

保护性耕作对坡耕地烟田水土流失的影响

郑好¹, 管赛赛², 王文亮¹, 宗胜杰², 李志鹏²,
付仲毅², 程昌新³, 刘忠⁴, 叶协锋²

(1. 河南农业大学资源与环境学院, 郑州 450002;

2. 河南农业大学烟草学院, 国家烟草栽培生理生化研究基地, 烟草行业烟草栽培重点实验室, 郑州 450002;

3. 红河烟草有限责任公司, 昆明 650202; 4. 重庆市烟草公司石柱分公司, 重庆 石柱 409100)

摘要: 在重庆市石柱县坡耕地开展保护性耕作试验, 探究其对水土流失的影响。于 2015 年在重庆市石柱县坡耕地烟田开展试验, 采用顺坡起垄的方式, 设置 4 个处理: 处理 T1(不种植黑麦草)、处理 T2(垄间种植黑麦草)、处理 T3(垄体种植黑麦草)、处理 T4(垄体种植黑麦草+垄间种植黑麦草)。结果表明: 垄间种植黑麦草可有效减少小区径流量 58.66%~65.79%, 小区产沙量 62.50%~68.78%, 硝态氮流失 52.05%~57.22%, 铵态氮流失 51.03%~59.98%, 总磷流失 51.47%~65.88% 和钾流失 66.93%~69.33%。垄体种植黑麦草可有效减少小区径流量 54.32%~61.59%, 小区产沙量 52.95%~62.98%, 硝态氮流失 63.73%~77.49%, 铵态氮流失 59.12%~67.81%, 总磷流失 62.84%~76.22%, 钾流失 75.17%~77.84%。垄间和垄体均种植黑麦草可有效减少小区径流量 92.09%~98.25%, 小区产沙量 86.43%~95.91%, 硝态氮流失 87.89%~94.99%, 铵态氮流失 90.19%~97.06%, 总磷流失 81.99%~91.94%, 钾流失 91.52%~93.88%。整体而言, 垄间种植黑麦草+垄体种植黑麦草处理对重庆烟区水土保持效果最佳。

关键词: 保护性耕作; 水土流失; 黑麦草; 烤烟; 坡耕地

中图分类号: S157.4

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2016)06-0043-04

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcxb.2016.06.008

Effects of Conservation Tillage on Water Loss and Soil Erosion in Sloping Fields of Planting Flue-cured Tobacco

ZHENG Hao¹, GUAN Saisai², WANG Wenliang¹, ZONG Shengjie²,

LI Zhipeng², FU Zhongyi², CHENG Changxin³, LIU Zhong⁴, YE Xiefeng²

(1. College of Resource and Environment, Henan Agriculture University, Zhengzhou 450002;

2. College of Tobacco Science, Henan Agriculture University, National Research Center of Tobacco

Cultivation, Physiology and Biochemistry, Zhengzhou 450002; 3. Hongyun and Honghe Tobacco Limited

Company, Kunming 650202; 4. Shizhu Branch of Chongqing Tobacco Company, Shizhu, Chongqing 409100)

Abstract: The conservation tillage experiment was carried out in the sloping fields in Chongqing in order to explore the influence of conservation tillage on water loss and soil erosion, so as to provide some suggestions for soil and water conservation in Chongqing area. The field experiment was carried out in 2015 in Shizhu, Chongqing. The flue-cured tobacco variety Yunyan 87 was planted in the whole testing area, and sloping ridging was used. There were four treatments, i. e. T1, in which *Lolium multiflorum* Lam. was not grown, T2, in which *L. multiflorum* was grown between ridges, T3, in which *L. multiflorum* was grown on the ridges, and T4, in which *L. multiflorum* was grown both between ridges and on the ridges. The results showed that growing *L. multiflorum* between ridges could effectively reduce runoff by 58.66% to 65.79%, sediment yield could be reduced by 62.50% to 68.78%, and the loss of NO₃⁻-N, NH₄⁺-N, phosphorus and potassium in runoff could be reduced by 52.05% to 57.22%, 51.03% to 59.98%, 51.47% to 65.88%, and 66.93% to 69.33%, respectively. When *L. multiflorum* was grown on the ridges, the runoff, the sediment yield, the loss of NO₃⁻-N, NH₄⁺-N, phosphorus and potassium in runoff could be reduced by 54.32% to 61.59%, 52.95% to 62.98%, 63.73% to 77.49%, 59.12% to 67.81%, 62.84% to 76.22%,

收稿日期: 2016-06-15

资助项目: 烟草行业烟草栽培重点实验室项目(30800665); 重庆市烟草公司项目(NY20140401070010)

第一作者: 郑好(1993—), 男, 湖北武汉人, 在读硕士研究生, 主要从事烟草栽培生理研究。E-mail: zhenghaokz@163.com

通信作者: 叶协锋(1979—), 男, 河南郑县人, 副教授, 博士, 硕士研究生导师, 主要从事烟草栽培生理生化研究。E-mail: yexiefeng@163.com

and 75.17% to 77.84%, respectively. When *L. multiflorum* was grown both between ridges and on the ridges, the runoff, the sediment yield, the loss of $\text{NO}_3^- - \text{N}$, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$, phosphorus and potassium in runoff could be reduced by 92.09% to 98.25%, 86.43% to 95.91%, 87.89% to 94.99%, 90.19% to 97.06%, 81.99% to 91.94%, and 91.52% to 93.88%, respectively. Overall, growing *L. multiflorum* both between ridges and on the ridges is the best way of soil and water conservation.

Keywords: conservation tillage; water loss and soil erosion; *Lolium multiflorum* Lam.; flue-cured tobacco; sloping fields

水土流失已经成为我国头号生态环境问题^[1]。据估计,我国每年由于水土流失而造成的经济损失可达 100 亿元以上^[2]。有研究表明^[3],我国水土流失面积占国土面积的比例约为 38%,三峡库区重庆段则更为严重,其水土流失面积比高达 51.7%。坡耕地抗蚀能力差,极易发生水土流失。由于长期的水土流失,使坡耕地生产力低下,因此,提高土地生产力和控制水土流失是坡耕地利用的主要任务^[4-6]。

以少免耕、覆盖与保护性种植等技术为主体的保护性耕作技术,具有防止水蚀和增产、省工、省力、省能等独特的作用,现已发展成为发达国家现代化可持续农业模式的主导性技术^[7]。王立等^[8]、陈光荣等^[9]、李霞等^[10]的研究表明,在坡耕地开展保护性耕作试验有助于减少水土流失和去除径流中农业面源污染物。更有研究表明^[11-13],种植绿肥能够明显增加土壤保水能力,减少水土流失,提高土壤肥力和土地生产力。针对重庆地区坡耕地面积大、水土流失严重等情况,在重庆市石柱县的坡耕地烟田开展保护性耕作试验,探究黑麦草(*Lolium multiflorum* Lam)覆盖对水土流失的影响,以期为重 庆地区坡耕地水土保持提供一定的建议。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验地位于重庆市石柱县六塘乡龙池村,烟田坡度为 15°,海拔约 1 100 m。该地区境内以中山、低山为主,兼有平原、丘陵,属中亚热带湿润季风气候区,气候温和,雨水充沛。年均日照时数约为 1 333 h,无霜期约为 278 d,年平均降雨量 1 285.3 mm,主要集中在 5—9 月^[14]。年度间气温变幅较大,平均气温为 16.4 °C,≥10 °C 积温在 5 500~6 365 °C^[15]。土壤类型为黄棕壤,质地为壤土,供试土壤 pH 5.80,土壤碱解氮、速效磷和速效钾含量分别为 143.10, 12.65, 177.50 mg/kg,土壤有机质含量为 23.68 g/kg,0—20 cm 土层土壤容重平均为 1.16 g/cm³。

1.2 试验设计

本试验所用烤烟品种为云烟 87,采用小区试验,每个小区面积 210 m²。烤烟采用传统方式种植,起垄方式为顺坡起垄,起垄高度 30 cm,垄面宽 30 cm,垄底宽 60 cm,株距 55 cm,垄间距 115 cm,烤烟的种

植密度为 16 500 株/hm²。共设置 4 个处理:T1(不种植黑麦草)、T2(垄间种植黑麦草)、T3(垄体种植黑麦草)、T4(垄间种植黑麦草+垄体种植黑麦草)。3 次重复,随机区组排列。

于 2015 年 5 月 9 日移栽,垄间黑麦草于 3 月 28 日撒播,撒播用种量为 75 kg/hm²;垄体上黑麦草于 2014 年 10 月 15 日撒播,撒播用种量为 75 kg/hm²。烤烟移栽前两周将垄体上的黑麦草收割,并覆盖在垄体上。施用化肥中纯 N 含量为 230.95 kg/hm²,N:P₂O₅:K₂O=1:1:2,其他措施按照当地优质烟叶生产技术措施执行。

1.3 径流小区的布 设

径流小区区长 30 m,宽 7 m,四周用铝板(高 60 cm,厚 0.5 cm)围住,将铝板埋入地下 25 cm,地表漏出 35 cm,每个小区底端用连通管连接集流桶收集径流。

1.4 指标测定

由于试验选取的坡耕地坡度都在 15°左右,故不考虑坡度对径流的影响。用雨量计在试验区测量降雨量,准确记录每次降雨时间和降雨量。对试验区自然降雨情况数据进行分析,选取了 16.28,41.05,63.69 mm 3 个不同级别降雨量,降雨历时分别为 1.5,2.0,4.0 h,降雨强度分别为 10.85,20.53,15.92 mm/h。

1.4.1 径流量及侵蚀量的测定 径流产生后,每 5 min 测量 1 次径流,并取径流样测定泥沙含量。径流中的泥沙含量采用烘干法测定^[8]。

1.4.2 集流桶内 N、P、K 含量的测定 每次降雨后,测定随土壤流失的铵态氮、硝态氮、总磷和 K 含量。铵态氮和硝态氮用流动分析仪测定,总磷用过硫酸钾氧化—钼蓝比色法^[16],K 含量用原子吸收分光光度计测定^[17]。

1.5 数据分析

采用 Excel 2010 和 SPSS 20.0 对数据进行处理、分析和图表绘制。

2 结果与分析

2.1 不同处理对径流量的影响

2.1.1 不同处理对小区径流量的影响 随着降雨量的增加,各处理径流小区内径流量均有不同程度的增加(表 1)。降雨量为 16.28 mm 时,相较于处理 T1,处理

T2 减少了 65.79% 的径流量,处理 T3 减少了 61.59% 的径流量,处理 T4 减少了 98.25% 的径流量;降雨量为 41.05 mm 时,相较于处理 T1,处理 T2 减少了 60.81% 的径流量,处理 T3 减少了 56.95% 的径流量,处理 T4 减少了 96.32% 的径流量;当降雨量为 63.69 mm 时,处理 T2 比处理 T1 径流量减少了 58.66%,处理 T3 比处理 T1 径流量减少了 54.32%,处理 T4 比处理 T1 径流量减少了 92.09%。表明处理 T4 保水能力最佳,处理 T3 保水能力略差于处理 T2,可能是因为垄间黑麦草未进行刈割,生长旺盛,吸水能力更强。

表 1 不同处理径流量 m^3/hm^2

降雨量/ mm	降雨强度/ ($\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$)	T1	T2	T3	T4
16.28	10.85	214.17a	73.27b	92.26b	3.78c
41.05	20.53	735.33a	288.21bc	316.54b	27.05c
63.69	15.92	1167.04a	482.45bc	533.03b	92.26c

注:表中数字后不同小写字母表示不同处理间达显著水平($p < 0.05$)。下同。

2.1.2 降雨量对小区径流量的影响 由表 1 可知,随着降雨量的增加,各处理小区径流量明显增加。降雨量为 16.28 mm 时,4 个处理的径流量分别是降雨量 41.05 mm 的 29.13%,25.42%,29.15% 和 13.97%;是降雨量 63.69 mm 的 18.35%,15.19%,17.31% 和 4.10%。降雨量为 41.05 mm 时,4 个处理的径流量分别是降雨量 63.69 mm 的 63.01%,59.74%,59.39% 和 29.32%。不同降雨量下,各处理径流量排序均为 $T1 > T3 > T2 > T4$ 。

2.2 不同处理对产沙量的影响

2.2.1 不同处理对小区产沙量的影响 由表 2 可知,降雨量为 16.28 mm 时,处理 T1 的产沙量显著高于其余 3 个处理,为 $1\ 122.44 \text{ kg}/\text{hm}^2$,相较于处理 T1,处理 T4 产沙量减少最多,减少了 $1\ 076.57 \text{ kg}/\text{hm}^2$;当降雨量为 41.05 mm 时,各处理产沙量相较于降雨量为 16.28 mm 时均有不同程度的增加,此时,各处理产沙量分别为 $3\ 852.57, 1\ 317.78, 1\ 751.78, 226.13 \text{ kg}/\text{hm}^2$;当降雨量为 63.69 mm 时,处理 T1 的产沙量为 $7\ 024.35 \text{ kg}/\text{hm}^2$,相较于处理 T1,处理 T2 产沙量减少了 $4\ 390.27 \text{ kg}/\text{hm}^2$,处理 T3 产沙量减少了 $3\ 719.18 \text{ kg}/\text{hm}^2$,处理 T4 产沙量减少了 $6\ 071.09 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 。可知处理 T3 的产沙量要略高于处理 T2,因为泥沙是通过径流流失,所以径流对泥沙流失量影响很大。

表 2 不同处理产沙量 kg/hm^2

降雨量/ mm	降雨强度/ ($\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$)	T1	T2	T3	T4
16.28	10.85	1122.44a	350.43b	415.54b	45.87c
41.05	20.53	3852.57a	1317.78b	1751.78b	226.13c
63.69	15.92	7024.35a	2634.08b	3305.17b	953.26c

2.2.2 降雨量对小区产沙量的影响 降雨量为 16.28 mm 时,处理 T1、T2、T3、T4 的产沙量分别是降雨量 41.05 mm 的 33.15%,26.59%,22.10% 和 20.28%,是降雨量 63.69 mm 的 18.18%,13.30%,11.71% 和 4.81%;降雨量为 41.04 mm 时,4 个处理产沙量分别是降雨量 63.69 mm 的 54.85%,50.03%,53.00% 和 23.72%。不同降雨量下,各处理产沙量排序均为处理 $T1 > T3 > T2 > T4$,这与径流量排序一致。

2.3 不同处理对径流中养分流失的影响

2.3.1 不同处理对径流中硝态氮含量的影响 从营养意义来讲,作物在生长过程中主要吸收两种矿质氮源,即铵态氮和硝态氮^[18-20]。从表 3 可以看出,随着降雨量增加,各处理径流中硝态氮含量也随之增加。降雨量为 16.28 mm 时,处理 T2 比 T1 径流中硝态氮含量减少了 57.22%,处理 T3 比 T1 减少了 77.49%,处理 T4 比 T1 减少了 94.99%;降雨量为 41.05 mm 时,处理 T2 比 T1 减少了 52.05%,处理 T3 比 T1 减少了 63.73%,处理 T4 比 T1 减少了 90.37%;降雨量为 63.69 mm 时,与处理 T1 径流中硝态氮含量相比,处理 T2 减少了 56.05%,处理 T3 减少了 67.97%,处理 T4 减少了 87.89%。不同降雨量下,各处理径流中硝态氮含量均表现为处理 $T1 > T2 > T3 > T4$,处理 T2 比处理 T3 硝态氮流失更多,这与各处理径流量和产沙量略有差异,这可能是因为肥料是采用条施和穴施的方式都在垄体上,而且处理 T2 垄体上没有种植黑麦草,导致垄体上未吸收完全的肥料伴随着雨水流失了。

2.3.2 不同处理对径流中铵态氮含量的影响 由表 3 可知,同一降雨量下,各处理径流中的铵态氮含量与硝态氮含量呈现的规律相同,也是处理 $T1 > T2 > T3 > T4$ 。降雨量为 16.28 mm 时,处理 T1 径流中铵态氮含量最高,为 $608.44 \mu\text{g}/\text{m}^2$,处理 T4 径流中铵态氮含量最低,仅有 $17.89 \mu\text{g}/\text{m}^2$ 。降雨量为 41.05 mm 时,相较于处理 T1,处理 T2 铵态氮含量减少了 $1\ 556.25 \mu\text{g}/\text{m}^2$,处理 T3 铵态氮含量减少了 $1\ 815.78 \mu\text{g}/\text{m}^2$,处理 T4 铵态氮含量减少了 $2\ 535.90 \mu\text{g}/\text{m}^2$;降雨量为 63.69 mm 时,处理 T1 径流中铵态氮含量显著最高,达到了 $8\ 341.63 \mu\text{g}/\text{m}^2$,处理 T4 径流中铵态氮含量显著最低,为 $818.26 \mu\text{g}/\text{m}^2$,处理 T2 径流中铵态氮含量较处理 T1 减少了 $4\ 256.46 \mu\text{g}/\text{m}^2$,处理 T3 径流中铵态氮含量较处理 T1 减少了 $4\ 931.17 \mu\text{g}/\text{m}^2$ 。

2.3.3 不同处理对径流中总磷含量的影响 对比结果可知,保护性耕作的各处理可明显减少径流中总磷含量。当降雨量为 16.28 mm 时,与处理 T1 相比,处理 T2 径流中的总磷含量减少了 61.27%,处理 T3 径流中的总磷含量减少了 69.01%,处理 T4 径流中的总磷含量减少了 91.55%;降雨量为 41.05 mm

时,相较于处理 T1 径流中总磷含量,处理 T2 减少了 65.88%,处理 T3 减少了 76.22%,处理 T4 减少了 91.94%;降雨量为 63.69 mm 时,处理 T2 径流中总磷含量比处理 T1 减少了 51.47%,处理 T3 径流中总磷含量比处理 T1 减少了 62.84%,处理 T4 径流中总磷含量比处理 T1 减少了 81.99%。整体而言,相同降雨量下各处理径流中总磷的含量表现为 T1>T2>T3>T4,这与径流中 N 含量相似。

2.3.4 不同处理对径流中总钾含量的影响 由表 3 可知,降雨量为 16.28 mm 时,处理 T1 径流中 K 含量显著最高,为 33.91 mg/m²,相较于处理 T1,处理

T2 径流中 K 含量减少了 68.50%,处理 T3 径流中 K 含量减少了 75.17%,处理 T4 径流中 K 含量减少了 92.98%;降雨量为 41.05 mm 时,处理 T2 径流中 K 含量比 T1 减少了 66.93%,处理 T3 径流中 K 含量比 T1 减少了 77.84%,处理 T4 径流中 K 含量比 T1 减少了 93.88%;降雨量为 63.69 mm 时,处理 T2 径流中 K 含量比 T1 减少了 69.33%,处理 T3 径流中 K 含量比处理 T1 减少了 77.34%,处理 T4 径流中 K 含量比 T1 减少了 91.52%。不同降雨量下,各处理径流中钾含量表现为处理 T1>T2>T3>T4,处理 T4 在减少钾流失方面效果最佳。

表 3 不同处理径流中养分流失情况

降雨量/ mm	降雨强度/ (mm·h ⁻¹)	处理	硝态氮含量/ (μg·m ⁻²)	铵态氮含量/ (μg·m ⁻²)	总磷含量/ (mg·m ⁻²)	总钾含量/ (mg·m ⁻²)
16.28	10.85	T1	123.57a	608.44a	1.42a	33.91a
		T2	52.86b	243.53b	0.55b	10.68b
		T3	27.81bc	141.92b	0.44b	8.42c
		T4	6.19c	17.89c	0.12c	2.38d
41.05	20.53	T1	431.72a	2677.82a	12.28a	153.02a
		T2	207.02b	1121.57b	4.19b	51.26b
		T3	156.57b	862.04c	2.92bc	33.91c
		T4	41.57c	141.92d	0.99c	9.36d
63.69	15.92	T1	788.95a	8341.63a	29.20a	425.03a
		T2	346.73b	4085.17b	14.17b	130.36b
		T3	252.68bc	3410.46b	10.85bc	96.31b
		T4	95.54c	818.26c	5.26c	36.03b

2.4 径流中 N、P、K 含量与径流量的相关性分析

对径流量和 N、P、K 流失量做了相关性分析。由表 4 可知,径流量与径流中硝态氮含量、铵态氮含量、总磷含量和钾含量之间存在极显著正相关关系,说明径流量在一定程度上可以影响 N、P、K 的流失量。

表 4 N、P、K 流失量与径流量的相关性分析

项目	径流量	硝态氮含量	铵态氮含量	P 含量	K 含量
径流量	1	0.984**	0.940**	0.949**	0.946**
硝态氮含量	0.984**	1	0.960**	0.973**	0.976**
铵态氮含量	0.940**	0.960**	1	0.991**	0.969**
P 含量	0.949**	0.973**	0.991**	1	0.975**
K 含量	0.946**	0.976**	0.969**	0.975**	1

注: ** 表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关。

3 结论

(1)不同降雨量下,保护性耕作各处理小区径流量和产沙量均少于对照,但由于黑麦草种植方式的不同,导致各处理小区径流量和产沙量差异较明显。垄间与垄体均种植黑麦草小区径流量和产沙量最少。

(2)不同降雨量下,保护性耕作各处理可明显减少径流中养分含量。其中垄体种植黑麦草径流中养分含量少于垄间种植黑麦草,这与小区径流量和产沙量不同,垄间与垄体均种植黑麦草在减少径流中养分

流失方面效果最佳。

(3)径流中的 N、P、K 含量与小区径流量呈极显著正相关关系。

参考文献:

- [1] 辜胜阻,侯伟丽. 治理长江上游水土流失的对策[J]. 长江流域资源与环境,2000,9(2):260-264.
- [2] 田纪云. 田纪云副总理在全国第五次水土保持工作会议上的讲话[J]. 中国水土保持,1992(7):2-6.
- [3] 李月臣,刘春霞,赵纯勇,等. 三峡库区重庆段水土流失的时空格局特征[J]. 地理学报,2008,63(5):502-513.
- [4] 王洪中,张忠武. 云南坡耕地农业持续发展研究[J]. 水土保持通报,1999,19(4):18-20.
- [5] 王育红,蔡典雄,姚宇卿,等. 保护性耕作对豫西黄土坡耕地降水产流、土壤水分入渗及分配的影响[J]. 水土保持学报,2008,22(2):29-31.
- [6] 郑子成,吴发启,何淑勤. 耕作措施对产流作用的研究[J]. 土壤,2004,36(3):327-330.
- [7] 张晓艳,王立,黄高宝,等. 道地药材保护性耕作对坡耕地土壤侵蚀的影响[J]. 水土保持学报,2008,22(2):58-61.
- [8] 王立,黄高宝,张仁陟,等. 用人工模拟降雨研究道地药材保护性耕作对水土流失的影响[J]. 水土保持学报,2010,24(5):59-62.