

玉米苜蓿间作的蓄水保土效益试验研究

成 婧, 吴发启, 路 培, 王 健, 云 峰, 吴光艳

(西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要:为了在种植作物的同时减少水土流失,采用玉米苜蓿间作的种植模式,研究其蓄水保土效益。试验对玉米苜蓿间作与单作玉米的土壤含水量,径流量以及产沙量进行观测,进而研究两者的蓄水保土效益。结果表明:玉米苜蓿间作地的土壤含水量大于玉米单作地的土壤含水量;玉米苜蓿间作的径流量和产沙量均小于玉米单作,说明了玉米苜蓿能够有效地减少径流的冲刷侵蚀,具有良好的拦沙性能;经计算得出玉米苜蓿间作的蓄水效益为 87%,保土效益为 98%,表明玉米苜蓿间作的蓄水保土效益显著。

关键词:玉米; 苜蓿; 间作; 单作; 蓄水效益; 保土效益

中图分类号:S157.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)03-0054-04

Study on Benefits of Intercropping of Maize and Alfalfa on Soil and Water Conservation

CHENG Jing, WU Fa-qi, LU Pei, WANG Jian, YUN Feng, WU Guang-yan

(College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: In order to grow crops while reducing soil erosion, cropping patterns, maize intercropped with alfalfa, was used to study soil and water conservation benefits. Soil moisture, runoff and sediment yield of intercropping patterns for maize and alfalfa and monoculture maize were observed and both soil and water conservation benefits were studied. The results showed that soil moisture of intercropping patterns for maize and alfalfa was more than monoculture maize in soil moisture; runoff and sediment yield of intercropping patterns for maize and alfalfa were less than that of maize monoculture, which indicated that intercropping patterns for maize and alfalfa could effectively reduce runoff erosion and had a good performance of sediment reduction; The water storage efficiency of intercropping patterns for maize and alfalfa was 87%, soil conservation efficiency was 98%, which indicated that soil and water conservation benefits of intercropping patterns for maize and alfalfa were significant.

Key words: maize; alfalfa; intercropping; monoculture; water conservation benefits; soil conservation benefits

我国黄土高原水土流失现象严重,农业的发展受到了很大的影响,其中尤以坡耕地为甚。作物与牧草间作的种植模式能够增强水土流失治理的效果^[1]。牧草适应性强,具有粮食作物所没有的优良性状,能够显著改善土壤的物理性状和水文效益^[2]。紫花苜蓿是我国栽培面积较广的牧草,其茎叶繁茂,根系发达,能够固持土壤,并能改善土壤的理化性状^[3],减少土壤侵蚀作用,其生态效益和经济效益均十分显著^[4]。作物与牧草间作,能够降低土壤容重^[5],使降水渗入土中,增加土壤含水量,减少地表径流,延缓土壤水分消耗时间^[6-7],从而减轻土壤侵蚀的程度。因此,粮草

间作可以有效地防止水土流失,增加蓄水保土效益,从而恢复和提高土地生产力^[8-10]。陕西省合阳县地处黄土旱塬区,降水偏少,时空分布不均,且多以暴雨形式出现,加之土壤结构较为松散,极易被降水冲刷,产生了众多的沟壑,因此水土流失现象较为严重。本文通过分析间作地的土壤含水量、径流量以及泥沙量,研究了玉米苜蓿间作的蓄水保土效益,为渭北旱塬地区实行科学有效的种植模式提供理论基础。

1 实验区概况

实验布设在陕西省合阳县甘井镇。实验地点海

收稿日期:2011-10-20

修回日期:2011-11-14

资助项目:国家自然科学基金资助项目(40871133);国家重点基础研究发展“973”计划(2007CB407201)

作者简介:成婧(1987—),女(蒙古族),内蒙古凉城县人,硕士研究生,主要从事土壤侵蚀方面的研究。E-mail:xiwen_chengjing@126.com

通信作者:吴发启(1957—),男,陕西黄陵人,教授,博士生导师,主要从事土壤侵蚀与流域管理方面的研究。E-mail:wufaqi@263.net

拔 910 m, 位于北纬 $34^{\circ}10'$ — $36^{\circ}20'$, 东经 $106^{\circ}20'$ — $110^{\circ}40'$, 地势西北高东南低, 呈倾斜状。该区多年平均降雨量 431.96 mm, 主要集中在 7—9 月 3 个月, 降雨年际间分配不均, 降水变率为 0.779~1.464, 蒸发量为 1 832.8 mm。光能资源较为丰富, 年平均气温 21°C , 气候属于暖温带大陆性季风气候, 属半干旱地区。土壤为红壤土, 中性偏碱, pH 8.4。种植的农作物有冬小麦、春玉米、红薯、油菜、苜蓿等。

2 材料与方法

2.1 实验设计

试验地选在坡度为 10° 的农耕地上, 共布设 3 组处理, 即玉米苜蓿间作地、玉米单作地和裸地。其中, 单作地和裸地的宽度为 2 m, 投影长度为 20 m; 玉米苜蓿间作地从坡顶沿坡长方向按苜蓿、玉米进行依次间作种植, 小区宽度为 2 m, 间作带投影宽度为 10 m, 即 10 m 苜蓿带+10 m 玉米带的间作模式(表 1)。小区之间用石棉瓦隔离, 并在各小区坡地建长 2 m 宽 1 m 高 0.6 m 的径流收集池, 每组试验重复 3 次。

试验采用的苜蓿品种为三年生紫花苜蓿, 供试作物为当地主要玉米品种沈单 16 号, 按当地正常时令播种和收获, 并对紫花苜蓿进行 3 次刈割。

表 1 试验处理

处理	种植作物	小区宽/ m	小区长/ m	小区面积/ m^2
间作	玉米、苜蓿	2	20	40
单作	玉米	2	20	40
裸地	无	2	20	40

2.2 测定项目

(1) 土壤含水量。采用中子仪和便携式时域反射仪(TDR)观测。中子管布设在每个小区的近中央, 利用 TDR 对土壤表层 0—20 cm 的水分含量进行观测, 用中子仪观测 20—350 cm 土层的水分, 每 20 cm 为一层进行土壤水分的观测, 水分测定主要安排在作物生长期内的 3—10 月, 每月测定 3 次, 每场降雨过后加测一次, 各层重复 3 次。

(2) 降雨量与降雨强度。采用雨量筒测定, 将每次降雨收集在雨量筒内, 观测降雨量, 并记录降雨时间, 计算出各次降雨的降雨强度。

(3) 径流量。径流观测采用蓄水池收集的方法, 每次降雨产生的径流流入各小区下方的蓄水池中, 记录池中水深, 计算出各小区的径流量。

(4) 产沙量。每场降雨径流发生后, 将蓄水池中的泥水搅拌均匀, 用 500 ml 的塑料瓶采集泥沙样 3 瓶, 置于烘箱内 105°C 烘干后称重, 通过计算含沙量得出每次降雨各小区的土壤流失量。径流观测采用蓄水池收集的方法, 降雨产生径流后, 测定小区径流量。

2.3 计算方法

以裸地径流量为对照, 利用蓄水效益公式计算出间作和单作下的玉米苜蓿的蓄水效益。

蓄水效益 = (裸地径流量 - 小区径流量) / 裸地径流量

保土效益 = (裸地产沙量 - 小区产沙量) / 裸地产沙量

3 结果与分析

3.1 土壤水分变化特征

土壤能够储蓄天然降水, 满足作物生长对水分的需求。粮草间作能够大大提高作物水分利用效率, 改善土壤水分状况。图 1 为玉米苜蓿间作, 玉米单作以及裸地的土壤含水量的变化情况。从各土壤水分垂直分布的变化情况可以看出, 在 0—200 cm 的土层, 由于作物生长需要消耗水分, 因此总体上裸地含水量最高。玉米苜蓿间作地的土壤含水量大于玉米单作地的土壤含水量, 这是由于玉米根系较浅, 在生长过程中要吸收大量的土壤水分, 因此其土壤含水量较低。而对于间作苜蓿的玉米地, 因为苜蓿可以减小土壤容重, 增加土壤孔隙度, 提高土壤贮水量, 改善土壤的理化性状^[6], 所以玉米苜蓿间作地的土壤含水量较单作玉米的要高。另一方面, 实验区气候干旱, 降雨量少, 蒸发量大, 玉米生长期需要充足的水分才能快速生长, 一旦降雨, 玉米的根系就会吸收浅层土壤水分, 致使土壤含水量下降, 而苜蓿的根系可以延伸到深层土壤, 加之其具有改善土壤结构的功能, 同样能够保持更多的土壤水分。在 200 cm 以下的土层, 受苜蓿的影响, 间作玉米的土壤含水量要小于单作玉米的含水量。苜蓿根深且密集, 能够吸收玉米根系无法到达的深层水分, 因此玉米苜蓿间作下的深层土壤含水量较低, 这样可以使土壤水分能够被充分利用。玉米根系较浅, 深层水分吸收很少, 因此单作玉米下这一层的土壤含水量较高。

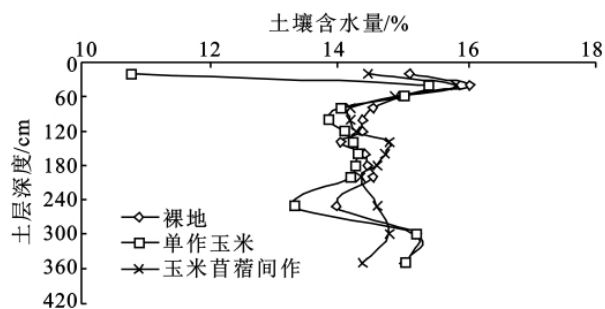


图 1 玉米苜蓿间作和玉米单作下的土壤含水量变化

注: 间作地的土壤含水量为苜蓿和玉米地的加权平均值。

整体上看, 玉米苜蓿间作的土壤含水量大于玉米单作的土壤含水量。可见, 采用粮草间作的种植模式能够有效地提高土壤含水量。

3.2 径流特点

地表作物能够有效地拦截降雨,降低雨滴对地面的打击能量,从而减少地面径流,阻止过多的土壤养分流失。在此以一年内多场较大暴雨过后产生的径流量为例,分析各小区的径流特点。

表 2 玉米苜蓿间作和玉米单作下的径流量

降雨量/ mm	降雨强度/ (mm · min ⁻¹)	径流量/(m ³ · km ⁻²)		
		玉米苜蓿 间作	玉米 单作	裸地
19.8	0.67	3928	11256	11750
29.1	0.55	7061	13250	14750
33.3	0.31	8750	16125	18650
54.5	0.32	15100	23000	24500

由表 2 可以看出,不论是单作玉米,玉米苜蓿间作还是裸地,各小区的径流量均随降雨量的增加而增加,不管是何种植模式,降雨量始终是决定径流量大小的关键因素。对于每场降雨来说,玉米苜蓿间作地的径流量均小于单作玉米,裸地的径流量最大。每场降雨过后间作地所产生的径流量分别为 3 928 m³/km², 7 061 m³/km², 8 750 m³/km², 15 100 m³/km², 分别比单作玉米的少 2.87, 1.88, 1.84, 1.52 倍,此现象说明苜蓿能够有效地减少径流的冲刷侵蚀。一方面,苜蓿根系能够固结土壤,改善土体的理化性状,增强水分的入渗能力;另一方面,苜蓿增大了地面植被的覆盖度,削弱了雨滴对地面的打击,因而减少了坡面溅蚀,有效地阻拦了雨水的汇集,从而减少了径流的产生。因此,利用苜蓿良好的截留蓄水功能,玉米与其间作便能减少地表径流对土壤的冲刷,防止土壤养分过多的流失,保证玉米作物的产量。对比 3 个小区的径流量,发现裸地明显大于单作和间作地,可以看出只要地面覆盖植被,就能起到减少径流的效果,而玉米苜蓿间作的径流量要比单作玉米所产生的径流量减少近 35%,说明间作可以有效地拦截降水,蓄存水分,达到防止或减弱径流冲刷力的目的。

3.3 产沙特点

降雨使地表产生径流,继而挟带泥沙,造成土壤水分和养分的流失,引起土地退化。通过对产沙量大

小的分析,可以间接地说明植被对泥沙的拦截能力。表 3 的数据显示,产沙量的变化情况与径流量相似,玉米苜蓿间作,玉米单作和裸地三者的产沙量均随降雨量的增加而增加,但是针对同一场降雨来说,玉米苜蓿间作地的产沙量要比单作玉米地的产沙量少,裸地由于缺少植被覆盖,受降雨冲刷力的影响较为强烈,产沙量最大。如降雨量为 33.3 mm,降雨强度为 0.31 mm/min 时,间作地的产沙量为 132 t/km²,单作为 490 t/km²,裸地为 745 t/km²,玉米单作的产沙量要比间作的产沙量高出近 3.7 倍,而裸地的产沙量要比间作和单作的分别高出 5.6 和 1.5 倍,可见植被的确能够拦蓄降雨径流,减少冲刷^[11],而苜蓿则依靠庞大的根系固结土壤,繁茂的枝叶增加覆盖度,能够在更大程度上拦蓄径流和泥沙,防止土壤养分过多的流失。所以,对于水土流失较严重的地区,仅仅种植单一的作物并不能起到良好的蓄水保土效果,而间作苜蓿则可以很好地达到这一目的。

表 3 玉米苜蓿间作和玉米单作下的产沙量

降雨量/ mm	降雨强度/ (mm · min ⁻¹)	产沙量/(t · km ⁻²)		
		玉米苜蓿 间作	玉米 单作	裸地
19.8	0.67	51	212	282
29.1	0.55	106	424	615
33.3	0.31	132	490	745
54.5	0.32	218	879	1037

3.4 蓄水保土效益

根据以上径流和泥沙数据,以裸地径流量和泥沙量为对照,计算出不同间作措施下的玉米苜蓿蓄水保土效益。计算得到玉米苜蓿间作的蓄水效益为 87%,保土效益为 98%;玉米单作的蓄水效益为 60%,保土效益为 41%(图 2)。以上数据表明玉米苜蓿间作下的蓄水保土效益要明显高于玉米单作下的蓄水保土效益。苜蓿蓄水能力强,产流量少,与其间作玉米地的蓄水效益要比单作玉米高近 30%,表现了粮草间作的良好效果。苜蓿地植被覆盖面大,能够有效地截留降水,产沙量随之减少,保土效益明显。数据显示玉米苜蓿间作的种植模式可以使保土效益增加 57%,大大减少了泥沙中养分的损失量。

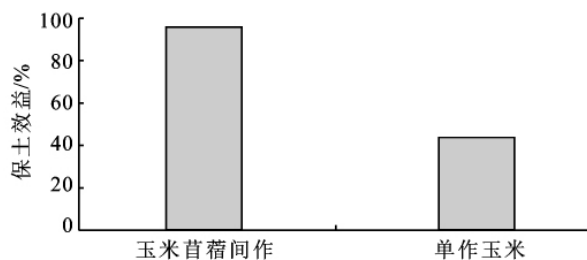
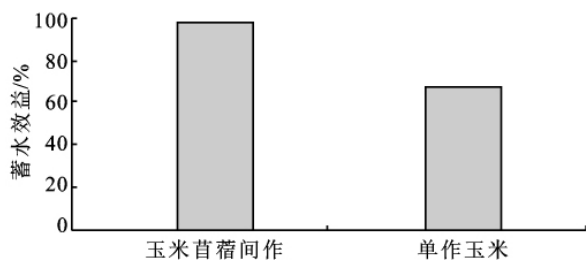


图 2 玉米苜蓿间作和玉米单作的蓄水保土效益

4 结论

(1) 在 0—200 cm 的土层,由于玉米根系主要吸收浅层的土壤含水量,且苜蓿能够提高土壤储水量,因此玉米苜蓿间作地的土壤含水量大于玉米单作地的土壤含水量。在 200 cm 以下的土层,苜蓿的根系能够吸收玉米根系无法到达的深层水分,因此玉米苜蓿间作下的深层土壤含水量较低,这样可以提高土壤水分的利用率。

(2) 玉米苜蓿间作和单作玉米的产沙量明显小于裸地产沙量,并且由于苜蓿的蓄水截留能力,玉米苜蓿间作产生的径流量要小于玉米单作的径流量,说明了苜蓿能够有效地减少径流的冲刷侵蚀。

(3) 间作能够有效地拦截泥沙,减少土壤侵蚀。单作玉米由于缺少苜蓿的阻截作用,拦沙能力较差,产沙量较大;玉米苜蓿间作下的产沙量最少,表明其具有良好的拦沙性能。

(4) 苜蓿能够截留降水,减少产沙量,因此玉米苜蓿间作下的蓄水保土效益要高于玉米单作下的蓄水保土效益。蓄水效益高出近 30%,保土效益增加 57%,表明玉米间作苜蓿能够显著的拦截径流和泥沙,表现出了粮草间作在蓄水保土方面的优势。

参考文献:

[1] 安瞳昕,李彩虹,吴伯志,等. 玉米不同间作方式对坡耕

地水土流失的影响[J]. 水土保持学报,2007,21(5):18-20.

[2] 万素梅,胡守林,贾志宽,等. 黄土高原地区苜蓿生产力动态及其土壤水分消耗规律[J]. 农业工程学报,2007,23(12):30-34.

[2] 杨吉华,张光灿,刘霞,等. 紫花苜蓿保持水土效益的研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报,1997,3(2):91-96.

[4] 朱志芳,陈林武,张发会,等. 紫花苜蓿蓄水保土功能与经济效益分析[J]. 四川林业科技,2004,5(3):39-42.

[5] Fu B, Wang J, Chen L, et al. The effects of land use on soil moisture variation in the Danangou catchment of the Loess Plateau China[J]. Catena,2003,54(1/2):197-213.

[6] 路海东,贾志宽,杨宝平,等. 宁南旱区坡地不同粮草间作模式下产量和土壤水分利用效应[J]. 草地学报,2010,18(2):242-246.

[7] 徐炳成,山仑. 无芒雀麦单播和与沙打旺间作下的生产力与土壤水分比较研究[J]. 中国农学通报,2004,20(6):159-161.

[8] 赵举,郑大玮,潘志华,等. 阴山北麓农牧交错带灌草带状间作防风蚀效应的研究[J]. 华北农学报,2005,20(21):21-24.

[9] 刘广才. 水保型农业与集雨农业的有机结合是发展旱作农业的根本途径[J]. 甘肃农业科技,2001,11(3):24-25.

[10] 汪立刚. 坡耕地粮草间作的培肥保土效果及生态环境经济效益[J]. 生态农业科学,2008,10(24):483-486.

[11] 吴发启,赵晓光,刘秉正,等. 耕作活动对坡耕地径流及产沙的影响[J]. 西北林学院学报,1998,13(2):20-25.

(上接第 41 页)

[9] 范昊明,蔡强国,崔明. 东北黑土漫岗区土壤侵蚀垂直分带形研究[J]. 农业工程学报,2005,21(6):8-11.

[10] 崔明,蔡强国,范昊明. 东北黑土土壤侵蚀研究进展[J]. 水土保持研究,2007,14(5):29-34.

[11] 王礼先. 小流域综合治理的概念与原则[J]. 中国水土保持,2006(2):16-17.

[12] 王礼先,李中魁. 试论小流域治理的系统观[J]. 水土保持通报,1993,13(3):47-52.

[13] 毕华兴,刘立斌,刘斌. 黄土高原水土保持综合治理模式与范式初探[J]. 中国水土保持,2008(5):14-16.

[14] 刘丙友,崔润利,杨亚娟. 波状起伏台地黑土区坡耕地水土流失治理措施与效益:以克山县古城项目区为例[J]. 山西水土保持科技,2010(1):1-4.

[15] 王敬军,汪景珪,文凌宇,等. 同双小流域综合治理效益分析[J]. 中国水土保持,1996(6):49-50.

[16] Cui M, Cai Q G, Zhu A X, et al. Soil erosion along a long slope in the gentle hilly areas of black soil region

in Northeast China[J]. Journal of Geographical Sciences,2007,17(3):375-383.

[17] 陈雪,蔡强国,王学强. 典型黑土区坡耕地水土保持措施适宜性分析[J]. 中国水土保持科学,2008,6(5):44-49.

[18] 王宝桐,张锋. 东北黑土区水土保持耕作措施防蚀机理及效果[J]. 中国水土保持,2008(1):9-10.

[19] 彭少麟. 恢复生态学及植被重建[J]. 生态科学,1996,15(2):26-31.

[20] 靳长兴. 坡度在坡面侵蚀中的作用[J]. 地理研究,1996,15(3):57-63.

[21] 李国强. 东北黑土区水土流失综合治理模式研究[D]. 武汉:华中农业大学,2009.

[22] 吴景才,孙振海. 通双小流域种植灌木防冲带见功效[J]. 黑龙江水利科技,1994(2/3):44-45.

[23] 郑明国,蔡强国,王彩峰,等. 黄土丘陵沟壑区坡面水保措施及植被对流域尺度水沙关系的影响[J]. 水利学报,2007,38(1):47-53.