

甘蔗冠层对降雨再分配的影响

余长洪, 李就好, 陈凯, 姜俊红, 陈楚涓

(华南农业大学 水利与土木工程学院, 广东 广州 510640)

摘要: [目的] 研究作物植被对于土壤侵蚀的防治作用, 为砖红壤区土壤侵蚀预报模型的建立提供作物参数。[方法] 通过室内人工模拟降雨试验, 测定了甘蔗不同生育期不同降雨强度条件下的穿透雨量、茎秆流量和冠层截留量, 分析叶面积指数对于降雨再分配的影响。[结果] 穿透雨量、茎秆流量和冠层截留量分别从甘蔗幼苗期的 94.7%, 5.1%, 0.3% 变化为成熟期的 49.4%, 47.3% 和 3.4%。[结论] 叶面积指数与穿透雨量呈显著负线性相关, 与茎秆流量和冠层截留量呈显著正线性相关。

关键词: 甘蔗; 穿透雨; 茎秆流; 冠层截留; 水土保持

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2015)03-0085-03

中图分类号: S157.1

DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2015.03.021

Effects of Sugarcane Canopy on Rainfall Redistribution

YU Changhong, LI Jiuhao, CHEN Kai, JIANG Junhong, CHEN Chujuan

(College of Water Conservancy and Civil Engineering,

South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510640, China)

Abstract: [Objective] To study the effects of crop vegetation on the prevention and control of soil erosion in order to provide crop parameters to establish erosion prediction model for the laterite area. [Methods] Through the artificial rainfall simulation experiment, throughfall, stemflow and canopy interception were measured in different growth stages of sugarcane and different rainfall intensity conditions, and leaf area index for the effects of rainfall redistribution were analyzed. [Results] The throughfall, stemflow and canopy interception changed from 94.7%, 5.1% and 0.3% in the sugarcane seedling stage to 49.4%, 47.3% and 3.4% in the mature stage, respectively. [Conclusion] The sugarcane leaf area index had a significant negative linear correlation with throughfall, and a significantly positive linear correlation with the stemflow and canopy interception.

Keywords: sugarcane; throughfall; stemflow; canopy interception; soil and water conservation

作物植被对于土壤侵蚀的防治作用主要体现在作物植被对降雨的再分配、改善土壤结构, 从而增大入渗、减小径流、减少土壤侵蚀。在作物对降雨的再分配中, 穿透雨、茎秆流和冠层截留每个部分对于土壤侵蚀的影响都是不同的, 这 3 个部分的比例研究已经成为目前研究的热点^[1-7]。

甘蔗是中国广东省砖红壤区的第二大种植作物, 规模达到 $1.53 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ^[8], 主要种植在旱坡地上。本文结合当地的实际, 研究甘蔗对降雨的再分配作用, 以期为砖红壤区土壤侵蚀预报模型的建立提供作物参数, 为该地区的水土保持工作提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以广东省砖红壤为研究土壤, 以该地区主要作物甘蔗为研究作物, 甘蔗使用新台糖 22 号 (ROC22)。2012 年 7 月在华南农业大学水利与土木工程学院水土保持室外试验室土槽内种植甘蔗, 进行穿透雨及茎秆流的测定试验。

1.2 试验方法

1.2.1 土槽准备及作物种植 试验模拟降雨试验区域为 $1.0 \text{ m} \times 1.0 \text{ m}$ 内, 模拟降雨的高度为 5.0 m。试验用土槽的坡度为 10° , 土槽内底部铺一层纱网,

收稿日期: 2014-03-14

修回日期: 2014-04-15

资助项目: 广东省科技计划项目“强降雨条件下雷州半岛坡耕地土壤侵蚀研究与应用示范”(2011B020309006)

第一作者: 余长洪(1980—), 男(汉族), 江苏省东台市人, 博士, 讲师, 主要从事水土保持技术相关研究。E-mail: yuchanghong@scau.edu.cn。

通信作者: 李就好(1963—), 男(汉族), 江西省万年县人, 博士, 教授, 主要从事水土保持技术相关研究。E-mail: jhli@scau.edu.cn。

上方填 45 cm 厚砖红壤,填充用砖红壤需经过风干、破碎、过 5 mm 孔筛网、加拌化肥处理。填充土槽后用小降雨强度进行降雨湿润,直到产流为止。静置 48 h,种植甘蔗。甘蔗种植行距为 0.80 m,株距为 0.25 m。

1.2.2 叶面积指数的测定 测定叶面积指数是采用美国 CID 公司制造的 CI-110 作物冠层数字图像分析仪。作物冠层数字图像分析仪 CI-110 利用鱼镜头和 CCD 图像传感器来获取植物冠层图像并通过专业分析软件 Plant Canopy Analysis System 分析,获得作物叶面积指数。

1.2.3 穿透雨的测定 用内径 6.8 cm,外径 7.0 cm,高度 8.0 cm 的塑料杯作为雨量收集容器,在甘蔗 2 个行间进行布置,布置 5 排,排间间距为 0.1 m,每排 14 个。在测定穿透雨前,进行模拟降雨器的降雨强度率定。试验降雨强度设计为 75,100,125,150 mm/h,模拟降雨时间为 20 min。考虑降雨时间间隔对冠层截留能力的影响及甘蔗的生长状况,不同降雨强度之间的试验时间间隔为 3 h。

1.2.4 茎杆流的测定 采用包裹引流法^[9],在作物自地面以上 0.1~0.2 m 处用软管(管径大于甘蔗茎杆直径,纵向切割)包裹茎干(上端与茎杆留有间隙,下端与茎杆相连),以喉箍紧固,再配合生料带等进行堵漏。

通过细管引流至外层软管(直径 3~4 cm,可以纵向切割软管,但保持其末端完整,以接入集水容器),外层软管用密封胶固定于茎杆,下端与集水容器(人工称重的水桶)相连。茎杆流的测定与穿透雨的测定同时进行,试验重复次数均为 2 次。

1.2.5 冠层截留的计算 冠层截留根据水量平衡间接计算^[10-12],其计算公式如下:

$$R_{is} = 100 - R_{th} - R_s \quad (1)$$

式中: R_{is} ——冠层截留占总降雨量比例; R_{th} ——穿透雨占总降雨量比例; R_s ——茎杆流占总降雨量比例。

2 结果与分析

2.1 甘蔗的冠下穿透雨

不同生育期不同降雨强度情况下的平均甘蔗穿透雨如表 1 所示。从表 1 中可以看出,随着甘蔗的生长,穿透雨量呈不断减小的趋势,说明甘蔗的叶片对于降雨强度大小的分配作用随着的作物生长越来越大。

从试验过程中观察发现,植被旁的雨量收集杯水量大多数都明显小于其他排的水量,同时,雨滴经过植被下落时,一部分向叶片茎杆处汇聚形成茎杆流,

而另一部分则向叶尖汇集形成持续不断的大雨滴落到地面,形成了穿透雨。这些都是造成降雨经过植株后空间分配不均匀的原因。

表 1 甘蔗对降雨再分配

生育期	叶面积指数	穿透雨占总降雨量比例/%	茎杆流占总降雨量比例/%	冠层截留占总降雨量比/%
幼苗期	0.72	94.7	5.1	0.3
分蘖期	1.69	83.9	15.1	1.0
伸长期	3.25	63.2	34.4	2.4
成熟期	4.06	49.4	47.3	3.4

进行穿透雨占总降雨量比例与叶面积指数的回归分析,结果表明穿透雨占总降雨量比例与叶面积指数呈线性关系,具体拟合结果如下:

$$R_{th} = -0.1348 \text{ LAI} + 1.0552 \quad (2)$$

($R^2 = 0.983, n = 16$)

式中: R_{th} ——穿透雨占总降雨量比例(%); LAI——叶面积指数。下同。

对式(2)进行 F 检验可以得到 $F = 792.08$,大于 $F_{0.01}(1, 14) = 8.86$,这表明用叶面积指数拟合穿透雨占总降雨量的比例是极显著的,因此,可以用叶面积指数来预测穿透雨占总降雨量的比例。

2.2 甘蔗的茎杆流

甘蔗不同生育期的平均茎杆流如表 1 所示,从表 1 可以看出,甘蔗的茎杆流随着甘蔗的生长而不断增加,这是因为随着甘蔗的生长,其叶片逐渐变大,汇聚雨水至茎杆,从而形成茎杆流的能力逐渐增强。

进行茎杆流占总降雨量比例与叶面积指数的回归分析,结果表明茎杆流占总降雨量比例与叶面积指数呈线性关系,具体拟合结果如下:

$$R_s = 0.1256 \text{ LAI} - 0.0506 \quad (3)$$

($R^2 = 0.979, n = 16$)

式中: R_s ——茎杆流占总降雨量比例(%).

对式(3)进行 F 检验可得 $F = 644.43$,大于 $F_{0.01}(1, 14) = 8.86$,这表明用叶面积指数拟合茎杆流占总降雨量的比例是极显著的,因此,可以用叶面积指数来预测茎杆流占总降雨量的比例。

2.3 甘蔗的冠层截留

根据公式 1 计算甘蔗不同生育期的冠层截留,计算结果如表 1 所示。

从表 1 可以看出,甘蔗的冠层截留随着甘蔗的生长而不断增加,这是因为随着甘蔗的生长,其叶片逐渐变大,冠层截留能力逐渐增强。甘蔗最大冠层截留占总降雨量的比例为成熟期的 3.4%,总体来说,甘蔗冠层截留在大降雨强度的情况下,所占总降雨量的比

例很小,与林冠截留率相差很大。

国内外研究表明,林冠截留率一般在10%~30%^[13-15]。这是因为森林林冠相对甘蔗冠层更大更密,其截留能力远远大于甘蔗冠层的截留能力。

3 结论与讨论

(1) 根据试验观测,随着甘蔗的生长,模拟土槽地表径流和泥沙产生总体情况均表现为减少,这主要是因为甘蔗冠层对降雨的再分配作用。甘蔗在降雨到达地面以前改变了其空间分布,将降雨量分为冠层截留量、茎秆流量和冠下穿透雨量。

(2) 冠层截留部分降雨永远到达不了地面,对土壤不产生侵蚀作用,冠层截留占总降雨量的比例从幼苗期的0.3%上升到成熟期的3.4%,表现为随叶面积指数的增大而增大。

(3) 茎秆流使降雨雨滴不能直接打击地表表面,形成不了溅蚀,降低了土壤侵蚀发生的可能性。但同时,当土壤含水率较高时,茎秆流容易在甘蔗与地表连接部位发生汇流作用,对土壤侵蚀有一定的促进作用。甘蔗茎秆流从幼苗期的5%上升到成熟期的47%,表现为随叶面积指数的增大而增大,两者呈线性关系。

(4) 穿透雨与茎秆流两者呈此消彼长的趋势。穿透雨是直接造成甘蔗地土壤侵蚀的动力。穿透雨分为3种情况,一种是降雨穿过冠层的空隙到达地面,这部分降雨不受冠层的影响,对地表的侵蚀作用较强;一种是降雨雨滴打击冠层后溅到地面,这部分降雨的动能受冠层的影响而削弱,从而减小了降雨对土壤团聚体的破坏,这部分对地表的侵蚀作用较弱;还有一种是降雨雨滴在冠层汇集至叶尖,形成大雨滴降落到地面,这部分降雨对地表的侵蚀作用较强。甘蔗冠下穿透雨从幼苗期的95%下降到成熟期的49%,表现为随甘蔗叶面积指数的增大而减小,两者呈线性关系。

[参 考 文 献]

- [1] Lamm F R, Manges H L. Partitioning of the sprinkler irrigation water by a corn canopy[J]. Transactions of the ASAE, 2000, 43(4): 909-918.

- [2] Paltineanu I C, Starr J L. Preferential water flow through corn canopy and soil water dynamics across rows[J]. Soil Science Society of America Journal, 2000, 64(1): 44-54.
- [3] Van Dijk A, Bruijnzeel L A. Modelling rainfall interception by vegetation of variable density using an adapted analytical model (Part 2): Model validation for a tropical upland mixed cropping system[J]. Journal of Hydrology, 2001, 247(3): 239-262.
- [4] 刘海军, 康跃虎, 王庆改. 作物冠层对喷灌水分分布影响的研究进展[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(2): 137-142.
- [5] 张陆军, 李红艳, 吴发启, 等. 玉米茎流与叶面积、降雨强度之间关系研究[J]. 人民黄河, 2012, 34(3): 71-73.
- [6] 杨洁, 郭晓敏, 宋月君, 等. 江西红壤坡地柑橘园生态水文特征及水土保持效益[J]. 应用生态学报, 2012, 23(2): 468-474.
- [7] 马璠. 作物植被对坡耕地土壤侵蚀的影响研究[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2009.
- [8] 张羽, 牛生杰. 雷州半岛雷暴发生频次变化特征及其与作物布局调整的相关分析[J]. 热带气象学报, 2008, 24(6): 649-657.
- [9] 阮士松. 层冠截留自动观测装置在“5·12”灾后重建中的应用[J]. 四川林业科技, 2012, 33(2): 110-114.
- [10] 战伟庆. 油松人工林生态系统冠层截留特征及其穿透雨空间异质性研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2006.
- [11] 王文, 诸葛绪霞, 周炫. 植物截留观测方法综述[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2010, 38(5): 495-504.
- [12] 李衍青, 张铜会, 赵学勇, 等. 科尔沁沙地小叶锦鸡儿灌丛降雨截留特征研究[J]. 草业学报, 2010, 19(5): 267-272.
- [13] Stednick J D. Monitoring the effects of timber harvest on annual water yield[J]. Journal of Hydrology, 1996, 176(1): 79-95.
- [14] Levia Jr D F, Frost E E. A review and evaluation of stemflow literature in the hydrologic and biogeochemical cycles of forested and agricultural ecosystems[J]. Journal of Hydrology, 2003, 274(1): 1-29.
- [15] 闵庆文, 袁嘉祖. 森林对降水的可能影响: 几种方法所得结果的比较[J]. 自然资源学报, 2001, 16(5): 467-473.