

# 种植制度对地表径流的影响

李成亮, 何圆球, 林天

(中国科学院 南京土壤研究所, 江苏 南京 210008)

**摘要:** 对1994—1996年和2001—2002年坡地不同种植制度与地表径流的相互关系进行了探讨。试验资料表明, 荒地地开垦为农田后地表径流量增加, 但不同的种植制度对地表径流量的影响也是不同的。1994—1996年种植制度的地表径流量为: 旱稻—小麦 > 玉米—荞麦—大麦 > 花生—荞麦 > 红薯—小麦, 而2001—2002年的顺序为: 花生单作 > 玉米—肥田萝卜 > 花生—油菜 > 果树—花生。单一种植制度的径流量大于轮作制度, 轮作制度又大于果农间作种植制度。地表覆盖度与径流量呈显著的负相关关系, 且不同作物的田间管理措施及其自身性质是影响地表径流量的重要因子。

**关键词:** 种植制度; 地表径流; 轮作

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2004)01-0029-03

中图分类号: S344; S157.1

## A Study of Effects of Plant Systems on Runoff

LI Cheng-liang, HE Yuan-qiu, LIN Tian

(The Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, Jiangsu Province, China)

**Abstract:** The connection between different plant systems and runoff from sloping fields was studied and discussed for the periods 1994—1996 and 2001—2002. These data indicated that farmland runoff increased markedly after barren sloping field was exploited. There were differences in effect on runoff of different plant systems. From 1994 to 1996, relative runoff under different plant systems was: paddy—wheat > maize—buckwheat—barley > peanut—buckwheat > red potato—wheat. During 2001—2002, the relationship was: peanut > maize—radish > peanut—cole > fruit tree—peanut (intercrop). Runoff under a solop plant was greater than that under a rotation system, and that under a rotation system was greater than that under a fruit growing intercrop system. Also, higher plant coverage resulted in the less runoff. Managing measures on farm and the characteristics of the plant systems used were key factors affecting runoff.

**Keywords:** plant system; runoff; intercrop

## 1 引言

在亚热带低丘红壤地区由于人口增长过快, 自然植被受人为破坏较为严重, 大量的低丘林地和荒地变成耕地。近年来虽然农业的持续发展取得了可喜的成绩, 但坡地利用还存在一系列的问题<sup>[3]</sup>, 如土壤贫瘠化、水土流失、肥力退化和土地沙化等, 其中水土流失尤为严重。降雨性质是该地区地表径流的决定因子<sup>[2]</sup>, 如降雨强度<sup>[1,4]</sup>、降雨量和前期降雨<sup>[8]</sup>都较为重要; 土壤空隙度、含水量等土壤物理性质和坡度等地形因子也是地表径流的主要影响因子<sup>[1]</sup>。虽然有些研究结果表明横厢种植和生态模式对地表径流也有一定影响<sup>[5-6]</sup>, 但在该地区种植制度对地表径流的影响研究较少。

## 2 材料与方法

### 2.1 研究区概况

本实验设在位于江西省余江县的中国科学院红壤生态试验站, 地理位置介于东经116°41′—117°01′, 北纬28°04′—28°37′。该地区地势平坦, 地貌以低丘为主, 海拔高度多在100 m以下, 相对高度一般只有几米到几十米。气候属于亚热带湿润季风, 年均温度为16.1℃~18.9℃, ≥10℃的积温为5527.6℃, 无霜期为240~300 d, 年均日照时数1809.5 h, 年均降雨量为1754.0 mm, 年均蒸发量为1348.4 mm。

### 2.2 试验设计

1994年在坡度为5°的缓坡地建立5个径流小区, 其中3个小区面积为5 m×20 m(标准小区), 而

收稿日期: 2003-03-12

修回日期: 2003-08-20

资助项目: 中国科学院创新课题(KZCX2-407, ISSASIP0201和KZCX2-413)

作者简介: 李成亮(1976—), 男(汉族), 山东潍坊人, 硕士, 研究实习员, 主要从事农业生态、土壤养分和水分方面的研究。电话(025) 86881201, E-mail: lichl@issas.ac.cn。

其余 2 个的面积为  $12\text{ m} \times 20\text{ m}$ 。2001 年对小区进行了改造,共建成 10 个标准小区。1994—1996 年试验小区种植制度如表 1,2001 年以后的如表 2。2001 年

以后的试验有 3 个处理,3 次重复,1 个对照,为随机区组设计。对照处理在试验小区改造前后没有发生改变。农作物在小区中进行等高种植。

表 1 不同年份各试验小区的种植制度

时间	优 1	优 2	优 3	优 4	优 5
1994	花生—荞麦—绿肥	花生—荞麦—绿肥	对照	旱稻—小麦	玉米—荞麦—大麦
1995	花生—荞麦	花生—荞麦	对照	旱稻—小麦	玉米—荞麦—大麦
1996	花生—荞麦	花生—荞麦	对照	红薯—小麦	玉米—荞麦—大麦

表 2 2001—2003 年实验小区的种植制度

处 理	轮作制度
A	油菜—花生轮作
B	花生单作
C	玉米—肥田萝卜
D	果树+花生
K	对照

### 2.3 计算方法

每个小区的下部都建有观测室,在径流水流进入室内之前先进入沉沙池进行沉淀,在池的出水口处安装了  $90^\circ$  的薄壁三角堰,并配置了  $\text{HCJ}_1$  水位计,分别用以监测水位高度和时间,并以此计算径流小区的地表径流量。在三角堰的下部建有积水池组,池组的容量根据 50 a 一遇的降雨量设计,用以检测公式计算径流量的准确性。地表径流量的计算公式为:

$$Q = \frac{1.4 * t * H^{2/5}}{S} \times 1000$$

式中:  $Q$  ——地表径流量(mm);  $t$  ——单位时间(s);  
 $H$  ——水位高度(m);  $S$  ——径流小区的面积( $\text{m}^2$ )。

## 3 结果与分析

不同种植制度下 1994—1996 年年径流量如图 1。图 1 显示,相同年份不同种植制度年径流量存在明显差异,对照处理与其它处理相比这 3 a 地表径流量是较小的;优 4 处理、1994—1995 年地表径流量相对较大,而 1996 年仅比对照的大;优 5 处理 1994,1996 年地表径流量是所有小区中最大的,但 1995 年却是最小的;优 1,2 的地表径流量低于优 4 处理 1994—1995 年和优 5 处理 1994,1996 年,始终大于对照处理。从图 1 还可以看出,不同种植制度径流量存在较大的年际变化,这是年降雨量的差异造成的。

1994—1997 年期间,不同种植制度下地表径流量较大的部分月份年径流量具体情况详见表 3。由表 3 可以看出,在 1994 年 5 个处理中,优 5 的部分月份地表径流量最大,其次是优 4,对照处理的部分月份

地表径流量最小,优 1,2 部分月份地表径流量介于对照和优 4 的二者之间;在 1995 年 5 个处理中,优 4 部分月份地表径流量最大,其次是优 1,2,而优 5 的最小,对照处理部分月份地表径流量介于优 1,2 和优 5 之间;1996 年,优 5 部分月份地表径流量是 5 个处理中最大的,其次是优 1,2,再次是优 4 的,最小的是对照处理的。

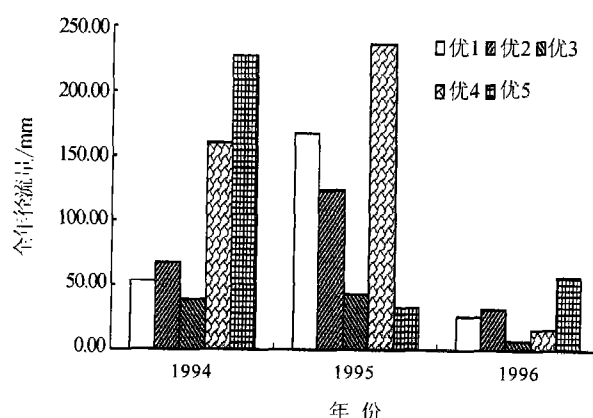


图 1 1994—1996 年不同种植制度的年径流总量

表 3 不同种植制度下部分月份的地表径流量 mm

年份	月份	优 1	优 2	优 3	优 4	优 5
1994	4	2.0	2.5	4.6	2.0	1.8
	5	6.8	6.2	5.4	5.2	8.0
	6	32.5	48.9	21.7	128.3	203.5
	7	1.4	1.7	2.8	8.1	9.7
1995	4	9.1	32.0	16.7	20.3	6.0
	5	32.4	12.1	4.3	19.0	2.7
	6	90.1	51.3	17.0	152.0	18.7
	7	26.9	20.6	2.9	40.0	2.9
1996	4	3.0	3.3	0.9	2.1	1.6
	5	6.6	7.3	0.9	3.0	1.6
	6	5.8	8.6	2.5	2.9	11.8
	7	0.8	0.4	0.7	1.6	1.8
	8	5.1	6.5	1.3	1.6	35.3

2001 年 4 月—2002 年 12 月不同种植制度部分月份的地表径流量及其年径流量见表 4。从表 4 中年径流量的结果可以看出,2001 年 B 处理的地表径流量是所有处理中最大的,其次是 C 处理,再次是 A 处理,最小的是 D 处理和对照处理;而在 2002 年地表径流量顺序为:B>C>A>D>CK,但 B、C 处理之间的地表径流量较大且相近,其它处理的较小。

表 4 2001 年不同种植制度的地表径流量 mm

年份	月份	A	B	C	D	CK
2001	4	7.8	6.7	6.1	2.4	0.6
	6	2.1	20.7	2.7	0.2	0.7
	8	0.0	2.1	6.4	0.1	1.4
2002	1	0.5	15.2	0.3	2.0	0.5
	3	1.2	4.7	0.3	0.9	0.2
	4	1.6	2.9	0.7	0.5	0.3
	5	0.9	0.7	1.6	0.3	0.4
	6	0.7	8.4	13.5	0.1	0.6
	7	3.7	42.3	37.1	0.2	0.1
	8	0.4	0.2	14.6	0.0	0.1
	9	0.0	0.2	2.5	0.0	0.0
2001 年径流量		11.1	31.2	15.9	3.0	3.2
2002 年径流量		9.5	75.9	71.9	4.3	2.5

表 4 中部分月份地表径流量变化表明,2001 年的对照处理和 D 处理的地表径流量规律相似,除 D 处理 4 月份的地表径流量略大外,月径流量较小且月份间变化不大;而其它 3 个处理地表径流规律相同,全年中 4、6、8 月地表径流量较大,其余月份径流量较小且基本相同,只是 B 处理 6 月份和 C 处理 8 月份的地表径流量较高;对照和 D 两个处理多数月份径流量小于其它 3 个处理。2002 年,对照 A 和 D 处理的地表径流规律与 2001 年相同;而 B 和 C 处理径流规律却有差异,除 B 处理 1 月份径流量较大外,地表径流主要产生在 6—8 月份,其它月份径流量较少。

## 4 讨 论

在 1994—1997 年和 2001—2002 年试验期中,与其它处理相比,对照小区的年地表径流最小,主要原因是该小区杂草覆盖度几乎达到 100%,大量茎叶的截留和遮蔽作用,减弱了雨滴对表层土壤的打击、压实作用,保持了土壤固有的较高的孔隙度和入渗速度,且地表高覆盖度的杂草及其往年枯草阻延了地表径流形成,延长了雨水入渗的时间,增加了入渗量,从而相对减少了地表径流量。但也有例外,如 1994 年 4 月,对照的地表径流量最大,这不是对照小区本身的原因,而是因为其它处理都进行了耕翻,使得表层土壤疏松,孔隙度提高,土壤入渗速率增加,并且地表的

粗糙度也增加,地表径流难以形成,而对照小区的表层土壤状况始终未变,所以出现上述结果。这说明农艺措施对坡耕地地表径流量也有重要的影响。

优 4 处理 1994、1995 年的地表径流量相对较大,而 1996 年较小。这是由于种植制度的变化引起的。1994、1995 年优 4 是早稻—小麦轮作,在降雨量充沛的条件下,该处理表层土壤比其它处理的先达到稳定入渗,且所需要的水量较少,历时最短,易形成地表径流,因此全年径流总量比其它处理的高 100 mm 左右,但 1996 年优 4 的种植制度发生了改变,由原来的早稻—小麦改为红薯—小麦,虽然红薯和早稻的生长季节相同,都是在雨季,但因为作物生长条件和管理措施存在差异,旱稻田的土壤比红薯田的湿润,含水量高,达到稳定入渗所需的水量少。另外红薯是等高起垄种植的,而水稻是平耕种植,所以相同降水条件下,旱稻产生的径流量比红薯大。

优 5 处理 1994、1996 年的地表径流量是所有小区中最大的,但 1995 年却是最小的。在 2001、2002 年 C 处理的地表径流量仅次于 B 处理的。这是因为优 5 和 C 处理的种植制度分别是玉米—荞麦—大麦和玉米—肥田萝卜。在雨季种植的作物是玉米,一方面是由于玉米的植株高大,截留部分雨水,把较小的雨滴汇集成大滴,增强了对表土的击打强度,使土壤变得紧实,入渗速率降低。另一方面是玉米的种植密度相对较小,地表覆盖度较低,所以地表径流量较大。1996 年 8 月,优 5 地表径流量为 35.3 mm,其它处理几乎没有径流,这是由于玉米收获后,地表没有植株覆盖且没有翻耕,而其它处理在收获花生时进行了翻耕,所以降雨后呈现此结果是可能的。

B 处理 2001、2002 年的种植制度是花生单作,作物只是在 4—8 月的生长期内地表才能形成一定的覆盖度,与其它处理相比覆盖时间较少,在其它月份虽然降雨量相对较少,但由于地表没有覆盖,也能够形成一定的径流量。如 2002 年 1 月份的地表径流量为 15.2 mm,其它处理则低于 2.0 mm。这种结果说明,单一种植制度的地表径流量大于轮作制度的径流量。

优 1、2 处理 1994、1995 年的地表径流量低于优 4 处理,1994、1996 年则低于优 5 处理,而始终大于对照处理。A 处理 2001—2002 年的地表径流量低于 B 和 C 处理的,但大于 D 和 CK 处理。优 1、2 处理和 A 处理的种植制度分别是花生—荞麦和花生—油菜,这 2 种植制度除苗期外使地表全年被作物覆盖,所以地表径流量少。从该结果可以看出,覆盖度越大地表径流量越小,这与一些学者的研究结果相同<sup>[7]</sup>。

(下转第 42 页)

#### 1.4 固化土渗透试验

固化土渗透试验依据《土工试验规程》SL237—1999 进行。试验结果见表 5。

表 5 渗透系数试验结果

序号	固化土名称	渗透系数/( $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ )
1	A	$6.59 \times 10^{-6}$
2	B	$5.32 \times 10^{-6}$
3	C	$1.81 \times 10^{-7}$
4	D	$1.17 \times 10^{-7}$
5	E	$7.25 \times 10^{-7}$
6	水泥土	$8.59 \times 10^{-6}$

从渗透系数的试验结果看,C,D,E 固化土渗透系数满足《渠道防渗工程技术规范》SL18—91 的要求,可用做渠道防渗体。

## 2 结 论

(1) A,B,C,E 固化土和水泥土抗压强度均满足常年输水中、小型渠道的要求。D 固化土抗压强度偏低,不宜直接使用在渠道防渗工程中,可在其表面加保护层,提高其防渗能力。看来,抗压强度不是制约固化剂用于渠道防渗工程的因素。

(上接第 31 页)

在 2001—2002 年,D 处理地表径流量仅比对照处理的大。D 处理是果树—花生套作。果树的树冠虽然较小,但对降雨有一定的截留作用,减弱了降雨强度,降低了地表径流量。同时,果树之间的空地种植了花生,形成了一定的覆盖度,也降低了地表径流量,因此产生的径流量是所有处理中较小的。

## 5 结 论

本文研究分析了 1994—1996 年和 2001—2002 年种植制度与地表径流量的相互关系,得到以下结论。与其它处理相比,杂草生长茂盛的对照处理年径流量是最少的。种植系统中,单一种植制度地表径流量大于轮作制度的地表径流量,而轮作制度中,不同的作物管理措施和作物自身性质对地表径流量也有明显的影响,轮作制度的地表径流量又大于果农间作。作物种植前和收获后的土地翻耕都会暂时的降低小区地表径流量。且农作物的覆盖度与地表径流量呈显著的负相关关系。

(2) 虽然所选用的固化土抗渗性能比较好,但是其抗冻等级确太低,最大者仅为  $F_{18}$ ,不应该应用于有抗冻性能要求的一些防渗渠道。所以,抗冻性能成为土壤固化剂用于渠道防渗工程的一种制约因素。怎样提高土壤固化剂的抗冻等级,已经成为国内在这一方面研究的方向和重点之一。笔者正在从事这一方面的试验研究,试图通过改变固化剂的组分或在固化土表面喷涂涂料来提高土壤固化剂的抗冻等级,从而使土壤固化剂成为可以广泛使用的渠道防渗材料。

#### [参 考 文 献]

- [1] 李安国,等. 渠道防渗工程技术[M]. 北京:中国水利水电出版社,1998. 61—70.
- [2] 中华人民共和国水利水电行业标准. 渠道防渗工程技术规范(SL18—91)[S]. 北京:水利电力出版社,1991. 12—18.
- [3] 中华人民共和国水利水电行业标准. 土工试验规程(SL237—1999)[S]. 北京:水利电力出版社,1999. 232—235.
- [4] 中华人民共和国行业标准. 公路工程无机结合料稳定材料试验规程(JTJ057—94)[S]. 北京:中国标准出版社,1994. 5—7.

#### [参 考 文 献]

- [1] 骆伯胜,张秉刚,钟继洪,等. 南亚热带丘陵土壤水分循环及其有效性的研究——Ⅲ降雨入渗与地表径流[J]. 热带亚热带土壤科学,1978,7(2):116—120.
- [2] 安和平. 北盘江流域降雨、径流、产沙相互关系研究[J]. 水土保持学报,1993,8(3):45—50.
- [3] 顾欣庆,于增颜,赵海玉,等. 不同治理措施对坡面径流和泥沙量的影响[J]. 河北林业科技,1994,3:21—22.
- [4] 沈冰,王文焰,沈晋. 短历时降雨强度对黄土地径流形成影响的试验研究[J]. 水利学报,1995(3):21—27.
- [5] 蔡国强,马邵嘉,吴淑安,等. 横厢耕作措施对红壤耕地水土流失的试验研究[J]. 水土保持通报,1994,14(1):49—56.
- [6] 水建国,柴锡周,张如良. 红壤坡地不同生态模式水土流失规律的研究[J]. 水土保持学报,2001,15(2):33—36.
- [7] 蔡国强,吴淑安,马邵嘉,等. 花岗岩发育红壤坡地侵蚀产沙规律试验研究[J]. 泥沙研究,1996(1):89—96.
- [8] 于增颜,赵海玉,艾子万,等. 降雨因子对小流域径流的影响[J]. 河北林业科技,1996(2):19—23.