

# 赣北丘陵区果园不同套种模式对退化红壤理化性质的影响

张华明<sup>1,3</sup>, 王昭艳<sup>2</sup>, 喻荣岗<sup>1</sup>, 杨洁<sup>1</sup>, 左长清<sup>2</sup>, 郑海金<sup>1</sup>, 汤崇军<sup>1</sup>

(1. 江西省水土保持科学研究所, 南昌 330029; 2. 中国水利水电科学研究院, 北京 100048; 3. 江西农业大学, 南昌 330045)

**摘 要:**为了探讨丘陵区果园水土保持措施与土壤理化性质改良关系,通过 5 a 的野外定位观测试验,研究了 5 种不同果园套种模式对退化红壤理化性质的影响。研究结果表明:果园不同套种模式对土壤理化性质的改善效果不同,百喜草全园覆盖和狗牙根全园覆盖提高土壤含水量效果最好,全园套种狗牙根模式改良土壤容重、毛管持水量、有机质、全氮、全磷、全钾和速效钾效果最好。套种百喜草和狗牙根果园模式改良果园土壤全氮效果优于套种农作物模式。套种农作物模式改良果园土壤全磷效果、土壤碱解氮能力都明显好于套种不同牧草模式。套种百喜草和套种农作物提高果园土壤速效磷含量,而套种狗牙根与阔叶雀稗草则略为降低了土壤速效磷含量。与果园顺坡耕作套种相比,横坡套种具有更好的保持土壤养分的作用,适宜进一步推广。

**关键词:**红壤理化性质;果园;套种模式;赣北丘陵

中图分类号:S153;S66-33

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2010)04-0258-04

## Study on Soil Physical and Chemical Properties under Different Inter-cropping for Orchards on Hilly Region in Northern Jiangxi Province

ZHANG Hua-ming<sup>1,3</sup>, WANG Zhao-yan<sup>2</sup>, YU Rong-gang<sup>1</sup>,  
YANG Jie<sup>1</sup>, ZUO Chang-qing<sup>2</sup>, ZHENG Hai-jin<sup>1</sup>, TANG Chong-jun<sup>1</sup>

(1. Jiangxi Provincial Research Institute of Soil and Water Conservation, Nanchang 330029, China;

2. China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100048, China;

3. Jiangxi Agriculture University, Nanchang 330045, China)

**Abstract:** In order to study the relationship between measure ments of soil erosion controlling and improvement of soil physical and chemical properties, effects of five different intercropping patterns on physical and chemical properties of degenerate red soil were studied through five years' field observation. The results showed that amelioration effects of soil properties were different depending on different intercropping patterns, i. e. amelioration effects of soil properties were different when the grass and tillage in the patterns were different. Intercropping with *Paspalum notatum* flügge and *Cynodon dactylon* overall coverage had the best effect on conserving water. Intercropping with *Cynodon dactylon* also had the best effect on improving soil bulk density, soil moisture, organic matter, soil total nutrients and soil available potassium. The functions of intercropping *Paspalum notatum* flügge and *Cynodon dactylon* were obviously better than that of intercropping crop in improving soil total nitrogen. The function of intercropping crop was better than that of intercropping different grass in improving soil total phosphorus and available nitrogen. Intercropping Bahia grass and crop could increase soil available phosphorus, and intercropping *Cynodon dactylon* & *Paspalum wettsteinii* hackle could decrease soil available phosphorus. The effects of horizontal intercropping on conserving soil nutrient were better than those of down slope farming. Therefore, the horizontal intercropping should be adopted in hilly region.

**Key words:** physical and chemical propertie of red soil; orchards; inter-cropping system; hilly region in northern Jiangxi province

收稿日期:2010-05-01

资助项目:水利公益性行业科研专项经费项目(200901047,200901049)

作者简介:张华明(1978—),男,江西井冈山人,工程师,主要从事水土保持研究。E-mail:10145037@qq.com

通信作者:杨洁(1958—),女,博士,教授级高工,长期从事水土保持生态环境和植物分子生物学研究。E-mail:zljy@126.com

江西是我国红壤中心区域,也是我国南方红壤区水土流失典型区域。在全省 16.69 万 km<sup>2</sup> 的总土地面积中,海拔在 200~500 m 之间的丘陵、岗阜和山间盆地交错分布,面积约 7.01 万 km<sup>2</sup><sup>[1]</sup>。长期以来,随着人口的不断增长和不合理的开垦利用,低山丘陵区成为全省水土流失重点区域。果树种植在江西有着悠久的历史,也是江西低山丘陵的主要利用方式。尤其是自 2000 年,江西省实施了“南桔北梨”果业发展战略后,全省果业得到了空前的发展。大规模的果园开发,获得了良好的经济效益,加快了农民脱贫致富奔小康的步伐,推动农村经济乃至全省的经济发展。

但由于果园土地利用比较单一、经营粗放、全垦清耕现象普遍,加上在一些地方,不科学的大规模无序开发,使果业开发成为低山丘陵水土流失的重要原因。果园套种,特别是幼龄果园套种,是一种有效的果园水土保持措施,不仅可以有效地保持水土<sup>[2-3]</sup>,而且可以获得一定的经济效益。本文以 5 a 的野外定位观测试验数据为基础,分析果园不同套种模式对土壤物理性质、水分状况、土壤养分等方面的影响进行研究,探讨丘陵区果园水土保持措施与土壤理化性质改良关系,为果园套种模式选择,丘陵区土地综合利用提供依据。

1 研究区概况

试验区位于江西省北部德安县境内的江西水土保持科技园内。江西水土保持科技园地理位置东经 115°23′—115°53′,北纬 29°10′—29°35′,属亚热带湿润季风气候区,多年平均降雨量 1 350.9 mm,无霜期 249 d,年蒸发量为 1 400~1 800 mm;地貌类型以浅丘岗地为主,地势西北高、东南低,地形起伏,高差较小,海拔高度一般 30~90 m;土壤为第四纪红土发育的红壤,土层平均深 60~100 cm;地带性植被属亚热带常绿阔叶林,现状植被主要是天然次生、半次生和人工林,主要树种有杉木、湿地松、杜鹃、继木、金樱子等;主要草本植物有芭茅、狗尾草等。

2 研究方法

2.1 坡面径流小区布置

柑橘试验区地面坡度为 12°,坡向西偏北,土壤为第四纪红土发育的红壤。共设置 6 个处理小区,其水平投影长度为 20 m,宽度为 5 m,面积各为 100 m<sup>2</sup>,集水槽、集水池(收集径流)位于径流场下方挡水墙处。每个小区内均于 2001 年春天种植 2 年生柑橘 12 株,栽植密度均为 2.5 m×3.0 m,套种模式具体布设见表 1。

表 1 不同套种模式标准径流小区试验设计

处理号	套种模式
I	百喜草全区套种,植被覆盖度 100%
II	阔叶雀稗草全区套种,植被覆盖度 100%
III	狗牙根全区套种,植被覆盖度 100%
IV	横坡套种黄豆和萝卜,每年 4 月中旬至 8 月中旬为黄豆,8 月中旬至次年 3 月中旬为萝卜,植被覆盖度 60%
	顺坡套种黄豆和萝卜,每年 4 月中旬至 8 月中旬为黄豆,8 月中旬至次年 3 月中旬为萝卜,植被覆盖度 60%
V	为黄豆,8 月中旬至次年 3 月中旬为萝卜,植被覆盖度 60%
VI	对照区为果园净耕区,及时清除地面杂草,植被覆盖度 20%

2.2 土壤物理指标测定

用环刀法(环刀分层:0—20,20—40 cm)取样,测定土壤容重、最大持水量、最小持水量、毛管持水量、孔隙度(总孔隙度、毛管孔隙度)<sup>[4-5]</sup>。

2.3 土壤化学指标测定

有机质—重铬酸钾法,全氮—半微量开氏法,全磷—高氯酸消化、钼锑抗比色法,全钾—氢氧化钠熔融、火焰光度计法,速效氮—碱解蒸馏法,速效磷—Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 碱熔钼锑抗比色法,速效钾—火焰分光光度计法,pH 值—酸度计法进行测定<sup>[4-5]</sup>。

3 结果分析

3.1 不同套种模式对土壤物理性质的影响

3.1.1 不同套种模式对土壤水分物理性质的影响  
土壤水分是土壤的一个重要组成成分,它积极参与土壤中物质的转化过程,是植物生长所必需的,它影响着土壤结构的形成以及土壤结构的稳定性,是土壤肥力的重要指标之一。试验区果园土壤水分主要来源于大气降水,土壤含水量一般随着降雨情况与土层深度的变化而变化。

表 2 各小区土壤含水量 %

土层深度/cm	观测日期 (月-日)	小区序号					
		I	II	III	IV	V	VI
0—20	05-29	24.08	20.86	23.20	20.85	22.73	14.40
	07-01	25.69	23.94	24.44	21.56	22.50	21.19
	07-31	12.50	13.82	13.03	10.92	12.56	15.04
	10-16	23.44	20.32	23.21	21.28	20.01	19.97
	平均	21.43	19.74	20.97	18.65	19.45	17.65
20—40	05-29	25.35	22.94	24.59	22.67	24.62	19.39
	07-01	27.00	25.10	28.37	24.83	22.42	23.96
	07-31	14.96	17.08	15.28	15.76	16.35	17.37
	10-16	23.17	20.30	24.71	22.98	23.87	20.18
	平均	22.62	21.36	23.24	21.56	21.82	20.23

注:土壤样品采集年份均为 2003 年。

根据 2003 年对不同处理小区 5 月、7 月和 10 月

土壤含水量的分析(见表 2)结果表明, 0—20 cm 和 20—40 cm 平均土壤含水量均以清耕区(VI 小区)最低, 不足 19%, 而其余处理小区几乎都均在 20% 以上, 说明果园套种均能提高土壤含水量, 其中以百喜草全园覆盖(I 小区)和狗牙根全园覆盖(III 小区)的效果最好, 平均土壤含水量均在 22% 以上。

在前期有丰富降雨的情况下, 7 月 1 日(6 月 21 日至 6 月 29 日连续降雨, 降雨量达 244.4 mm)0—20 cm 的土壤含水量从高到低的排序: I > III > II > V > IV > VI, 20—40 cm 的土壤含水量从高到低的排序: III > I > II > IV > VI > V; 在长期高温干旱的情况下, (7 月 7 日至 7 月 31 日均无降雨)土壤水分处于连续消耗过程, 7 月 31 日 0—20 cm 的土壤含水量从高到低的排序: VI > II > III > V > I > IV, 20—40

cm 的土壤含水量从高到低的排序: VI > II > V > IV > III > I。这说明, 在干旱季节果园套种的蒸散作用会减少土壤水分, 而前期降雨比较丰沛时果园套种的蓄水效果更为显著, 远大于其套种植物蒸散发作用的影响。这些从一定程度上表明果园套种能有效地利用雨水资源, 提高土壤含水量, 这和果园配置措施的年均土壤含水量高于清耕区的原因是一致的。

3.1.2 不同套种模式对土壤容重、毛管持水量的影响 土壤容重可以反映土壤的孔隙状况、松紧程度和土壤肥力等状况, 是土壤理化性质的一项重要指标。土壤容重对土壤的透气性、入渗性能、持水能力、溶质迁移特征以及土壤的抗侵蚀能力都有非常大的影响<sup>[6-7]</sup>。毛管持水量是毛管上升作用所能保持的最大水量。

表 3 各小区土壤容重和毛管持水量

小区	容重/(g·cm <sup>-3</sup> )			毛管持水量/%		
	2001-12-08	2002-11-12	平均	2001-12-08	2002-11-12	平均
I	1.30	1.28	1.29	32.76	32.89	32.83
II	1.26	1.28	1.27	36.55	34.57	35.56
III	1.14	1.22	1.18	36.43	43.70	40.07
IV	1.20	1.27	1.24	33.74	32.18	32.96
V	1.27	1.25	1.26	33.34	33.23	33.29
VI	1.32	1.33	1.32	29.75	31.20	30.48

从对不同套种模式土壤容重和毛管持水量分析(见表 3)来看, 试验期间清耕区的土壤容重均大于 1.30 g/cm<sup>3</sup>, 毛管持水量在 30%; 采取了套种措施处理小区的土壤容重和毛管持水量均好于清耕区, 其中以套种狗牙根模式的改良效果最为突出。横坡套种农作物的改良土壤结构的效果好于顺坡耕作。可见, 果园采取套种措施, 建立复合生态系统有助于改善其土壤的物理性状。

3.2 不同套种模式对土壤化学性质的影响

3.2.1 不同套种模式对土壤有机质的影响 对不同套种模式土壤有机质观测数据进行分析(见图 1), 结果表明: 套种牧草土壤有机质含量在 14.41~17.92 g/kg 之间, 套种农作物区土壤有机质在 16.28~17.15g/kg 之间。与果园清耕相比, 不同套种模式均能明显提高土壤有机质, 其改良土壤有机质的效果依次为 III > II > V > IV > I。果园套种牧草, 可以增加土壤腐殖质含量, 同时为土壤动物和微生物营造一个良好生活环境, 土壤动物和微生物反过来又促进地表枯落物和腐殖质的分解, 提高有机质含量。套种农作物横坡耕作与顺坡耕作的翻压填埋、开沟种植绿肥等增加地表覆盖和枯落物量, 同时也增加土壤中好氧微生物的数量, 加快腐殖质的分解和转化, 提高土壤有机质含量。

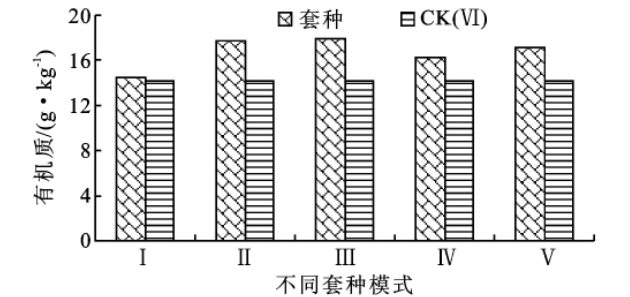


图 1 不同套种模式对土壤有机质影响

3.2.2 不同套种模式对土壤全 N、全 K、全 P 的影响 氮、磷、钾都是植物生长必不可少的大量营养元素, 全 N、全 K、全 P 在一定程度代表了土壤的供 N、供 P 和供 K 能力的大小, 反映了土壤结构和土壤肥力状况。研究于 2006 年对不同试验处理小区进行土壤取样, 分析其土壤全 N、全 K、全 P 含量以及各种套种模式对土壤全量养分的影响, 结果见图 2。

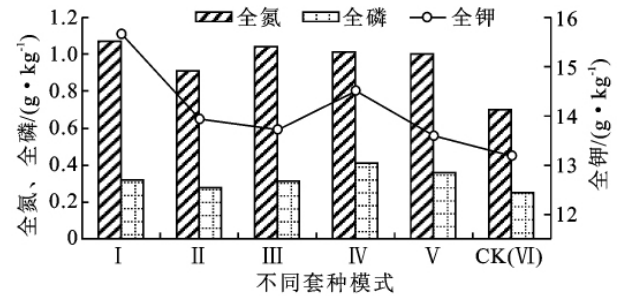


图 2 不同套种模式对土壤全氮、全磷、全钾影响

表 4 不同套种模式对土壤全量养分的影响

小区	全氮/ (g·kg <sup>-1</sup> )	增减含量/ (g·kg <sup>-1</sup> )	增减百 分比/%	全磷/ (g·kg <sup>-1</sup> )	增减含量/ (g·kg <sup>-1</sup> )	增减百 分比/%	全钾/ (g·kg <sup>-1</sup> )	增减含量/ (g·kg <sup>-1</sup> )	增减百 分比/%
I	1.07	0.47	67.14	0.32	0.07	28.00	15.65	2.46	18.65
II	0.91	0.21	30.00	0.28	0.03	12.00	13.94	0.75	5.69
III	1.04	0.44	62.86	0.31	0.06	24.00	13.72	0.53	4.02
IV	1.01	0.31	44.29	0.41	0.16	64.00	14.50	1.31	9.93
V	1.00	0.30	42.86	0.36	0.11	44.00	13.60	0.41	3.11

注:对照果园清耕土壤全氮含量 0.70 g/kg,土壤全磷含量 0.25 g/kg,土壤全钾 13.19 g/kg。

由图 2 和表 4 可知,果园不同套种模式土壤全氮含量在 0.91~1.07 g/kg 之间,全磷含量在 0.28~0.41 g/kg 之间,全钾含量在 13.60~15.65 g/kg 之间,均比果园清耕对照小区相应值高,这说明不同套种模式均能显著改良土壤果园全氮、全磷、全钾状况,其改良全氮的效果依次为 I>III>IV>V>II,改良全磷的效果依次为 IV>V>III>I>II,改良全钾的效果依次为 I>IV>II>III>V。从改良果园土壤全氮效果来看,套种百喜草和狗牙根果园模式优于套种农作物模式。从改良果园土壤全磷效果来看,套种农作物模式都明显好于套种不同牧草模式。果园套种的不同牧草,改良效果也不一样,改良土壤全氮和土壤全磷效果百喜草>狗牙根>阔叶雀稗草;改良土壤全钾的效益百喜草>阔叶雀稗草>狗牙根。横坡套种农作物和顺坡套种农作物来看,横坡套种改良土壤全氮、全磷和全钾的效果,明显比顺坡套种高,说明

果园横坡套种具有较好的保持土壤养分的作用。

3.2.3 不同套种模式对土壤速效养分的影响 土壤速效养分虽然在养分总量中只占很少部分,但它是反映土壤养分供应能力的重要指标。土壤速效氮、磷、钾含量的高低,直接关系到土壤结构好与坏,供肥能力的强与弱,对植物生长意义重大。本研究于 2006 年,对果园不同套种模式的土壤速效养分观测结果进行分析,结果见图 3 和表 5。

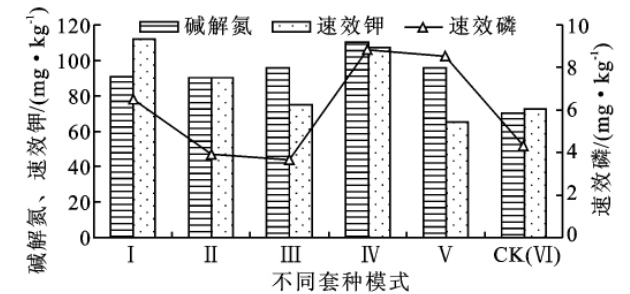


图 3 不同套种模式对土壤速效养分影响

表 5 不同套种模式对土壤速效养分的影响

小区	碱解氮/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	增减含量/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	增减百 分比/%	速效磷/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	增减含量/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	增减百 分比/%	速效钾/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	增减含量/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	增减百 分比/%
I	91.00	21.17	30.32	6.50	2.21	51.52	112.09	39.59	54.61
II	90.04	20.21	28.94	3.92	-0.37	-8.62	90.00	17.50	24.14
III	95.55	25.72	36.83	3.66	-0.63	-14.69	75.00	35.00	48.28
IV	110.25	40.42	57.88	8.84	4.55	106.06	107.50	35.00	48.28
V	95.55	25.72	36.83	8.53	4.24	98.83	65.00	-7.50	-10.34

注:对照果园清耕小区土壤碱解氮含量 69.83 mg/kg,速效磷含量 4.29 mg/kg,速效钾 72.50 mg/kg。

由图 3 和表 5 可知,果园不同套种模式土壤碱解氮含量在 91.00~110.25 mg/kg 之间,速效磷含量在 3.92~8.84 mg/kg 之间,速效钾含量在 65.00~112.09 mg/kg 之间,不同处理土壤碱解氮含量 IV>V=III>I>II>VI,土壤速效磷含量 IV>V>I>VI>II>III,土壤速效钾含量 I>IV>II>III>VI>V。与果园清耕相比,各种套种模式均能明显提高果园土壤碱解氮,其中套种农作物模式优于套种牧草模式,这与夏季种植黄豆,具有一定的固氮能力有关。套种百喜草和套种农作物提高果园土壤速效磷含量,而套种狗牙根与阔叶雀稗草则略为降低了土壤速效磷含量。除了顺坡套种农作物降低土壤速效钾之外,

其他套种模式均明显提高了其土壤速效钾含量。横坡套种改良土壤速效养分的效果,明显比顺坡套种高,这也反映了果园横坡耕作套种保持土壤养分的作用比顺坡耕作套种强。

4 结 论

(1) 果园套种均能提高土壤含水量,其中以百喜草全园覆盖和狗牙根全园覆盖的效果最好,平均土壤含水量均在 22%以上。果园套种可以改善土壤容重,提高土壤毛管持水量,其中以全园套种狗牙根模式改良效果最好。

大小,当前快速发展的 GIS 技术很容易实现。由于神经网络具有自身适应能力,排除了很多人为的干扰因素,在一定程度上避免了以往评价方法过多地受到主观因素的影响。与此同时,在评价过程中,也发现一些问题需进一步探讨:(1)如何科学地遴选评价指标,建立客观、完善的指标体系;(2)神经网络技术本身的进一步完善;(3)典型训练样本的典型性确定等。

#### 参考文献:

- [1] 徐中春,谢永生,王恒俊. 中国土地资源评价研究新进展[J]. 中国农业通报,2008,24(3):379-383.
- [2] 陈百明,张凤荣. 中国土地可持续利用指标体系的理论与方法[J]. 自然资源学报,2001,16(3):197-203.
- [3] 戴尔阜,蔡运龙,傅泽强. 土地可持续利用的系统特征与评价[J]. 北京大学学报:自然科学版,2002,38(2):231-237.
- [4] 李植斌. 区域农用地可持续利用评价:以温州市为例[J]. 南京大学学报:自然科学版,1999,35(3):262-267.

- [5] 刘光成,董捷,田心尉. 土地可持续利用评价初探[J]. 中国农业资源与区划,2002,23(2):23-26.
- [6] 尹君. 土地资源可持续利用评价指标体系研究[J]. 中国土地科学,2001,15(2):6-9.
- [7] 王静,张凤荣,郭旭东. 县级尺度土地资源可持续利用评价方法研究[J]. 地理与地理信息科学,2004,20(2):53-56.
- [8] Sweeting M M. Reflections on the development of Karst geomorphology in Europe and a comparison with its development in China [J]Z. Geomorph. ,1993,37:127-136.
- [9] 欧阳自远. 中国西南喀斯特生态脆弱区的综合治理与开发脱贫[J]. 世界科技研究与发展,1998,20(2):53-56.
- [10] 肖峰,李雪燕,邵战林. 论城镇土地定级网格法合理运用[J]. 新疆农业大学学报,2006,29(4):93-97.
- [11] 范一大,史培军,辜智慧,等. 行政单元数据向网格单元转化的技术方法[J]. 地理科学,2004,24(1):105-108.
- [12] 戴文战. 基于三层 BP 网络的多指标综合评估方法及应用[J]. 系统工程理论与实践,1999(3):29-40.

(上接第 261)

(2) 在长期干旱季节,果园套种植物的蒸散作用会减少土壤水分(百喜草全园覆盖区比清耕区减少了 2.54%),而前期降雨比较丰沛时果园套种的蓄水效果更为显著(百喜草全园覆盖区比清耕区提高了 4.50%),远大于其套种植物蒸散发作用的影响,说明果园套种在前期降雨丰沛时的蓄水效果更为显著,从一定程度上表明果园套种能有效地利用雨水资源,在果园内采取套种措施对雨水资源比较丰富的南方地区具有重要意义。

(3) 果园套种可以明显改善土壤有机质和土壤全量养分含量。从改良土壤有机质来看,套种狗牙根改良效果最好,套种百喜草改良效果最差。从改良果园土壤全氮效果来看,套种百喜草和狗牙根果园模式优于套种农作物模式,套种阔叶雀稗草改良效果最差;从改良果园土壤全磷效果来看,套种农作物模式都明显好于套种不同牧草模式。

(4) 各种套种模式均能明显提高土壤碱解氮含量,其中,套种农作物模式优于套种牧草模式。套种百喜草和套种农作物提高果园土壤速效磷含量,而套种狗牙根与阔叶雀稗草则略为降低了土壤速效磷含量。除了顺坡套种农作物降低土壤速效钾之外,其他套种模式均明显提高了其土壤速效钾含量。

(5) 改良土壤全氮和土壤全磷效果百喜草>狗牙

根>阔叶雀稗草;改良土壤全钾的效益百喜草>阔叶雀稗草>狗牙根。横坡套种农作物和顺坡套种农作物来看,横坡套种改良土壤全氮、全磷、全钾和碱解氮、速效磷与速效钾的效果,明显比顺坡套种高,说明果园横坡套种具有较好的保持土壤养分的作用。

#### 参考文献:

- [1] 左长清,张展羽. 红壤坡地水土流失及其防治对策[C]//中国水土保持学会第三次全国会员代表大会学术论文集. 北京:中国农业科学技术出版社,2006:116-119.
- [2] 段舜山,林秋奇,章家恩,等. 广东缓丘坡地牧草果树间作模式的水土保持效应[J]. 中国草地,2000(5):35-40.
- [3] 段舜山,蔡昆争,王晓明,等. 鹤山赤红壤坡地幼龄果园间作牧草的水土保持效应[J]. 草业科学,2000,17(6):12-17.
- [4] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海:上海科技出版社,1978.
- [5] 中华人民共和国林业行业标准. 森林土壤分析方法[S]. 北京:国家林业局发布,1999.
- [6] 潘云,吕殿青. 土壤容重对土壤水分入渗特性影响研究[J]. 灌溉排水学报,2009,28(2):59-61,77.
- [7] 郑纪勇,邵明安,张兴昌. 黄土区坡面表层土壤容重和导水率空间变异特征[J]. 水土保持学报,2004,18(3):53-56.