

刘明庆, 席运官, 汪 贞. 野外模拟降雨条件下东江源脐橙果园产流试验[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(7): 420-422, 474.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.07.140

# 野外模拟降雨条件下东江源脐橙果园产流试验

刘明庆, 席运官, 汪 贞

(环境保护部南京环境科学研究所, 江苏南京 210042)

**摘要:** 降雨径流所引起的水土流失问题, 是东江源头区水污染的重要因素之一。通过野外模拟降雨试验, 研究了脐橙果园径流产流规律以及覆草对果园产流产污的影响。研究结果表明, 在相同降雨强度下, 土壤初始含水率越高, 产流越快, 径流产沙高峰期出现在 0~50 min 内, 径流总氮流失主要发生 0~90 min 内, 之后趋于平稳; 与裸地相比, 果园覆草明显延缓产流时间, 径流中泥沙流失量减少 5.6%~69.1%, 总氮流失减少 4.2%~40.8%。研究结果可为东江源头区脐橙果园水土流失与面源污染防治提供科学依据。

**关键词:** 东江源头区; 脐橙果园; 模拟降雨; 养分流失

**中图分类号:** S157 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)07-0420-03

东江源头区是以山地、丘陵为主的地区, 有“八山半水分田, 半分道路与庄园”之称, 范围涵盖赣州市定南、寻乌和安远 3 县, 年均无霜期 280~298 d, 多年平均降水量 1 526~1 700 mm。调查结果表明, 东江源 3 县以脐橙为主的果园种植面积达到 5.76 万  $\text{hm}^2$ , 多数果园建立在丘陵山坡上, 栽培初期 3 年内土壤裸露, 水土流失严重。本研究通过果园人工模拟降雨试验, 研究东江源头区果园不同地表覆盖类型下降雨产流规律与土壤养分流失情况, 为坡地果园水土保持、减少土壤养分流失提供技术依据。

## 1 材料与与方法

### 1.1 模拟降雨装置

野外模拟降雨试验采用 QYJY-502 型便携式全自动人工模拟降雨器(西安清远测控技术有限公司生产), 有效雨滴降落高度为 4 m, 降雨均匀度大于 80%, 降雨面积 15  $\text{m}^2$ 。

### 1.2 试验方法

模拟降雨野外试验研究小区位于江西省定南县龙塘镇杏林农庄。该农庄是较典型的“猪-沼-果-鱼”生态农业模式, 实行山顶戴帽(水土涵养林), 山腰开梯田种脐橙, 山脚穿靴(防护植被带), 山凹建生猪养殖场, 山底建鱼塘, 总面积为 33.35  $\text{hm}^2$ 。

选取农庄内 2 个天然等高种植带, 设置裸露和人工覆草 2 个试验小区, 每个降雨试验小区为 15  $\text{m}^2$ , 周边用薄铁皮板围成, 小区下端安装 V 型铁皮导流槽和用以集水的径流桶。试验小区土壤粒径组成和土壤基础养分状况见表 1、表 2, 现场调查分析结果该区域为红壤土。

表 1 土壤颗粒组成

耕层深度 (cm)	土壤颗粒(g/kg)		
	沙粒 (2.00~0.05 mm)	粉粒 (0.05~0.002 mm)	黏粒 (<0.002 mm)
0~30	392.7	298.0	309.3
30~60	321.8	240.0	438.2

表 2 土壤基础养分状况

耕层深度 (cm)	有机质 (%)	全氮 (%)	全磷 (%)	全钾 (%)	碱解氮 (mg/kg)	有效磷 (mg/kg)	CEC (cmol/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	B (mg/kg)	pH 值
0~30	1.92	0.117	0.0307	0.147	74.2	10.04	12.60	148.8	147.8	0.209	5.20
30~60	1.94	0.190	0.0296	0.126	78.6	2.99	17.35	95.0	165.6	0.198	5.90

2012 年 3 月至 2012 年 10 月, 按照当地降雨情况分 4 次, 分别为 2012-03-29、2012-05-16、2012-06-29、2012-10-21, 标记为 a、b、c、d 进行模拟降雨试验, 每次设计雨强均为 50 mm/h, 降雨历时 2.5 h。为了保证试验的准确性, 降雨

在无风条件下进行, 每次试验前对雨强进行率定, 并对降雨均匀性进行检验。在降雨试验开始后, 记录产流时间, 并定时接取径流水样。径流监测指标包括 pH 值, 化学需氧量(COD)、总氮(TN)、总磷(TP)、泥沙(SS)等。样品分析方法: TN、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  含量测定采用水质流动分析仪(Skalar)测定; TP 测定采用过钼锑抗分光光度法; COD 测定采用重铬酸钾法; pH 值测定采用雷磁 PHS-3C 精密 pH 计; SS 用 0.45  $\mu\text{m}$  滤膜过滤, 再烘干称重。

## 2 结果与分析

### 2.1 产流时间

降雨产流时间主要受到土壤初始含水率、植被类型、降雨

收稿日期: 2014-05-06

基金项目: 水体污染控制与治理科技重大专项(编号: 2009ZX07211-001)。

作者简介: 刘明庆(1984-), 男, 江苏兴化人, 硕士, 助理研究员, 研究方向为农村生态与水污染防治。E-mail: lmq@nies.org。

通信作者: 席运官, 博士, 研究员, 主要研究方向为有机农业、农村环保。Tel: (025) 85287082; E-mail: xygofrc@126.com。

强度、坡度等因素的影响<sup>[1-2]</sup>,关于产流时间与上述影响因素之间的函数关系,不同研究者所得结论不尽相同<sup>[3-5]</sup>。模拟降雨小区试验中初始产流时间见表3。果园覆草后降雨产流时间主要取决于土壤初始含水率,二者呈线性关系, $t = 97.139 - 3.7607\theta$  ( $r^2 = 0.9163$ ),式中: $\theta$ 为土壤初始含水率。与裸地状态相比,果园覆草后初始产流时间延缓1.0~10.5 min,说明果园覆草可以有效延缓降雨产流,与相关报道<sup>[5]</sup>一致,因此从水土保持、改善生态环境、缓解养分流失的角度考虑,果园应提倡适当留草,避免地表裸露<sup>[6]</sup>。

表3 模拟降雨的产流时间

批次	土壤初始含水率 (%)	初始产流时间(min)	
		裸地	覆草
a	17.15	20.0	30.5
b	24.33	2.0	3.0
c	22.98	8.2	10.4
d	21.23	18.0	22.4

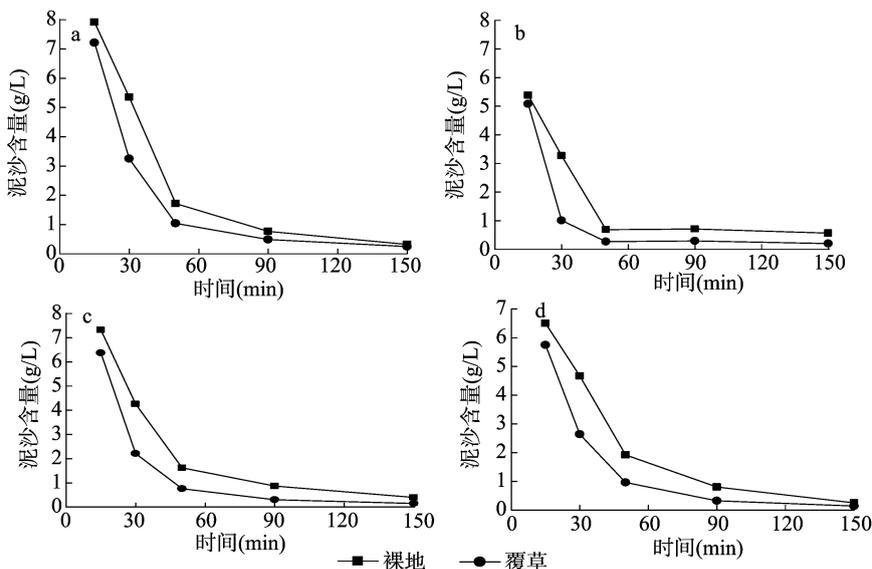


图1 模拟降雨径流中泥沙含量变化

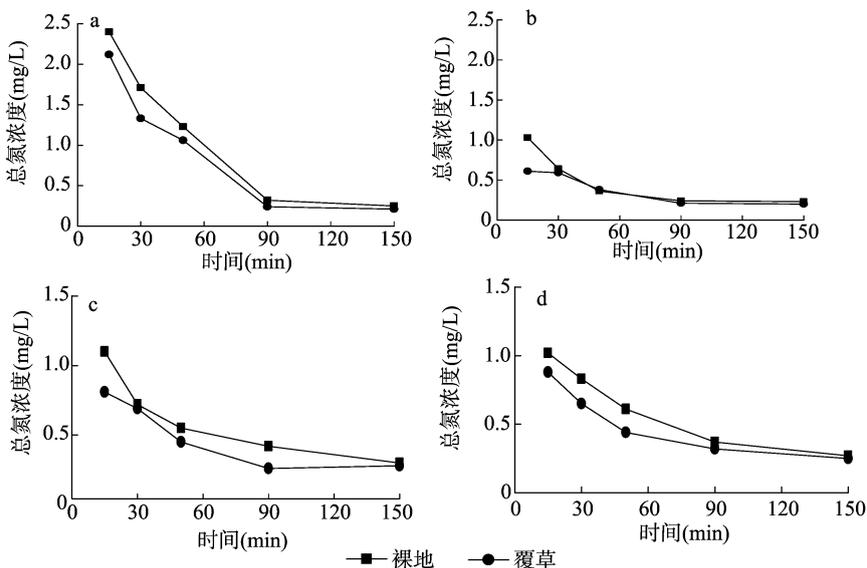


图2 模拟降雨径流中总氮变化

## 2.2 模拟降雨地表径流泥沙流失情况

果园地表在裸地和覆草2种土地利用方式下降雨地表径流泥沙流失情况见图1。从图1可以看出,2种土地利用方式下降雨地表径流的泥沙量均表现出逐步减少并趋于稳定的趋势,原因是雨水击溅产生大量分散的土壤颗粒,被土壤薄层水层运走,形成产流后的泥沙流失<sup>[7]</sup>。从图1可以看出,降雨50 min内,径流泥沙含量较高,随着降雨的持续,降雨侵蚀趋于稳定,因而泥沙量也逐渐减少并趋于稳定。因此,山地果园集中汇集拦截初期雨水可有效控制降雨产流污染。与裸地相比,覆草可减少5.6%~69.1%的泥沙流失,有效缓解降雨对土壤的侵蚀作用,有利于防治水土流失。

## 2.3 模拟降雨地表径流污染物浓度分析

2.3.1 总氮 裸地和覆草2种土地利用方式下地表径流中的TN表现出逐步减少并趋于稳定的趋势,与降雨15 min后相比,50 min时径流水中总氮浓度减少37.7%~65.0%,90 min时总氮浓度降低61.8%~88.7%(图2)。覆草果园

地表径流中的 TN 浓度要比裸地情况下低 4.2% ~ 40.8% ,表明果园覆草可以有效减少降雨导致总氮的流失。从 4 次试验结果看,雨季地表径流中 TN 浓度显著降低。在旱季降雨时表层土壤中的总氮浓度较高,初期雨水径流为劣 V 类水,但随着雨季持续降雨,导致土壤中的总氮随径流、泥沙的流失或被雨水淋溶,使养分浓度逐渐降低,一直保持在地表 IV 类水标准。

2.3.2 总磷 大部分土壤对磷有较强的固定作用,使得磷在土壤剖面上的垂直迁移很微弱,从图 3 可以看出,径流水中总磷的浓度在 0.007 ~ 0.141 mg/L,远低于地表 IV 类水标准,说

明总磷的损失主要随泥沙流失为主。磷与土壤的吸附作用较强<sup>[2]</sup>,致使径流泥沙中携带磷。

2.3.3 COD 土壤表层的养分迁移主要包括随地表径流的水相迁移和随径流沉积物相迁移等,径流中养分流失受到土壤初始养分含量、土壤容重、土壤初始含水量、土地利用方式等显著影响。4 次果园模拟降雨试验下裸地和覆草 2 种土地利用方式下地表径流 COD 流失情况见图 4。2 种情况下降雨地表径流的 COD 出现逐步减少并趋于稳定的趋势,覆草果园地表径流中的 COD 普遍比裸地情况下的高,但降雨时间超过 1 h 后,COD 浓度都在地表 IV 类水标准以内。

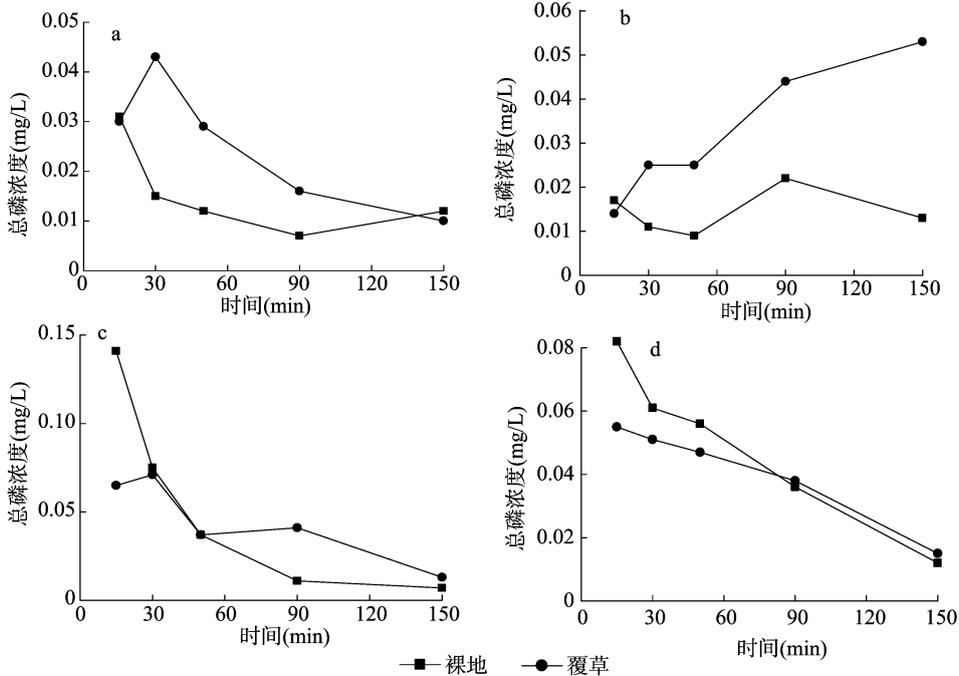


图3 模拟降雨径流中总磷浓度变化

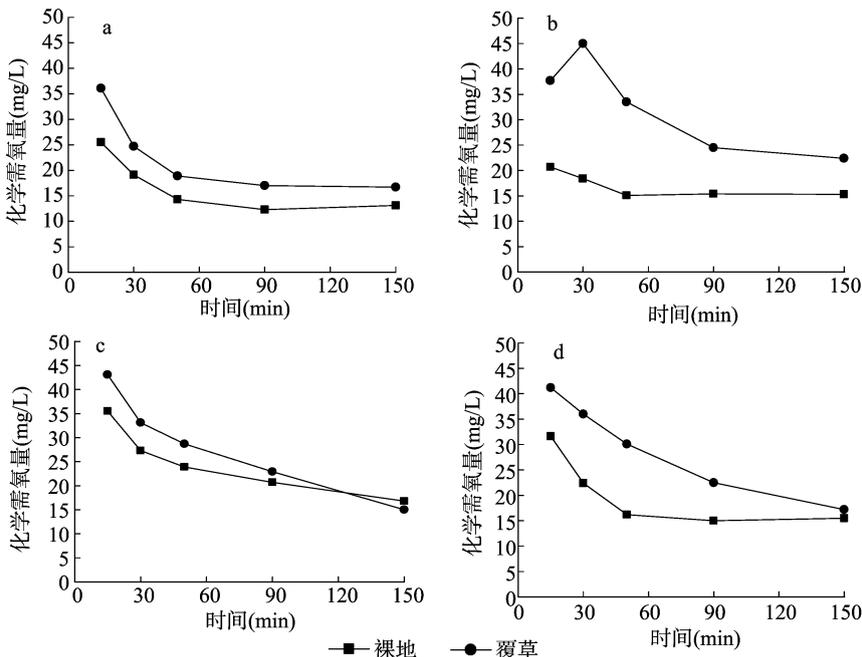


图4 模拟降雨径流中化学需氧量变化

汇,2006,89(1):18-25.

- [15] 罗忠勇. 农民工教育投资的个人收益率研究——基于珠三角农民工的实证调查[J]. 教育与经济,2010(1):27-33.
- [16] 邢春冰. 农民工与城镇职工的收入差距[J]. 管理世界,2008(5):55-64.
- [17] 谢长青,李晓燕. 提高务工农民人力资本的对策分析[J]. 农机化研究,2005(2):248-249,252.
- [18] 熊卫平. 劳动力流动对流动者人力资本形成的效应[J]. 湖南商学院学报,2010,17(2):30-35.
- [19] 杨新铭,周云波,黎涓. 农村人力资本形成模式:以天津为例——基于2003年天津农村农户调查数据的实证分析[J]. 南开经济研究,2008(6):111-121.
- [20] 李实. 中国农村人力资本的形成及其影响因素[J]. 农村经济与社会,1994(2):15-21.
- [21] 侯力. 劳动力流动对人力资本形成与配置的影响[J]. 人口学刊,2003(6):34-39.

- [22] 董理. 劳动力迁移的选择性与迁出地人力资本形成[J]. 经济问题,2007(9):15-18.
- [23] 秦秋红. 农村劳动力转移的成本及其影响分析——兼论农村人力资本的形成[J]. 宁夏大学学报:人文社会科学版,2006,28(6):101-105.
- [24] 张永丽,刘富强. 劳动力流动对流动者人力资本形成的效应探析[J]. 人口与经济,2010(1):27-33.
- [25] 谭永生. 人力资本与经济增长——基于中国数据的实证研究[M]. 北京:中国财政经济出版社,2007:54-57.
- [26] 刘朝臣,鲍步云. 农村人力资本投资研究[M]. 长春:吉林人民出版社,2007:102-105.
- [27] 韩俊. 中国农民工战略问题研究[M]. 上海:上海远东出版社,2009:87-92.
- [28] 王春明. 促进农村人力资本形成的路径研究[J]. 经济纵横,2009(10):39-41.

(上接第419页)

重金属的积累顺序为: Ni > Cd > Cu > Hg, Zn > Pb > Cr, As。

通过对污染累积指数的分析,所有土壤样品的 As、Cr、Cu、Zn 含量符合一级标准;有1个土壤样品的 Pb 含量超过一级标准但符合二级标准;有1个土壤样品的 Cd 含量超过二级标准,不合格;有2个土壤样品的 Ni 含量超过二级标准,不合格;有3个土壤样品的 Hg 含量超过二级标准,不合格。

通过对综合污染指数的分析,发现有89.66%的土壤样品(52个)的  $P_{综} \leq 0.7$ ,处于安全等级,污染水平为清洁;有5.17%的土壤样品(3个)的  $P_{综}$  大于0.7小于等于1.0,处于警戒等级,污染水平为尚清洁;有5.17%的土壤样品(3个)的  $P_{综}$  为大于1.0小于等于2.0,处于轻污染等级;没有土壤样品的土壤污染指数大于2。

土壤 Cd 含量较高的地区为朴席镇、长江以东;土壤 Hg 含量较高的地区为真州镇以东、朴席镇以南;土壤 As 含量较高的地区为青山镇;土壤 Cr 含量较高的地区主要为朴席镇、长江以东,其次还有青山镇、宜化集团、新集镇;土壤 Cu 含量较高的地区为朴席镇、长江以东、大仪镇;土壤 Pb 含量较高的地区为真州镇、朴席镇东南;土壤 Zn 含量较高的地区为朴席镇西南、真州镇东南交汇处;土壤 Ni 含量较高的地区为朴席

镇、长江以东、刘集镇。

本研究样品数量有限,如果采集更多样点,空间分析结果将更加可靠,原因分析也将会更加深入。

#### 参考文献:

- [1] 赵艳红. 土壤重金属污染的生物修复技术研究进展[J]. 吉林农业,2012(3):225-226.
- [2] 李静,常勇,潘淑颖. 土壤重金属污染评价方法的研究[J]. 农业灾害研究,2012,2(4):50-52.
- [3] 夏利亚,来俊卿. 土壤重金属污染及防治对策[J]. 能源环境保护,2011,25(4):54-55.
- [4] 左彦东. 牡丹江市土壤重金属污染状况调查及评价[J]. 环境科学与管理,2011,36(1):51-53.
- [5] 罗战祥,揭春生,毛旭东. 重金属污染土壤修复技术应用[J]. 江西化工,2010(2):100-103.
- [6] GB 15618—1995 土壤环境质量标准[S].
- [7] GB 18407.1—2001 无公害食品蔬菜产地环境条件[S].
- [8] NY/T 391—2000 绿色食品产地环境技术条件[S].
- [9] 刘绍贵,张月平,高晖. 扬州市江都区水田土壤环境质量评价[J]. 中国农学通报,2014,30(32):201-208.

(上接第422页)

### 3 结论

通过野外人工模拟降雨过程,对同一雨强,不同季节不同土地利用方式下,东江源头区脐橙果园产流时间、水土流失、养分流失的研究结果表明:(1)果园产流时间主要取决于土壤含水率,径流泥沙与养分流失主要发生在降雨初期,东江源头区果园水土与养分流失主要发生在汛期4—9月,尤其是5—6月。(2)果园地表覆草后能有效延缓产流,控制土壤养分流失,降雨径流中泥沙流失量减少5.6%~69.1%,总氮流失减少4.2%~40.8%。(3)在东江源头区应提倡果园地表覆草或适当留草,同时因地制宜利用沟、塘等汇集处理初期雨水,从而减少径流泥沙和土壤养分流失,保持水土,保护东江源水环境。

#### 参考文献:

- [1] 吴希媛,张丽萍,张妙仙,等. 不同雨强下坡地氮流失特征[J]. 生态学报,2007,27(11):4576-4582.
- [2] 王辉,王全九,邵明安. 表层土壤容重对黄土坡面养分随径流迁移的影响[J]. 水土保持学报,2007,21(3):10-13,18.
- [3] 黄明斌,李玉山,康绍忠. 坡地单元降雨产流分析及平均入渗速率计算[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报,1999,5(1):64-69.
- [4] 陈力,刘青泉,李家春. 坡面降雨入渗产流规律的数值模拟研究[J]. 泥沙研究,2001(4):61-67.
- [5] 陈洪松,邵明安,张兴昌,等. 野外模拟降雨条件下坡面降雨入渗、产流试验研究[J]. 水土保持学报,2005,19(2):5-8.
- [6] 贾连连,李占斌,李鹏,等. 黄土区野外模拟降雨条件下坡面径流-产沙试验研究[J]. 水土保持研究,2010,17(1):1-5.
- [7] 吴冰,邵明安,毛天旭,等. 模拟降雨下坡度对含砾石土壤径流和产沙过程的影响[J]. 水土保持研究,2010,17(5):54-58.