

不同利用方式红壤坡地土壤水分分配及水肥流失研究*

彭 娜,王开峰,谢小立,胡 实
(中国科学院 亚热带农业生态研究所,长沙 410125)

摘 要:研究南方红壤坡地 3 种典型利用方式(休闲荒地、常规农作和茶园)的土壤水分分布特征及水肥流失情况。结果表明: 不同土地利用方式下的土壤水分含量变化与降雨量变化密切相关,土壤水分含量高低顺序为休闲荒地>茶园>常规农作。 常规农作产流不稳定,产流量明显高于休闲荒地和茶园,休闲荒地和茶园的产流无差异。 随径流损失的养分以氮素损失为主,养分损失量高低顺序为:常规农作>茶园>休闲荒地。从涵养水源、水土保持及经济效益综合考虑,南方红壤坡地利用以茶园利用为宜。
关键词:土地利用;红壤坡地;土壤水分;径流;养分损失
中图分类号:S152.7;F301.24 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-3409(2008)01-0053-03

Effects of Different Utilization Model on Soil Water Redistributions,
Runoff and Nutrition Loss on Red Sloping Lands

PENG Na ,WANG Kai-feng ,XIE Xiao-li ,HU Shi
(Institute of Subtropical Agriculture ,the Chinese Academy of Sciences ,Changsha 410125 ,China)

Abstract :Effects of different utilization model on soil water redistributions ,runoff and nutrition loss on red sloping lands of south China were studied. The results showed that : Changes of soil water content were related to rainfall significantly in red sloping land of different utilization model ;Soil water content ranged as fallow land > farming land > tea garden. Runoff of farming land fluctuated greatly and the amount of runoff were significant higher than fallow land and tea garden ,and there were no difference on runoff between fallow land and tea garden. The amount of loss nutrition of farming land was the highest ,and the main nutrition loss was nitrogen. From soil water keeping ,low amount nutrition loss and to get economic benefit ,the better utilization model of red sloping land of south China would be tea garden.
Key words :land utilization ;red sloping soil ;soil water ;runoff ;nutrition loss

据统计,20 世纪 50 年代以来长江流域坡耕地增加了 40 % ~ 60 % ,目前已达 800 万 hm² ,中上游各省区坡耕地面积占其耕地总面积的 60 % 以上。由于不合理坡地耕作方式比较普遍,长江流域水土流失面积已由 50 年代的 29.95 万 km² ,扩大到目前的 56.2 万 km² ,占流域总面积的 31.2 % ,年土壤侵蚀总量达 22.4 亿 t。水土流失在带走大量径流和泥沙的同时,大量的氮磷养分也随之流失,造成严重的非点源污染。

南方红壤坡地的主要利用方式为旱作、茶园、柑橘园等,为了解不同土地利用方式下的水土流失,中国科学院桃源农业生态试验站(简称桃源站)自 1995 年秋开始,模拟南方 7 种土地利用方式,建设标准径流小区^[1]。研究选取其中的休闲荒地、常规农作和茶园 3 种典型利用方式,研究不同土地利用方式下的土壤水分分配特征、径流产生情况、养分流失及其相互关系,旨在为寻找适合红壤丘陵区坡地的土地利用方式提供科学依据。

1 研究区概况

试验在中国科学院桃源农业生态试验站定位观测试验场进行。试验场位于湖南省桃源县漳江镇宝洞峪村(111°

30 E,28°55 N),年均气温 16.5℃,年降雨量 1 440 mm,土壤类型为第四纪红土发育的红壤。1995 年秋在场内建设标准径流观测场(简称径流场),径流场坡度为 8 ~ 11°,投影面积 1 hm²。在径流场模拟 7 个南方土地利用模式,建成 7 个小区,每个小区投影面积 1 000 m²,即 20 m ×50 m^[1]。

2 材料与方法

2.1 研究对象

于 2002 年选取径流场 3 种典型利用方式径流小区休闲荒地、常规农作,茶园为研究对象。休闲荒地(对照):除每年 5 月和 11 月将地表植物砍光并移出试验区外,不对小区进行任何管理。常规农作:梯土不撩壕,豌豆和甘薯轮作,施用肥料。茶园:梯土撩壕,条植茶树,施用肥料。

2.2 研究方法

降雨量:取用试验场气象园(AMRS-I 气象辐射自动观测系统)的观测数据。

土壤水分含量:中子仪测定,测定的土壤深度为 10、20、30、40、50、70、90 cm 7 个层次。

地表径流量:径流场实测,记载降雨起止时间,对每一降雨过程(间歇超过 12 h)产生的径流量。

* 收稿日期:2006-10-04
基金项目:中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX3-SW-441)
作者简介:彭娜(1978-),女,实习研究员,硕士,主要从事生态系统环境监测与管理研究。

径流养分含量:径流中养分分析方法参考《水环境要素观测与分析》^[2]。

3 结果与分析

3.1 2002 年降雨特征

2002 年全年降雨 2 196.9 mm,而试验站区(桃源县域)1961 - 2000 年的年均降雨量为 1 475.1 mm,因此 2002 年为典型的丰水年。从降雨的季节分布来看,降雨主要集中在 4 - 8 月,这 5 个月的降雨总量占全年降雨量的 63.5 %。全年降雨最多的为 5 月,达 397.6 mm,最低的为 1 月,只有 37.3 mm(图 1)。

3.2 土壤水分时空分布及其动态特征

3.2.1 土壤水分季节与垂直分布

将 0 - 90 cm 根系分布集中的土层含水量平均,得到土壤水分季节分布。

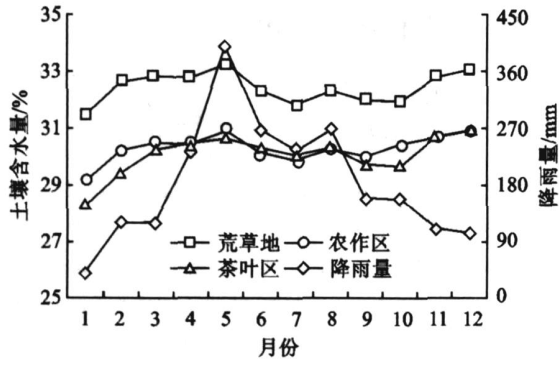


图 1 不同土地利用方式土壤水分季节分布

如图 1 所示,从季节分布来看,在 10 月以前,不同土地利用方式土壤水分含量变化与降雨量变化表现出高度一致性。全年最高含水量均出现在 5 月,休闲荒地、常规农作和茶园的最高含水量分别为 33.21 %、30.91 %和 30.69 %,最低含水量出现在 1 月,分别为 31.64 %、29.12 %和 28.27 %。不过从 10 月开始,土壤水分含量却并不与降雨量变化表现出一致性。从图 1 可以看出,尽管降雨量持续下降,如 12 月

降雨量比 10 月低 34.61 %,但休闲荒地和茶园的土壤水分含量却从 11 月开始回升,水分含量分别提高了 3.28 %和 4.23 %,这主要是由于 11 月休闲荒地的全部植物被砍光移走,因此作物耗水减少,而茶园尽管植被覆盖度没有变化,但由于茶树进入冬眠期,因此耗水量也变少。常规农作的水分含量从 10 月开始即有回升,也可能与作物耗水减少有关,因为 2002 年下半年种植的是甘薯,而甘薯在 9 月就已经收获。对 0 - 90 cm 土层土壤的月平均含水量进行比较,常规农作和茶园分别比休闲荒地低 2.15 %、2.37 %,经统计分析,差异达到显著水平 ($P < 0.05$)。

将 1 - 12 月的土层含水量平均,得到土壤水分垂直分布。从不同土地利用方式土壤含水率的垂直变化来看(表 1),总的特点是土壤含水率随土壤深度的增加而增加,但变化平缓。休闲荒地、常规农作、茶园 0 - 90 cm 层间的变异系数分别为 8.73 %、8.91 %和 10.76 %。休闲荒地每一层次的水分含量都比常规农作和茶园高;常规农作在 0 - 40 cm 范围内水分含量高于茶园,但从 70 cm 以下则表现相反。

表 1 不同土地利用方式土壤水分垂直分布 %

深度/cm	休闲荒地	常规农作	茶园
10	27.98	25.58	25.74
20	29.79	28.13	27.36
30	31.17	29.83	28.08
40	33.68	30.86	29.84
50	34.24	32.21	31.79
70	35.10	32.83	33.87
90	35.23	32.74	33.89

3.2.2 降雨、干旱条件下土壤水分动态变化

土壤水分分配受降雨和蒸发变化的影响。因此以 2002 年 7 月 13 日至 7 月 26 日的观测资料来分析不同土地利用方式下,土壤水分含量在降雨和干旱条件下的动态变化。降雨期间选取的是 7 月 18 日(雨前)至 7 月 26 日(雨后)的资料,在此期间共降雨 170.9 mm,最大雨强达 86.5 mm/d。

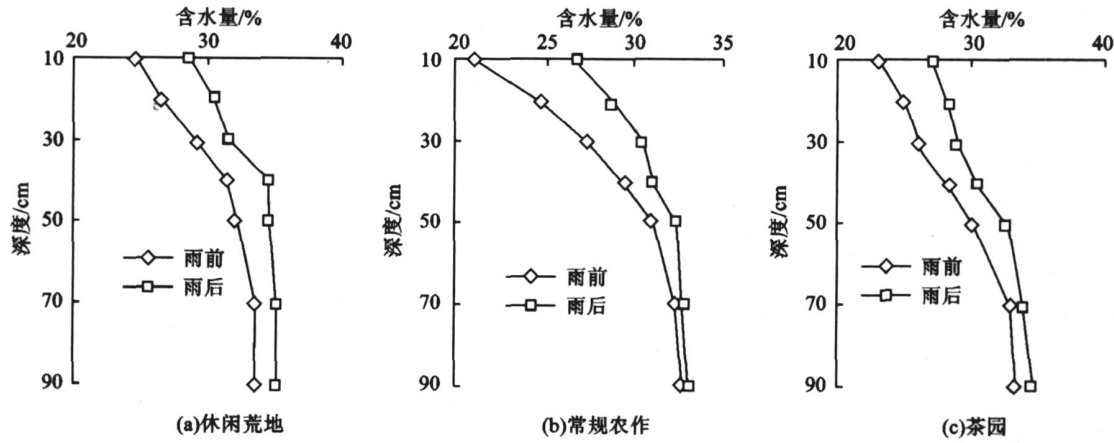


图 2 降雨条件下不同土地利用方式土壤水分动态变化

如图 2 所示,降雨之后,休闲荒地、常规农作和茶园的土壤水分含量都有明显提高,提高幅度最大的为休闲荒地,0 - 90 cm 的平均提高幅度为 2.71 %,最低的为常规农作,为 2.33 %。从降雨后土壤水分提高幅度的垂直变化来看,可知土壤水分增幅随深度的增加而减少,以常规农作表现最为明

显。常规农作 0 - 30 cm 提高幅度为 4.22 %,高于休闲荒地和茶园的 3.50 %和 3.44 %,但在 30 cm 以下土壤水分含量提高幅度却急剧下降,到 70 cm 以下,降雨后水分含量与雨前则完全没有差异。与此不同的是,休闲荒地和茶园的土壤水分含量则直到 90 cm 还有 1.33 %左右提高。降雨后土

壤水分的动态变化说明,降雨在休闲荒地和茶园比常规农作更易向深层下渗^[6]。造成常规农作不利于向深层入渗的原因,可能有两个原因,一是由于频繁地锄、挖等耕作措施,尽管使表层土变得较为疏松,但因为是贫瘠的红壤,黏性强,在降雨后,容易板结阻止降雨入渗。二是由于常规农作物根系短,没有休闲荒地生长的大量灌木及茶园的茶树根系长,有

利于土壤的通透性,从而有利降雨入渗^[3]。
干旱条件下,作物能够调用深层土壤中的水分含量以维持作物生长需要,因此研究干旱蒸发条件下水分含量变化,以了解不同土地利用方式调蓄土壤水分的能力。干旱期间选取的是 7 月 13 日(旱前)至 7 月 18 日(旱后)的资料,在此期间日均温 30.3℃,蒸发总量为 22.4 mm,无降雨。

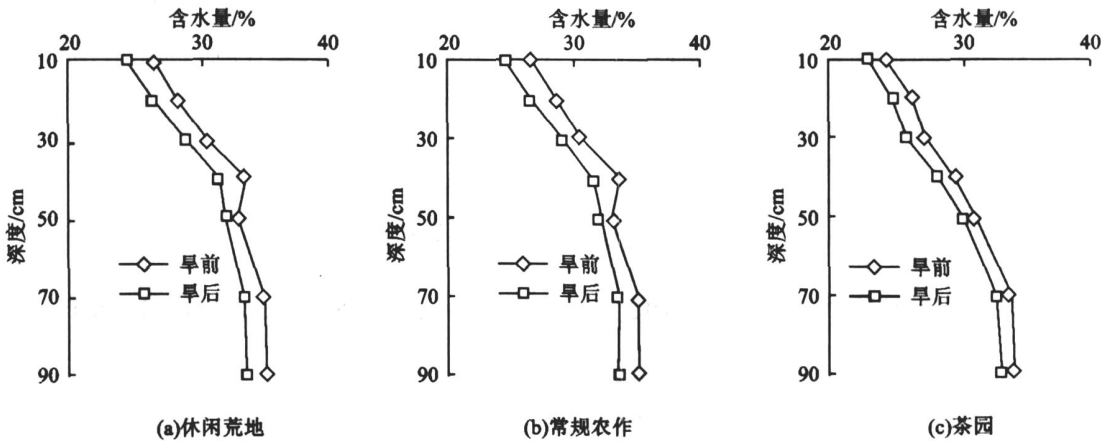


图 3 干旱条件下不同土地利用方式土壤水分动态变化

从图 3 可以看出,在干旱条件下,不同土地利用方式下的水分含量都有所降低,休闲荒地降低幅度最大,平均为 1.64%,常规农作和茶园的降低幅度都为 1.24%。与降雨后土壤水分增幅随深度降低不同,干旱条件下水分的降幅不受土壤深度影响,而是表现为 0 - 90 cm 内各层次同步降低,由此说明当干旱发生时,90 cm 以上的水分都能被利用,且各层次的利用能力相同。

结合降雨、干旱条件下土壤水分含量的变化,可知与休闲荒地相比,常规农作表层降雨入渗多,但因为深层无法容纳降雨,尽管干旱条件下的蒸发也较低,最终土壤水分含量也较低。同样的原因,造成常规农作表层含水量高于茶园,而深层则低于茶园。

表 2 不同土地利用方式月产流特征

月份	降雨量/ mm	径流量/mm			径流系数/%		
		休闲 荒地	常规 农作	茶园	休闲 荒地	常规 农作	茶园
1	37.3	0.01	0.06	0.01	0.03	0.15	0.03
2	120.5	0.12	4.70	0.60	0.10	3.90	0.49
3	118.2	0.11	0.45	0.21	0.09	0.38	0.18
4	233.1	2.63	9.62	2.80	1.13	4.13	1.20
5	397.6	1.86	47.47	1.97	0.47	11.94	0.50
6	265.2	1.57	17.00	1.73	0.59	6.41	0.65
7	233.4	1.43	38.10	1.58	0.61	16.32	0.89
8	266.3	1.00	3.65	1.36	0.38	1.37	0.51
9	157.2	1.02	1.59	1.24	0.65	1.01	0.79
10	156.3	0.77	1.07	0.85	0.49	0.68	0.54
11	109.6	0.59	0.71	0.66	0.54	0.65	0.60
12	102.2	0.62	0.64	0.72	0.61	0.62	0.70
全年	2196.9	11.73	125.05	14.23	0.53	5.67	0.65

3.3 地表径流产生特征

降雨入渗不及时导致大量地表径流的产生。表 2 列出了 2002 年休闲荒地、常规农作、茶园的月均地表产流资料。可以看出,径流量与土地利用方式密切相关。产流最高的为常规农作,全年产流 125.05 mm,休闲荒地和茶园的产流量

分别只占常规农作的 11.4%和 9.4%。
从径流的季节动态变化来看,常规农作的月际差异很大,变异系数达 153.7%,产流规律表现出明显的“双峰式”分配,两个产流高峰分别出现在 5 月和 7 月,这两个月的径流量分别占全年总量的 40.0%和 30.5%。这一方面是因为这 2 个月降雨多,降雨强度大,另一方面是因为常规农作区这期间的植被覆盖率低和耕作频繁,因为 5 月豌豆全部收割,7 月甘薯刚种下不久,且频繁除草。与常规农作相比,休闲荒地和茶园每月的径流量都较低,且月际差异不大。

已有研究表明^[4-5],红壤坡地径流量与降雨量相关性高,且用幂方程或二次方程拟合最优,但通过对 2002 年各利用方式地表径流量与降雨量的拟合发现,休闲荒地和茶园以线性方程拟合最优,相关系数分别为 0.925 和 0.949,都达到统计学上极显著水平,而休闲荒地地表径流量与降雨量则用幂方程拟合最优($r=0.836^*$)。地表径流量与降雨量关系说明,休闲荒地和茶园地表产流主要由降雨决定,而常规农作则除此之外,下垫面等因素也是影响产流的主要条件。

3.4 随径流养分流失特征

分析 2002 年 5 月和 8 月不同土地利用方式下径流样中的养分含量,作为上半年和下半年径流中的平均养分含量,再根据上半年和下半年的径流总量,计算不同土地利用方式径流带走的养分量。

从表 3 可以看出,上半年和下半年的所有养分损失量都以常规农作最高,这是由于常规农作上半年径流量大,同时施肥方式为撒施,大量的肥料还未进入土壤,就被雨水冲刷流走。尽管茶园也在上半年施肥,但由于产流少,且施肥方式为树蔸挖穴埋肥,因此养分不易损失,而休闲荒地则因为径流损失少,且没有施肥,自然养分损失也低。值得注意的是,从总 N 和硝酸根的结果来看,上半年和下半年 3 种土地利用方式的氮素损失量并没有与径流量表现出相同的趋势,因为常规农作上半年和下半年的径流量分别为茶园和休闲

(下转第 58 页)

长率达 11 %。2002 年卫生纸总产量是 237 万 t,比上年增长 9.7 %,其产量和消费量基本上与 GDP 同步增长,说明中国卫生纸的消费量是随经济发展和生活质量的提高而逐年增加的^[5]。就我国造纸总量而言,1997 年为 2 774 万 t,2002 年为 3 600 万 t,预计 2010 年达到 7 000 万 t。以 1997 年 2 774 万 t 为例,生产中草浆占 80 %以上,按照出浆率 40 %计算,年造纸用草 6 860 万 t^[6]。随着用纸量的递增,每年所用原料逐渐增加,而由于近年来农业种植结构的调整、环保意识的加强和产品档次的提高,原材料总量供需矛盾也日趋突出。因此,以产量高、价格低廉的芨芨草为造纸原料,其市场前景十分广阔。

3.3 社会效益分析

禾本科芨芨草是优质造纸原料,行业需求很大。种草为造纸提供了大量优质、低廉的原料,提高了造纸厂的经济效益。芨芨草的叶可以用作饲草,经农业部检验测试中心(石河子)检测:芨芨草叶粗蛋白含量 16.74 %~13.7 %,粗脂肪 2.33 %~2.61 %,粗纤维 33.10 %~34.30 %,总糖 1.66 %,胡萝卜素含量丰富,平均 102.5 mg/kg,必需氨基酸含量高,在饲用评价中为良等牧草。随着种草面积的扩大,可以缓解人畜争粮的压力,改善和调整种植结构,促进当地的畜牧业发展,为推动当地奶制品企业发展奠定基础。

除此之外,芨芨草作为放牧家畜的饲草,在传统畜牧业中发挥着重要的作用,被牧民称为解决家畜冬春饲草不足和

灾年家畜的“保命牧草”。对于牧区抗灾害能力有极大的提升作用。同时大面积种植芨芨草采用机械化作业,可以带动相关产业的发展,并能解决一定数量的就业问题。因此种植芨芨草,对干旱区的生态建设具有重要的示范意义。

4 结 论

通过的试验监测表明,人工种植芨芨草无论在盐碱地改良上还是在经济效益、社会效益上都有极大的潜力可挖,尤其在干旱地区盐碱地上,对于区域的生态稳定社会发展有着深远的意义。

参考文献:

[1] 罗家雄,等.新疆垦区盐碱地改良[M].北京:水利电力出版社,1985.

[2] 新疆植物志编辑委员会.新疆植物志[M].乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,1996:313-318.

[3] 程积民,优良水土保持:芨芨草[J].水土保持学报,2000,14(4):117.

[4] 王库,等.芨芨草水土保持特性及其开发利用[J].土壤,2001(2):106-110.

[5] 中国纸业联盟网(www.cepaper.com).我国人均消费生活用纸量仅为美国的 1/10[EB/OL].2004-12-09.

[6] 中国造纸工业发展是否超速[EB/OL].中国纸业网,http://www.chinapaper.net,2003-05-20.

(上接第 55 页)

荒地区的 11.7 和 7.8 倍,但总 N 损失量却为 28.6 和 8.7 倍,硝氮损失量为 26.9 和 7.6 倍,说明径流量越大,携带的 N 素养分浓度会成倍增加,因此在大降雨形成大径流时,不要施用氮肥,或者改变氮肥施用方式,以减少氮素损失。

表 3 不同土地利用方式径流养分损失		kg/km ²				
时间	利用方式	总 N	总 P	NH ₄ -N	NO ₃ -N	K ⁺
上半年	休闲荒地	2.68	0.42	13.15	6.87	16.42
	常规农作	90.73	6.17	134.65	190.84	237.19
	茶园	3.88	1.81	23.02	7.34	30.68
下半年	休闲荒地	18.32	1.30	9.47	9.94	23.71
	常规农作	145.89	6.83	79.07	71.63	224.68
	茶园	15.30	0.96	9.76	8.95	28.07

4 结 论

(1)土壤水分含量变化与降雨量变化和植被覆盖变化表现出高度的一致性,土壤含水量随土壤深度增加而增加,开垦利用的常规农作和茶园土壤水分含量低于休闲荒地。

(2)降雨使土壤水分含量增加,但增幅随土壤深度的增加而降低,休闲荒地和茶园 0-90 cm 水分含量均增加,但常规农作只在 70 cm 以上增加。干旱条件下 3 种利用方式下 0-90 cm 土壤水分含量都降低,且降幅不随深度变化。

(3)常规农作产流月际差异大,产流量高,休闲荒地和茶园的产流稳定,且产流量显著低于常规农作。休闲荒地和茶园产流能力无差异。

(4)养分流失以常规农作最高,在大径流形成时,常规农作区的氮素损失成倍增加。

结合土壤水分、径流产生情况及养分流失情况分析,可知对南方红壤坡地进行利用时,要避免采取常规农作这种利用方式,因为既不利于涵养水源,又容易造成水土流失和养分流失,而休闲荒地尽管水土保持效益最好,但却不能获得经济效益。因此,从水土保持效益和经济效益综合考虑,红壤坡地宜采取茶园利用的方式。

参考文献:

[1] 谢小立,王凯荣.湘北红壤坡地雨水过程的水土流失及其影响[J].山地学报,2003,21(4):466-472.

[2] 谢贤群,王立军.水环境要素观测与分析[M].北京:中国标准出版社,1991.

[3] 朱波,陈实,游洋,等.紫色土退化旱地的肥力恢复与重建[J].土壤学报,2002,39(5):743-749.

[4] 左长清,马良.天然降雨对红壤坡地侵蚀的影响[J].水土保持学报,2005,19(2):1-4.

[5] 杨一松,王兆骞,陈欣,等.南方红壤坡地不同利用模式的水土保持及生态效益研究[J].水土保持学报,2004,18(5):84-87.

[6] 彭娜,谢小立,王开峰,等.红壤坡地降雨入渗、产流及土壤水分分配规律研究[J].水土保持学报,2006,20(3):17-20.