具备驯化为栽培水果的潜力。近年来我国对越橘属野生资源的相关研究报道逐渐增加。该研究利用植物数据库查询, 总结了我国越橘属全部物种及其典型生境及地理分布, 同时综述了我国野生越橘资源研究的最新动态。

**关键词:**蓝莓; 红果越橘; 黑莓; 越橘属

**中图分类号:**S 663.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)04-0191-07

越橘属(*Vaccinium*)植物隶属于越橘科(Vacciniaceae), 含 30 组(section)450 种, 广泛分布于世界各地<sup>[1]</sup>。该属中蓝莓(blueberry)、蔓越橘(cranberry)和红豆越橘(lingonberry)是广受欢迎的新兴水果, 除此之外, 部分其它越橘属野生物种的果实同样可食, 具有驯化成为新兴

水果作物的潜力<sup>[2]</sup>。越橘果营养丰富, 抗氧化活性物质含量高, 食疗保健价值高<sup>[3]</sup>。我国野生越橘资源丰富, 有较高的开发利用潜力。近年来, 随着人们对越橘属植物认识的逐渐加深, 对野生越橘资源的关注度逐渐提高, 相应的研究报道逐渐增多, 主要集中在野生资源调查及笃斯越橘、红果越橘和乌饭树的植物生态、生理生化、快繁栽培等方面。

**作者简介:**王云生(1975-), 男, 博士, 副教授, 现主要从事园艺学与遗传育种及基因组学等研究工作。E-mail: wys3269@126.com.

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(31560091); 贵州省教育厅重点资助项目(黔教合 KY 字 [2013]186); 凯里学院博士专项资金资助项目(BS201337)。

**收稿日期:**2015-09-24

## 1 我国野生越橘资源

近年来, 一些研究者对所在地区的越橘野生资源的种类、分布特点、典型生境等进行了调查。结果表明, 新疆野生越橘资源主要分布在阿尔泰山, 其种类主要为越

## Research Advance on Soil Organic Matter of Orchard in China

KOU Jiancun<sup>1</sup>, YANG Wenquan<sup>2</sup>, LI Shangwei<sup>1</sup>, FANG Guowen<sup>1</sup>, HAN Mingyu<sup>3</sup>

(1. College of Animal Science and Technology, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100; 2. College of Life Sciences, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100; 3. College of Horticulture, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

**Abstract:** The organic matter of the soil is the important indicator of the basic soil fertility and the orchard productivity. It was the key factor to improve the soil fertility in the orchard, and also the basic requirement and guarantee to produce the pollution-free and organic fruit. In China, the organic matter content in the soil of the orchard was generally low. It was no more than 10 g/kg in the most orchards. Therefore, in order to improve the soil fertility of the orchard, and the yield and quality of the fruit, we summarized the factors which effected the organic content, analyzed the reasons which made it lower, put up the measures to improve it, and especially presented the effects of the new management model of the orchard, the sod cultivation in orchard, on the soil organic matter and its research progress. Hopefully, it could provide some evidences for the sustainable and healthy development of the orchard.

**Keywords:** orchard; soil organic matter; organic fertilizer; sod cultivation in orchard