

不同土壤管理方式对梨园土壤微生物及养分含量的影响^①

李艳丽, 赵化兵, 谢凯, 宋晓晖, 徐阳春, 董彩霞*

(南京农业大学资源与环境科学学院, 南京 210095)

摘要: 通过田间试验研究不同土壤管理方式对梨园表层(0~20 cm)和亚表层土壤(20~40 cm)细菌、真菌、放线菌数量和土壤养分含量的影响。结果表明: 梨园土壤微生物数量具有垂直分布的特征, 土壤微生物数量随土层的加深而递减。梨园表层和亚表层土壤中微生物数量均细菌最多, 放线菌次之, 真菌最少。与覆草1年相比较, 覆草3年的梨园土壤除表层土壤细菌含量无显著差异外, 表层和亚表层土壤中真菌和放线菌数量均显著增加。与自然生草、覆膜、常规灌溉处理相比较, 覆草与覆膜结合能最大限度地增加土壤微生物数量。连续覆草3年显著提高了梨园土壤有机质、碱解氮、速效磷、速效钾含量, 而覆膜处理使土壤速效养分含量下降, 覆膜结合覆草处理能显著提高土壤有机质、速效磷、速效钾含量。

关键词: 覆草; 覆膜; 梨园; 土壤微生物; 土壤养分

中图分类号: S661.2

果树树体高大, 种植株行距明显高于一般农作物; 长期以来, 果园管理又多以清耕为主, 因而易形成裸露的地表, 使土壤水分大量蒸发而损失, 成为限制果树生产力的主要因素之一^[1]。覆盖作为果树节水丰产栽培的有效措施, 已在干旱地区的果园中得到广泛应用。研究表明, 不同土壤类型、植物种类、不同土壤管理方式及根区位置等直接影响土壤微生物群落和数量^[2-3]。果园覆盖不仅影响土壤化学性状和微生物量^[4], 而且具有减少果园地表径流、保持土壤水分、调节土壤温度、缩小地表温差、提高土壤肥力等生态效应^[5]。影响土壤的生物主体是土壤微生物的区系和组成, 而微生物是土壤中物质转化和养分循环的驱动力, 直接参与土壤有机质分解、腐殖质形成、土壤养分转化和循环等过程^[6], 在土壤物质和能量的转化中起着极其重要的作用, 而果园土壤中的微生物主要是细菌、真菌和放线菌, 其中细菌最多^[7-8]。周丽霞等^[9]指出, 土

壤微生物学特性(微生物群落结构与生物量、土壤酶活性)可作为评价土壤质量的重要指标。本文对不同土壤覆盖管理方式及覆草年限下梨园土壤的微生物区系特征及其主要养分含量进行研究, 以为梨园土壤的合理管理方式提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地设在江苏省徐州市睢宁县王集镇(34°01.010'N, 117°38.914'E), 土质为沙壤土, 主栽品种为丰水梨, 园区面积6 hm², 树龄12年, 株行距3 m×5 m。供试土壤基本养分含量见表1。

1.2 试验设计

试验一设不覆草、覆草1年和覆草3年3个处理, 处理材料为小麦秸秆, 覆盖厚度为10 cm, 于每年10月份增加小麦秸秆以保证10 cm的覆盖厚度; 试验二

表1 供试地的基本理化性状

Table 1 Soil physical and chemical properties of tested site

处理	采样深度 (cm)	有机质 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	pH
试验一	0~20	6.43	53.29	62.73	115.27	6.81
试验二	0~20	9.35	58.37	40.18	92.54	7.31

①基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金项目(CARS-29-15)资助。

* 通讯作者(cxdong@njau.edu.cn)

作者简介: 李艳丽(1987—), 女, 河南商丘人, 硕士研究生, 主要从事梨树矿质营养研究。E-mail: 2009103128@njau.edu.cn

设覆膜、覆草结合覆膜、自然生草 3 种土壤管理方式, 以常规田间灌溉作为对照, 其灌水量为使耕层土壤含水量达到 50% ~ 60%; 地膜覆盖处理选用普通透明塑料薄膜; 覆草结合覆膜处理中覆草材料和覆盖厚度同试验一, 树盘内覆盖草, 同时用塑料薄膜覆盖在草的表面; 自然生草为全园种植白三叶草。每个试验处理均设 3 次重复, 每个试验处理面积为 0.15 hm², 两个梨园均按常规方式管理。

1.3 样品采集

分别采集各处理树盘下土壤, 参照姜远茂等^[10]的方法, 采用“Z”字型的 7 个点采集土样, 每个采样点按对角线在树冠外缘垂直向内 30 cm 处用不锈钢土钻采取 0~20 cm 和 20~40 cm 的土壤, 将各点土样分层混合均匀, 用四分法留取 1 kg 左右土壤样品装入封口袋中, 放入 4℃ 冰箱保存。

1.4 微生物群落研究方法

细菌采用牛肉膏蛋白胨培养基培养, 真菌采用链霉素-马丁氏孟加拉红培养基培养, 放线菌采用高氏一号培养基培养^[11]。将接种后的培养基倒置放入培养箱中, 细菌至于 30℃ 左右的培养箱中培养 2~3 天, 真菌放入 25℃ 培养箱中培养 3~5 天, 放线菌放入 28℃ 培养箱中培养 3~4 天。测定时设 3 个重复。3 种微生物均采用稀释平板涂布法计算微生物的数量。

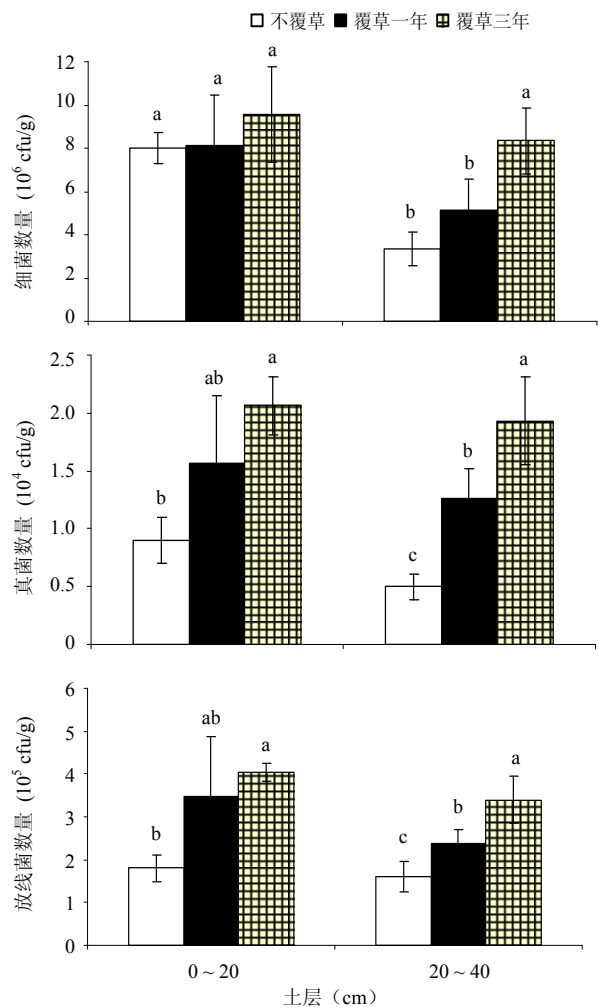
1.5 土壤理化性状的测定

碱解氮采用碱解扩散法测定, 有效磷采用 0.5 mol/L 碳酸氢钠 (pH 8) 浸提-钼锑抗比色法测定, 速效钾采用醋酸铵浸提-火焰光度计法测定, 土壤有机质采用重铬酸钾-硫酸氧化法测定, pH 采用 0.01 mol/L 氯化钙溶液浸提^[12]。

2 结果与分析

2.1 不同土壤管理方式对土壤微生物的影响

2.1.1 覆草不同年限对土壤微生物数量的影响 由图 1 中 0~20 cm 和 20~40 cm 土层中微生物数量可以看出, 梨园土壤中三大微生物种群数量有垂直分布的特点, 随着土层深度增加, 微生物数量显著下降。表层和亚表层土壤中细菌数量均远高于同层的真菌和放线菌数量, 梨园土壤 3 种微生物种群数量的排序为: 细菌>放线菌>真菌。覆草处理提高了梨园土壤中微生物数量, 细菌、真菌、放线菌总体上显著高于对照, 但覆草年限不同对土壤微生物数量的影响因土层而异。表层土中, 覆草 3 年与覆草 1 年的细菌数量差异



(图中小写字母不同表示在同一土层差异达到 $P < 0.05$ 显著水平, 下同)

图 1 不同覆草年限对梨园土壤微生物数量的影响

Fig. 1 Effects of straw mulching time on microorganism density in pear orchard soil

不显著, 而亚表层土壤中覆草 3 年的细菌数量显著高于覆草 1 年处理。覆草 3 年后土壤中细菌数量最多, 其中表层土为对照的 1.2 倍, 亚表层为对照的 2.5 倍。覆草 3 年后梨园土壤真菌和放线菌数量无论在表层还是亚表层都比对照显著增加 (图 1), 表层真菌和放线菌分别为对照的 2.3 倍和 2.24 倍。覆草 1 年后土壤中真菌和放线菌数量虽然比对照增加, 但该两处理间表土层差异不显著。

2.1.2 不同土壤管理方式对土壤微生物数量的影响

梨园覆盖可以保持土壤水分、调节土壤温度、提高土壤肥力。由图 2 可见, 不同土壤管理方式对土壤微生物数量影响不同, 覆膜、覆草+覆膜、自然生草 3 种处理下土壤中细菌、真菌和放线菌数量比常规灌溉处理多, 其中, 覆草结合覆膜处理比常规灌溉处理显

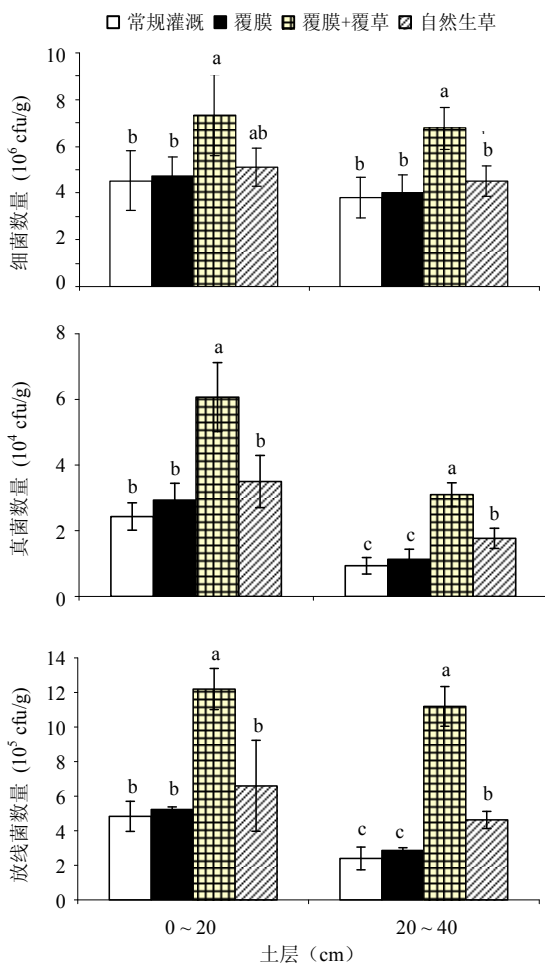


图 2 不同土壤管理方式对梨园土壤微生物数量的影响

Fig. 2 Effects of soil management patterns on microorganism density in pear orchard soil

著增加。随着土层的加深，细菌、真菌和放线菌的数量逐渐减少，但仍然表现为覆膜+覆草>自然生草>覆膜>常规灌溉。从 0~20 cm 土层中微生物数量可以看出，覆草+覆膜处理与常规灌溉、覆膜相比，细菌、真

菌、放线菌数量存在着显著性差异，而与自然生草相比，细菌数量差异不显著，真菌和放线菌数量的差异达显著水平。覆膜与覆草结合的细菌数量分别是自然生草、覆膜、常规灌溉的 1.44 倍、1.55 倍和 1.62 倍。细菌个体小、数量大，与土壤接触的表面积相对大，成为土壤中最大的生命活动面，也是最活跃的生物因素，时刻与周围环境进行着物质和能量交换，土壤细菌数量的多少在一定程度上表征土壤的肥力状况^[13]，表明覆膜结合覆草处理能有效地提高土壤肥力。自然生草、覆膜后真菌数量为常规灌溉处理的 1.44 倍和 1.21 倍，放线菌为 1.37 倍和 1.08 倍，处理间未达到显著差异。20~40 cm 土层中，覆膜结合覆草处理下 3 种微生物的数量仍然显著高于其他 3 个处理，其中，细菌数量分别是自然生草、覆膜、常规灌溉处理的 1.49 倍、1.69 倍和 1.78 倍。该土层中，自然生草和覆膜处理对细菌数量的影响较小。与常规灌溉处理相比较，覆膜+覆草、自然生草、覆膜处理真菌数量分别提高 3.32 倍、1.90 倍和 1.21 倍；放线菌数量分别提高 4.67 倍、1.93 倍和 1.20 倍。结果表明覆膜、覆膜结合覆草、自然生草 3 种土壤管理方式与常规灌溉处理相比都能增加土壤中微生物数量。

2.2 不同管理方式对土壤养分含量的影响

2.2.1 不同覆草年限对土壤养分含量的影响

不同处理间表层土壤中各养分含量均比亚层高。由表 2 可以看出，与覆草 1 年处理相比较，覆草 3 年处理显著提高了表层土壤有机质、碱解氮和速效磷含量，有效提高了速效钾含量，对 pH 的影响较小；而对于亚表层，则显著提高了土壤中碱解氮和速效磷含量。其中，表层土壤有机质、碱解氮和速效磷含量与覆草 1 年的比值分别为 1.19、1.20 和 1.30；亚表层土壤中碱解氮和速效磷分别增加了 0.24 倍和 0.60 倍。

表 2 不同覆草年限对梨园土壤养分含量的影响

Table 2 Effects of straw mulching time on nutrient contents in pear orchard soil

处理	土层 (cm)	有机质 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	pH
覆草 1 年	0~20	7.11 b	66.6 b	74.1 b	140 ab	7.00 d
	20~40	7.86 a	32.9 d	41.7 d	99.7 b	7.28 b
覆草 3 年	0~20	8.49 a	79.9 a	96.5 a	169 a	7.04 c
	20~40	7.88 a	40.7 c	66.9 c	135 ab	7.36 a

注：表中大小写字母不同表示差异达到 $P < 0.05$ 显著水平，下同。

2.2.2 不同管理方式对土壤养分含量的影响

不同的土壤管理方式对有机质和土壤速效养分含量的影响

不同 (表 3)。与对照相比，覆膜处理下土壤碱解氮、速效磷和速效钾含量均显著降低 (表层土壤碱解氮除

外), 其中, 表层土壤速效磷和速效钾含量与对照比值分别为 0.80 和 0.91, 亚表层土壤速效氮磷钾含量比值分别为 0.59、0.31 和 0.56。而覆膜结合覆草处理则能显著提高表层土壤中有机质和速效养分含量及 pH, 降低亚表层土壤中有效氮和速效磷含量, 其中, 表层土壤有

机质和速效养分分别是对照的 1.28 倍、1.18 倍、1.16 倍和 1.22 倍, 亚表层土壤有效氮和速效磷分别降低了 15.81% 和 22.06%。自然生草处理则能使土壤速效钾含量显著降低, 表层和亚表层分别与对照的比值是 0.68 和 0.55, 表明在自然生草条件下, 钾营养大量被草吸收。

表3 不同土壤管理方式对土壤养分含量的影响

Table 3 Effects of soil management patterns on nutrient contents in pear orchard soil

处理	土层 (cm)	有机质 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	pH
常规灌溉 (对照)	0~20	9.62 c	71.7 c	60.1 b	139 b	7.33 c
	20~40	7.22 d	58.6 d	48.6 c	101 de	7.61 a
覆膜	0~20	9.72 c	68.8 c	47.8 c	126 c	7.34 c
	20~40	7.88 d	34.4 g	14.9 e	56.1 f	7.62 a
覆膜+覆草	0~20	12.33 a	84.5 a	70.0 a	169 a	7.40 b
	20~40	10.74 b	50.6 e	39.8 d	109 d	7.46 b
自然生草	0~20	9.17 c	79.7 b	65.1 ab	94.6 e	7.33 c
	20~40	4.28 e	44.3 f	17.0 e	55.1 f	7.58 a

3 讨论

3.1 不同土壤管理方式对梨园土壤微生物数量的影响

土壤微生物是土壤生态体系的重要组成部分, 参与土壤养分转化、物质代谢、污染物降解等多种生化反应。土壤微生物分解土壤中的有机物, 提供植物生长所需要的营养物质, 并对植物有效养分起着储备库和源的作用^[14]。本试验结果表明, 不同管理方式下土壤细菌、真菌及放线菌数量在不同土层变化明显, 其数量随着土层深度增加呈减少趋势, 这与黄志宏等^[15]、吴红英等^[16]结果一致。究其原因可能有如下 3 个方面: ①土壤表层有充足的能源和丰富的碳源物质如有机质和各种养分; ②土壤微生物大多数是好氧型的, 土壤表层通气性好, 能够为微生物呼吸提供充足的氧气; ③表层土壤的温湿度适合微生物的大量繁殖。在 20~40 cm 土层中土壤的通气性和土壤养分均受到限制, 致使土壤微生物数量存在分层现象。

Laurent 和 Merwin^[17]指出, 不同土壤管理方式下土壤中微生物数量不同。覆盖管理方式下及自然生草条件下土壤微生物数量增加, 这与刘建新等^[6]、龙妍^[18]、潘学军等^[8]研究结果一致。从本文土壤微生物种群和数量的分析还可以看出, 土壤微生物数量以细菌最多, 放线菌次之, 真菌数量最少, 其中细菌数量占总量的 85% 左右, 与前人的研究一致^[15,19], 说明土壤中有机物质的分解和转化主要靠细菌类微生物来完成。覆草、覆膜和覆草结合覆膜后土壤微生物数量增

加, 造成这种现象的原因可能是覆草能提高土壤含水量^[20], 减缓了土壤水分蒸发的速度, 同时由于覆草后, 表层土壤中有有机物经微生物的腐殖化作用后变成腐解物, 腐解物淋溶到下层土壤中, 为微生物生长提供充足的营养, 使其活动增加, 从而增加土壤中微生物数量。单覆膜处理下, 与对照相比, 细菌、真菌、放线菌数量没有显著性差异, 但覆膜能在一定程度上提高微生物数量, 这可能是由于覆膜提高了土壤温度, 加快了微生物的繁殖, 提高微生物数量。覆膜与覆草结合管理方式下, 综合了覆草与覆膜的特点, 改善了土壤中微生物生活的环境, 激发了微生物的增殖, 促进微生物生长。

3.2 不同土壤管理方式对梨园土壤养分含量的影响

土壤管理方式对梨园土壤养分含量的影响不同。不同的土壤管理方式导致土壤的团粒结构、颗粒组成和孔隙度等发生改变, 影响了土壤的水、气、热和营养状况及微生物数量, 最终影响了土壤速效养分含量。3 年连续覆草可以提高土壤有机质和土壤速效养分含量, 这与姚胜蕊等^[21]对果园多年连续覆草对土壤养分含量的调查结果一致。Merwin 和 Bird^[22]对果园地面管理方式的研究也表明碎木屑覆盖能够增加土壤磷和有机质含量, 其中果园覆草可以提高土壤转化酶及脲酶活性, 加快秸秆的转化及有机物的代谢, 使土壤中有机质和速效养分增加^[20-21], 而土壤有机质含量的增加有利于改善土壤的理化性状, 有利于提高土壤的保肥、

供肥能力^[23]。与覆草 1 年相比, 覆草 3 年后土壤速效养分含量显著增加, 可能是草腐烂矿化后进入土壤, 增加土壤有机质含量, 有机物质又可以释放出氮、磷、钾等矿质营养, 提高土壤有效养分含量。

不同的土壤管理方式中, 覆膜结合覆草能够最大程度提高土壤速效养分含量, 主要原因可能是地面覆盖对土壤温湿度改善明显, 塑膜覆盖保水效果好, 并且早春能提高土壤温度, 有利于根系提早生长, 而秸秆覆盖也有很好的保水效果, 并且对土壤温度剧烈变化有较好的缓冲作用^[24]。另外, 覆盖物本身含有营养物质, 能够提高土壤有机质含量, 改善土壤水分和微生物活性, 使物质矿化过程加快, 因此能够很大程度上提高土壤养分含量。覆膜条件下土壤中养分含量下降的原因可能是覆膜虽然能够提高土壤温度, 保持土壤含水量, 但在梨园快速生长期缺少充足的外界水分供应; 同时, 单覆膜条件下缺少有机物质的有效输入, 使微生物的营养源受到限制, 导致土壤养分下降。何炎森^[25]和潘学军^[8]对柑桔园自然生草与清耕方式相比较, 指出自然生草可以提高土壤理化性状, 增加土壤养分含量, 但对土壤 pH 影响不大。本试验结果表明, 与对照相比, 自然生草处理下, 表层土壤有机质、速效磷含量和 pH 间没有显著差异, 速效钾含量下降, 碱解氮增加。这可能与该梨园尚处于生草初期有关, 对土壤养分含量等影响不大。李国怀和伊华林^[26]指出在果园生草初期可以适当补充肥料, 实施科学管理, 以有效克服短期内生草与果树根系争夺水分、养分的矛盾, 从而有利于提高土壤持续生产力。本文的研究结果指出较短时间内不同的土壤管理方式对土壤微生物数量和土壤养分含量的影响, 但这些影响的长期性及其与树体生长、根系发育及果实产量和品质的关系仍值得进一步研究和探讨。

4 结论

(1) 各处理中随着土层加深, 梨园土壤中微生物数量和土壤养分含量均表现出下降趋势。整体上看, 梨园土壤中细菌数量多于真菌和放线菌。

(2) 随覆草年限的增加, 土壤微生物数量有增加的趋势, 表层土壤有机质、碱解氮、速效磷钾含量增加, 对 pH 的影响较小。覆膜结合覆草处理对改善土壤有效养分状况、提高土壤肥力效果较好。

参考文献:

[1] 黄金辉, 廖允成, 高茂盛, 殷瑞敬. 耕作和覆盖对黄土高原果园土壤水分和温度的影响. 应用生态学报, 2009, 20(11):

2 652-2 658

- [2] Marscher P, Yang CH, Lieberei R, Crowley DE. Soil and plant specific effects on bacterial community composition in the rhizosphere. *Soil Biology & Biochemistry*, 2001, 33: 1 437-1 445
- [3] Oliveira MT, Merwin IA. Soil physical conditions in a New York orchard after eight years under different groundcover management systems. *Plant and Soil*, 2001, 234: 233-237
- [4] Tiaua SM, Lloyd J, Herms DA, Hoitink HAJ, Michel Jr FC. Effects of mulching and fertilization on soil nutrients, microbial activity and rhizosphere bacterial community structure determined by analysis of TRFLPs of PCR-amplified 16S rRNA genes. *Applied Soil Ecology*, 2002, 21: 31-48
- [5] Ramos ME, Benitez E, Garcia PA, Robles AB. Cover crops under different managements vs. frequent tillage in almond orchards in semiarid conditions: Effects on soil quality. *Applied Soil Ecology*, 2010, 44: 6-14
- [6] 刘建新, 王鑫, 杨建霞. 覆草对果园土壤腐殖质组成和生物学特性的影响. 水土保持学报, 2005, 19(4): 93-95
- [7] 张强, 魏钦平, 齐鸿雁, 王小伟, 黄武仁, 刘军. 北京果园土壤营养状况和微生物种群调查分析. 中国农学通报, 2009, 25(17): 162-167
- [8] 潘学军, 张文娥, 樊卫国, 蓬桂华, 罗国华. 自然生草和间种绿肥对盆栽柑橘土壤养分、酶活性和微生物的影响. 园艺学报, 2010, 37(8): 1 235-1 240
- [9] 周丽霞, 丁明懋. 土壤微生物学特性对土壤健康的指示作用. 生物多样性, 2007, 15(2): 162-171
- [10] 赵林, 姜远茂, 彭福田. 苹果园土壤营养诊断采样方法研究. 落叶果树, 2009(4): 1-3
- [11] 周德庆. 微生物学教程. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2002: 91-99
- [12] 鲍士旦. 土壤农化分析. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2005: 30-165
- [13] 邓欣, 谭济才, 尹丽蓉, 任佑华, 刘红艳. 不同茶园土壤微生物数量状况调查初报. 茶叶通讯, 2005, 32(2): 7-9
- [14] 陈伟. 苹果园土壤微生物类群与栽培环境关系的研究(博士学位论文). 泰安: 山东农业大学, 2007
- [15] 黄志宏, 梁瑞友, 田大伦, 周光益. 南岭小坑果园土壤微生物数量状况初步研究. 中南林业科技大学学报, 2007, 27(4): 18-22
- [16] 吴红英, 孔云, 姚允聪, 毕宁宁, 元丽萍, 付占国. 间作芳香植物对沙地梨园土壤微生物数量与土壤养分的影响. 中国农业科学, 2010, 43(1): 140-150
- [17] Laurent AS, Merwin IA, Thies JE. Long-term orchard

- groundcover management systems affect soil microbial communities and apple replant disease severity. *Plant Soil*, 2008, 304: 209–225
- [1] 龙妍. 行间生草条件下葡萄园土壤微生物、酶活性、养分的动态变化及相关性分析(硕士学位论文). 杨凌: 西北农林科技大学, 2007
- [2] 路超, 王金政. 山东省苹果园梨园土壤肥力状况及改良技术措施. *落叶果树*, 2008(2): 24–28
- [3] 刘建新. 覆草对杏园土壤物理性状、肥力及果实产量与品质的影响. *水土保持学报*, 2004, 18(2): 183–185
- [4] 姚胜蕊, 薛炳焯. 多年连续覆草对果园土壤的综合效应研究. *落叶果树*, 1998(3): 3–4
- [5] Yao SR, Merwin IA, Bird GW, Abawi GS, Thies JE. Orchard floor management practices that maintain vegetative or biomass groundcover stimulate soil microbial activity and alter soil microbial community composition. *Plant and Soil*, 2005, 271: 377–389
- [6] 赵思东, 张琳, 谢志明, 袁德义. 覆草栽培对梨园土壤理化性质的影响. *中南林学院学报*, 2005, 25(4): 66–70
- [7] 高登涛, 郭景南, 魏志峰, 杨朝选. 果园地面覆盖对土壤质量和苹果生长发育的影响. *果树学报*, 2010, 27(5): 770–777
- [8] 何炎森, 翁锦周, 李瑞美, 吴维坚. 自然生草覆盖对瑯溪蜜柚果园土壤养分和果实产量的影响. *亚热带农业研究*, 2005, 1(4): 45–48
- [9] 李国怀, 伊华林. 生草栽培对柑橘园土壤水分与有效养分及果实产量、品质的影响. *中国农业生态学报*, 2005, 13(2): 161–163

Effects of Different Soil Managements on Pear Orchard Soil Biological Properties and Nutrient Contents

LI Yan-li, ZHAO Hua-bing, XIE Kai, SONG Xiao-hui, XU Yang-chun, DONG Cai-xia

(College of Resources and Environmental Science, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: The qualitative and quantitative distributions of three main soil microbes, including bacteria, fungi and actinomycetes, and soil nutrient contents in pear orchard were analyzed under different soil managements. The results showed that: 1) the distribution of soil microbes was distinct in depth, and the amount of soil microbes decreased with the increase of soil depth. 2) Among three groups of microbes in the same depth the quantity of bacteria was highest, followed by actinomycetes and then by fungi. 3) compared mulching grass three years with one year, the fungi and actinomycetes in surface and subsurface were significantly increased, soil bacteria in above depth was no significant different; compared with natural grass, mulching and watering treatments, combining straw mulching and plastic-film mulching maximized the number of soil microorganisms. 4) grass mulching three years significantly increased soil organic matter, alkali-hydro nitrogen, available phosphorus and available potassium, single plastic-film mulching treatment decreased soil nutrient contents, but the combination of straw mulching and plastic-film mulching significantly increased soil organic matter, available phosphorus and available potassium.

Key words: Straw mulching, Plastic film mulching, Pear orchard, Soil microorganisms, Soil nutrient