

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

樊建琼¹, 王延平¹, 韩明玉², 张林森³

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 农业部西北植物营养与农业环境重点实验室, 陕西 杨凌 712100;

2. 西北农林科技大学 科技推广处, 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:对中耕、深耕、免耕和种植三叶草等 4 种土壤管理方式下的苹果园土壤有机质含量、酶活性和微生物数量进行测定分析,以期明确不同土壤管理方式对苹果园土壤环境的影响。结果表明:中耕和深耕管理的土壤有机质含量均高于免耕;果园种植三叶草能显著提高土壤有机质含量,比免耕的土壤有机质含量高 12.14%。土壤脲酶、碱性磷酸酶及过氧化氢酶活性和有机质含量由高到低依次为中耕园>三叶草园>深耕园>免耕园,蔗糖酶活性的表现则与之相反,由高到低依次为免耕园>深耕园>三叶草园>中耕园;土壤管理方式对细菌、真菌和放线菌数量的影响规律一致,数量由多到少依次为三叶草园>免耕园>中耕园>深耕园;土壤酶活性和有机质含量密切相关,土壤中的微生物数量和植被种类密切相关;在果园中种植三叶草能提高土壤有机质含量、酶活性、微生物数量,可为苹果树生长发育创造良好的土壤生态环境。

关键词:苹果园;土壤管理方式;土壤有机质;土壤酶;土壤微生物

中图分类号:S 151.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)24-0172-04

土壤是农业赖以生存与发展的根本,不同的土壤管理方式会影响土壤的物理结构,如土壤的容重、湿度、温度、孔隙度、保水性能等物理结构,进而影响土壤微生态环境与土壤肥力水平。黄土高原地区土地资源广袤,海拔高、光照充足、昼夜温差大、有利于碳水化合物积累,是我国苹果两大主产区之一。土壤水分亏缺和养分不足是该区苹果生产的两大制约因子,不同土壤管理方式对苹果树生长发育的土壤生态环境具有重要影响,进而影响果园产量与果实品质^[1]。目前,苹果园的土壤管理方式主要有中耕、深耕、免耕和种植三叶草等,前二者具有增强土壤蓄纳雨水性能,使土壤活跃微生物量增多、酶活性提高^[2]、降低耕层土壤容重^[3]、培肥地力^[4]、提高土壤养分有效性^[5]、增加作物产量^[5-7]等优点,但每公顷

需要消耗 50~60 个劳工,势必增大了果园管理的投入;果区劳动力相对紧缺,雇工难,许多果农采用免耕的土壤管理方式,但免耕可能造成土壤紧实度增加、降低土壤酶活性^[8-9]。为了提高果园的土壤养分水平,许多果农采取了行间种植三叶草的土壤管理方式。为了进一步了解 4 种土壤管理方式对苹果园土壤环境的影响,该试验以优质苹果生产基地陕西省洛川县为试验区域,选取具有典型代表性的 4 类果园,对其进行测定,分析苹果园不同土壤管理方式下对土壤有机质含量、酶活性和微生物数量的影响,以期为该区的土壤管理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于洛川县槐柏镇陈胡村(北纬 35°39'47.16", 东经 109°33'41.04"),海拔 1 064 m。属温带半湿润大陆性季风气候,年均气温 9.2℃,日照时数 2 552 h,日照率 56%,年总辐射量 554.1 kJ/cm²,≥10℃年积温 3 040℃,气温日较差较大,全生育期昼夜温差最高月和最低月平均值分别为 12.6、9.5℃。年均降水量 622.3 mm,其中 6~9 月降水量占全年平均降水量的 80%左右,年无霜期 180 d,具有典型的季节性干旱特点。样地土壤为黄土母质发育的疏松黑垆土,试验地基本情况见表 1。

第一作者简介:樊建琼(1988-),女,硕士研究生,研究方向为土壤水分与植物生长。E-mail:fan.jianqiong@163.com.

责任作者:王延平(1968-),男,博士,副教授,现主要从事土壤水分与植物生长及早作节水技术和区域综合治理等研究工作。E-mail:ylwangyp@163.com.

基金项目:农业部现代苹果产业技术体系资助项目(CARS-28);陕西省科技统筹创新工程计划资助项目(2011KTZB02-02-05);陕西省科技创新资助项目(2011NXC01-03)。

收稿日期:2013-09-09

表 1 试验地基本情况

Table 1 Survey of sample sites

土壤管理方式	面积/hm ²	主栽品种	树龄/a
深耕	0.65	“富士”	18
免耕	0.80	“富士”	18
中耕	0.60	“富士”	18
种植三叶草	1.30	“富士”	18

1.2 试验方法

采用“S”形取样方法,在每种土壤管理方式果园的5个部位用土钻采取0~20 cm土样,每一部位株间和行间各一钻混合,土样采回后,立即测定土壤含水率,同时将土样分装成2份,1份装于塑封袋存于4℃冰箱中,并及时测定土样酶活性以及微生物量;另1份自然风干,用于测定土样有机质含量。

1.3 项目测定

1.3.1 土壤酶活性的测定 土样脲酶活性的测定采用苯酚钠-次氯酸钠比色法;碱性磷酸酶活性的测定采用磷酸苯二钠比色法;蔗糖酶活性的测定采用3,5-二硝基水杨酸比色法;过氧化氢酶活性的测定采用紫外分光光度计法,测定重复3次。

1.3.2 土壤微生物数量的测定 细菌采用牛肉膏蛋白胨培养基分离,真菌采用土豆汁蔗糖琼脂培养基分离,放线菌采用高氏一号培养基分离。微生物计数采用平板菌落法(以1 g干土为计量单位),测定重复3次。

1.3.3 土壤有机质含量的测定 采用重铬酸钾容量法(外加热法)测定。在加热条件下,用过量的重铬酸钾-硫酸溶液氧化土壤有机碳,多余的重铬酸钾用硫酸亚铁铵标准溶液滴定,以样品和空白消耗重铬酸钾的差值来计算有机碳量,将测得的有机碳量乘以校正系数1.1,再乘以常数1.724,即为土壤有机质含量,测定重复3次。

1.4 数据分析

试验数据采用Excel 2003和DPS软件分析。

2 结果与分析

2.1 不同土壤管理方式对苹果园土壤有机质含量的影响

从表2可以看出,不同土壤管理方式下苹果园的土壤有机质含量存在明显差异。中耕园的土壤有机质含量高达20.57 g/kg,显著高于其它处理,这可能是由于去除了杂草,减少了杂草生长对养分的消耗,杂草残体及其凋落物分解,形成有机酸、无机酸及其酚类物质,有机质含量升高。深耕园0~20 cm土层有机质含量仅比免耕园高0.12 g/kg,差异不显著,这可能是由于深耕过程中将大量底层土翻到了表层,而底层土的pH与难溶性碳酸钙含量都较高,土壤有机质含量比表层土低。三叶草苹果园的有机质含量比免耕园和深耕园分别高1.70、

表 2 不同管理方式下苹果园土壤有机质含量

Table 2 Soil organic matters content of the apple orchard under

	different soil management ways				g/kg
项目	免耕	中耕	深耕	三叶草	
有机质含量	14.00 b	20.57 a	14.12 b	15.70 ab	

注:不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下同。

Note: Different small letters indicate the significant difference at the level of 0.05. The same as below.

1.58 g/kg,但与其它处理差异不显著,这可能是三叶草苹果园的枯草落叶及根系的分泌物、降解物增加所致。

2.2 不同土壤管理方式对苹果园土壤酶活性的影响

从表3可以看出,不同土壤管理方式下苹果园的土壤脲酶活性、碱性磷酸酶活性及过氧化氢酶活性由高到低依次是中耕园>三叶草园>深耕园>免耕园。4种管理方式对土壤脲酶活性和碱性磷酸酶活性的影响差异显著。这可能是因为翻耕有利于良好土壤结构的形成,促进土壤有效养分的释放,增加土壤的透气性,提高地温,有利于脲酶的活化及活性的提高,免耕园中土壤紧实度高,土壤含水率较低,影响了脲酶的活性;土壤紧实度影响磷酸酶活性较小,但土壤通气状况对磷酸酶活性影响很大,翻耕使土壤的孔隙度增大,改善了土壤的通气状况,土壤中水、气、热状况良好,因此,中耕园与深耕园脲酶活性和碱性磷酸酶活性均高于免耕园,但中耕园脲酶活性与磷酸酶活性均高于深耕园,这一方面是由于中耕园为丰产示范园,大量施用农家肥,另一方面可能是因为深耕将底层土翻到表层,底层土土壤有机质含量低于表层土,酶促反应底物浓度低于表层土;三叶草苹果园土壤过氧化氢酶活性比深耕园和免耕园差异显著,分别高0.1593、0.2154 mg/g,这可能是因为三叶草苹果园中,三叶草主根短、侧根较发达,根系主要分布于0~20 cm土层,根系分泌物多,微生物与酶代谢活动强,土壤呼吸作用强,有机物氧化反应快,导致过氧化氢酶活性高;中耕园土壤过氧化氢酶活性比深耕园和免耕园差异显著,分别高0.2142、0.2703 mg/g,这可能是因为中耕园为丰产示范园、管理精细,每年大量施用农家肥,土壤有机质含量高,酶促反应底物浓度高。蔗糖酶活性表现为免耕园>深耕园>三叶草园>中耕园,这主要是受土壤微生物活动的影响所致^[10]。

表 3 不同土壤管理方式下苹果园土壤酶活性

Table 3 Soil enzyme activities of the apple orchard under

	different soil management ways				mg/g
土壤管理方式	脲酶活性	碱性磷酸酶活性	蔗糖酶活性	过氧化氢酶活性	
免耕	1.7380 a	0.2380 a	0.2523 a	0.9890 b	
中耕	1.9065 a	0.2559 a	0.1813 b	1.2593 a	
深耕	1.8807 a	0.2461 a	0.2295 ab	1.0451 b	
三叶草	1.8985 a	0.2507 a	0.2142 ab	1.2044 a	

表4结果表明,土壤酶活性和有机质含量密切相关,土壤有机质含量与脲酶、碱性磷酸酶、过氧化氢酶活性呈正相关,与蔗糖酶呈负相关关系。4种土壤酶活性的相关关系显示,脲酶与碱性磷酸酶、过氧化氢酶呈正

相关,与蔗糖酶呈负相关;碱性磷酸酶与过氧化氢酶呈显著正相关关系,与蔗糖酶呈显著负相关关系;蔗糖酶与碱性磷酸酶之间呈负相关关系。

表4 土壤酶活性与土壤有机质含量的相关性

Table 4 The correlations between soil enzyme activities and organic matters content

项目	有机质含量	脲酶活性	碱性磷酸酶活性	蔗糖酶活性	过氧化氢酶活性
有机质含量	1	0.556	0.841	-0.934	0.855
脲酶活性	0.556	1	0.911	-0.815	0.795
碱性磷酸酶活性	0.841	0.911	1	-0.978 *	0.955 *
蔗糖酶活性	-0.934	-0.815	-0.978 *	1	-0.944
过氧化氢酶活性	0.855	0.795	0.955 *	-0.944	1

2.3 不同土壤管理方式对苹果园土壤微生物数量的影响

从表5可以看出,苹果园土壤中微生物以细菌群落为主,细菌数量远远高于真菌与放线菌数量。不同土壤管理方式直接改变了土壤理化性状,进而改变了土壤中的细菌、真菌、放线菌群落结构。4种土壤管理下,细菌、真菌和放线菌数量的变化规律依次为三叶草园>免耕园>中耕园>深耕园。这可能是因为地表植被覆盖有效抑制了土壤水分的蒸发,无机械扰动保证了土壤的稳定性,防止了土壤水分与养分的流失,草的凋落物、残体以及根系分泌物不仅能为土壤微生物生长提供大量的营养物质,还能调节土壤的pH,为微生物的生长提供适宜的微生态环境。与深耕园相比,中耕园微生物数量较高,这可能是因为深耕过程中将大量紧实底层土翻到了表层,含氧量少,有机质含量较低,pH与难溶性碳酸钙含量都较高,不适宜微生物生长繁殖,导致微生物数量少,活性低。

表5 不同土壤管理方式下苹果园土壤微生物数量

Table 5 Soil microbials number of the apple orchard under different soil management ways 个/g干土

土壤管理方式	细菌	真菌	放线菌
免耕	456.0×10 ⁷	12.3×10 ²	49.0×10 ⁴
中耕	230.3×10 ⁷	4.3×10 ²	39.7×10 ⁴
深耕	208.7×10 ⁷	3.7×10 ²	25.7×10 ⁴
三叶草	493.7×10 ⁷	17.7×10 ²	58.3×10 ⁴

3 讨论与结论

不同土壤管理方式下苹果园的土壤有机质含量存在显著差异。中耕和深耕土壤有机质含量均高于免耕;果园种植三叶草能显著提高土壤有机质含量,比免耕高12.14%。有机质是土壤质量与功能的核心,在改善土壤结构,协调根区水、肥、气、热关系、稳定植物养分供应等方面有着极为重要的作用,是反映土壤肥力和土壤质量的重要指标^[11]。土壤有机质含量高低对苹果树的生长发育、产量和品质具有重要影响^[1,12-15]。

不同土壤管理方式下苹果园的土壤脲酶活性、碱性磷酸酶活性及过氧化氢酶活性由高到低依次是中耕园>三叶草园>深耕园>免耕园;蔗糖酶活性则表现相反,依次是免耕园>深耕园>三叶草园>中耕园。土壤酶是由土壤微生物、植物根系分泌及动植物残体、遗骸分解释放于土壤中的具有催化能力的生物活性物质。土壤酶活性作为土壤生物量指标之一,不仅体现土壤管理水平,而且对于维持土壤内部物质转化起着极为重要的作用^[16]。土壤酶活性的强弱反映了土壤的熟化程度和肥力水平,是评价土壤肥力的重要指标^[17]之一。脲酶是1种酰胺酶,能促进尿素水解生产氨、CO₂和H₂O,为土壤供应氮素,土壤脲酶活性高低反映土壤氮素供应水平^[18];磷酸酶很大程度上制约着土壤有机磷的转化,可加速有机磷的脱磷速度,土壤磷酸酶活性主要表征土壤磷营养状况^[19];土壤蔗糖酶与土壤有机质、氮、磷含量,微生物数量及土壤呼吸强度有关,其酶促作用产物直接关系到作物的生长^[20]。过氧化氢酶能够促使土壤中过氧化氢物的分解为水和氧,解除由生物呼吸和有机物的生物化学氧化反应过程产生的过氧化氢对生物和土壤的毒害作用,从而为植物根系生长和土壤微生物活动提供一个良好的土壤环境^[21]。过氧化氢酶活性越高,表明土壤解毒能力越强^[22]。

苹果园土壤中微生物以细菌为主,细菌数量远远高于真菌与放线菌数量。不同土壤管理方式直接改变了土壤理化性状,进而影响土壤中的细菌、真菌、放线菌数量。细菌、真菌和放线菌数量的变化趋势一致,均表现为三叶草园>免耕园>中耕园>深耕园。土壤微生物是农业生态系统的重要组成成分,是影响有机残体分解利用的最主要因素,它参与有机质的分解,腐殖质的形成,养分的转化和循环的各个生化过程。土壤微生物数量与土壤肥力有极为密切的关系,较高的微生物活性通常是土壤肥沃的标志^[23]。

土壤酶活性和有机质含量密切相关,而土壤中的微生物数量则和植被密切相关。果园种植三叶草能提高

土壤有机质含量、酶活性高、微生物数量大,可为苹果树生长发育创造良好的土壤生态环境。我国黄土高原苹果产区,土壤有机质含量较低,一般仅有 1.0%~1.5%,丘陵地区仅有 0.5%~0.8%,如何提高果园有机质含量已成为当前苹果产业可持续发展的核心问题。综上所述,建议黄土高原苹果主产区大力推广三叶草种植。无条件种植三叶草的果园,建议采用中耕的土壤管理方式。

参考文献

- [1] 田稼,孙超,杨明琰,等. 黄土高原不同苹果园土壤酶、有机质、微生物及树体产量品质的调查研究[J]. 中国农业科技导报,2012,14(5):115-122.
- [2] 戴亮,崔俊涛. 耕作方式对土壤微生物及土壤固碳能力影响的研究[J]. 科技信息,2012(9):189-190.
- [3] 张海林,秦耀东,朱文珊. 耕作措施对土壤物理性状的影响[J]. 土壤,2003(2):140-143.
- [4] 张洁,丁志强,李俊红,等. 坡耕地保护性耕作冬小麦增产机理的研究[J]. 土壤通报,2012,43(2):357-361.
- [5] 田秀平,陶永香,王立军,等. 不同耕作处理对白浆土养分状况及农作物产量的影响[J]. 黑龙江八一农垦大学学报,2002,14(3):9-11.
- [6] 丁昆仑, Hann M J. 耕作措施对土壤特性及作物产量的影响[J]. 农业工程学报,2000,16(3):28-31.
- [7] 韩宾,李增嘉,王芸,等. 土壤耕作及秸秆还田对冬小麦生长状况及产量的影响[J]. 农业工程学报,2007,23(2):48-52.
- [8] 李潮海,王小星,王群,等. 不同质地土壤玉米根际生物活性研究[J]. 中国农业科学,2007,40(2):412-418.
- [9] 于群英. 土壤磷酸酶活性及其影响因素研究[J]. 安徽技术师范学院

学报,2001,15(4):5-8.

- [10] 郑秋颖,周连仁,赵红,等. 坡耕地不同保护性耕作措施对土壤酶活性的影响[J]. 东北农业大学学报,2012,43(5):122-125.
- [11] Morris S. Soil organic matter-the next 75 years [J]. Soil Science,1991,151(1):41-81.
- [12] 夏燕飞,张文会,沈向,等. 有机质对苹果园土壤改良及对果实产量品质的影响[J]. 北方园艺,2012(21):177-180.
- [13] 焦蕊,于丽辰,贺丽敏,等. 土壤有机质对“红富士”苹果产量和品质的影响[J]. 北方园艺,2011(14):25-26.
- [14] 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.
- [15] 窦云萍,牛锐敏,王春良,等. 苹果园土壤养分状况对“红富士”苹果果实品质的影响[J]. 北方园艺,2012(22):162-164.
- [16] 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.
- [17] 曹慧,孙辉,杨浩,等. 土壤酶活性及其对土壤质量的指示研究进展[J]. 应用与环境生物学报,2003,9(1):105-109.
- [18] 和文祥,朱铭菽. 陕西土壤脲酶活性与土壤肥力关系研究. 土壤脲酶的动力学特征[J]. 土壤学报,1997,34(4):392-397.
- [19] 王鑫,刘建新,张希彪,等. 黄土高原半干旱地区土地利用变化对土壤养分、酶活性的影响研究[J]. 水土保持通报,2007,27(6):50-55.
- [20] 哈兹耶夫. 土壤酶活性[M]. 郑洪元,周礼恺,译. 北京:科学出版社,1982:1-5.
- [21] 陈华葵,樊庆笙. 微生物学[M]. 北京:中国农业出版社,1979.
- [22] 周礼恺. 土壤酶学[M]. 北京:科学出版社,1987.
- [23] 焦蕊,于丽辰,贺丽敏,等. 土壤管理方式对苹果园土壤生物的影响[J]. 河北果树,2012(1):3-4,7.

Effects of Soil Management Ways on Soil Organic Matters Content, Enzyme Activities and Microbes Number of the Apple Orchard

FAN Jian-qiong¹, WANG Yan-ping¹, HAN Ming-yu², ZHANG Lin-sen³

(1. Key Laboratory of Plant Nutrition and the Agri-Environment in Northwest China, Ministry of Agriculture, College of Natural Resources and Environment, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100; 2. Division of Science and Technology, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100; 3. College of Horticulture, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: In order to clarify the effects of different soil management ways on soil ecosystem environment of apple orchard, the soil organic matters, enzyme activities and microbes number under four kinds of soil management ways (inter-tillage, deep-tillage, no-tillage and shamrock-plant) were measured and analyzed. The results indicated that the organic matter content in the inter-tillage treatment and in the deep-tillage treatment were higher than in the no-tillage treatment. The soil organic matter content in the shamrock-plant treatment was 12.14% higher than in the no-tillage treatment. The soil urease, phosphatase and hydrogen peroxidase activities decreased from inter-tillage to shamrock-plant, deep-tillage, and no-tillage. The sucrase activity decreased from no-tillage to deep-tillage, shamrock-plant, and inter-tillage. The amounts of the bacteria, fungi and actinomycetes decreased from shamrock-plant to no-tillage, inter-tillage, and deep-tillage. The soil enzyme activity was closely interrelated to the soil organic matter content, whereas the soil microbe was closely interrelated to the vegetation. Planting shamrock increased the soil organic matter content, enzyme activity and microbe number of apple orchard, and create proper soil ecosystem environment for apple trees growth.

Key words: apple orchard; soil management ways; soil organic matter; soil enzyme; soil microbe