

# 红壤区不同水土保持措施对土壤抗蚀性的影响

万怡国<sup>1</sup>, 谢方杰<sup>1,2,3</sup>, 陈晓安<sup>1,2,3</sup>

(1.江西省水利科学院 江西省鄱阳湖流域生态水利技术创新中心, 江西 南昌 330029;

2.河海大学 农业科学与工程学院, 江苏 南京 211100; 3.江西省土壤侵蚀与防治重点实验室, 江西 南昌 330029)

**摘要:** [目的] 研究南方红壤区不同水土保持措施下土壤抗蚀性的变化特征, 为该地区的土壤抗蚀性研究和水土流失治理提供理论依据。[方法] 以江西水土保持生态科技园内柑橘园试验区的裸地对照、柑橘净耕、柑橘+全园植草、柑橘+水平梯田处理为研究对象, 通过野外采样和室内试验相结合的方法, 研究不同处理、不同深度下土壤抗蚀性。[结果] 0—20 cm 土层, 柑橘+全园植草的土壤抗蚀性最强, 柑橘+水平梯田和柑橘净耕次之且二者无显著差异, 裸地对照最差; 20—40 cm 土层, 柑橘+全园植草和柑橘+水平梯田的土壤抗蚀性最强且二者无显著差异, 柑橘净耕次之, 裸地对照最差; 相同处理下 0—20 cm 土层的土壤抗蚀性显著大于 20—40 cm 土层。[结论] 水土保持措施能显著提高土壤抗蚀性, 柑橘+全园植草的处理下土壤抗蚀性最强。建议在该区域采用林草复合的措施提高植被覆盖度, 以加强土壤抗蚀性。

**关键词:** 红壤区; 水土保持措施; 土壤抗蚀性

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2022)06-0076-06

中图分类号: S157.1

**文献参数:** 万怡国, 谢方杰, 陈晓安. 红壤区不同水土保持措施对土壤抗蚀性的影响[J]. 水土保持通报, 2022, 42(6): 76-81. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2022.06.010; Wan Yiguo, Xie Fangjie, Chen Xiaohan. Effects of different soil and water conservation measures on soil erosion resistance in red soil region [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2022, 42(6): 76-81.

## Effects of Different Soil and Water Conservation Measures on Soil Erosion Resistance in Red Soil Region

Wan Yiguo<sup>1</sup>, Xie Fangjie<sup>1,2</sup>, Chen Xiaohan<sup>1,2,3</sup>

(1. Jiangxi Academy of Water Conservancy Sciences, Jiangxi Provincial Technology Innovation Center for Ecological Water Engineering in Poyang Lake Basin, Jiangxi, Nanchang 330029, China;

2. College of Agricultural Science and Engineering, Hohai University, Jiangsu, Nanjing 211100, China;

3. Jiangxi Provincial Key Laboratory of Soil Erosion and Prevention, Jiangxi, Nanchang 330029, China)

**Abstract:** [Objective] The change characteristics of soil erosion resistance under different soil and water conservation measures in the red soil area of Southern China were determined in order to provide a theoretical basis for the study of soil erosion resistance and soil erosion control in this region. [Methods] Soil erosion resistance under different treatments and at different depths was studied by field sampling and indoor experimental analysis for bare land (control), citrus net tillage, citrus + planting grass, and citrus + horizontal terrace in a citrus orchard experimental area in the Jiangxi Eco-technology Garden for Soil and Water Conservation. [Results] In the 0—20 cm soil layer, citrus + planting grass produced the strongest soil erosion resistance, followed by citrus + horizontal terrace, and citrus net tillage. There were no significant differences between these treatments, but bare land was the worst. In the 20—40 cm soil layer, citrus + planting grass and citrus + horizontal terrace had the strongest soil erosion resistance (with no significant difference between these two treatments), followed by citrus net tillage. The bare land was the worst. For any given treatment, the soil erosion resistance of the 0—20 cm soil layer was significantly greater than the erosion resistance of

收稿日期: 2022-04-06

修回日期: 2022-07-10

资助项目: 江西省水利科技项目“红壤丘陵区果园多尺度氮磷迁移转化及调控技术”(202224ZDKT12)

第一作者: 万怡国(1980—), 男(汉族), 江西省新建区人, 硕士, 高级工程师, 主要从事农业水土资源研究。Email: 461630009@qq.com。

通讯作者: 陈晓安(1983—), 男(汉族), 安徽省南陵县人, 博士, 正高级工程师, 主要从事土壤侵蚀、农业水土资源高效利用等研究。Email: onlyxca@163.com。

the 20—40 cm soil layer. [Conclusion] Soil and water conservation measures can significantly improve soil erosion resistance, and soil erosion resistance was greatest under the citrus + planting grass treatment. We suggest using forest and grass together measure to improve vegetation coverage in this region so as to strengthen soil erosion resistance.

**Keywords:** red soil area; soil and water conservation measures; soil anti-erodibility

南方红壤丘陵区水土流失总面积达  $1.31 \times 10^5 \text{ km}^2$ , 占土地总面积的 15.06%, 是中国南方面积最大, 水土流失最为严重的区域<sup>[1]</sup>, 其中轻度、中度、强烈水土流失面积分别占水土流失面积的 7.03%, 5.56%, 2.47%<sup>[2]</sup>。南方红壤丘陵区虽然近年水土流失研究工作取得诸多成果, 但是总体形势依然严峻, 水土流失依然是阻碍当地发展的因素之一<sup>[3]</sup>。

土壤抗蚀性是指土壤抵抗水的分散和悬浮的能力<sup>[4-5]</sup>, 土壤抗分散能力是其评价指标之一。土壤抗分散能力是土壤抵御降雨或径流对土壤物质分散崩解作用的能力<sup>[6]</sup>, 土壤本身的理化特性与土壤抗蚀性大小密切相关<sup>[7]</sup>, 而这些特性很大程度上又受内在因素——成土母质的特性和外在因素——植被类型等的影响<sup>[8]</sup>。关于土壤抗蚀性的研究很多, 但大多数集中在黄土高原区和川贵地区<sup>[9-10]</sup>, 对南方红壤区的土壤抗蚀性的研究相对较少。江西省作为南方水土流失最为严重的八省之一<sup>[11]</sup>, 在进行土壤抗蚀性研究中具有一定的代表性。许多学者采取主成分分析法、熵权法、灰色关联度分析法等方法选取多项指标建立评价体系对土壤抗蚀性进行评价, 其中水稳性指数和抗蚀指数可作为评价土壤抗蚀性的重要指标<sup>[5, 12]</sup>。过往的研究中主要是对不同模式或者不同植被之间的土壤抗蚀性的研究<sup>[13-14]</sup>, 对在同一林木的基础采取不同水土保持措施的土壤抗蚀性的研究较少。而柑橘是江西省的分布最广、面积最大的果树, 且柑橘产业是江西省农业的支柱性产业。因此, 在柑橘园进行土壤抗蚀性的研究具有重要的意义。鉴于此, 本文主要进行以柑橘为基础下不同水土保持措施对红壤区土壤抗蚀性的研究, 以江西水土保持生态科技园 4 个不同处理的柑橘园试验区为研究对象, 以土壤抗蚀指数和水稳性指数为重要指标, 通过野外采样和室内试验分析结合的方法, 研究不同处理下柑橘园土壤抗蚀性, 以寻找契合南方红壤区柑橘园的水土保持措施, 为南方红壤区水土流失治理提供理论依据。

## 1 研究区概况

研究区位于江西水土保持生态科技园, 地处江西省北部鄱阳湖水系德安县城郊燕沟小流域, 东经  $115^{\circ}42'38''$ — $115^{\circ}43'06''$ , 北纬  $29^{\circ}16'37''$ — $29^{\circ}17'40''$ 。

该区域属于亚热带季风气候区, 雨量充沛, 日照充足, 无霜期长, 年平均降雨量 1 397.3 mm, 日照时数 1 700~2 100 h, 无霜期 249 d; 地貌类型主要为浅丘岗地, 海拔高度为 25~30 m, 坡度  $5^{\circ}$ ~ $25^{\circ}$ , 土壤主要为发育于第四纪红黏土和泥质岩类风化物的红壤, 土层厚度 50~150 cm, 呈酸性至微酸性。

江西水土保持生态科技园始建于 2000 年。建园初期这里生态环境相当脆弱, 水土流失十分严重, 水土流失面积达 72.0 hm<sup>2</sup>, 占土地总面积的 85.7%, 其中轻度流失 35.2 hm<sup>2</sup>, 占流失面积的 48.9%; 中度流失 7.5 hm<sup>2</sup>, 占流失面积的 10.4%; 强烈流失 29.3 hm<sup>2</sup>, 占流失面积的 40.7%; 年土壤侵蚀总量为 2 122.6 t, 土壤侵蚀模数为 2 948 t/(km<sup>2</sup>·a), 土壤侵蚀类型以水力侵蚀为主。地带性植被类型为常绿阔叶林, 植物种类繁多, 植被类型多样, 但由于长期不合理地采伐利用, 造成地表植被遭到破坏, 现存植被多为人工营造的针叶林、常绿阔叶林、竹林、针阔混交林、常绿落叶混交林、落叶阔叶林等。柑橘园防治措施主要采用水平梯田、带状植草等措施, 荒地主要采用水土保持林, 坡耕地主要采用横坡耕作、植物篱等水土保持措施, 水系治理主要采用山边沟、谷坊、山塘等工程措施。

## 2 研究方法

### 2.1 样品采集与预处理

选取现代生态果园试验区裸地(作为对照)、柑橘净耕、柑橘+全园植草和柑橘+水平梯田 4 个径流小区为采样区, 各径流小区的基本情况详见表 1。径流小区为水平投影长 20 m, 宽 5 m, 其水平投影面积为 100 m<sup>2</sup>, 坡度均为  $12^{\circ}$ , 柑橘试验小区内由上至下栽植 2 a 生柑橘树 6 行, 每行 2 株, 行距 3.0 m, 株距 2.5 m, 共计 12 株。2019 年 10 月对试验小区进行土壤样品采集, 每个小区设置 3 个采样点, 按 S 形布设, 分别分布在上、中、下坡, 每个采样点采集 0—20 cm, 20—40 cm 两层原状土样, 每个采样点采集 1.5 kg 土样, 径流小区及采样点布设示意图如图 1 所示。原状土样在采集后沿自然纹理掰成粒径 10 mm 左右的土粒, 实行自然风干, 以进行土壤抗分散能力分析的试验。

表 1 径流小区基本情况

处理措施	坡度	主要植物	植被覆盖度/%
柑橘+全园植草	12°	柑橘、阔叶雀稗	100
柑橘+水平梯田	12°	柑橘	40
柑橘净耕	12°	柑橘	40
裸地对照	12°	无植被覆盖	0

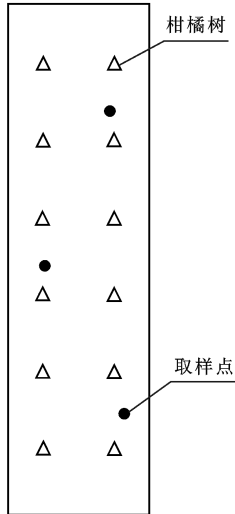


图 1 径流小区布设示意图

## 2.2 测定指标与方法

土壤抗分散指标包括抗蚀指数和水稳性指数。土壤抗蚀指数、水稳性指数的测定方法采用静水崩解法<sup>[15]</sup>。将所取原状土样按自然断裂面掰成直径约 10 mm 的土粒,自然风干后过筛,挑选直径 7~10 mm 的土粒 50 颗,放置于 5 mm 孔径的金属网格上并浸水并观测,以 1 min 为间隔,分别记录分散土粒的数量,连续观测 10 min,最后取 3 组数据的平均值。土壤抗蚀指数和水稳性指数的计算公式为:

### (1) 土壤抗蚀指数

$$S = \frac{p_j}{A} \times 100\% \quad (1)$$

### (2) 水稳性指数

$$K = \frac{\sum p_i K_i + p_j}{A} \quad (2)$$

式中: $p_i$  为第  $i$  分钟分散土粒数, $i$  取 1,2...10; $K_i$  为第  $i$  分钟的校正数,分别为 5%,15%,25%,35%,45%,55%,65%,75%,85%,95%; $p_j$  为 10 min 内没有分散的土粒数; $A$  为试验土粒总数。

## 2.3 数据处理与分析

采用 Excel 2010 对数据整理汇总、计算以及作图,通过 SPSS 24 对数据进行方差分析、回归分析、相关性分析以及拟合曲线和方程,用邓肯法多重比较和字母标记法来判断差异显著性及标注。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同处理下土壤抗蚀指数变化特征

抗蚀指数是指土壤团聚体在静水中的分散程度,反映的是土壤的抗崩解能力,可以很好地表征土壤抗水蚀能力。不同处理下的土壤抗蚀指数随浸水时间变化曲线如图 2 所示。由图 2 可知,随着浸水时间的增长,不同处理的土壤抗蚀指数均呈下降的趋势,且不同深度土层土壤抗蚀指数大小最终表现为:柑橘+全园植草>柑橘+水平梯田>柑橘净耕>裸地对照。

0—20 cm 土层在第 1 min 结束时,柑橘+全园植草的土壤抗蚀指数最大(为 86.67%),柑橘净耕和柑橘+水平梯田次之且相差不大(分别为 75.33%和 74.67%),裸地对照最小(为 43.33%),并在前 9 min 内保持这样的规律,直到第 10 min,柑橘+水平梯田的土壤抗蚀指数趋于稳定,而柑橘净耕则保持下降的趋势,使柑橘+水平梯田完成反超。在第 1 min 结束至第 10 min 结束,柑橘+全园植草、柑橘+水平梯田、柑橘净耕、裸地对照的土壤抗蚀指数分别下降 38.46%,50%,53.98%和 49.23%,最终土壤抗蚀指数大小为:柑橘+全园植草(53.33%)>柑橘+水平梯田(37.33%)>柑橘净耕(34.67%)>裸地对照(22%)。在整个崩解过程中柑橘+全园植草、柑橘净耕、裸地对照这 3 个处理土壤抗蚀指数下降的较为稳定,没有明显的突变点,且柑橘+全园植草的土壤始终保持较高的抗蚀指数,说明该小区的土壤在整个降雨过程中能够保持较好稳定性,不易被侵蚀。而柑橘+水平梯田则在第 7 min 结束后出现了较为明显的转折,在第 1 min 结束至第 7 min 结束的过程中柑橘+水平梯田的土壤抗蚀指数下降了 44.62%,在第 7 min 结束到第 10 min 结束则只下降了 9.68%。这说明柑橘+水平梯田小区的土壤在降雨初始阶段容易被侵蚀破坏,但随着降雨的持续进行,降雨对于土壤的侵蚀逐渐减弱,最后趋于稳定。出现这一现象的原因可能是因为梯田措施改变了小区的土壤结构和土壤养分状况,使其能够减弱长时间的降雨对于土壤颗粒的冲刷侵蚀。20—40 cm 土层在第 1 min 结束时,土壤抗蚀性大小为:柑橘+全园植草(54%)>柑橘+水平梯田(48%)>柑橘净耕(38%)>裸地对照(34.67%),随后柑橘+全园植草和柑橘+水平梯田交替领先,直到第 10 min 结束,两者相同,最终土壤抗蚀指数大小为柑橘+全园植草(26%)=柑橘+水平梯田(26%)>柑橘净耕(18%)>裸地对照(10.67%)。在第 1 min 结束至第 10 min 结束,柑橘+全园植草、柑橘+水平梯田、柑橘净耕、裸地对照的

土壤抗蚀指数分别下降 51.85%, 45.83%, 52.63% 和 69.23%, 整个土壤颗粒崩解过程中, 虽然在第 1 min 内柑橘+水平梯田的崩解数量要略多于柑橘+全园植草, 但最后却和柑橘+全园植草持平。

由表 2 可知, 0—20 cm 土层, 柑橘+全园植草的土壤抗蚀指数与其他 3 种的差异显著, 其土壤抗蚀指数是柑橘+水平梯田、柑橘净耕、裸地对照的 1.43, 1.54, 2.42 倍, 而柑橘+水平梯田与柑橘净耕之间差异不显著, 裸地对照则显著低于其他处理。因此, 0—20 cm 土层, 柑橘+全园植草的土壤抗分散能力最好, 柑橘+水平梯田、柑橘净耕次之并且两者相差不大, 裸地对照最差。20—40 cm 土层, 柑橘+全园植草和柑橘+水平梯田的土壤抗蚀指数相同, 显著高于柑橘净耕、裸地对照, 分别是柑橘净耕、裸地对照的 1.44, 2.44 倍。由此可知, 20—40 cm 土层, 采用了水土保持措施的柑橘+全园植草和柑橘+水平梯田的土壤抗分散能力最好, 柑橘净耕次之, 裸地对照最差。相同处理下 0—20 cm 土层的土壤抗蚀指数均大于 20—40 cm, 且相同处理下不同土层的土壤抗蚀指数

差异显著, 0—20 cm 土层柑橘+全园植草、柑橘+水平梯田、柑橘净耕、裸地对照的土壤抗蚀指数分别为 20—40 cm 土层的 2.05, 1.44, 1.93, 2.06 倍, 这说明在同种处理的情况下表层土壤的土壤抗蚀性要显著优于深层土壤。使用 SPSS 24 对不同水土保持措施下土壤抗蚀指数 ( $S$ ) 和浸水时间 ( $t$ ) 进行回归分析, 选取拟合程度较高的方程 (除柑橘+全园植草 0—20 cm 土层的为三次方程外其余均为二次方程), 具体方程详见表 3。从表 3 可知, 方程的决定系数  $R^2$  均达到 0.98, 系数的显著性均达显著水平或极显著水平。

表 2 不同处理下土壤抗蚀指数特征

土层深度/cm	抗蚀指数/%			
	柑橘+全园植草	柑橘+水平梯田	柑橘净耕	裸地对照
0—20	53.33 <sup>aA</sup>	37.33 <sup>bA</sup>	34.67 <sup>bA</sup>	22.00 <sup>cA</sup>
20—40	26.00 <sup>aB</sup>	26.00 <sup>aB</sup>	18.00 <sup>bB</sup>	10.67 <sup>cB</sup>

注: 不同小写字母表示相同土层深度, 不同处理下土壤抗蚀指数存在显著差异 ( $p < 0.05$ ); 不同大写字母表示相同处理, 不同土层深度下土壤抗蚀指数存在显著差异 ( $p < 0.05$ )。下同。

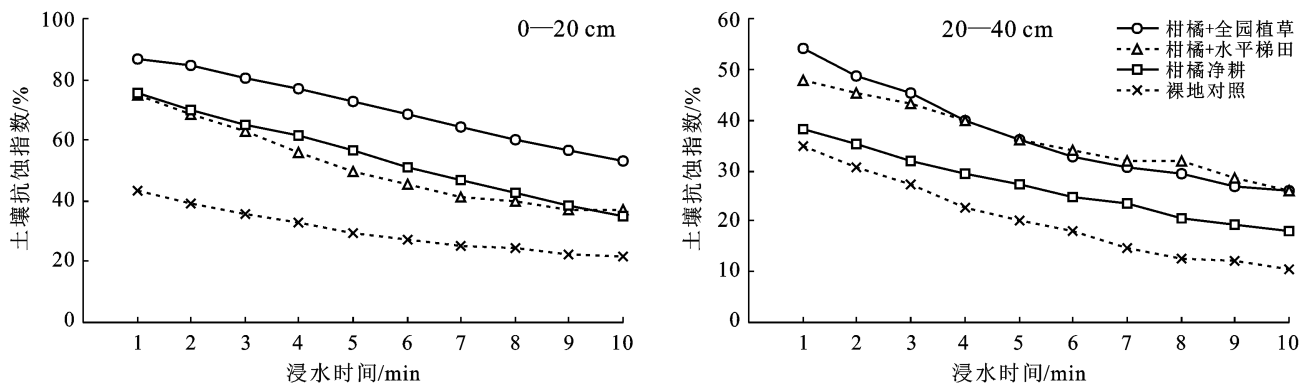


图 2 不同处理下土壤抗蚀指数随浸水时间变化曲线

表 3 土壤抗蚀指数 ( $S$ ) 与浸水时间 ( $t$ ) 拟合方程

处理形式	土层深度/cm	抗蚀指数/%	拟合方程	$R^2$	显著性水平
柑橘+全园植草	0—20	53.33	$S = 88.911 - 1.569t - 0.462t^2 + 0.026t^3$	0.99	$p < 0.05$
	20—40	26	$S = 59.956 - 6.024t + 0.263t^2$	0.99	$p < 0.01$
柑橘+水平梯田	0—20	37.33	$S = 84.244 - 8.847t + 0.409t^2$	0.99	$p < 0.01$
	20—40	26	$S = 51.500 - 3.269t + 0.078t^2$	0.98	$p < 0.05$
柑橘净耕	0—20	34.67	$S = 80.311 - 5.089t + 0.051t^2$	0.99	$p < 0.05$
	20—40	18	$S = 41.333 - 3.349t + 0.101t^2$	0.99	$p < 0.01$
裸地对照	0—20	22	$S = 47.800 - 4.637t + 0.207t^2$	0.99	$p < 0.01$
	20—40	10.67	$S = 39.644 - 4.925t + 0.202t^2$	0.99	$p < 0.01$

### 3.2 不同处理下土壤水稳性指数变化特征

水稳性指数是测定团聚体在静水中的分散速率来表征抗分散能力, 水稳性指数越高, 抗分散能力越

强。由表 4 可知, 0—20 cm 土层, 不同处理下的土壤水稳性指数大小为: 柑橘+全园植草 (72.80%) > 柑橘净耕 (57.53%) > 柑橘+水平梯田 (54.47%) > 裸地

对照(32.97%),柑橘+全园植草的水稳性指数最大,且柑橘+全园植草显著高于其他处理,分别为柑橘净耕、柑橘+水平梯田、裸地对照的 1.34,1.27,2.21 倍,柑橘净耕与柑橘+水平梯田两者间无显著差异,但两者均显著高于裸地对照,说明相较于裸地,种植柑橘后能显著提升土壤的水稳性,且柑橘+全园植草的处理对于土壤抗蚀性的提升要显著优于柑橘净耕和柑橘+水平梯田。20—40 cm 土层,不同处理下的土壤水稳性指数大小则为:柑橘+全园植草(40.63%)>柑橘+水平梯田(40.23%)>柑橘净耕(30.90%)>裸地对照(24.80%),柑橘+全园植草的水稳性指数依旧最大,分别为柑橘净耕、柑橘+水平梯田、裸地对照的 1.01,1.31,1.64 倍,柑橘+全园植草与柑橘+水平梯田的水稳性指数无显著差异,而柑橘+水平梯田的水稳性指数显著高于柑橘净耕,这与前文中 20—40 cm 土层土壤抗蚀指数的情况一样。0—20 cm 土层柑橘+水平梯田和柑橘净耕的抗蚀指数和水稳性指数都相差不大,无显著差异,但 20—40 cm 土层柑橘+水平梯田显著大于柑橘净耕。柑橘+水平梯田和柑橘净耕的土壤以及植被情况都相同,因此,可能是两种处理的土地利用方式不同造成二者具有显著差异。相同的处理下,0—20 cm 土层的土壤水稳性指数显著高于 20—40 cm 土层,柑橘+全园植草、柑橘+水平梯田、柑橘净耕和裸地对照在 0—20 cm 土层的土壤水稳性指数分别是 20—40 cm 土层的 1.79,1.35,1.86,1.33 倍,说明相同处理下土壤抗蚀性随着土层深度增加而减小。

表 4 不同处理下土壤水稳性指数特征

土层深度/ cm	水稳性指数/%			
	柑橘+全园植草	柑橘+水平梯田	柑橘净耕	裸地对照
0—20	72.80 <sup>aA</sup>	54.47 <sup>bA</sup>	57.53 <sup>bA</sup>	32.97 <sup>cA</sup>
20—40	40.63 <sup>aB</sup>	40.23 <sup>aB</sup>	30.90 <sup>bB</sup>	24.80 <sup>cB</sup>

### 3.3 植被覆盖度对土壤抗蚀性的影响

植被的根系可以保持水土,减少表层沙化,植物的根系提供分泌物与有机质,作为土壤团粒的胶结剂,能提高土壤的抗侵蚀能力。用 SPSS 24 对植被覆盖度和抗蚀指数、水稳性指数进行相关性分析,结果详见表 5。由表 5 可知,0—20 cm 土层植被覆盖度与土壤抗蚀指数呈极显著正相关,与水稳性指数呈显著正相关;而 20—40 cm 土层植被覆盖度与土壤抗蚀指数则没有显著的相关性。柑橘+全园植草为林草复合的形式,其植被覆盖度为 100%,植被根系较多,土壤的有机质较多,理化性质较好,土壤水稳性最好,抗分散能力最好;柑橘+水平梯田和柑橘净耕的植被覆

盖度为 40%,只种植了柑橘,无其他植被覆盖,抗分散能力次之;裸地对照无植被覆盖,无水土保持措施,水土流失严重,抗分散能力最差。结合土壤抗蚀指数、水稳性指数和植被覆盖度可知,植被覆盖度与表层土壤的土壤抗蚀性呈正相关,提高植被覆盖度可以有效地增强表层土壤的土壤抗蚀性。

表 5 植被覆盖度与土壤抗蚀性相关性分析

土层深度/cm	与植被覆盖度的相关关系	
	抗蚀指数	水稳性指数
0—20	0.994 <sup>**</sup>	0.966 <sup>*</sup>
20—40	0.801	0.803

注:\*,\*\* 分别表示显著相关和极显著相关。

## 4 讨论与结论

### 4.1 讨论

前人<sup>[16]</sup>的研究发现实行人工造林对于提高土壤的结构稳定性有一定作用,且植被可以使土壤中的根系更丰富,有利于形成更好的土壤结构<sup>[17-18]</sup>;本研究发现种植柑橘的三组处理的土壤抗蚀性与裸地对照相比有显著的提升,种植柑橘后可以提高枯落物的累积量和根系的丰富程度,有利于改善土壤的营养成分和土壤结构,使土壤具有较好的抗侵蚀能力。种植柑橘后可以有效地提高植被覆盖度,本研究发现植被覆盖度与表层土壤的土壤抗蚀性呈显著正相关关系,植被覆盖度的提高有助于土壤团聚体的稳定<sup>[19]</sup>,能显著提升土壤中的有机质含量、全氮含量、全磷含量、枯落物的累积以及根系的丰富程度,改良土壤结构,使土壤抗蚀性增强。徐晶等<sup>[20]</sup>、刘晓华等<sup>[21]</sup>分别对济南南部山区、江淮丘陵区进行研究,得出植被覆盖度越高土壤抗蚀性越强的结论。本研究结果与之类似。但在进行植被覆盖度与土壤抗蚀性相关性分析时发现植被覆盖度与深层土壤的土壤抗蚀性无显著的相关性,可能是因为随着土层深度的增加,植物根系在减少导致植被对于土壤抗蚀性的影响在逐渐减弱。

对比柑橘+水平梯田与柑橘净耕的土壤抗蚀指数和水稳性指数,可以发现,0—20 cm 土层两者的土壤抗蚀性无显著差异,说明采用水平梯田的水土保持措施对于提高表层土壤的土壤抗蚀性无明显的作用。不同的水土保持措施对于土壤抗蚀性的影响具有显著差异,相较于裸地对照,柑橘+全园植草对于土壤抗蚀性的提升最多,显著优于柑橘+水平梯田,可能是由于柑橘+全园植草的水土保持措施在种植柑橘的基础上还种植了阔叶雀稗,使得其植被覆盖度得到提高,且枯落物的累积以及根系的丰富程度等远高于柑橘+水平梯田,从而导致柑橘+全园植草的土壤抗

蚀性与柑橘+水平梯田存在显著差异。各处理下,0—20 cm 土层的土壤抗蚀性均强于 20—40 cm 土层,这与杨振奇等<sup>[22]</sup>的研究结果相符,这说明随着土层深度的增加,土壤抗蚀性在减弱。因此,为了避免深层土壤被侵蚀,不仅要提高深层土壤的土壤抗蚀性,还应防止表层土壤被破坏,以保护深层土壤。

#### 4.2 结论

(1) 水土保持措施能显著提升土壤抗蚀性。综合土壤抗蚀指数和土壤水稳性指数,不同处理下的土壤抗蚀性大小为:柑橘+全园植草>柑橘+水平梯田>柑橘净耕>裸地对照。其中柑橘+全园植草的土壤抗蚀性最强,相对于裸地对照提升最多。

(2) 0—20 cm 土层的土壤抗蚀性显著优于 20—40 cm。相同处理下 20—40 cm 土层的土壤抗蚀性均弱于 0—20 cm 土层,采用水土保持措施既能保护表层土壤也能够提高深层土壤的土壤抗蚀性。

(3) 植被覆盖度越高土壤抗蚀性越强。植被覆盖度与表层土壤的土壤抗蚀性呈显著正相关,合理地提高植被覆盖度能够提高土壤中植物根系含量,改善土壤结构,显著提高土壤抗侵蚀能力。

#### [参 考 文 献]

- [1] 鄂竟平.中国水土流失与生态安全综合科学考察总结报告[J].中国水土保持,2008(12):3-7.
- [2] 中华人民共和国水利部.第一次全国水利普查水土保持情况公报[J].中国水土保持,2013(10):2-3,11.
- [3] 秦晓蕾,王农,万小星,等.江西省水土保持动态监测研究[J].水土保持应用技术,2020(2):54-57.
- [4] 何淑勤,宫渊波,郑子成,等.不同植被类型条件下土壤抗蚀性变化特征及其影响因素[J].水土保持学报,2013,27(5):17-22.
- [5] 姜兴雪,查瑞波,毛兰花,等.花岗岩红壤侵蚀退化地不同治理模式土壤抗蚀性评价[J].水土保持学报,2021,35(6):31-37.
- [6] Graf F, Frei M. Soil aggregate stability related to soil density, root length, and mycorrhiza using site-specific *Alnus incana* and *Melanogaster variegatus* s. l. [J]. Ecological Engineering, 2013,57(8):314-323.
- [7] 张振国,黄建成,焦菊英,等.安塞黄土丘陵沟壑区退耕地植物群落土壤抗蚀性分析[J].水土保持研究,2008,15(1):28-31.
- [8] Cotler H, Ortega-Larrocea M P. Effects of land use on soil erosion in a tropical dry forest ecosystem, Chamela watershed, Mexico [J]. Catena, 2005,65(2):107-117.
- [9] 王佩将,戴全厚,丁贵杰,等.退化喀斯特植被恢复过程中的土壤抗蚀性变化[J].土壤学报,2014,51(4):806-815.
- [10] 吕宸,宫渊波,车明轩,等.川西高寒山地灌丛草甸土壤抗蚀性研究[J].水土保持学报,2020,34(2):9-17.
- [11] 梁音,张斌,潘贤章,等.南方红壤区水土流失动态演变趋势分析[J].土壤,2009,41(4):534-539.
- [12] 张宁宁,周阳,严加坤,等.基于熵权法的樟子松人工林土壤抗蚀性评价[J].榆林学院学报,2019,29(6):48-52.
- [13] 闫思宇,王景燕,龚伟,等.川南山地林分变化对土壤物理性质和抗蚀性的影响[J].长江流域资源与环境,2016,25(7):1112-1120.
- [14] 薛莲,李占斌,李鹏,等.不同植被恢复模式对黄土丘陵区土壤抗蚀性的影响[J].农业工程学报,2009,25(S1):69-72.
- [15] 中华人民共和国水利部.SL419-2007 水土保持试验规程[S].北京:中华人民共和国水利部,2008.
- [16] 张华渝,王克勤,宋娅丽.滇中尖山河流域不同土地利用类型土壤抗蚀性[J].水土保持学报,2019,33(5):50-57.
- [17] 马瑞,郑子成,王双,等.山地黄壤区玉米不同生育期土壤抗蚀性特征[J].农业工程学报,2020,36(19):107-114.
- [18] 李彦,谷会岩,陈月明.植被细根对典型黑土土壤抗蚀性的影响[J].东北林业大学学报,2020,48(7):81-85.
- [19] 钱婧,张丽萍,王文艳.红壤坡面土壤团聚体特性与侵蚀泥沙的相关性[J].生态学报,2018,38(5):1590-1599.
- [20] 徐晶,王毅,孙晶辉,等.坡度因子对济南市坡面土壤侵蚀特征的影响[J].济南大学学报(自然科学版),2017,31(5):433-437.
- [21] 刘晓华,刘潘伟,胡续礼,等.江淮丘陵区土壤侵蚀分布与环境因子的关系[J].水土保持通报,2018,38(1):281-286.
- [22] 杨振奇,郭建英,秦富仓,等.裸露砂岩区不同植被类型土壤团聚体稳定性与抗蚀性能[J].水土保持通报,2021,41(3):8-14.